

Руководство по применению генераторных установок

Our energy working for you.™

www.cumminspower.com

Раздел 1.

Введение

Наша энергия работает для Вас

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 1

1 – ВВЕДЕНИЕ	1-2
Общий обзор	1-2
О данном Руководстве	1-2
Другие руководства по применению	1-3
Техника безопасности	1-4

1 – ВВЕДЕНИЕ

Общий обзор

Мир становится все более зависимым от источников электроэнергии. Надежность обеспечения электроэнергией важна практически для любого технического объекта, количество которых увеличивается изо дня в день. К таким потребителям электроэнергии относятся крупные бизнес-центры, заводы, средства телекоммуникации и обработки данных, провайдеры услуг для Интернета, каждый из которых зависит от непрерывного и круглосуточного снабжения электроэнергией. Эти потребности также обусловлены продолжающимся распространением электронных компьютеров для обработки данных, управления производственными процессами, системами жизнеобеспечения и средствами глобальной связи - все они требуют постоянного и ни на минуту не прерываемого потока электрической энергии. Помимо озабоченностей, связанных с надежностью, сегодня все более поощряется рост тенденций, направленных на применение дизель-генераторных установок (ДГУ) непосредственно на местах эксплуатации таких объектов. Как правило, ДГУ обычно применяются в местах строительства новых зданий и объектов, а также для модернизации и обновления имеющихся систем энергоснабжения. Они используются как резервные источники питания в случае отключения или аварий в коммунальной сети энергоснабжения, а могут применяться для снижения стоимости электроэнергии в таких местных электросетях, где структура имеющихся мощностей и политика руководства делают выбор именно в пользу такого применения. Ввиду важности такой роли ДГУ должны изготавливаться в соответствии с требуемыми техническими условиями и применяться с таким расчетом, чтобы обеспечить надежное и качественное электропитание и обладать требуемым для этого запасом мощности.

Для многих пользователей, живущих в удаленных населенных пунктах, которые не обслуживаются коммерческими электросетями, так и для тех мест, где коммерческие сети по ряду причин не в состоянии обеспечить надежное электроснабжение в течение длительных промежутков времени, подача питания от первичных источников энергоснабжения также становится необходимой потребностью, а не предметом роскоши. В любых местах, где предполагается использовать ДГУ, надежность предоставляемых услуг от такого оборудования, его эксплуатационные характеристики и себестоимость электроэнергии являются главными критериями по его оценке пользователями. Цель настоящего Руководства – дать рекомендации и советы проектировщикам систем и технических объектов по выбору соответствующего оборудования для какого-то конкретного объекта и его конструкции с таким расчетом, чтобы все требования к такой общей системе были выполнены.

О данном Руководстве

В настоящем Руководстве дается описание технических требований и условий применения стационарных генераторных установок на ДВС с жидкостным охлаждением, работающих на дизельном топливе с воспламенением от сжатия или на природном газе с использованием искрового зажигания – далее по тексту этого Руководства они будут обобщенно называться «генераторными установками» или сокращенно ДГУ. Руководство состоит из 7 основных разделов: Предварительное проектирование, Влияние электрической нагрузки на размер генератора, Выбор оборудования, Электрическая конструкция, Механическая конструкция и Приложения.

В разделе *Предварительное проектирование* дается характеристика исходных соображений по проекту генераторной установки. Требования к оборудованию и монтажу установки варьируются в зависимости от причин, для которых требуется генераторная установка и ее целевое предназначение. При проектировании монтажа генераторной установки полезно учесть и понять эти причины в качестве отправной точки по конструкции всей системы и выбору оборудования.

В разделе *Влияние электрической нагрузки на размер генератора* дается объяснение различным типам нагрузки, их характеристикам и влиянию на размер генераторной установки, выбору режима ее работы и оборудования. Кроме того, в этом разделе рассматривается очередность подключения нагрузки.

В разделе *Выбор оборудования* объясняется назначение основных деталей генераторной установки и связанного с ней оборудования, их функции и взаимозависимость, а также критерии для выбора. Здесь также обсуждаются функциональные характеристики, критерии по выбору и необходимое дополнительное оборудование.

Раздел *Электрическая конструкция* охватывает задачи, связанные с монтажом генератора и других элементов, относящихся к этой системе, их подключение и взаимодействие с техническим объектом, наряду с решением вопросов по нагрузке и защите генератора. Для надлежащей эксплуатации каждой отдельно взятой генераторной установки важно правильно спроектировать и спланировать ее электрическую часть.

Раздел Механическая конструкция посвящен вопросам монтажа генераторной установки и относящихся к ней механическим системам, наряду с элементами взаимодействия с техническим объектом потребителя. Для надлежащей эксплуатации каждой отдельно взятой генераторной установки важно правильно спроектировать и спланировать ее механическую конструкцию. Тематика обсуждаемых в этом разделе вопросов касается фундамента и системы опор, элементов систем выпуска, охлаждения, вентиляции, питания топливом, шумоподавления, противопожарной безопасности и конструкции аппаратной комнаты с оборудованием. В Приложении к данному Руководству дается целый ряд полезных рекомендаций, включая обзор по прикладной программе по выбору размера установки - *GenSize™* и оборудованию образцовой электроаппаратной. Здесь также обсуждаются вопросы по падению напряжения при запуске электродвигателей и даются полезные ссылки о величинах напряжений, используемых в мировой практике, рекомендации по техобслуживанию, формулы для расчетов, ссылки на нормы и стандарты, а также глоссарий наиболее употребительных терминов.

Настоящее Руководство излагает вопросы применения стационарных генераторных установок. В этом Руководстве нет сведений о применении стационарных ДГУ коммерческого назначения на мобильных средствах, которые обычно относятся к категории нестандартных исполнений. Фирма *Cummins Power Generation (CPG)* не дает разрешений на мобильные применения своих коммерческих стационарных генераторных установок за исключением случаев, когда такие применения специально разрабатываются и испытываются самим предприятием-изготовителем, т.е. CPG. Если же дистрибьюторы или заказчики *Cummins Power Generation* хотят использовать генераторные установки коммерческого назначения, разработанные для стационарного применения, на мобильных средствах, то в этом случае им обязательно потребуется провести всесторонние расчеты и испытания, а также уведомить конечного пользователя о возможных ограничениях по использованию такой генераторной установки и сроках ее службы. Фирма CPG не может дать гарантии, что характеристики такого изделия, применяемого на мобильных средствах, в полной мере отвечают ожиданиям заказчика, в связи с чем, каждый заказчик должен осознать наши предупреждения и принять их к сведению. Каждый заказчик несет ответственность за конструкцию и функционирование своей генераторной установки в соответствии с ее конкретным предназначением.

Другие документы по применению

Каждая генераторная установка потребует оборудования для передачи мощности, либо в виде переключающего устройства (автоматов ввода резерва (ATS)), или в виде коммутационно-распределительных средств, обеспечивающих параллельную работу. Правильный подбор системы и ее применения на практике – это ключевые моменты для надежной и безопасной эксплуатации. В приведенных ниже Руководствах по применению средств энергоснабжения от фирмы *Cummins* излагаются вопросы применения энергосистем для систем резервного и аварийного питания. Поскольку в этих Руководствах охвачены вопросы, требующие принятия решений, которые должны приниматься на самых ранних этапах проектирования, поэтому с этими изданиями следует подробно ознакомиться наряду с настоящим Руководством.

Руководство по применению T-011 - *Автоматические системы передачи энергии*. Многие системы работают от нескольких источников питания, чтобы повысить надежность такой системы энергоснабжения. В них часто используется как коммунальная энергетическая сеть, так и подключенные к ней генераторные установки, когда приходится принимать очень важные нагрузки. Руководство T-011 охватывает различные типы имеющихся на сегодняшний день систем передачи электропитания и рассматривает вопросы по их использованию и применению. Внимательный учет этих систем на самом начальном этапе проектных работ даст возможность инженеру-проектировщику предложить заказчику (потребителю энергии) наиболее экономичный, жизнеспособный и самый надежный с точки зрения эксплуатации вариант исполнения.

Руководство по применению T-016 – *Параллельная работа и коммутационно-распределительная аппаратура*. Оборудование для параллельной работы позволяет объединить в один крупный источник тока две или несколько генераторных установок. Экономически это будет целесообразно, особенно когда общая нагрузка превышает 1000 кВт. Решение о том, подключать ли в параллель генераторные установки или нет, должно быть принято на самых первых этапах проектирования, и, в частности, если главными факторами в принятии такого решения являются доступность пространства и потребности по дальнейшему наращиванию энергоресурсов.

Техника безопасности

Вопросы техники безопасности по своей значимости должны стоять во главе угла для инженера-проектировщика объекта. Безопасность, как таковая, определяется двумя факторами: безопасная эксплуатация самой генераторной установки (включая вспомогательные узлы и агрегаты), и надежность работы всей системы в целом. Надежность работы системы напрямую связана с вопросами безопасности, поскольку оборудование, эксплуатируемое на объектах и оборудовании, которые влияют на жизнь и здоровье людей, часто зависит от генераторной установки – к такому оборудованию относятся реанимационные системы жизнеобеспечения в больницах, аварийное освещение, вентиляция, лифты, пожарные насосы, системы охраны зданий и связь.

Просмотрите, пожалуйста, раздел со ссылками по техническим регламентам, где вы найдете информацию по применяемым электротехническим и противопожарным правилам и нормам для стран Северной и Центральной Америки и Европы. Приведенные там стандарты и нормы периодически обновляются, поэтому требуют постоянной сверки. Соблюдение всех применимых норм является ответственностью инженера-проектировщика объекта. Например, в некоторых местах может потребоваться акт о нехватке, районированное разрешение, разрешение на здание или иное свидетельство, относящееся к конкретному объекту. Перед началом процесса планирования убедитесь в том, что все вышеуказанные вопросы согласованы с соответствующими местными надзорными органами.

ПРИМЕЧАНИЕ: Поскольку информация, содержащаяся в данном Руководстве и другими, связанными с ним документами, является полезной и исчерпывающей, но она не подменяет собственное суждение по этим вопросам, коим может обладать квалифицированный и опытный профессионал в лице инженера-конструктора. Каждый конечный пользователь должен определить для себя, будет ли выбранная генераторная установка и система аварийного/резервного питания в полной мере соответствовать своему назначению.

Раздел 2.

Предварительное проектирование

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 2

2 - ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	2-2
Общий обзор	2-2
Требования к источникам электропитания	2-2
Общие требования	2-2
Особые требования	2-2
Типы систем и категории применения	2-3
Аварийные системы	2-3
Резервные источники питания, регламентированные законодательством...	2-3
Дополнительные резервные источники питания	2-3
Основные источники энергоснабжения	2-3
Ограничение максимальной мощности	2-3
Ограничение норм энергопотребления	2-3
Непрерывная базисная нагрузка	2-3
Комбинированное генерирование электрической и тепловой энергии	2-4
Однолинейная схема электропитания	2-5
Принципы применения генераторных установок по номинальной мощности	2-6
Категория для резервных источников питания	2-6
Категория для основных источников электропитания (PRP)	2-7
Ограничение времени работы основного источника электропитания (LTP)	2-8
Категория по номинальной мощности для источников с непрерывным режимом работы (COP)	2-8
Классификация по размерам	2-9
Рассмотрение места установки ДГУ	2-9
Установка ДГУ вне здания	2-10
Установка ДГУ внутри здания	2-11
Выбор топлива для ДГУ	2-12
Дизельное топливо	2-12
Биодизельное топливо	2-12
Природный газ	2-12
Сжиженный нефтяной газ (LPG)	2-13
Бензин	2-13
Виды заменяемого топлива	2-13
Учет условий окружающей среды	2-14
Шум и средства подавления шума	2-14
Уровни шума и регулирующие нормы	2-14
Нормы по ограничению выбросов выхлопных газов двигателя	2-14
Нормы по условиям хранения топлива	2-15
Противопожарная безопасность	2-15
Контрольный листок по учету пунктов предварительного проектирования	2-17

2- ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Общий обзор

Проектирование генераторных установок требует внимательного рассмотрения требований, предъявляемых к оборудованию и его монтажу. Эти требования варьируются в зависимости от причин, по которым приобретается ДГУ и ее целевым назначением. Учет и понимание этих причин является основополагающей отправной точкой по конструкции всей системы и выбору для нее оборудования.

Требования к источникам электропитания

Общие требования

Необходимость наличия на местах источников аварийного и резервного энергоснабжения обычно диктуется обязательными условиями по их установке для соблюдения требований строительных норм и правил (СНиП), а также/или из-за риска экономических потерь, вызванных отключением нормального энергоснабжения.

Обязательная установка источников аварийного и резервного электропитания следует из требований СНиП, на которые ссылаются федеральные, региональные и местные регулирующие органы, а также другие органы государственной власти. Эти установки оправданы с точки зрения безопасности населения, когда отключение нормального электроснабжения может создать угрозы для жизни и здоровья людей. Добровольная установка источников резервного питания для решения экономических задач обычно оправдывается из-за снижения риска потери бизнеса, данных или другого ценного имущества. Обязательные и добровольные установки на местах энергоагрегатов могут быть оправданы на основе предоставления благоприятных, сокращающих нагрузку тарифов, предлагаемых коммунальными электросетями. Точно такая же система энергоснабжения на местах может использоваться для обеих вышеуказанных нужд при условии, что вопросы безопасности людей здесь стоят на первом месте, например, согласование мощности генератора и передача нагрузки.

Особые требования

При необходимости применения систем электропитания на местах к ним предъявляется широкий спектр особых требований. Ниже дается краткий перечень некоторых общих задач для применения таких средств.

Освещение: Освещение путей выхода для эвакуации людей, подсветка указателей выходов, охранное освещение, сигнальные предупредительные лампы, освещение операционных комнат, освещение кабин лифтов, освещение аппаратных управления ДГУ и т.д.

Регулируемое питание: Регулируемое питание для бойлеров, воздушных компрессоров и другого оборудования с важными функциями.

Средства транспортировки: Лифты для использования пожарными командами.

Механические системы: Вентиляционные средства для борьбы с задымлением и созданием избыточного давления, средства обработки сточных вод и т.д.

Нагрев: Тепловая обработка в важных технологических процессах.

Охлаждение: Банки для хранения крови, холодильники для хранения пищевых продуктов и т.д..

Производство продукции: Подача электропитания для важных лабораторных процессов и процессов фармацевтического производства и т.д.

Кондиционирование воздушного пространства: Охлаждение аппаратных с компьютерным оборудованием, охлаждение или подогрев для неблагоприятно чувствующих людей, вентиляция участков с опасной атмосферой, вентиляция загрязненных мест или зон с биологическим заражением и т.д.

Противопожарная защита: Пожарные насосы, системы сигнализации и оповещения

Обработка данных: Системы поддержки питания и охлаждения, не допускающие потерю данных, памяти и искажения в работе программ.

Системы жизнеобеспечения: Больницы, дома по уходу за детьми и другие оздоровительные центры.

Системы связи: Служба спасения 911, полиция и пожарные бригады и т.д. .

Сигнальные системы: на ж.д. транспорте, судах и средствах управления воздушным движением.

Типы и категории систем энергопитания

Системы по генерированию энергии на местах можно классифицировать по типам и категориям генерирующего оборудования. Это оборудование подразделяется на категории резервного питания, основного источника питания и источников непрерывного электропитания. При применении генерирующего оборудования важно понять определение этих категорий, описание которых приведено ниже. Тип системы генерирования энергии на местах и соответствующая категория ее использования основаны на условиях применения. См. Таблицу 2-1 и характеристику следующих систем.

Системы аварийного питания

Аварийные системы обычно устанавливаются для обеспечения общественной безопасности и обязательны для установки по закону. Как правило, они предназначены для энергоснабжения и освещения в течение небольших промежутков времени с тремя основными целями: обеспечить безопасную эвакуацию людей, поддержать системы жизнеобеспечения и работу важного оборудования для уязвимых людей, или для поддержки систем связи и технических объектов, используемых в интересах общественной безопасности. Нормативные требования обычно оговаривают минимальное нагрузочное оборудование, которое необходимо эксплуатировать и обслуживать.

Системы резервного питания, предусмотренные законом

Резервные системы энергопитания, требуемые по закону, обычно устанавливаются в соответствии с юридическими нормами и служат для обеспечения общественной безопасности. Эти системы предназначены для подачи электропитания и освещения на короткие промежутки времени, когда это вызвано предотвращением угроз или содействием в операциях по пожаротушению. Нормативные требования обычно оговаривают минимальное нагрузочное оборудование, которое необходимо обслуживать.

Дополнительное резервное питание

Системы дополнительного резервного питания обычно устанавливаются в тех местах, где нет угроз вопросам безопасности, но отключение нормального источника энергоснабжения может создать угрозу материальных экономических потерь в бизнесе, прерывать важные технологические процессы, или же создавать иные неудобства или дискомфорт. Эти системы обычно размещаются в центрах по обработке данных, фермах, коммерческих и промышленных зданиях и жилых районах. Владелец такой системы разрешено делать выбор нагрузок, подключаемых к такой системе. Кроме того, будучи резервным источником питания при потере нормального энергоснабжения, системы генераторных установок на местах также используются для решения следующих задач:

Основной источник энергоснабжения

Установка основных источников энергии на местах вместо коммунальных сетей энергоснабжения обычно используется там, где отсутствует такие коммунальные электросети. Простая система основного электроснабжения использует не менее 2-х генераторных установок и коммутационное устройство для распределения нагрузок между ними. Та или иная установка работает постоянно с переменной нагрузкой, а вторая служит в качестве поддержки первой в случае отказа, и позволяет остановить ее для выполнения требуемого техобслуживания. Часовой механизм переключения с одной установки на другую, интегрированный в коммутационно-распределительном устройстве, замещает на заранее заданное время ведущую генераторную установку.

Ограничение максимальной нагрузки

Системы ограничения максимальной нагрузки используются для установок по выработке электроэнергии на местах, чтобы снизить или выровнять пиковые значения электрической нагрузки в целях экономии средств по затратам за потребление энергии. Системы ограничения максимальной нагрузки требуют применения контроллера, который запускает и управляет работой генераторной установки в соответствующие моменты времени, чтобы выровнять максимальную потребность пользователя в электроэнергии. В этих целях также могут использоваться генераторные установки, предназначенные для резервного питания.

Снижение тарифов

Электраагрегаты на местах, работающие по сниженным тарифам за электроэнергию, применяются в соответствии с соглашениями о таких тарифах с обслуживающей коммунальной электросетью. В обмен на предоставление благоприятных скидок на электроэнергию пользователь дает согласие включать в работу генераторные установки и брать на себя определенное количество нагрузки (в кВт) в те моменты времени, которые определяет служба коммунальных электросетей. Это обычно не превышает оговоренного числа часов в год. Для этих целей также могут использоваться источники резервного питания.

Непрерывная базисная нагрузка

Системы непрерывной базисной нагрузки на местах, где развернуты генераторные установки, служат для непрерывного снабжения электроэнергией (в кВт), которые обычно подключаются к централизованной коммунальной электросети через коммутационное оборудование. Такие установки, как правило, находятся во владении службой коммунальных электросетей или под их управлением.

Комбинированное производство тепловой и электрической энергии

Часто генерация энергии с непрерывной базисной нагрузкой применяется для комбинированного производства тепловой и электрической энергии. Говоря простым языком, этот способ позволяет напрямую производить электроэнергию, а также утилизировать тепло выхлопных газов, заменяя этим теплоснабжение от коммунальных теплосетей. Утилизация тепла отработанных газов используется либо по прямому назначению, т.е. для нужд теплоснабжения, или же преобразуется в электроэнергию.

	Категория генераторной установки		
	Резервные источники питания	Основной источник питания	Непрерывный режим выработки энергии
Тип системы	Аварийное питание	Основной источник электропитания	Базисная нагрузка
	Резервный источник питания, предусмотренный законодательством	Ограничение максимальной нагрузки	Комбинированное производство электрической и тепловой энергии
	Дополнительные источники резервного питания	Снижение тарифов	

Таблица 2-1 Категории и типы систем

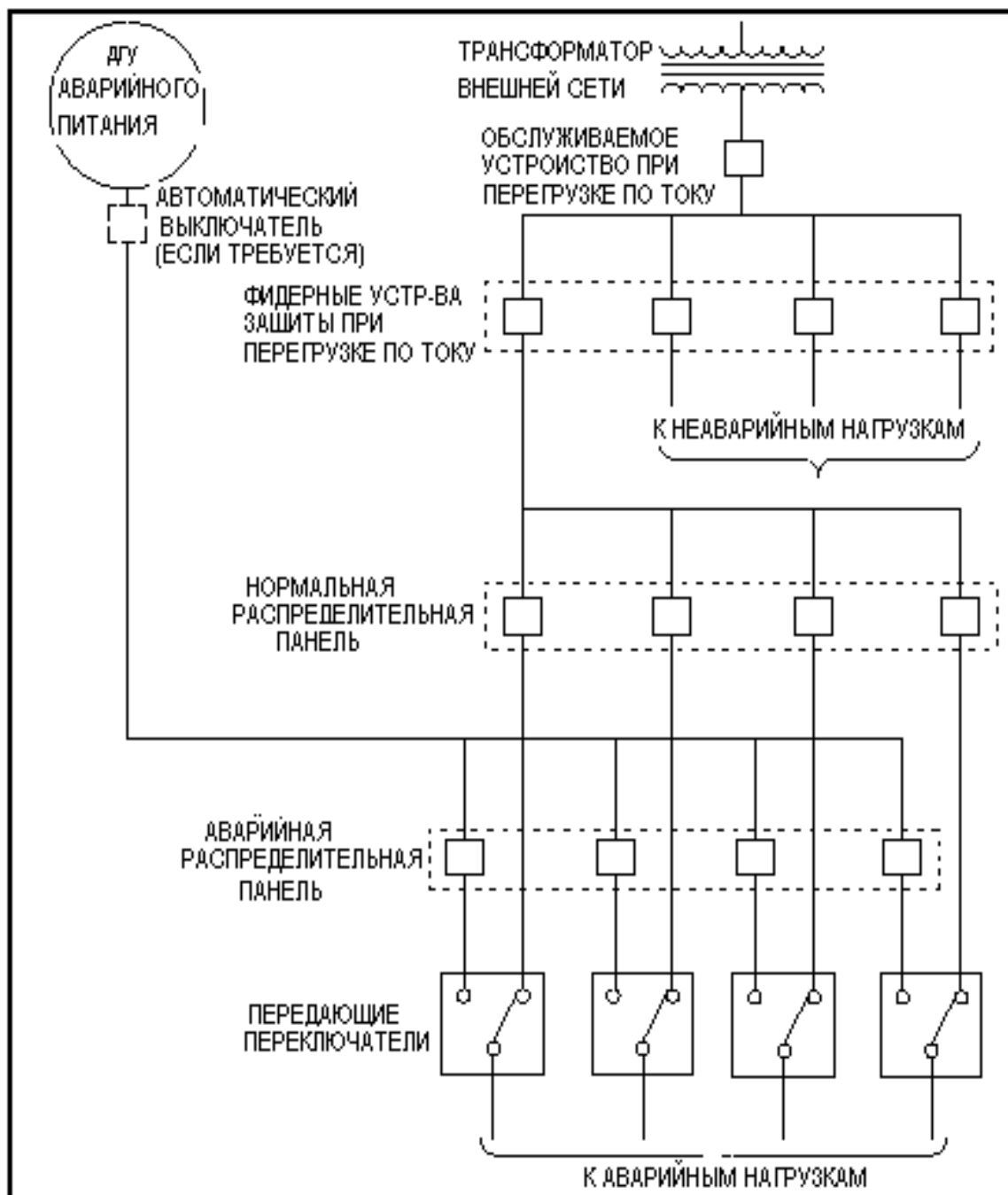


Рис. 2-1. Типовая однолинейная схема системы распределения электроэнергии

Однолинейная схема

Система с однолинейной схемой электропитания является важным элементом для ее понимания и распределения соединений. Это особенно важно при обмене информацией по данной системе в процессе планирования, монтажа установки, ее ввода в эксплуатацию и/или обслуживания. В этих схемах отражены основные компоненты системы, которые включают в себя генератор(ы), коммутационно-распределительное оборудование, реле защиты, системы защиты при перегрузке по току и общую схему соединений. Однолинейная схема электропитания должна разрабатываться, по возможности, с самых ранних этапов проектного планирования, чтобы помочь создать конструкцию всей системы. На Рис.2-1 приведена типовая однолинейная схема базовой системы энергопитания.

Принципы применения генераторных установок по номинальной мощности

Принципы применения генераторных установок по номинальной мощности публикуются их изготовителем³¹. Категории применения определяют условия максимально допустимой нагрузки для генераторной установки, которая будет обеспечивать приемлемые рабочие характеристики и эксплуатационный ресурс (время между капитальными ремонтами), когда ДГУ применяется в соответствии с опубликованными данными по номинальной мощности. Важно также учитывать, чтобы генераторные установки эксплуатировались при достаточно умеренном уровне нагрузки для достижения ими нормальной рабочей температуры и полноценного сгорания топлива. Изготовитель - *Cummins Power Generation* – рекомендует, чтобы генераторная установка эксплуатировалась на уровне не ниже 30% номинальной мощности, значение которой указано на ее паспортной табличке.

Приведенные далее объяснения рассматривают типовые категории, используемые на фирме *Cummins Power Generation*. На прилагаемых ниже **Рисунках 2-2, 2-3, 2-4 и 2-5** показаны уровни нагрузки (P1, P2, P3, и т.д.) и допустимое время работы (T1, T2, T3, и т.д.) при этом уровне нагрузки для различных категорий применения.

Категория резервных источников питания

Категория установок, используемых в качестве источников резервного питания, применима для аварийных источников энергоснабжения, где питание подается в течение нормального прерывания питания. Для этой категории применения не допускается длительная перегрузка (см. эквивалентные стандарты ISO3046, AS2789, DIN6271 и BS5514, а также аварийное отключение питания (ESP) по стандарту ISO 8528). Эта категория применима для установок, обслуживаемых надежным и нормальным источником внешней энергосети. Данная категория применима лишь при условии переменных нагрузок со средней выходной мощностью, составляющей 70 % номинальной мощности для категории резервных источников питания, работающих свыше 24 часов и с максимальной наработкой в год не более 200 часов. В тех установках, эксплуатация которых, скорее всего, будет превышать эти лимиты, потребуются применение категории установок как основного источника питания. Резервные источники питания применимы только как аварийные и резервные, где генераторная установка служит в качестве средства поддержки нормальному источнику внешней энергосети. Для этой категории не разрешена длительная параллельная работа с внешней сетью. Для применений, требующих длительную работу в параллель с внешней сетью, необходимо использовать категории установок, предназначенных для работы в качестве основных источников питания или базисной нагрузки.

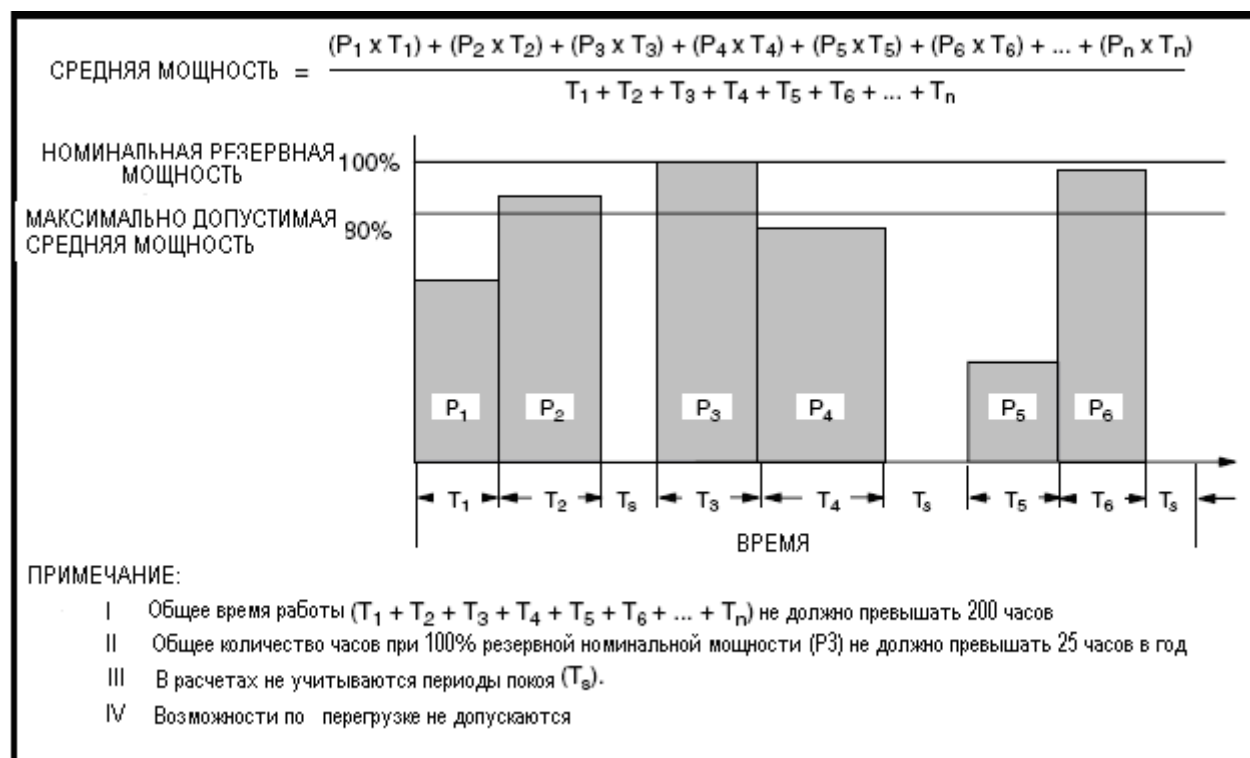


Рис. 2-2 Категория резервных источников питания

³¹ Категории применения генераторных установок, производимых фирмой *Cummins Power Generation*, опубликованы в виде программного пакета продукции *Power Suite*

Категория генераторных установок основной мощности (PRP)

Категория генераторных установок основной мощности применима в тех случаях, когда вырабатываемая ими электроэнергия подается вместо приобретаемой электроэнергии от коммерческих электросетей. Количество допустимых часов работы в год не ограничено для областей применения с переменной нагрузкой, но ограничивается для применений с постоянно действующей нагрузкой, как это оговорено ниже для категории основных источников с ограниченным временем работы (LTP). В условиях работы с переменной нагрузкой средняя выходная мощность не должна превышать 70% номинальной мощности установки за 24 часа работы как основного источника питания (эквивалентна основной мощности согласно стандарту ISO8528). Допустима 10% перегрузка на время не более 1 часа в течение 12-часового рабочего цикла, но не должна превышать 25 часов в год. (см. Перегрузка по мощности согласно стандартам ISO3046, AS2789, DIN6271 и BS5514.)

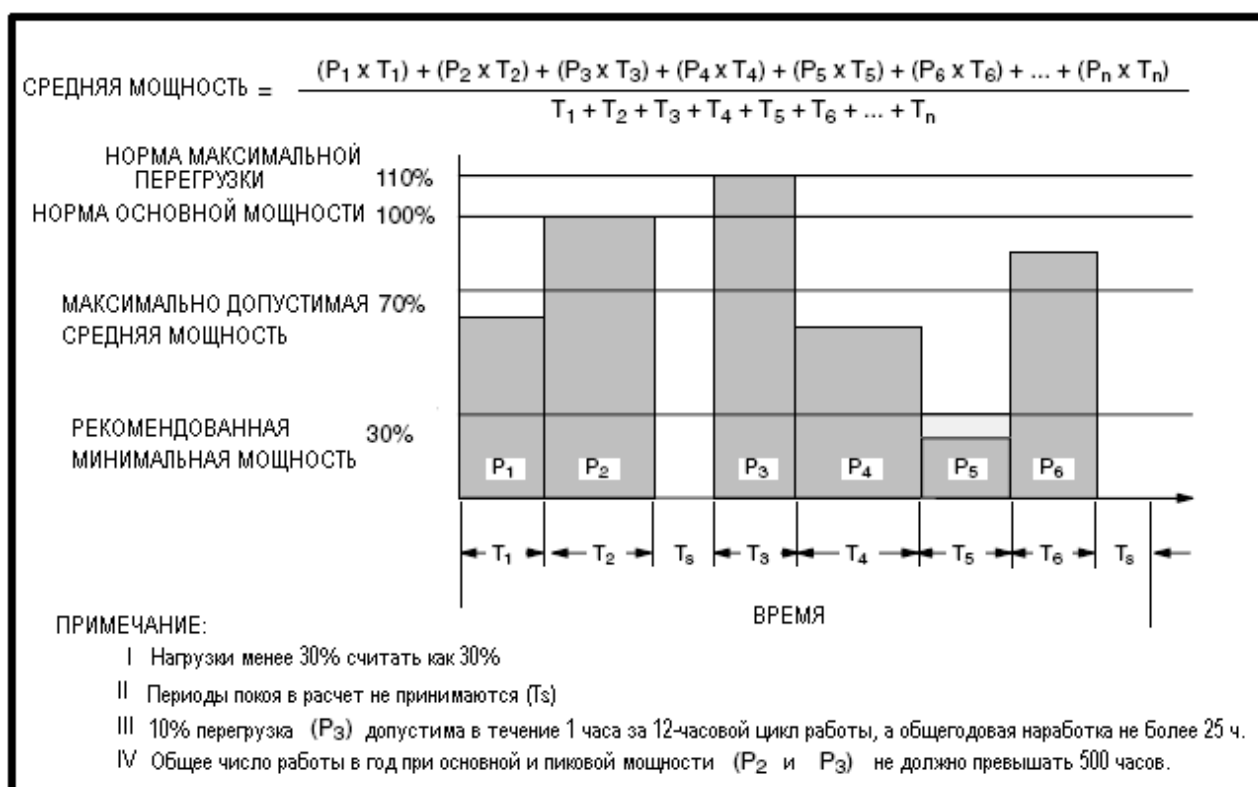


Рис. 2-3 Категория установок основной мощности

Категория установок основной мощности с ограничением времени работы (LTP)

Основная мощность допускается для ограниченного количества часов работы установки в год в применениях с постоянной нагрузкой, к которым относятся условия с прерыванием питания, снижением нагрузки, ограничением максимальной нагрузки и иным случаям, в которых обычно задействована параллельная работа с внешним источником электроснабжения. Генераторные установки могут работать в параллель с внешним источником до 500 часов в год при тех уровнях мощности, которые не превышают нормы для источников основной мощности. Следует отметить, что срок службы двигателя будет снижаться при постоянной работе с высокой нагрузкой. Любое применение, требующее более 500 часов работы в год на уровне норм основной мощности, должно использовать категорию мощности для базисной нагрузки.

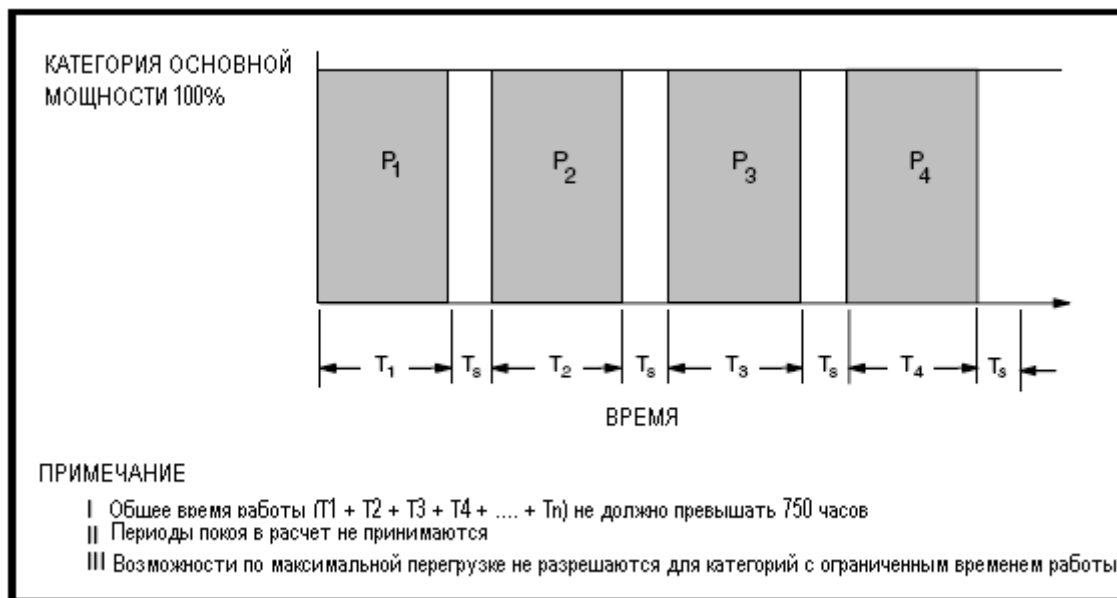


Рис. 2-4 Категория установок основной мощности с ограниченным временем работы

Категория установок длительной непрерывной мощности (COP)

Категория установок для базисной нагрузки применяется для непрерывного энергообеспечения на нагрузку до 100% базисной номинальной мощности в течение неограниченного количества часов работы. Для этой категории не допускается длительная перегрузка (см. эквивалентные нормы по непрерывной мощности согласно стандартам ISO8528, ISO3046, AS2789, DIN6271 и BS5514). Эта категория применима для эксплуатации в коммунальных электросетях с базисной нагрузкой. Для таких условий применения генераторные установки действуют в параллель с внешним источником электроснабжения и работают под постоянными нагрузками в течение длительных промежутков времени.

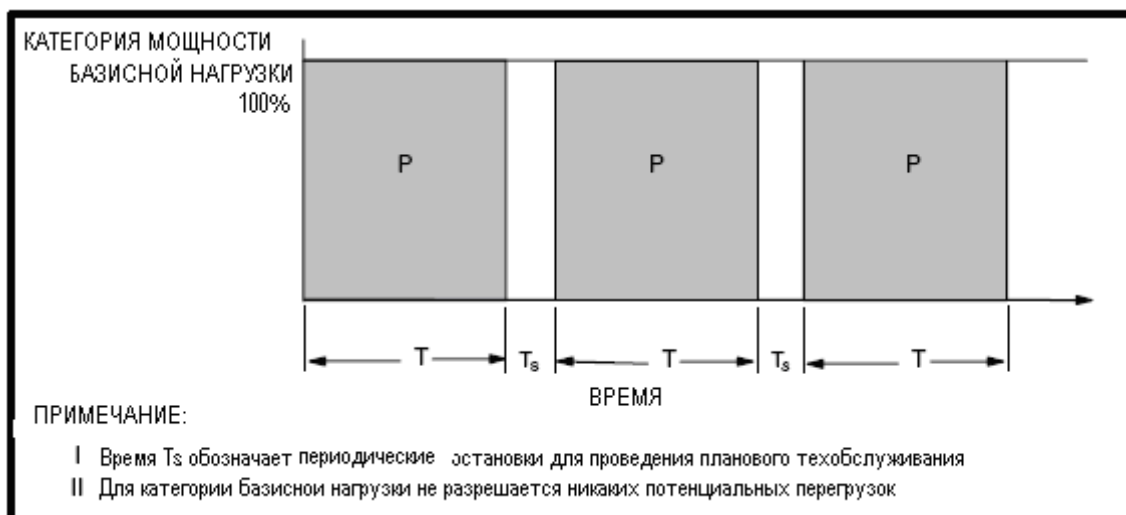


Рис. 2-5 Категория установок длительной непрерывной мощности (COP)

Выбор размера установки

Важно сформировать обоснованный и, по возможности, точный график плановой нагрузки, который бы удовлетворял бюджетным затратам по проекту. Если на начальном этапе проектирования нет полной информации по нагрузочному оборудованию, то придется сделать прикидочные оценки и допущения для первых расчетов по размеру установки. Эти расчеты должны повторяться по мере сбора и поступления более точной информации. Большие пусковые нагрузки от электродвигателей, системы бесперебойного электропитания (UPS), частотно-регулируемые приводы (VFD), пожарные насосы и медицинское диагностическое оборудование с системой визуализации оказывают значительное влияние на размер генераторной установки и должны учитываться с особой тщательностью. Жесткие технические условия на характеристики переходных процессов, перепадов напряжения и частоты, а также время восстановления в момент пуска электродвигателей и принятия блоковой нагрузки также оказывает существенное влияние на размер установки. Подробную информацию по вопросам расчета размера установки и данные по различным типам нагрузочного оборудования см. далее в Разделе 3 настоящего Руководства – *Влияние электрической нагрузки на размер генераторной установки*.

В целях предварительной оценки можно использовать консервативный метод приближенного расчета:

- Электродвигатели – $\frac{1}{2}$ л.с на кВт
- Система бесперебойного электропитания (UPS): добавить 40% к номинальной мощности установки для 1 Ø и 6 импульсов, или + 15% к номинальной мощности для 6 импульсов с входными фильтрами и 12 импульсов UPS.
- Частотно-регулируемые приводы (VFD): увеличить номинальную мощность установки на 100%, а если нет модулированного по ширине импульса, то на 40%.

При приложении нагрузки на генераторную установку разделение нагрузок на дискретные этапы или блоки нагрузки могут оказать благоприятное влияние на размер требуемой генераторной установки. Применение нескольких автоматов ввода резерва (ATS) или некоторых иных средств (реле задержки, программируемых логических контроллеров (PLC) и т.д.) может понадобиться для того, чтобы стабилизировать напряжение и частоту между дискретными этапами.

В зависимости от общей нагрузки (как правило, для мощности свыше 500 кВт) полезнее использовать параллельно работающие установки. Хотя с технической точки зрения это вполне реально сделать, но когда общая нагрузка составляет 300 кВт или ниже, то применение нескольких установок для работы в параллель с экономической точки зрения будет не вполне целесообразным решением.

Условия по месту размещения

Одним из первых решений по конструкции будет определение места для размещения генераторной установки - внутри здания, либо снаружи в укрытии или в закрытом кожухе. Общая стоимость и удобство монтажа такой энергосистемы зависит от схемы ее расположения и физического размещения всех элементов системы – т.е. самой генераторной установки, топливных баков, вентиляционных каналов и решеток, вспомогательных узлов и т.д. Как для внутреннего, так и для наружного видов размещения необходимо учесть следующие факторы:

- Система опор для монтажа генераторной установки
- Расположение распределительной панели и коммутационных устройств
- Прокладка цепей питания на подогреватель ОЖ, зарядного устройства батарей и т.д.
- Система безопасности от затопления, пожара, обледенения и вандализма
- Система локализации и сбора случайно пролитого топлива или утечек ОЖ.
- Возможность одновременного ущерба нормальных и аварийных служб.
- Обеспечение доступа к установке для проведения общего техобслуживания и визуальных осмотров.
- Доступ и наличие рабочего места для выполнения большого объема работ, например, переборка при капитальном ремонте, снятие и замена комплектующих узлов и агрегатов.
- Обеспечение доступа для испытательной нагрузочной батареи, когда это требуется при техобслуживании, плановых тренировках или переосвидетельствовании установки.

Наружное размещение установки

- Для борьбы с акустическим шумом, создаваемым установкой, могут потребоваться шумопоглощающие экраны. Кроме того, увеличенное расстояние между генераторной установкой и чувствительной к шуму зоной будет снижать восприятие шума. Шумопоглощающие кожуха часто используются на практике и могут потребоваться, чтобы удовлетворить ожидания заказчика или местным нормам по ограничению шума.
- Судя по названию, защитные кожуха могут потребоваться и для защиты от погодных условий, но, помимо этого, они способны обеспечить определенный уровень безопасности, а также выглядеть достаточно эстетично для такого вида оборудования.
- При запуске и принятии нагрузки, и выполнении этих задач в рамках специально оговоренных ограничений по времени, низкая температура окружающей среды может стать одной из проблем. Системы питания, относящиеся к категории аварийных источников, требуют, чтобы температура окружающей среды вокруг установки должна поддерживаться не ниже минимально допустимого уровня. В качестве примера можно привести стандарт США по пожарной безопасности NFPA 1100, который требует, чтобы минимальная температура окружающей среды вокруг генераторной установки была не ниже +4°C, а Канадский стандарт CSA 282 требует, чтобы температура окружающей среды была на уровне +10°C. Поддержание таких минимальных температурных требований для тонкостенных или анн-логичных защитных кожухов является невозможной или трудно решаемой задачей. В таких случаях может потребоваться хорошо изолированный от внешней среды кожух, возможно даже с подогревом. Кожух, спроектированный в шумопоглощающем исполнении, будет выложен изнутри изоляционным материалом, но не обеспечит достаточной уровня сохранения тепла. Обычно для этой цели используются моноблочные кожуха, опускаемые и закрывающие всю установку сверху, или кожуха для доступа людей внутрь, где имеется полноценное теплоизоляционное покрытие, гравитационные или электроприводные жалюзи, а при необходимости и подогреватели.
- Для пуска или улучшенного принятия нагрузки могут применяться несколько вспомогательных нагревательных устройств, даже если по условиям применения она не относится к аварийной системе. Могут также потребоваться подогреватели ОЖ, батарей и даже масла. Подробную информацию см. в Разделе 4 настоящего Руководства – *Устройства подогрева генераторных установок резервного питания*.
- Нормализация и подогрев топлива. При низких температурах окружающей среды дизельное топливо мутнеет, забивает фильтры и насосы или же его текучесть значительно ухудшается. Для борьбы с этими явлениями часто используются топливные смеси, однако для надежной эксплуатации может потребоваться подогреватель топлива.
- В приморских регионах воздух, как правило, насыщен солями, что может вызывать коррозию стальных конструкций кожухов генераторных установок, станин и топливных баков. Применение дополнительной обшивки из алюминия, которые в таких случаях предлагает изготовитель – CPG - считается обычной практикой для такого рода установок, поскольку обеспечивает дополнительную стойкость конструкции к коррозии в местах, находящихся в приморских районах на расстоянии от побережья в 100 км и ближе.
- Эксплуатационная доступность к установке для выполнения большого объема работ, замены комплектующих (например, радиатора или генератора), или при капитальном ремонте, должна учитываться при проектировании кожухов и размещении генераторных установок рядом с другим оборудованием или конструкциями. Если такие виды работ требуются проводить в ходе эксплуатации установки или в случае поломки/неисправности основных компонентов, то обеспечение достаточного пространства для их выполнения будет иметь решающее значение. К обеспечивающим доступ элементам конструкции относятся: защитные крышки, съемные стенки кожуха, наличие адекватного пространства с рядом стоящими конструкциями, а также доступ к требуемому опорному оборудованию.
- Ограждения и экраны для защиты органов зрения
- Правильно спроектированная по протяженности трассировка линий
- Система выпуска двигателя должна быть направлена как можно дальше от вентиляционных каналов, окон и дверей здания.
- Заземление - электроды или заземляющие кольца могут потребоваться для отдельно выведенной системы и/или заземляющего оборудования
- Защита осветительных приборов

Размещение установки внутри здания

- Для размещения генераторной установки должно быть выделено специальное помещение – Для системы аварийного питания могут потребоваться особые оговорки, что только данное помещение специально предназначено для этой цели. Следует также учесть, что в том же самом помещении может быть предусмотрена система вентиляции для совершенного иного оборудования, например, для отопления здания.
- Категория помещения для размещения генераторной установки с точки зрения пожарной безопасности – Соответствующие нормы обычно требуют, что такое помещение должно выдерживать стойкость к пожару минимум в течение 1 или 2-х часов. Наведите справки у местных органов в отношении применимых требований и ограничений.
- Рабочее пространство – Рабочее пространство вокруг электрического оборудования обычно определяется нормативными требованиями. На практике, вокруг каждой генераторной установки должен быть зазор не менее 1 м. Генератор должен заменяться без демонтажа всего комплекта или любого вспомогательного узла. Кроме того, для выполнения больших объемов работ (например, при переборке двигателя или замене радиатора) при проектировании монтажа установки должно быть предусмотрено достаточное место для доступа.
- Тип системы охлаждения – Рекомендуется использовать радиатор охлаждения, устанавливаемый заводом-изготовителем, однако вентилятор охлаждения радиатора может создавать в моторном отсеке достаточно низкое (т.е. отрицательное) давление. При этом двери для доступа должны быть направлены внутрь моторного отсека – или же иметь вентиляционные решетки – с таким расчетом, чтобы оставаться в открытом состоянии, когда работает генератор. Информацию о дополнительных возможностях системы охлаждения можно узнать в разделе *Механическая конструкция* (см. главу *Охлаждение генератора*).
- Система вентиляции обычно задействует большие объемы воздуха. Оптимальная конструкция моторного отсека должна забирать для себя воздух непосредственно снаружи здания и выводить отработанный воздух непосредственно за пределы здания, но через противоположную стену. Для дополнительного охлаждения генераторной установки, оснащенной теплообменниками или выносными радиаторами, может потребоваться установка вентиляторов охлаждения моторного отсека.
- Система выпуска двигателя – Выходной канал системы выпуска следует прокладывать как можно выше и в ту сторону здания, куда чаще всего направлены воздушные потоки, и отводить выхлопные газы наружу вдали от мест входа системы впуска и других проемов.
- Хранение топлива и трубопроводы – Местные законодательные нормы могут специально оговаривать способы хранения топлива и их объемы внутри зданий. В этих целях рекомендуется уже на первых этапах проектирования проконсультироваться с местным дилером *Cummins Power Generation* и местным инспектором пожарного надзора. Для заправки топливных баков потребуются пути доступа. См. ниже Раздел: *Выбор топлива*.
- В системе распределения электропитания рекомендуется предусмотреть место для подключения временной нагрузочной батареи генераторной установки.
- Место для размещения генераторной установки внутри здания должно позволять доступ как для первоначальной доставки оборудования на это место и его монтажа, так и для удобства эксплуатации и технического обслуживания. С точки зрения логики предпочтительное место расположения генераторной установки в здании – напольное покрытие рядом с площадкой для парковки или местом, удобным для подъезда, либо в открытой парковочной рампе. Понимая, что с учетом пространства выбор вышеуказанных площадок был бы лучшим решением, но если конкретные условия вынуждают использовать какое-то альтернативное место, то нужно иметь в виду, что для замены или капитального ремонта установки может потребоваться применение тяжелой техники. Кроме того, время от времени к месту эксплуатации потребуется доставка топлива, ОЖ, моторного масла и т.д. Топливная система, скорее всего, будет включать в себя питающие баки, насосы, топливопроводы, суточные расходные баки и т.д., но смена моторного масла и ОЖ может быть затруднена, если эти материалы придется переносить вручную в бочках или ведрах.
- Установки, размещаемые на крышах, хотя и являются обычной практикой, но требуют дальнейшего планирования при проектировании такой конструкции. Для таких установок проблемой может стать вибрация, а также доставка и хранение топлива.
- Размещаемые внутри здания установки обычно требуют специально выделенного для этого места, конструкция которого обеспечивает необходимый уровень стойкости к пожару. Обеспечение требуемой подачи воздуха внутрь такого помещения может оказаться затруднительной. В вентиляционных каналах таких мест обычно не разрешается применение автоматических противопожарных заслонок. Идеально, чтобы это помещение имело две внешние стенки, находящиеся напротив друг друга с тем, чтобы поступающий воздух проходил над генераторной установкой и отводился наружу с противоположной стенки, где находится внешняя кромка радиатора.

Выбор топлива

Выбор природного газа, дизельного топлива или сжиженного нефтяного газа в качестве топлива для генераторной установки будет определять ее возможности и размеры. Для этого следует принять во внимание следующие положения:

Дизельное топливо

- Дизельное топливо рекомендуется применять для генераторных установок аварийного и резервного электропитания. Дизельное топливо класса № 2-Д по стандарту ASTM D975 рекомендовано для обеспечения хороших пусковых характеристик и максимального ресурса работы двигателя. Проконсультируйтесь с дистрибьютором/изготовителем двигателей по вопросам использования альтернативных сортов дизельного топлива для разных моделей двигателей.
- Должно быть предусмотрено хранение топлива на местах эксплуатации оборудования, однако, топливный бак не должен быть слишком крупным. Дизельное топливо можно хранить в течение 2-х лет, поэтому расходные баки должны быть такого размера, чтобы обеспечивать оборот в них топлива, основываясь на плановых тренировках и испытаниях в отведенных рамках времени. Если оборот топлива в баках мал, или при высоком содержании влаги в топливе, что способствует росту в топливе микроорганизмов, тогда может потребоваться добавление в топливо бактерицидного состава, уничтожающего эти микробы. Микробы в топливе способны забивать топливные фильтры, нарушать работу двигателя и выводить его из строя.
- Эксплуатация в холодном климате – Когда температура окружающей среды снижается ниже точки замерзания, то в этих случаях следует применять первоклассное топливо № 1-Д. В целях предотвращения забивания топливных фильтров, когда температура окружающей среды падает ниже точки помутнения топлива – примерно при -6°C для топлива класса № 2-Д, и -26°C для топлива № 1-Д, то может потребоваться подогрев топлива.
- Могут применяться требования по уровням выбросов. См. *Учет экологических условий*.

Биодизельное топливо

- Биодизельные виды топлива получают от самых разных возобновляемых источников, например, масел растительного происхождения, животного жира и кулинарных жиров. В рамках данной категории эти виды топлива известны под названием Сложные метиловые эфиры и жирной кислоты (FAME). При их использовании для дизельных двигателей обычно происходит снижение дымности, мощности и топливной экономичности. Хотя снижается дымность, но действие биодизельного топлива на другие продукты сгорания меняется, когда одни вредные выбросы снижаются, а другие увеличиваются. Биодизельное топливо считается заменителем дизельного топлива, но это, однако, означает, что рабочие характеристики и выбросы двигателя не могут обеспечиваться гарантией, когда для двигателя используется биодизельное топливо.³²
- Топливная смесь, состоящая из качественного дизельного топлива, и в которой концентрация биодизельного топлива по объему составляет до 5%, не будет создавать серьезных проблем. Если же концентрация биодизельного топлива будет свыше 5%, то следует ожидать появления серьезных эксплуатационных проблем. Фирма *Cummins* не одобряет и не препятствует применению топливных смесей с биодизельным топливом. Дополнительную информацию можно получить у специалистов фирмы *Cummins*.

Природный газ

- Для большинства мест эксплуатации установок не требуется хранения такого топлива.
- Выбор природного газа может быть достаточно экономичным видом топлива в тех местах, где он доступен и при соблюдении условий по требуемому расходу газа и давлению
- Для систем аварийного энергоснабжения в местах их эксплуатации может потребоваться система поддержки питания сжиженным нефтяным газом (LPG).
- Природный газ низкого качества может использоваться только для определенных генераторных установок. Однако, в целях определения потенциальной потери мощности, а также состава газа, который мог бы привести к выходу из строя двигателя из-за плохого сгорания, детонации или коррозии, требуется провести анализ газа и проконсультироваться с изготовителем двигателя.
- Детонация и повреждение двигателя могут произойти в результате того, что некоторые поставщики газа могут время от времени добавлять в него бутан, чтобы поддержать давление в линии. Двигатели, работающие на природном газе, требуют чистого, сухого и качественного газа в газопроводах для генерирования номинальной мощности и обеспечения оптимального срока службы двигателя.
- Стабильность частоты генераторных установок с приводом от ДВС с искровым зажиганием может быть хуже, чем у дизель-генераторных установок. Хорошая стабилизация частоты является важным фактором, когда энергия поступает на нагрузки системы бесперебойного питания (UPS).

³² – Фирма *Cummins Power Generation* не берет на себя никакой гарантийной ответственности по ремонтам или большим эксплуатационным затратам из-за использования биодизельного топлива

Сжиженный нефтяной газ

- Эксплуатация в холодном климате – При температурах окружающей среды ниже -7°C ДВС с искровым зажиганием обычно запускаются легче и принимают нагрузку быстрее, чем установки на дизельных двигателях.

ПРИМЕЧАНИЕ: Фирма :Cummins Power Generation не рекомендует прокладывать трубопроводы высокого давления для природного газа (под давлением 34 кПа и более) внутрь зданий.

- Местная доступность к источникам снабжения сжиженным нефтяным газом (LPG) должна быть тщательно изучена и подтверждена до выбора установки, работающей на таком виде топлива.
- На месте эксплуатации должно быть предусмотрено хранилище для топлива. Сжиженный нефтяной газ может храниться неограниченное время.
- Стабильность частоты у генераторных установок с приводом от ДВС с искровым зажиганием может быть хуже, чем у дизель-генераторных установок. Хорошая стабилизация частоты является важным фактором, когда энергия поступает на нагрузки системы бесперебойного питания (UPS) .
- Эксплуатация в холодном климате – Бак для хранения сжиженного нефтяного газа должен иметь такие размеры, чтобы обеспечить требуемую скорость процесса испарения при самой низкой ожидаемой температуре окружающей среды, или придется предусмотреть систему отбора жидких фракций с испарительным подогревателем.

ПРИМЕЧАНИЕ: Фирма :Cummins Power Generation не рекомендует прокладывать трубопроводы высокого давления для сжиженного нефтяного газа (под давлением 138 кПа и более), как в жидкой, так и в газообразной форме, внутрь зданий.

Бензин

Бензин не является подходящим топливом для стационарных генераторных установок резервного электроснабжения из-за его высокой летучести и срока годности при хранении.

Заменители дизельного топлива

В общем, дизельные двигатели могут работать и на замещающих видах **топлива, обладающих приемлемой смазочной способностью**, в те сроки, когда поставка стандартного дизельного топлива № 2-Д временно ограничена. Применение заменителей нормального топлива может неблагоприятно сказаться на гарантийном покрытии, рабочих характеристиках и выбросах. Перечисленные ниже заменители стандартного дизельного топлива обычно ограничиваются следующими видами:

- Дизельное топливо 1-D и 3-D
- Нефтяное топливо сорта № 2 (топочный мазут)
- Топливо для авиационных турбин сортов *Jet A* и *Jet A-1* (товарное топливо для реактивных двигателей)
- Неавиационное газотурбинное топливо сортов № 1 GT и № 2 GT
- Керосин сортов № 1-K и № 2-K

Оценка экологических факторов

Шум и способы борьбы с ним

Ниже будет дан краткий обзор по оценке экологических проблем, относящихся к шуму, вредным выбросам и условиям хранения топлива. Более подробную информацию по данным вопросам см. в Разделе *Механическая конструкция*.

Методы борьбы с шумом, если таковые требуются, должны рассматриваться на самых ранних этапах предварительного проектирования. Как правило, методы и средства борьбы с шумом добавляют значительные расходы к стоимости установки в целом и увеличат физическую площадь, требуемую для ее монтажа. Генераторная установка является источником комплексного шума, в том числе шума от работы вентилятора охлаждения, шума работающего двигателя, а также шума в тракте выпуска отработавших газов. Это требует эффективных способов борьбы со всеми названными источниками шумов. В большинстве случаев, рекомендуемые методы борьбы позволяют изменить или перенаправить пути для шума, источником которого является генераторная установка с тем, чтобы снизить его интенсивность для людей, которые его слышат. Самое простое решение с использованием высококачественных глушителей иногда способно снизить уровень шума для какого-то конкретного местоположения установки, но в других местах эта мера может оказаться недостаточной. Поскольку шум имеет определенную направленность в пространстве, поэтому необходимо правильно учесть место расположения установки, ее ориентацию и расстояние по отношению к линиям или местам нахождения имущества или объектов собственности, где шум может стать предметом озабоченности или возмущений.

ЗОНЫ ШУМА	МАКС. УРОВЕНЬ ДНЕМ dB(A)	МАКС. УРОВЕНЬ НОЧЬЮ dB(A)	НЕПРЕРЫВНЫЙ УРОВЕНЬ ДНЕМ dB(A)	НЕПРЕРЫВНЫЙ УРОВЕНЬ НОЧЬЮ dB(A)
Городские жилые районы	62	52	57	47
Пригородные жилые районы	57	47	52	42
Очень тихие пригородные или сельские жилые районы	52	42	47	37
Город – вблизи промышленных объектов	67	57	62	52
Объекты тяжелой индустрии	72	62	67	57

Таблица 2-2 Репрезентативные наружные уровни шума

Уровни шума и регулирующие нормы

В Северной Америке государственные и местные законы устанавливают максимальные уровни шума для определенных районов. Большинство муниципальных норм определяют максимально допустимый уровень шума у объекта собственности. В **Таблице 2-2** показаны некоторые репрезентативные нормы для наружного уровня шума. Соблюдение этих норм требует понимания и учета фоновый уровень шума от окружающей среды и результирующего уровня шума при работающей с полной нагрузкой генераторной установке в таких условиях окружающей среды.

Нормы регулирования шума также существуют для защиты слуха рабочих. Персонал, обслуживающий генераторную установку в моторном отсеке, должен всегда носить защитные наушники, когда установка находится в работе.

Нормы по уровням вредных выбросов двигателей

Для генераторных установок, независимо от области их применения, могут оговариваться нормы по уровням выбросов двигателей, устанавливаемые местными или национальными органами самостоятельно или совместно. Соблюдение таких норм по выбросам обычно требует специального разрешения. В некоторых регионах могут вводиться специальные распоряжения, требующие применения двигателей, работающих на газообразном топливе, а также использования для дизельных двигателей средств и методов по очистке и нейтрализации выхлопных газов. В целях соблюдения таких требований проконсультируйтесь с местным агентством по экологии на самых начальных этапах проектирования своего объекта.

В **Таблице 2-3** даны типовые нормы по выбросам для генераторных установок мощностью от 40 до 2000 кВт, не снабженных системами по регенерации выхлопных газов. Приведенные здесь данные можно использовать для оценочных целей. Для получения подробной информации по конкретным двигателям следует проконсультироваться с их изготовителем.

В Северной Америке передвижные генераторные установки (т.е. те, которые перемещаются более одного раза в год) требуют для них Сертификата EPA (Агентства по охране окружающей среды США), для которых существенно ограничен выброс оксидов азота NOx до уровня 6,9 г/л.с.-час. Данные по имеющимся моделям таких установок можно получить у дистрибьютора *Cummins Power Generation*.

Требования по хранению топлива

Конструкция бака для топлива и его установка во многих местах регулируется нормами, которые обычно оговариваются для двух отдельных целей: защита окружающей среды и пожарная безопасность. Ввиду наличия таких норм, обязательность их соблюдения и исключения из правил могут меняться от места к месту. В связи с этим, необходимо проанализировать и понять местные требования.

В Северной Америке нормы по защите окружающей среды обычно существуют как на федеральном уровне, так и на уровне отдельных штатов. Разные комплекты этих норм применяются для подземных хранилищ топлива и надземных. Эти нормы охватывают стандарты таких конструкций, их регистрацию, испытания хранилищ и обнаружение утечек. В этих нормах также регламентируются требования к кожуху, подготовка планов по предотвращению перелива топлива, положения о финансовой ответственности и охвата трастовым фондом. Поскольку общая заявка предусматривает местную контрольную проверку, то исключения из норм предоставляются для подземных и надземных хранилищ дизельного топлива, обслуживающих на местах генераторные установки аварийного электропитания, где: 1) вместимость баков для хранения топлива на объекте составляет 500 литров или ниже, 2) ни один из отдельно взятых баков по вместимости не превышает 250 литров, и, 3) топливо расходуется только на этом объекте (т.е. не распределяется кому-либо еще).

ВИДЫ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ	Грамм/л.с. • час
HC (Общие несгоревшие углеводороды)	0,1 - 0,7
NOx (оксиды азота, например NO ₂)	6,0 – 13,0
CO (оксид углерода)	0,5 – 2,0
PM (твердые частицы)	0,25 – 0,5
SO ₂ (сернистый ангидрид)	0,5 – 0,7

Таблица 2-3 Типовые выбросы дизельных двигателей

Даже когда установка определена как исключение из норм, то необходимо признать, что затраты на чистку могут быть очень большими даже при малом проливе топлива из-за утечек, перелива баков и т.д. Условия по хранению дизельного топлива для генераторных установок на местах, смонтированных как внутри зданий, так и снаружи, должны быть адресованы третьей стороне, сертифицировавшей установку надземных двустенных баков с опорными станинами и с возможностью обнаружения и защиты от утечек и переливов топлива. Подробную информацию по конструкции топливной системы см. в Разделе 6 – *Механическая конструкция*.

Противопожарная защита

В Северной Америке нормы по противопожарной защите обычно принимаются или имеют одну или несколько ссылок на стандарты Национальной ассоциации по противопожарной защите (NFPA). Эти стандарты охватывают такие требования для емкости топливных баков, устанавливаемых внутри зданий, систем питающих трубопроводов, конструкции топливных баков, мест установки топливных баков, противопожарное обвалование и/или использование систем для безопасного слива топлива. См. Стандарт NFPA № 37 Установка стационарных двигателей. Местные противопожарные органы могут предъявлять более строгие требования или ссылаться на требования, изложенные в национальных стандартах.

Конструкция, выбор и установка противопожарных систем не охватываются содержанием настоящего Руководства ввиду учета очень большого числа факторов, например, заселенности здания, нормативных требований и эффективностью различных систем противопожарной защиты. Тем не менее, примите в расчет следующие положения:

- Система противопожарной защиты должна соответствовать требованиям надзорных органов или лиц, имеющих на это юрисдикцию, коими может быть инспектор, осуществляющий строительный надзор, начальник пожарной команды или страховое агентство.

- Генераторные установки, которые используются в качестве аварийных и резервных источников энергоснабжения, должны быть защищены от пожара местом своего расположения или за счет использования огнестойкой конструкции помещения, где стоит генераторная установка. В некоторых местах конструкция помещения, где смонтирована генераторная установка, считается необходимым обеспечить безопасность людей, для чего категория конструкции должна обеспечивать огнестойкость помещения в течение 2-х часов^{33, 34}. Некоторые места установок также требуют защиты от огня питающих фидеров. Для генераторного отсека следует предусмотреть установку автоматических пожароизолирующих дверей или заслонок.

Генераторный отсек должен иметь адекватную систему вентиляции, не допускающую скопления там выхлопных газов или воспламеняемых газов, используемых в качестве топлива.

- Генераторный отсек не должен использоваться в качестве места для складирования любых материалов
- Генераторные отсеки не должны классифицироваться как места повышенной опасности (как это определено NEC) лишь по причине того, что для двигателя применяется топливо.
- Уполномоченные органы будут обычно классифицировать генераторную установку как электроприбор бытового назначения с малым выделением тепла, когда он используется только в редких случаях и на непродолжительные промежутки времени, даже если температура выхлопных газов может превысить 538°C. В тех случаях, когда температура выхлопных газов превышает 538°C, некоторые дизельные двигатели и большинство двигателей, работающих на газе, могут классифицироваться как электроприборы с высоким выделением тепла, требующие установку систем выпуска, рассчитанных при работе генераторной установки на температуру 760°C. Информацию по температурам в тракте выпуска можно получить от изготовителя двигателя.
- Уполномоченные органы могут определять количество, тип и размеры одобренных переносных огнетушителей, требуемых для генераторного отсека.
- Пункт ручного аварийного останова за пределами моторного отсека или расположенный дистанционно, будет упрощать останов генераторной установки при пожаре или в иных экстренных случаях.
- Типовые системы питания жидким топливом внутри здания ограничиваются объемом в 2498 литров, однако уполномоченные органы могут установить более жесткие ограничения на количество топлива, которое можно хранить внутри здания. Кроме того, могут быть сделаны некоторые исключения, допускающие хранение топлива несколько большего объема в самом моторном отсеке, особенно в тех случаях, если в моторном отсеке должным образом предусмотрены системы противопожарной защиты.
- Топливные баки, находящиеся внутри зданий и выше самого нижнего этажа или подвального помещения, должны иметь противопожарное обвалование в соответствии со стандартами NFPA и экологическими нормами.
- Генераторные установки следует периодически проверять методом тренировочных запусков, с рекомендованным уровнем нагрузки не менее 30% номинальной мощности установки до тех пор, пока установка не достигнет стабильной рабочей температуры. Установку также следует проверять почти при полной нагрузке один раз в год в целях предотвращения скапливания топлива в тракте выпуска.

33 ПРИМЕЧАНИЕ: В Кодексе национальной противопожарной безопасности США – NFPA110 требуется, чтобы генераторные установки, использующие аварийные системы Уровня 1, устанавливались в помещении, обеспечивающем огнестойкость в течение 2-х часов. Для других аварийных систем огнестойкость должна выдерживаться в течение 1 часа.

33 ПРИМЕЧАНИЕ: В Канаде, Стандарт CSA282-2000 требует, чтобы помещение с нормой огнестойкости 1 час обеспечивало защиту систем аварийного электропитания, которые установлены внутри зданий.

КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТОК ПО УЧЕТУ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**Тип системы**

- ☐ Аварийная
- ☐ Резервная, оговоренная законодательством
- ☐ Дополнительная резервная
- ☐ Дополнительная резервная
- ☐ Основная мощность
- ☐ Ограничение максимальной нагрузки
- ☐ Ограничение нагрузки
- ☐ Базисная нагрузка

Категория генераторной установки

- ☐ Источник резервного электропитания
- ☐ Источник основного питания
- ☐ Источник питания длительной непрерывной нагрузки

Размер генераторной установки

- ☐ Одиночный блок ____ кВт ____ кВА ____ Cos φ
- ☐ Параллельные блоки ____ кол-во, ____ кВт ____ кВА ____ Cos φ

Напряжение и частота генераторной установки

____ Напряжение ____ Частота

- ☐ Однофазная
- ☐ 3-х фазная

Местоположение

- ☐ Внутри помещений
- ☐ На уровне земли
- ☐ На возвышении
- ☐ Ниже уровня земли
- ☐ Снаружи помещений
- ☐ На уровне земли
- ☐ На крыше здания

Прямой доступ для монтажа и обслуживания

Да ____ Нет ____

Топливо

- ☐ Дизельное
- ☐ Природный газ
- ☐ Сжиженный нефтяной газ

Питание топливом дизельного двигателя

- ☐ Расходный (суточный) бак
- ☐ Бак под станиной установки
- ☐ Наружный бак

Питание топливом – LP

- ☐ Отвод паров
- ☐ Отвод жидкости

Конструкция кожуха

- ☐ С защитой от погодных условий
- ☐ С акустической защитой
- ☐ С доступом внутрь
- ☐ Для приморских регионов

Вспомогательные узлы и агрегаты

- ☐ Коммутационно-распределительная аппаратура параллельно питания
- ☐ Автомат ввода резерва
- ☐ Зарядное устройство для аккумуляторных батарей
- ☐ Сетевой интерфейс
- ☐ Дистанционная сигнализация и мониторинг
- ☐ Автоматические выключатели цепи
- ☐ Модули управления параллельным питанием
- ☐ Глушитель
- ☐ Виброизоляторы

Особые требования к генератору

- ☐ Категория со сниженной температурой, 105°C 80°C
- ☐ Датчики низкой температуры или термисторы

Система охлаждения

- ☐ Радиатор, смонтированной на установке
- ☐ Выносной радиатор

Раздел 3.

Классификация по размерам

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 3

3 – ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА РАЗМЕР ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	3-2
Общий обзор	3-2
Области применения и номинальные значения рабочих параметров	3-2
Номинальные значения рабочих параметров генераторной установки	3-2
Обязательные и дополнительные области применения	3-2
Применения, обязательные по закону	3-2
Дополнительные резервные источники тока	3-3
Основные источники тока и источники непрерывной длительной мощности	3-3
Понятие о нагрузках	3-3
Требования к рабочим и пусковым нагрузкам	3-3
Пошаговая очередность нагрузки	3-4
Типы нагрузок	3-4
Нагрузки системы освещения	3-4
Нагрузки систем кондиционирования воздуха	3-5
Нагрузки электродвигателей	3-5
С низким и высоким моментом инерции	3-5
свыше 50 л.с.	3-5
Способы запуска в 3-х фазной сети	3-6
Приводы переменной частоты (VFD).....	3-7
Буквенный код электродвигателя (NEMA)	3-7
Конструкция 3-фазного электродвигателя	3-8
Конструкция однофазного электродвигателя	3-8
Нагрузки систем бесперебойного энергоснабжения	3-8
Нагрузки зарядного устройства батарей	3-11
Медицинское оборудование с визуализацией (рентгеновские аппараты, магнитно-резонансная томография)	3-12
Области применения пожарных насосов	3-12
Характеристики нагрузки	3-14
Допустимые отклонения частоты и напряжения нагрузки	3-14
Регенеративная мощность	3-14
Коэффициент мощности	3-15
Однофазные нагрузки и выравнивание нагрузки	3-16

3- ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА РАЗМЕР ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Общий обзор

В данном Разделе основное внимание уделено влиянию нагрузок на размер генераторной установки. Важно составить хорошо обоснованный и точный график нагрузки на самом раннем этапе разработки проекта, поскольку нагрузка – это один из самых важных факторов при выборе размера генераторной установки. Если вся информация о нагрузочном оборудовании, требуемая для обоснования размера установки, на начальном этапе проектирования еще не известна, то первоочередные расчеты по размеру установки будут основываться на предполагаемых оценках и допущениях, которые в дальнейшем должны подвергаться повторным расчетам и перепроверкам по мере поступления фактической и более точной информации. Различные типы нагрузок – электродвигатели, системы бесперебойной подачи энергии (UPS), приводы переменной частоты (VFD), медицинское диагностическое оборудование, и пожарные насосы оказывают весьма существенное и самое разнообразное влияние на выбор размера генераторной установки.

Области применения и рабочие параметры

Номинальные рабочие параметры генераторной установки

Определение нагрузок, требуемых для их питания от генераторной установки является функцией типа ее применения и требуемого рабочего цикла. В общем виде, есть три классификационные категории применения генераторных установок: резервного питания, основного питания и длительного непрерывного питания. Эти категории рассматривались в предыдущем Разделе – *Предварительное проектирование*. Имеющиеся номинальные мощности для генераторных установок варьируются в соответствии с такой классификацией. Генераторная установка, применяемая как источник резервного питания, служит для поддержки централизованного источника энергоснабжения (коммунальной сети), и предполагается, что она будет использоваться в редких случаях, поэтому категория источников резервного питания является самой высокой по классификации. Установки основного питания служат для работы без ограничения наработки в часах, и такая генераторная установка считается главным источником электропитания для переменных нагрузок, поэтому категория основных источников питания обычно составляет 90% номинальной мощности источника резервного питания. В категории установок для длительного непрерывного режима работы, генераторная установка служит для выработки номинальной выходной мощности на неограниченное число часов работы при постоянной нагрузке (т.е. в применениях, где генераторные установки могут работать в параллель с источником внешнего энергоснабжения и базисной нагрузкой), поэтому категория установок с длительным непрерывным режимом работы по своим рабочим параметрам обычно составляет 70% номинальных параметров установок резервного электропитания. Способность генераторной установки выдерживать прилагаемую нагрузку является функцией расчетного ресурса ее эксплуатации или интервалов между капитальными ремонтами.

Обязательные и дополнительные сферы применения

Исходя из основ применения генераторных установок их можно разделить на 2 основные категории: применение одних диктуется нормативными требованиями (законодательного характера), а другие можно отнести к средствам, помогающим экономике (обычно это связано с доступностью или надежностью энергоснабжения). Эти категории будут определяться совершенно разным подходом к их выбору, когда такие решения должны касаться характера нагрузок на генераторную установку.

Установки, обязательные по закону

Применение такого рода установок обычно регламентируется органами власти как установок аварийного питания или требуемых по закону резервных источников электропитания в тех местах, где вопросы жизни и безопасности людей стоят на первом месте. Применение этих установок может предусматриваться в СНиП или нормативных документах, специально обращенных к вопросам безопасности людей, в частности к объектам здравоохранения (больницам, родильным домам, клиникам), в высотном строительстве и другим местам, где собирается много людей (театры, залы заседаний, спортивные объекты, гостиницы). Обычно генераторные установки обеспечивают поддержку электропитания для таких нагрузок, как освещение путей эвакуации людей, систем вентиляции, систем сигнализации и обнаружения источников пожара, лифтов, пожарных насосов, систем связи общественной безопасности и даже производственных процессов, где отключение электропитания создает угрозу жизни и здоровью людей. Другие системы, требуемые по закону, обязательны в тех случаях, когда определено, что отключение нормального электроснабжения создает угрозу спасательным и пожарным операциям. Для определения минимальных нагрузок следует обратиться к местным регулирующим органам и стандартам. Генераторные установки большинства категорий применения могут использоваться и для принятия дополнительных нагрузок, если это согласовано с местными надзорными органами.

Дополнительные источники резервного питания

Этот тип системы установки стал применяться все чаще по мере роста потребности в энергоснабжении. Эти системы обеспечивают электропитанием такие технические объекты, как промышленные и коммерческие предприятия, нагрузками которых являются системы отопления, холодильные установки, центры обработки данных и иные важные производственные процессы. Применение таких генераторных установок часто оправдывается из-за риска потери нормального электроснабжения от коммунальной сети, что способно нарушить или прервать важные технологические процессы и создавать угрозу самому производству или технологическому оборудованию.

Источники основного и длительного энергоснабжения

Применение генераторных установок, вырабатывающих электроэнергию в качестве основных и длительных источников энергоснабжения, становятся все более привлекательными в развивающихся странах и для многих сфер, где требуется распределение энергии. Для централизованных коммунальных электросетей наличие там генераторных установок создает много благоприятных возможностей, а для клиентов коммунальных сетей такие возможности хороши с потребительской точки зрения. Снятие законодательных ограничений и внедрение более строгих экологических норм вынуждают коммунальные сети искать альтернативы по производству электроэнергии и альтернативы в системе распределения на основе новой центральной энергетической станции, структура которой обеспечивает ограничение пиковой нагрузки и бесперебойную подачу электроэнергии, чтобы удовлетворить растущий спрос. Пользователи коммунальных электросетей используют имеющиеся на местах генераторные установки для снижения пиковых нагрузок внешней сети, а также с возможностью одновременного комбинированного использования как электрической, так и тепловой энергии.

В любом случае следует помнить, что генераторные установки – это сравнительно небольшие источники электроэнергии по сравнению с нормальными электростанциями коммунального электроснабжения, поэтому рабочие характеристики нагрузок могут оказывать сильное воздействие на качество вырабатываемой электроэнергии, если размер генератора подобран не должным образом. Принимая в расчет то, что генератор – это источник ограниченного электроснабжения, независимо от того, подключается к нему какая-то нагрузка или отключается от него, следует помнить, что в этом случае будут возникать некоторые отклонения от номинального напряжения и частоты. Эти отклонения должны компенсироваться в допустимых пределах, применимых ко всем подключенным нагрузкам. Кроме того, искажение выходного напряжения генератора будет возникать, когда подключенные нелинейные нагрузки будут приводить к появлению токов гармонической составляющей. Это искажение может быть значительно большим при работе генераторной установки, чем это требуется, когда нагрузка питается от внешней сети, и если этот процесс не контролировать, то это вызовет дополнительный нагрев как генератора, так и нагрузочного оборудования. Отсюда следует, что для генераторов крупнее, чем требуются для обеспечения адекватного питания на рабочие нагрузки, необходимо ограничить рассогласования по напряжению и частоте в переходных процессах приложения нагрузки и ограничить гармонические искажения, когда такие установки обслуживают нагрузки с нелинейной характеристикой, например, компьютеры, системы UPS и VFD.

Имеющееся сейчас программное обеспечение позволяет сделать точный выбор размера генераторной установки и обеспечить очень высокий уровень доверия при приобретении достаточной по размеру системы, которая бы удовлетворяла вашим нуждам, но не была бы больше, чем оптимальный размер. Хотя тренировки для большинства размеров генераторных установок лучше всего выполняются с использованием программы *GenSize* фирмы Cummins Power Generation (см. Приложение А), или с помощью представителя изготовителя, тем не менее, они носят инструктивный характер, позволяющий понять, что определяет выбор генераторной установки для выбранной вами области применения.

Помимо подключаемых нагрузок, имеется ряд многочисленных факторов, влияющих на выбор размера установки: пусковые требования для нагрузок, например, электродвигателей, их механических нагрузок, дисбаланс однофазной нагрузки, нагрузки с нелинейной характеристикой для оборудования UPS, ограничения в падении напряжения, циклические нагрузки и т.д.

Мощность, требуемая многими типами нагрузки, может быть значительно выше при запуске нагрузки, чем это требуется для длительного и установившегося режима работы (это относится к большинству нагрузок приводных электродвигателей, не применяющих средства «мягкого» запуска.). Некоторые нагрузки также требуют высокой пиковой мощности в ходе эксплуатации (например, сварочное или медицинское оборудование). Вместе с тем, другие типы нагрузки (с нелинейной характеристикой - системы UPS, VFD, компьютеры и другие

Понимание нагрузок

Требования к пусковым и рабочим нагрузкам

электронные нагрузки) создают избыточные генерирующие искажения, если генератор по своим размерам крупнее, чем тот, который требуется для питания таких нагрузок. Источник электропитания должен обладать способностью не только вырабатывать электроэнергию, но и отвечать всем эксплуатационным требованиям по нагрузке.

Если же размер генератора ниже требуемого размера, то при запуске или в условиях появления пиковой нагрузки в ходе работы оборудования внезапные переходные режимы при изменении нагрузки могут вызывать отклонения в напряжении и частоте, которые пагубны для подключенной нагрузки или слишком велики, чтобы не допустить успешный запуск или надежную работу нагрузки. Хотя некоторые нагрузки вполне нормально переносят колебания напряжения и частоты при кратковременных переходных процессах, но ряд нагрузок к таким явлениям весьма чувствительны. Иногда нагрузочное оборудование может оснащаться системой защиты и в таких условиях заставит отключить нагрузку. Хотя и не так критично, но другие причины, например, регулирование освещенности или мгновенный пуск лифта, по меньшей мере, также может создавать некоторые нарушения.

Генераторная установка – это источник ограниченного электропитания как с точки зрения вырабатываемой ей активной мощности (кВт), так полной мощности генератора в вольт-амперах (кВА), независимо от типа системы возбуждения. Вследствие этого, изменения нагрузки будут вызывать в ходе переходных процессов отклонения как по напряжению, так и по частоте. Амплитуда и длительность таких изменений обусловлена характеристиками нагрузки и размером генератора по отношению к нагрузке. Генераторная установка – это источник электропитания с относительно высоким импедансом, если ее сравнивать с типовым трансформатором коммунальной электросети. Дополнительную информацию см. в Разделе 4 – Выбор оборудования

Постепенная очередность подключения нагрузки

Во многих областях применения целесообразно ограничивать величину подключаемой нагрузки или при любом запуске генераторной установки. Нагрузки обычно постепенно добавляются на генераторную установку в пошаговой очередности, чтобы снизить пусковые требования, а значит и размер требуемого генератора. Это требует системы управления нагрузкой и оборудования, которые подключают нагрузку на генератор¹. В этих целях обычно используются несколько переключателей. Индивидуальные переключатели могут быть отрегулированы таким образом, чтобы подключать нагрузки в разное время, используя для этого уставки стандартного времени задержки подключения на нагрузки в шахматном порядке. Для стабилизации напряжения и частоты генератора при его поэтапном нагружении рекомендуется задавать задержку по времени в несколько секунд между каждым этапом. Это, конечно, означает, что любая аварийная или требуемая по закону нагрузка должна подключаться в первую очередь, чтобы удовлетворить нормативным требованиям. Нагрузки, требующие очень высокой пусковой мощности, например, нагрузки крупных электродвигателей, следует запускать при минимальной подключенной нагрузке. Нагрузки системы UPS можно оставить для подключения в последнюю очередь, поскольку эти нагрузки идут на батареи. На основе приведенных выше предпосылок, ниже будут рассмотрены индивидуальные рабочие характеристики нагрузок.

Типы нагрузок

Нагрузки систем освещения

Расчеты для систем освещения достаточно просты – это сумма ламп или мощность в ваттах или требуемая мощность для цепей освещения, плюс мощность, требуемая для балластного сопротивления. К осветительным лампам относятся: стандартные лампы с нитью накала из вольфрама, люминесцентные лампы, т.е. ионизирующие газоразрядные лампы с балластным сопротивлением, а также газоразрядные (галогенные) лампы и т.д.

В Таблицах 3-1 и 3-2 приведены некоторые полезные репрезентативные данные

ТИП ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ЛАМП	SPF	RPF
Люминесцентные	0,95	0,95
Накаливания	1,00	1,00
Разрядные с высокой интенсивностью	0,85	0,90

Таблица 3-1 - Коэффициенты освещенности (пусковые (SPF) и рабочие (RPF))

ЛАМПА	БАЛЛАСТ
48" T-12, 40 Вт, с предварительным разогревом	10 Вт
48" T-12, 40 Вт, с быстрым пуском	14 Вт
Люминесцентные высокой мощности, 40 Вт	25 Вт
Ртутные, 100 Вт	18-35 Вт
Ртутные, 400 Вт	25-65 Вт

Таблица 3-2 - Балластная мощность

¹ Фирма Cummins Power Generation предлагает каскадные сетевые системы управления нагрузкой

Нагрузки систем кондиционирования воздуха

Технические условия для нагрузок систем кондиционирования воздуха обычно оцениваются в тоннах. Для определения требований по мощности в кВт в качестве очень консервативной оценки общей нагрузки для маломощного оборудования используется формула 2 л.с./тонна. Если Вы хотите более точный размер и узнать индивидуальные компонентные нагрузки электродвигателя в оборудовании, работающем на переменном токе, то надо их сложить индивидуально и вывести коэффициент заявочной потребности для каких нагрузок есть возможность одновременного запуска.

Нагрузки электродвигателей

Существует очень широкий выбор типов электродвигателей и типов нагрузок, подключаемых к таким электродвигателям, каждый из которых будет оказывать влияние на пусковые и рабочие характеристики. Далее будут рассматриваться многие из таких отличий и характеристик, а также их влияние на выбор размера генераторной установки.

Низкий и высокий момент инерции

Момент инерции вращающейся массы, каковой является электродвигатель и его нагрузка, - это мера его сопротивления при разгоне пусковым крутящим моментом электродвигателя. Пусковой крутящий момент требует повышенной мощности двигателя генераторной установки (SkW) по сравнению с нагрузкой работающего электродвигателя. Однако, чтобы избавиться от выполнения расчетов, обычно достаточно охарактеризовать нагрузки в широком плане и представить их как нагрузки с высоким моментом инерции или как нагрузки с низким моментом инерции в целях определения необходимой мощности двигателя, чтобы запустить и дать разгон нагрузкам электродвигателя. Отсюда следует, что нагрузки с малым моментом инерции - это такие нагрузки, которые можно разогнать с допущением, что эксплуатационный коэффициент равен 1,5 или ниже, в то время как нагрузки с высоким моментом инерции - это такие нагрузки, которые должны приниматься с эксплуатационным коэффициентом более 1,5. Более высокие значения эксплуатационного коэффициента должны также приниматься для механически разбалансированных или пульсирующих нагрузок.

В **Таблице 3-3** показаны категории общих нагрузок

Нагрузки с низким моментом инерции *	Нагрузки с высоким моментом инерции **
Вентиляторы и центробежные воздухоудувки	Лифты
Ротационные компрессоры	Одно- или многоцилиндровые насосы
Ротационные и центробежные насосы	Одно- или многоцилиндровые компрессоры
	Дробилка скальных пород
	Конвейеры

Таблица 3-3. Сводные данные по инерции вращения

* Исключительно большие по размеру вентиляторы и насосы, которые работают против высоких головок, не могут относиться к разряду инерционной нагрузки. Если нет уверенности, то принимайте их как нагрузки с высоким моментом инерции.

** Нагрузки с высоким моментом инерции включают в себя механически пульсирующие или разбалансированные нагрузки.

Свыше 50 л.с.

Крупный электродвигатель, запускаемый через линию с генераторной установкой, представляет собой нагрузку с низким импедансом, когда существует условие заторможенного ротора или исходного срыва запуска. В результате этого возникает высокий по значению бросок пускового тока, который обычно в 6 раз превышает номинальный (рабочий) ток. Высокий пусковой ток вызывает посадку напряжения генератора. Спад напряжения представляет собой совокупность мгновенного провала напряжения в переходном процессе и посадку напряжения восстановления.

Мгновенная посадка напряжения в переходном процессе происходит в момент подключения электродвигателя к выходу генератора и, строго говоря, является функцией относительных импедансов генератора и электродвигателя. Мгновенная посадка напряжения - это спад напряжения, предсказываемый кривыми спада напряжения, опубликованными в справочных данных по техническим характеристикам генератора ². Эти кривые спада напряжения дают представление о том, что можно ожидать от мгновенного спада, допуская при этом, что частота остается постоянной. Если двигатель снижает свои обороты из-за тяжелых условий

2 - Кривые провала напряжения для оборудования Cummins Power Generation доступны в программном продукте Power Suite Library на CD

пуска по требуемой мощности, то посадка напряжения на переходном режиме может излишне подчеркиваться, поскольку характеристика согласования по крутящему моменту регулятора напряжения выйдет из системы возбуждения генератора, чтобы помочь двигателю восстановить требуемую частоту вращения.

Вслед за обнаружением мгновенной посадки напряжения на переходном режиме система возбуждения генератора отреагирует на это увеличением возбуждения, которое бы восстановило номинальное напряжение - в тот же самый момент, когда электродвигатель раскручивается до рабочих оборотов (допуская при этом, что электродвигатель развивает достаточный вращающийся момент). Вращающий момент электродвигателя индукционного типа прямо пропорционален квадрату приложенного напряжения. Разгон электродвигателя – это функция разницы между вращающим моментом электродвигателя и потребностями крутящего момента нагрузки. Чтобы избежать чрезмерного времени на разгон или в случае заторможенного электродвигателя, генератор должен восстановить напряжение до номинального значения как можно быстрее.

Способ, каким генератор восстанавливает напряжение, является функцией относительных размеров генератора и электродвигателя, запаса мощности двигателя в кВт и форсирующие способности системы возбуждения генератора. В течение нескольких миллисекунд после начальной посадки напряжения на переходном режиме регулятор напряжения прилагает полное усилие напряжения на возбудитель генератора, вызывая этим нарастание тока в основном поле возбуждения генератора в соответствии с возбудителем и константами времени основного поля возбуждения. Компоненты генераторной установки спроектированы так, чтобы обеспечить согласованную работу между собой, а время реагирования было как можно короче, и при этом бы поддерживалась стабильность напряжения и не допускалась бы перегрузка двигателя. Системы возбуждения, которые реагируют слишком быстро или же слишком медлительны на реагирование, могут на деле перегружать двигатель при пуске крупных электродвигателей. В зависимости от тяжести нагрузки генератор должен восстанавливать номинальное напряжение в пределах нескольких циклов, или, самое большее, за несколько секунд.

Для применений, связанных с пуском электродвигателей, необходимо учитывать как начальную посадку напряжения на переходном режиме, так и напряжение восстановления. Генератор должен быть такого размера, чтобы он не превышал начальную посадку напряжения на переходном режиме, оговоренную для проекта, а также таким, чтобы восстанавливалось не менее 90% номинального выходного напряжения при полностью заторможенном роторе и приложенной полной мощности в кВА. Таким образом, в процессе разгона электродвигатель способен развить двигательный момент приблизительно до 81% ($0,9 \times 0,9 = 0,81$) его номинального значения, что считается адекватным для применений с пуском электродвигателей. При отсутствии конкретных ТУ по проекту посадка напряжения при пуске до 35% считается приемлемой для генераторной установки, связанной с пуском электродвигателей.

Для снижения мощности в кВА для электродвигателя в применении, где приемлем пониженный двигательный момент электродвигателя, имеются различные типы пусковых схем с пониженным напряжением. Снижение пусковой мощности в кВА и может снизить посадку напряжения, размер генераторной установки и обеспечить мягкий механический пуск. Однако, как будет рассмотрено далее, при применении таких пусковых схем в генераторных установках необходимо проявлять осторожность.

Способы пуска 3-х фазных схем

Существует несколько способов пуска 3-х фазных электродвигателей, сводные данные о которых приведены в **Таблице 3-4**, и разработанные в Приложении «С» – Пуск электродвигателей при пониженном напряжении. Самым распространенным способом пуска является прямой, безреостатный (под полным напряжением) запуск. Пусковые требования электродвигателя могут быть снижены за счет применения некоторых типов устройств пуска при пониженном напряжении или полупроводниковых схем, что позволит применить меньшую по размеру генераторную установку, чем рекомендовано. Однако следует проявлять определенную осторожность, когда применяются любые из пусковых методов при пониженном напряжении. Поскольку двигательный момент электродвигателя – это функция приложенного на него напряжения, поэтому любой способ, который снижает напряжение электродвигателя, также снижает и двигательный момент при запуске. Эти способы пуска следует применять только для электродвигателей с небольшой инерционной нагрузкой, если нельзя определить, что электродвигатель будет давать адекватный двигательный момент при его разгоне в ходе запуска. Кроме того, эти методы пуска могут создавать очень высокие по значению пусковые токи, когда они переходят из момента пуска в режим работы (если такой переход происходит до того, когда электродвигатель достигает своих рабочих оборотов), что приводит к пусковым требованиям, приближающимся к пуску при полном напряжении.

Если электродвигатель не достигает оборотов, близких к номинальным до переходного режима, то избыточная посадка напряжения и частоты может произойти, когда с генераторными установками применяются такие пусковые устройства. Если нет уверенности в том, как будут реагировать пусковое устройство и нагрузка, то допускайте, что это будет прямой пуск при полном напряжении.

Приводы переменной частоты (VFD)

Из всех категорий нелинейных нагрузок приводы переменной частоты, используемые для управления частотой вращения индукционных электродвигателей, создают самые большие наводки в выходном напряжении генератора. Для предотвращения перегрева генератора из-за появления токов гармонической составляющей, наводимых приводом переменной частоты, а также для ограничения системного искажения напряжения из-за снижения реактивного сопротивления генератора, необходимо применять генераторы более крупных размеров.

Например, обычные нагрузки источника тока инвертерного типа VFD на генераторе должны быть меньше, чем мощность генератора примерно на 50%, чтобы ограничить общее искажение от гармоник до уровня менее 15%. Совсем недавно стали применяться более совершенные системы VFD (с широкимпульсной модуляцией), создающие значительно меньше гармоник. Для такого типа драйверов генератор должен быть примерно на 40% больше по размеру.

Метод пуска	% полного приложенного напряжения (TAP)	% полного напряжения кВА	% полного напряжения крутящего момента	SkVA Умножающий коэффициент	SPF
Полное напряжение	100	100	100	1,0	-
Автотрансформатор понижающего напряжения	80	64	64	0,64	
	65	42	42	0,42	
	50	25	25	0,25	
Токоограничивающий реактор	80	80	64	0,80	
	65	65	42	0,65	
	50	50	25	0,50	
Последовательный резистор	80	80	64	0,80	0,60
	65	65	42	0,65	0,70
	50	50	25	0,50	0,80
Звезда Треугольник	100	33	33	0,33	-
Частичная обмотка (типовая)	100	60	48	0,6	-
Электродвигатель с роторной обмоткой	100	160*	100*	1,6*	-
* - это проценты или коэффициенты рабочего тока, который зависит от величины последовательно соединенных сопротивлений, добавленных в обмотки ротора.					

Таблица 3-4 Методы пуска при пониженном напряжении и характеристики

Для применений с приводом переменной скорости указывайте размер генераторной установки для полного паспортного номинального значения привода, а не паспортной категории приводного электродвигателя. Гармоники могут быть и выше, когда привод работает на частичной нагрузке, и в будущем вполне возможно установить более крупный электродвигатель, вплоть до полной мощности привода.

Буквенный код электродвигателя (стандарта NEMA)

В Северной Америке стандарт NEMA (Национальной ассоциации производителей электрооборудования) относится к электродвигателям и генераторам (MG1), который определяет приемлемые границы для пусковой мощности электродвигателей в кВА и обозначается латинскими буквенными кодами, начиная с буквы «А», и заканчивая буквой «V». Конструкция электродвигателя должна ограничивать пуск (заторможенный ротор) в кВА до значения, находящегося в пределах буквенного кода, промаркированного на самом электродвигателе. Для расчета пусковой мощности электродвигателя в кВА, умножьте мощность электродвигателя в л.с. на значение, указанное в **Таблице 3-5**, которое соответствует буквенному коду. Значения, приведенные в **Таблице 3-5**, это усредненные значения для буквенных кодов в пределах указанных диапазонов значений.

Буквенный код	Коэффициент	Буквенный код	Коэффициент	Буквенный код	Коэффициент
A	2	H	6,7	R	15
B	3,3	J	7,5	S	16
C	3,8	K	8,5	T	19
D	4,2	L	9,5	U	21,2
E	4,7	M	10,6	V	23
F	5,3	N	11,8		
G	5,9	P	13,2		

Таблица 3-5 - Коэффициенты (множители) для соответствующих буквенных кодов

Конструкция 3-х фазного электродвигателя

В Северной Америке конструкции электродвигателей типов В, С или D представляют собой 3-х фазный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, классифицируемый Национальной ассоциацией производителей электрооборудования (NEMA) в отношении максимального значения тока при заторможенном роторе и минимальные значения вращающего момента для заторможенного ротора, минимальный пусковой момент, и максимальный вращающий момент. Электродвигатели с высоким кпд – это высокоэффективные 3-х фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором и с минимальными значениями вращающего момента, аналогичные по конструкции моторам типа «В», но с более высоким максимальным током заторможенного ротора и повышенном номинальном к.п.д. при полной нагрузке. Номинальные стандартные значения для электродвигателей типа «В», «С» и «D» и двигателей с высоким кпд см. в **Таблице 3-6**.

Конструкция однофазного электродвигателя

Номинальные стандартные значения для однофазных асинхронных электродвигателей см. в **Таблице 3-7**.

Нагрузки системы бесперебойного питания

Система статической непрерывной подачи электропитания (UPS) использует кремниевые триодисторные выпрямители (SCR) или иные статические устройства для преобразования переменного тока в постоянный. Напряжение постоянного тока используется для создания переменного тока с помощью инверторной схемы на выходе системы UPS. Постоянное напряжение также используется для зарядки батарей – т.е. среды для хранения энергии для UPS. Переключаемые тринисторные схемы на входе системы наводят гармонические токи в основном генераторе дизель-генераторной установки. Вредное влияние этих токов вызывает дополнительный нагрев обмотки, снижение кпд, а также искажение формы колебаний переменного тока. Из этого следует вывод, что в таких случаях от генераторной установки потребуется генератор более крупного размера для заданного значения выходной мощности в кВт.

Устройства UPS могут быть также чувствительны к провалам напряжения и колебаниям частоты. Когда на выпрямителе напряжение линейно нарастает, то относительно широкая раскочка по напряжению и частоте может происходить без помех для нормальной работы. Однако, как только задействован обходной путь, то частота и напряжение должны быть очень стабильны. В противном случае появится условие для аварийной ситуации.

Проблемы прошлых лет, связанные с несовместимостью между генераторной установкой и статическими устройствами UPS, привели к ошибочным токованиям относительно размеров генераторных установок применительно к таким нагрузкам. В прошлом, поставщики UPS рекомендовали применять более крупные генераторные установки, мощность которых была бы от 2 до 5 раз выше номинальной нагрузки UPS, но даже после этого некоторые из проблем остались не решенными. С тех пор большинство изготовителей систем UPS работают над вопросами несовместимости, и сегодня уже есть более совершенные устройства UPS, совместимые с генераторными установками, что более оправдано, чем требовать значительного увеличения размера генератора.

При выборе размера генератора пользуйтесь данными на паспортной табличке UPS, даже хотя сама по себе UPS может быть не полностью загружена, плюс мощность для зарядного устройства аккумуляторных батарей. Обычно система UPS будет обеспечивать от 10 до 50% своей номинальной мощности для зарядных устройств батарей. Если в процессе работы генераторной установки с подключенной UPS батареи оказались разряжены, то генераторная установка должна способна работать как на выходную нагрузку, так и на зарядку батареи. Большинство систем UPS снабжены регулятором ограничения тока. Если ограничение тока задано в пределах от 110% до 150% номинальной мощности UPS, то это является пиковой нагрузкой, которую генераторная установка должна немедленно обеспечить UPS при отключении источника внешнего энергоснаб-

жения. Вторая причина использования полной номинальной мощности UPS состоит в том, что дополнительные нагрузки вплоть до номинальной мощности, указанной на паспортной табличке, можно добавлять в UPS в будущем. То же самое применимо и для резервных систем UPS. Выберите размер генераторной установки для комбинированных значений номинальной мощности индивидуальных устройств UPS, указанных на паспортных табличках, для тех применений, где, скажем, одна UPS установлена для поддержки работы другой UPS, а две оставшиеся постоянно работают на линии с нагрузкой 50% или ниже.

Из-за наличия нелинейных нагрузок оборудование UPS наводит гармоники на выходе генератора. Устройства UPS, оснащенные входными фильтрами, подавляющими гармоники, имеют пониженные значения гармонических токов по сравнению с теми, где таких фильтров нет. Фильтры подавления гармоник должны быть снижены или отключены, когда нагрузка на UPS мала. Если этого не сделать, то такие фильтры способны создавать опережающий коэффициент мощности на генераторной установке. Подробное описание см. в разделе *Механическая конструкция - Нагрузка опережающего коэффициента мощности*. Применение 12-импульсного выпрямителя с фильтром подавления гармоник позволит использовать наименьший рекомендованный размер генераторной установки.

Большинство устройств UPS имеют функцию ограничения тока для управления максимальной нагрузкой, которую система может приложить к своему источнику питания, что выражается в виде процента полной номинальной нагрузки UPS. Общая нагрузка, которую UPS прикладывает на свой источник питания, управляется до этого значения за счет снижения зарядного тока батареи. Поэтому, если максимальная нагрузка ограничена до 125%, а UPS работает на уровне 75% своей номинальной емкости, то зарядка батареи ограничивается до 50% номинальной мощности UPS. Некоторые из устройств UPS снижают зарядный ток батареи до более низкого значения в то время, когда генераторная установка питает UPS.

Мощность в л.с.	Электродвигатели типов В, С и D		Электродвигатели с повышенным кпд		Для всех электродвигателей	
	Буквенный код* NEMA	кпд (%)	Буквенный код* NEMA	кпд (%)	Пусковой коэф.мощн. (SPF)	Рабочий коэф.мощн. (RPF)
1	N	73	N	86	0.76	0.70
1-1/2	L	77	L	87	0.72	0.76
2	L	79	L	88	0.70	0.79
3	K	83	L	89	0.66	0.82
5	J	84	L	90	0.61	0.85
7-1/2	H	85	L	91	0.56	0.87
10	H	86	K	92	0.53	0.87
15	G	87	K	93	0.49	0.88
20	G	87	K	93	0.46	0.89
25	G	88	K	94	0.44	0.89
30	G	88	K	94	0.42	0.89
40	G	89	K	94	0.39	0.90
50	G	90	K	95	0.36	0.90
60	G	90	K	95	0.36	0.90
75	G	90	K	95	0.34	0.90
100	G	91	J	96	0.31	0.91
125	G	91	J	96	0.29	0.91
150	G	91	J	96	0.28	0.91
200	G	92	J	96	0.25	0.91
250	G	92	J	96	0.24	0.91
300	G	92	J	96	0.22	0.92
350	G	93	J	97	0.21	0.92
400	G	93	J	97	0.21	0.92
500 & UP	G	94	J	97	0.19	0.92

Таблица 3-6 Значения показателей по умолчанию для 3-х фазных электродвигателей

Мощность в л.с.	Буквенный код* NEMA	кпд (%)	Пусковой коэффициент мощности (SPF)	Рабочий коэффициент мощности (RPF)
С расщепленной фазой				
1/6	U	70	0,8	0,66
1/4	T	70	0,8	0,69
1/3	S	70	0,8	0,70
1/2	R	70	0,8	0,70
С постоянно расщепленным конденсатором (PSC)				
1/6	G	70	0,8	0,66
1/4	G	70	0,8	0,69
1/3	G	70	0,8	0,70
1/2	G	70	0,8	0,72
Конденсаторный пуск/индуктивная работа				
1/6	R	40	0,8	0,66
1/4	P	47	0,8	0,68
1/3	N	51	0,8	0,70
1/2	M	56	0,8	0,73
3/4	L	60	0,8	0,75
1	L	62	0,8	0,76
1-1/2	L	64	0,8	0,78
2	L	65	0,8	0,78
от 3 до 15	L	66	0,8	0,79
Конденсаторный пуск/конденсаторная работа				
1/6	S	40	0,8	0,66
1/4	R	47	0,8	0,68
1/3	M	51	0,8	0,70
1/2	N	56	0,8	0,73
3/4	M	60	0,8	0,75
1	M	62	0,8	0,76
1-1/2	M	64	0,8	0,78
2	M	65	0,8	0,78
от 3 до 15	M	66	0,8	0,79

Таблица 3-7 Значения показателей по умолчанию для однофазных электродвигателей

Нагрузки зарядного устройства батареи

Зарядные устройства батарей используют выпрямители тринисторного типа (SCR). Зарядное устройство батареи является нелинейной нагрузкой, требующей большего по размеру генератора переменного тока, чтобы воспринимать дополнительный нагрев и минимизировать искажения напряжения, вызываемые токами гармоник, наводимыми зарядным устройством. Число выпрямителей (импульсов) диктует требуемую степень увеличения размера генератора. 12-импульсный выпрямитель позволяет использовать наименьший из рекомендованных размеров генераторной установки.

Медицинское оборудование с системой визуализации (рентгеновские и сканирующие аппараты, магнитно-резонансные томографы)

Вышеуказанное медицинское оборудование создает уникальные пусковые и рабочие характеристики, которые должны приниматься в расчет при выборе размера генераторной установки. Пиковая нагрузка в кВА ($kVP \times ma$) и допустимая посадка напряжения являются самыми важными факторами, влияющими на размер генераторной установки, используемой для такого типа оборудования. Для всех применений в медицинской визуализирующей аппаратуре необходимо уяснить два дополнительных фактора.

Во-первых, когда медицинское оборудование питается от генераторной установки, то изображение на экране может отличаться от того, когда оборудование питается от внешней сети энергоснабжения. Причина этому лежит в различиях характеристик посадки напряжения. На **Рис. 3-1** показано, что посадка напряжения будет стремиться к какому-то постоянному уровню, когда источником питания является внешняя энергосеть, а при работе оборудования от генераторной установки глубина посадки напряжения будет более значительной и изменяющейся по величине. Попытка регулятора напряжения генераторной установки стабилизировать напряжение будет также отрицательно воздействовать на характеристику посадки напряжения.

Во-вторых, в течение некоторого промежутка времени, когда оператор пытается отрегулировать качество изображения и, наконец, получает приемлемую для работы картинку, не должно происходить резкого изменения в нагрузке, например, при включении или отключении лифтов или систем воздушного кондиционирования.

Медицинское оборудование с визуализацией обычно предназначено для работы от общедоступной коммунальной сети электроснабжения. Большинство оборудования, однако, снабжается компенсатором линейного напряжения, регулируемое либо установщиком аппаратуры или оператором. В условиях, когда источником питания оборудования является только генераторная установка, то компенсатор линейного напряжения можно подстраивать под предполагаемую посадку напряжения от генераторной установки. Когда медицинское оборудование отрегулировано для работы от внешней электросети, то генераторной установке придется дублировать посадку напряжения внешней сети как можно ближе к уже отрегулированным значениям, насколько это возможно. Исходя из прошлого опыта, удовлетворительные изображения можно ожидать, когда номинальная мощность генератора (переменного тока) в кВА, по крайней мере, в 2,5 раза выше пиковой нагрузки в кВА медицинского оборудования. Посадку напряжения от 5 до 10% можно ожидать, когда размер генератора выбирается на этой основе. Значения пиковой мощности в кВА и требуемой мощности генераторной установки в кВА для различного медицинского оборудования приведены в **Таблице 3-8**.

Применения для пожарных насосов³

Особый подход следует уделять пожарным насосам из-за их важности их статуса и специальных нормативных требований. Национальный код безопасности для электроустановок США (NEC) содержит требования, ограничивающие посадку напряжения в 15% при пуске пожарных насосов. Этот предел введен в таком расчете, чтобы пусковые устройства электродвигателей не выпадали в условиях длительной заторможенности ротора, а также для того, чтобы электродвигатели пожарных насосов создавали адекватный вращающий момент для разгона до номинальных оборотов и достижения номинального давления и расхода в системе подачи. Генераторной установке не требуется быть такого размера, чтобы обеспечить мощность в кВА для заторможенного ротора электродвигателя на неопределенное время. Это привело бы к увеличению размера генераторной установки, что может увеличить объемы ее техобслуживания и надежности из-за малой загруженности и практического использования такой генераторной установки.

³ Это толкование фирмы Cummins Power Generation Стандарта № 20 Национальной Ассоциации пожарной безопасности США (NFPA) издания 1996 г. для центробежных пожарных насосов.

Инженерам-проектировщикам следует ознакомиться с этим стандартом самостоятельно.

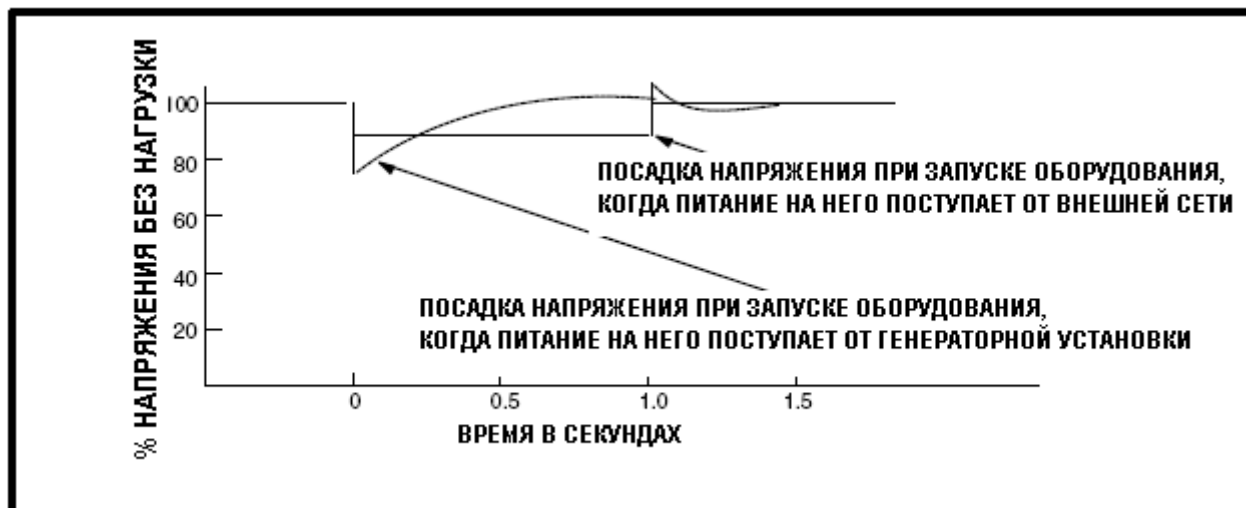


Рис.3-1 Посадка напряжения в медицинском оборудовании с системой визуализации

Номинальная мощность медицинского оборудования		Пиковая мощность кВА*	Минимальная мощность генератора в кВА
Ma	kVP		
15	100	1,5	3,8
20	85	1,7	4,3
40	125	5,0	12,5
50	125	6,3	15,8
100	125	12,5	31,3
200	125	25,0	62,5
300	125	37,5	93,6
300	125	45,0	112,0
500	125	62,5	156,0
500	150	75,0	187,0
700	110	77,0	192,0
1200	90	108,0	270,0

* - Умножьте пиковую кВА на коэффициент мощности (PF), чтобы получить пиковую мощность в кВт. Если коэффициент мощности не известен, то принимайте его за 1,0

Когда для пожарного насоса используется схема запуска при пониженном напряжении, то независимо от метода используйте мощность генератора для пуска при полном напряжении. В случае неисправности контроллера в нем имеются средства либо для ручного механического запуска, ручного электрического запуска или автоматические средства для прямого пуска при полном напряжении.

Дополнительными возможностями генератора можно управлять, если это практично, путем использования автоматических средств ограничения нагрузки на нагрузках с малым приоритетом с таким расчетом, чтобы в противном случае холостая мощность генераторной установки для пожарного насоса могла бы использоваться для тех же самых нагрузок. Органы управления должны быть организованы так, чтобы сначала снимать такие нагрузки, а затем запускать пожарный насос.

Другим вариантом решения является использование дизельного двигателя для привода пожарного насоса, а не использование для этой цели электродвигателя. С точки зрения экономики целесообразнее использовать пожарные насосы с приводом от электродвигателя, но инженер по противопожарной защите может предпочесть применение для этой цели дизельного двигателя. Таким образом, система противопожарной защиты и система аварийного электропитания работают полностью автономно друг от друга. Некоторые инженеры и страховые компании считают, что такой подход улучшает надежность обеих систем. В этом случае можно не приобретать автомат ввода резерва для пожарного насоса.

Характеристики нагрузки

Допустимые отклонения напряжения и частоты в зависимости от нагрузки

В Таблице 3-9 приведены сводные данные по допустимым отклонениям, когда различные нагрузки влияют на изменение напряжения и частоты.

Рекуперация электроэнергии

Применение генераторных установок для нагрузок, имеющих приводы типа электродвигатель-генератор (MG), например, лифты, подъемные краны и лебедки, требуют принимать в расчет режим динамического торможения. В таких применениях спуск клетки лифта или другого подъемного устройства происходит от мотор-генератора при торможении в генераторном режиме, когда происходит рекуперация, т.е. возврат электрической энергии на источник, который его должен воспринять. Нормальный источник внешнего энергоснабжения легко поглощает «рекуперируемую» энергию, поскольку он, по своей сути, является источником неограниченной энергии. Энергия, вырабатываемая нагрузкой, просто обслуживает другие нагрузки, уменьшая тем самым фактическую нагрузку на источник внешней электросети. С другой стороны, генераторная установка является автономным, т.е. изолированным источником электроэнергии с ограниченными возможностями по поглощению рекуперируемой энергии. Поглощение такой энергии является функцией, зависимой от механической мощности трения двигателя на оборотах, заданных регулятором, мощности вентилятора, сил трения генератора, сопротивления ветра и потерь в магнитопроводе (т.е. мощности, требуемой для поддержания номинального выходного напряжения генератора). Величина рекуперируемой энергии установки публикуется в Справочном листке ТУ для рекомендованного генератора, и обычно составляет от 10 до 20% номинальной мощности генераторной установки. (Генератор вращает двигатель, который поглощает энергию за счет потерь на трение.)

ОБОРУДОВАНИЕ	НАПРЯЖЕНИЕ	ЧАСТОТА	ПОЯСНЕНИЯ
Асинхронные электродвигатели	+/- 10%	+/- 5%	Низкое напряжение проявляется в слабом вращающем моменте и увеличением температуры. Высокое напряжение проявляется в повышенном вращательном моменте и ростом пускового тока.
Катушки индуктивности, Пускатели электродвигателей %	+/- 10%	Не применима	Удерживающая сила катушки и спад ее временной константы пропорционально ампер-виткам катушки. Небольшие катушки могут выпасть из этих допусков в переходных режимах. Посадка напряжения в переходном режиме от 30 до 40 % для более чем 2-х циклов может вызвать выпадение катушки.
Осветительные лампы накаливания	+10%, -25%	Не применима	Низкое напряжение приводит к 65% освещенности. Высокое напряжение снижает срок службы ламп на 50%. Низкая частота может создавать мигающий свет.
Люминесцентные осветительные лампы	+/-10%	Не применима	Высокое напряжение приводит к перегреву.
Разрядные осветительные лампы высокой интенсивности	+10%, -20%	Не применима	Низкое напряжение приводит к погасанию лампы. Высокое напряжение приводит к перегреву.
Статические системы непрерывного электроснабжения (UPS)	+10%, -15%	+/- 5%	Напряжение разряда батареи не падает ниже -20%. Системы UPS чувствительны к скорости изменения частоты (максимальной скорости нарастания выходного напряжения) более чем 0,5 Гц/сек. Может потребоваться генератор большего размера, чтобы ограничить гармонические искажения напряжения.
Приводы переменной частоты (VFD)	+10%, -15%	+/- 5%	VFD чувствительны к скорости изменения частоты более чем 1 Гц/сек. Может потребоваться генератор большего размера, чтобы ограничить гармонические искажения напряжения.
Если напряжение не восстанавливается до 90%, то устройства защиты от недостаточного напряжения могут заблокироваться, устройства перегрузки по току могут прерываться, пускатели при пониженном напряжении могут заблокироваться или работать в пошаговом режиме, а электродвигатели могут затормаживаться или не получать приемлемого разгона.			

Таблица 3-9 Типовые допуски по напряжению и частоте

Недостаточный номинальный уровень рекуперируемой энергии для такого применения может привести к избыточному увеличению скорости спуска лифта и превышению номинальной частоты вращения генераторной установки.

ПРИМЕЧАНИЕ: Избыточные регенеративные нагрузки способны вызвать заброс оборотов генераторной установки выше допустимых пределов и остановить установку. В тех применениях, которые наиболее восприимчивы к таким проблемам, являются небольшие здания, где лифт является основной нагрузкой генераторной установки.

Обычно, проблема рекуперации энергии может быть решена, когда есть уверенность в том, что существуют другие подключенные нагрузки, которые будут поглощать энергию рекуперации. Например, в небольших зданиях, где лифт является основной нагрузкой, нагрузка системы освещения должна передаваться на генераторную установку до перевода ее на лифт. В некоторых случаях, для поглощения рекуперируемой энергии могут потребоваться вспомогательные нагрузочные батареи с элементами управления такой системы.

Коэффициент мощности нагрузки (PF)

Индуктивные и емкостные нагрузки в цепях переменного тока создают точку, при которой волна синусоидального тока проходит через нуль, чтобы запоздать или опередить точку, при которой волна напряжения проходит через нуль. Емкостные нагрузки, синхронные электродвигатели с перевозбуждением и т.д. создают опережающий коэффициент мощности, где ток опережает напряжение. Запоздавающий коэффициент мощности, где ток отстает от напряжения, является более типичным случаем, и это происходит из-за наличия в цепи индуктивной нагрузки. Коэффициент мощности – это косинус угла, по которому ток опережает напряжение или отстает от него, и где полный синусоидальный цикл составляет 360 градусов.

Коэффициент мощности обычно выражается либо в виде десятичной дроби (0,8) или в процентном отношении (80%). Коэффициент мощности – это соотношение между активной мощностью, выраженной в кВт, и полной мощностью, выраженной в кВА. Отсюда следует, что

$$\text{кВт} = \text{кВА} \times \text{КМ} (\cos \varphi)$$

Помните о том, что 3-х фазные генераторные установки обычно нормируются на нагрузки с коэффициентом мощности 0,8, а коэффициент мощности для нагрузок однофазных генераторных установок составляет 1,0. Нагрузки, которые создают более низкий коэффициент мощности, чем указан для той или иной генераторной установки, могут быть пересмотрены с помощью системы *GenSize*, которая порекомендует более крупный генератор переменного тока или генераторную установку, которая бы должным образом воспринимала такую нагрузку.

Реактивные нагрузки, создающие опережающий коэффициент мощности, могут быть проблематичными, вызывая выход из строя генераторов, нагрузок или оборудования систем защиты. Наиболее общими источниками опережающих коэффициентов нагрузки являются слабонагруженные системы UPS, использующие входные линейные фильтры для подавления гармоник или устройства коррекции коэффициента мощности (батареи из конденсаторов), используемые с электродвигателями. Для генераторных установок необходимо избегать нагрузок с опережающим коэффициентом мощности. Емкостное сопротивление системы становится источником возбуждения генератора, где проблемой может стать потеря управления напряжением. Всегда подключайте и отключайте конденсаторы для коррекции коэффициента мощности системы под нагрузкой. Подробное описание см. Нагрузки с опережающим коэффициентом мощности в разделе *Электрическая конструкция*

Однофазные нагрузки и выравнивание нагрузки

Однофазные нагрузки следует распределять по возможности равномерно между тремя фазами для 3-х фазной генераторной установки, чтобы в полной мере использовать возможности генератора и ограничить разброс напряжения между фазами. Например, даже очень небольшое 10% рассогласование нагрузки в одной фазе может потребовать ограничения 3-х фазной сбалансированной нагрузки до уровня не более 75% номинальной мощности генератора. В целях предотвращения перегрева и преждевременного повреждения изоляции для 3-х фазных электродвигателей, разброс напряжения следует поддерживать на уровне менее 2%. Дополнительную информацию см. Расчет допустимого разброса однофазной нагрузки в разделе – *Электрическая конструкция*.

Раздел 4.

Выбор оборудования

4 - ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

4- ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ	4-3
Общий обзор	4-3
Генераторы переменного тока	4-3
Напряжение	4-3
Низкое напряжение	4-3
Среднее напряжение	4-3
Изоляция и допустимые значения параметров	4-3
Обмотки и соединения	4-4
Переключаемые соединения	4-4
Широкий диапазон	4-4
Расширенный диапазон	4-4
Ограниченный диапазон	4-4
Ускоренный пуск электродвигателя	4-4
Основные принципы конструкции генератора и возбуждение	4-4
Генераторы с самовозбуждением	4-5
Генераторы с независимым возбуждением	4-6
Нагрузка на переходных режимах	4-7
Кривые насыщения генератора	4-8
Чувствительность системы возбуждения	4-8
Пусковая характеристика электродвигателя	4-9
Полная мощность (кВА) заторможенного электродвигателя	4-9
Удерживаемый провал напряжения	4-11
Характеристика отказа	4-12
Температура обмотки при коротком замыкании	4-13
Двигатели	4-14
Регуляторы	4-14
Механические регуляторы	4-14
Электронные регуляторы	4-15
Системы пуска двигателя	4-15
Пуск от батареи	4-15
Смена места размещения батареи	4-15
Пневмозапуск	4-18
Элементы управления	4-19
Релейные системы	4-19
Электронные средства (микропроцессоры)	4-19
Электронные средства «Полного доступа» к управлению	4-20
Дополнительные элементы управления	4-20
Вспомогательные устройства и дополнительное оборудование	4-20
Средства защиты системы управления и звукового оповещения	4-20
Автоматические выключатели основной линии	4-21
Выключатели в литом корпусе	4-21
Входные коробки	4-21
Многорядные автоматические выключатели	4-21
Батареи и зарядные устройства	4-22
Системы выпуска и глушители	4-23
Кожуха (навесы)	4-23
для защиты от погодных условий	4-23
для подавления шума	4-23
контейнерного типа	4-23
для эксплуатации в приморских районах	4-24
Конфигурации с альтернативной системой охлаждения и вентиляции	4-24
Номинальные параметры системы охлаждения	4-24
Альтернативные варианты выносной системы охлаждения	4-24
Выносной радиатор	4-24
Теплообменник	4-25
Системы по поддержанию уровня моторного масла	4-25
Устройства дежурного подогрева для генераторных установок	4-25
Холодный пуск и прием нагрузки	4-25
Подогреватели охлаждающей жидкости	4-26

Подогреватели моторного масла и топлива	4-27
Подогреватели от конденсации	4-27
Топливные баки (для дизельных двигателей)	4-27
Суточные баки	4-27
Подрамные баки	4-28
Опорные виброизоляторы	4-28
Коммутационно-распределительное оборудование	4-28
Устройства, необходимые для работы генераторной установки в параллель	4-28
Дополнительные потребности в оборудовании	4-29

4- ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

Общий обзор

Когда принято решение относительно размера генераторной установки и цикл нагрузки, начинается выполнение работ, связанных с выбором необходимого оборудования.

В данном разделе рассматривается различное оборудование для генераторной установки для ее полноценного монтажа и выполнения требуемых функций. Здесь также обсуждаются функциональные характеристики, критерии для выбора и дополнительное оборудование, если оно необходимо.

Генераторы

Напряжение

Низкое напряжение

Область применения главным образом определяет выбор напряжения для генераторной установки. Для категорий установок аварийного и резервного питания выходное напряжение генератора обычно соответствует напряжению, прилагаемому на нагрузки. Большинство коммерчески используемых напряжений и конфигурация подключений доступны в качестве стандартных вариантов от изготовителей генераторов. Некоторые редко используемые напряжения могут потребовать специальных обмоток, изготовление которых может занять значительное время. Большинство генераторов имеет возможность регулировки напряжения, по крайней мере, в пределах $\pm 5\%$ от номинального значения напряжения, позволяющего осуществлять подстройку под специфические требования какого-то объекта. См. Приложение «В» с Таблицей напряжений, используемых в мире.

Высокое напряжение¹

Более часто генераторные установки высокого напряжения (свыше 600В) используются в применениях как основного источника питания или базисной нагрузки, или когда общие условия применения обеспечивают адекватную токопроводимость. Обычно высокое напряжение следует принимать в расчет, когда выходной ток от низковольтного генератора превышает 2000 ампер. Другим критерием, способствующим использованию высокого напряжения, является размер и мощность коммутационно-распределительных устройств и количество проводников, требуемых в сравнении с низким напряжением. Хотя оборудование с высоким напряжением будет стоить несколько дороже, но требуемый для него сортамент проводов (с допустимой токовой нагрузкой в амперах будет в 10-20 раз ниже) в сочетании с уменьшением размеров кабельных каналов, опорных конструкций и времени на монтаж, может компенсировать применение более дорогостоящего генератора.

Изоляция и значения номинальных параметров

Обычно генераторы переменного тока мощностью от 20 кВт до 2000 кВт согласно стандарту NEMA имеют изоляцию обмоток Классов F или H. Изоляция Класса H предназначена для обеспечения повышенной стойкости к высоким температурам по сравнению с Классом F. Номинальные значения параметров генераторов подразделяются на категории с точки зрения пределов роста температуры. Генераторы с изоляцией Класса H имеют выходные параметры по мощности в кВт и кВА, которые сохраняются в пределах роста допустимых температур до 80°C, 105°C, 125°C и 150°C над температурой окружающей среды 40°C. Генератор, эксплуатируемый при его температурном пределе 80°C, будет иметь больший срок службы по сравнению с более высокими значениями приведенных выше температур. Генераторы, рассчитанные на небольшой рост температуры для какой-то заданной категории генераторной установки, будут обладать улучшенными свойствами пуска электродвигателей, уменьшенными просадками напряжения, более значительными возможностями по приему нелинейной или несбалансированной нагрузки, а также более высокими свойствами по токовой перегрузке. Большинство генераторных установок производства Cummins Power Generation (CPG) доступны не по одному, а по нескольким размерам применяемых в них генераторов, позволяя тем самым подобрать нужный вариант для самых разных областей применения.

Многие генераторы переменного тока для конкретной генераторной установки будут обладать несколькими номинальными параметрами по предельной температуре, например, 125/105/80 (соответственно для установок резервного, основного и длительного электропитания (S,P,C)). Это означает, что выбранный генератор будет работать в рамках различных температурных пределов в зависимости от категории применения генераторной установки, т.е. он будет оставаться в пределах 125°C для категории установки резервного питания, в пределах 105°C для категории основных источников питания, и в пределах 80°C для категории установок длительного электроснабжения.

¹ Генераторы переменного тока высокого напряжения имеются в номенклатуре продукции Cummins Power Generation с номинальной мощностью от 750 кВт и выше

Обмотки и соединения

Генераторы переменного тока исполняются с различными видами обмоток и вариантами соединений. Понимание используемых здесь некоторых аспектов терминологии поможет Вам сделать выбор, который наилучшим образом подойдет для Вашего применения.

Переключаемые соединения

Конструкция многих генераторов выполнена с индивидуальными выводными концами отдельных фазных обмоток, которые можно соединять между собой по схеме «звезда» или «треугольник». На такие генераторы часто ссылаются, как на генераторы с 6 выводами. Зачастую переключаемые генераторы имеют 6 отдельных обмоток, по 2 в каждой фазе, которые можно соединять между собой последовательно или в параллель, и в схемы подключения «звездой» или «треугольником». Эти генераторы имеют 12 переключаемых выводных концов. Такие типы генераторов выполняются главным образом для обеспечения гибкости и эффективности в процессе производства, а соединение их выводных концов и испытания осуществляются на заводе-изготовителе в соответствии с желаемой конфигурацией.

Широкий диапазон

Некоторые генераторы переменного тока служат для получения на выходе широкого спектра номинальных напряжений от 208 до 240В или от 190 до 220В с единственной регулировкой уровня возбуждения. При сочетании таких систем с функцией переключения, такой вариант называют **Широким переключаемым диапазоном**.

Расширенный диапазон

Этот термин относится к генераторам переменного тока, которые способны вырабатывать напряжение в расширенном диапазоне, чем в широком диапазоне. В генераторах с широким диапазоном номинальные значения напряжения могут находиться в пределах от 416 до 480В, а в генераторах с расширенным диапазоном значения генерируемого напряжения лежат в пределах от 380 до 480В.

Ограниченный диапазон

Само название говорит о том, что генераторы с ограниченным диапазоном имеют очень сжатый диапазон регулируемого номинального напряжения (например, от 440 до 480В) или могут служить для выработки только одного конкретного значения номинального напряжения в 480В с соединением по схеме «звезда».

Улучшенный пуск электродвигателей

Этот термин используется для обозначения более крупного по размеру генератора или же генератора со специальной характеристикой обмотки, обладающего возможностями по созданию повышенного пускового тока электродвигателей. Вместе с тем ранее упоминалось, что улучшенные пусковые возможности будут также достигаться путем выбора генератора с пониженной границей роста температуры.

Основы устройства генератора и систем его возбуждения

Полезно иметь некоторые представления и понимание основ устройства генераторов переменного тока и систем возбуждения генератора применительно к переходной нагрузочной характеристике, взаимодействию регулятора напряжения с нагрузкой, и чувствительности системы возбуждения к ошибкам на выходе генератора.

Генератор преобразует вращающуюся механическую энергию в электрическую энергию. Он, как правило, состоит из ротора и статора, как это показано на поперечном разрезе Генератора на **Рис. 4-1**. Ротор образует магнитное поле генератора (показано в виде 4-х полюсов), вращение которого обеспечивается двигателем. Магнитное поле создается за счет источника постоянного тока, называемого возбудителем, который подключается к «+» и «-» выводам обмоток подмагничивания. Конструкция генератора такова, что при вращении ротора двигателем силовые линии магнитного поля перпендикулярно пересекают обмотки статора, наводя напряжение в элементах статорной обмотки. Напряжение в элементе обмотки меняет свой знак на противоположный каждый раз, когда изменяется полярность (т.е. дважды за каждый оборот в 4-х полюсном генераторе). Как показано на рисунке ниже, обычно в генераторе для каждого полюса проложены 4 обмотки с пазами между ними, что позволяет получить на выходе генератора синусоидальный однофазный или 3-х фазный переменный ток.

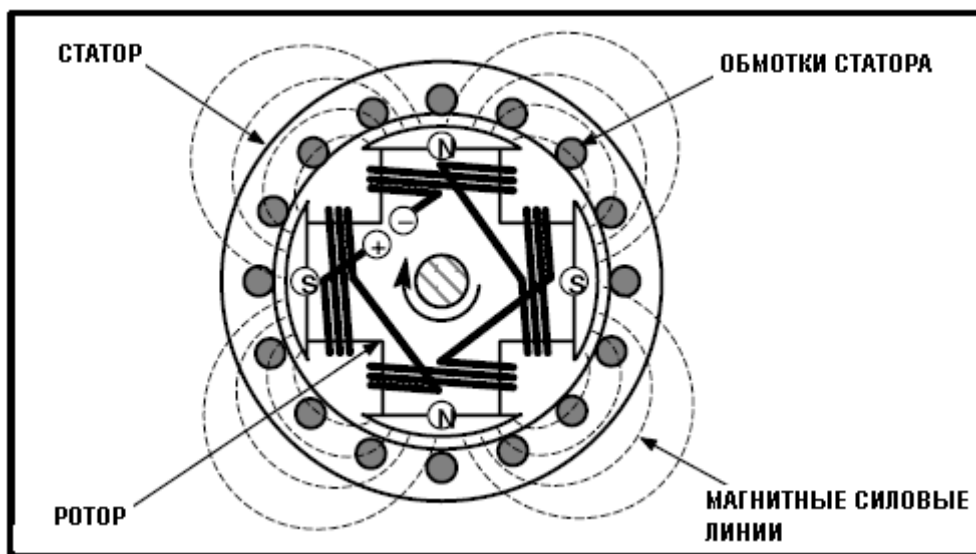


Рис.4-1 Поперечный разрез 4-х полюсного генератора

Наведенное в каждом элементе обмотки напряжение зависит от напряженности магнитного поля (которое можно представить в виде силовых линий большой плотности), скорости, с которой силовые линии пересекают элементы обмотки (т.е. числа оборотов вала в минуту), а также длиной пакета магнитопровода. Следовательно, для того, чтобы изменять выходное напряжение генератора какого-то заданного размера и рабочих оборотов, необходимо изменять напряженность магнитного поля. Это достигается с помощью регулятора напряжения, который управляет выходным током возбудителя.

Генераторы оснащаются либо системами с самовозбуждением или системами с независимым возбуждением (PMG).

Генераторы с самовозбуждением

Питание системы возбуждения генератора с самовозбуждением осуществляется через автоматический регулятор напряжения (AVR), отбирая (шунтируя) энергию с выхода генератора. Выходное напряжение и частота генератора, поступающие на вход регулятора напряжения, сравниваются с опорными значениями этих параметров, а на своем выходе подает отрегулированный постоянный ток на обмотки магнитного поля возбудителя. Магнитное поле возбудителя наводит выходное напряжение переменного тока в роторе возбудителя, который находится на вращающемся валу генератора, связанного с приводным двигателем. Выходное напряжение переменного тока возбудителя выпрямляется вращающимися диодами, которые также находятся на валу генератора, а затем подается на основной ротор (магнитное поле генератора). Регулятор напряжения увеличивает или уменьшает ток возбудителя в зависимости от изменения выходного напряжения и частоты генератора вследствие изменений в нагрузке, т.е. увеличивая или уменьшая напряженность магнитного поля генератора. Выходное напряжение генератора прямо пропорционально напряженности магнитного поля. См. **Рис. 4-2**.

Как правило, генераторы с системой самовозбуждения считаются наименее дорогостоящими системами, предлагаемыми изготовителями генераторов. Они обеспечивают хорошую работоспособность при всех условиях эксплуатации, когда размер генераторной установки правильно выбран для конкретного применения. Преимущество систем с самовозбуждением над системами с независимым возбуждением состоит в том, что система с самовозбуждением обладает функцией самозащиты при условиях симметричного короткого замыкания цепи, поскольку в этом случае магнитное поле «разрушается» и исчезает. Ввиду этого, автоматический выключатель основной линии для защиты генератора и проводников на первом уровне распределения электроэнергии может и не понадобиться, тем самым снижая стоимость такой установленной системы.

К недостаткам систем с самовозбуждением относятся:

- Может возникнуть необходимость выбора более крупного генератора, чтобы обеспечить приемлемые характеристики при пуске электродвигателей;

- Генераторы с системой самовозбуждения полагаются на остаточный магнетизм для возбуждения магнитного поля. Если остаточный магнетизм не достаточен, то может потребоваться «активизация» магнитного поля с помощью источника постоянного тока.
- Такие системы могут не выдерживать достаточно долго токов короткого замыкания, чтобы сработали автоматические выключатели, находящиеся далее в цепи распределения.

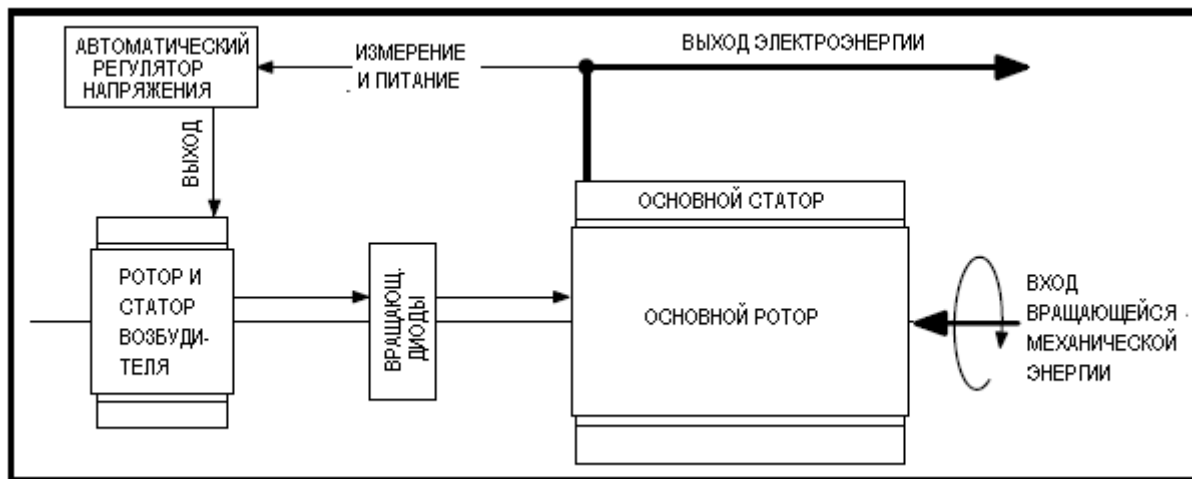


Рис.4-2. Генератор с системой самовозбуждения

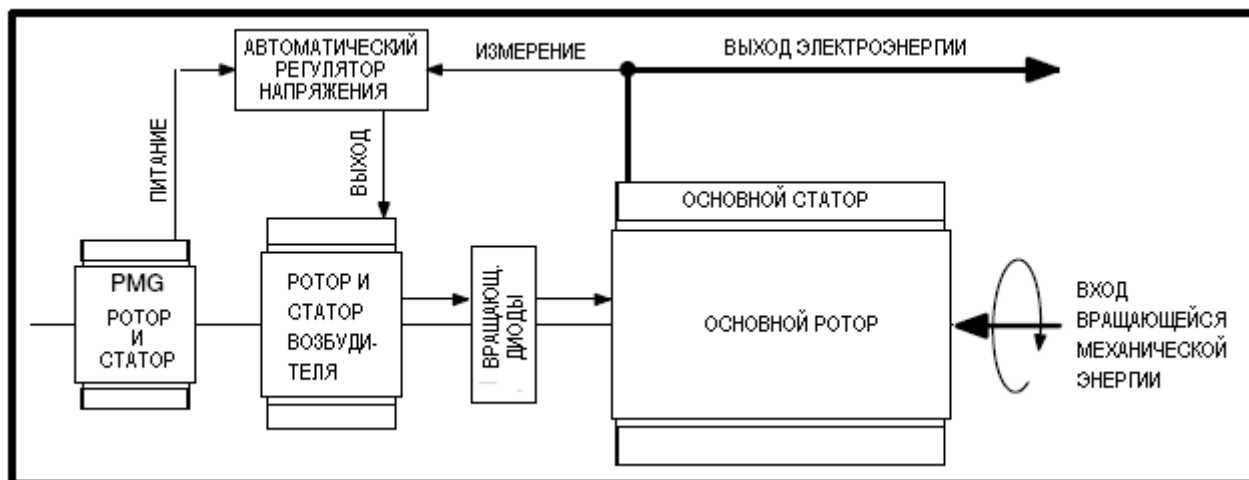


Рис.4-3. Генератор с независимой системой возбуждения (PMG)

Генераторы с независимым возбуждением

Система возбуждения генераторов с независимым возбуждением аналогична генераторам с системой самовозбуждения за исключением того, что на одном из концов вала основного генератора находится отдельный генератор с постоянным магнитом (PMG), подающий питание на регулятор напряжения. Блок-схему такого генератора см. на **Рис. 4-3** выше. Поскольку он является независимым источником питания, поэтому цепь возбуждения не подвержена влиянию нагрузок на генератор. Генератор способен выдерживать в течение примерно 10 секунд ток, который от 2-х до 3-х раз превышает номинальный ток. По этим причинам генераторы с независимой системой возбуждения рекомендуются для тех областей применения, где требуется повышенные пусковые характеристики для электродвигателей, а также хорошие эксплуатационные качества при работе с нелинейными нагрузками или при более длительных периодах работы в условиях короткого замыкания.

При использовании системы независимого возбуждения необходимо обеспечить защиту генератора от условий появления отказов, т.к. генератор способен работать вплоть до состояния полного выхода из строя. Система управления электропитанием *Power Command®* наряду с системой *AmpSentry™* обеспечивает такую защиту, регулируя длительный ток

короткого замыкания и останавливая генераторную установку в случае, если чрезмерный ток продолжает действовать, но прежде чем сам генератор не выйдет из строя. Более подробную информацию по этому вопросу см. далее в разделе *Электрическая конструкция*

Нагрузка на переходных режимах

Генераторная установка является источником ограниченной электроэнергии как с точки зрения эффективной мощности в кВт, так и полной мощности в кВА, независимо от типа системы возбуждения. Ввиду этого, изменения нагрузки будут вызывать флуктуации как напряжения, так и частоты. Величина и продолжительность таких отклонений определяется главным образом характеристиками нагрузки и размерами генератора по отношению к нагрузке. Генераторная установка – это источник энергии с относительно высоким импедансом по сравнению с типовым трансформатором, используемым в централизованной коммунальной сети электроснабжения.

Типовые эпюры напряжения при приложении и снятии нагрузки показаны на Рис. 4-4. С левой стороны графика установившееся состояние напряжения без нагрузки регулируется при 100% номинальном значении напряжения. Когда прилагается нагрузка, то напряжение немедленно «проседает». Регулятор напряжения измеряет этот провал напряжения и в ответ на него увеличивает ток возбуждения, чтобы восстановить напряжение до номинального значения. Время восстановления напряжения – это период времени между принятием нагрузки и возвратом напряжения в рамки регулировки напряжения (на Рисунке диапазон регулировки задан рамками $\pm 2\%$). Обычно начальный провал напряжения находится в пределах от 15 до 45% номинального напряжения, когда в один прием на генераторную установку подается 100% номинальная нагрузка (при коэффициенте мощности 0,8). Восстановление напряжения до номинального уровня будет происходить за время от 1 до 10 секунд в зависимости от характера нагрузки и конструктивных особенностей генераторной установки.

Наиболее значительная разница между генераторной установкой и внешней сетью электроснабжения заключается в том, что когда нагрузка внезапно прилагается на такую сеть, то обычно никаких отклонений в частоте не происходит. Когда же нагрузка прилагается к генераторной установке, то обороты двигателя (а следовательно и частота) при этом начнут падать. Приводной двигатель должен контролировать изменения в частоте вращения и регулировать подачу и расход топлива так, чтобы согласовать это с уровнем приложенной нагрузки. До тех пор, пока не достигнуто согласование новой нагрузки с увеличенным расходом топлива, частота будет отличаться от номинального значения. Как правило, провал частоты лежит в диапазоне от 5 до 15% от номинального значения частоты, когда добавляется однократная 100% номинальная нагрузка. Период восстановления частоты может занять несколько секунд.

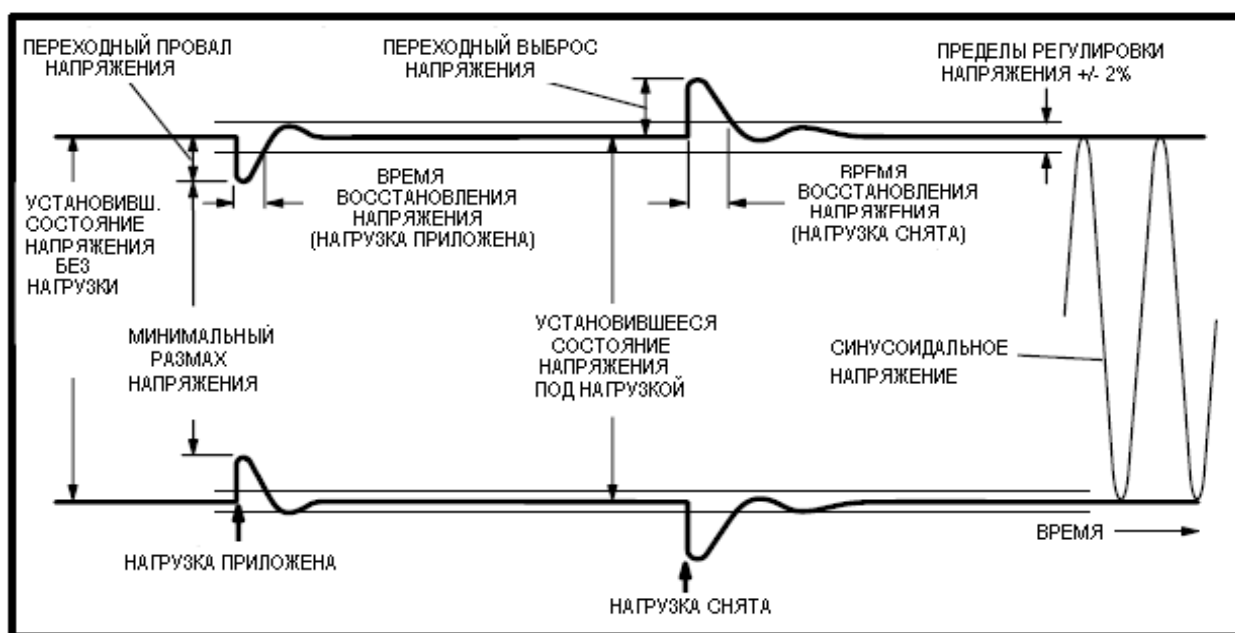


Рис.4-4 Типовые эпюры напряжения при приложенной и снятой нагрузке

Примечание: Не все генераторные установки способны принять в один прием 100% блоковой нагрузки

Рабочие параметры у разных генераторных установок могут отличаться друг от друга из-за различия в характеристиках регулятора напряжения, чувствительности и реакции регулятора оборотов двигателя, примененной системы впуска в топливной системе двигателя (без наддува или с турбонаддувом), а также как согласованы между собой двигатель и генератор. Одна из важнейших целей в конструкции генераторной установки – это до минимума ограничить уход напряжения и частоты от приемлемых уровней.

Кривые насыщения генератора

Кривые насыщения генератора строят диаграмму выходного напряжения генератора для различных нагрузок в зависимости от изменения тока в основной обмотке возбуждения. Для приведенного ниже примера типового генератора кривая насыщения без нагрузки (А) пересекает линию номинального напряжения генераторной установки, когда ток в системе возбуждения составляет примерно 18 ампер. Другими словами, для поддержания номинального выходного напряжения генератора без нагрузки потребуется ток возбуждения величиной примерно 18 ампер. Кривая насыщения при полной нагрузке (В) показывает, что для обеспечения номинального напряжения на выходе генератора потребуется ток величиной приблизительно 38 ампер при коэффициенте мощности на полной нагрузке 0,8. См. **Рис. 4-5**.

Чувствительность системы возбуждения

Ток возбуждения не может изменяться мгновенно в ответ на изменение нагрузки. Регулятор, магнитное поле возбудителя, и основное магнитное поле имеют свои собственные константы времени, которые необходимо суммировать. Регулятор напряжения обладает сравнительно быстрой реакцией, а основное поле возбуждения реагирует на такие изменения значительно дольше, чем поле возбудителя, т.к. по размерам во много раз превосходит последний. Следует отметить, что чувствительность системы с самовозбуждением будет примерно той же самой, что и для системы с независимым возбуждением, поскольку в этой связи константы времени для основного магнитного поля возбуждения и магнитного поля возбудителя являются существенными факторами, и они имеют общий характер для обеих систем.

Напряженность магнитного поля рассчитывается с учетом всех компонентов системы возбуждения, чтобы оптимизировать время восстановления. Будет вполне достаточно снизить время восстановления до минимума, но не настолько сильно, чтобы это привело к нестабильной работе (перерегулировке) или истощению возможностей двигателя (который является ограниченным источником механической энергии). См. **Рис. 4-6**

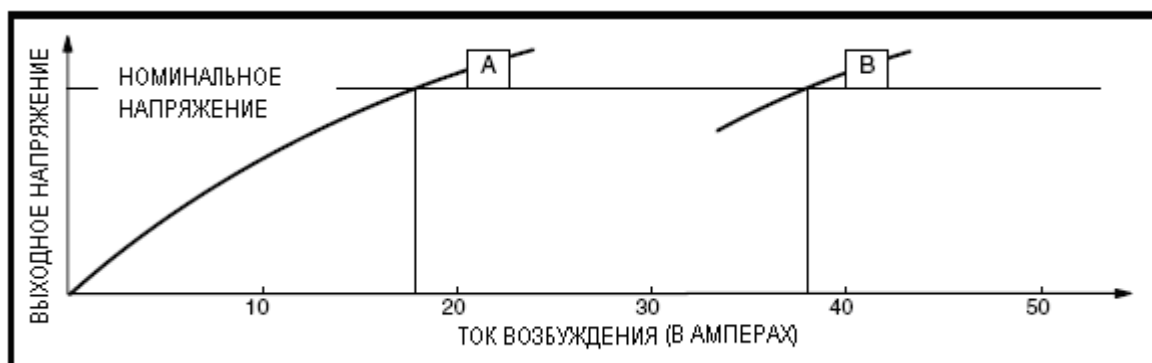


Рис.4-5. Типовые кривые насыщения генератора

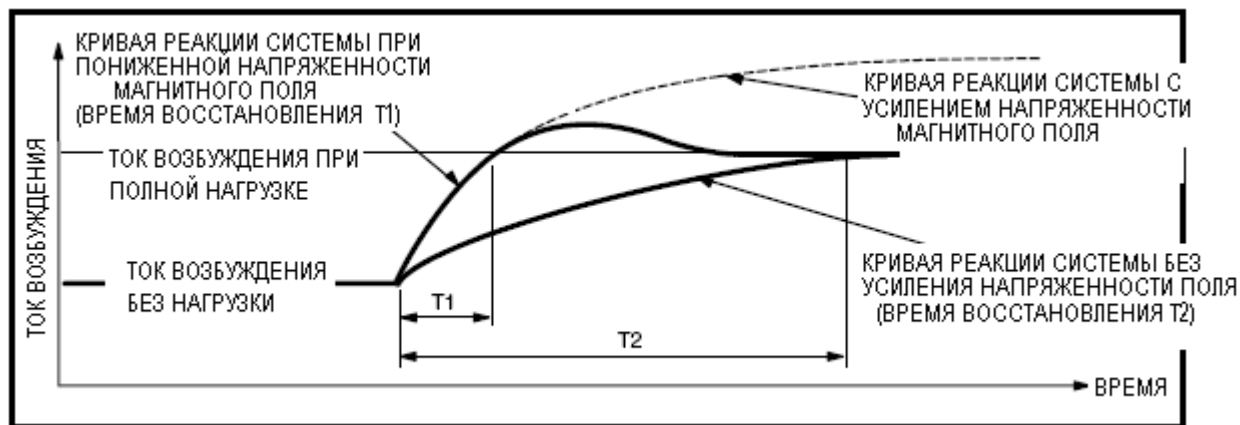


Рис.4-6 Характеристики чувствительности системы возбуждения

Пусковые характеристики электродвигателей

При пуске электродвигателей происходит просадка пускового напряжения, которая включает в себя мгновенную просадку напряжения плюс некоторый провал напряжения в результате реакции системы возбуждения. На **Рис. 4-7** показаны эти два компонента, которые представляют собой эту просадку напряжения. Мгновенная просадка напряжения – это просто результат воздействия тока заторможенного электродвигателя и реактивное сопротивление вторичного переходного процесса генераторной установки. Это происходит до того, как система возбуждения может отреагировать на увеличивающийся ток возбуждения, и поэтому на это не влияет тип системы возбуждения. За этой начальной просадкой напряжения может последовать еще один провал, вызванный функцией «согласования вращающегося момента» регулятора напряжения, который обеспечивает спад характеристики напряжения, чтобы снять нагрузку с двигателя, если он регистрирует значительное снижение оборотов двигателя. Генераторная установка должна оптимизировать время восстановления, но вместе с тем не допускать нестабильности или перегрузки двигателя.

Полная мощность (кВА) заторможенного ротора

Пусковой ток электродвигателя (заторможенный ротор) примерно в 6 раз превышает номинальный ток, который значительно не спадает до тех пор, пока электродвигатель почти не достигнет своих номинальных оборотов как это показано на **Рис. 4-8**. Этот пусковой бросок тока крупного электродвигателя вызывает просадку напряжения генератора. Кроме того, мощность двигателя, требуемая для пуска электродвигателя, будет примерно в 3 раза превышать номинальную мощность двигателя, когда обороты электродвигателя достигают до 80% номинального значения своих оборотов. Если двигатель не обладает способностью по принятию 3-х кратной номинальной мощности электродвигателя, то регулятор напряжения снизит напряжение генератора, чтобы разгрузить двигатель до уровня, на котором он может нормально работать. Пока вращающий момент электродвигателя всегда выше, чем крутящий момент нагрузки в период его разгона, то электродвигатель будет способен ускорять нагрузку до достижения полных оборотов. Восстановление до 90% номинального напряжения (81% вращающего момента электродвигателя) обычно приемлемо, потому что это приводит лишь к незначительному увеличению времени на раскрутку электродвигателя.

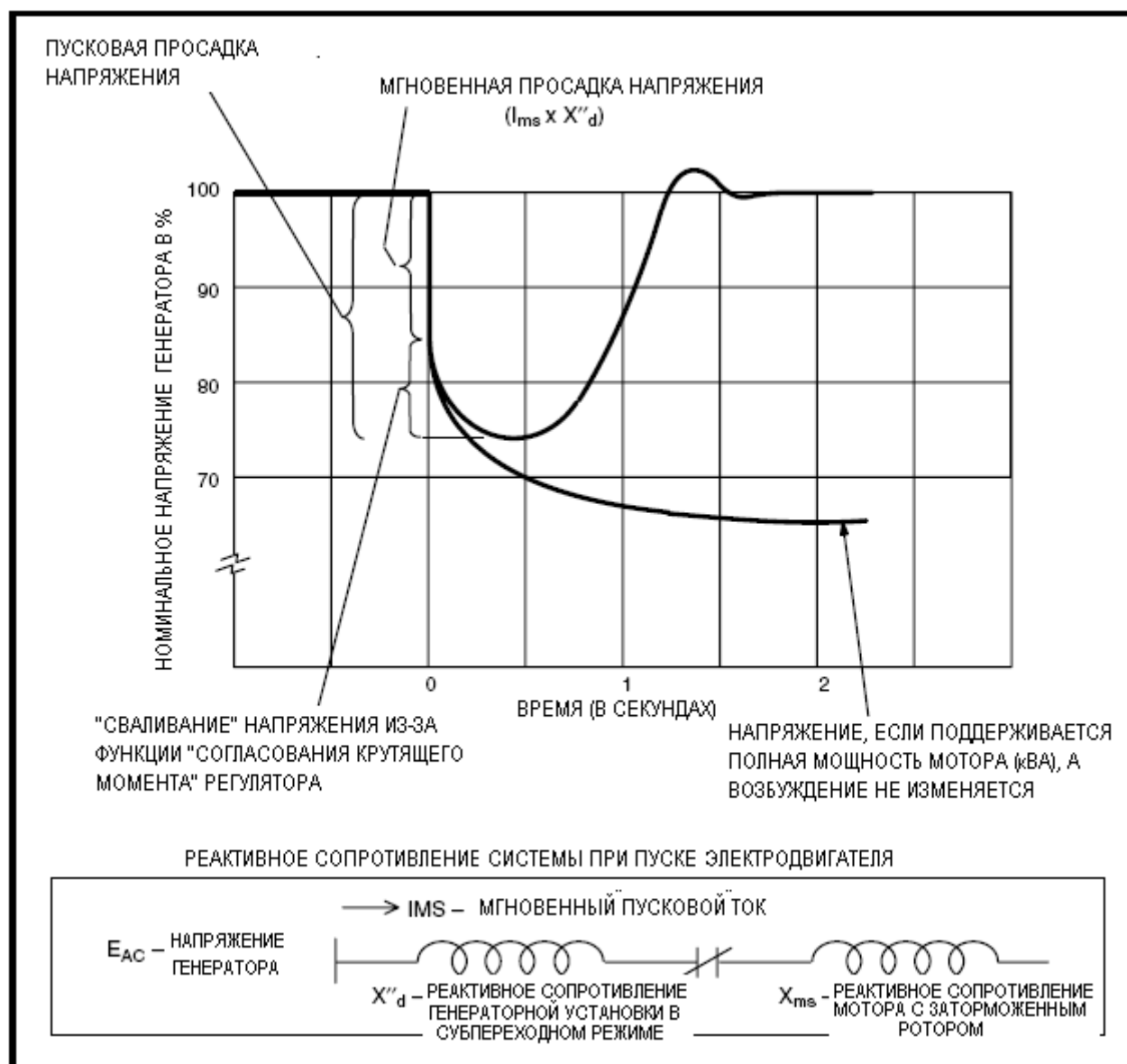


Рис.4-7 Просадка напряжения на переходных режимах

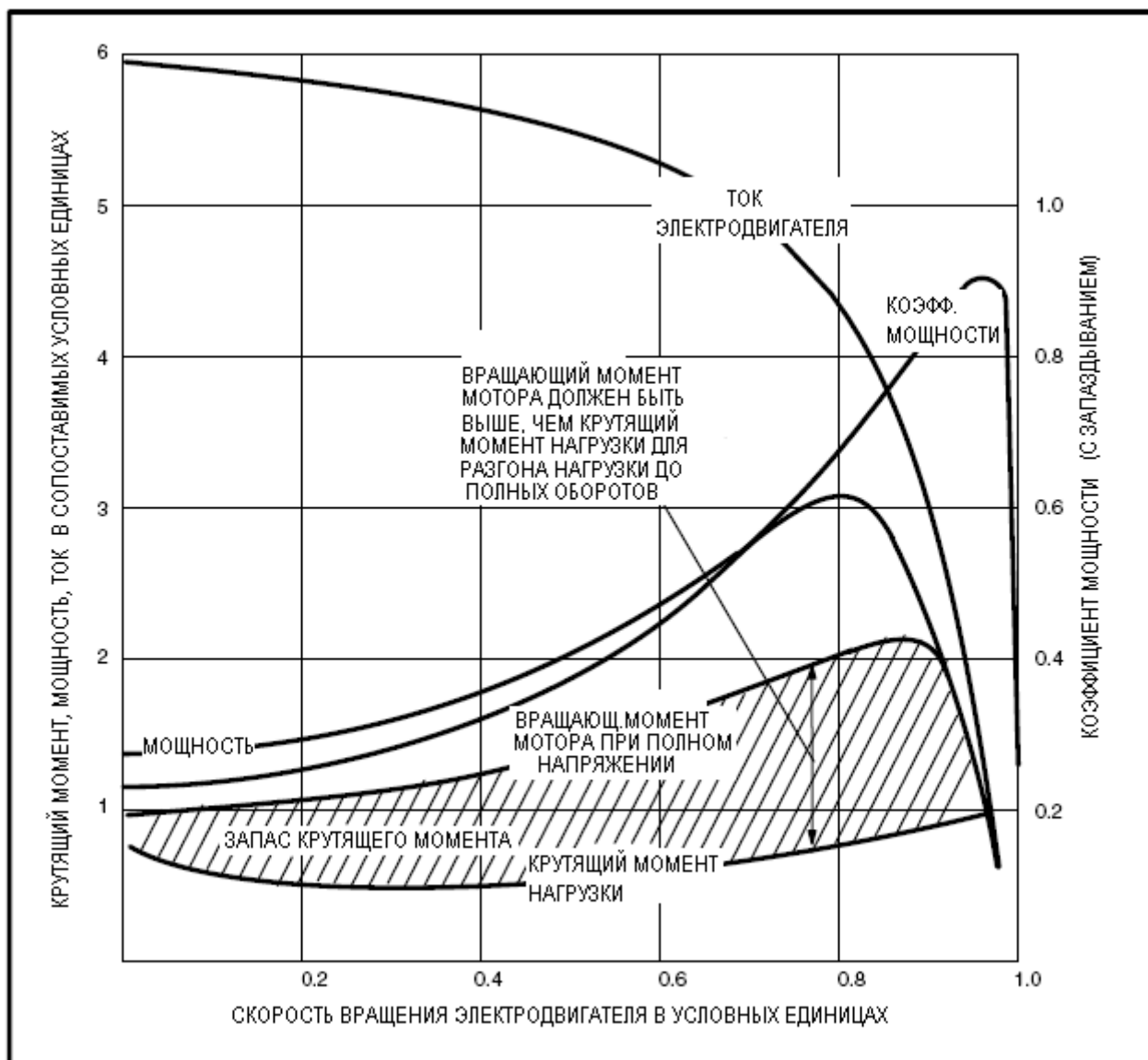


Рис.4-8. Типовая пусковая характеристика электродвигателя при полном питающем напряжении

Выдержанный провал напряжения

Следуя относительно короткому по времени и резкому провалу напряжения на переходном режиме (обычно это занимает менее 10 циклов, но может занять и несколько секунд) этот процесс представляет собой период выдержки времени для восстановления напряжения, как это показано на Рис. 4-9. Максимальная полная пусковая мощность электродвигателя в кВА, приведенная в Справочном листке ТУ для генераторной установки - это максимальная полная мощность, которую может выдержать генератор и все еще восстановиться до 90% номинального значения напряжения, как это показано на Рис. 4-10. Следует отметить, что это является лишь сочетанием рабочих характеристик генератора переменного тока, возбудителя и AVR. Пусковые характеристики электродвигателя для конкретной генераторной установки зависят от двигателя, регулятора оборотов и регулятора напряжения, а также генератора.

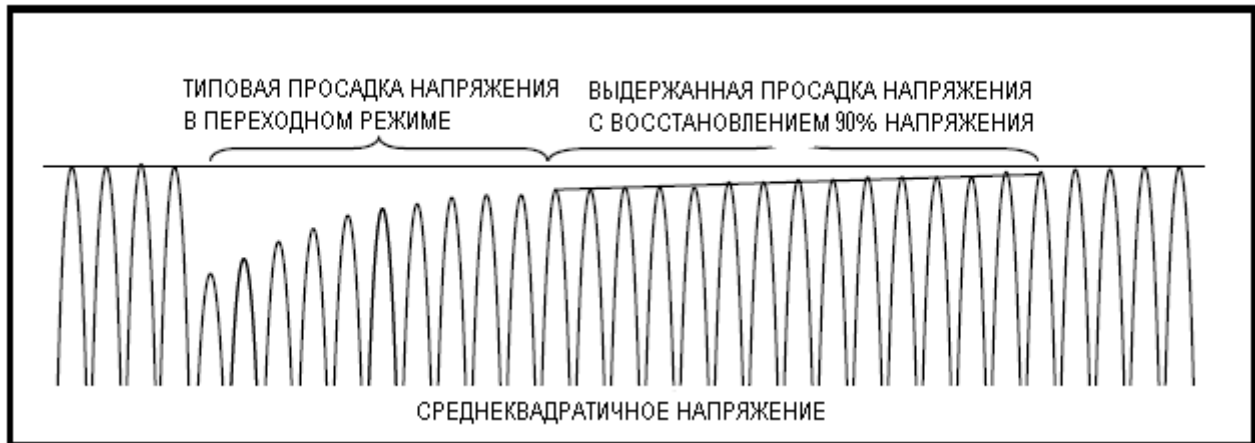


Рис. 4-9 Выдержанная просадка напряжения

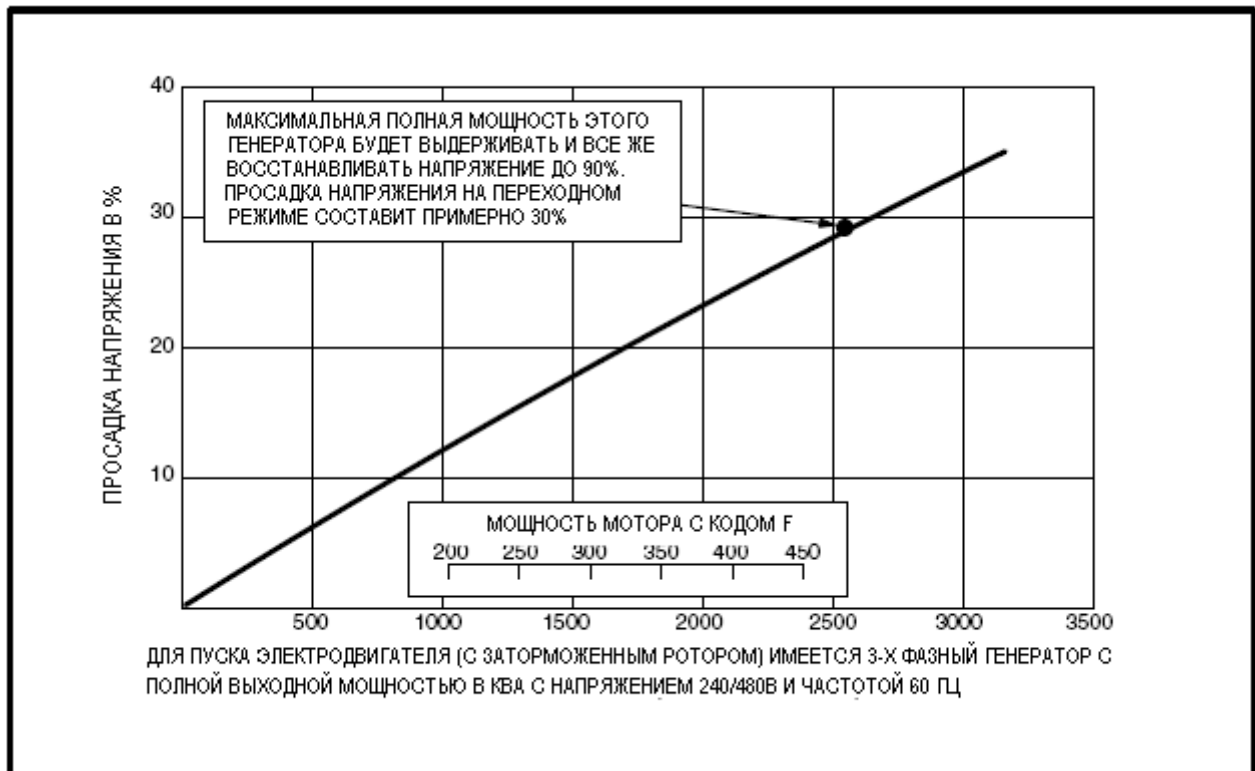


Рис. 4-10 Типовая характеристика переходной просадки напряжения генератора с кодировкой «F» по стандарту NEMA в зависимости от полной пусковой мощности электродвигателя

Реакция на короткое замыкание

Реакция на короткое замыкание генераторов с самовозбуждением и независимым возбуждением различна. Генератор с самовозбуждением относится к генераторам с «разрушающим» магнитным полем, которое исчезает при замыкании накоротко выходных клемм генератора (либо закорочены 3 фазы, либо замкнуты линии L-L по измеряемым фазам). Генератор с независимым возбуждением способен выдерживать магнитное поле возбуждения при коротком замыкании, поскольку возбуждение обеспечивается от отдельного генератора на постоянном магните (PMG). На Рис. 4-11 показана типовая характеристика симметричного 3-х фазного тока короткого замыкания генераторов с самовозбуждением и независимым возбуждением. Начальный ток короткого замыкания обычно в 8-10 раз превышает номинальный ток генератора и является ответной функцией на реактивное сопротивление генератора в субпереходном процессе, $1/X''_d$. Для нескольких начальных периодов колебаний переменного тока (A) практически нет никакой разницы между генераторами с самовозбуждением и независимым возбуждением, потому что они следуют по одной и той же кривой затухания тока короткого замыкания, т.к. энергия магнитного поля рассеивается. После нескольких последу-

ющих периодов колебаний (В) генератор с самовозбуждением будет продолжать движение по кривой затухания тока короткого замыкания вплоть до достижения током значения, равного 0. Ввиду того, что генератор с независимым возбуждением получает энергию возбуждения от независимого источника, поэтому он способен выдерживать в 3-х фазной цепи ток короткого замыкания, который превышает номинальный ток генератора в 2,5 - 3 раза. Этот уровень тока может сохраняться примерно в течение 10 секунд без угрозы повреждения генератора переменного тока.

На **Рис. 4-12** представлен наглядный образец разницы в реагировании на ток короткого замыкания в 3-х фазной цепи. Если это генератор с самовозбуждением, то напряжение и ток будут стремиться к 0, когда ток увеличивается до предела резкого изгиба кривой. Генератор с независимым возбуждением будет выдерживать прямое воздействие тока короткого замыкания, потому что он не зависит от выходного напряжения генератора из-за наличия отдельного источника возбуждения.

Температура в короткозамкнутой обмотке

Проблема учета выдержанного тока короткого замыкания состоит в том, что генератор может выйти из строя до того момента, пока не сработают автоматические выключатели, чтобы разомкнуть короткозамкнутую цепь. Токи короткого замыкания могут очень быстро перегреть статорные обмотки генератора. Например, рассогласование между фазным и нейтральным проводами (L-N) при коротком замыкании в генераторе с независимым возбуждением, позволяющим выдержать 3-х кратный номинальный ток, приведет к появлению тока, который примерно в 7,5 раз превысит номинальный ток. При таком уровне тока, допуская при этом начальную температуру обмотки 155°C, этот процесс может занять менее 5 секунд, чтобы температура обмоток достигла 300°C – т.е. такого значения температуры, при котором происходит мгновенный и непоправимый выход из строя обмоток. При коротком замыкании из-за рассогласования между фазами (L-L) этот процесс может занять по времени на несколько секунд больше, чтобы вызвать повышение температуры обмоток до 300°C, а в сбалансированной 3-х фазной цепи этот процесс займет еще больше времени. См. **Рис. 4-13**. Дополнительную информацию по данному вопросу см. также в разделе *Электрическая конструкция – Защита генератора переменного тока*.

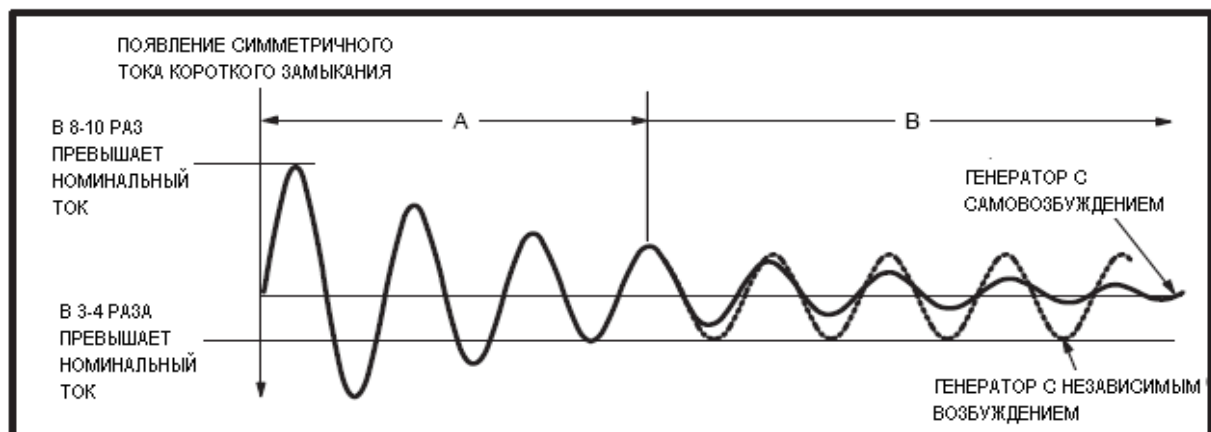


Рис. 4-11 Характеристика симметричного 3-х фазного тока короткого замыкания



Рис. 4-12 Характеристические кривые тока короткого замыкания

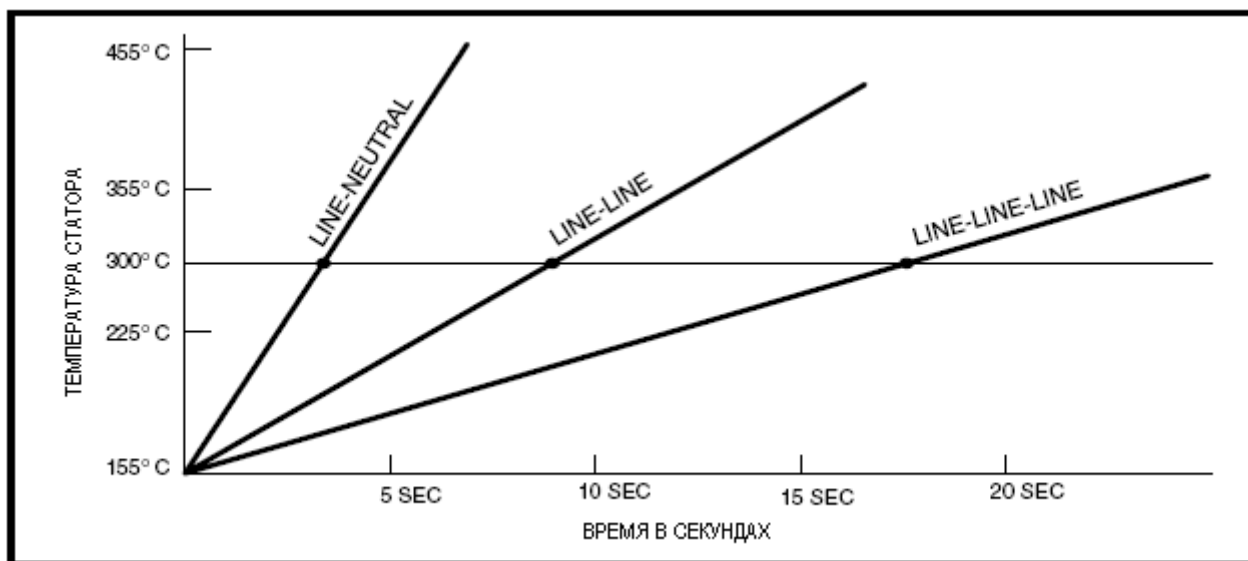


Рис.4-13 Примерные значения температур обмоток при коротком замыкании

Как видно из подробного описания основ работы генераторов переменного тока и систем возбуждения, только 2 основных типа систем возбуждения оказывают влияние на широкий спектр рабочих характеристик генератора. Система возбуждения определяет работу генератора в установившемся режиме, условия переходных процессов, пуск электродвигателей и некоторые другие. Ниже дается краткий сводный перечень отличительных особенностей и характеристик, присущих генераторам с самовозбуждением и генераторам с независимым возбуждением.

- Генераторы с самовозбуждением
 - Более значительные просадки напряжения
 - Усредненные однофазные измерения
 - Заниженные допуски для нелинейных нагрузок
 - Недостаточные возможности для запуска электродвигателей
- Генераторы с независимым возбуждением
 - Более низкие просадки напряжения
 - Выдержанные по времени токи короткого замыкания
 - 3-х фазное среднеквадратичное измерение напряжения
 - Улучшенные возможности для нелинейных нагрузок
 - Улучшенный пуск электродвигателей.

Двигатели

Регуляторы

Механические регуляторы

Механические регуляторы, как это определяется самим названием, управляют подачей топлива в двигатель, основываясь на измерении частоты вращения двигателя с помощью центробежных грузиков регулятора или иных аналогичных механизмов. Эти системы характеризуются спадом оборотов примерно на 3 - 5% при переходе из режима без нагрузки до принятия полной нагрузки, присущей конструкции такой системы. Этот тип системы обычно наименее дорог по стоимости и удобен для тех применений, где провал частоты не является проблемой для обслуживаемых нагрузок. Некоторые, но не все генераторные установки, имеют возможность использования на них механических регуляторов.

Электронные регуляторы

Электронные регуляторы используются для тех областей применения, где требуется изохронное (нулевой спад) регулирование или там, где техническими условиями определена активная синхронизация и параллельная работа оборудования. Частота вращения двигателя обычно измеряется электромагнитным датчиком, а подача топлива в двигатель осуществляется с помощью электромагнитных клапанов, управляемых электронными цепями. Эти цепи могут представлять собой самостоятельные контроллеры или являться частью микропроцессорного контроллера генераторной установки, используя для этого сложные алгоритмы, чтобы поддерживать и контролировать точные обороты (а значит и частоту). Электронные регуляторы позволяют генераторной установке быстрее восстанавливаться на этапах переходных нагрузок по сравнению с механическими регуляторами. Электронные регуляторы должны всегда использоваться в тех случаях, когда нагрузки включают в себя оборудование по обеспечению бесперебойного питания (UPS).

Современные двигатели, и, в частности, дизельные двигатели, оснащенные системами полного доступа к электронному управлению подачей топлива, доступны только при их комплектации электронными системами регулирования. Запросы или нормы по регулированию с целью достижения улучшенной топливной экономичности, снижения выбросов и получения других преимуществ, требуют чрезвычайно высокого уровня управления, которые присущи и обеспечиваются этими системами.

Системы пуска двигателя

Батарейный запуск

Системы запуска генераторных установок обычно осуществляются от батарей напряжением 12 или 24 В. Для небольших генераторных установок, как правило, используются системы с напряжением постоянного тока 12В, а более крупные установки используют батарейное питание на 24В. На **Рис. 4-14** наглядно показаны типовые соединения между батареей и стартером. При выборе размера батарей и связанного с ними оборудования следует руководствоваться следующими соображениями:

- Батареи должны иметь достаточную емкость (Ток холодной прокрутки (ССА), чтобы обеспечить стартер током для прокрутки. Величина тока указана в справочном листке ТУ для рекомендованной генераторной установки. Батареи могут быть либо свинцово-кислотные или никель-кадмиевые. Они должны быть предназначены для этой цели, и могут потребовать одобрения со стороны надзорных органов местной юрисдикции.
- Подзарядка батарей в процессе эксплуатации обычно обеспечивается зарядным генератором переменного тока с приводом от двигателя и со встроенным автоматическим регулятором напряжения.
- Для сохранения полностью заряженного состояния батарей в большинстве систем питания от генераторных установок, желательно или потребуется использовать вспомогательное зарядное устройство батарей поплавкового типа, когда генераторная установка не работает. Поплавковые зарядные устройства батарей требуются для систем аварийного резервного питания.
- Максимальное время заряда батареи обычно определяется нормативными техническими условиями. Для определения вспомогательного зарядного устройства батарей можно использовать приближенный расчет с помощью следующей формулы

$$\text{Требуемый зарядный ток батареи} = \frac{1,2 \times \text{емкость батареи в ампер-часах}}{\text{требуемое время зарядки в часах}}$$
- Если генераторная установка подвергается воздействию достаточно низких температур окружающей среды, то местные нормы могут потребовать применения подогревателей батарей для поддержания в них минимально допустимой температуры (10°C). Дополнительную информацию см. далее с подзаголовком Вспомогательные средства и принадлежности, Резервные устройства подогрева для генераторных установок.
- Стандартные генераторные установки обычно включают в себя соединительные кабели, а также отсек для размещения батарей.

Перенос пусковых батарей в другое место

Если батареи монтируются на достаточном удалении от стартера, чем это позволяют сделать длина стандартных кабелей, то в таких случаях следует правильно рассчитать соединительные кабели. Общее сопротивление цепи – кабели плюс соединения – не должно приводить к избыточному падению напряжения между батареей и стартером. Рекомендации для двигателей таковы, что общее сопротивление в цепи прокрутки – кабели плюс соединения – не должно превышать 0,00075 Ом для систем с напряжением 12В, и 0,002 Ома для систем с напряжением 24В. См. далее пример такого расчета.

Пример расчета: Генераторная установка оснащена пусковой батареейной системой с напряжением 24В постоянного тока, в которой последовательно соединены 2 аккумуляторные батареи на 12 В. (См. **Рис. 4-14**). Общая длина кабелей составляет 375 дюймов (952,5 см), включая перемычку между батареями. В данной схеме имеется 6 соединительных точек. Размер кабелей рассчитаем следующим образом:

1. Берем сопротивление величиной 0,0002 Ома для контакта тягового реле стартера ($R_{CONTACT}$)
2. Берем сопротивление величиной 0,00001 Ом для каждого соединения кабеля ($R_{CONNECTION}$). Общее число соединений – 6.
3. Основываясь на формуле, что:
Максимально допустимое сопротивление кабелей

$$= 0,002 - R_{CONNECTION} - R_{CONTACT}$$

$$= 0,002 - 0,002 - (6 \times 0,00001)$$

$$= 0,00174 \text{ Ома}$$
4. Теперь обратимся к номограмме, приведенной на **Рис. 4-15**, где даны сопротивления кабелей согласно Американскому сортаменту проводов (AWG). В данном примере, как показано заштрихованными линиями, самый малый размер кабеля, который можно использовать – это 2 шт. кабеля #1/0 сортамента AWG, соединенные в параллель.

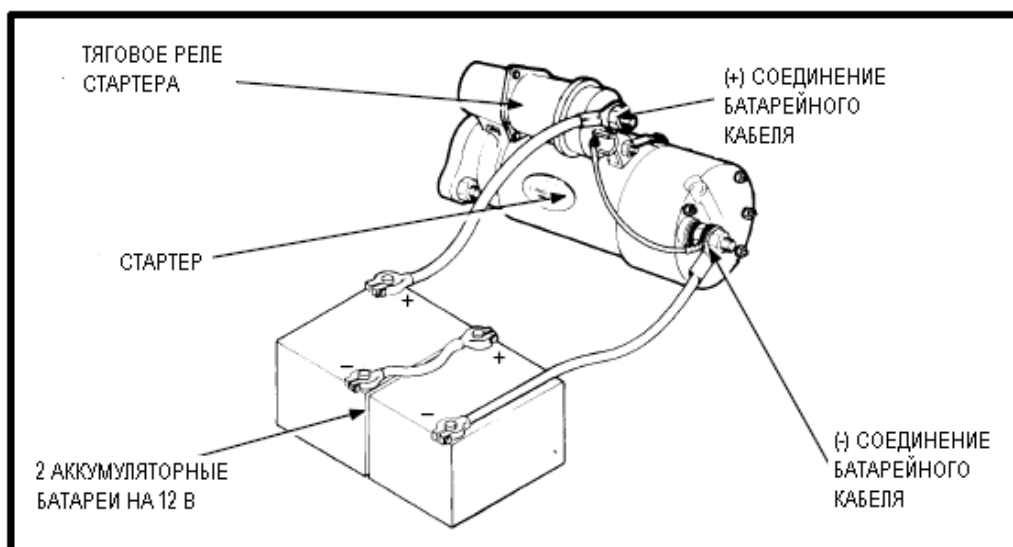


Рис.4-14 Типовые электрические соединения со стартером (для системы питания на 24В)

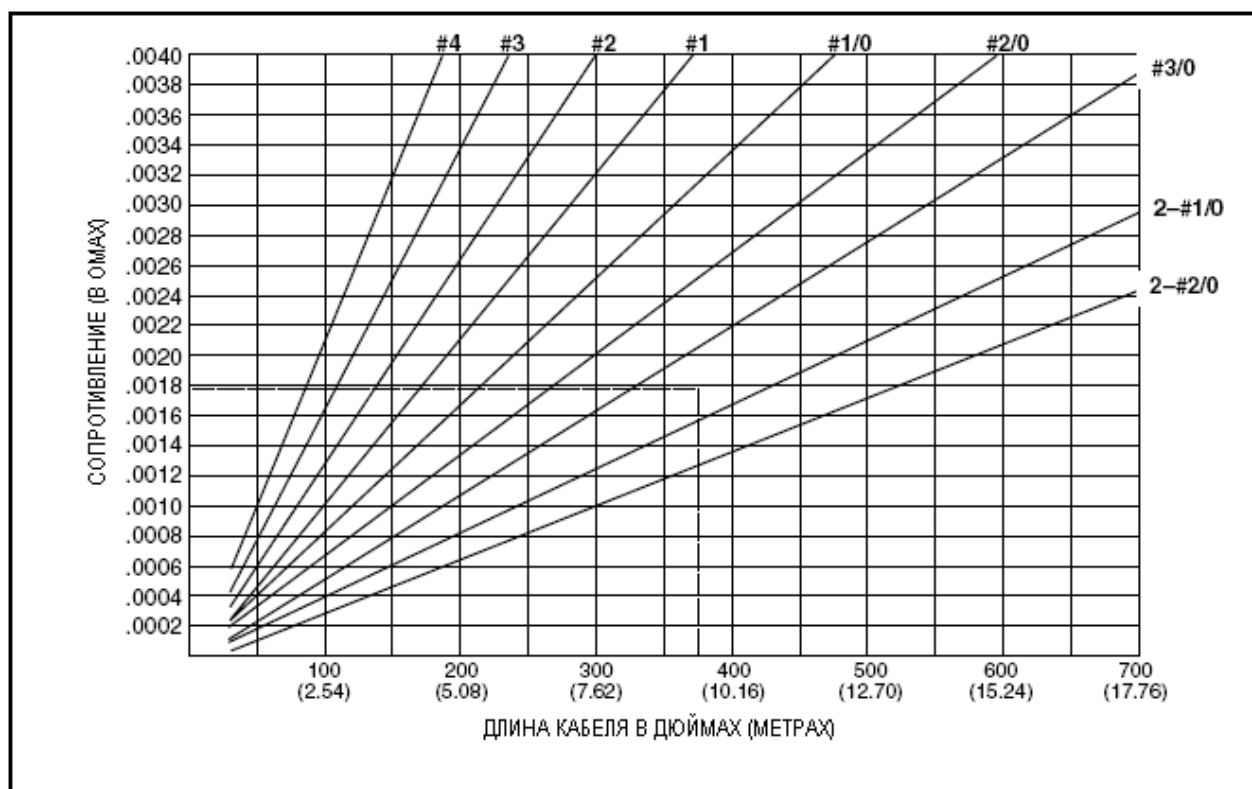


Рис.4-15 Сопротивление пусковой цепи в зависимости от соединительных кабелей различной длины и сечения по сортаменту стандарта AWG

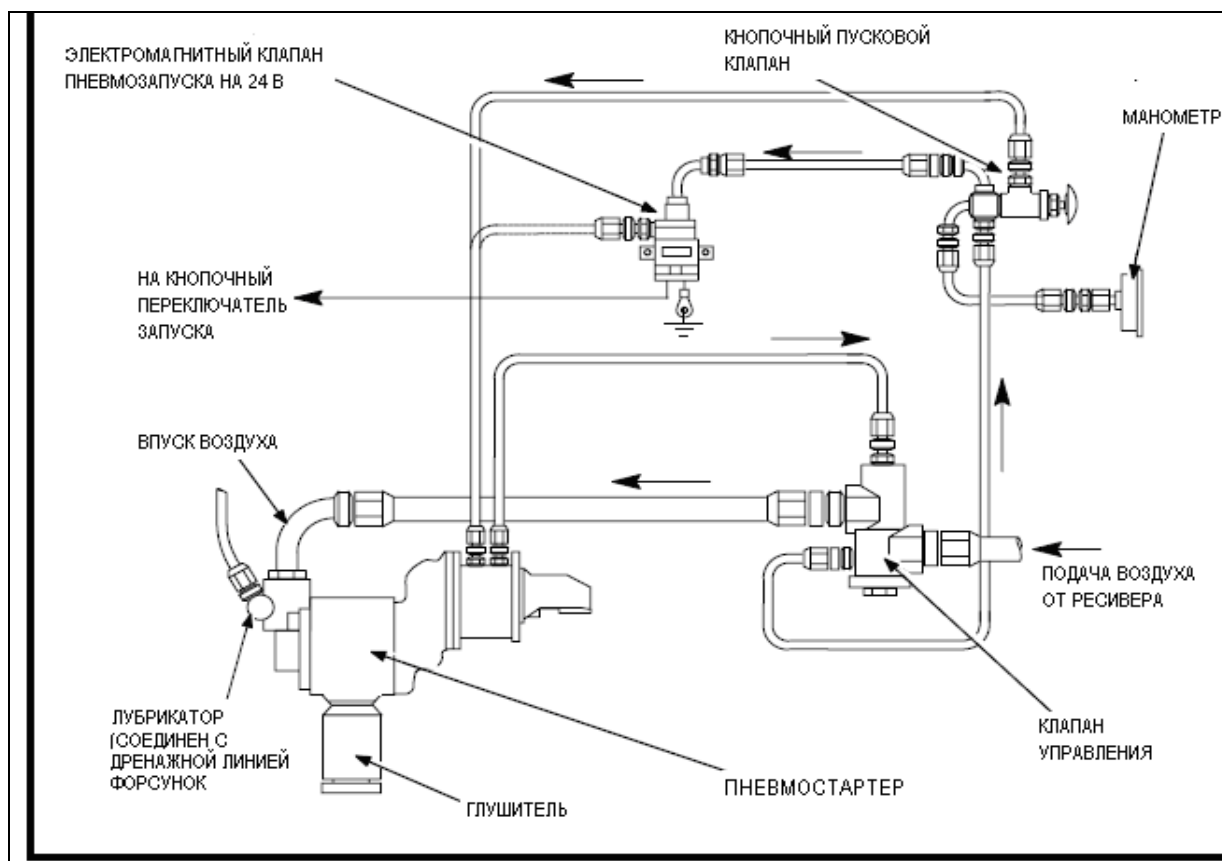


Рис.4-16. Типовая схема соединений для пуска двигателя от пневмостартера

Запуск от пневмостартера

Системы запуска двигателей сжатым воздухом применяются для некоторых типов крупных генераторных установок. Пневмозапуск может быть предпочтителен для некоторых систем основного электропитания, имея при этом в виду, что сжатый воздух всегда доступен. На **Рис. 4-16** показана типовая схема соединений для запуска двигателя от пневмостартера. При монтаже системы пневмозапуска и определении потребностей в необходимом оборудовании следует принять во внимание несколько следующих важных факторов:

- Необходимо проконсультироваться с изготовителем двигателя по рекомендациям, касающимся размеров пневмошлангов и минимальной вместимости ресивера, требуемой для каждой секунды прокрутки коленчатого вала. Размер ресивера будет зависеть от минимального времени, требуемого для прокрутки коленчатого вала. Все пневмостартеры, устанавливаемые на двигатели фирмой *Cummins Power Generation*, рассчитаны на максимальное давление 1035 кПа.
- Все ресиверы должны оснащаться ручным дренажным клапаном винтового типа с коническим посадочным седлом (другие типы ненадежны, т.к. обычно являются причиной утечки воздуха). Избыток влаги может нанести ущерб комплектующим деталям и узлам пневмостартера.
- Все клапаны и вспомогательные средства в такой системе пневмозапуска должны предназначаться для работы с дизельными двигателями.
- Трубные фитинги должны иметь сухое резьбовое уплотнение. Тефлоновые ленты для этой цели не рекомендуются, т.к. не обеспечивают достаточную надежность в работе и герметичность, и могут стать источником появления внутри системы обломочных материалов, способных забивать клапаны.

ПРИМЕЧАНИЕ: Когда для пуска двигателя используется пневмостартер, то аккумуляторные батареи, хотя и обладают гораздо меньшей емкостью, но, тем не менее, требуются для питания системы управления и мониторинга двигателя.

Системы управления:

- на основе реле

Вплоть до нескольких последних лет, системы управления, основанные на реле, широко применялись почти для всех генераторных установок. Они могут использоваться для обеспечения как ручного, так и полностью автоматического запуска, а также для выполнения основных защитных функций генератора. Такие системы могут включать в себя и дополнительное оборудование для удовлетворения местных норм и требований, предъявляемых к генераторным установкам.

Системы на релейной основе (см. **Рис. 4-17**) управляют пуском двигателя и рабочими параметрами, а также функциями по мониторингу двигателя и генератора для их защиты от ошибок, отличающихся от заложенных в спецификацию технических условий. В них предусмотрены измерительные приборы и средства звукового оповещения пользователя. Такие функции, как управление напряжением генератора, выполняются отдельной платой автоматического регулятора напряжения (AVR). Аналогичным образом, отдельная цепь контроллера управляет электронным регулированием и другим дополнительным оборудованием. Для расширения эксплуатационных возможностей и управления существуют многочисленные дополнительные функции, предназначенные для выполнения таких задач, как интерфейс с оборудованием параллельной работы, а также функций мониторинга дополнительного оборудования, например, топливных баков, охлаждающей жидкости или аккумуляторных батарей.



Рис. 4-17 Двухпроводная интерфейсная панель управления

Некоторые генераторные установки оснащаются гибридными системами управления, где совместно применяются реле и полупроводниковые приборы (см. **Рис. 4-18**). Такие системы обладают более широкими функциями по сравнению с системами, которые применяют лишь релейные схемы, но все же они ограничены в возможностях по обеспечению комплексного управления или современных рабочих интерфейсов.



Рис. 4-18 Интерфейсная панель управления *Detector 12™*

- электронные (на микропроцессорах)

Сегодняшний день требует от оборудования высочайшего уровня производительности, широких функциональных возможностей, управления сложнейшими системами и сетевыми интерфейсами, которые требуют применения систем управления, основанных на микропроцессорах. Нынешний век микропроцессоров и компьютеров позволил разработать полностью интегрированные микропроцессорные системы управления, к которым можно отнести и систему управления источников электропитания серии *Power Command*, (см. **Рис. 4-19**) разработанную *Cummins Power Generation (CPG)*. Система *Power Command* объединяет в себе управление двигателем и генератором, функции мониторинга системы управления, полностью оснащенной релейными системами, плюс электронное регулирование оборотами и напряжением наряду с многочисленными дополнительными функциями и особенностями. Полный мониторинг выходных электрических характеристик, кВт, кВА, КВАР, при превышении и понижении напряжения, реверсивной мощности и многое

другое, что позволяет осуществлять полное управление системами, генерирующими электроэнергию.



Рис. 4-19 Микропроцессорная система *Power Command*

Электроника с функцией «Полных полномочий»

Современные конструкции двигателей включают в себя очень сложные системы подачи топлива, управления моментом воспламенения или впрыска, активный мониторинг и подстройку рабочих характеристик. Эти системы и функции требуются для достижения улучшенной топливной экономичности и снижения уровня выбросов. Двигатели с функцией «Полных полномочий», как их часто называют, требуют применения самых сложных микропроцессорных систем, чтобы управлять и контролировать эти функции. Наиболее продвинутая версия системы *Power Command* включает в себя возможности по динамическому управлению двигателем с функциями и свойствами, присущих ранее упомянутой версии этой системы, плюс ряд дополнительных отличительных свойств (см. Рис. 4-20). На генераторных установках, оснащенных двигателями с функцией «Полных полномочий» электронного управления, этот тип современной системы управления является неотъемлемой частью комплексного модуля из двигателя и генератора, в котором не предусмотрено исполнение с использованием систем, основанных на реле, или других систем управления.

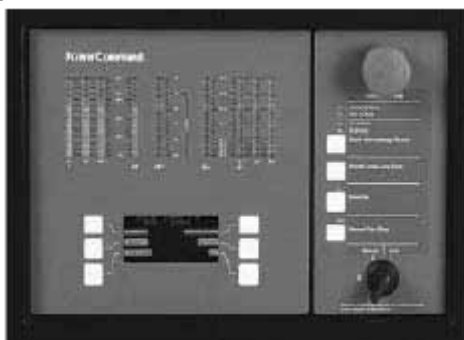


Рис. 4-20 Система *Power Command* с функцией «Полных полномочий» по электронному управлению

Дополнительные функции систем управления

Дополнительное оборудование для электронных систем управления включает в себя все функции, которые необходимы для управления и мониторинга параллельной работы нескольких генераторных установок друг с другом и коммунальной электросетью. Имеется также промежуточные варианты исполнения с модернизацией системы параллельной работы.

Возможности имеющейся интерфейсной сети для этих типов систем управления может быть важным фактором для комплектации такой системы дополнительным оборудованием. Сетевые возможности обеспечивают дистанционный мониторинг и управление генераторной установкой, а также ее интеграции в системы автоматики здания и системы электропитания.

Также есть возможность комплектации дополнительными релейными комплектами для управления периферийным оборудованием.

Вспомогательные средства

Безопасность управления и средства оповещения

Системы управления и мониторинга на базе реле, имеющиеся на многих генераторных установках, могут включать в себя многочисленные средства предупреждения и останова, необходимые для обеспечения защиты двигателя и генератора. Дополнительное оборудование обычно требуется для полного мониторинга или дистанционного оповещения, а

также для измерения напряжения переменного тока. Дополнительное оборудование требуется, если желательно иметь связь в сети, но это обычно имеет ограниченные возможности. С появлением сложных электронных двигателей и требований по управлению генератором плюс возросшие уровни данных по диагностике и сервису, системы могут быстро расти против ограничений возможностей этих систем управления.

Системы электронного управления и мониторинга, которые часто являются стандартным оборудованием на многих генераторных установках, включают в себя полное меню интегрированных систем предупредительной сигнализации и останова для защиты двигателя и генератора и обеспечения связи с системой сигнализации. Некоторые из систем сигнализации программируются или выбираются заказчиком. Все средства сигнализации могут отображаться на панели управления или дистанционном пульте. Дистанционное оповещение осуществляется следующими способами:

1. Контакты реле на выходах выдают общую или индивидуальную сигнализацию;
2. Панели устройств оповещения специально предназначены для систем управления и приводятся в действие различными типами сетевых интерфейсов;
3. Связь через локальную сеть или модемное соединение для мест с дистанционным мониторингом, используя для этого программное обеспечение на базе ПК.

Регулирующие нормы могут требовать различных уровней оповещения для разных типов применения генераторных установок. Нормы критической безопасности для жизни людей (см. Уровень 1 Национальной ассоциации по пожарному надзору США 110) или другие нормы для аварийных/резервных источников (см. Уровень 2 Национальной ассоциации по пожарному надзору США 110), а также эквивалентные нормы указывают минимальные уровни оповещения, требуемые для этих областей применения генераторных установок. Другие нормы могут также устанавливать особые требования. Система управления *Power Command* от фирмы *Cummins Power Generation* разработана для удовлетворения или превышения этих типов требований и многих других стандартов (Подробное описание см. в Справочном листке данных системы управления *Power Command*).

Автоматические выключатели основной линии

Для генераторных установок могут использоваться автоматические выключатели, выполненные в литом корпусе, так и размыкатели силовой цепи. Выключатели в литом корпусе обычно монтируются непосредственно на генераторной установке. Однако многие автоматические выключатели должны располагаться в отдельном корпусе, смонтированном на стене или на каком-то возвышении. Размеры выключателей по мощности могут быть от 10 до 2500 Ампер и удобны для установки в выходной коробке прямо на генераторной установке. Размыкатели силовой цепи выпускаются в диапазоне мощностей от 800 до 4000 Ампер, которые по своим размерам крупнее и обладают большим быстродействием, однако по своей стоимости они намного дороже, чем выключатели в литом корпусе. Размыкатели силовой цепи обычно монтируются на свободно стоящей панели рядом с генераторной установкой, но не на последней, поскольку из-за своего большого размера они могут подвергаться избыточной вибрации и повреждению. Когда автоматические выключатели основной линии необходимы для какого-то проекта, то в спецификации такого проекта должна быть ссылка на применение типа автоматического выключателя, типа устройства отключения и базис категории (непрерывный и не непрерывный). Дополнительную информацию, касающуюся выбора автоматических выключателей см. в Разделе – *Электрическая конструкция*.

Выключатели в литом корпусе

В тех случаях, где средство размыкания цепи желательно, но защита для генератора или проводников не требуется (т.е. эта защита предоставляется системой *AmpSentry™* или при использовании генератора с самовозбуждением), то выключатель в литом корпусе часто используется вместо автоматического выключателя цепи. Эти выключатели имеют те же самые контакты и механизмы переключения, что и автоматические размыкатели цепи, но без измерения тока срабатывания. Такой выключатель будет также обеспечивать место соединения и наконечники для подключения нагрузочных проводников.

Входные коробки

Входная коробка представляет собой корпус, специально предназначенный для размещения автоматического выключателя без кнопки управления. Если установка автоматического выключателя не нужна или не желательна, то входная коробка даст дополнительное пространство для входа проводов, их разводки и соединений.

Многоблочные автоматические выключатели

Многоблочные автоматические выключатели часто требуются и доступны для поставки с завода-изготовителя для большинства генераторных установок. Стандартные исполнения имеются в виде 2-х смонтированных автоматических выключателей (за исключением очень крупных генераторов). На определенных генераторах и генераторных установках это просто не практично или в тех случаях, где нет достаточного пространства, чтобы разместить кожух для автоматических выключателей. Для решения вопросов о наличии такого специального оборудования следует проконсультироваться с представителем изготовителя.

Батареи питания и зарядные устройства

Возможно, самой критичной подсистемой для генераторных установок является система батарейного питания для пуска двигателя и управления генераторной установкой. Правильный выбор и техническое обслуживание батарей и зарядных устройств является важнейшим фактором надежности системы.

Система состоит из батарей, гнезда или секции для размещения батарей, зарядного устройства батарей, получающего питание от нормального источника электроснабжения в дежурном режиме и зарядный генератор с приводом от двигателя, который подзаряжает батареи и является источником постоянного тока для питания системы управления, когда генераторная установка работает.

Когда генераторные установки связаны между собой для параллельной работы, то батарейные блоки для индивидуальных генераторных установок часто включаются в параллель для обеспечения питания системы управления при параллельной системе работы. Необходимо всегда консультироваться с изготовителем параллельной системы, чтобы определить удобство питания системы управления двигателя для такой работы, потому что падение напряжения на батарейном блоке может внести нарушения в работу некоторых систем параллельного питания и потребовать использования для параллельного оборудования отдельной батарейной группы.

Батареи следует размещать как можно ближе к генераторной установке, чтобы свести до минимума сопротивление пусковой цепи. Это место должно позволять легкий доступ для обслуживания батарей и не допускать воздействия влаги, грязи и масла. Кожух для батарей должен обеспечивать приток вентиляции с таким расчетом, чтобы взрывоопасные газы, выделяемые батареями, могли хорошо рассеиваться. Нормы для сейсмоопасных зон требуют, чтобы гнезда для размещения батарей имели специальную конструкцию, не допускающую пролива электролита и разрушения батарей при землетрясениях.

Конструктор систем должен правильно указать тип батарейной системы (обычно ограниченной применением свинцовых или никель-кадмиевых батарей, как это будет рассмотрено ниже) и емкость батарейной системы. Требуемая емкость батарейной системы зависит от размера (рабочего объема) двигателя, минимального количества ОЖ, моторного масла и температуры батарей (см. ниже Устройства подогрева резервных генераторных установок), вязкости моторного масла, рекомендованной изготовителем двигателя, а также требуемого количества и продолжительности пусковых циклов¹. На основе этой информации поставщик генераторной установки обязан дать соответствующие рекомендации.

Свинцовые аккумуляторы – это наиболее распространенный тип батарей, применяемых для генераторных установок. Они относительно экономичны и обеспечивают хороший срок службы при температурах окружающей среды в пределах от -18°C до 38°C. Свинцовые аккумуляторы можно подзаряжать от обычных зарядных устройств, которые монтируются на стене рядом с генераторной установкой или в автомате ввода резерва (если генераторная установка НЕ является частью системы параллельного питания). Зарядное устройство должно быть достаточным по размеру, чтобы подзаряжать блок аккумуляторных батарей в течение примерно 8 часов и при этом давать питание системе управления.

Перед вводом в эксплуатацию все свинцовые аккумуляторы требуют зарядки в месте работы. Даже необслуживаемые аккумуляторные батареи не способны сохранять заряженное состояние в течение неограниченного периода времени. Сухозаряженные батареи требуют залива в них электролита в месте эксплуатации и быстро поднимают заряженность примерно на 50% от полной емкости после залива электролита в батарею.

¹ Применения по стандарту NFPA 110 требуют либо два 45-секундных непрерывных пусковых циклов с перерывом между циклами, или 2 циклов из трех 15-секундных периодов прокрутки с перерывом в 15 секунд между пусками.

Применение никель-кадмиевых батарей часто оговаривается в тех местах эксплуатации, где ожидаются чрезмерно высокие или низкие температуры окружающей среды, поскольку их рабочие характеристики наименее подвержены воздействию экстремальных температур по сравнению со свинцовыми аккумуляторами. Никель-кадмиевые батарейные системы по стоимости значительно дороже, чем свинцовые батареи, но имеют более продолжительный срок службы.

Основным недостатком никель-кадмиевых батарей является то, что их утилизация может быть затруднена и весьма дорогостояща, поскольку материалы, из которых изготовлены эти батареи, считаются опасными для здоровья. Кроме того, никель-кадмиевые батареи требуют специальных зарядных устройств с тем, чтобы довести их до полного заряженного состояния. Такие зарядные устройства должны иметь фильтры, чтобы снизить пульсации зарядного устройства, которые могут нарушать работоспособность систем управления двигателя и генераторной установки.

Системы выпуска и глушители

Выбор системы выпуска отработавших газов и глушителя определяют два основных фактора – это, конечно, уровень шума и распределение относительного перемещения между системой выпуска и генераторной установкой.

При выборе глушителя главными показателями являются нормы по ограничению шума. Выбор системы выпуска и глушителя, безусловно, зависит также от того, в каком месте размещена генераторная установка, т.е. внутри здания или снаружи. Наружный, защищенный от непогоды контейнер, поставляемый изготовителем генераторной установки, обычно имеет нескольких вариантов глушителя, но, как правило, он монтируется на крыше. Варианты исполнения глушителей часто подразделяются на категории их применения: промышленные, для жилых районов или критически зависимых от их шумоподавления. Звукозащитные корпуса обычно включают встроенную систему глушителя, являющуюся частью общей системы шумоподавления. Более подробную информацию по шуму и пониманию уровней шума см. в Разделе VI – *Механическая конструкция*.

Ключевым элементом, относящимся к общей системе выпуска, является вибрация, создаваемая генераторной установкой, т.е. ее перемещения относительно конструкции, на которой она смонтирована. В связи с этим, на выходном патрубке системы выпуска генераторной установки требуется применять гибкие переходные патрубки или рукава. Системы, находящиеся внутри зданий, имеют достаточно протяженные выпускные трубы или металорукава, которые также требуют допуска на расширение во избежание повреждений как самой системы выпуска, так и выпускных коллекторов двигателя или турбокомпрессоров.

Другой аспект для оборудования системы выпуска, который следует учитывать, касается вопроса измерения температуры выхлопных газов. Система выпуска двигателя может оснащаться термopарами и оборудованием для мониторинга, позволяющим точно измерять температуру выхлопных газов в целях сервисной диагностики или для подтверждения того, что двигатель достаточно хорошо работает под нагрузкой, чтобы исключить эксплуатационные проблемы от небольших нагрузок. Подробную информацию см. также в Приложении «Е» - *Уход и техобслуживание*.

Кожуха (навесы)

Кожуха в общем виде можно подразделить на 3 категории: климатозащитные (иногда их называют герметичными), акустические и контейнерные модули с доступом внутрь. Эти названия говорят сами за себя.

Климатозащитные

Эти кожуха, иногда называемые герметичными, защищают и могут обеспечить безопасность генераторной установки. Они часто снабжаются замковыми защелками. Встроенные перфорированные решетки позволяют обеспечить вентиляцию и приток свежего воздуха. Если и предусматривается какое-то звукопоглощение, то оно мало, и иногда добавляется наведенный вибрацией шум. Этот тип кожухов не обеспечивает сохранность тепла и не позволяет удерживать температуру внутри выше температуры окружающей среды.

Акустические

Кожуха со звукопоглощением специально выбираются в тех случаях, когда требуется определенный уровень шумоподавления или соблюдение опубликованных норм внешней акустической защиты. Уровни шума должны указываться для определенного расстояния и сравниваться с уровнями шума, которые затем должны быть преобразованы для того же самого базового расстояния. Звукопоглощение требует материалов и пространства с таким расчетом, что быть уверенным в том, чтобы примененные чертежи внешнего контура блока включали в себя полную информацию об акустическом кожухе.

Хотя ряд этих конструкций будет обладать некоторыми теплозащитными свойствами по сохранению тепла, однако это не является сутью таких конструкций. Если требуется уход и техобслуживание при температурах выше температуры окружающей среды, то в этом случае необходимо использовать модульное исполнение с доступом внутрь.

Контейнерные модули с доступом внутрь

Этот термин охватывает широкий круг конструкций, которые изготавливаются по индивидуальной спецификации заказчика. Часто они включают в себя системы звукопоглощения, коммутационно-распределительных устройств и мониторинга, освещения, системы пожаротушения и другое оборудование. Эти типы корпусов по своей конструкции могут быть опрокидывающего типа, единого модуля и как интегрированные блоки с большими дверями или съемными панелями для доступа при обслуживании. Такие конструкции могут изготавливаться с возможностью по термо- и звукоизоляции и обогреву.

Приморские регионы

Одним из вопросов, касающихся кожухов, является установка оборудования в приморских регионах. Такой регион определяется как место, находящееся в пределах 100 км от морского побережья. В таких районах стальные кожуха, даже если они имеют специальное покрытие, а также несущие станины, топливные баки и т.д. достаточно сильно подвержены коррозии от воздействия на них соленой морской воды и паров. В таких регионах для генераторных установок рекомендуется применять защитные кожуха и щитки (где предлагаются), изготовленные из алюминия.

Примечание: Размещение кожухов для наружного применения (особенно акустического типа) внутри зданий не рекомендуется из практических соображений по 2-м причинам. Во-первых, акустические кожуха используют возможности избыточного сопротивления вентилятора для достижения условий по звукопоглощению, используя для этого вентиляционные дефлекторы. В связи с этим, для любых воздушных трактов, вентиляционных жалюзи и другого оборудования, которое, безусловно, добавляет сопротивление, остается очень мало или совсем не остается запаса по ограничивающему сопротивлению. Во-вторых, для систем выпуска установок, применяемых вне зданий, совсем необязательно иметь полностью герметичные системы, т.е. для них, как правило, используются стяжные хомуты, телескопические соединения труб вместо резьбовых или фланцевых фитингов. Фитинги со стяжными хомутами могут создавать условия для утечки выхлопных газов внутрь помещения.

Альтернативные конфигурации систем охлаждения и вентиляции

Двигатели с жидкостным охлаждением работают от водяного насоса, перекачивающего ОЖ (смесь воды с антифризом) через рубашку охлаждения блока цилиндров двигателя и головке блока. Двигатель, водяной насос и радиатор или теплообменник типа «вода-вода» образуют закрытую систему охлаждения, находящуюся под избыточным давлением. Там, где возможно, рекомендуется, чтобы генераторная установка оснащалась радиатором, поставляемым производителем установки, для охлаждения двигателя и системы вентиляции. Такая конфигурация дает наименьшую стоимость системы, наилучшую надежность и наилучшие эксплуатационные характеристики всей системы в целом. Кроме того, изготовитель генераторных установок может испытать изготовленный образец для проверки эффективности работы системы.

Категории системы охлаждения

Большинство генераторных установок, производимых Cummins Power Generation (CPG), имеют несколько категорий исполнения системы охлаждения, которые используют модели радиаторов, смонтированных изготовителем установки. Эти системы охлаждения предназначены для работы при температурах окружающей среды 40°C и 50°C и всегда имеются в наличии. Эти категории имеют максимальные возможности статического ограничения, связанного с ними – дополнительную информацию по этой теме см. Раздел *Механическая конструкция – Вентиляция*.

Примечание: Будьте внимательны, когда сравниваете категории системы охлаждения, т.к. каждая категория основана на температуре окружающей среды, а не температуре воздуха на радиаторе. Категория температуры воздуха на радиаторе ограничивает температуру воздушного потока, поступающего в радиатор и не позволяет повышению температуры из-за энергии теплоотдачи от двигателя и генератора. Система, основанная на температуре окружающей среды, учитывает этот рост температуры, заложенный в ее возможности по охлаждению.

Альтернативы дистанционного охлаждения

В некоторых областях применения сопротивление потоку воздуха может быть очень значительным, поскольку большие по длине воздушные тракты идут, например, на вентилятор радиатора охлаждения с приводом от двигателя, чтобы обеспечить требуемый поток воздуха для охлаждения и вентиляции. В таких областях применения и там, где шум от венти-

латора представляют собой проблему, имеется возможность применения конфигурации с использованием выносного радиатора или теплообменника типа «вода-вода». В таких системах все же требуется большой объем вентилируемого воздушного потока, чтобы отводить тепло, излучаемое двигателем, генератором, глушителем, трактом выпуска и другим оборудованием с таким расчетом, чтобы поддержать температуру в генераторной комнате на приемлемом уровне, обеспечивающим надежную работу системы.

Выносной радиатор

Применение выносного радиатора требует внимательного анализа конструкции, обеспечивающей адекватное охлаждение двигателя. Особое внимание следует обращать на такие детали, как потери от трения и статический напор водяного насоса двигателя, на обеспечение полноценной деаэрации, заполнения и слива системы охлаждения, а также на локализацию любых протечек антифриза.

Теплообменник

Теплообменник типа «вода-вода» требует особого внимания к конструкции системы, которая представляет собой среду для охлаждения теплообменника. Следует заметить, что местные экологические нормы могут не позволить применять для этой цели сеть городского водоснабжения, т.к. подача воды в качестве среды охлаждения из системы централизованного водоснабжения, находящейся в сейсмически опасных районах, может нарушаться при землетрясениях.

Подробную информацию об альтернативных методах охлаждения см. в Разделе – *Механическая конструкция*.

Системы по поддержанию уровня моторного масла

Системы по поддержанию уровня моторного масла желательно применять там, где генераторная установка работает как основной источник энергоснабжения или применяются в качестве резервных источников без постоянного присмотра персонала, которые могут работать в течение большего периода времени, чем это предусмотрено нормальными рабочими часами. Системы по поддержанию уровня моторного масла не распространяются на периодичность смены масла для генераторной установки, если к системе не добавляется возможность для специальной фильтрации.

Резервные системы подогрева для генераторных установок

Холодный запуск и прием нагрузки

Важной заботой проектировщика системы является расчетное время, которое требуется для аварийных и резервных источников, чтобы обнаружить отказ в нормальном электроснабжении, запустить генераторную установку, переключиться и взять на себя нагрузку. Некоторые нормы и стандарты для аварийных источников электропитания ставят условие, что генераторная установка должна быть способна принять на себя все аварийные нагрузки в течение 10 секунд после отказа нормальной системы электроснабжения. Некоторые производители генераторных установок ограничивают параметры холодного пуска до какого-то процентного отношения резервных категорий генераторных установок. Такая практика признает, что во многих применениях лишь некоторая доля общей подключаемой нагрузки считается аварийной нагрузкой (менее значимые по важности нагрузки разрешается подключать позднее), и что с помощью генераторных установок трудно запустить и обеспечить прием полной нагрузки.

Конструктивные критерии фирмы CPG для холодного запуска и приема нагрузки состоят в том, что генераторная установка способна для запуска и приема всех аварийных нагрузок вплоть до категории резервных источников питания в течение 10 секунд после отключения нормального электроснабжения. Такой уровень рабочих характеристик предполагает, что генераторная установка находится в пределах минимально допустимой температуры окружающей среды 4°C, и что такая установка оснащена подогревателями ОЖ. Это должно достигаться за счет того, что генераторная установка размещается в обогреваемом помещении или контейнере. Погодозащищенные кожуха для наружных установок (в том числе и те, что определяются термином как «герметичные» или «плотно закрытые») обычно не обладают хорошими изолирующими качествами, и это создает трудности по поддержанию в подогретом состоянии генераторной установки, находящейся под воздействием низких температур окружающей среды.

При температурах окружающей среды от +4°C и вплоть до -32°C большинство генераторных установок, производимых CPG, будут запускаться, но могут не принять нагрузку за один прием в течение 10 секунд. Если генераторная установка должна устанавливаться в кожухе без обогрева и в месте, где присутствуют низкие температуры окружающей среды, то инженер-конструктор должен проконсультироваться на этот счет с изготовителем

установки. Оператор объекта несет ответственность за непрерывный контроль работы подогревателей ОЖ генераторной установки (для таких целей американские противопожарные нормы NFPA 110 требуют установку системы, сигнализирующей о низкой температуре ОЖ), и за использование оптимального сорта топлива для работы установки в условиях низких температур окружающей среды.

Генераторные установки, применяемые в качестве аварийных источников, требуют запуска и приема всех аварийных нагрузок в течение 10 секунд после отключения питания от системы нормального электроснабжения. Для удовлетворения этих норм обычно необходимо применять подогреватели ОЖ двигателя даже в условиях достаточно прогретой окружающей среды, особенно когда они используются для генераторных установок. Нормы NFPA 110 имеют специальные требования для систем Уровня 1 (т.е. систем, где выход из строя такой системы может повлечь за собой серьезные телесные травмы или смерть людей):

- Подогреватели ОЖ требуются, если температура в помещении, где находится генераторная установка, никогда не упадет ниже 21° С.
- Подогреватели ОЖ требуются для поддержания температуры блока цилиндров двигателя не ниже 32°С, если температура в помещении, где находится генераторная установка, может упасть до 4°С, но не ниже этого значения. Эксплуатационные характеристики при пониженных температурах не определяются (при низких температурах среды генераторная установка может и не запуститься в течение 10 секунд, или же будет не способна быстро принять на себя нагрузку. Кроме того, датчики системы сигнализации о низкой температуре среды могут подавать сигналы о проблемах, т.к. подогреватель ОЖ не поддерживает температуру блока на достаточно высоком уровне в течение 10-секундного пускового цикла)
- Если температура в помещении, где находится генераторная установка, может снижаться до 0°С, то в таких условиях требуется использовать подогреватели аккумуляторных батарей.
- Требуется система сигнализации о низкой температуре двигателя.
- Подогреватели ОЖ и аккумуляторных батарей должны запитываться от нормального источника энергоснабжения.

Подогреватели ОЖ

Подогреватели ОЖ системы охлаждения двигателя с термостатическим управлением требуются для обеспечения быстрого запуска и хорошего приема нагрузки для тех генераторных установок, которые используются в качестве аварийных или резервных источников питания². Важно понять, что подогреватель ОЖ обычно служит для того, чтобы поддерживать такую температуру двигателя, которая бы обеспечивала быстрый и надежный запуск ДГУ и прием нагрузки, а не использовалась для обогрева той зоны помещения вокруг генераторной установки. Таким образом, в дополнение к рабочему подогревателю ОЖ на самом двигателе воздушное пространство вокруг генераторной установки следует поддерживать на уровне не ниже 10°С³. Если температура воздушного пространства вокруг генераторной установки на этом уровне не поддерживается, то необходимо рассмотреть вопрос об использовании специального типа топлива или системы подогрева топлива (для дизель-генераторных установок), подогревателей генератора, подогревателей системы управления и подогревателей аккумуляторных батарей.

Отказ подогревателя ОЖ в водяной рубашке блока двигателя или снижение температуры окружающей среды вокруг двигателя не будут являться серьезной причиной, препятствующей запуску двигателя, но будут влиять на продолжительность запуска и быстроту принятия нагрузки. Для генераторных установок обычно добавляются функции сигнализации о низкой температуре двигателя, предупреждая операторов о такой потенциальной проблеме в работе системы.

Подогреватели ОЖ в водяной рубашке блока (см. **Рис.4-21**) являются сменными элементами системы, поэтому через какие-то промежутки времени в течение всего срока эксплуатации установки может потребоваться их замена. Чтобы заменить нагревательный элемент без слива ОЖ из системы необходимо предусмотреть применение в тракте нагревателя развязывающих вентилей (или иных средств).

² **Примечание по нормам США.** Для систем аварийного питания Уровня 1 нормы NFPA 110 требуют, чтобы температура ОЖ в системе охлаждения поддерживалась на уровне не ниже 32°С. Нормы NFPA 110 также требуют, чтобы был предусмотрен мониторинг отказа подогревателя ОЖ в форме сигнализации о низкой температуре двигателя.

³ **Примечание по нормам Канады.** Канадские нормы CSA282-2000 требуют, чтобы ДГУ, используемые в режиме аварийного источника, всегда устанавливались в таких условиях, чтобы минимальная температура среды там сохранялась на уровне 10°С.

Нагреватели в водяной рубашке могут работать при более высоких температурах, чем рабочая температура ОЖ в системе охлаждения, для которой желательно применять высококачественные силиконовые рукава или оплеточный рукав, чтобы предотвратить преждевременный выход из строя рукавов системы охлаждения, непосредственно связанных с нагревательным элементом в водяной рубашке. При проектировании и монтаже нагревателя ОЖ следует проявлять осторожность и не создавать петли в рукавах, где могли бы образовываться воздушные ловушки и карманы, что в свою очередь может привести к перегреву системы и ее выходу из строя.

Подогреватели ОЖ двигателя обычно задействуются тогда, когда ДГУ не работает, т.е. питание на них подается от нормальной внешней энергосети. Подогреватель следует отключать всякий раз, когда генераторная установка находится в работе. Это может быть реализовано различными способами, например, установкой датчика давления масла, или используя логические схемы системы управления генераторной установки.



Рис. 4-21. Установка нагревателя ОЖ в рубашке охлаждения двигателя. Не забывайте, что здесь потребуется установка разобщающего крана, использование специальных рукавов и не допущение петель.

Подогреватели масла и топлива

Для тех применений, где генераторная установка будет подвергаться воздействию низких температур окружающей среды (ниже -18°C), может также потребоваться установка подогревателей моторного масла и подогревателей топливной магистрали и головки топливного фильтра, чтобы не допустить парафинизации топлива.

Антиконденсационные подогреватели

Для тех применений, где генераторные установки подвергаются высокой влажности и колебаниям температуры в зоне генераторной установки, для предупреждения конденсации рекомендуется применять подогреватели для шкафа управления. Появление влаги в шкафу управления или на обмотках генератора переменного тока может вызвать коррозию, ухудшение состояния цепей и преждевременное выход из строя изоляции.

Топливные баки (для дизельных двигателей)

Суточные баки

Баки, размещаемые в непосредственной близости от генераторной установки, откуда туда подается топливо, называются суточными баками (хотя совсем необязательно, чтобы в них находился суточный запас топлива). Эти баки используются для удобства пользования или когда непрактично отбирать топливо из системы главных топливных хранилищ. Причина для использования суточного бака может заключаться в расстоянии до главного храни-

лица, его размерах или высоте (т.е. насколько он выше или ниже по уровню относительно суточного бака). Все дизельные двигатели имеют определенные ограничения по способности всасывания топлива (или ограничением по отбору топлива), давление напора топлива (как во всасывающей, так и в сливной магистрали), а также по температуре топлива на входе в двигатель. Топливо поступает в систему из основного бака в суточный бак с помощью перекачивающего насоса, который часто управляется автоматической системой управления, использующей для этой цели датчики уровня топлива в суточном баке. Если бак мал, то насос откачивает топливо назад в основной бак, не допуская переполнения топливом суточного бака. Описания топливных систем см. далее в Разделе – *Механическая конструкция*.

Подрамные баки

Эти баки обычно крупнее, чем суточные, и встраиваются либо в опорную раму генераторной установки или проектируются таким образом, чтобы шасси генераторной установки можно было бы монтировать непосредственно на нем. Количество топлива в этих баках рассчитано на определенное число часов работы генераторной установки, например, на 12 часов или на 24 часа. Подрамные баки часто изготавливаются двустенными, где вторичный бак охватывает топливный контейнер для локализации топлива в случае утечек из основного бака. Многие местные регулирующие нормы требуют применения именно такой двустенной вторичной защитной конструкции наряду с полным мониторингом как основного, так и вторичного топливного контейнера.

Установка виброизоляторов

В целях снижения вибраций, передаваемых на здание или опорные конструкции, часто генераторные установки монтируются на виброизоляторах. Такие виброизоляторы могут быть пружинного типа или на резиновых подушках, но наиболее распространенными считаются пружинные. Кпд виброизоляторов обычно составляет 90% или даже выше, а кпд наиболее употребительных типов превышает 95%. Для надежной и качественной работы виброизоляторов важно учесть грузоподъемность и правильные места установки. На крупных генераторных установках, использующих подрамные топливные баки, виброизоляторы часто размещаются между баком и основной рамой.

Коммутационно-распределительное оборудование

Переключение электропитания или коммутационная аппаратура в виде автоматов ввода резерва или привод параллельного питания, хотя и не являются основной темой настоящего Руководства, но относятся к очень важной части систем резервного электроснабжения. Здесь уже отмечалось важность рассмотрения и принятия решений по такому оборудованию на самых ранних этапах работы по проекту. Схема переключения питания для какого-то проекта напрямую относится к категории применения генераторной установки (см. Раздел – Предварительное проектирование), конфигурации системы управления и вспомогательного оборудования, которое может потребоваться для генераторной установки. Более подробную информацию по данному вопросу можно найти в других руководствах по применению генераторных установок: *T011 – Системы переключения питания и T016 – Параллельная работа и коммутационно-распределительные устройства для параллельной работы*.

Устройства, необходимые для параллельной работы генераторной установки

Генераторные установки, применяемые для параллельной работы, должны оснащаться следующими средствами, которые бы улучшали эксплуатационные характеристики и обеспечивали защиту системы от нормально возникающих неисправностей:

- Параллельные подавители для защиты системы возбуждения генератора от воздействий, связанных с рассогласованием фаз при параллельной работе;
- Защита от потери поля возбуждения, которое отключает установку от системы с таким расчетом, что отказ двигателя не вызовет появления условий для реверсивной или обратной мощности, которая способна повредить генераторную установку или вывести из строя другие элементы системы.
- Электронное изохронное регулирование, позволяющее использовать активные синхронизаторы и оборудование, распределяющее изохронную нагрузку.
- Оборудование для управления реактивной выходной мощностью генераторной установки и правильного распределения нагрузки с другими работающими генераторными установками.
- Контроллер Var или коэффициента мощности для активного управления реактивной выходной мощностью генераторной установки, применяемой для работы в параллель с внешней коммунальной энергосетью.

**Потребности в
дополнительном
оборудовании**

Системы управления, основанные на релейных или интегрированных полупроводниковых схемах будут требовать дополнительного оборудования, чтобы удовлетворить вышеизложенные требования.

С точки зрения удобства и надежности желательно использовать интегрированную систему управления на базе микропроцессорной технологии, содержащей в себе все вышеуказанные функции (например, *Cummins Power Generation Power Command*)

В некоторых видах применения, например, как основного источника питания или источника непрерывной длительной мощности, среднего напряжения, параллельной работы с внешней сетью и других, может потребоваться или желательно использовать дополнительное оборудование, которые обычно всегда доступно для заказов в виде дополнительной опции или как исполнение по спецзаказу. Некоторые виды такого оборудования включают в себя:

- RTD, резистивные устройства для измерения температуры в обмотках генератора для прямого мониторинга температуры обмотки;
- Термисторы на конечных витках генератора для мониторинга температуры обмотки
- Дифференциальные трансформаторы тока для контроля повреждения изоляции обмотки.
- Контроль и защита от замыканий на землю.
- Пирометры для измерения температуры выхлопных газов
- Системы рециркуляции паров картерных газов двигателя.

Раздел 5. Электрическая конструкция

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 5

Часть 1	5- ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОНСТРУКЦИЯ5-3
	Общий обзор 5-3
	Конструкции типовой электрической системы 5-3
	Общие указания 5-4
	Требования 5-4
	Рекомендации 5-4
	Типовые низковольтные системы 5-5
	Типовые высоковольтные системы 5-8
	Выбор трансформатора генератора 5-11
	Тип подстанции 5-11
	Подстанции, смонтированные на опорной площадке 5-12
	Трансформаторы сухого типа 5-12
	С насыщением разряженной атмосферы 5-12
	С изоляцией из литевой смолы 5-12
	Трансформатор с жидким диэлектриком 5-12
	На минеральном масле 5-12
	С высоким уровнем противопожарной защищенности 5-13
	Конфигурация обмотки 5-13
	Категории 5-15
	Охлаждающая среда 5-15
	Переключатель выходных обмоток трансформатора 5-15
	Импеданс 5-16
	Соединения 5-16
	Одиночные генераторы в сравнении с параллельно соединенными генераторами 5-16
	Риски 5-18
	Комбинированные системы генераторов и коммунальной сети 5-18
	Распределение энергии 5-19
	Выбор системы распределения 5-19
Часть 2	Электрические соединения 5-22
	Общие положения 5-22
	Виброизоляция 5-22
	Сейсмические районы 5-22
	Проводка системы управления 5-22
	Вспомогательные ответвленные цепи 5-22
	Соединения цепей переменного тока на генераторе 5-23
	Автоматические выключатели цепи в литом корпусе, монтируемые на генераторе (термомагнитные или полупроводниковые) 5-24
	Разъединитель в литом корпусе, смонтированный на генераторе 5-24
	Выводные концы генератора 5-24
	Проводники цепей переменного тока 5-24
	Расчеты, связанные с падением напряжения 5-25
	Допустимый перекос однофазной нагрузки 5-26
	Нагрузка с опережающим коэффициентом мощности 5-28
	Заземление системы и оборудования 5-28
	Заземление системы 5-30
	Глухое заземление 5-30
	Реактивное заземление через резистор 5-30
	Глухие или эффективные нейтральные системы заземления 5-31
	Незаземленные цепи 5-31
	Заземление оборудования 5-31
	Селективная координация 5-31
	Рекомендации по размещению оборудования 5-34
	Защита при отказах и перегрузках по току на генераторных установках 5-34
	Размер автоматического выключателя основной линии генератора 5-34

Источники генераторной установки	5--35
Кривые затухания генератора	5--37
Защита генераторов от перегрузки	5--38
Защитная зона	5--38
Аварийные и резервные системы питания от 600 В и ниже	5--39
Автоматический выключатель генератора	5--40
Сбалансированные токи к.з., характерные для конструкции генератора	5--40
Системы управления <i>PowerCommand</i> и <i>AmpSentryTM</i>	5--41
Обнаружение и защита от замыканий на землю.	5--41
Источники основной и непрерывной мощности от 600 В и ниже	5--42
Высокое напряжение, все области применения	5--43
Защита от перенапряжения у высоковольтных генераторов	5--43
Защита генераторов, работающих в параллель с внешней сетью	5--43

5- ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ КОНСТРУКЦИЯ

Общий обзор

Электрическая конструкция и планирование энергогенерирующей системы на местах критичны с точки зрения надлежащей работы и надежности всей системы. В этом разделе рассматриваются вопросы по проектированию монтажа установки и связанных с ней систем, а также взаимодействие с техническим объектом, который она должна обслуживать, а также тематика, относящаяся к вопросам защиты нагрузки и генератора.

Электрический монтаж генераторной установки и его вспомогательных устройств должен выполняться в соответствии с электротехническими правилами и нормами, установленными местными надзорными органами. Электромонтаж должен выполняться умелым, квалифицированным и опытным персоналом.

Типовые конструкции электрических систем

В настоящем Разделе даются примеры типовых конструкций электрических систем, используемых в низковольтных и высоковольтных энергоустановках на местах. Эти примеры дают описание различных методов выработки электроэнергии в высоковольтных системах, например, с применением трансформаторов в конфигурации с одной или несколькими генераторными установками. Хотя и невозможно представить и показать здесь все возможные комбинации по применению, но представленные здесь конструкции используются очень часто.

Некоторые из приведенных здесь конструкций включают возможности для параллельной работы и кратко обсуждаются достоинства и риски, связанные с параллельной работой.

- Дополнительную информацию по параллельному включению генераторных установок можно найти в Руководстве по применению T-016, которое предоставляется заказчиком по запросу.

Поскольку в высоковольтных сетях широко используются трансформаторы, поэтому мы включили тему по этим устройствам и факторы, которые влияют на выбор правильного трансформатора.

Конструкции электрических систем имеют тенденцию к широкому разнообразию, основанному на реальных нуждах или главных функциях генерирующего оборудования для заданной области применения. Проектирование системы, которая оптимизируется для ситуаций, связанных с аварийным энергопитанием, обычно будет не лучшим решением в случае прерывания в подаче электроэнергии, и определено не будет той же самой конструкцией системы основного электроснабжения. Различия однолинейной конфигурации легко увидеть. Например, являясь источником основного электроснабжения, генераторные установки будут находиться на «вершине» системы распределения, в то время, как генераторные установки, применяемые в качестве резервных источников, и, в особенности, аварийных источников питания, подключаются к нагрузкам, находящимся на «дне» системы распределения. Точки переключения питания для установок основного электроснабжения будут стремиться к самому верху распределительной системы, переключая большие блоки нагрузки, часто с использованием парных автоматических выключателей, а резервные и аварийные системы, как правило, применяют автоматы ввода резерва, размещаемые далее в цепи системы.

Другие отличия более хитроумны и едва уловимы. Защита в резервной системе электропитания минимизируется в пользу надежности, а для источников основного питания мы стремимся уделить повышенное внимание проблемам защиты оборудования. Вопросы координации часто составляют повышенную заботу применительно к аварийным системам питания. В источниках резервного питания группирование нагрузок, возможно, делается чаще всего, основываясь на местонахождении нагрузок в рамках объекта, на который подается питание, в то же самое время для источников аварийного электроснабжения группирование нагрузок основывается на приоритете обслуживания.

В конструкции любой системы местные нормы и стандарты будут оказывать значительное влияние на общую конструкцию системы, аппаратных средств и других дополнительных принадлежностей для той или иной области применения.

- Перед началом любых работ по проектированию или модернизации необходимо обязательно ознакомиться с требованиями местных норм и стандартов;

Этот раздел предназначен для обсуждения всех главных вопросов и других подробностей, дающих общие указания и рекомендации по конструкции энергосистемы.

Общие указания

Ввиду большого числа различий по применениям, характера технического объекта и условий эксплуатации подробное описание схем соединений и защиты от перегрузок по току системы распределения электроэнергии для местного пользования должно быть оставлено на рассмотрение инженерам-проектировщикам. Однако при разработке конструкции некоторые из этих общих указаний следует принимать в расчет:

- Конструкция системы распределения электроэнергии для аварийных систем электропитания на местах должна минимизировать возможности прерывания в питании из-за таких внутренних проблем, как перегрузки и отказы, связанные с короткими замыканиями, обрывами в цепях или пробоях изоляции. Это также означает, что обеспечивается селективная координация защитных устройств перегрузки по току и принимается решение о количестве и месте размещения коммутационно-распределительного оборудования, используемого в системе. Чтобы обеспечить защиту от неисправностей внутренних источников питания с практической точки зрения, коммутационно-распределительное оборудование следует располагать как можно ближе к оборудованию, утилизирующую нагрузку;
- Физическое разделение фидеров генератора от нормальных обмоточных фидеров, чтобы предотвратить возможное одновременное разрушение в результате локальной катастрофы в виде пожара, наводнения или срезающего усилия.
- Байпасная изоляция коммутационно-распределительного оборудования с таким расчетом, чтобы автоматы ввода резерва можно было бы обслуживать или ремонтировать без нарушения нагрузки важного оборудования.
- Предусмотреть возможность по установке постоянных нагрузочных батарей или чтобы облегчить соединение с временными нагрузочными батареями без нарушения постоянной электропроводки, например, удобно расположенный запасный размыкатель цепи фидера, что позволит проводить тренировки на генераторной установке под значительной нагрузкой.

***ПРИМЕЧАНИЕ:** Компоненты генераторной установки не предназначены в качестве опоры для массы или противовеса нагрузочной батареи. Нагрузочные батареи после их установки должны всегда опираться на напольное покрытие или другие конструкции здания, которые обладают адекватной нагрузочной способностью.*

- Цепи снятия нагрузки или системы приоритетной нагрузки в случае снижения мощности генератора или потери какого-то одиночного блока в параллельных системах питания;
- Противопожарная защита проводников и оборудования для обеспечения таких критичных функций, как пожарные насосы, лифты для использования пожарными командами, аварийное освещение при эвакуации, вентиляторы по удалению дыма и созданию избыточного давления, системы связи и т.д.
- Безопасность и обеспечение доступа к распределительным и коммутационным пультам или панелям с устройствами защиты при перегрузке по току, а также вся коммутационная аппаратура в системе распределения электропитания генераторной установки на объекте.
- Предусмотреть возможность для подключения временных генераторов (переносных арендованных электроагрегатов) на время, когда постоянно смонтированная генераторная установка вышла из строя или когда продолжительный нормальный простой в подаче электропитания вызывает необходимость обеспечить питанием другие нагрузки (например, системы воздушного кондиционирования и т.д.)

Требования

- В сложных системах оборудование, которое формирует систему распределения, может быть подконтрольно нескольким владельцам. Право на владение и ответственность за эксплуатацию должна быть четко определена и ее следует неукоснительно придерживаться. (См. далее **Распределение электроэнергии** с.5-19)

Рекомендации

- Дополнительную информацию о параллельной работе генераторов можно получить в Руководстве по применению T-016, которая доступна по запросу. (см. **Типовые конструкции электрической системы**, с. 5-3)
- Перед началом любых проектно-конструкторских работ или работ по модернизации следует всегда сверяться с требованиями местных норм и стандартов. (см. Местные нормы и стандарты (см. **Типовые конструкции электрической системы**, с. 5-3)

- Когда оценивается общая стоимость имущества, то критичность установки будет влиять на решение по степени дублирования, которое встраивается в систему. Некоторые местные нормы и стандарты требуют непрерывного обслуживания энергией требуемых по закону нагрузок, и критичный характер некоторых технических объектов может потребовать аналогичных мер. Если генераторная установка работает в параллель, то можно избежать затрат на техобслуживание и временные перерывы в работе, связанные с временными генераторными установками. Эти факторы могут также оказывать влияние на число генераторных установок, требуемых для объекта. (См. **Сравнение одного с несколькими генераторами**), с. 5 -16.)
- Хотя, на первый взгляд, это выглядит более экономично, но использование одиночного генератора также дает и наименьшую универсальность и может быть менее эффективным, в особенности на частичных нагрузках. В применениях генератора как основного источника электропитания высокооборотные генераторные установки могут обеспечить меньшую стоимость общего эксплуатационного цикла благодаря своему высокому КПД и низкими затратами на техобслуживание, чем это требуют более крупные двигатели с меньшей частотой вращения. (См. **Одиночные генераторы в сравнении с параллельно включенными генераторами**, с.5-16.)
- Генераторные установки, работающие в параллель с внешней электросетью лишь в течение коротких промежутков времени, обычно требуют меньшей степени защиты, чем те же установки, работающие в параллель с внешней сетью, но в течение неограниченного периода времени. Однако следует признать, что работа в параллель с внешней энергосетью в течение любого срока, даже доли секунды, несет с собой риск повреждения оборудования, которое не представлено в применениях, не связанных с работой в параллель. (См. **Комбинированные системы из генератора и коммунальной сети**, с. 5-18.)

Типовые низковольтные системы

Существуют самые разнообразные конструкции систем, но для обеспечения высочайшей надежности они обычно формируются таким образом, чтобы генераторная установка или установки подключались в цепь с низким напряжением и с минимальным числом трансформаторов и автоматических выключателей цепей между генераторной установкой и нагрузкой, которую она обслуживает. Местные законы часто требуют, чтобы цепи аварийных нагрузок отделялись от цепей неаварийных нагрузок и давали предпочтение в работе таким образом, чтобы в случае перегрузок они снимались бы с неаварийных цепей, потому что это дает самую высокую надежность работы системы для большей части критичных нагрузок в системе. В большинстве случаев потребуется применение нейтрального провода, поскольку многие нагрузки и элементы их управления при низком напряжении будут идти в однофазных цепях, требующих возвратного провода. Следует также внимательно подойти к рассмотрению необходимости нейтрального заземления системы и требования переключения нейтральной цепи. Ключевым элементом для понимания и коммуникации конструкции электрической системы является схема однолинейной цепи в том виде, как она показана на **Рис. 5-1**.

Эта конструкция может также использоваться для маломощной генераторной установки основного питания.

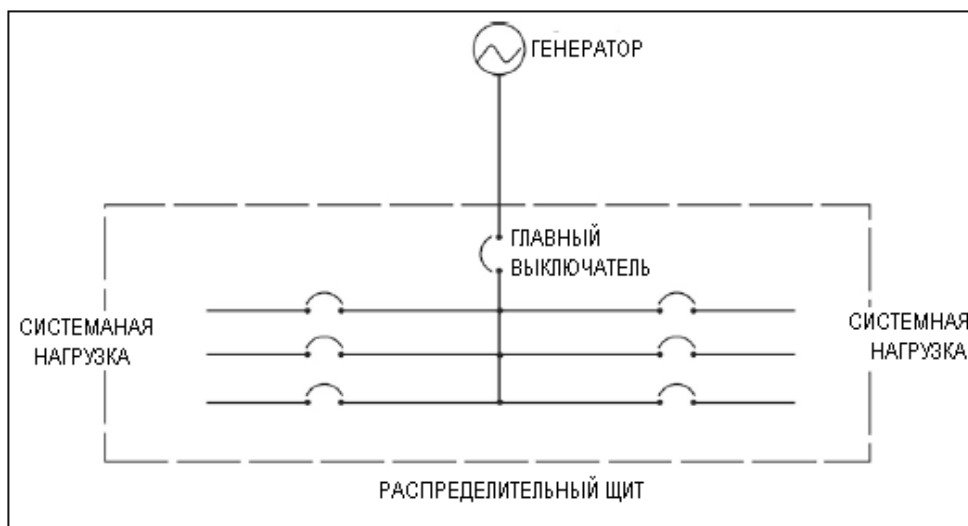


Рис. 5-1. Типовые нагрузки, обслуживаемые генераторными установками

Генераторные установки обычно оснащаются главным автоматическим выключателем, который монтируется на генераторной установке и обслуживает нагрузки через отдельную распределительную панель, как это показано на **Рис. 5-1**. Генераторам требуется защита при перегрузке по току, и это можно предусмотреть самыми разными способами, например, в виде размыкателя цепи, смонтированного на распределительной панели, как показано на **Рис.5-1**. Защита от токовой перегрузки обычно требуется для генераторных установок, но защита от короткого замыкания не требуется (т.е., нет необходимости в защите от короткого замыкания между генераторной установкой и главным выключателем.) Важность этого момента заключается в том, что защита может размещаться как у самой генераторной установки, так и на дистанционной панели. Если автоматический выключатель генераторной установки не предусмотрен, размыкатель цепи может все же потребоваться по нормам, предусмотренным для генераторной установки, чтобы обеспечить точку изоляции или разобщения. Подробное описание этих требований см. в местных нормах и стандартах.

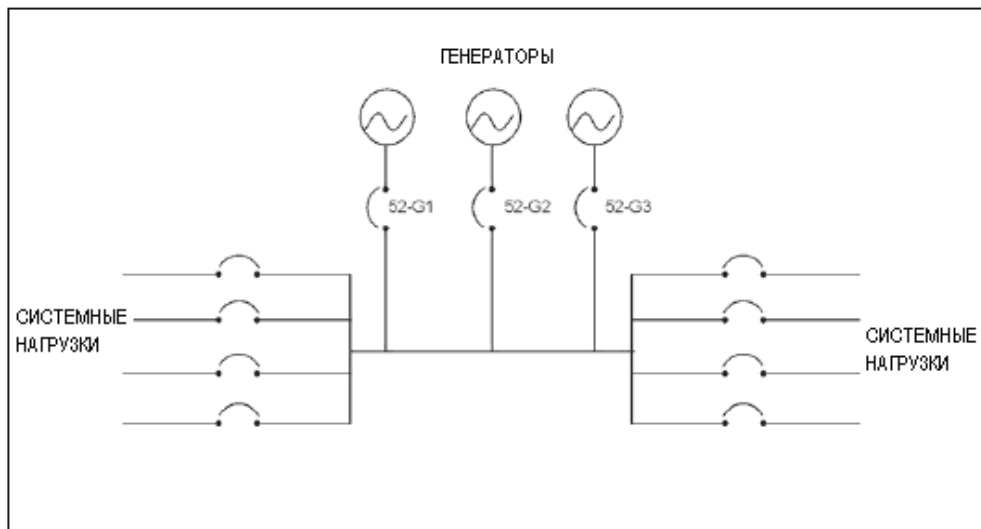


Рис. 5-2. Несколько генераторных установок обслуживают общие нагрузки

На **Рис.5-2** показана аналогичная область применения с несколькими генераторными установками, работающими в параллель, заменяя одну генераторную установку. В этом случае генераторные установки могут специально выбираться по размерам и мощности, чтобы снизить потребление топлива на месте эксплуатации за счет точного согласования возможностей эксплуатируемого оборудования уровню системных нагрузок. Применение разных по размерам генераторных установок может потребовать специальных условий заземления. Дополнительную информацию по требованиям к заземлению см. с. 5-29.

На **Рис. 5-3** показана типовая схема переключения питания для одиночной генераторной установки от одной коммунальной сети электроснабжения при низком напряжении, как это может быть для многих применений в ЖКХ, коммерческих структурах и мелком промышленном бизнесе. Автомат ввода резерва (ATS), который может использовать контакторы, автоматические выключатели или специально выделенные переключающие модули, применяются для переключения питания нагрузок с внешней сети на генератор. 3-х полюсный генератор и автоматические выключатели внешней электросети или плавкий предохранитель – это те коммутационные элементы, которые часто используются для ограничения уровня срабатывания, присутствующего на автоматах ввода резерва (ATS). ATS может быть в виде 3-х полюсного (с жестким, не переключаемым нейтральным проводом) или 4-х полюсное устройство (с переключаемым нейтральным проводом). Как правило, 4-х полюсное оборудование ATS используется в тех применениях, где необходимо изолировать питающий нейтральный провод от нейтрального провода генератора. Выбор оборудования для отключения нейтрального провода может быть связан либо с вопросами техники безопасности или для случаев, если системе требуется устройства для обнаружения ошибок заземления. Служба коммунальной электросети должна быть поставлена в известность для подтверждения типа используемой системы заземления в системе распределения коммунальной сети электроснабжения, подающей питание на данный объект, и подтвердить, что предлагаемые меры по заземлению на объекте заказчика адекватны. Автоматы ввода резерва и генераторные установки не должны подключаться к внешней электросети до получения одобрения от службы централизованного электроснабжения (если это предусмотрено местным законодательством.).

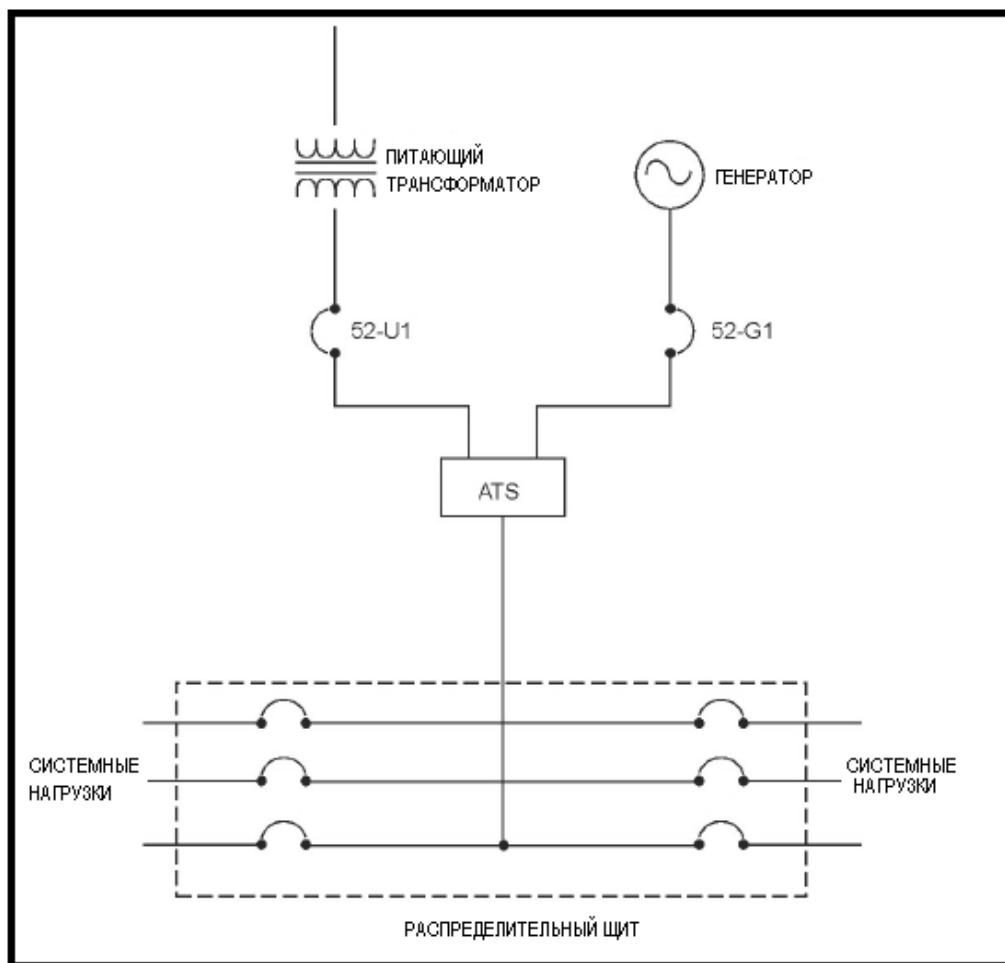


Рис. 5-3. Применение одиночной генераторной установки резервного питания

Напоминаем, что некоторые местные нормы и стандарты требуют использования нескольких автоматов ввода резерва из-за требований по изолированию аварийных нагрузок от резервных нагрузок. В таких случаях автоматы ввода резерва могут размещаться на нагрузочной стороне распределительной панели внешней сети, а генераторная установка может также потребовать распределительной панели, когда фидерные выключатели для оборудования ATS невозможно смонтировать непосредственно на генераторной установке.

Более крупные системы могут использовать несколько автоматов ввода резерва (ATS) и блоков защиты, находящихся поблизости с нагрузками. Их часто рассматривают как более надежные средства по сравнению с установкой одного крупного автомата ввода резерва, потому что ошибки в системе распределения наиболее вероятно будут происходить на нагрузочном конце системы распределения, а использование нескольких переключателей приведет к тому, что при появлении какого-то отказа лишь небольшая часть системы будет нарушена. Более подробную информацию по изделиям ATS и их применению можно найти в Руководстве T-011 *Cummins Power Generation*.

Рис. 5-4 иллюстрирует конструкцию, подходящую для достаточно крупных установок, особенно там, где несколько зданий обслуживаются одной и той же генераторной установкой. В этой системе используются три блока ATS, запитываемые от общей системы внешнего энергоснабжения и генераторной установкой. Такая схема может быть впоследствии адаптирована для работы от отдельных источников внешнего электроснабжения. 4-х полюсные коммутационные устройства обычно применяются с 3-х полюсным генератором, а автоматические выключатели внешней сети или плавкие предохранители — это переключатели. Каждый ATS обладает способностью автоматически обнаруживать пропадание питания от внешней сети и будет выдавать сигнал на систему управления генератора и переключать на генератор питание, когда это находится в пределах приемлемых допусков. Такая схема позволяет создать универсальную систему генерирования электроэнергии, которую можно сразу приспособить к нескольким генераторным установкам.

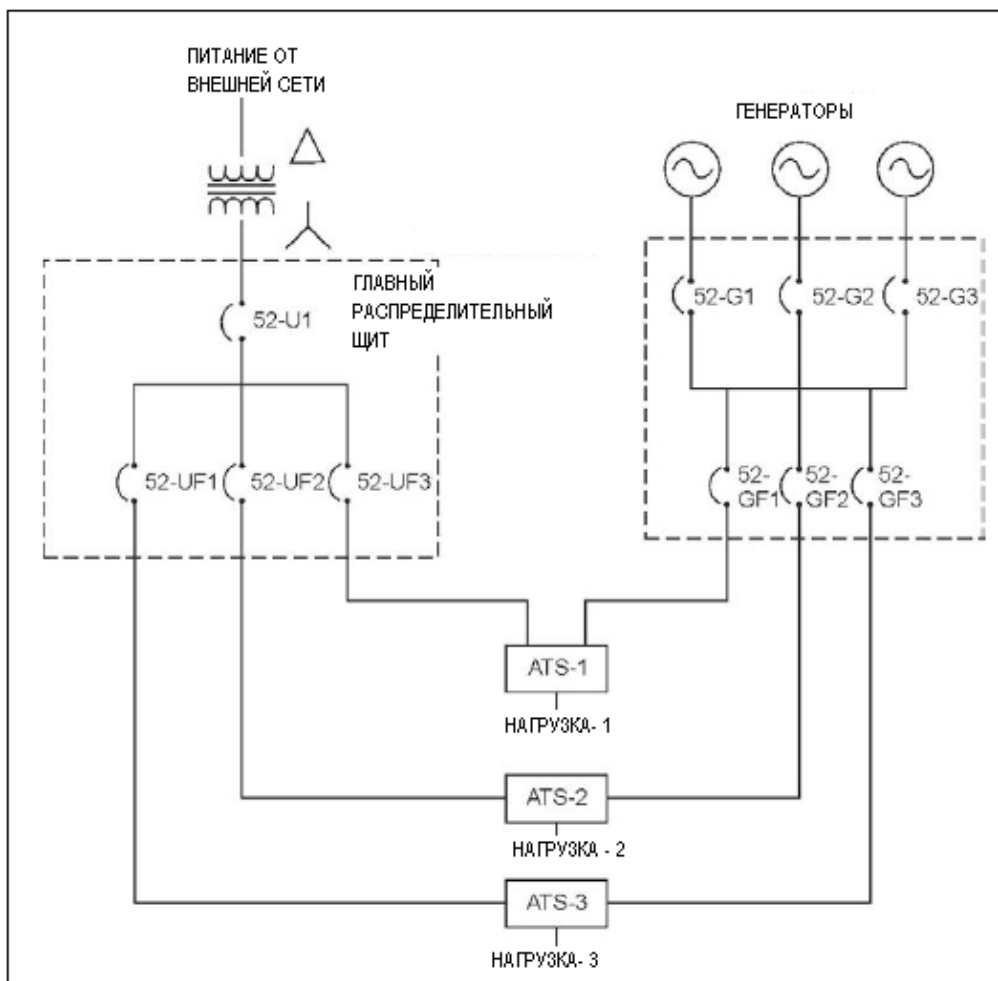


Рис. 5-4. Применение нескольких генераторных установок с несколькими автоматами ввода резерва

Типовые высоковольтные системы

Генерирование электроэнергии высокого напряжения обычно используется там, где категория применения ДГУ вызывает такой ток на низковольтной стороне, который превышает практические пределы. На практике это происходит, когда возможности системы превышают 4000 ампер или большее значение. Это может быть также целесообразным, когда питание должно распределяться в точки, находящиеся на значительном расстоянии от генераторной установки. Одиночные генераторы мощностью свыше 2МВА и генераторы, включенные в параллельную работу мощностью свыше 2 МВА, могут служить хорошим примером оборудования, которое общепринято относить к высоковольтному применению. Высоковольтные генераторы переменного тока экономически не очень практичны при мощности менее 1000 кВт. В таких случаях, возможно, более целесообразно рассмотреть использование низковольтной машины с повышающим трансформатором.

При разработке высоковольтной установки особое внимание должно быть уделено обучению и квалификации персонала, обслуживающего такие системы, ввиду повышенных мер техники безопасности и различных рабочих операций, требуемых для таких систем..

Рис. 5-5 дает простой пример схемы генератора для установки основного источника энергии, которая применяет один или несколько генераторов высокого напряжения. Для простоты схемы на ней наглядно показано применение одного нагрузочного трансформатора, однако здесь можно добавить еще несколько трансформаторов. Высоковольтные системы обычно исполняются как 3-х проводные системы, поскольку там редко встречаются какие-либо однофазные нагрузки. Нейтральный провод в системе высокого напряжения не предусматривается и на практике обычно заземляется как можно ближе к источнику, насколько это возможно. Импеданс можно вставить в нейтральный заземляющий провод, чтобы ограничить величину тока неисправности заземления, который может быть выполнен в форме резистора или реактивного элемента. Подробную информацию по вопросу заземления нейтрального провода см. с. 5-28.

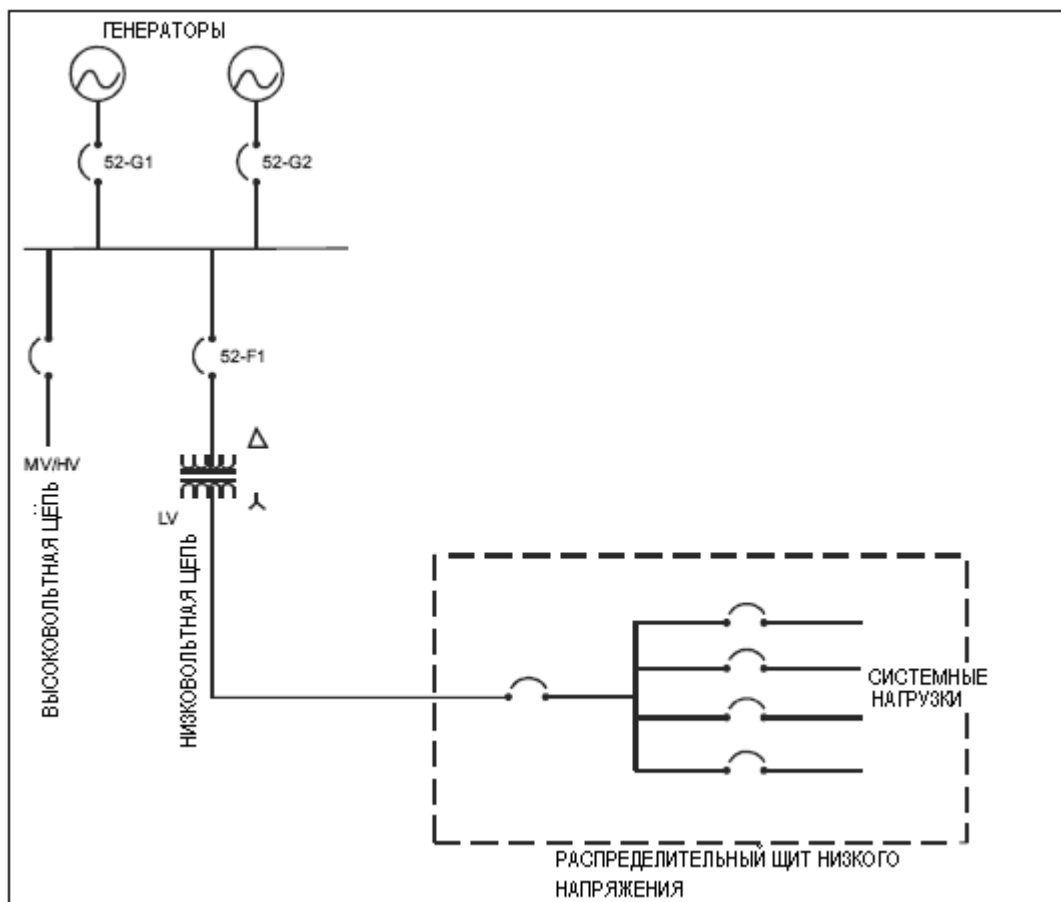


Рис.5-5. Простая система высоковольтного генератора в установке основного источника питания

Рис.5-6 иллюстрирует высоковольтную схему для крупной установки, скажем, промышленного предприятия или компьютерного центра. В данной схеме показаны несколько внешних источников энергоснабжения, которые обычно управляются в рабочем или ждущем режиме. Имеется какой-то внешний источник и шина генератора, связанные через автоматический выключатель, и такое исполнение можно конфигурировать и давать возможность параллельной работы между внешней сетью и генераторами, когда любой из источников питает нагрузку. Необходимо с особой осторожностью относиться к вопросам заземления для такого типа применения. Во многих случаях, вероятно, потребуются импеданс нейтрального провода или органы управления, чтобы ограничивать интенсивность поля возбуждения генератора переменного тока при ошибках в однофазной цепи.

ПРИМЕЧАНИЕ: В конфигурации, приведенной на **Рис.5-6**, показано несколько внешних источников энергоснабжения.

Это очень гибкая система, которая широко применяется во всем мире. Внедрение главных автоматических выключателей шины генератора позволяет генераторам быть в параллельном автономном режиме. Такая система обеспечивает быструю синхронизацию и прием нагрузки. Кроме того, генераторы можно тестировать автономно, упрощая техобслуживание и процедуры по поиску неисправностей.

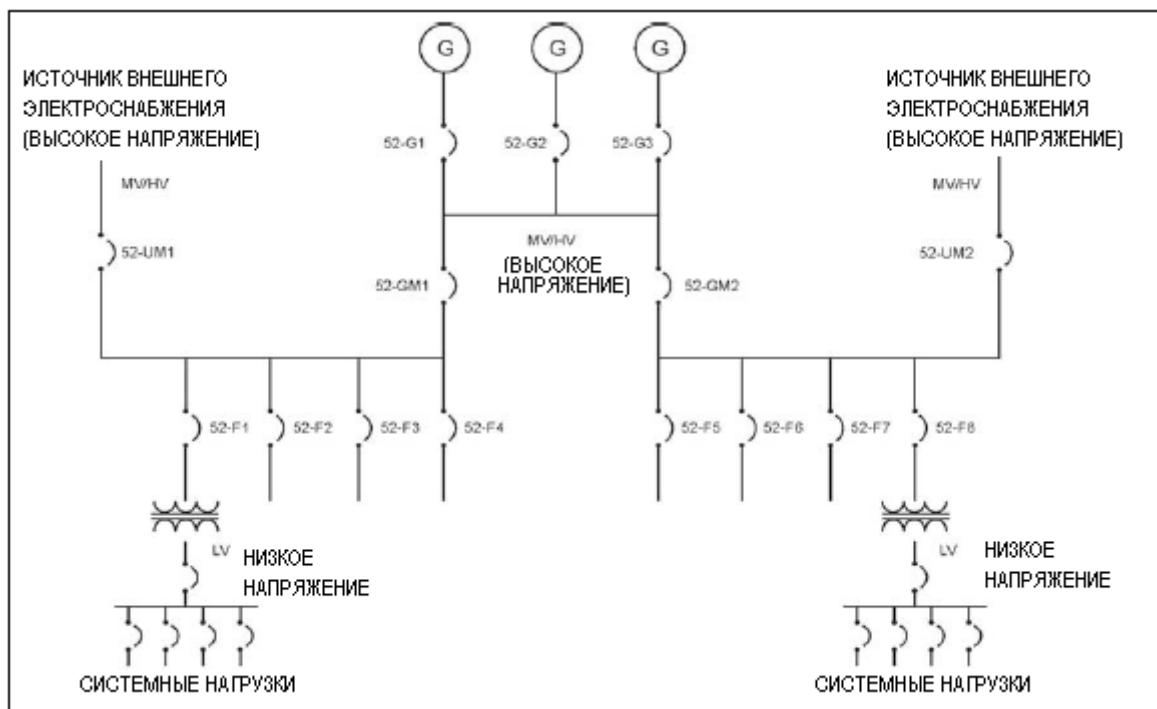


Рис. 5-6. Высоковольтная схема для нескольких генераторов, внешних источников электроснабжения и нагрузок

Там, где в системе задействовано большое число трансформаторов, необходимо проявлять осторожность для обеспечения того, что выбрана соответствующая схема защиты от перегрузок по току. Для тех применений, которые требуют одной генераторной установки для запитки большого числа ненагруженных трансформаторов, являющихся частью их очередности работы (например, в качестве аварийного источника для конфигурации с кольцевой шиной) необходимо проверить и удостовериться, что защитные функции в системе, включая защиту при перегрузках по току, не будут являться досадной причиной срабатывания в ходе подачи питания на трансформатор(ы). Кроме того, генераторная установка, используемая в этом типе применения, должна иметь генератор на постоянном магните (PMG), а способность генератора переменного тока подавать питание на трансформатор(ы) должна быть подвергнута проверке. Для изделий Cummins с генераторами на постоянном магните (PMG), если общая мощность трансформатора в кВА в 10 раз превышает номинальную общую мощность в кВА генератора переменного тока, то для прояснения этого вопроса и получения указаний необходимо проконсультироваться с заводом-изготовителем.

Дополнительную информацию по типам средств защиты при перегрузке по току и другим аналогичным защитным устройствам см. с. 5-34.

Рис. 5-7 изображает низковольтный генератор, используемый в высоковольтном типе применения. Здесь используется повышающий трансформатор, позволяющий использовать стандартный низковольтный генератор вместо специально изготовляемого высоковольтного генератора. В этом случае пару «генератор–трансформатор» по сути можно отнести к категории высоковольтного генератора. Низковольтные и высоковольтные системы следует рассматривать и обращаться с ними как с самостоятельными электрическими системами, и здесь очень важно обратить внимание на конфигурацию обмоток трансформатора, т.к. это является общим источником ошибок. Обмотки, выполненные по схеме «треугольник» следует выбирать на низковольтной стороне – это помогает ограничить влияние третьей гармоники и позволяет генератору с точкой по схеме «звезда» быть единственной опорной точкой для низковольтной системы. Высоковольтная обмотка должна быть выполнена по схеме «звезда», позволяя высоковольтной системе быть ориентиром, и она может быть соединена через импеданс с землей. Это типовая схема соединений, но некоторые системы требуют других комбинаций с заземлением. Хорошей ссылкой для этих положений является стандарт 142 (Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (IEEE) – «Рекомендованная практика по заземлению промышленных и коммерческих систем электропитания».

Эта конфигурация может быть легко приспособлена для различных комбинаций «генератор–трансформатор», которые могут различаться по размерам. Трансформаторы идентичной категории и конфигурации обмоток могут работать со спаренными точками по схеме «звезда»

Когда используются разные по размерам трансформаторы, то их точки в схеме «звезда» можно спаривать только в том случае, если на такое соединение получено согласие от изготовителя трансформатора. Когда в параллель соединяются разные по размерам трансформаторы, то соединять следует лишь нейтральный провод одного трансформатора.

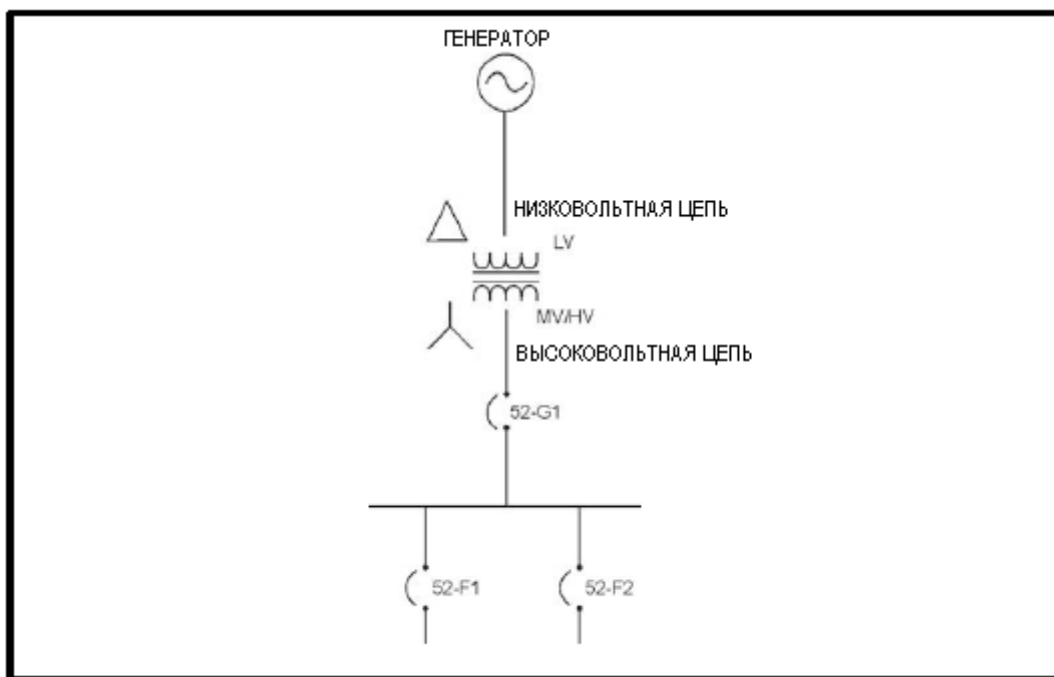


Рис. 5-7. Низковольтный генератор для высоковольтного применения

Выбор трансформатора генератора

Трансформаторы распределительного класса выпускаются в нескольких конфигурациях. Обычно любой трансформатор классифицируется по его области применения и среде его охлаждения. В Северной Америке критерии по конструкции трансформаторов определяются нормами ANSI C57.12, в то время, как в Европе, Центральной Азии и Азиатско-тихоокеанском регионе стандартом является IEC 60076.

Основываясь на применении, существуют две широкие категории трансформаторов: трансформаторы подстанционного типа и трансформаторы, установленные на бетонной плите.

Трансформаторы подстанционного типа

Трансформатор, используемый в линии распределительного устройства, который типично тесно связывает как размыкатель цепи высокого напряжения на первичной стороне, так и узел коммутационно-распределительного устройства на вторичной стороне. Подстанционный трансформатор должен размещаться в ограниченном для доступа людей месте. Это условие вводится для того, что подстанционные трансформаторы не оборудованы защитными средствами и их токонесущие части, вентиляторы и т.д. находятся в открытом состоянии. Подстанционные трансформаторы можно далее подразделять по типу их охлаждающей среды. Существуют два типа подстанционных трансформаторов:

- Сухого типа
- Заполненные жидкой средой

Трансформаторы, смонтированные на бетонной плите

Опорные бетонные плиты для трансформаторов изготавливаются по тем же самым стандартам ANSI, как это определено и для трансформаторов подстанционного типа. Однако трансформаторы, смонтированные на бетонной плите, обычно выполняются в виде полностью закрытого и защищенного от доступа людей сооружения. Наиболее обычным применением для такого типа трансформаторов является их установка за пределами помещений и зданий в местах, где для этого нет ограничений, и где люди могут касаться самого трансформатора. Трансформаторы этого типа не имеют вентилятора охлаждения, т.к. это бы негативно влияло на безопасность конструкции. Как правило, для охлаждения большинства трансформаторов такого типа используется жидкая среда. Это позволяет иметь некоторые возможности при перегрузках без необходимости применения вентиляторов охлаждения.

Сухие трансформаторы

Существуют 2 основные категории сухих трансформаторов: трансформатор с вакуумным насыщением (VPI) и трансформатор с изоляцией из литевой смолы.

Трансформатор с вакуумным насыщением (VPI)

Это общепринятый тип сухого трансформатора, который изготавливается и применяется в течение нескольких последних десятилетий. Стандарт класса изоляции 220°C, с ростом температуры на 150°C при увеличении температуры окружающей среды свыше 30°C (AA). Применение дополнительных вентиляторов охлаждения позволит увеличить номинальную выходную мощность на 33% (Обычно указывается как AA/FA для категории кВА). Такие сухие трансформаторы считаются наиболее дешевыми.

Общепотребительные сухие трансформаторы следует использовать только в применениях длительной непрерывной мощности. Обмотки трансформатора, хотя и выполнены с покрытием из лака, но восприимчивы к влиянию влаги.

Трансформаторы с изоляцией из литевой смолы

К другой категории сухих трансформаторов относятся трансформаторы с изоляцией из литевой смолы. В свою очередь они подразделяются на 2 подгруппы: полностью литые и единопольные.

Полностью литые трансформаторы: В таком полностью литом трансформаторе каждая индивидуальная обмотка полностью покрывается стекловолоконной эпоксидной смолой. Это достигается путем использования вакуумной камеры, где эпоксидная смола проникает в обмотки и обволакивает их. В результате этого эпоксидная смола действует как диэлектрическая изоляционная среда, а также позволяет повысить механическую прочность при неблагоприятных условиях. Стандартный класс изоляции 185°C при росте температуры на 80 или 115°C при увеличении температуры окружающей среды свыше 30°C. В качестве дополнительного средства охлаждения можно добавить вентилятор, который увеличит номинальную мощность до 50% для базовой категории трансформатора класса AA.

Полностью литые сухие трансформаторы считаются наиболее дорогостоящими изделиями, однако проблемы влаги здесь не являются актуальными, поскольку они соответствуют применениям, не связанным с длительной непрерывной работой.

Единопольные трансформаторы: Этот тип трансформатора по своей конструкции является разновидностью полностью литых трансформаторов. Вместо полной пропитки смолой каждой индивидуальной обмотки сердечники первичной и вторичной обмоток погружаются в эпоксидную смолу, которая формирует защитное покрытие на внешней стороне первичной и вторичной катушек. Индивидуальные обмотки обычно изолируются лаком, т.е. практически так же, как в обычных сухих трансформаторах. Стандартный класс изоляции 185°C, при росте температуры на 100°C и температуре среды свыше 30°C (AA). Дополнительные вентиляторы (FA) могут быть добавлены, что позволяет увеличить выходную мощность в кВА на 33%.

Трансформаторы с жидким диэлектриком

Трансформаторы с жидким диэлектриком используют масло или другие жидкости в качестве диэлектрической среды. В отличие от обычных сухих типов, трансформаторы с жидким диэлектриком невосприимчивы к влаге ввиду того, что обмотки полностью покрыты диэлектрическим маслом. Однако трансформаторы с жидким диэлектриком требуют применения средств противопожарной защиты, если используются внутри зданий. Обычно применяются 2 типа жидкости:

- минеральное масло
- жидкости с высокой точкой воспламенения

Минеральное масло

Минеральное масло является самым дешевым из всех масел, которые используются в качестве диэлектрической среды. Залитые маслом трансформаторы имеют стандартный рост температуры 55°C при температуре внешней среды свыше 30°C. Имеются варианты исполнения для (55/65°C), которые позволяют повысить номинальную выходную мощность на 12%. Здесь можно применить принудительное воздушное охлаждение, которое даст дополнительное увеличение номинальной полной мощности от 15 до 25% для этой категории.

Жидкости с высокой точкой воспламенения

В качестве жидкостей с высокой точкой воспламенения изготовители обычно предлагают *R---Temp (Cooper Industries)* или *Dow Corning 561 Silicone*. Эти жидкости подвергаются серьезной проверке агентствами по защите окружающей среды, т.к. они представляют собой экологические опасные вещества (например, *полихлорбифенил*) и в результате этого имеют тенденцию входа и выхода из рынка.

Кроме вышеуказанных категорий выбор трансформатора для генератора регулируется рядом следующих факторов:

- Конфигурация обмотки
- Категория применения
- Охлаждающая среда
- Переключаемые ответвления
- Импеданс
- Система соединений

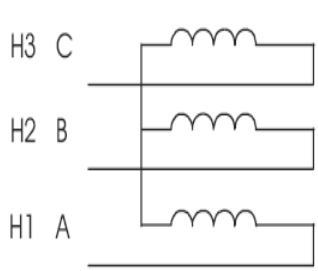
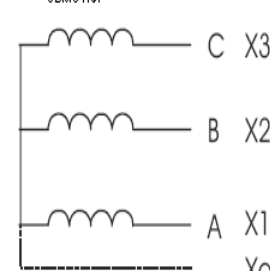
Конфигурация обмоток

Конфигурация обмоток обычно определяется необходимостью для ссылки электрической системы по отношению к заземлению. В обычных условиях электрические системы заземляются у источника и поэтому обмотка трансформатора, которая действует как источник энергии для электрической системы, может предполагаться, что она дается с опорной точкой. Так, для понижающего трансформатора, где нагрузки питаются от низковольтной обмотки, это могло бы считаться подключением по схеме «звезда», где предусмотрено условие для общей точки между тремя обмотками (точка звезды), которая соединяется с землей. Для повышающего трансформатора, где нагрузка питается от высоковольтной обмотки, это вновь предполагалось бы, что соединение сделано по схеме «звезда».

Во многих регионах типовая векторная группа обмотки трансформатора может быть представлена в виде Dyn11, означающая, что трансформатор имеет высоковольтную обмотку по схеме «треугольник», и низковольтную обмотку по схеме «звезда» с имеющимся соединением с точкой звезды. Цифра '11' означает сдвиг фазы в 30° против часовой стрелки, как это изображается на часовом циферблате в положении на 11 часов. Другими общими соединениями являются YNd11 (высоковольтная обмотка, соединенная по схеме «звезда» с имеющимся нейтральным проводом, обмотка LB, соединенная по схеме «треугольник» со сдвигом фазы против часовой стрелки), Dyn1 и YNd1 (как сказано выше, но со сдвигами фаз по часовой стрелке), и YNyn0 (высоковольтные и низковольтные обмотки по схеме «звезда» - все с выведенными нейтральными точками и нулевым сдвигом фаз. Конечная буква 'Z' представляет собой обмотку, соединенную зигзагом, в то время как 3 группы букв указывали бы, что применена третичная обмотка).

Наиболее употребительные векторные группы соединений трансформаторов показаны ниже:

Векторная группа определяет соединение обмоток и заданное им фазное отношение вектора напряжения. Таблица включает в себя кодовые буквы, которые указывают на соединение фазных обмоток и кодовые числа, которые определяют сдвиг по фазе.

Кодовый номер	Векторная группа	Схема соединений	
0	Yy0	ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ОБМОТКИ  НИЗКОВОЛЬТНЫЕ ОБМОТКИ 	

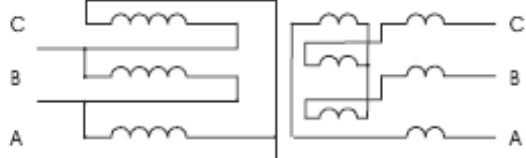
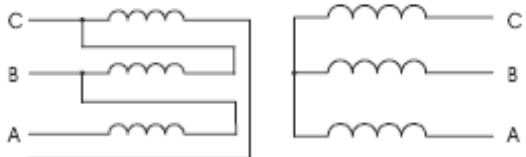
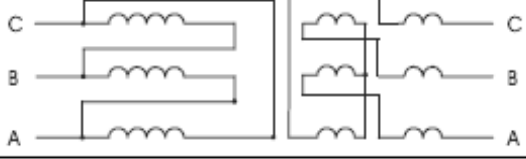
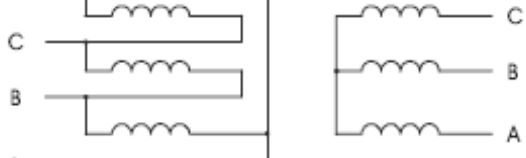
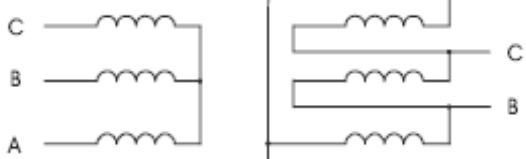
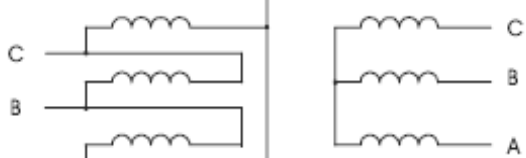
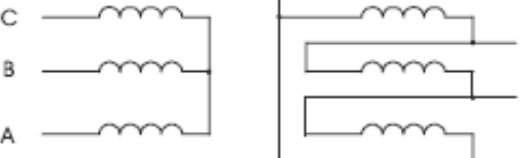
Кодовый номер	Векторная группа	Конфигурация соединений
0	Dz0	
5	Dy5	
6	Dz6	
11	Dy11	
1	Yd1	
1	Dy1	
11	Yd11	
11	Yz11	

Таблица 5-1. Конфигурация обмоток

Категория применения

Трансформаторы обычно подразделяются на Категорию длительного максимального режима работы (CMR) и Категорию длительного аварийного режима (CER). Выбор категории будет зависеть от ожидаемого рабочего цикла трансформатора и электрической системы. Трансформаторы категории CMR, как правило, более громоздки и дорогостоящи по сравнению с трансформаторами CER; однако трансформаторы категории CER будут иметь ограниченный срок службы, если достигнуты предельные параметры CER вследствие более высокого роста температуры. В общем виде, для генераторов рекомендуется выбирать трансформаторы категории CMR, которые действуют как первичный (основной) источник электроэнергии. Трансформаторы категории CER могут применяться в установках резервного питания при условии, что не превышает рабочий цикл, указанный изготовителем трансформатора. Трансформаторы нормируются по полной номинальной мощности в кВА и полезный прирост здесь может быть достигнут, если эксплуатировать установку с коэффициентом мощности близким к 1,0.

Охлаждающая среда

Многие трансформаторы используют масло в качестве охлаждающей и изолирующей среды. Такие трансформаторы более компактны, но тяжелее, чем из литой смолы, однако их конструирующие собираются с воздушной изоляцией способны выдерживать самые жесткие условия окружающей среды. Вентиляторы охлаждения часто входят в комплект установки, чтобы облегчить отвод тепла. Охлаждение трансформаторов классифицируется следующим образом:

- Природным маслом / наружным воздухом (ONAN)
- Принудительное охлаждение маслом / наружным воздухом (OFAN)
- Принудительное охлаждение маслом / принудительное охлаждение воздухом (OFAF)

Масло является воспламеняемым веществом и может создавать серьезное загрязнение окружающей среды, если его собирать, поэтому залитые маслом трансформаторы следует устанавливать в пределах района, где его можно собирать и хранить масло в объеме до 110% общей вместимости трансформатора. Часто для трансформаторов, охлаждаемых маслом, предусматриваются системы по обнаружению и температуре масла в обмотках, сигнализации об уровне масла, пароотводных каналов при взрывах газообразных веществ.

Переключаемые ответвители

Трансформаторы части снабжаются ответвителями, обычно на высоковольтных обмотках, позволяющее отрегулировать выходное напряжение, что делается, обычно, при снятом с трансформатора напряжении. Общие значения ответвлений лежат в пределах +/- 5%, +/- 2,5% and 0. Переключаемые ответвители могут быть полезны на трансформаторе генератора, если напряжение внешней коммунальной сети электроснабжения регулируется в сторону верхнего или нижнего конца допустимого диапазона, а генератор требуется для работы в параллель с такой системой. Переключаемые ответвители в контурных цепях доступны для заказов, но обычно довольно дороги по стоимости. Часто бывают ситуации, где высоковольтная сеть работает значительно выше номинального напряжения. Использование переключаемых ответвителей на трансформаторе генератора может предотвратить превышение генератором своей номинальной мощности, когда это повышенное напряжение создает условия для поступления его во внешнюю сеть.

Импеданс

Если ожидаются высокие уровни отказов, то увеличение импеданса трансформатора может дать определенную экономическую выгоду, особенно в применениях с ограниченной нагрузкой в часах. Следует проявлять осторожность и предусмотреть, чтобы увеличение напряжения в трансформаторе не заставляло бы генератор работать за пределами его допустимого напряжения или же препятствовало согласованию напряжения и синхронизации. Если Вы ожидаете, что в любых эксплуатационных условиях возможно превышение напряжения на 5% от номинального значения, то проконсультируйтесь по этому вопросу с изготовителем генераторной установки.

Соединения

Тип кабельного соединения в каждой обмотке должен выбираться по отношению к монтируемому кабелю. Это особенно важно для высоковольтных цепей, где может потребоваться специальная технология концевых соединений, а также и в низковольтных цепях, где подключается большое число кабелей. Основным выбором между кабельными коробкам лежит в использовании коробки, залитой компаундным составом, или коробкой с воздушной изоляцией. Оба варианта исполнения доступны, давая широкий набор способов соединения.

Сравнение одинокных и параллельных генераторов

Ввод кабелей обычно делается снизу; если же планируется ввод кабелей сверху, то следует предусмотреть условия, чтобы не допустить попадание туда влаги. Делая выбор трансформатора важно, чтобы находящиеся сверху элементы рассматривались по отношению к условиям окружающей среды на объекте установки, в число которых следует включить такие факторы, как нагрев солнечными лучами и обогрев с земли, а также температуру и влажность.

Параллельная работа – это синхронизированная работа двух или нескольких генераторных установок, подключенных к общей шине, чтобы давать электроэнергию общим нагрузкам, как это показано на **Рис.5-8**. Принимая решение о том, сколько именно генераторных установок следует применять, необходимо учесть несколько разных факторов, к которым можно отнести:

- Надежность
- Рабочие характеристики
- Стоимость
- Тип нагрузки
- Размеры генератора и генераторной комнаты
- к.п.д.
- Колебания нагрузки
- Гибкость

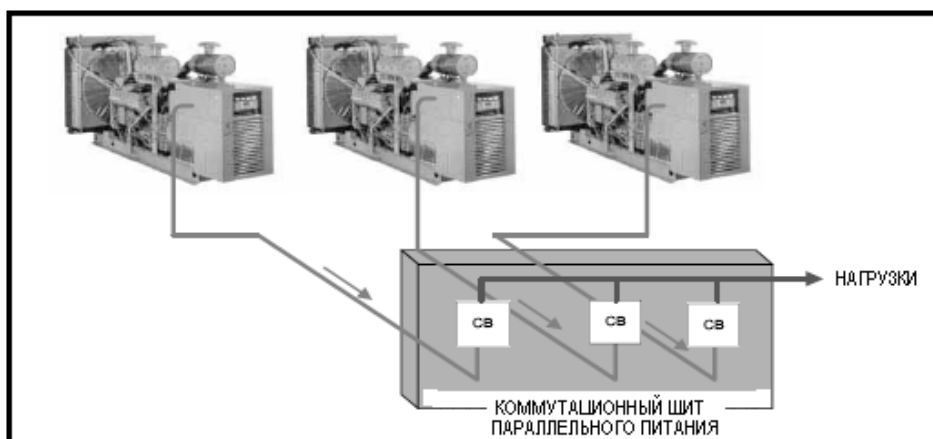


Рис. 5-8. Генераторы, работающие в параллель

Надежность – это главный фактор при принятии решения в использовании параллельного питания для большинства аварийного и резервного применений, например, для больниц, компьютерных центров и насосных станций. Надежность в подаче электроэнергии важна тем, что подключенные нагрузки являются критическими. В таких случаях использование нескольких генераторных установок и приоритетная нагрузка системы позволяет обслуживать более критичные нагрузки за счет менее критичных нагрузок. В системах, где нагрузки требуются для обеспечения надлежащей эксплуатации, предусматриваются избыточные резервные генераторные установки с таким расчетом, что отказ какой-то одной генераторной установки не оставит объект без электропитания. Параллельная работа обычно требует способности поэтапной очередности набора нагрузок, а также возможности по снятию нагрузок, позволяя генераторным установкам работать в рамках их нагрузочных категорий в случае неисправности генератора.

Общая мощность рабочей площадки с несколькими генераторными установками должна быть таковой, чтобы вывод из эксплуатации одной из генераторных установок для техобслуживания или ремонта не нарушал бы работоспособность всей системы и не угрожал бы подключенным к ней нагрузкам.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для достижения высокого уровня надежности система управления стандартной генераторной установки должна поддерживаться в той степени, даже если путем добавления в параллельную систему элементов, которые могут несколько усложнить систему, и создания условия для ухудшения надежности индивидуальной генераторной установки.

Рабочие характеристики системы генерирования электроэнергии и на объекте могут быть аналогичны параметрам внешней коммунальной электросети, когда генераторы работают с ней в параллель, поскольку совокупная мощность генераторных установок по отношению к индивидуальным нагрузкам гораздо выше, чем это было бы, когда одиночные генераторные установки обслуживали бы каждую свою нагрузку. Так как возможности шины выше, поэтому негативное влияние переходных нагрузок, прикладываемых на генераторные установки индивидуальными нагрузками, минимизировано. В общем виде, несколько параллельно включенных генераторных установок будут стоить дороже, чем одна генераторная установка той же самой мощности, если требования к мощности не вынуждают конструктора проектировать машины, работающие на оборотах ниже 1500 мин⁻¹. Стоимость системы следует оценивать как общую стоимость владения, и в расчет необходимо брать такие факторы, как имеющееся пространство в здании, дополнительные трубопроводы для топлива, обвязка систем и т.д., трассировка кабелей, требования к коммутационно-распределительной аппаратуре и системное управления для нескольких установок. Требуемая надежность и выгоды, которая она несет, должны быть положены на весы против повышенной стоимости. Затраты на техобслуживание – это важный фактор для генераторных установок, которые работают в качестве основных источников электроснабжения или в комбинированных системах генерирования электроэнергии и тепла. Хотя крупная одиночная установка возможно будет иметь и кажущуюся высокую капитальную стоимость, но эти затраты могут сглаживаться другими факторами, связанными со стоимостью монтажа системы из нескольких генераторных установок.

Переходные нагрузки оказывают огромное влияние на требуемый размер генератора, и важно принять в расчет все комбинации переходных нагрузок и нагрузок установившегося состояния, чтобы гарантировать, что поддерживается качество мощности. Помните о том, что некоторые нагрузки представляют собой нагрузку с опережающим коэффициентом мощности для генераторных установок, и это также требуется учитывать при выборе размера генераторной установки и очередности работы для системы. На фирме Cummins разработана прикладная программа по подбору размера генераторной установки - 'GenSize'. Это очень полезный продукт для таких случаев, и его можно получить, обратившись к местному дистрибьютору. В Приложении «А» дается информация по программе GenSize.

Гибкость может быть важным условием для тех случаев, где установка может подвергаться изменениям в будущем. Одиночную генераторную установку обычно трудно изменить, однако в группу из ряда генераторных установок легко добавить еще несколько при условии, что в исходном проекте для этого было предусмотрено место.

Риски

Существуют риски, связанные с параллельной работой генераторных установок; эти риски относятся как к совместной работе нескольких ДГУ, так и тех, которые работают в параллель с внешней энергосетью. Эти риски следует оценивать и сравнивать с теми выгодами, которые можно достигнуть при параллельной работе. К таким рискам относятся:

- Где нельзя обеспечить адекватный сброс нагрузки или где нагрузка сохраняется на очень высоком уровне риск заключается в том, что если выйдет из строя одна генераторная установка, то оставшиеся в системе работающие установки могут быть не способны поддержать нагрузку системы. Снижение нагрузки всегда характерно в схеме параллельной работы, и если случится так, в какой-то момент работы вышел из строя один из работающих генераторов, то оставшиеся генераторы должны иметь достаточную резервную мощность, обеспечивающую удовлетворение результирующей возросшей нагрузки.
- Не все генераторы способны к совместной параллельной работе. Если установки изготовлены различными производителями или значительно отличаются друг от друга, то перед продолжением последующего проектирования следует получить консультацию у местного дистрибьютора фирмы «Камминз».
- При параллельной работе с внешней энергосетью генератор по характеру своей работы становится частью внешней энергосети, поэтому здесь требуется дополнительная защита генератора при его взаимодействии с коммунальной сетью. Такая система защиты, как правило, обеспечивается и оговаривается провайдером коммунальной энергетической службы. При рассмотрении вопросов, связанных с параллельной работой, всегда сверяйтесь с местными нормами и стандартами.

Примечание: Для управления возможностями по добавлению и снятию нагрузки, а также совместимостью между параллельно работающими генераторными установками, и установками, работающими в параллель с внешней сетью, необходимо использовать дополнительное системное управление.

Комбинированные системы из генератора и внешней энергосети

Генераторы могут работать в параллель с централизованным источником энергоснабжения, позволяя при этом:

- Не допускать перебоев в передаче нагрузки от внешнего источника на генератор и наоборот.
- Ограничение максимального значения мощности
- Дифференцирование
- Когенерацию.

При использовании так-называемого закрытого перехода с помощью автоматов ввода резерва (ATS) можно осуществлять непрерываемое переключение питания между Генератором и внешней электросетью, или путем общепринятого режима параллельного питания и плавного снижения нагрузки. В закрытом переходном процессе автомата ввода резерва (ATS) генераторная установка работает на частоте, которая несколько отличается от частоты внешней электросети, где фазное отношение между генератором и сетью непрерывно изменяется. Когда же источники синхронизируются, то они вместе подключаются в течение периода времени менее 100 мс через простое синхронизирующее контрольное устройство. В ходе процесса, когда система устраняет общее нарушение в электропитании при переключении между обоими генерирующими источниками тока, что, однако, не устраняет рассогласования, вызванного внезапными изменениями в нагрузке на двух этих источниках. Эти рассогласования можно минимизировать (но нельзя полностью устранить) за счет использования нескольких коммутационных устройств в системе так, чтобы любой замыкающий цепь переключатель лишь изменял нагрузку на очень небольшой процент мощности, заложенной в генераторе.

При использовании для перехода питания общепринятых коммутационных устройств генератор активно синхронизируется и работает в параллель с внешней сетью, а нагрузка от одного источника тока к другому изменяется плавно и сравнительно медленно за счет управления подачей топлива и параметрами системы возбуждения генератора. Эти системы можно использовать для передачи нагрузки от источника внешней сети на генератор и наоборот. Системы цифровой синхронизации могут часто применяться в широком диапазоне напряжений и частот, позволяя работать в параллель с внешней энергосетью даже за пределами приемлемых эксплуатационных уровней. Однако во всех случаях следует быть уверенным в том, что в процессе синхронизации связанных между собой систем защитное оборудование не сработает.

Генераторы для ограничения максимальной нагрузки или пикового режима обычно работают в течение достаточно долгого времени в параллель с источником внешнего электро-снабжения, поэтому здесь необходимо проявлять осторожность при выборе категории с правильным рабочим циклом; обычно для этой цели подходят 'Длительный непрерывный режим' или 'Основной источник питания с ограниченным временем работы'. Выбор определяется количеством моточасов, которые должна наработать установка за год. Подробную информацию по выбору категории см. в Разделе 2 секцию, озаглавленную **Рекомендации по категориям генераторных установок**. Генераторы, используемые для ограничения максимальной мощности обычно запускаются в периоды времени, соответствующие высоким тарифам, чтобы снизить пиковую нагрузку, но могут конфигурироваться для приема какой-то фиксированной нагрузки, или давать возможность внешнему источнику тока брать на себя некоторую фиксированную порцию нагрузки, а генератор будет обеспечивать то, что отклоняется от нее. Генераторы для пикового режима работы имеют тенденцию работать на уровне максимальной выходной мощности, когда это требуется, и электроэнергия продается службе центрального энергоснабжения в моменты наибольшего спроса. Ограничение максимальной мощности может также применяться, когда полностью берется на себя нагрузка объекта в режиме без разрыва переходного процесса и полного отключения внешней электросети. Перед продолжением любых работ по проектированию установки или работ по ее модификации сверьтесь с требованиями местных норм и стандартов.

Распределение электроэнергии

Оборудование для распределения электроэнергии занимает один канал питания, поступающий от обслуживающей внешней энергосети, местной генераторной установки или комбинации обеих, и «разбивает» его на наибольшие блоки для утилизации. Пользователи жилых кварталов, коммерческих и небольших промышленных предприятий обычно обслуживаются внешней генерирующей компанией тем напряжением питания, которым обычно пользуются потребители. На более крупные объекты электропитание может поступать даже под высоким напряжением, а затем понижаться до уровня, требуемого для нормальных потребителей электроэнергии на таком объекте.

Схемы распределения электроэнергии обычно состоят из 4-х или меньшего числа уровней:

- Внешняя высоковольтная передача электроэнергии
- Трансформация и внешнее распределение на пониженном высоковольтном напряжении
- Трансформация и внешнее распределение на низком напряжении
- Окончательное распределение и утилизация электроэнергии на низком напряжении. Любой объект может иметь все 4 уровня распределения или только один из них, в зависимости от обстоятельств.

Выбор системы распределения

Схема распределения выбирается в соответствии с некоторым количеством критериев, в том числе:

- Требования к доступности энергии
- Размер объекта (площадь и общая мощность, подлежащая распределению);
- Разметка нагрузки (оборудование и удельная мощность)
- Требования к гибкости установки

Во многих небольших установках распределение и генерирование энергии будет происходить на напряжении пользования, без необходимости в применении трансформаторов. Однако для крупных объектов с высокой удельной мощностью может потребоваться передача электроэнергии до объекта с помощью высоковольтной линии электропередач, а затем в каждом месте пользования будут использоваться индивидуальные малые низковольтные сети питания.

На **Рис.5-9** показан ряд возможностей для подключения источников генерирования электроэнергии в более крупные энергетические системы, например, крупное промышленное предприятие. Для ясности и наглядности схема упрощена, чтобы опустить такие особенности системы, как высоковольтные кольца – сеть и т.д., которые общеприняты в таких ситуациях. В Северной Америке функции по передаче электропитания обычно требуются, чтобы они обеспечивались через нормативное коммутационное оборудование, а не парой автоматических выключателей, как показано на рисунке.

В данном примере электропитание на входе в объект поступает в виде высоковольтного напряжения, (как правило, от 10 до 40 кВ), которое затем понижается этой службой на подстанции, часто расположенной вблизи от границ объекта. Подача питания заказчикам обычно распределяется по линиям высокого напряжения (от 10 до 14 кВ или от 20 до 24 кВ в зависимости от региона). Это делается для того, что основной источник электроснабжения и распределения для различных точек на объекте будет достаточно часто использовать высокое напряжение, чтобы снизить сечение кабелей и потери. Большие объемы генерации энергии можно устанавливать в этой точке – также при высоком напряжении – чтобы обеспечить резервным питанием весь объект в целом, с возможностью cogeneration электроэнергии и тепла. Такая система может включать в себя несколько крупных генераторов общей мощностью до 10 МВт и даже выше. Для индивидуальных зданий на том же самом месте снабжение электроэнергией осуществляется высоким напряжением с понижением до низкого напряжения для использования в индивидуальных подстанциях, которые могут иметь разделение низковольтных нагрузок на нагрузки особой важности и нагрузки, не имеющие особой важности. Резервное низковольтное питание может обеспечиваться на этом уровне и обычно будет подаваться на особо важные нагрузки только при отключении питания.

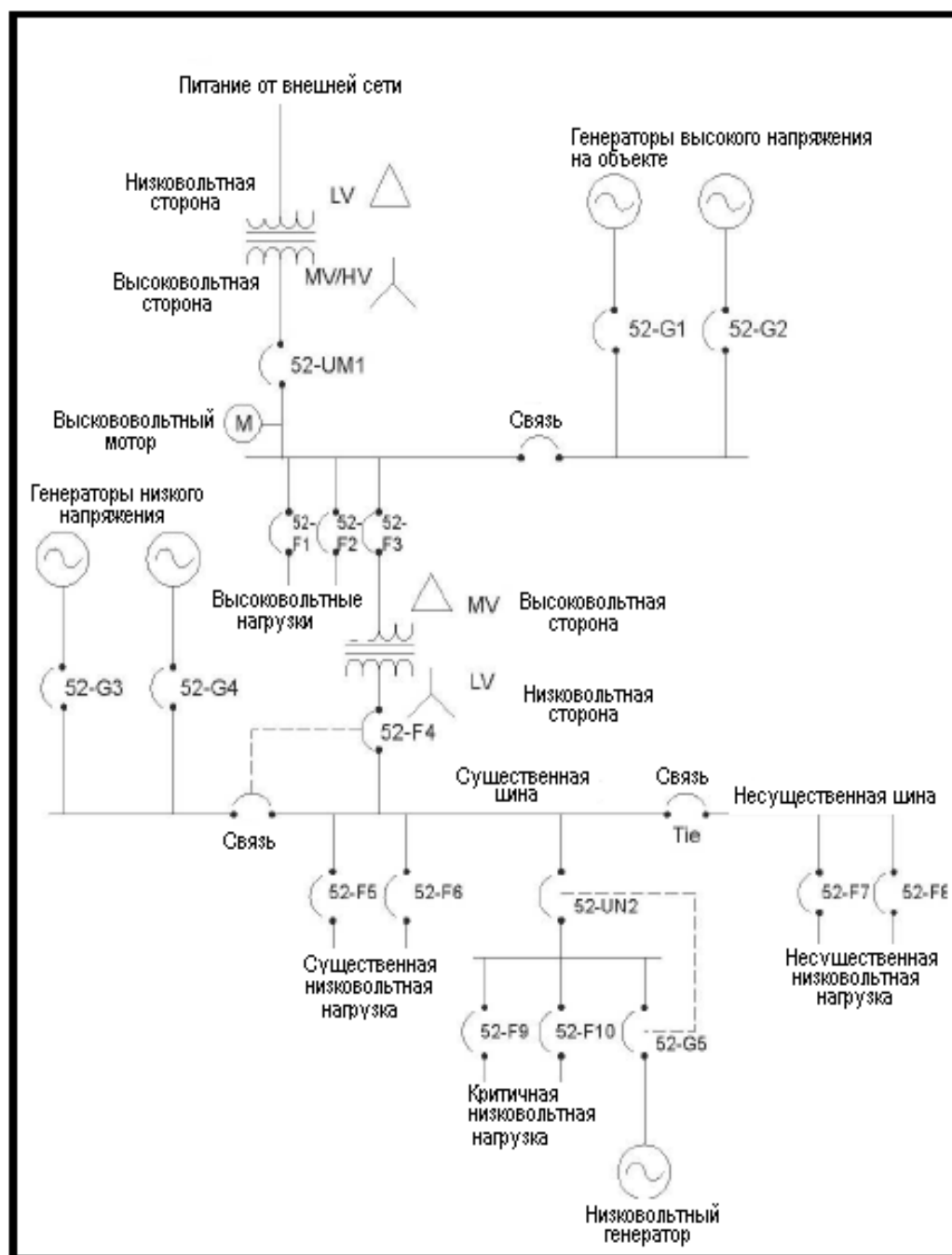


Рис.5-9. Образец высоковольтной/низковольтной распределительной системы

Схема питания критичных нагрузок, используя небольшой генератор в качестве поддержки основной и более мощной генераторной системы, также показана на приведенной выше схеме. Для получения информации по заземлению и соединениям нейтральных проводов см. с. 5-28. Подробную информацию по коммутационно-распределительному устройству, его типам и вспомогательному оборудованию, поставляемому с размыкателями, см. с. 5-34.

Следующий раздел – [Электрические соединения](#) – можно найти в Части 2. Для просмотра содержания Части 2 щелкните на ссылку ниже того материала, который Вы использовали, чтобы просмотреть этот файл.

Электрические соединения

Общие положения

Виброизоляция

В процессе нормальной эксплуатации все генераторные установки подвергаются вибрации, и на этот факт следует обращать внимание. Установки либо спроектированы с встроенными амортизаторами, либо вся рама покоится на пружинных амортизаторах, допускающих некоторые перемещения и изолируют от вибраций, создаваемых зданием или другими конструкциями. Более значительные перемещения могут также происходить в результате внезапных изменений в нагрузке, какой-либо неполадки в работе или в процессе запуска или останова генераторной установки. В связи с этим, все механические и электрические соединения, идущие на генераторную установку, должны быть способны выдерживать перемещения от вибрации в ходе работы или при запуске и останове. Вырабатываемая установкой электроэнергия, функция управления, система оповещения и вспомогательные цепи – все это требует применения скрученных гибких выводов и гибких защитных каналов между генераторной установкой и зданием, опорной конструкцией или фундаментом.

Крупные жесткие кабели могут не обладать необходимой эластичностью к изгибам, даже если они и рассматриваются как гибкие. Это также справедливо и в отношении защитных кабельных каналов, например, некоторые герметичные для жидкости каналы достаточно жесткие. Кабели или кабельные каналы не подвергаются сжатию по всей их длине, поэтому гибкость в тех размерах должна обеспечиваться за счет достаточной длины, смещений или изгибов.

Более того, точки электрических соединений на генераторной установке — втулки, ламели шины, выводные колодки и т.д. — все они по своей конструкции не способны поглощать эти перемещения и связанные с ними механические напряжения. (Это еще раз необходимо подчеркнуть в отношении крупных жестких кабелей или жестких «эластичных» защитных каналов. Невозможность добиться достаточной гибкости приведет к повреждению защитных кожухов, выводных проводов, кабелей, изоляции или точек соединений. *Примечание:* Простое добавление эластичного кабельного канала или кабелей может не дать достаточной способности к поглощению перемещений, вызванных вибрацией генераторной установки. Кабели и гибкие кабельные каналы имеют свойство изменять свою гибкость и не будут растягиваться или сжиматься. Это условие можно соблюсти, включив, по крайней мере, один изгиб между выходным кожухом генератора и опорной конструкцией (цементный пол, кабельный канал, стена и т.д.), что допустит перемещения в трех плоскостях.

Примечание: Провода системы управления должны иметь возможность для снятия механических напряжений, чтобы предотвращать какое-либо перемещение в точке соединения, которое потенциально могло бы вызвать нарушение электропроводки и выход ее из строя.

Сейсмические районы

В сейсмоопасных районах существует риск, который требует применения специальных методов монтажа электроустановок, включая сейсмостойкое опорное оборудование. Масса, центр тяжести и опорные расстояния оборудования показаны на габаритных чертежах.

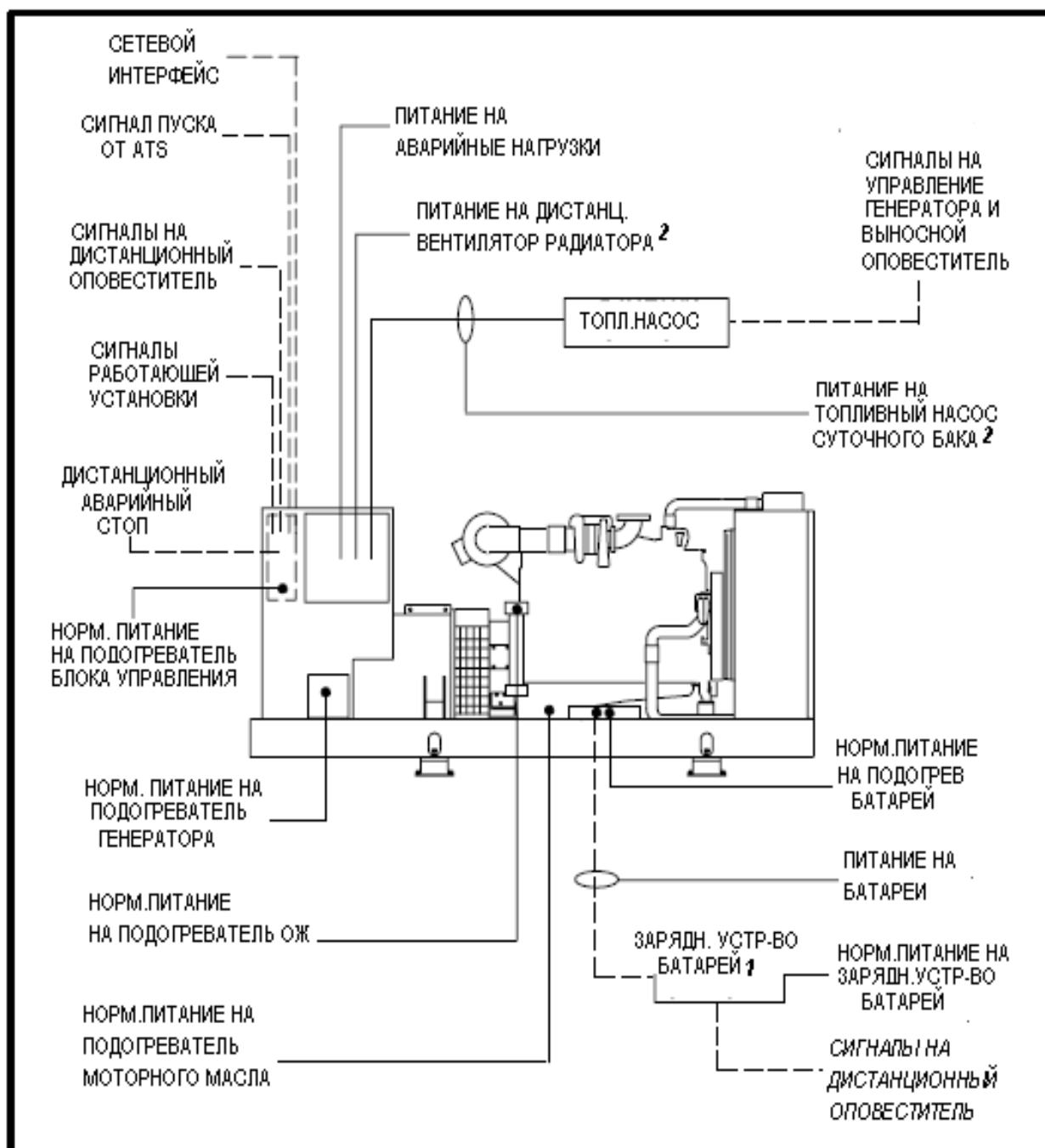
Проводка системы управления

Проводка системы управления постоянного и переменного тока (до дистанционного оборудования по управлению и дистанционным системам звукового оповещения) должна выполняться в отдельном защитном кабельном кожухе, отделенном от силовых кабелей, чтобы до минимума снизить помехи в цепях управления. Для подключения к установке необходимо использовать скрученные провода и секцию гибкого защитного канала.

Вспомогательные ответвительные цепи

Ответвительные цепи должны предусматриваться для всего вспомогательного оборудования, необходимого для обеспечения работы генераторной установки. Эти цепи должны запитываться либо от нагрузочных выводных концов автоматов ввода резерва или от выводных концов генератора. Примерами вспомогательного оборудования могут быть, например, топливоподкачивающие насосы, насосы системы охлаждения для вынесенных радиаторов, а также вентиляционные жалюзи с приводом от электродвигателя.

Ответвительные цепи, запитываемые от нормальной силовой панели, должны предусматриваться для зарядного устройства аккумуляторных батарей и подогревателей ОЖ, если таковые используются. См. **Рис. 5-10**.

**Примечание:**

1. Когда используется автомат ввода резерва (ATS), то зарядное устройство батарей может запитываться с ATS. Зарядные устройства с установленными ATS нельзя использовать в применениях с параллельным питанием.
2. Эти нагрузки могут питаться напрямую от генератора (с условием соответствующей системы защиты при перегрузке по току) или от нагрузочной стороны первого приоритетного ATS.
3. Пункты, выделенные курсивом, используются не во всех случаях.
4. Сетевое взаимодействие можно заменить сигналами для некоторых функций управления

Рис. 5-10 Типовая схема системы управления генераторной установки и вспомогательных цепей
**Соединения
силовых цепей
переменного тока
на генераторе**

Проверьте правильность согласования числа проводников по каждой фазе и их размер с опубликованными значениями по мощности наконечников оборудования (для автоматических выключателей и автоматов ввода резерва)

Главное устройство отключения (автоматический выключатель/размыкатель) следует проверить и отрегулировать таким образом, чтобы он активировал сигнализацию, когда разомкнут. Когда автоматический выключатель открыт, некоторые поставщики будут инициировать сигнализацию «не в автоматическом» режиме.

Варианты соединений на генераторе могут включать в себя следующее:

Автоматические выключатели цепи в литом корпусе (термомагнитные или на твердотельных полупроводниковых приборах), смонтированные на генераторе

Соединения могут быть сделаны к генератору – через смонтированные автоматические выключатели. Выбранный автоматический выключатель должен обладать адекватной способностью к размыканию, основанную на имеющемся токе короткого замыкания. При использовании одной генераторной установки имеющийся максимальный первый цикл симметричного короткого замыкания обычно находится в диапазоне от 8 до 12 раз от величины номинального тока. Для какого-то конкретного генератора это равно обратной величине генератора на сверхпереходное реактивное сопротивление, или $1/X''d$. Для расчетов используйте минимальный допуск сверхпереходного реактивного сопротивления, указанный в технических данных изготовителя генератора.

Размыкающий переключатель (в литом корпусе), смонтированный на генераторе

Соединения могут быть сделаны к генератору – через смонтированный размыкающий переключатель. Это допускается там, где генератор включает в себя присущие ему средства защиты от токовой перегрузки, например, систему *Power Command*. Переключатель не предназначен для прерывания токов уровня короткого замыкания, имея категорию прерывания, достаточную только для токов нагрузки.

Выводные концы генератора

Соединения могут быть сделаны к выводным концам генератора, где нет автоматического выключателя или требуется размыкающий переключатель, и где генератор включает в себя присущие ему средства защиты от перегрузки по току.

Силовые провода переменного тока

Выход генераторной установки переменного тока соединяется в месте эксплуатации с проводниками, размер которых требуется токами нагрузки, областью применения и действующими нормами. Провода, идущие от выводных концов генератора до первого устройства перегрузки по току, считаются ответвляющимися проводами. Автоматический выключатель генераторной установки может быть предусмотрен на нагрузочном конце питающих проводов Генератора (например, параллельные выключатели на коммутационной панели параллельного питания или главный выключатель на распределительной панели) и все же обеспечивая токовую защиту для проводников.

Если генераторная установка поставлялась не с завода-изготовителя с автоматическим выключателем главной линии, то допустимая токовая нагрузка фазных проводов переменного тока, смонтированных в месте эксплуатации от выводных концов с выхода генератора до первого устройства защиты по токовой перегрузке должна быть равна, по крайней мере, 115% от номинального тока полной нагрузки без учета снижения этого параметра в зависимости от температуры или высоты. Допустимая токовая нагрузки проводников может быть равна 100% номинального тока полной нагрузки, если генераторная установка оснащена системой управления *Power Command*. Изготовитель генераторной установки укажет норму допустимой токовой нагрузки в линии для конкретной генераторной установки и при конкретном требуемом напряжении. Если этот параметр неизвестен, то рассчитайте ток, используя одну из следующих формул:

$$I_{LINE} = \frac{kW \cdot 1000}{V_{L-L} \cdot 0.8 \cdot 1.73} \quad \text{или} \quad I_{LINE} = \frac{kVA \cdot 1000}{V_{L-L} \cdot 1.73}$$

Где:

I_{LINE} = ток в линии (в Амперах).

kW = номинальная мощность генераторной установки в кВт.

kVA = номинальная мощность генераторной установки в кВА.

V_{L-L} = номинальное линейное напряжение.

См. схемы (а) и (b) на **Рис.5-11**. Длина прокладки ответвляющих проводников генератора до первого устройства защиты по току следует делать как можно короче (обычно в пределах не более 7-15 м).

ПРИМЕЧАНИЕ: Если генератор поставляется с выводными наконечниками, то размер наконечников может быть меньше, чем требуется для проводников, монтируемых в месте эксплуатации, потому что наконечники имеют тип CCXL или меньшего размера, высокой температурной изоляцией с номинальным значением 125°C или выше..

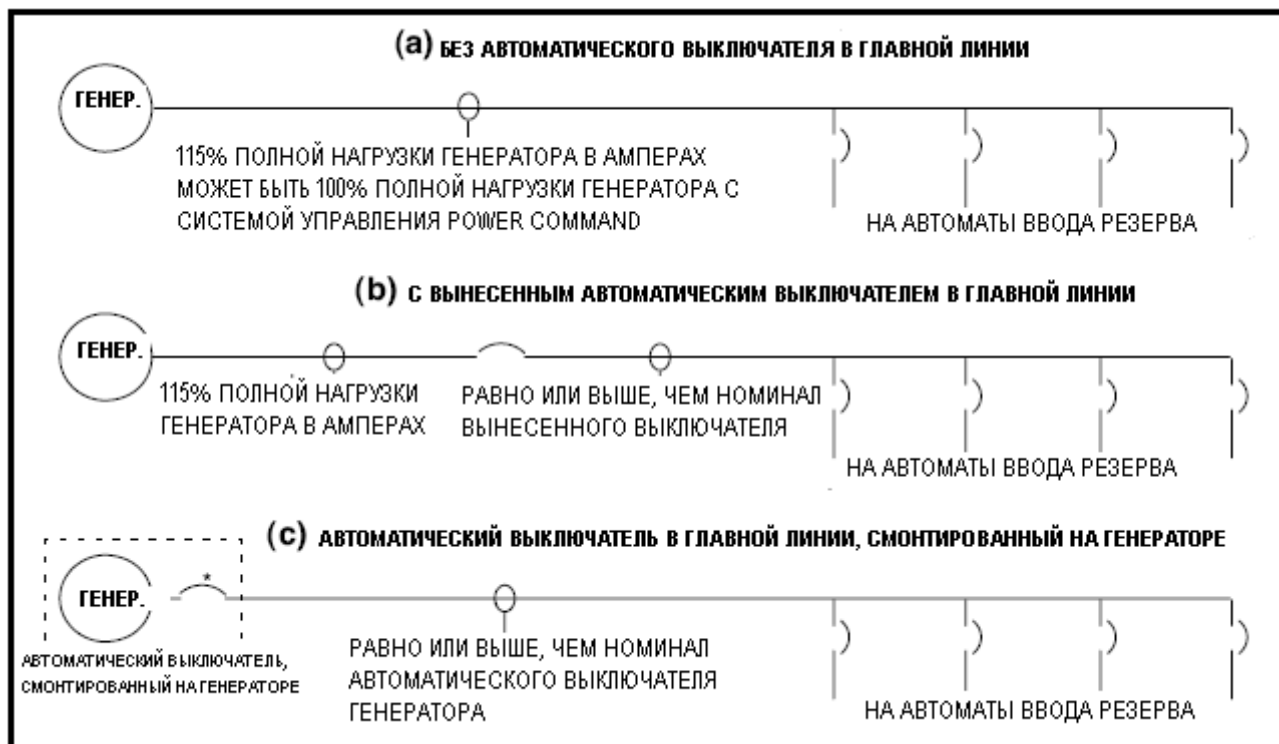


Рис.5-11. Допустимая токовая нагрузка питающей линии

Если генераторная установка поставляется с завода-изготовителя с автоматическим выключателем главной линии, то допустимая токовая нагрузка фазных проводов, установленных в месте эксплуатации и подключенных к нагрузочным концевым выводам автоматического выключателя, должна быть равна или выше номинального значения такого автоматического выключателя. См. схему (с) на Рис. 5-11.

Минимальная допустимая токовая нагрузка нейтрального провода обычно разрешается быть равной или большей по значению, чем расчетный максимальный однофазный разбаланс нагрузки. Там, где значительная доля нагрузки имеет нелинейный характер, то сечение нейтрального провода должно соответствовать предполагаемому току в нейтральной линии, но никогда не ниже 100% номинального значения. Нейтральный провод генератора, поставляемый Cummins Power Generation, равен по допустимой токовой нагрузке фазным проводам.

Примечание: Высоковольтный кабель (с напряжением переменного тока более 600 В) должен монтироваться с разводкой концов в строгом соответствии с рекомендациями изготовителя кабеля и лицом, которое изучило процедуры такого монтажа с обучением и производственной практикой у изготовителя кабеля и под его непосредственным контролем.

Расчеты падения напряжения

Импеданс провода из-за его активного и реактивного сопротивления вызывают перепад напряжения в цепях переменного тока. Чтобы получить ожидаемые рабочие характеристики нагрузочного оборудования проводники обычно должны быть такого сечения, чтобы напряжение не падало больше, чем на 3% в ответвлении фидерного контура, или не более 5% в целом между ответвлением к потребителю и нагрузочным оборудованием. Хотя точные расчеты сложны для выполнения, но достаточно близкие приблизительные значения можно получить, используя следующее соотношение:

$$V_{\text{DROP}} = \frac{(I_{\text{PHASE}} \cdot Z_{\text{CONDUCTOR}})}{V_{\text{RATED}}}$$

Пример: Рассчитайте процент падения напряжения на кабеле из медного провода сортамента 1/0 AWG длиной 500 футов (152 м), проложенного в стальном кожухе, и подающего питание 3-х фазного переменного тока мощностью 100 кВт под (линейным) напряжением 480В, и нагрузкой, вызывающей коэффициент мощности 0,91.

$$Z(\text{ohms}) = \frac{L}{(1000 \cdot N)} [(R \cdot \text{pf}) + X \sqrt{(1 - \text{pf}^2)}]$$

Где:

Z = импеданс проводника

R = омическое (активное) сопротивление проводника

X = реактивное сопротивление проводника

L = длина проводника в футах

N = число проводников на фазу

pf = коэффициент мощности

R = 0,12 Ом /1000 футов (см. Таблицу 9 Главы 9 Американских национальных норм NEC, активное сопротивление для медного провода сортамента 1/0 AWG в стальном защитном канале.)

X = 0,055 Ом/1000 футов (см. Таблицу 9 Главы 9 Американских национальных норм NEC, реактивное сопротивление для медного провода сортамента 1/0 AWG в стальном защитном канале.)

$$Z = \frac{500}{(1000 \cdot 1)} [0.12 \cdot 0.91 + 0.055 \sqrt{(1 - 0.91^2)}]$$

$$= 0.066 \text{ percent}$$

$$I_{\text{PHASE}} = \frac{\text{kW}}{\text{kV} \cdot 1.73} = \frac{100}{0.48 \cdot 1.73}$$

$$= 120.3 \text{ amps}$$

$$V_{\text{DROP}} (\%) = 100 \cdot \frac{120.3 \cdot 0.066}{480}$$

$$= 1.65 \text{ percent}$$

Допустимая несимметричность однофазной нагрузки

Однофазная нагрузка должна распределяться между тремя фазами 3-х фазной генераторной установки по возможности равномерно с таким расчетом, чтобы в полной мере использовать номинальную мощность установки (в кВА или кВт), а также ограничить перекося напряжения. **Рис. 5-12** можно использовать для определения максимально допустимого процента перекося однофазной нагрузки, как это показано на приведенном примере.

Однофазная мощность может занимать до 67% номинальной мощности 3-х фазных генераторных установок производства *Cummins Power Generation* в диапазоне мощностей вплоть до 200/175 кВт.

Общий принцип таков, что чем крупнее генераторная установка, тем меньшая доля однофазной мощности может быть взята. На **Рис. 5-12** представлена номограмма, которая включает линии в процентах однофазной мощности для генераторных установок *Cummins Power Generation* с генераторами промежуточного размера (Рама 4 и Рама 5). При ссылаках на Действующие технические данные генераторов переменного тока подтвердите размер рамы, указанный в справочном листке ТУ. Несимметричность однофазной нагрузки не должна превышать 10%.

Пример: Найдите максимальную однофазную нагрузку, которая может быть запитана в сочетании с общей 3-х фазной нагрузкой 62 кВА от генераторной установки номинальной мощностью 100 кВт/125кВА.

1. Найдём 3-х фазную нагрузку как процент номинальной мощности генератора в кВА:

$$\text{ПРОЦЕНТ 3-Х ФАЗНОЙ НАГРУЗКИ} = \left(\frac{62 \text{ kVA}}{125 \text{ kVA}} \right) \cdot 100\% = 50\%$$

- Найдем процент допустимой однофазной нагрузки, как показано стрелками на **Рис. 5-12**. В этом случае он составит приблизительно 34% трехфазной номинальной мощности.
- Найдем максимальную однофазную нагрузку:

$$\text{МАКСИМАЛЬНАЯ ОДНОФАЗНАЯ НАГРУЗКА} = \left(\frac{125 \text{ kVA} \cdot 34\%}{100\%} \right) = 42.5 \text{ kVA}$$

- Помните о том, как следует ниже, что сумма 3-х фазных и максимально допустимая однофазная нагрузки меньше, чем номинальная мощность генераторной установки в кВА:

$$62 \text{ kVA} + 42,5 \text{ kVA} = 104,5 \text{ kVA}$$

и

$$104,5 \text{ kVA} < 125 \text{ kVA} \text{ (т.е. номинальной мощности генераторной установки)}$$

ПРИМЕЧАНИЕ: Несимметричная нагрузка генераторной установки вызывает перекос фазных напряжений. Уровни несимметричности нагрузки, предполагаемые настоящими рекомендациями, не должны наносить какой-либо ущерб самой генераторной установке. Тем не менее, соответствующие уровни несимметричности напряжения не могут быть приемлемы для таких нагрузок, как 3-х фазные электродвигатели.

Из-за перекоса фазных напряжений критичные нагрузки следует подключать к той фазе, где используется регулятор напряжения в качестве опорного напряжения (L1–L2 как определено на диаграмме генераторной установки), где в качестве ссылки используется только одна фаза..

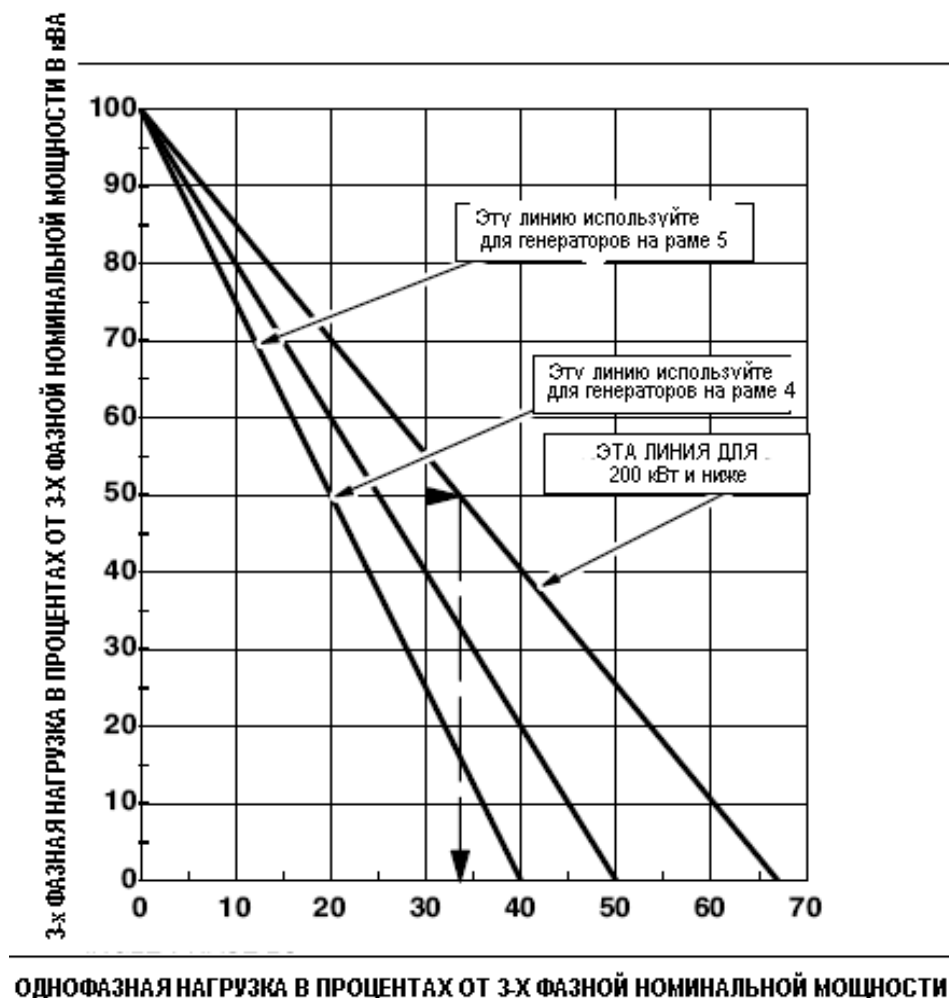


Рис. 5-12. Допустимая несимметричная однофазная нагрузка (типична для 3-х фазного генератора фирмы Cummins Power Generation)

Нагрузка опережающего коэффициента мощности

3-х фазные генераторные установки рассчитаны для непрерывной эксплуатации с коэффициентом мощности 0,8 (с отставанием) и могут работать в течение коротких промежутков времени и при более низких значениях коэффициента мощности, например, при запуске электродвигателей. Реактивные нагрузки, которые создают опережающий коэффициент мощности, могут давать энергию для возбуждения генератора переменного тока, и если достаточно высоки, то могут вызывать неконтролируемое увеличение напряжения генератора, нанося тем самым ущерб генераторам или нагрузкам, или защитному оборудованию. На **Рис.5-13** приведена диаграмма типичной кривой реактивной способности генератора переменного тока (кВАР). Разумной рекомендацией здесь является то, что генераторная установка способна выдерживать до 10% своей номинальной возможности в кВАР при нагрузках с опережающим коэффициентом мощности без какого-либо ущерба или потери управления за выходным напряжением.

Примечание: Такой обоснованный подход базируется на категории генератора переменного тока, а не на категории генераторной установки, и для критичных областей применений необходимо проконсультироваться с поставщиком генератора переменного тока и выяснить точную кривую его реактивной способности, которая должна использоваться для принятия решений по проектированию, а не пользоваться примерными оценками, поскольку фактические рабочие характеристики могут в значительной степени отличаться от оценочных данных..

Самыми обычными источниками опережающего коэффициента мощности являются легко нагруженные системы бесперебойного питания (UPS) с входными фильтрами и устройствами коррекции коэффициента мощности для электродвигателей. Приложение на генераторную установку нагрузок с запаздывающим коэффициентом мощности до приема нагрузок с опережающим коэффициентом мощности может улучшить стабильность. Целесообразно также подключать и отключать с нагрузкой конденсаторы, корректирующие коэффициент мощности. Обычно, для исправления этой проблемы непрактично использовать генераторную установку большего размера (снижая тем самым процент нелинейной нагрузки).

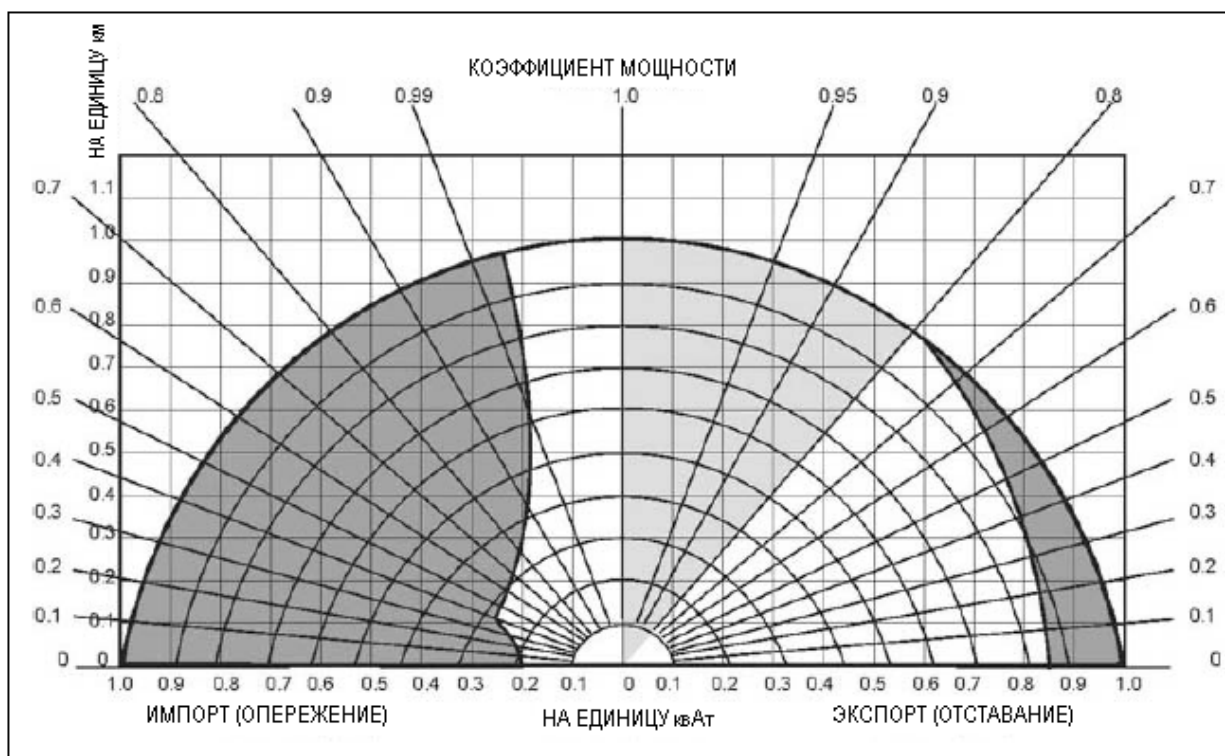
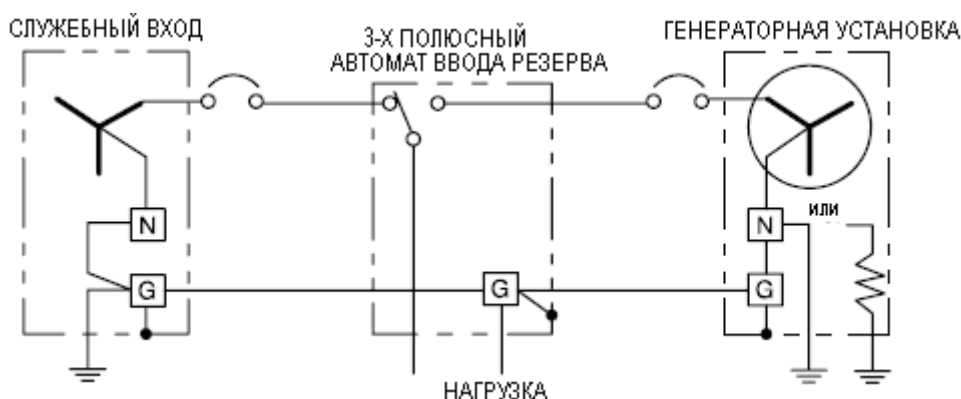


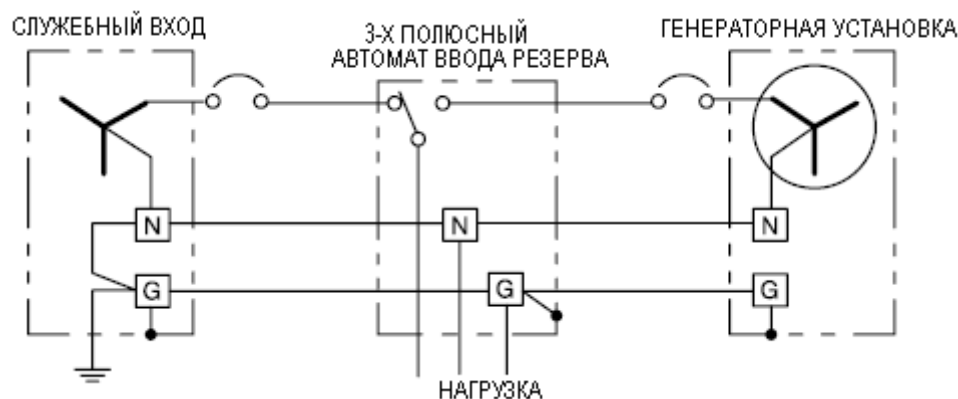
Рис. 5-13. Типичная характеристика реактивной способности генератора переменного тока в установившемся режиме

Заземление системы и оборудования

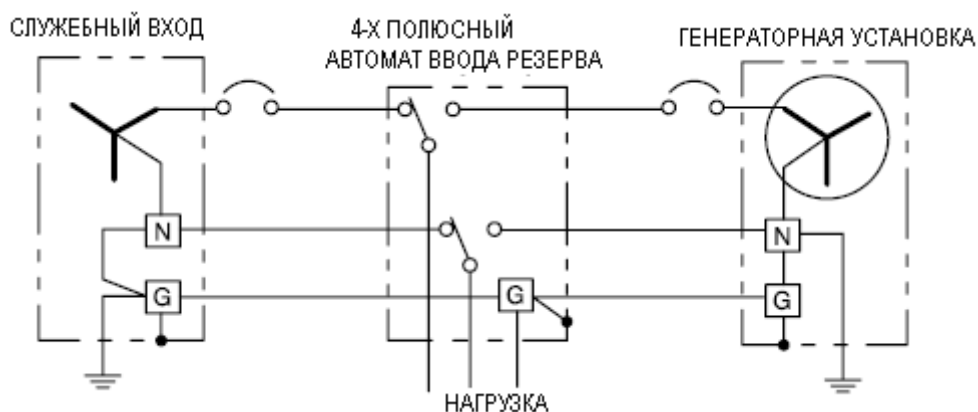
Далее будет рассмотрено общее описание заземления системы и оборудования для генераторов переменного тока, установленных на постоянной основе на техническом объекте Пользователя. Поскольку настоящее описание дано в виде инструкций и указаний, однако важно следовать местным электротехническим нормам и правилам.



3-Х ФАЗНАЯ, 3-Х ПРОВОДНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ, 3-Х ПОЛЮСНЫЙ АВТОМАТ ВВОДА РЕЗЕРВА
 Нейтральный провод генератора может быть прочно заземлен, сопротивление заземлено или без заземления в 3-х проводной системе



3-Х ФАЗНАЯ, 4-Х ПРОВОДНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ, 3-Х ПОЛЮСНЫЙ АВТОМАТ ВВОДА РЕЗЕРВА
 Нейтральный провод генератора заземляется на служебном входе только с 3-х полюсным автоматом ввода резерва



3-Х ФАЗНАЯ, 4-Х ПРОВОДНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ, 4-Х ПОЛЮСНЫЙ АВТОМАТ ВВОДА РЕЗЕРВА
 Нейтральный провод генератора должен прочно заземляться, когда есть отдельно выведенный источник с 4-х полюсным автоматом ввода резерва

Рис. 5-14 Типовые однолинейные схемы альтернативных способов заземления системы

Системное заземление

Системное заземление – это преднамеренное заземление нейтральной точки генератора, собранного по схеме «звезда», угол соединенного по схеме «треугольник» генератора или средняя точка однофазной обмотки генератора, соединенного по схеме «треугольник». Самый распространенный способ – это заземление нейтральной точки генератора, соединенного по схеме «звезда» и вывод нейтрального провода (заземленного проводника цепи) в 3-х фазной, 4-х проводной системе.

В системе соединения по схеме «треугольник» с заземлением угла имеет провод контура заземления, который не является нейтральным проводом. Он также имеет так-называемый «необузданный вывод», который должен кодироваться оранжевым цветом и подключаться к среднему полюсу 3-х фазного оборудования.

Постоянное заземление

Система с постоянным заземлением заземляется непосредственно проводником (заземляющий электрод) без намерения замкнуть на землю (через заземляющий электрод) полное сопротивление. Этот способ заземления обычно используется и требуется по электротехническим нормам для всех низковольтных систем (от 600В и ниже) с применением проводника контура заземления (наиболее часто им является нейтральный провод, который обслуживает нагрузки L---N).

Правильное заземление в системах резервного питания, где используется постоянное заземление, функционально возлагается на примененное коммутационное оборудование (жесткий нейтральный провод или переключаемый нейтральный провод). См. **Рис. 5-14**

В некоторых регионах оконечный вывод нейтрального провода на генераторах производства *Cummins Power Generation* не связан заземлением. Если генератор является отдельно выведенным источником электропитания (т.е. имеет 4-х полюсный автомат ввода резерва), тогда электромонтажнику придется соединить нейтральный провод на землю через заземляющий электрод, соединенный с заземляющим электродом системы. Однако, когда в генераторе предусмотрена система защиты при неисправностях заземления, то в таких случаях нейтральный провод соединяется на землю заводом-изготовителем.

Если нейтральный провод генератора подключается к заземленному нейтральному проводу внешней сети электроснабжения, то, как правило, это делается у нейтрального блока 3-х полюсного автомата ввода резерва, тогда нейтральный провод генератора не следует заземлять у генератора. В этом случае электротехнические нормы могут потребовать подписи в службе электроснабжения, указывающей, что нейтральный провод генератора заземлен в том месте.

Заземление (сопротивления) импеданса

Заземляющий резистор постоянно установлен на пути от нейтральной точки генератора к заземляющему электроду. Этот способ время от времени используется в 3-х фазной 3-х проводной системе (где нет заземляющего провода контура заземления), эксплуатируемой при напряжении 600В или ниже, где желательно поддерживать постоянство мощности с первым и лишь случайной неисправности системы заземления. Однако эта практика не разрешается регулятивными органами в ряде регионов. В системе распределения могут использоваться трансформаторы «треугольник-звезда», чтобы вывести нейтральный провод для нагрузочного оборудования L-N.

Обычно заземляется высокое сопротивление, и низковольтная система использует заземляющий резистор такой мощности, который бы ограничивал ток к.з. заземления между линейным и нейтральным проводами до 25, 10 или 5 Ампер номинального значения (в режиме непрерывного времени). Заземляющее сопротивление делается для системы, что позволит выдерживать работу при к.з. заземления; или для защиты генератора. Защита генератора используется преимущественно в высоковольтных системах, чтобы ограничить влияние ошибок заземления на генератор переменного тока: по вольтажу и очень малую длительность теплового повреждения. Кроме того, устанавливаются системы обнаружения к.з. заземления и сигнализации.

Сделайте выбор заземляющего резистора на основе:

1. Максимально допустимого напряжения: Напряжение между фазами (т.е. напряжение системы), деленное на квадратный корень из 3 (1,73).
2. Режима по току: Достаточного низкого, чтобы ограничить ущерб, но, вместе с тем, достаточно высокого, чтобы надежно работала релейная система защиты.
3. Нормирования времени: Наиболее часто 10 секунд для релейных систем защиты, и несколько больше для систем без реле.

Системы с глухо или эффективно заземленной нейтралью.

Глухое или эффективное заземление определяется как намеренное подключение системного провода к заземляющему соединению или соединениям с достаточно низким импедансом и имеющего достаточную токонесущую способность, чтобы предупредить нарастание напряжения, которое может привести к непреднамеренным угрозам для подключенного оборудования или персонала. Этот способ повсеместно используется во всем мире. Система эффективного заземления снижает максимальное напряжение между линией и землей при какой-то неисправности, поскольку система остается на опорном уровне, и поэтому снижает стоимость изоляции системы.

Из-за величины токов, протекающих в условиях неисправности заземления для этого типа системы, уставки системы защиты относительно просты для координации, и действие к.з. может быть локализовано для системы или части системы, где они происходят.

ПРИМЕЧАНИЕ: Заземление с низким сопротивлением рекомендуется на генераторных системах, эксплуатируемых под напряжением от 601В до 15 кВ, чтобы ограничить уровень тока к.з. заземления (наиболее часто 200-400 Ампер) и дает время для селективной координации системы релейной защиты. См. **Рис.5--15** и Высоковольтное заземление.

Незаземленные системы

Это когда нет преднамеренного соединения между генераторной системой переменного тока и землей. Этот способ иногда используется в 3-х фазных 3-х проводных системах (без проводника заземляющего контура), работающих под напряжением от 600В или ниже, где требуется или желательно непрерывно поддерживать мощность с одной ошибкой заземления, и когда на объекте имеется квалифицированный обслуживающий персонал. Примером может служить подача питания на критичную нагрузку какого-то технологического процесса. Для вывода нейтрального провода для нагрузочного оборудования могут использоваться трансформаторы «треугольник-звезда».

Заземление оборудования

Заземление оборудования – это связывание вместе и соединение на землю всех металлических деталей, не несущих тока (в ходе нормальной эксплуатации), к которым относятся защитные короба для кабелей, кожуха, рамы генератора т.д. Заземление оборудования дает постоянный, непрерывный путь с малым импедансом для тока, идущего назад к источнику тока. Правильно выполненное заземление практически устраняет «потенциал от касания» и облегчает «очистку» защитных устройств во время ошибок заземления. Основная связующая перемычка у источника тока связывает в одной точке систему заземления оборудования проводником контура заземления (нейтральным проводом) для системы переменного тока. Местом подключения заземления является рама генератора или, если на генераторной установке смонтирован автоматический выключатель, то заземляющий вывод выполнен внутри кожуха автоматического выключателя. См. **Рис.5-16**.

Выборочная координация

Выборочная координация – это позитивная очистка неисправностей от тока короткого замыкания на всех уровнях тока с помощью устройства защиты от токовой перегрузки немедленно на линейной стороне неисправности, и лишь этим устройством. «Неудобства очистки» ошибки устройствами защиты, находящимися ближе всего от причины неисправности, вызывают непреднамеренное нарушение работы непораженных ошибкой ответвлений в системе распределения, и могут вызвать запуск аварийной системы без какой-либо необходимости на это.

Отключение электроэнергии может быть вызвано внешними причинами, например, отключением электроснабжения внешней коммунальной сети, или внутренними неисправностями, когда система распределения здания, например, из-за короткого замыкания или перегрузки, что вызовет срабатывание устройства защиты от токовой перегрузки и размыкание цепи. Так как аварийные и резервные системы электропитания предназначены для поддержания работы выбранных критичных нагрузок, система распределения электроэнергии должна быть спроектирована так, чтобы в максимальной степени сохранить электроснабжение в случае какой-либо неисправности внутри системы. В связи с этим, система защиты от перегрузок по току должна координироваться выборочно.

Защита оборудования и проводников от перегрузок по току, что является частью аварийной или резервной систем электропитания, включая генератор на объекте пользователя, должна соответствовать действующим электротехническим нормам. Однако там, где системы аварийного питания обслуживают нагрузки, которые критичны с точки зрения безопасности людей, например, в больницах или высотных зданиях, где приоритет должен отдаваться поддержанию непрерывного электроснабжения, а не вопросам защиты аварийной системы.

Например, было бы целесообразнее иметь устройство сигнализации лишь в качестве индикации перегрузки или неисправности заземления, чем иметь разомкнутый автоматический выключатель, чтобы защитить оборудование, если в результате произойдет потеря аварийного питания на нагрузки, критичные для безопасности жизни.

Резистивное заземление может быть применено для системы, позволяющей продолжить работу при наличии ошибки заземления или для защиты генератора. Защита генератора используется в высоковольтных системах, чтобы ограничить влияние ошибки заземления на генератор переменного тока: от повышения напряжения и очень малой продолжительности теплового повреждения.

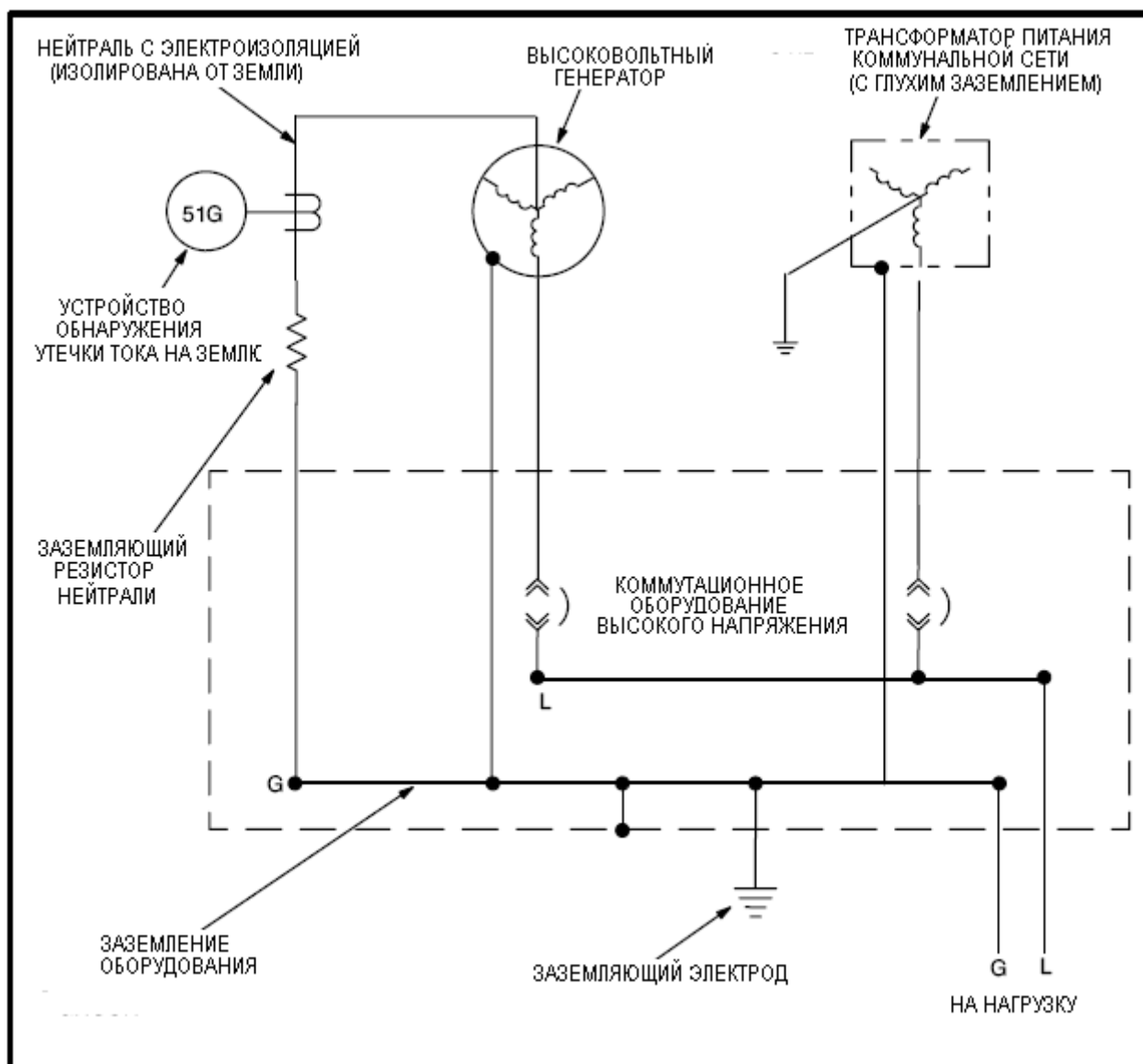


Рис.5-15. Типовая система заземления с низким сопротивлением для высоковольтной генераторной установки и оборудования переключения нагрузки

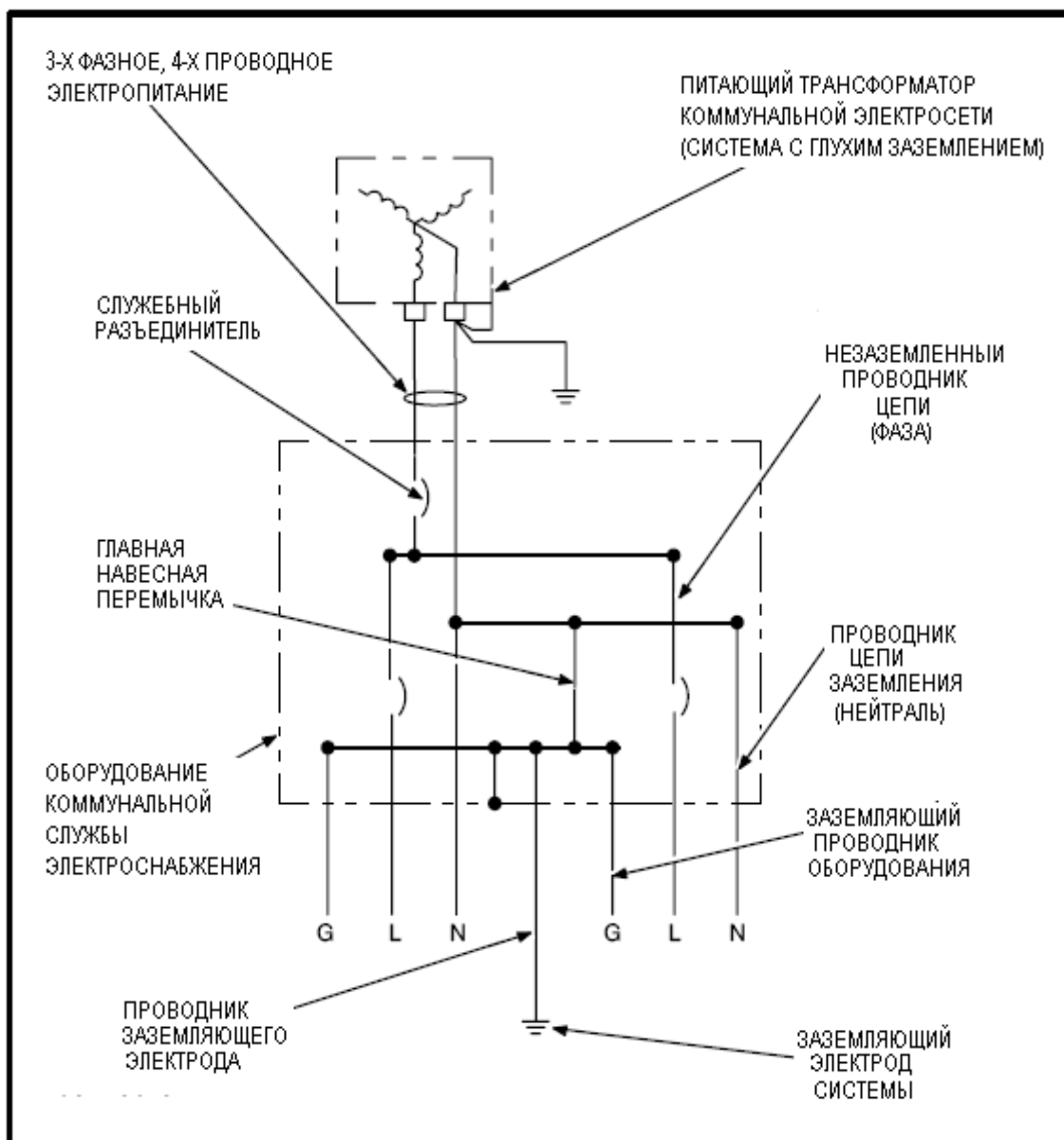


Рис. 5-16. Типовая система и заземляющие соединения оборудования на элементах внешней коммунальной электросети

В целях координации важное значение имеет ток короткого замыкания от генератора в первые несколько циклов. Этот ток не зависит от системы возбуждения и зависит исключительно от магнитных и электрических характеристик самого генератора. Максимальный, связанный 3-х фазный симметричный ток короткого замыкания (I_{sc}), имеющийся на выводных концах генератора, определяется следующей формулой:

$$I_{sc} \text{ P.U.} = \frac{1}{X''_d}$$

E_{ac} - это напряжение разомкнутой цепи, а X''_d - это сверхпереходное реактивное сопротивление генератора на единицу прямого угла. Типовые генераторные установки Cummins Power Generation будут выдавать свой номинальный ток от 8 до 12 раз (мгновенно) или 3 раза (выдерживающий) на связанном 3-х фазном коротком замыкании, независимо от используемой системы возбуждения. (Значение X''_d см. в справочном листке с ТУ генераторной установки и в листке с техническими характеристиками генератора переменного тока).

Реактивные сопротивления генератора публикуются из расчета на единицу для указанной базовой характеристики генератора переменного тока. Генераторные установки, однако, имеют разные базовые характеристики. В связи с этим, для преобразования реактивных сопротивлений на единицу из базы генератора переменного тока в базу генераторной установки используйте следующую формулу:

$$P.U.Z_{new} = P.U.Z_{given} \left(\frac{\text{base kV}_{given}}{\text{base kV}_{new}} \right)^2 \left(\frac{\text{base kVA}_{new}}{\text{base kVA}_{given}} \right)$$

Пример расчета: Найдем X''_d (сверхпереходное реактивное сопротивление генератора переменного тока) для изделия Cummins Power Generation – дизель-генераторной установки модели 230DFAB номинальной мощностью 230 кВт/288 кВА напряжением 277/480В переменного тока. См. Бюллетень S-1009a со справочными данными этой модели – характеристиками генератора переменного тока (ADS № 303). ADS № 303 указывает, что $X''_d = 0,13$ для генератора переменного тока в точке полной номинальной нагрузки со значением 335 кВт/419 кВА при напряжении 277/480В переменного тока (рост температуры 125°C). Подставим эти значения в предыдущее уравнение:

$$X''_{d(Genset)} = X''_{d(ADS)} \left(\frac{kV_{ADS}}{kV_{Genset}} \right)^2 \left(\frac{kVA_{Genset}}{kVA_{ADS}} \right)$$

$$X''_{d(Genset)} = 0,13 \left(\frac{0,48}{0,48} \right)^2 \left(\frac{288}{419} \right) = 0,089$$

Рекомендации по размещению оборудования

Рекомендуется выборочная координация, чтобы автоматы ввода резерва размещались на нагрузочной стороне устройства защиты от перегрузки по току ответвляющей цепи, где возможно на линейной стороне панели управления ответвляющей цепи. При размещении автомата ввода резерва на нагрузочной стороне устройства защиты от токовой перегрузки ответвляющей цепи неисправности на нагрузочной стороне автомата ввода резерва не приведут к выходу из строя неповрежденных ответвлений аварийной системы и переключению питания от генератора наряду с неисправным ответвлением.

Эта рекомендация согласуется с рекомендациями по общей надежности системы и физически размещать автоматы ввода резерва как можно ближе к нагрузочному оборудованию, а также разделять нагрузки аварийной системы на очень небольшие цепи, для чего на практике следует использовать несколько автоматов ввода резерва.

Вторая рекомендация заключается в использовании поддерживающего генератора (отдельного или с системой возбуждения на постоянном магните (PMG)), чтобы позитивно обесточивать автоматические выключатели в литом корпусе цепи ответвления. Поддерживающий генератор может дать преимущество в обесточивании автоматических выключателей в литом корпусе того же самого номинального тока, но с различными по времени токовыми характеристиками.

Защита генераторных установок от коротких замыканий и перегрузок по току

Выбор размера автоматического выключателя главной линии генератора

Один из 3-х рассматриваемых ниже подходов обычно следует отнести к выбору размера автоматического выключателя главной линии генератора:

Наиболее общий подход заключается в том, чтобы размер автоматического выключателя был равен или следующий по номинальному значению тока генератора при полной нагрузке. Например, автоматический выключатель мощностью 800А можно выбрать для генератора с номинальным током полной нагрузки 751 Ампер. Преимущества такого подхода – это стоимость; кабели и распределительная панель или автомат ввода резерва могут быть взяты на номинальную мощность 800 ампер. Если автоматический выключатель стандартно нормирован (80% непрерывной нагрузки), то он может автоматически отключаться на уровнях ниже номинального тока генератора при полной нагрузке. Однако маловероятно, что генераторная установка будет работать близко или на полной активной нагрузке, а номинальный коэффициент мощности будет достаточно долгим, чтобы фактически используемый выключатель сработал. Чтобы непрерывно выдерживать ток величиной 800А в качестве альтернативы можно использовать 800-амперный автоматический выключатель со 100% номинальным значением мощности.

Второй подход, использующий стандартные автоматические выключатели (80% в непрерывном режиме), заключается в применении автоматического выключателя большего размера, который в 1,25 раза превышает ток генератора при полной нагрузке. Например, 1000-амперный автоматический выключатель можно выбрать для генератора с номинальным током полной нагрузки 751 ампер ($751 \text{ ампер} \times 1,25 = 939 \text{ ампер}$, т.е. следующий по размеру стандартный выключатель с номинальным током, равным 1000 ампер.). Выбранный таким образом выключатель не должен срабатывать при полной активной нагрузке и номинальном коэффициенте мощности (т.е. номинальной мощности в кВА). Недостаток такого подхода заключается в том, что кабели и распределительная панель или автомат ввода резерва должны быть взяты по мощности не менее 1000 ампер.

Существует и третий подход, цель которого применить автоматический выключатель в результате проектируемых расчетов для фидера и его устройства защиты от перегрузок по току, признавая тем самым, что главная цель автоматического выключателя – это защита фидерных проводников. Допустимая токовая нагрузка в амперах и параметры устройства защиты от токовых перегрузок рассчитываются как сумма нагрузочных токов ответвляющих цепей, умноженная на любые применимые коэффициенты заявочной потребности на электроэнергию (DF), которые разрешаются действующими электротехническими нормами. Без допущения на будущие возможности по мощности, минимально требуемая допустимая токовая нагрузка фидера в амперах для применения типовой генераторной установки, где задействованы различные нагрузки, включая нагрузки электродвигателей, должна равняться или превышать:

- 1,25 x ток непрерывной нагрузки без учета электродвигателей, плюс
- 1,00 x DF (коэффициент заявочной потребности на электроэнергию) x ток повторно-переменной нагрузки без учета электродвигателей, плюс
- 1,25 x ток полной нагрузки самого крупного электродвигателя, плюс
- 1,00 x сумма токов полной нагрузки всех остальных электродвигателей.

Добавим размерные параметры генераторных установок для трансформаторов.

Поскольку размер генераторной установки характеризуется как для пусковой (пиковой), так и рабочей нагрузки, поэтому размер установки также может включать в себя и такой параметр, как будущие потенциальные возможности, и ток полной нагрузки генераторной установки может быть больше, чем расчетный допустимый ток фидерных проводников генератора и автоматического выключателя. Если это именно такой случай, то подумайте об увеличении как допустимого тока питающего проводника, так и номинального значения тока автоматического выключателя с таким расчетом, чтобы выключатель не срабатывал при полном токе, указанном на паспортной табличке генератора. Это также обеспечит будущие мощностные показатели для дополнительных ответвительных цепей.

***ПРИМЕЧАНИЕ:** Допустимый ток фидерного проводника регулируется и определяется установленными нормами, например, нормами NFPA в США или CSA в Канаде. Хотя этот ток основывается на мощности генератора и автоматического выключателя, но также следует учитывать и другие важные факторы. Для выбора правильного сечения фидера наведите справки о действующих на этот счет нормах.*

***ПРИМЕЧАНИЕ:** Продолжительное испытание с полной нагрузкой может привести к срабатыванию автоматического выключателя главной линии при номинальном токе полной нагрузки генераторной установки или ниже этого значения.*

Генераторные установки как источники тока

Когда энергия для аварийной системы идет от генераторной установки, то необходимо обеспечить автоматические выключатели ответвительных цепей (обычно это тип выключателей в литом корпусе) с высокой вероятностью срабатывания независимо от типа неисправности, который может произойти в ответвляющей цепи.

Когда генераторная установка подвергается короткому замыканию между фазой и землей, то она продолжит подавать питание при токе в несколько раз больше номинального, независимо от типа системы возбуждения. В общем виде, это приведет к срабатыванию магнитного элемента автоматического выключателя ответвительной цепи и разомкнет цепь короткого замыкания. При использовании генераторной установки с самовозбуждением могут быть случаи 3-х фазных неисправностей и некоторые короткие замыкания между фазами, где выходной ток генератора будет первоначально расти до значения примерно в 10 раз выше номинального тока, а затем быстро снижаться до значения, которое намного ниже номинального тока в течение нескольких колебательных периодов.

При применении генераторной установки с системой возбуждения на постоянном магните, первоначальные токи короткого замыкания будут такими же, но ток спадает не сразу, а постепенно, со значением, которое колеблется от 3 раз номинального тока для 3-х фазного тока короткого замыкания, до примерно 7,5 раз номинального тока короткого замыкания между фазой и землей.

Спад в токе короткого замыкания для генератора с системой самовозбуждения требует, чтобы автоматические выключатели ответвительных цепей сработали и разомкнули свои контакты через 0,025 секунд, в течение которого действует максимальный ток. Автоматический выключатель ответвительной цепи, который не срабатывает и не снимает ошибку короткого замыкания, может привести к выходу из строя генератора с самовозбуждением, прерывая подачу питания на ненарушенные коротким замыканием ответвительные цепи аварийной системы. Генератор на постоянном магните (PMG), выдерживающий ток короткого замыкания, не выйдет из строя, т.е. имеет преимущество обеспечить питанием потребителя в течение нескольких секунд током, который примерно в 3 раза выше номинального значения, и который будет достаточен для отключения автоматических выключателей ответвительных цепей.

Используя номинальные значения тока полной нагрузки генераторной установки и автоматического выключателя ответвительной цепи, следующий способ определяет, будет ли срабатывать автоматический выключатель ответвительной цепи на 3-х фазное или межфазное симметричное короткое замыкание. Этот способ определяет только то, что если срабатывание возможно при условиях короткого замыкания с имеющимся током короткого замыкания, и не гарантирует срабатывание для всех других значений тока короткого замыкания (например, в дуговом коротком замыкании, где импеданс короткого замыкания высокий).

Так как большинство таблиц с данными автоматических выключателей выражают ток в % от номинального значения выключателя, то имеющийся ток короткого замыкания должен быть преобразован в % от номинальной мощности выключателя. Используйте эту формулу для определения имеющегося тока короткого замыкания как % от номинального значения автоматического выключателя для генератора переменного тока, способного первоначально отдавать ток в 10 раз больше по значению, чем номинальный ток ($X''_d = 0,10$), игнорируя импеданс цепи между генератором и автоматическим выключателем.

$$\text{Ток КЗ в \% от номинала автом. выключателя} = \left(\frac{10 \cdot \text{Номинал ток генератора в А}}{\text{Номинал ток автом. выкл.}} \right) \cdot 100\%$$

Рассмотрим действие тока короткого замыкания на автоматический выключатель мощностью 100 ампер в ответвительной цепи, когда питание идет от генераторной установки, имеющей номинальный ток в 347 ампер. В этом примере ток короткого замыкания, появляющийся в первые 0,025 секунд, независимо от системы возбуждения, будет:

$$\text{Ток КЗ в \% от номинала автом. выключателя} = \left(\frac{10 \cdot 347}{100} \right) \cdot 100\% = 3470\%$$

Если генератор переменного тока того типа, который может выдержать ток в 3 раза больший по значению, чем номинальный, то для определения примерного значения установившегося тока в % от номинала автоматического выключателя используйте следующую формулу:

$$\text{Установившийся ток в \% от номинала автом. выключателя} = \left(\frac{3 \cdot 347}{100} \right) \cdot 100\% = 1040\%$$

Рис.5-18 и Рис.5-19 показывают результаты с двумя 100-амперными термомагнитными автоматическими выключателями в литом корпусе, имеющие различные характеристики срабатывания, "А" и "В." При характеристике срабатывания типа "А" (**Рис.5-18**), начальный ток короткого замыкания 3470% будет воздействовать на срабатывание автоматического выключателя в течение 0,025 секунд. При характеристике срабатывания типа "В" (**Рис.5-19**), выключатель не может первоначально сработать при имеющемся токе 3470%, но он срабатывает примерно через 3 секунды, если ток короткого замыкания удерживается на значении 1040% от номинала выключателя (т.е. при 3-х кратном номинале генератора). Вывод здесь таков, что генератор на постоянном магните (PMG) дает преимущество в обеспечении достаточного тока короткого замыкания, чтобы отключить автоматические выключатели ответвительных цепей.

Область применения генератора, его система возбуждения и рабочее напряжение будут определять степень защиты от перегрузок, обеспечиваемых для генераторов, и используемых защитных устройств.

ПРИМЕЧАНИЕ: Следующая тема для обсуждения относится для одиночных установок мощностью от 2000 кВт и ниже. Требования по защите нескольких установок, работающих в параллель, см. в издании T-016 Cummins Power Generation, Параллельная работа и коммутационная аппаратура для параллельной работы.

Кривые затухания генератора

В целях координации защитных мер и для определения магнитных и механических напряжений на компоненты электрической системы необходимо знать имеющийся ток к.з. в течение первых нескольких периодов колебаний от генераторной установки. Кривая затухания генератора отображает ток к.з. в течение сверхпереходного периода, переходного периода и периода установившегося состояния. Типовая кривая затухания генератора показана ниже на **Рис.5-17**.

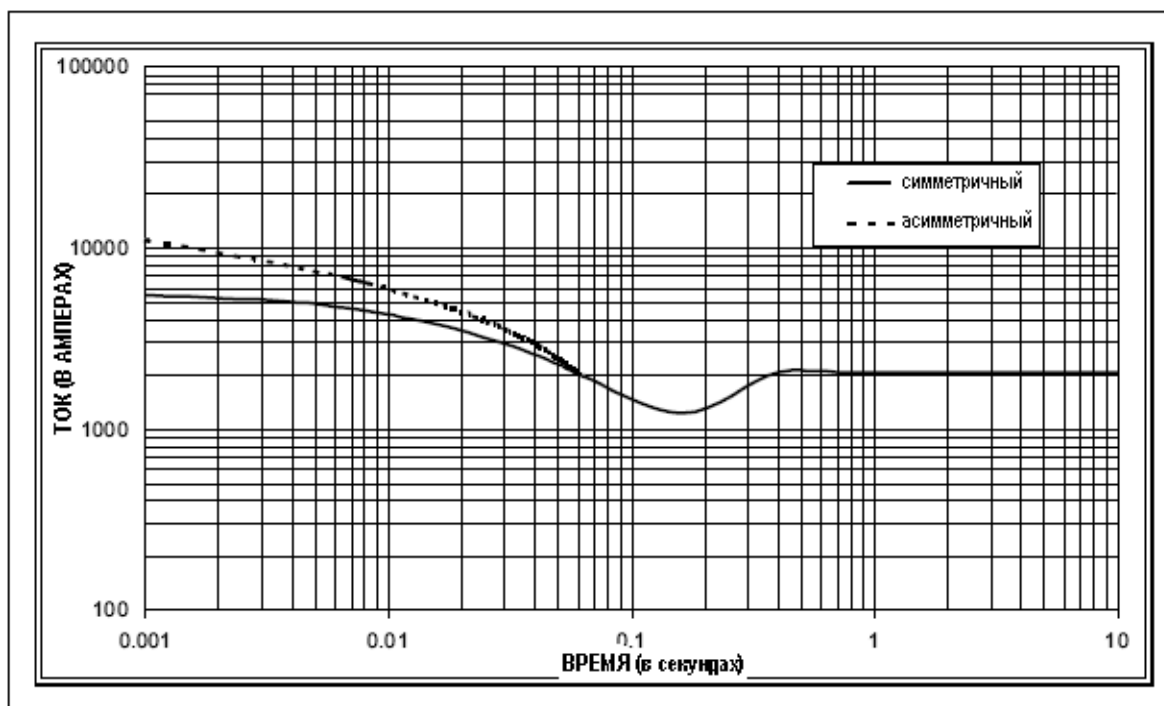


Рис.5-17 Кривая затухания генератора

Когда в генераторе предусмотрено независимое возбуждение (например, в генераторах на постоянном магните (PMG), то установившийся ток к.з. будет идти до тех пор, пока в течение примерно 8-10 секунд не сработает встроенное в систему защитное устройство. Для машин с самовозбуждением исходное затухание тока продолжается без показанного выше процесса восстановления и будет стремиться к очень малому значению примерно через 1 секунду.

Там, где предусмотрено управление энергоустановок с помощью системы Cummins PCC (PowerCommand Control), где используется программа AmpSentry™, то установившийся ток к.з. будет ограничиваться системой управления возбуждением до уровня примерно в 3 раза превышающего номинальный ток при полной нагрузке как симметричных, так и для асимметричных случаев. В тех установках, где не используется система PCC с AmpSentry™, важно, чтобы было смонтировано какое-то независимое устройство защиты, например, автоматический выключатель, который ограничивает ток и его продолжительность до значений, которые находятся в пределах кривой теплового повреждения генератора переменного тока (см. ниже), особенно при неисправностях между фазами (L-L) и фазой и нейтралью (L-N). Это может потребовать установки дополнительного защитного устройства, например, от короткого замыкания на землю.

Коэффициенты для различных номинальных напряжений и частоты 50 Гц и 60 Гц указаны в справочном листке ТУ наряду с коэффициентами, отражающими симметричные, 2-х фазные и однофазные случаи при асимметрии колебаний. Эти множители приведены ниже в **Таблице 5-2** и их следует использовать для корректировки значений от кривых между 0,001 секундами и точкой минимального тока по отношению к номинальному рабочему напряжению.

Напряжение	Коэффициент
380	x 1,00
400	x 1,03
415	x 1,05
440	x 1,07

Таблица 5-2 Коэффициенты (множители) для точки минимального тока

ПРИМЕЧАНИЕ: Значение установившегося тока постоянно в Таблице 5-2, независимо от уровня напряжения.

Множители, приведенные в Таблице 5-3, следует использовать для преобразования значений, рассчитанных в соответствии с Таблицей 5-2 к тем, которые применимы в различных типах короткозамкнутых цепей.

	3 фазы	2 фазы (L-L)	1 фаза (L-N)
Мгновенный	x 1,0	x 0,87	x 1,3
Минимальный	x 1,0	x 1,80	x 0,87
Установившийся	x 1,0	x 1,50	x 0,87
Макс.продолжительность установившегося тока	10 секунд	5 секунд	2 секунды

Таблица 5-3 Коэффициенты для типов короткозамкнутых цепей

ПРИМЕЧАНИЕ: Все показатели времени, отличающиеся от тех, что приведены в Таблице 5-3, неизменны.

Защита генераторов от перегрузок

Для низкого напряжения (от 600 вольт и ниже) установки аварийного и резервного питания, где обслуживаются критичные нагрузки, а генераторная установка работает сравнительно небольшое количество часов в год, необходимо соблюдать действующие минимальные электротехнические требования и нормы по защите. Помимо этого, выделенный для таких целей инженер должен взвесить все «за» и «против» между вопросами по защите оборудования с одной стороны, и непрерывного обеспечения питанием критичных нагрузок. Он также может принять решение об увеличении степени защиты оборудования по сравнению с минимальным уровнем.

На низковольтных установках основного или бесперебойного электроснабжения потеря питания, которое происходит из-за срабатывания защитных устройств, может быть и простительной, поэтому здесь был бы уместен более высокий уровень защиты оборудования.

Защитная зона

Зона защиты для генераторов включает в себя сам генератор и провода, идущие от выводных наконечников генератора к первому устройству защиты от перегрузок по току; устройству защиты по току основной линии (если используется), или шине устройства защиты от токовых перегрузок фидера. Защита от перегрузок по току достигается путем сравнения кривой теплового повреждения генератора переменного тока со срабатыванием или операционной кривой защитного устройства. Защита от токовых перегрузок для генератора должна иметь средство защиты от короткозамкнутых цепей в любой части этой зоны.

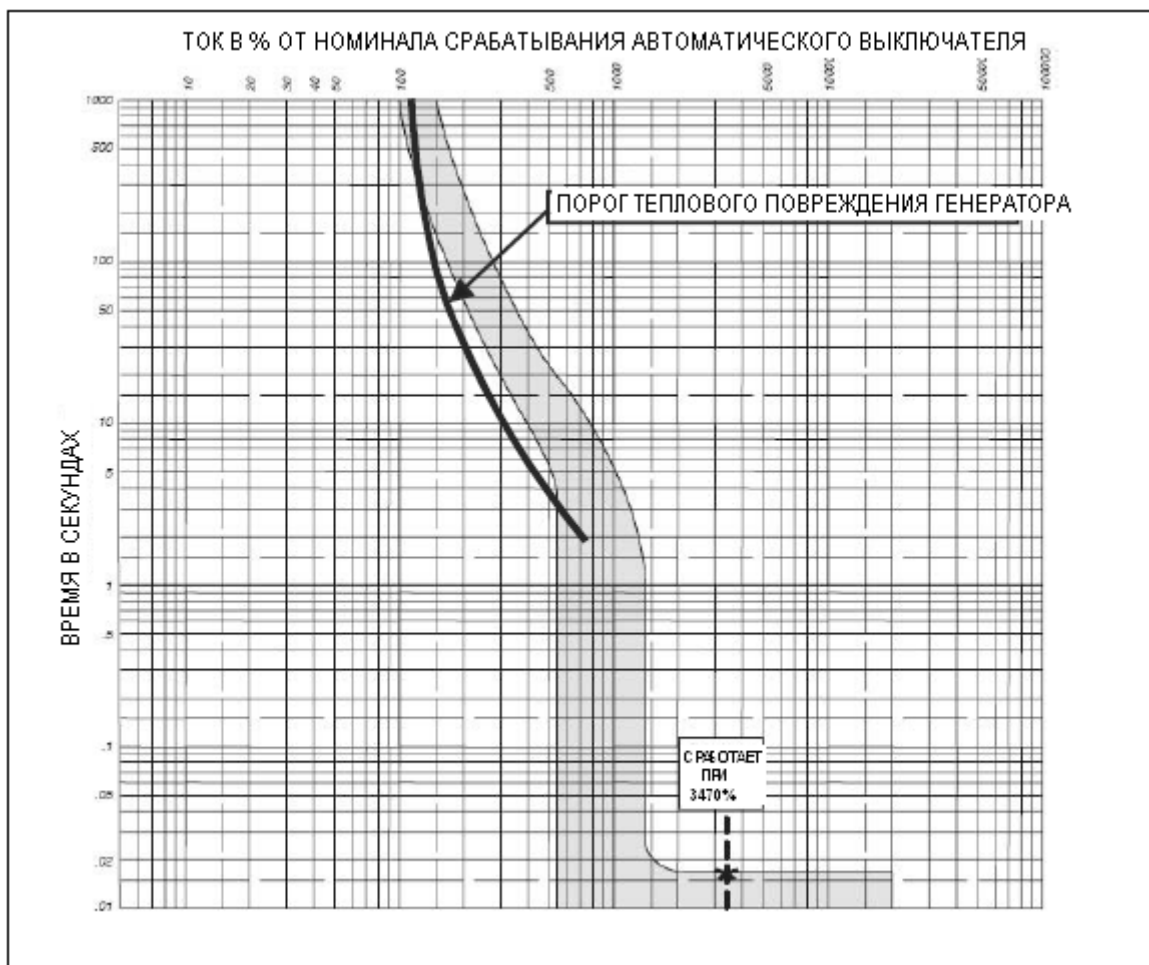


Рис. 5-18. Действие короткого замыкания на 100-амперный выключатель с характеристикой срабатывания типа "А"

На выходной стороне питающей шины применяется стандартная практика по защите от перегрузок по току проводников и оборудования. Соотношение между номинальным током генератора и номиналом устройства защиты на выходе, умноженное на имеющийся ток короткозамкнутой цепи от генератора в течение первых нескольких периодов колебаний, должно быть достаточным для срабатывания этих устройств за 1 - 2 периода колебаний.

Аварийные и резервные системы питания на 600В и ниже

Минимальная защита генератора от перегрузок, требуемая действующими электротехническими нормами, рекомендована для применения на установках аварийного и резервного питания напряжением 600В и ниже. На деле это означает, что генератор должен быть снабжен устройствами защиты от перегрузок по току в фазах, например, плавкими предохранителями или автоматическими выключателями, либо защищен такими программируемыми средствами, как *PowerCommand AmpSentry™*. Для некоторых применений электротехнические нормы могут также требовать индикации коротких замыканий на землю.

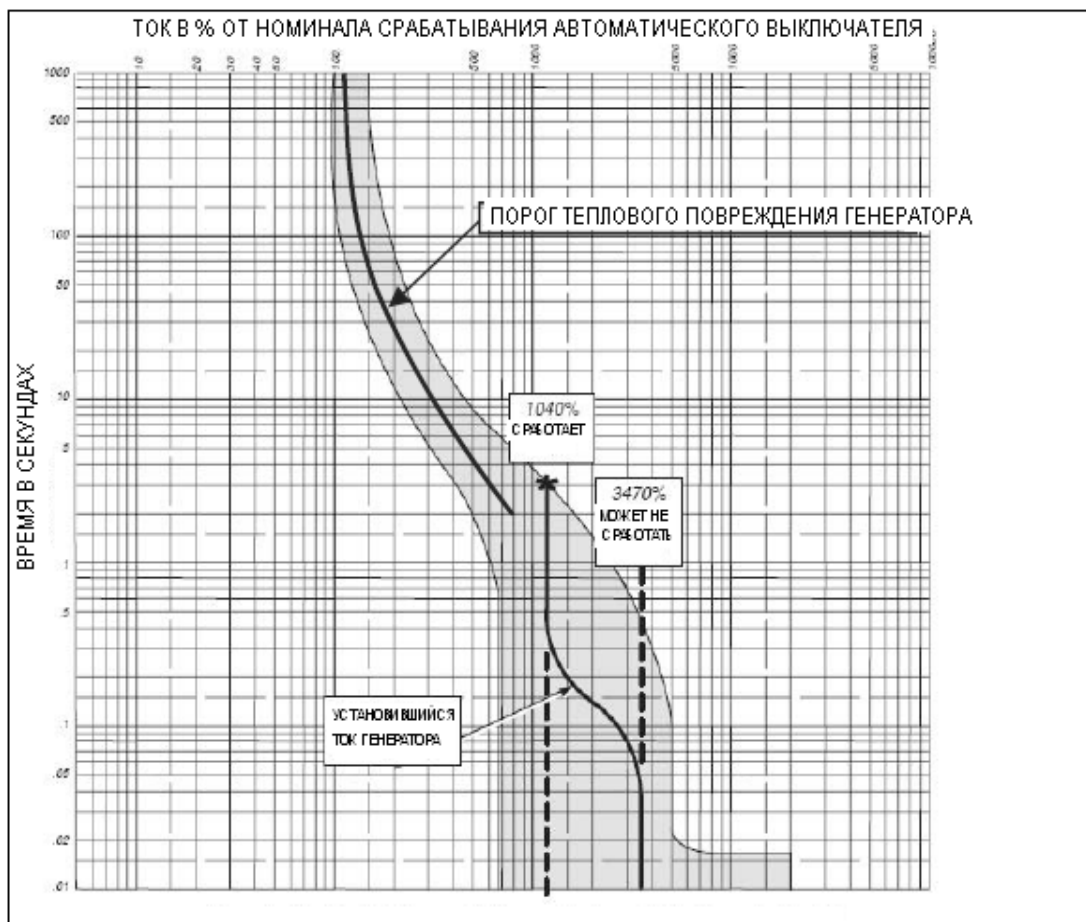


Рис. 5-19. Действие короткого замыкания на 100-амперный автоматический выключатель с характеристикой срабатывания типа «B»

Автоматический выключатель генератора

Общепринятая практика на генераторах, не снабженных специально встроенной системы защиты от перегрузок по току, заключается в применении автоматических выключателей в литом корпусе (МССВ), либо термоманитного типа или на твердотельных элементах и соответствующего размера по мощности для защиты питающих проводников генератора, чтобы удовлетворить требования электротехнических норм по защите генератора от токовых перегрузок. Однако типовой термоманитный автоматический выключатель соответствующего размера, способный выдерживать номинальный ток генератора, не гарантирует эффективной защиты генератора. В общем виде, если автоматические выключатели используются для защиты генератора, то в этом случае потребуется применение автоматического выключателя на твердотельных элементах с возможностью полной регулировки по времени (длительное, короткое и мгновенное (LSI), чтобы координировать кривую защиты выключателя в пределах кривой тепловой способности генератора. Там, где генератор защищен заложенными в конструкцию средствами защиты, например, генераторы с системой *PowerCommand Amp Sentry™*, то здесь для защиты генератора от перегрузок по току нет необходимости использовать автоматический выключатель главной линии.

Защитные свойства конструкции, уравновешенные короткие замыкания

Генератор с (параллельным) самовозбуждением можно считать защищенным по типу конструкции, поскольку он не способен достаточно долго выдерживать ток короткозамкнутой цепи в уравновешенных 3-х фазных коротких замыканиях, ведущих к серьезному повреждению, которое может произойти с генератором. Учитывая необходимость высокой надежности питания критичных нагрузок, применение систем с параллельным возбуждением иногда считается достаточным, чтобы удовлетворить минимальным требованиям по защите генератора, предусмотренные электротехническими нормами за счет конструктивных свойств генератора и снимают вопрос о необходимости установки устройств для защиты от токовых перегрузок (т.е. плавких предохранителей или автоматических выключателей).

Генератор с системой возбуждения на постоянном магните (PMG), но без командной системы управления электропитанием *PowerCommand*, способен выдерживать ток короткого замыкания в цепи с неуравновешенным или уравновешенным током короткого замыкания. Если устройства защиты от перегрузок по току, находящиеся от генератора по ходу линии питания, не сумеют снять уравновешенный 3-х фазный ток короткого замыкания, то система возбуждения на постоянном магните имеет функцию отключения от перевозбуждения, которая будет служить в качестве «средства поддержки». Эта функция защиты от перевозбуждения заблокирует регулятор напряжения примерно через 8-10 секунд. Эта защитная функция удобна только от коротких замыканий в 3-х фазной цепи, однако не защитит генератор от повреждения из-за коротких замыканий в однофазной цепи.

Существуют и другие причины, чтобы рассмотреть использование автоматического выключателя, включая защиту питающих проводников генератора, а также применять какое-то размыкающее средство. Чтобы улучшить общую надежность системы такое размыкающее средство может быть выполнено в виде выключателя в литом корпусе или иное неавтоматическое средство отключения.

Органы управления системой *PowerCommand* и *AmpSentry*[™]

Система *PowerCommand* использует микроконтроллер (микропроцессор) с датчиками 3-х фазного тока, которые непрерывно контролируют ток в каждой фазе. В случае возникновения короткого замыкания в однофазной или 3-х фазной цепи, ток регулируется приблизительно до 300% от номинального значения генератора. Микроконтроллер интегрирует ток в зависимости от времени, и сравнивает результат с хранящейся в памяти системы кривой теплового повреждения генератора. Перед приближением к кривой повреждения микропроцессор защищает генератор путем отключения возбуждения и остановки двигателя. **Рис.5-20** показывает кривую¹ защиты системы *Amp Sentry*, как средство, используемое в целях защиты и координационных исследований. Кривая теплового повреждения генератора переменного тока показана на правой стороне защитной кривой *Amp Sentry*. Ток перегрузки в 110% от номинального тока за 60 секунд приведет к появлению сигнализации о перегрузке и срабатыванию контактов по снижению нагрузки. Перегрузка свыше 110% вызовет защитную реакцию системы в момент времени, определяемый обратным порядком времени защитной кривой. Такое управление обеспечит защиту генератора во всем диапазоне времени и тока от мгновенного короткого замыкания как в однофазной, так в 3-х фазной цепях, до перегрузок продолжительностью до нескольких минут. С точки зрения выборочной координации, одним из важных преимуществ системы *Amp Sentry* по сравнению с главным автоматическим выключателем является то, что *Amp Sentry* имеет заложенную программой задержку примерно в 0,6 секунд для всех токов короткого замыкания свыше 4 на единицу. Эта задержка позволяет мгновенно среагировать автоматическим выключателям, находящимся по ходу линии питания, чтобы снять такие отказы без отключения от линии генератора, обеспечивая тем самым выборочную координацию с первым уровнем автоматических выключателей, стоящих от генератора далее в линии питания.

Индикация и защита от короткого замыкания на землю

В Америке электротехнические нормы требуют индикации короткого замыкания на землю для источников аварийного и резервного питания (в целях безопасности для жизни людей) от генераторов, которые имеют глухое заземление, работая с потенциалом свыше 150В на землю, и с основными устройствами защиты от перегрузок по току, рассчитанными на 1000 ампер или выше, хотя требуется, чтобы дополнительные вспомогательные машины резервного питания срабатывали при наличии короткого замыкания на землю. Если требуется, то стандартная практика для установок аварийного применения должна иметь лишь индикацию при замыкании на землю в виде фиксирующей защелки, а не приводить к срабатыванию автоматического выключателя. Хотя защита от короткого замыкания на землю оборудования, которое размыкает главный автоматический выключатель генератора, может и применяться, но это не требуется нормативными требованиями и не рекомендуется на генераторах аварийного питания (в целях безопасности жизни людей).

Правильная работа датчиков короткого замыкания на землю на генераторных установках обычно требует, чтобы генератор был выведен отдельно и использовал 4-х полюсный автомат ввода резерва (с переключаемым нейтральным проводом)².

¹ Кривую защиты системы *Power Command Amp Sentry* можно получить у представителей *Cummins Power Generation*; форма заказа R-1053.

² См. издание *Cummins Power Generation T-016*, Параллельная работа и коммутационные устройства для параллельной работы.

Источники основного и непрерываемого питания от 600В и ниже

Защита генератора от токовых перегрузок, требуемая электротехническими нормами на Североамериканском континенте, рекомендуется для источников основного и непрерываемого питания напряжением от 600В и ниже. Обычно это означает, чтобы на генераторе были предусмотрены устройства защиты от перегрузок по току в фазах, например, плавкие предохранители или автоматические выключатели, либо имели защиту, предусмотренную специальными средствами конструкции.

Изделия, оснащенные командной системой управления электропитанием *PowerCommand* с *AmpSentry™*, обеспечивает такую защиту. Если желательно иметь более высокий уровень защиты, то система *PowerCommand* также предусматривает следующие средства защиты во всех фазах:

- от короткого замыкания
- от избыточного напряжения
- от недостаточного напряжения
- от потери поля возбуждения
- от реверсивной мощности.

Как уже говорилось ранее, система управления *PowerCommand* с *AmpSentry™* обеспечивает защиту от перегрузок по току и потери поля возбуждения, которые присущи этой системе управления, заложенной в конструкцию изделия..

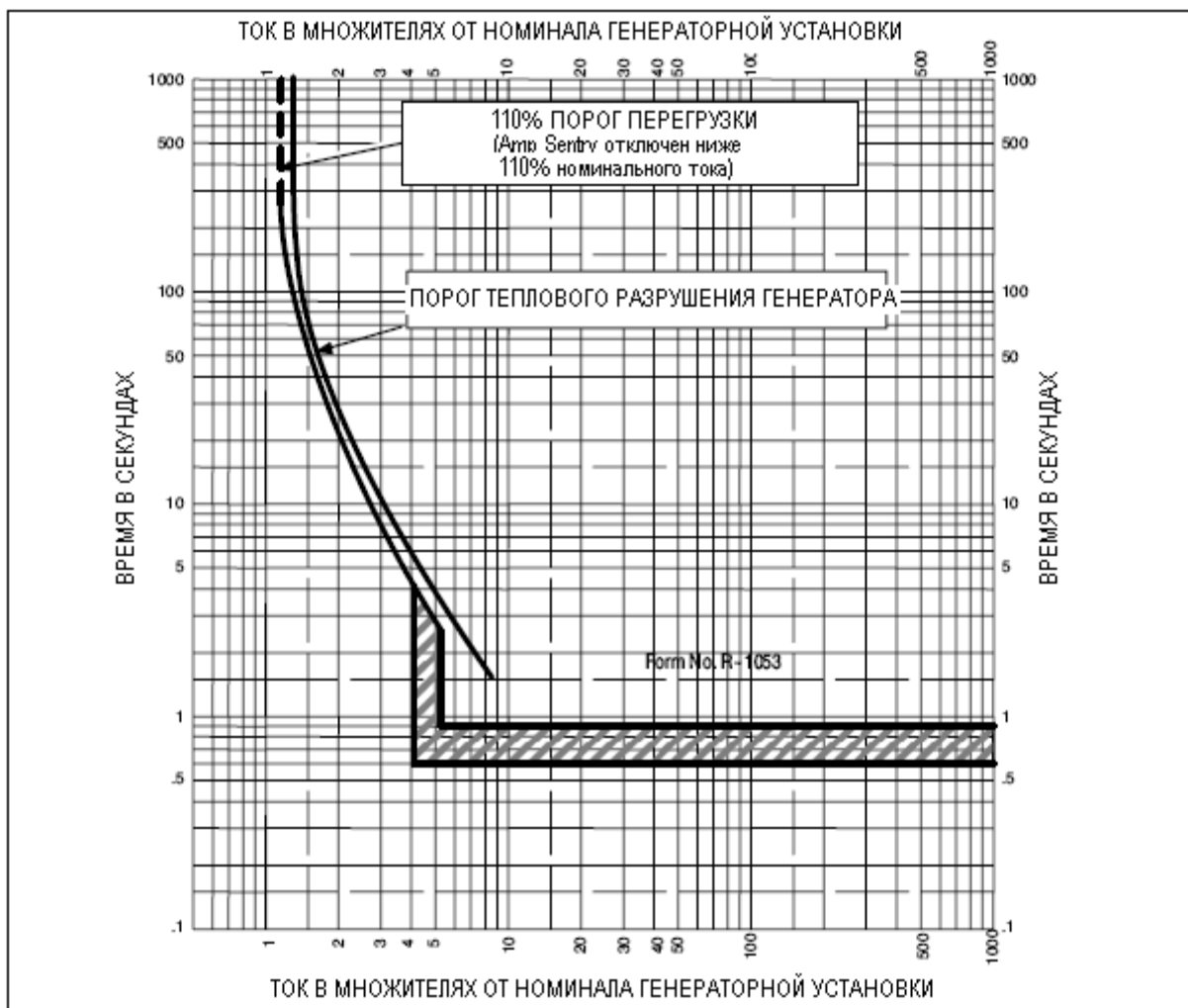


Рис.5-20. Характеристическая кривая временной зависимости от тока системы управления *PowerCommand®* с *AmpSentry™* + кривая повреждения генератора (Примечание: Эта кривая применима ко всем генераторным установкам, оснащенным системой управления Cummins *PowerCommand®*).

Высоковольтные системы, все применения

В высоковольтных системах (от 601В до 15 кВ) стандартная практика по обеспечению генератора защитой не будет в принципе служить компромиссом по надежности источника питания, поскольку селективность устройств защиты достижима. Стоимость вложений в оборудование также обеспечит более высокий уровень защищенности. Минимальные основные средства защиты включают в себя (см. **Рис.5-21**):

- Устройство резервной поддержки обнаружения 3-х фазной токовой перегрузки (51V).
- Одно реле резервной поддержки токовой перегрузки на землю (51G)
- Устройство обнаружения пропадания возбуждения (40)
- Устройство по обнаружению 3-х фазной мгновенной перегрузки по току для дифференциальной защиты (87).

ПРИМЕЧАНИЕ: См. стандарт ANSI/IEEE № 242 по дополнительной информации о защите этих генераторов от перегрузок по току.

Примечание: Высоковольтные электроагрегаты для аварийного и резервного питания имеют те же самые требования по защите, как и низковольтные установки. Им требуется защита от тепловых перегрузок, и, возможно, защита при превышении напряжения, если только они не защищены системой AmpSentry™. Дифференциальная «защита» является наиболее удобной формой для установок основного питания, где желателен ремонт оборудования, а дифференциал используется для того, чтобы ограничить повреждение. Также следует указать на то, что местонахождение трансформатора тока, где происходит обнаружение токовой перегрузки, сильно влияет на эффективность защиты от токовых перегрузок, поскольку если это происходит при внутренних коротких замыканиях в генераторе переменного тока, соединенного по схеме «звезда», то также фиксируется системой защиты.

Защита высоковольтных генераторов от бросков напряжения.

Следует обратить внимание на защиту высоковольтных генераторов от бросков напряжения, вызванных ударами молнии на линиях распределения и при коммутационных процессах. Минимальная защита включает в себя:

- Разрядники на распределительных линиях
- Разрядники бросков напряжения на выводных концах генератора.
- Гасящие конденсаторы на выводных концах генератора
- Строгое соблюдение практики хорошего заземления.

Защита генераторов, работающих в параллель с внешней коммунальной электросетью

Помните о том, что там, где какая-либо генераторная система работает в параллель с централизованной коммунальной сетью, то обе эти системы работают совместно друг с другом, и любой инцидент во внешней коммунальной сети может также повлиять и на генераторы. Требования по защите параллельной работы сильно изменчивы из-за применения той или иной системы и характеристик объекта потребления энергии и системы распределения электроснабжения коммунальной сетью.

Генераторные установки, которые работают в параллель с коммунальной сетью, обычно обеспечиваются защитой от обратной мощности по отношению к сети (32) и потерей поля возбуждения (40). Выход из строя диода может быть восполнен, но не требуется статут.

Защита коммунальной сети обычно обеспечивается средствами защиты от повышенного и пониженного напряжения (59/27) и повышенной/пониженной защитой (81O/U). Во многих регионах также требуется оборудование для обнаружения «островного» состояния (условия) и отключения генераторных установок. Островное состояние происходит тогда, когда коммунальная электросеть перестает работать, а генераторная система подключена, и система защиты не «чувствует» такой отказ и отключает генераторную систему. В результате этого, генераторная система может запитать не только предназначенные ей нагрузки, но также систему распределения коммунальной сети и нагрузки других потребителей энергии. Это создает опасность для рабочих коммунальной электросети, может нарушить работу защитных устройств в системе распределения коммунальной сети, и, в конечном счете, привести к выходу из строя всей коммунальной сети и принадлежащее заказчикам оборудование.

Противоостровное оборудование изменяется в зависимости от характера применения, региона мира и местных норм и стандартов. Например, в Европе и других местах, противоостровное оборудование обычно включает в себя средства защиты от скорости изменения частоты (ROCOF) и сдвига вектора. Это оборудование может быть заявлено в спецификации, когда установка работает в параллель с внешней коммунальной сетью более 5 минут в месяц. В США требования варьируются очень значительно в зависимости от штата к штату. Оборудование ROCOF и сдвига вектора работают совместно путем анализа вращения вектора напряжения и обнаружения изменения – либо в частоте (Гц/сек) или в угле сдвига/сек. Другие методы защиты, как например, обратная мощность кВАр, и направленный ток, также могут использоваться. Подробную информацию по требованиям к соединениям см. в Руководстве T---016. Также полезной может быть информация в издании IEEE1547, Стандарты для соединения распределенных ресурсов электрогенерирующих систем. Проектно-конструкторские рекомендации G59/1 дают советы по соединениям встроенной генерирующей установке с системами распределения региональной компанией по электроснабжению (подключение встроенной генерирующей системы менее 20 кВ и менее чем 5мВА.)

ПРИМЕЧАНИЕ: Генераторы, которые работают в параллель с внешней коммунальной сетью короткие промежутки времени, часто не требуют включать защиту при потере сети. Однако риск повреждения, который может быть вызван в случае моментального пропадания энергии от внешней сети, должен быть правильно оценен с принятием соответствующего решения.

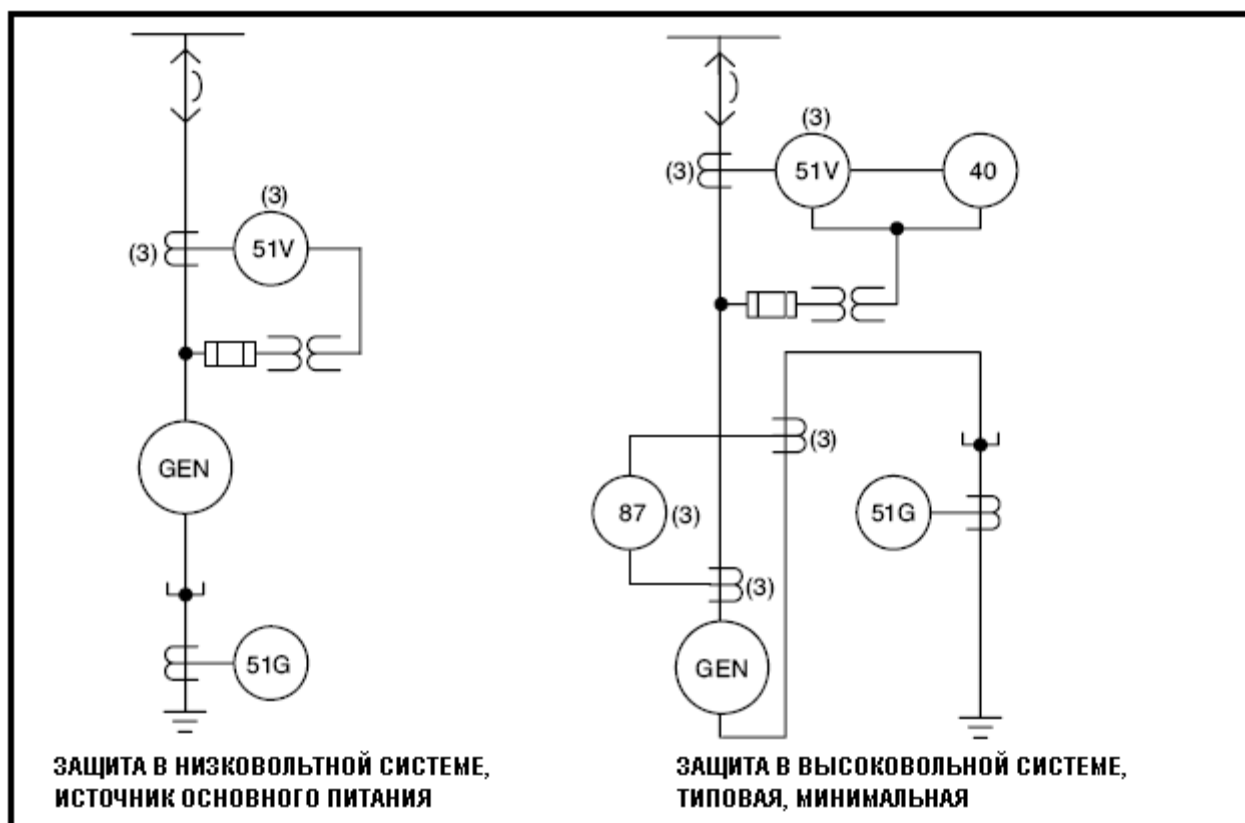


Рис. 5-21 Типовая схема защиты

Раздел 6.

Механическая конструкция

Our energy working for you™

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 6

6- МЕХАНИЧЕСКАЯ КОНСТРУКЦИЯ	6-4
Фундамент и система опор	6-4
Система опор генераторной установки и виброизоляция	6-4
Средства обеспечения фундамента	6-5
Напольная плита	6-5
Эстакада (цоколь)	6-5
Фундамент с виброизоляцией	6-5
Амортизаторы	6-7
Закладные амортизаторы	6-8
Пружинные амортизаторы	6-8
Воздушные амортизаторы	6-9
Стойкость к землетрясениям	6-10
Установка в сейсмоопасных районах	6-10
Снятие напряжений силовой проводки и проводки системы управления	6-10
Система выпуска	6-10
Общие указания по системе выпуска	6-10
Расчет системы выпуска	6-16
Пример расчета противодействия системы выпуска (Единицы США)	6-16
Охлаждение двигателя	6-22
Требования	6-22
Все системы	6-22
Все установки с теплообменником	6-22
Все установки системы охлаждения от других поставщиков	6-23
Рекомендации	6-25
Все установки с теплообменником	6-25
Все установки системы охлаждения от других поставщиков	6-25
Общий обзор	6-25
Типы систем охлаждения	6-26
Без добавочного охлаждения	6-26
Последовательное охлаждение в рубашке водяного охлаждения	6-26
Последовательное охлаждение с воздушным охлаждением от вентилятора	6-26
Системы охлаждения с 1 насосом и 2 контурами (1P2L)	6-27
Системы охлаждения с 2 насосами и 2 контурами (2P2L)	6-27
Системы охлаждения, поставляемые изготовителем ДГУ	6-28
Установка со смонтированным радиатором	6-28
Установка со смонтированным теплообменником	6-29
Расчеты.	6-30
Системы охлаждения, поставляемые от других поставщиков	6-31
Определение стратегии использования выносной системы охлаждения	6-31
Определение гидростатического напора на водяном насосе двигателя.	6-33
Определение внешних потерь напора от трения на водяном насосе двигателя	6-33
Общие требования для всех систем охлаждения, поставляемых другими поставщиками	6-35
Соединения и обвязка системы.	6-36
Вынесенный радиатор	6-37
Вынесенный теплообменник	6-39

Системы со сдвоенным теплообменником	6-39
Требования к деаэрационному баку	6-39
Допустимый дефицит ОЖ и расширение	6-42
Удаление воздуха из системы	6-42
Заполнение системы	6-43
Чистота системы	6-43
Охлаждение топлива	6-44
Соединения в системах охлаждения	6-44
Охлаждающая жидкость	6-44
Подогреватели охлаждающей жидкости (ОЖ)	6-45
Высота над уровнем моря и температура окружающей среды	6-46
Предельно допустимая температура окружающей среды (LAT)	6-48
Охлаждение генератора переменного тока	6-48
Загрязнение системы охлаждения	6-48
Удобство обслуживания	6-48
Мобильные применения	6-48
Охлаждение двигателя	6-49
Рadiator, смонтированный на подмоторной раме	6-49
Вынесенный радиатор	6-51
Система вынесенного радиатора деаэрационного типа	6-53
Вынесенный радиатор с вспомогательным водяным насосом	6-54
Вынесенный радиатор с колодцем для горячего конденсата	6-55
Многоконтурное охлаждение двигателя – вынесенные радиаторы	6-58
2 насоса – 2 контура	6-58
1 насос – 2 контура	6-58
Последовательное охлаждение с охлаждением от вентилятора	6-58
Рadiatorы для применения в качестве вынесенных радиаторов	6-58
Вынесенные радиаторы	6-58
Теплообменник, установленный на подмоторной раме	6-59
Системы со сдвоенным теплообменником	6-61
Применения с использованием стояка водяного охлаждения	6-62
Охлаждение топлива с помощью вынесенных радиаторов	6-62
Расчет проходного сечения трубопроводов системы охлаждения	6-63
Обработка охлаждающей жидкости	6-65
Вентиляция	6-66
Общий обзор	6-66
Требования	6-66
Рекомендации	6-67
Определение потребностей в воздухе	6-67
ЭТАП 1: Определение теплоотдачи в помещение от генераторной установки	6-67
ЭТАП 2: Определение теплоотдачи в помещение от глушителя и системы выпускных трубопроводов	6-68
ЭТАП 3: Определение теплоотдачи в помещение от других источников	6-70
ЭТАП 4: Расчет общей теплоотдачи в помещение от всех источников	6-70
ЭТАП 5: Определение максимально допустимого роста температуры в помещении	6-70
ЭТАП 6: Определение потребности в воздухе для сгорания	6-71
ЭТАП 7: Расчет общего расхода воздуха, требуемого для помещения с генераторной установкой	6-71
ЭТАП 8: Корректировка в расходе воздуха в зависимости от высоты	6-72
ЭТАП 9: Определение потребностей системы вентиляции от вспомогательного вентилятора	6-73

Требования к конструкции впускного и выпускного вентиляционных каналов помещения	6-74
Расчет эффективного воздушного потока на впуске и выпуске	6-74
Указания по конструкции впускного и выпускного каналов	6-75
Разрежение в помещении с генераторной установкой	6-75
Вентиляция картерных газов двигателя	6-76
Сопротивление воздушному потоку	6-76
Вентиляция нескольких генераторных установок	6-78
Работа жалюзи	6-78
Блокирующие стенки	6-80
Фильтрация воздушной вентиляции	6-81
Высота и температура окружающей среды	6-81
Проверка системы	6-81
Рост температуры в помещении	6-81
Ограничение подачи воздуха	6-81
Общие указания	6-82
Расчеты воздушного потока	6-85
Полевые испытания вентиляционных систем	6-86
Вентиляция радиатора, смонтированного на подмоторной раме	6-86
Применения вентилируемого теплообменника или выносного радиатора	6-89
Питание топливом	6-89
Питание дизельным топливом	6-89
Трубопроводы дизельного топлива	6-95
Подрамный топливный бак	6-96
Суточные баки	6-96
Питание газообразным топливом	6-98
Качество газообразного топлива	6-98
Теплосодержание	6-98
Сухой природный газ	6-99
Полевой газ	6-99
Пропан / сжиженный нефтяной газ (LPG)	6-99
Загрязняющие примеси	6-99
Анализ топлива	6-100
Конструкция топливной системы генераторной установки	6-101
Конструкция топливной системы на объекте эксплуатации	6-102
Расчеты системы питания газообразным топливом – Давление топлива	6-104
Размер бака	6-104
Размеры газовых трубопроводов	6-104
Снижение шума в применениях генераторных установок	6-110
Теоретические основы шума	6-110
Аддитивные звуковые уровни	6-111
Эффект расстояния	6-112
Шум генераторной установки	6-113
Снижение шума, передаваемого конструкцией	6-114
Снижение шума, создаваемого воздухом	6-114
Звукопоглощающие кожуха (навесы)	6-115
Характеристика работы глушителя системы выпуска	6-115
Конструкция помещения для оборудования	6-117
Общие положения	6-117
Установки на крыше зданий	6-117

6- МЕХАНИЧЕСКАЯ КОНСТРУКЦИЯ

Фундамент и система опор

Система опор генераторной установки и виброизоляция

Конструкция установки должна иметь надежный и прочный фундамент, на который опирается генераторная установка, а также не допускать механических повреждений или раздражающего уровня вибраций, передаваемых от установки на конструкцию здания. Кроме того, монтаж установки должен быть выполнен таким образом, чтобы опорная инфраструктура для генераторной установки не позволяла вибрации влиять на стационарные элементы оборудования.

Все компоненты, которые физически соединены с генераторной установкой, должны быть гибкими, чтобы поглощать перемещения от вибрации и не допускать повреждений. К узлам, которые требуют разобщения, относятся система выпуска двигателя, трубопроводы системы питания, силовые кабели питания переменным током, нагрузочные кабели, проводка системы управления (которую следует выполнять свитыми, а не жесткими проводами), сама генераторная установка (от опорных подкладок), а также вентиляционные воздушные каналы (для установок с радиаторами, смонтированными на подмоторной раме). См. **Рис.6–1**).

Пренебрежение вопросами разобщения этих механических и электрических соединительных точек может привести к поломкам или повреждению здания или генераторной установки из-за воздействия вибрации, и вывести из строя эксплуатируемую генераторную установку.

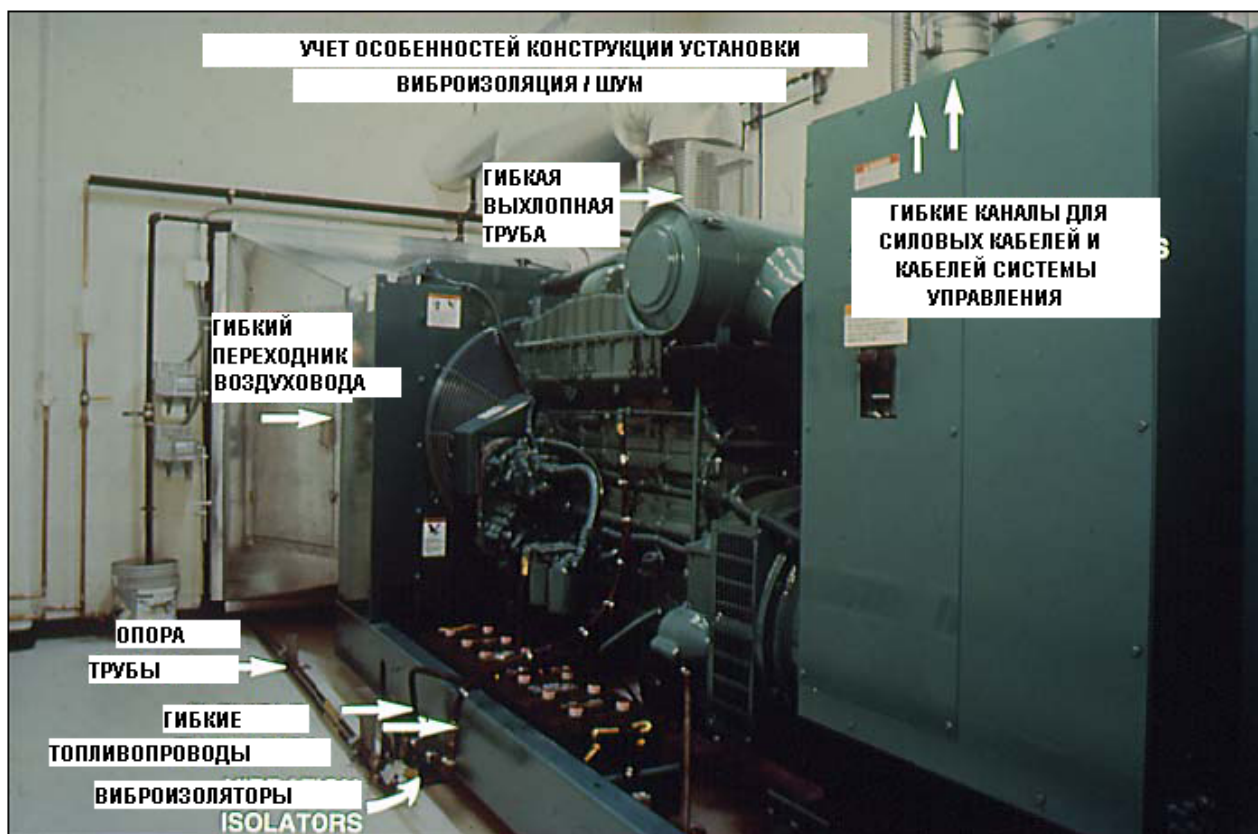


Рис. 6–1. Система мер по борьбе с вибрацией для типовой генераторной установки

Приводной двигатель генераторной установки, генератор переменного тока, а также другое смонтированное оборудование обычно покоятся на сборочной подмоторной опорной раме. Эта рама представляет собой жесткую конструкцию, которая обеспечивает как структурную целостность, так и определенную степень виброизоляции. Фундамент, пол или крыша должны обладать способностью удерживать вес собранной генераторной установки и ее вспомогательных узлов и агрегатов (например, подрамного топливного бака), а также не допускать динамических нагрузок и воспрепятствовать передаче шума и вибрации. Помните об областях применения, где виброизоляция является важным фактором и где собранный в единое целое вес установки может включать в себя и массивный опорный фундамент (См. далее - Фундамент и средства его обеспечения.)

Физический размер, вес и опорная конфигурация значительно отличаются друг от друга у разных изготовителей, в том числе от различных размеров оборудования. Ознакомьтесь с инструкциями изготовителя по монтажу установки при использовании конкретной модели с подробной информацией о весе и установочных размерах.¹

Фундамент и средства его обеспечения

Панельный бетонный настил

Для многих применений генераторных установок нет необходимости делать массивный фундамент. Генераторные установки с интегрированными виброизоляторами могут снижать передаваемую вибрацию на 60-80%, а применение стальных пружинных амортизаторов между генераторной установкой и бетонным настилом может дать даже больший амортизационный эффект, превышающий 95%. (описание виброизоляторов см. далее в данном разделе). Если вибрация передается на здание, то это не является причиной для беспокойства, т.к. главная проблема здесь состоит в правильной компоновке всей установки прежде всего в том, чтобы ее вес имел надежную опору, а также в обеспечении удобного подхода к генераторной установке для обслуживания. Панельный бетонный настил должен быть залит поверх бетонного пола, чтобы приподнять генераторную установку на некоторую высоту, создавая условия для удобного обслуживания и облегчения визуального осмотра установки со всех сторон.

- Опорная бетонная панель должна быть выполнена в виде железобетонной конструкции с 28-дневным периодом выдержки для создания необходимого предела прочности при сжатии величиной не менее 17200 кПа;
- Толщина (глубина) такой бетонной панели должна быть не менее 150 мм и выходить за условные границы ползковой опорной рамы на 150 мм со всех сторон.

См. чертежи изготовителя генераторной установки с физическим местоположением топливных линий, прокладкой каналов для силовых кабелей и кабелей управления, а также других интерфейсов, которые планируются и должны быть учтены при их заливке в бетон. Эти интерфейсы значительно отличаются друг от друга в зависимости от изготовителей генераторной установки и их продукции.

Виброизоляторы должны быть надежно закреплены на опорной панели с использованием анкерных болтов в форме латинских букв J или L (завершенный болт), залитых в бетонную панель. Ориентация этих «заливных» болтов является проблемой, поскольку даже незначительные ошибки по их местоположению могут впоследствии привести к временным затратам на сверление новых отверстий в ползковой опорной раме. Некоторые конструкции генераторных установок позволяют применять бетонные анкерные болты. Для них потребуются опорные точки, которые нужно выполнить достаточно точно, основываясь на фактическом положении опорных точек на генераторной установке и амортизаторов.

Опорная плита для генераторной установки должна быть ровной в горизонтальной плоскости по длине, ширине и диагонали.

Виброизолирующий фундамент

Эстакада (Цоколь)

В качестве альтернативного варианта, генераторная установка может монтироваться на бетонной эстакаде (цоколе), ориентированной по длине ползковой рамы генераторной установки. Такой вариант установки позволяет легко размещать поддон под генераторной установкой и дает возможность расширить площадь для обслуживания генераторной установки. Эстакада должна быть физически жестко связана с полом.

В тех областях применения, где уровень вибрации, передаваемой на здание, высоко критичен, может потребоваться монтировать генераторную установку на виброизолирующий фундамент. В этом случае необходим учет дополнительных условий. **Рис. 6-2** дает наглядное представление о типовом виброизолирующем фундаменте.

- Вес (W) фундамента должен быть, по крайней мере, в 2 раза (и даже до 5-10 раз) превышать вес самой генераторной установки, чтобы обеспечить стойкость динамическим нагрузкам. (Вес топлива в подрамном топливном баке принимать в расчет не следует для учета веса, требуемого при расчете виброизолирующего фундамента даже через амортизаторы между баком и генераторной установкой.)

¹ Подробную информацию об изделиях Cummins Power Generation можно найти в пакте документов по энергоустановкам фирмы «Камминз» (Cummins Power Suite) или получить от авторизованного дистрибьютора.

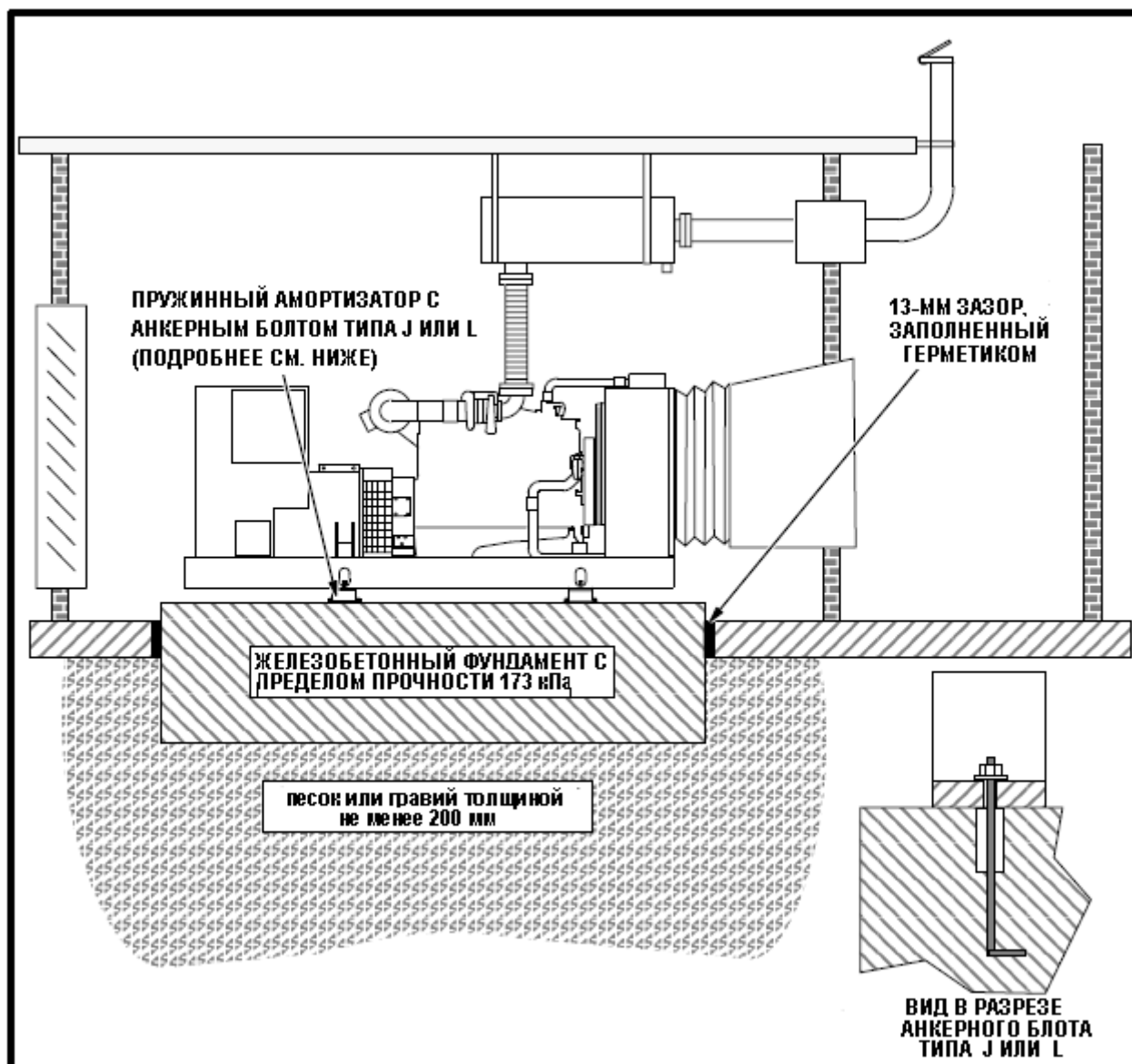


Рис. 6-2. Типовой виброизолирующий фундамент

- Фундамент должен выступать за пределы полозковой рамы на 150 мм со всех сторон. Это определяет длину (l) и ширину (w) фундамента.
- Фундамент также должен выступать не менее, чем на 150 мм над полом, что позволяет облегчить эксплуатацию и техническое обслуживание генераторной установки.
- Во избежание вспучивания фундамент должен быть ниже уровня промерзания
- Фундамент должен быть выполнен из железобетона с 28-дневной выдержкой, обеспечивающий предел прочности не менее 17200 кПа.
- Рассчитайте высоту (h) фундамента, необходимую для получения требуемого веса (W), используя для этого следующую формулу:

$$h = \frac{W}{d \cdot l \cdot w}$$

где:

h = высота фундамента в футах (метрах).

l = длина фундамента в футах (метрах).

w = ширина фундамента в футах (метрах).

d = плотность бетона – 145 фунтов/куб.фут (2322 кг/м³)

W = общий вес заправленной генераторной установки в футах (кг).

- Общий вес генераторной установки, включая охлаждающую жидкость, топливо и фундамент, обычно приводится к нагрузке на грунт (SBL) с давлением менее 2000 фунтов на кв. фут, что соответствует 9800 кг/м² или 96 кПа. Хотя это значение и лежит в пределах нагрузочной способности большинства почв, однако всегда следует выяснять допустимый уровень нагрузки на грунт (SBL), проверив местные нормы и отчет анализа почвы для здания. При выполнении таких расчетов не забудьте включить вес ОЖ, моторного масла и топлива (если применимо). Рассчитайте прилагаемую на грунт нагрузку (SBL), используя для этого следующую формулу:

$$SBL \text{ (kPa)} = \frac{W \cdot 20.88}{l \cdot w}$$

Образец расчетов (в единицах США):

Генераторная установка мощностью 500 кВт весит приблизительно 10 тыс. фунтов или 4540 кг в заправленном состоянии (т.е. включая ОЖ и смазочное масло). Размеры опорной ползковой рамы составляют 10 футов (3 метра) в длину и 3,4 фута (1 метр) в ширину.

$$l = 10 + (2 \cdot 0.5) = 11 \text{ футов}$$

$$w = 3.4 + (2 \cdot 0.5) = 4.4 \text{ фута}$$

$$\text{Вес фундамента} = 2 \cdot 10,000 = 20,000 \text{ фунтов}$$

$$\text{Общий вес} = \text{генераторная установка} + \text{фундамент} = 10,000 + 20,000 = 30,000 \text{ фунтов}$$

$$SBL = \frac{30,000}{11 \cdot 4.4} = 620 \text{ lbs/ft}^2$$

Двигатель и генератор переменного тока генераторной установки должны быть разобщены от опорной конструкции, на которой они собираются. Некоторые генераторные установки, в частности модели с небольшой выходной мощностью, используют неопределенные или резиновые амортизаторы, которые вставляются в машину между двигателем и генератором в сборе и опорной ползковой рамой². Опорный ложемент таких генераторных установок обычно может быть закреплен болтами непосредственно с фундаментом, полом или подрамником. Другие генераторные установки могут быть представлены в виде конструкции, особенность которой заключается в том, что двигатель и генератор жестко закреплены на ползковом сборном ложементе. Те генераторные установки, у которых нет интегрированных систем разобщения, должны монтироваться с использованием средств виброизолирующего оборудования подушечного, пружинного или воздушного типов. Для генераторных установок с подрамными топливными баками амортизаторы следует устанавливать между генератором и топливом, а не между топливным баком и опорной подушкой.

ПРИМЕЧАНИЕ: Крепление генераторной установки, которая не оснащена встроенными амортизаторами, непосредственно к полу или фундаменту, приведет к появлению избыточного шума и вибрации, а также возможному повреждению генераторной установки, напольного покрытия и другого оборудования. Вибрация также может передаваться через элементы конструкции здания и повреждать саму конструкцию.

² Генераторные установки Cummins Power Generation, которые имеют резиновые виброизоляторы, расположенные между ползковой рамой и сборочным узлом из двигателя и генератора, не требуют применения внешних виброизоляторов для большинства применений. Свяжитесь со своим местным дистрибьютором и выясните модельный ряд генераторных установок, которые оснащены встроенными в ползковую раму амортизаторами. Если дополнительные виброизоляторы используются во взаимодействии со встроенными в раму амортизаторами, то здесь следует проявлять определенную осторожность и выяснить частоты, на которых появляется вибрация и собственную частоту самих виброизоляторов, чтобы избежать возникновения резонанса. Кроме того, должное внимание следует уделить вопросу соблюдения специфических потребностей модели, подлежащей установке, поскольку генераторные установки со встроенными в ползковую раму амортизаторами обычно предназначены для монтажа на очень ровную горизонтальную поверхность.

Подушечные амортизаторы

Амортизаторы подушечного типа состоят из слоев эластичных материалов, служащих для демпфирования вибраций в некритичных применениях, например, для генераторных установок, монтируемых в их собственных наружных кожухах, или там, где в генераторных установках используются встроенные амортизаторы. Подушечные амортизаторы различаются по своей эффективности, но их к.п.д. около 75%.

В зависимости от конструкции они также имеют широкий разброс в эффективности по температуре, поскольку при низких температурах резина, как амортизирующая среда, становится менее эластичной, чем при высоких температурах.

Пружинные амортизаторы

На Рис.6–3 приведен образец стального пружинного амортизатора, необходимый для монтажа тех генераторных установок, в конструкцию которых не предусмотрены встроенные виброизоляторы. На рисунке показаны резиновая прокладка, корпус амортизатора, крепежный болт, опорная пружина, регулировочный винт и стопорная гайка.

Эти стальные пружинные амортизаторы способны демпфировать до 98% энергии вибрации, создаваемой генераторной установкой. Располагайте амортизаторы в тех местах, как показано в документации изготовителя генераторной установки. Амортизаторы нельзя располагать симметрично по всему периметру генераторной установки, потому что требуемые места их установки определяются центром тяжести машины. Количество требуемых для установки амортизаторов варьируется в зависимости от номинальных категорий амортизаторов и веса генераторной установки. См. Рис.6–4.

Когда машина собирается на подрамном топливном баке, то тип амортизаторов, требуемых для защиты подрамного топливного бака, зависит от конструкции бака и уровня вибрации, создаваемой машиной. Если между двигателем/генератором и ползковой рамой устанавливаются амортизаторы из синтетической резины, то в этом случае обычно нет необходимости устанавливать дополнительные виброизоляторы между машиной и подрамным баком. Однако собственная частота колебаний подрамного топливного бака в точках крепления к генераторной установке должна быть не менее 200 Гц или выше. Если же двигатель вместе с генератором жестко закреплены на раме, то необходима дополнительная виброизоляция между рамой и подрамным баком, чтобы обеспечить защиту подрамного бака и адекватно изолировать здание от воздействия вибрации. Во всех случаях руководствуйтесь рекомендациями изготовителя по монтажу конкретной комбинации генераторной установки и подрамного бака.

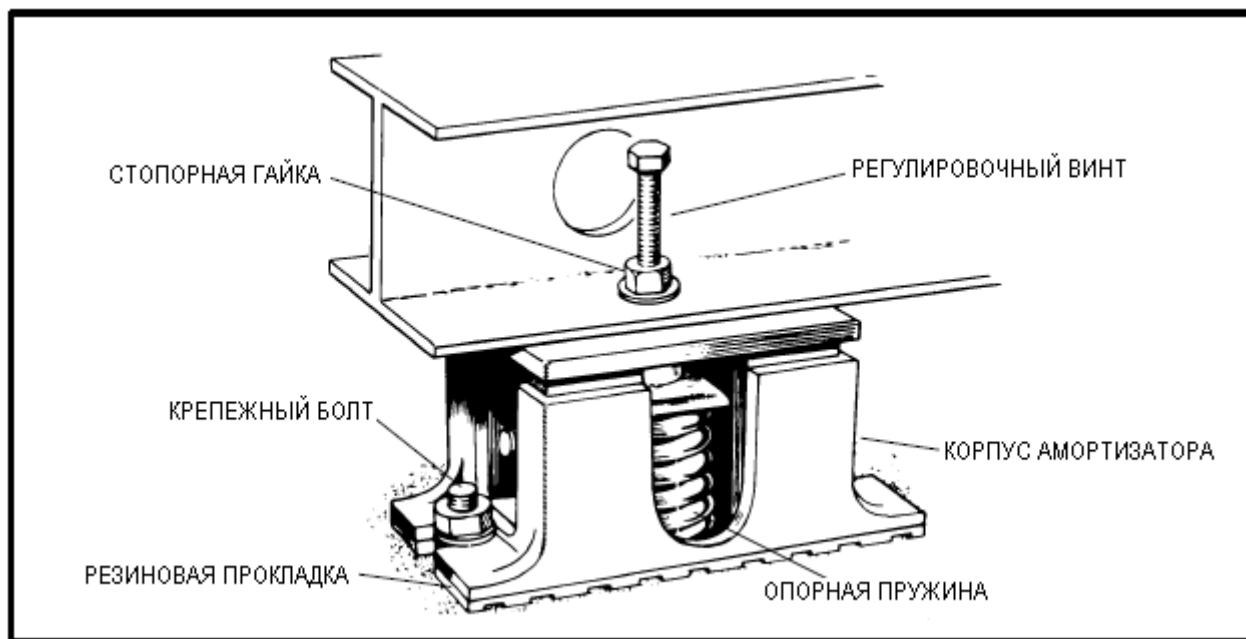


Рис.6–3. Типовой стальной пружинный амортизатор вибраций



Рис.6–4. Генераторная установка, смонтированная на пружинных виброизоляторах.

Виброизоляторы пружинного типа должны быть правильно выбраны и установлены, чтобы обеспечить эффективную амортизацию. Все генераторной установки должен оказывать достаточное сжимающее усилие на виброизолятор, давая ему свободу для перемещений, но не допуская «отрыва от земли» в процессе эксплуатации. Выполнение этого условия осуществляется за счет правильного выбора виброизоляторов, их количества, исходя из номинального параметра виброизолятора и общего веса генераторной установки.

Виброизолятор следует правильно крепить на анкерных болтах к опорной подушке, используя для этого зазубренные болты в форме латинской буквы L или J, либо применять бетонные анкерные болты.

Воздушные амортизаторы

Воздушный амортизатор (или пневмобаллонная пружина) представляет собой заключенный в контейнер столбик газа, который предназначен для использования давления газа как среда усилия пружины. Пневмобаллонная пружина обладает собственной частотой колебаний, которая ниже той, что можно достигнуть с помощью эластомерного материала (резины), и благодаря особой конструкции, эта частота ниже, чем у гелических стальных пружин. Они имеют возможность выравнивания по уровню путем регулировки давления газа в пружине.

Воздушные амортизаторы требуют к себе повышенного внимания при проведении техобслуживания; кроме того, температурные ограничения более жесткие, чем для гелических пружин. Жесткость воздушных амортизаторов изменяется при изменении давления газа, и не является постоянной, как жесткость, которой обладают другие амортизаторы. В результате этого собственная частота колебаний не изменяется с нагрузкой в той же самой степени, как и другие способы амортизации. Выход из строя пневмосистемы или появление в ней утечек может полностью вывести из строя амортизаторы.

Демпфирование в воздушных амортизаторах обычно мало при критичном соотношении демпфирования порядка 0,05 или менее. Это демпфирование обеспечивается за счет гибкости диафрагмы или боковой стенки от трения, либо путем гашения колебаний в газе. Применение капиллярного сопротивления потоку (путем добавления к потоку регулируемой диафрагмы) демпфирование можно увеличить между цилиндром воздушного амортизатора и соединенными с ним тельными уравнительными резервуарами.

Стойкость к землетрясениям

Установка в сейсмоопасных районах

Генераторные установки Cummins Power Generation, когда они должным образом смонтированы и изолированы, то пригодны для применений в сейсмоопасных районах. Необходимо учитывать и дополнительные факторы для оборудования, устанавливаемого в таких районах. Помимо их типовой роли по защите зданий или оборудования от наведенной вибрации, в случае возникновения землетрясения сейсмостойкие виброизоляторы также должны гарантировать, что оборудование прочно стоит на фундаменте и не оторвано от конструкции, к которой закреплено. Помните, пожалуйста, о нормативных требованиях на изделия, сертифицированные для установки в сейсмоопасных районах. Наличие сейсмостойких амортизаторов или только анкеровка дают уверенность в том, что генераторная установка прочно стоит на месте. Это само по себе не дает гарантии и удовлетворение требований по сейсмической сертификации энергосистемы, как это определено Международными строительными нормами. Сертификация по сейсмостойкости – это отдельный процесс, который позволяет проверить, что само оборудование может выдерживать специфические сейсмические толчки, основанные на испытаниях генераторной установки на стенде с ударными нагрузками в 3-х плоскостях аналитическим методом, использующим динамические характеристики или сочетание обоих методов. Дополнительную информацию Вы можете узнать из опубликованных документов по сейсмосертификации.

В сейсмоопасных районах виброизоляторы часто используются между ползковой опорной рамой генераторной установки и той конструкцией, к которой она крепится. Сейсмостойкие амортизаторы должны прочно стоять на своих местах и не давать генераторной установке излишней свободы перемещений. Они должны быть достаточно прочными, чтобы выдерживать прилагаемые на них усилия от сейсмических толчков. Для таких применений пригодны и используются как виброизоляторы на синтетической резине, так и в виде стальных пружинных амортизаторов.

Виброизоляторы, если устанавливаются между сборочным узлом из двигателя и генератора и опорным ложементом (рамой), то должны быть адекватно закреплены на раме. Нормальным считается применение виброизоляторов из синтетической резины, которые должны быть в виде «плененной» конструкции, чтобы полноценно и надежно крепить оборудование. Изготовитель или поставщик оборудования должен дать консультацию, определяющую ее пригодность для конкретного применения.

Такие элементы системы, как распределительные линии электропитания, ОЖ и топлива, должны проектироваться таким образом, чтобы выдерживать минимальные повреждения и облегчать ремонт в случае возникновения землетрясения. Автоматы ввода резерва, распределительные панели, автоматические выключатели и связанные с ними элементы системы управления для особо важных областей применения³ должны быть способны выполнять возложенные на них функции как во время, так и после появления ожидаемых сейсмических толчков, поэтому необходимо учесть и предусмотреть использование специфических приемов и средств монтажа и электрических соединений...

Снятие натяжений силовой проводки и проводки системы управления

Силовая проводка, а особенно проводка системы управления должна монтироваться с учетом поддерживающих опор на механической конструкции генераторной установки или панели управления, а не просто путем физического соединения выводных наконечников или клемм. Применение методов, не допускающих натяжение проводки, наряду с использованием петлевой витой проводки, а не одножильным проводом, помогает избежать обрывов в электропроводке или в местах соединений из-за вибрации. Подробнее см. главу Электрические соединения в Разделе *Электрическая конструкция*.

Система выпуска

Общие указания по системе выпуска

Функция системы выпуска заключается в безопасном отводе выхлопных газов двигателя за пределы здания, рассеивания продуктов выброса в виде дыма и сажи, а также снижения шума для людей и зданий. Система выпуска должна проектироваться с учетом минимизации противодавления на двигатель. Избыточное сопротивление в тракте выпуска приведет к повышенному расходу топлива, чрезмерному росту температуры выхлопных газов и связанным с этим неисправностям, а также сильному уровню выбросов черного дыма.

См. Рис.6–5 и 6–6. Конструкции систем выпуска должны учитывать следующие факторы:

- Для выпускных трубопроводов можно использовать темно-серый чугун марки 40. К другим приемлемым материалам можно отнести системы выпуска, выполненные из нержавеющей стали.

³ Примечание по нормам США: Нормы NFPA110 требуют, чтобы эти особенности применялись для систем Уровня 1 и Уровня 2.

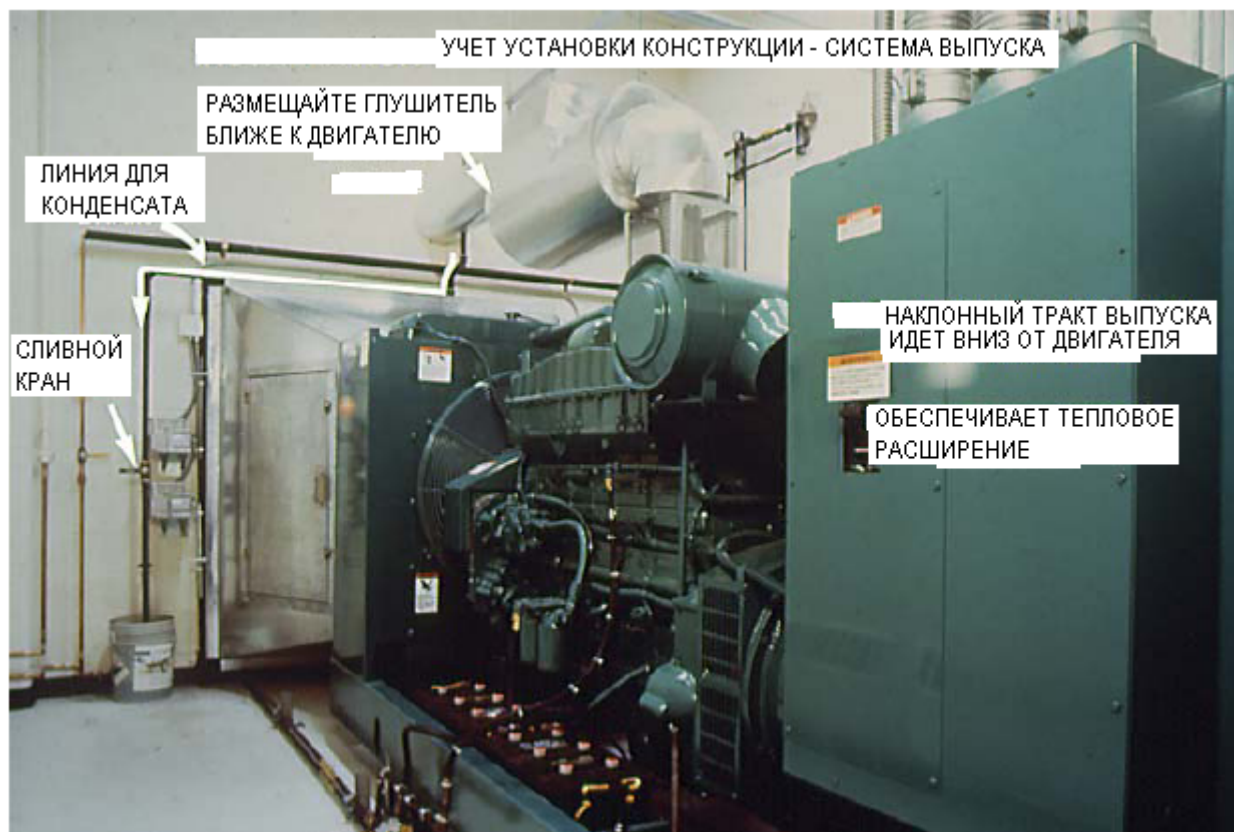


Рис.6-5. Типовые элементы системы выпуска для генератора, установленного внутри здания

- Гибкая, бесшовная гофрированная труба системы выпуска из нержавеющей стали длиной не менее 610 мм должна соединяться с выпускным патрубком (или патрубками) двигателя, обеспечивая возможность теплового расширения и перемещения генераторной установки и вибрации во всех случаях, когда установка покоится на виброизоляторах. Небольшие установки со встроенными амортизаторами, которые крепятся болтами непосредственно к полу, должны соединяться с помощью бесшовной гофрированной выхлопной трубы длиной не менее 457 мм. Гибкая выпускная труба не должна использоваться для создания изгибов и ее соосность должна быть в пределах допусков, эквивалентных жесткой выхлопной трубе. Нарушение соосности гибких труб может стать причиной преждевременного выхода их из строя.
- Генераторные установки могут иметь резьбовые соединения системы выпуска, соединения скользящего или фланцевого типов. Резьбовые и фланцевые соединения наиболее всего подходят для этой цели, т.к. обладают хорошей герметичностью, но их стоимость достаточно высока.
- Изолирующие невозгораемые подвески или опоры, НЕ имея в виду выпускной патрубок двигателя, должны поддерживать глушители и всю обвязку выпускного тракта. Вес на выпускном патрубке двигателя может вызвать повреждение выпускного коллектора двигателя или снизить срок службы турбокомпрессора (если он используется), а также может стать причиной вибрации от генераторной установки, передаваемой на конструкцию здания. Применение в системе выпуска опор с амортизаторами еще больше ограничит влияние вибрации на конструкцию здания.
- В целях снижения коррозии из-за конденсации влаги глушитель следует монтировать как можно ближе к двигателю, поскольку он очень быстро прогревается. Размещение глушителя вблизи двигателя также улучшает степень шумоподавления глушителя. Изгибы труб следует делать по возможности с наибольшим радиусом.

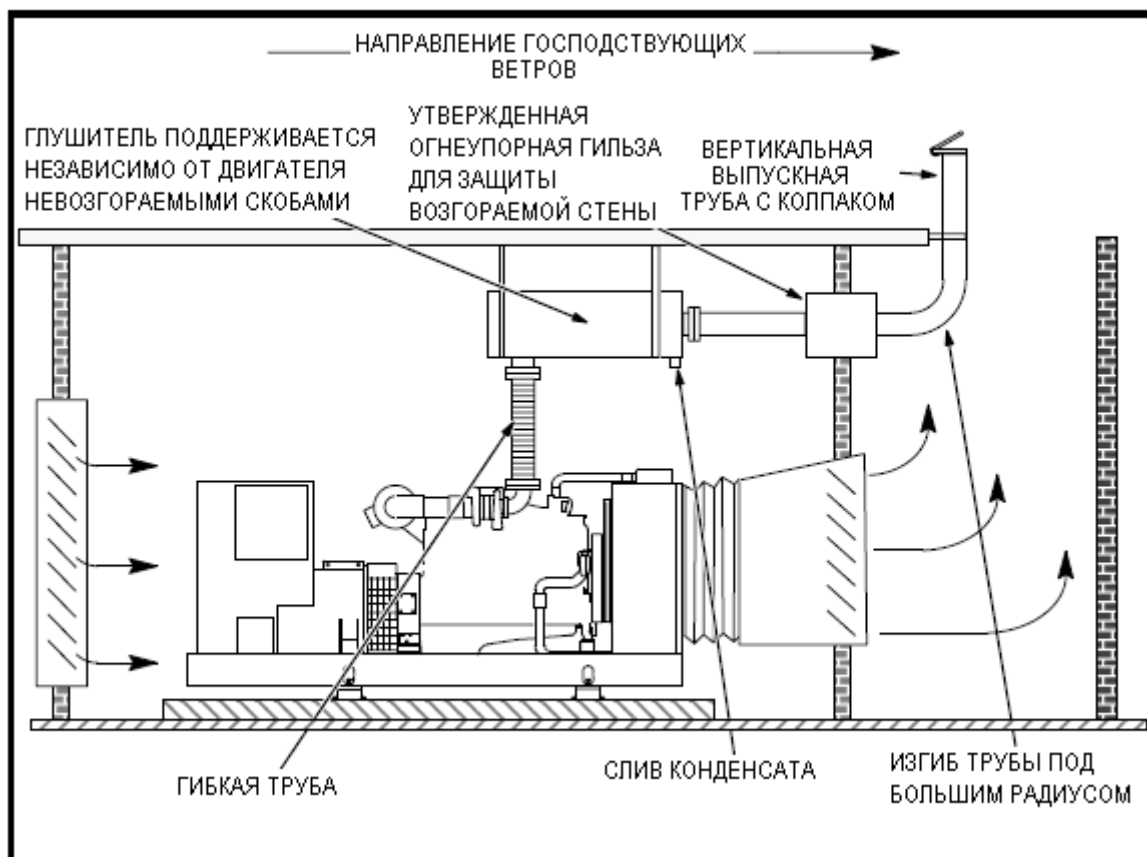


Рис. 6–6. Типовая система выпуска

- Трубные элементы всего выпускного тракта должны иметь тот же самый номинальный диаметр, как и диаметр выпускного патрубка двигателя (или несколько больше). Проверьте, что трубы достаточного диаметра, чтобы ограничить влияние противодавления до величины, находящейся в пределах номинальных параметров конкретно применяемого двигателя. (Разные двигатели имеют разные проходные сечения системы выпуска и разные ограничения противодавления⁴). Трубы с проходным сечением меньше, чем диаметр выпускного патрубка двигателя, никогда нельзя применять. Трубы, которые несколько больше по диаметру, чем необходимо, в большей степени подвержены коррозии из-за конденсата, чем трубы меньшего диаметра. Трубы, которые слишком велики по размеру, также снижают имеющуюся скорость истечения выхлопных газов для их рассеяния вверх и наружу в ветровом потоке.

⁴ Размеры системы выпуска и другие данные для конкретных генераторных установок можно найти в материалах издания *Cummins Power Suite*.

- Все компоненты выпускной системы двигателя должны иметь барьеры, чтобы предотвращать опасные контакты. Выпускной тракт из труб и глушителя следует термоизолировать для предупреждения ожогов от случайного прикосновения, а также для предотвращения срабатывания датчиков обнаружения пожара и включения системы дождевой противопожарной защиты, уменьшения коррозии из-за наличия конденсата, а также для снижения теплоотдачи в помещение, где находится генераторная установка. Стыковые или шарнирные соединения для теплового расширения, выпускные коллекторы двигателя и корпуса турбокомпрессоров ни в коем случае нельзя термоизолировать, если для их охлаждения не используется вода. Выпускные коллекторы и турбокомпрессоры с термоизоляцией могут привести к росту температуры материалов, из которых они изготовлены, что способно вывести из строя как выпускной коллектор, так и турбокомпрессор, особенно в применениях, где двигатель будет работать достаточно продолжительное время. Выпускной трубный тракт должен быть проложен на высоте не менее 2,3 метра от пола, что поможет исключить случайный контакт с системой выпуска.
- Трубы системы выпуска должны прокладываться на расстоянии не менее 230 мм от возгораемых конструкций. Утвержденные проходные гильзы (муфты) необходимо применять в тех местах, где выпускной тракт идет через возгораемые стены или потолки (Рис. 6–7 и 6–8).
- Направление выходного патрубка системы выпуска также необходимо проектировать с определенной осторожностью. Выпуск ни в коем случае не должен быть направлен к крыше здания или возгораемым поверхностям. Выпуск выхлопных газов от дизельного двигателя имеет очень высокую температуру и содержит твердые частицы в виде сажи, а также другие загрязняющие вещества, которые могут прилипнуть к окружающим поверхностям.
- Размещайте и направляйте выпускной патрубок подальше от места впуска воздуха для вентиляции.
- Если шум является неблагоприятным фактором, то направляйте выпускной патрубок как можно дальше от таких критичных мест.
- Тепловое расширение (стальной) выхлопной трубы составляет примерно 1,14 мм на каждый метр длины трубы при повышении температуры выхлопных газов на каждые 100°C. Если требуется, чтобы в тракте выпуска использовались соединения, компенсирующие тепловое расширение, то их следует делать на протяженных прямолинейных участках труб. Соединения на тепловое расширение следует предусматривать в каждой точке, где выпускной тракт меняет направление. Система выпуска должна быть обеспечена опорами с таким расчетом, чтобы тепловое расширение было ориентировано как можно дальше от генераторной установки. Температура выхлопных газов доводится до сведения заказчика изготовителем двигателя или генераторной установки применительно к конкретной модели используемого двигателя.⁵

⁵ Данные по температуре выхлопных газов для изделий Cummins Power Generation имеются в пакете документации по энергоустановкам на диске CD .



Рис.6–7: Детали системы выпуска генераторной установки: глушитель с двумя боковыми впускными каналами, гибкие трубные соединения, пожарозащитная проходная муфта и подвесные хомуты.

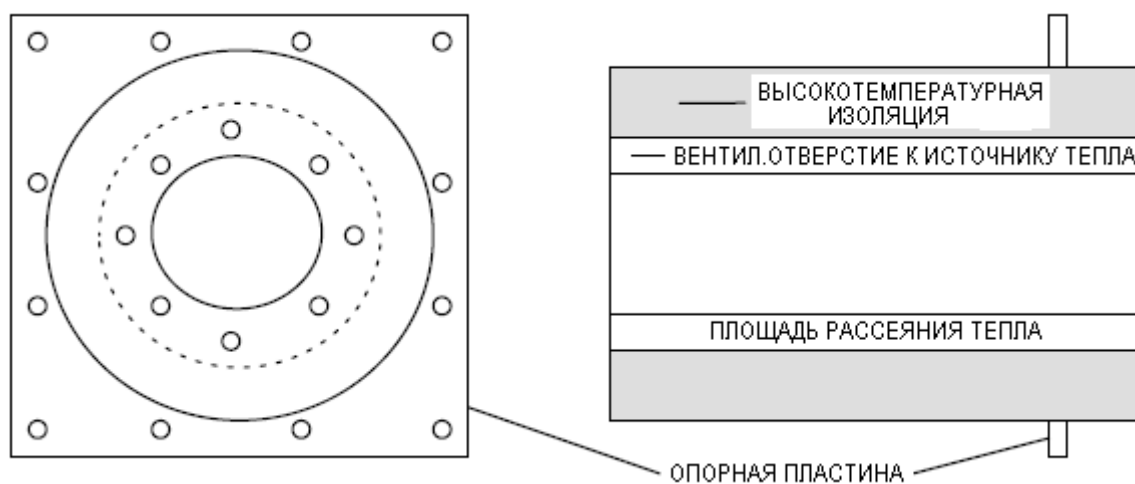


Рис. 6–8: Типовая конструкция пожарозащитной муфты для установок с возгораемыми стенами.

- В горизонтальной плоскости выпускной трубный тракт должен иметь уклон вниз и направлен в сторону от двигателя, за пределы здания или в конденсационную ловушку..

- Отстойник для слива конденсата и пробка должны быть предусмотрены там, где повороты трубы направлены вертикально. Конденсационные горшки также могут быть снабжены глушителем. В операциях по техобслуживанию генераторной установки должны быть предусмотрены пункты по периодическому сливу конденсата из системы выпуска.
- Необходимо предпринимать меры защиты по предупреждению попадания осадков в виде дождя и снега в систему выпуска двигателя, который не работает. Решением данного вопроса может служить защитный колпак от снега и дождя (см. Рис. 6–9 и 6–10) на вертикальных выпускных трубах. Горизонтально ориентированные выпускные трубы можно отрезать под углом и защитить решетчатым экраном. В регионах с холодным климатом защитные колпаки от дождя и снега могут подмерзнуть в закрытом состоянии, превращая двигатель в неработоспособный, поэтому в таких условиях лучшим решением может быть применение других защитных устройств.
- Генераторная установка не должна подключаться к системе выпуска, принадлежащей другому оборудованию, включая другие генераторные установки. Сажа, коррозионный конденсат и высокая температура выхлопных газов могут привести в негодность неработающее оборудование, обслуживаемое совместной системой выпуска.
- Противодействие на выпуске не должно превышать допустимого значения, указанного изготовителем двигателя⁶. Избыточное противодействие снижает мощность двигателя и срок его службы и может привести к очень высоким температурам выхлопных газов и появлению дыма. Противодействие в системе выпуска двигателя следует оценивать еще до окончательного завершения проектных работ по компоновке системы выпуска. Перед пуском установки в эксплуатацию противодействие следует измерять на выпускном патрубке при работе под полной нагрузкой.
- Информацию по глушителям и различным критериям выбора для таких устройств см. в характеристиках глушителя выхлопа в данном Разделе.

***ПРИМЕЧАНИЕ:** Выхлопные газы двигателя содержат сажу и окись углерода в виде токсичного газа, невидимого зрением и без запаха. Система выпуска должна выходить за пределы здания в месте, где выхлопные газы будут рассеиваться вдали от зданий и точек забора воздуха в здание. Настоятельно рекомендуется, чтобы система выпуска проходила как можно выше по стороне здания с уходящим направлением ветра, чтобы сразу и в максимальной степени рассеять продукты выхлопа. Выхлопные газы также следует выводить на ту сторону здания, куда идет нагнетаемый радиатором воздух, чтобы снизить вероятность подсоса системой вентиляции выхлопных газов и сажи в помещение, где находится генераторная установка.*

***ПРИМЕЧАНИЕ:** Некоторые нормы определяют, что выпуск отработанных газов должен заканчиваться на расстоянии не менее 3-х метров от имущественной границы, 1 метра от внешней стены или крыши, 3-х метров от проемов, идущих в здание, и, по крайней мере, в 3-х метрах выше прилегающей соседней отметки.*

⁶ Информация по противодействию в системе выпуска для конкретной модели генераторной установки Cummins Power Generation можно найти в комплекте Cummins Power Suite или получить от авторизованного дистрибьютора фирмы Cummins.



Рис. 6–9. Простая система выпуска с защитным колпаком от дождя и снега, не допускающим попадание влаги в выхлопной тракт двигателя.

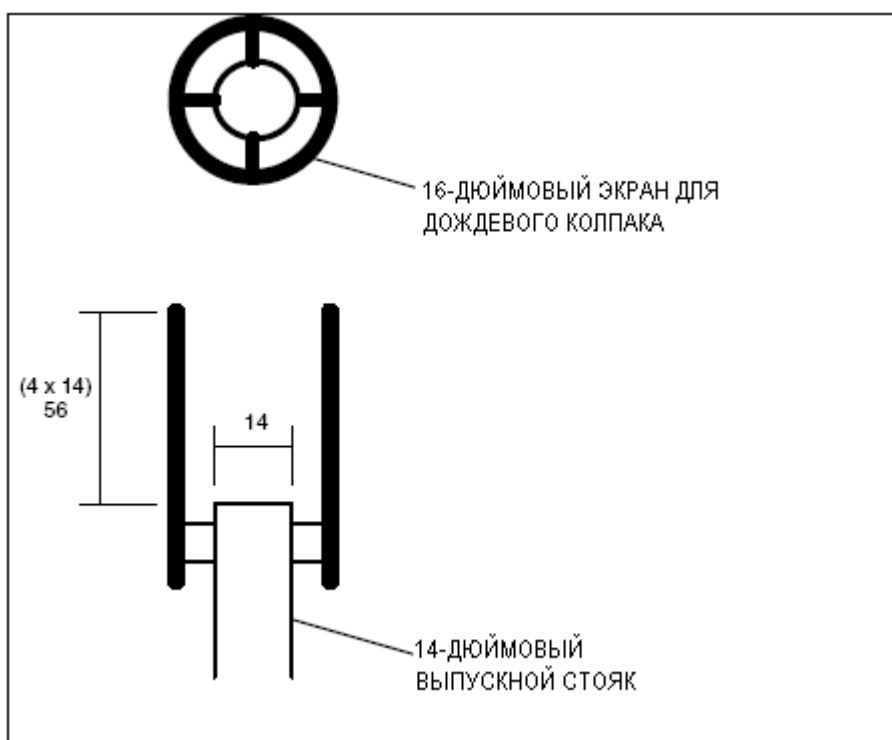


Рис. 6–10. Экран от дождя для вертикального выпускного стояка генераторной установки. Размеры даны для типовой 14-дюймовой системы выпуска.

Расчет системы выпуска

Пример расчета противодавления в системе выпуска (в единицах измерения США)

Компоновка системы выпуска, приведенная на **Рис.6–11**, предусматривает гибкую трубу диаметром 5 дюймов (125 мм) и длиной 24 дюйма (610 мм) для установки на выпускной патрубке двигателя, глушитель нормируемого класса с входным каналом диаметром 6 дюймов (150 мм), трубы длиной 20 футов (610 см) и диаметром 6 дюймов (150–мм), и од-

ного колена с большим радиусом изгиба диаметром 6 дюймов (150мм). Листок технических данных генераторной установки указывает, что сток выхлопных газов составляет 2715 куб. футов в минуту (или 76,9 м³/мин), и что максимально допустимое противодействие в тракте выпуска составляет 41 дюйм (1040мм) водяного столба.

Эта процедура заключается в определении противодействия, создаваемого каждым элементом системы выпуска (гибкими трубами, глушителями, коленами, трубопроводами), а затем сравнения суммы полученных значений противодействия с максимально допустимым противодействием.

9. Определим противодействие, создаваемое глушителем. Для получения наиболее точных данных обратитесь к изготовителю глушителя. В случае отсутствия таких данных для конкретного изделия, воспользуйтесь графиком на **Рис.6–12**, где приведены характеристики типовых противодействий:

- A. Найдем площадь поперечного сечения входного канала глушителя, используя для этого **Таблицу 6-1** (в данном примере это 0,1963 кв.футов).
- B. Найдем норму стока выхлопных газов из данных изготовителя двигателя ⁷. Для данного примера дается значение 2715 куб.футов в минуту.
- C. Рассчитаем скорость истечения выхлопных газов в футах в минуту путем деления нормы стока выхлопных газов (в куб.футах в минуту) на площадь входного канала глушителя, как приведено ниже:

$$\text{Скорость истечения газов} = \frac{2715 \text{ куб.футов в минуту}}{0,1963 \text{ кв.футов}} = 13831 \text{ фут в мин.}$$

- D. Пользуясь **Рис. 6–12**, определим противодействие, создаваемое этим потоком для конкретно применяемого глушителя. В данном примере пунктирная линия на **Рис.6-12** показывает, что глушитель нормируемого класса будет создавать противодействие, величина которого будет приблизительно равна 21,5 дюймов (546 мм) водяного столба.

⁷ Данные по выхлопным газам для изделий Cummins Power Generation см. в комплекте публикаций Cummins Power Suite.

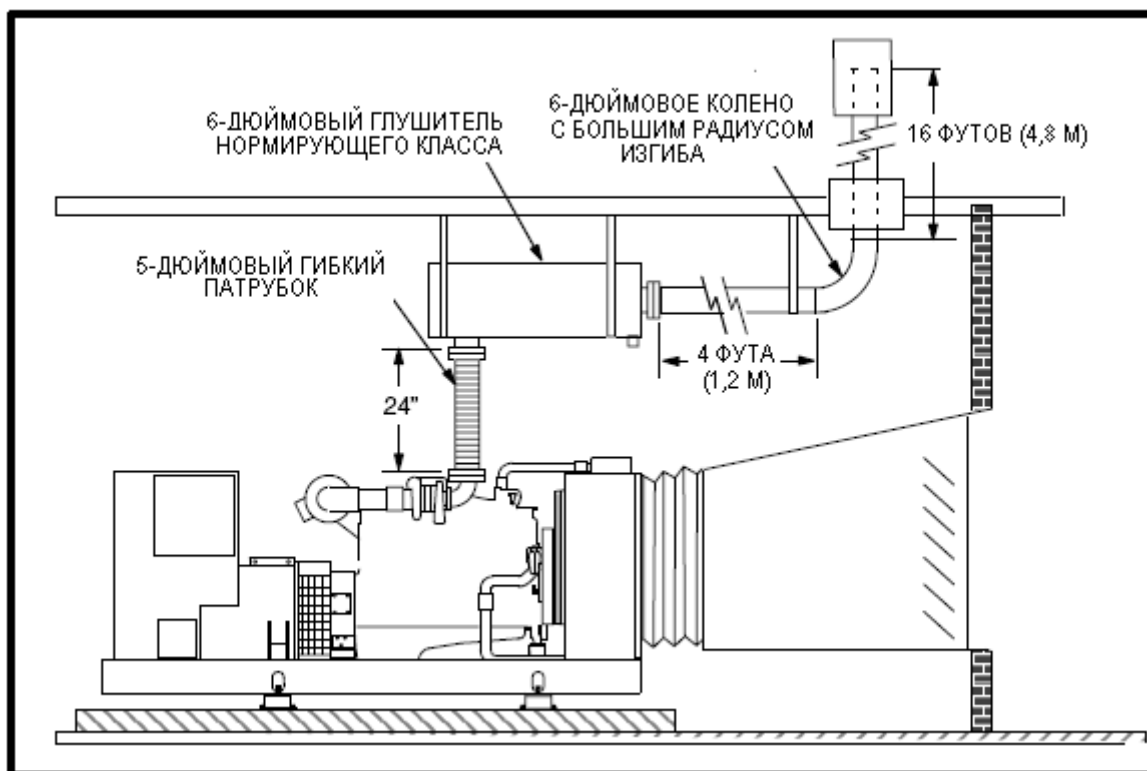


Рис. 6-11. Образец системы выпуска для выполнения расчетов.

10. Найдем эквивалентную длину всех секций фитингов и гибких патрубков, используя для этого **Таблицу 6-2**.
 - 1) Гибкий патрубок диаметром 5 дюймов и длиной 24 дюйма - 4 фута (1,2 м)
 - 2) Колено с большим радиусом изгиба диаметром 6 дюймов - 10 футов (3 м)
11. Найдем противодействие при заданном потоке выхлопных газов на единицу длины трубы для каждого номинального диаметра трубы, используемой в системе. В данном примере используются трубы с номинальным диаметром 5 и 6 дюймов. Следуя по пунктирной линии на **Рис. 6-13**, видим, что 5-дюймовая труба создает противодействие величиной примерно **0,34 дюйма** водяного столба на фут длины, а 6-дюймовая труба - приблизительно **0,138** дюймов водяного столба на фут длины.
12. Добавим общее противодействие для всех элементов этого примера, и получим следующее:

1) 5-дюймовый гибкий патрубок (4•0.34)	1,4
2) колено с большим радиусом изгиба (10•0.138)	1,4
3) 6-дюймовая труба длиной 20 футов (20•0.138)	2,8
4) глушитель	<u>21,5</u>
Общее сопротивление (в дюймах водяного столба)	27.1

Данный расчет показывает, что трубопроводная компоновка адекватна с точки зрения противодействия, создаваемого системой выпуска, поскольку сумма всех значений противодействия меньше, чем максимально допустимое противодействие в 41 дюйм водяного столба.

ПРИМЕЧАНИЕ: На двигателях с двумя выпускными коллекторами сток выхлопных газов, приведенный в справочном листке технических данных на генераторную установку производства Cummins Power Generation, это общий сток с обоих рядов. Указанное значение необходимо разделить на 2 для получения правильных расчетов для двоянных систем выпуска.

ДИАМЕТР ВХОДНОГО КАНАЛА ГЛУШИТЕЛЯ (В ДЮЙМАХ)	ПЛОЩАДЬ СЕЧЕНИЯ ВХОДНОГО КАНАЛА ГЛУШИТЕЛЯ (В КВ.ФУТАХ)	ДИАМЕТР ВХОДНОГО КАНАЛА ГЛУШИТЕЛЯ (В ДЮЙМАХ)	ПЛОЩАДЬ СЕЧЕНИЯ ВХОДНОГО КАНАЛА ГЛУШИТЕЛЯ (В КВ.ФУТАХ)
2	0,0218	8	0,3491
2,5	0,0341	10	0,5454
3	0,0491	12	0,7854
3,5	0,0668	14	1,069
4	0,0873	16	1,396
5	0,1363	18	1,767
6	0,1963		

Таблица 6-1. Площадь поперечного сечения отверстий с различным диаметром

ТИП ФИТИНГА	НОМИНАЛЬНЫЙ РАЗМЕР ТРУБЫ В ДЮЙМАХ (МИЛЛИМЕТРАХ)												
	2 (50)	2-1/2 (65)	3 (80)	3.5 (90)	4 (100)	5 (125)	6 (150)	8 (200)	10 (250)	12 (300)	14 (350)	16 (400)	18 (450)
Стандартное колено под 90°	5.2 (1.6)	6.2 (1.9)	7.7 (2.3)	9.6 (2.9)	10 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)	21 (6.4)	26 (7.9)	32 (9.8)	37 (11.3)	42 (12.8)	47 (14.3)
Колено среднего радиуса под 90°	4.6 (1.4)	5.4 (1.6)	6.8 (2.1)	8 (2.4)	9 (2.7)	11 (3.4)	13 (4.0)	18 (5.5)	22 (6.7)	26 (7.9)	32 (9.8)	35 (10.7)	40 (12.2)
Колено большого радиуса под 90°	3.5 (1.1)	4.2 (1.3)	5.2 (1.6)	6 (1.8)	6.8 (2.1)	8.5 (2.6)	10 (3.0)	14 (4.3)	17 (5.2)	20 (6.1)	24 (7.3)	26 (7.9)	31 (9.4)
Колено под 45°	2.4 (0.7)	2.9 (0.9)	3.6 (1.1)	4.2 (1.3)	4.7 (1.4)	5.9 (1.8)	7.1 (2.2)	6 (1.8)	8 (2.4)	9 (2.7)	17 (5.2)	19 (5.8)	22 (6.7)
ТРОЙНИК, боков. впуск / выпуск	10 (3.0)	12 (3.7)	16 (4.9)	18 (5.5)	20 (6.1)	25 (7.6)	31 (9.4)	44 (13)	56 (17)	67 (20)	78 (23.8)	89 (27.1)	110 (33.5)
18-дюймовый гибкий патрубок	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)	3 (0.9)
24-дюймовый гибкий патрубок	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)	4 (1.2)

Таблица 6-2. Эквивалентная длина трубных фитингов в футах (метрах)

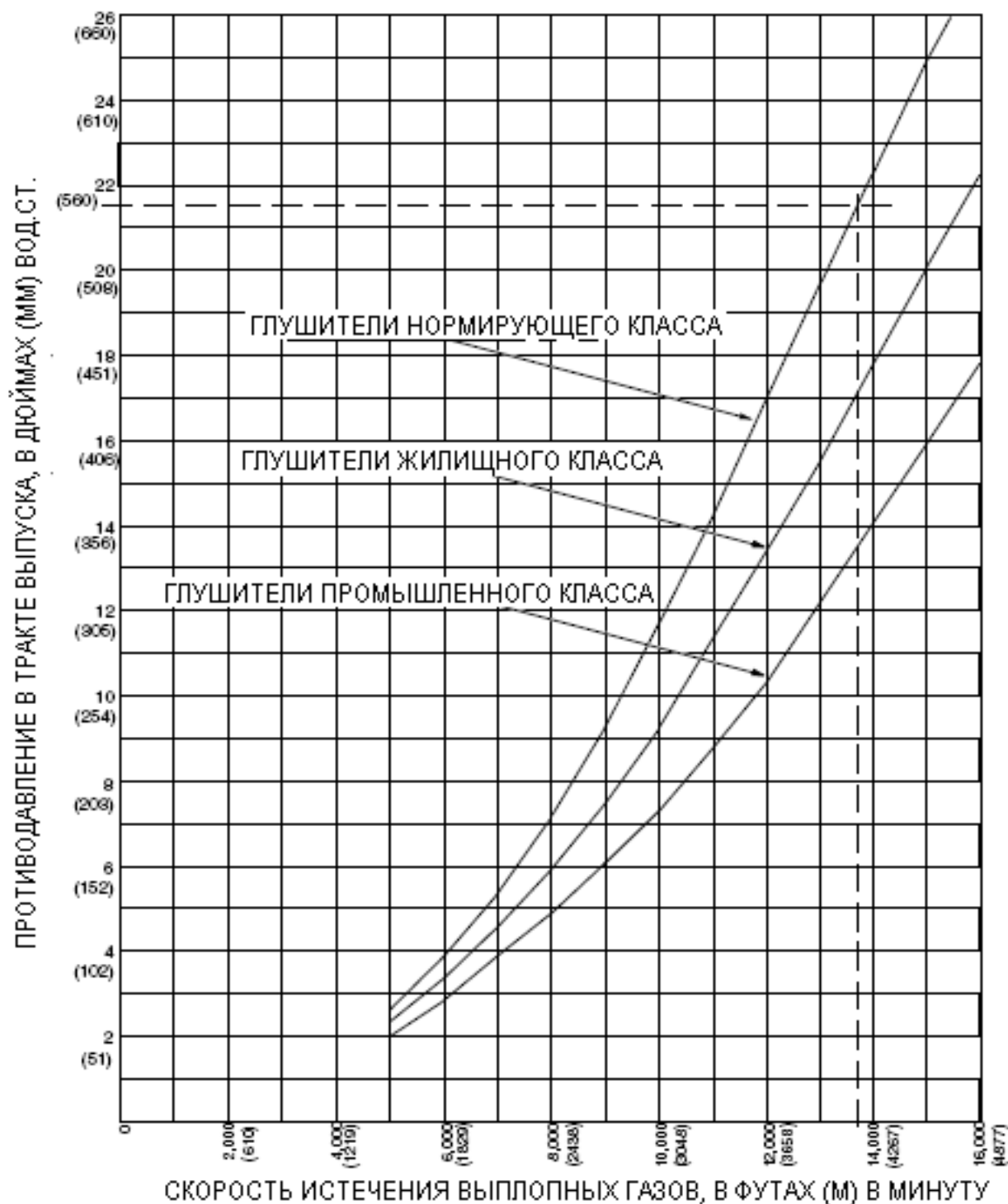


Рис.6-12. Противодавление типовых глушителей в зависимости от скорости истечения газов

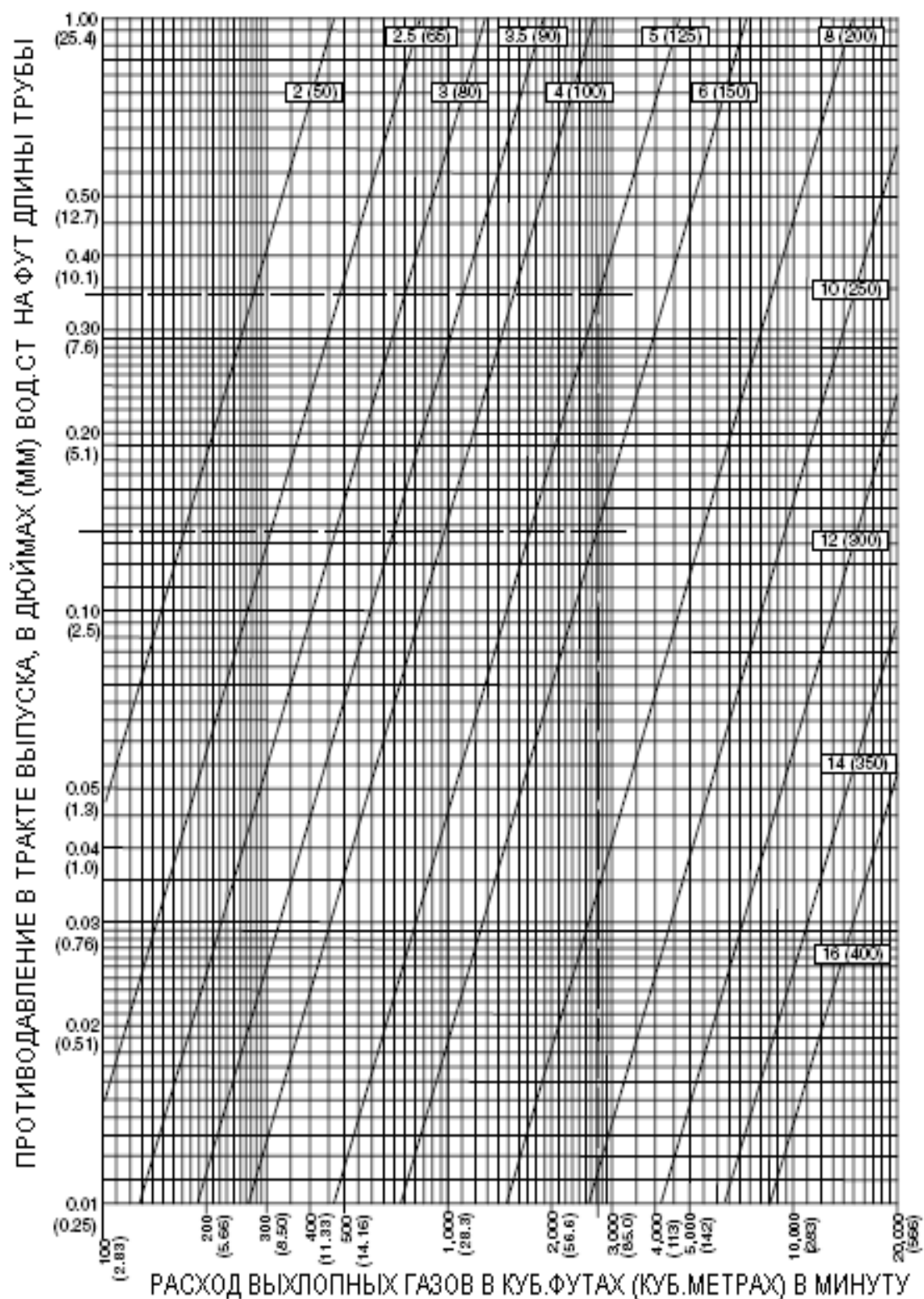


Рис. 6–13. Противодавление в тракте выпуска при номинальных диаметрах труб в дюймах (мм)

Охлаждение двигателя

Двигатели с жидкостным охлаждением охлаждаются за счет прохождения охлаждающей смеси через каналы в блоке и головке блока цилиндров двигателя с помощью насоса, приводимого в действие от двигателя. Наиболее распространенная конфигурация генераторной установки имеет установленный на ней радиатор и вентилятор охлаждения с приводом от двигателя для охлаждения ОЖ и вентиляции помещения, где находится генераторная установка. Альтернативные методы охлаждения ОЖ включают в себя варианты исполнения с теплообменниками класса «вода-вода», смонтированных на опорной раме, вынесенный радиатор, вынесенный теплообменник класса «вода-вода», и стояк водяного охлаждения.

Требования

Все системы

- Для полноценного охлаждения и защиты от размораживания или закипания системы охлаждения необходимо использовать охлаждающую жидкость (ОЖ), состоящую из этиленгликоля или пропиленгликоля и деминерализованной воды. Для большинства моделей двигателей *Cummins* рекомендуется ОЖ, в составе которой 50% антифриза и 50% воды (пожалуйста, изучите техническую документацию конкретно применяемой модели двигателя, где приводятся данные по рекомендованному соотношению компонентов ОЖ для Вашей генераторной установки). Если в качестве антифриза используется этиленгликоль, то точка замерзания ОЖ будет около -36°C , точка кипения около 108°C . (См. также с. 6-44, [Охлаждающая жидкость](#))
- Подогреватели ОЖ следует применять для установок аварийного и резервного питания, что гарантирует хороший запуск двигателя (для тропических регионов такие подогреватели предлагаются как опция, если это не предусмотрено в качестве обязательного условия местным нормативным актом). (См. также с. 6-45, [Подогреватели ОЖ](#))
- В целях предупреждения образования воздушных карманов местоположение подогревателя ОЖ и соединений его обвязки должны гарантировать непрерывный восходящий поток от холодной ОЖ на входе в подогреватель к возврату подогретой ОЖ в блок двигателя. (См. также с. 6-45, [Подогреватели ОЖ](#))
- В системе обвязки подогревателя ОЖ должен быть предусмотрен обратный клапан или откидной клапан, чтобы не допустить рециркуляции ОЖ назад через подогреватель, когда двигатель работает. Этот клапан мог бы быть частью сборочного узла подогревателя. (См. также с. 6-45, [Подогреватели ОЖ](#)).
- При работе генераторной установки подогреватель ОЖ должен отключаться. (См. также с. 6-45, [Подогреватели ОЖ](#))
- Система охлаждения должна проектироваться с таким расчетом, чтобы учитывать высоту объекта, где эксплуатируется генераторная установка, и температуру окружающей среды. (См. также с. 6-46, [Высота и температура окружающей среды](#))
- Радиатор и другое чувствительное оборудование необходимо защищать от попадания грязи и посторонних материалов. (См. также с. 6-48, [Засорение системы охлаждения](#))
- Клапаны и краны должны быть правильно промаркированы с обозначением положений «открыт» и «закрыт». (См. также с. 6-48, [Удобство обслуживания](#))
- Для чистки и обслуживания всего оборудования к нему должен быть предусмотрен доступ. (См. также с. 6-48, [Удобство обслуживания](#))
- Для передвижных установок особое внимание следует уделять вопросам долговечности и прочности. (См. также с. 6-48, [Передвижные установки](#))
- Обвязка между подогревателем и блоком двигателя должна выдерживать высокую температуру. Предпочтительные материалы – трубы из металла и/или армированные шланги, отвечающие требованиям стандарта SAE J20R1 с минимальной номинальной температурой 121°C и минимальным рабочим давлением 965 кПа.

Все установки с теплообменником

- Двигатель, водяной насос и теплообменник класса «вода-вода» формируют закрытую систему охлаждения, находящуюся под избыточным положительным давлением. ОЖ двигателя и сырая неочищенная вода для охлаждения не смешиваются.
- Установка должна удовлетворять нормам расхода сырой воды, давлению и температурным пределам, указанным в [Справочном листке технических данных генераторной установки](#).
- Сырая вода должна быть защищена от замерзания.

- Перед проектированием и установкой системы следует проконсультироваться с местными уполномоченными органами относительно забора воды из муниципальных источников водоснабжения и рек и/или слива туда отработанной воды.
- Генераторная установка должна иметь полноценную и достаточную для работы систему вентиляции.

Установки с системой охлаждения от других поставщиков

- Когда радиатор водяного охлаждения размещен вплотную задними стенками с одиночным вентилятором, то радиатор холодного контура охлаждения (LTA) должен находиться перед ним, чтобы обеспечить поступление на него самого холодного воздуха. (См. также с. 6-26, [Типы систем охлаждения](#)).
- Для регулирования температуры во впускном коллекторе системы охлаждения с 2 насосами и 2 контурами (2P2L) должны оснащаться термостатическим перепускным клапаном и обходным контуром. (См. с. 6-26, [Типы систем охлаждения](#))
- Установки с дистанционным охлаждением должны обеспечиваться достаточной вентиляцией помещения, где работает генераторная установка. (См. с.6-31, [Системы охлаждения от других поставщиков](#).)

Система должна быть спроектирована так, чтобы:

- Ограничить температуру ОЖ на выходе двигателя до «Максимально допустимой температуры в верхнем баке», значение которой указано в **Справочном листке технических данных генераторной установки**. (См. с.6-35, [Общие рекомендации для всех систем охлаждения от других поставщиков](#).)
- Поддерживать избыточное давление (напор) ОЖ на водяном насосе двигателя. См. с. 6-35, [Общие рекомендации для всех систем охлаждения от других поставщиков](#).)
- Работа системы была в пределах статического напора и потерь напора от трения водяного насоса. (См. с. 6-36, [Соединения и обвязка системы](#)).
- Системы (LTA) с холодным контуром охлаждения ОНВ должны обеспечивать удовлетворение потребностей контура ОНВ, указанные в **Справочном листке технических данных генераторной установки**. (См. с. 6-35, [Общие рекомендации для всех систем охлаждения от других поставщиков](#).)
- Добавлять электрические нагрузки для вентилятора охлаждения вынесенного радиатора, насосов ОЖ и других вспомогательных агрегатов до полной нагрузочной потребности генераторной установки. (См. с. 6-35, [Общие рекомендации для всех систем охлаждения от других поставщиков](#).)
- Линии охлаждения должны быть правильно спроектированы с использованием жестких стальных труб или труб калибра 40 (за исключением требований к соединениям, подробности которых изложены ниже (См. с. 6-36, [Соединения и обвязка системы](#))).
- Внешние трубопроводы системы охлаждения к двигателю должны быть равны или несколько большего диаметра, чем входные и выходные соединительные штуцеры на двигателе. (См. с. 6-36, [Соединения и обвязка системы](#)).
- Перед подключением к генераторной установке внешние трубопроводы и соединения системы охлаждения должны быть очищены. (См. с.6-36, [Соединения и обвязка системы](#))
- Необходимо учитывать тепловое расширение труб и шлангов системы охлаждения. (См. с. 6-36, [Соединения и обвязка системы](#))
- Соединения системы должны быть выполнены в соответствии с требованиями, изложенными на с. 6-36, [Соединения и обвязка системы](#))
- Обеспечить согласование давления и температуры ОЖ.
- Система должна выдерживать вибрацию в процессе работы двигателя и его перемещений при запуске и останове.

- Там, где используются, соединительные шланги должны соответствовать стандарту SAE J20R1 или его эквиваленту, и быть рассчитаны на давление разрыва не ниже 518 кПа и температурные пределы от -40°C до 121°C . Для установок с верхним расположением радиатора рекомендованное значение давления разрыва должно быть 691 кПа. (См. с. 6-36, [Соединения и обвязка системы](#))
- Соединительный шланг на всасывающей стороне водяного насоса двигателя должен выдерживать разрушение. Шланг стандарта SAE J20R1 отвечает таким требованиям для двигателей средней мощности. (См. с. 6-36, [Соединения и обвязка системы](#)).
- В соединениях шлангов системы охлаждения должны использоваться стяжные хомуты с Т-образным болтом или хомуты с постоянным усилием затяжки. Хомуты с червячным типом затяжки неприемлемы. Если используется жесткие стальные патрубки, то они должны иметь уплотняющие буртики. (См. с. 6-36, [Соединения и обвязка системы](#))
- Система не должна допускать подсоса туда воздуха в течение 25 минут работы оборудования после заполнения системы ОЖ. (См. с.6-39, [Требования к деаэрационному баку](#)).

Деаэрационный бак должен:

(См. с.6-39, [Требования к деаэрационному баку](#).)

- Размещаться в самой высокой точке системы (в любой конструкции системы охлаждения верхний бак должен быть в самой высокой точке, чтобы гарантировать выпуск из системы попавшего туда воздуха, т.е. деаэрацию).
- Иметь вместимость не менее 17% от общего объема ОЖ системы (где 11% падают на допустимый дефицит ОЖ в системе и 6% на тепловое расширение).
- Оснащаться:
- Заливной пробкой с предохранительным клапаном
- Заливная горловина должна иметь небольшое отверстие диаметром 3 мм для пароотвода через одну из стенок горловины, и находиться на расстоянии примерно 6 мм от верхней поверхности бака.
- Датчик останова двигателя при низком уровне ОЖ (для двигателей с рабочим объемом от 9 л. и выше)
- иметь пароотводные линии, соединенные выше уровня ОЖ. .
- иметь для каждой пароотводной линии свою собственную точку соединения. Ни в коем случае не используйте тройники для совместного соединения нескольких пароотводных линий.
- Водяная рубашка охлаждения двигателя и любые высокорасположенные точки в системе обвязки должны иметь пароотводные линии, идущие в деаэрационный бак. (См. с. 6-39, [Требования к деаэрационному баку](#).)
- Схема монтажа генераторной установки должна быть проверена на наличие мест и размеров соединений пароотводных линий в рубашке водяного охлаждения. (См. с.6-39, [Требования к деаэрационному баку](#).)
- Пароотводные линии должны идти к деаэрационному баку непрерывно вверх. Петли и прогибы линий могут создать воздушные пробки, поэтому неприемлемы. Линии нигде не должны пережиматься или сужаться.(См. с. 6-39, [Требования к деаэрационному баку](#))
- Если используются вентиляционные клапаны для отвода воздуха в атмосферу, то допустимый дефицит ОЖ в системе должен быть увеличен с 11% до 14% (т.е. общая емкость бака увеличивается с 17% до 20%). (См. с. 6-39, [Требования к деаэрационному баку](#))
- Система должна быть способной принимать первоначальное заполнение ОЖ не менее, чем на 90% общей вместимости системы при минимальной скорости залива 20л/мин., а затем доливаться до 100%. (См. с. 6-39, [Требования к деаэрационному баку](#)).
- Система должна оснащаться линиями залива. (См. с. 6-39, [Требования к деаэрационному баку](#))
- Линия должна быть проложена непосредственно с днища деаэрационного бака до прямолинейной секции входного патрубка водяного насоса двигателя.

- Линия должна иметь непрерывный подъем от входного патрубка на двигателе до деаэрационного бака.
- К линии залива ОЖ нельзя подключать никакие другие линии.
- Каждая генераторная установка имеет свою собственную полную систему охлаждения. Не допускайте совместного соединения систем охлаждения нескольких генераторных установок в общую систему охлаждения. (См. с.6-44, [Взаимосвязь систем охлаждения](#))

Рекомендации

Все установки с применением теплообменников

- Следует обратить внимание на трубу теплообменника или материал пластины в зависимости от качества сырой охлаждаемой воды. (См. с. 6-29, [Теплообменник, смонтированный с генераторной установкой](#))

Все установки системы охлаждения от других поставщиков

- Системы ОНВ класса «воздух-воздух» (АТА) или системы с одним насосом и 2 контурами охлаждения (1P2L) не следует применять при использовании вынесенных систем охлаждения. (См. с. 6-26, [Типы систем охлаждения](#).)
- Система должна быть спроектирована с охладительной способностью 115%, чтобы учесть постепенный износ элементов системы в период эксплуатации. Когда система очищается в соответствии с методами и периодичностью, рекомендованными производителем, то эффективность системы всегда будет поддерживаться на уровне 100%. Это особенно важно для генераторных установок, смонтированных в запыленной или загрязненной среде. (См. с.6-35, [Общие требования ко всем системам охлаждения от других поставщиков](#))
- Деаэрационный бак должен быть оснащен смотровым стеклом для определения уровня ОЖ в системе. (См. с. 6-39, [Требования к деаэрационному баку](#))
- Для размеров труб паропроводных линий, не указанных на монтажном чертеже генераторной установки рекомендуется использовать шланг № 4 (с внутренним диаметром 6,35 мм), когда длина паропроводных линий менее 3,7 м. Применяйте шланг № 6 (с внутренним диаметром 9,5 мм), когда длина таких линий превышает 3,7 м. (См. с.6-39, [Требования к деаэрационному баку](#))
- Для обслуживания установки без необходимости опорожнения всей системы охлаждения следует устанавливать сливные и запорные краны. (См. с. 6-48, [Удобство обслуживания](#))

Общий обзор

Тепловая энергия, выделяемая через систему охлаждения, составляет примерно 25% от общей энергии сгоревшего в двигателе топлива (см. [Рис. 6-14](#)). Система охлаждения должна быть спроектирована так, чтобы отводить и рассеивать этот большой объем тепла, т.к. в противном случае может произойти перегрев и выход оборудования из строя.

Генераторные установки с жидкостным охлаждением охлаждаются за счет перекачивания водяным насосом охлаждающей жидкости через проходы в блоке цилиндров и головке блока. Система охлаждения представляет собой закрытую систему, находящуюся под избыточным давлением, в которой используется смесь из чистой, мягкой (деминерализованной) воды и антифриза в виде этилен- или пропиленгликоля. (см. с. 6-44, [Охлаждающая жидкость](#))

Прочтите соответствующие главы настоящего раздела, основываясь на используемом типе системы охлаждения. Самая употребительная конфигурация генераторной установки – это система охлаждения, являющаяся частью всей комплектации генераторной установки, и которая поставляется самим изготовителем генераторной установки. Также используются и системы охлаждения от других поставщиков. Для каждого типа системы охлаждения здесь приводятся характеристики, которые можно найти в соответствующих главах.

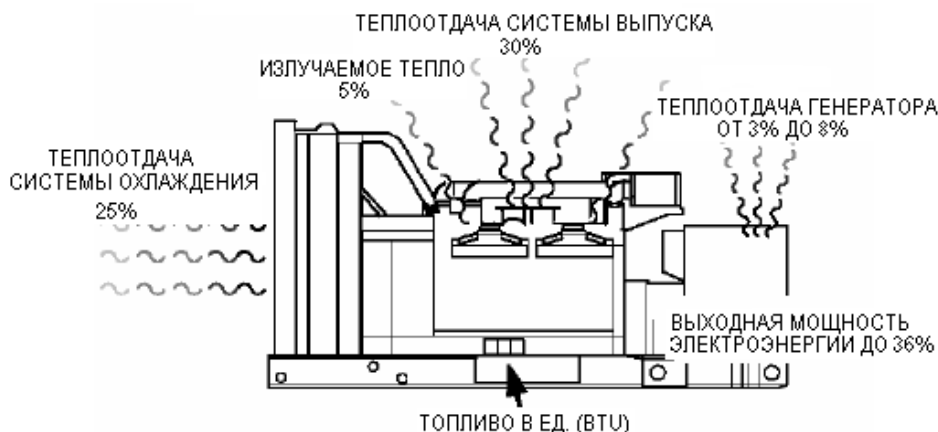


Рис. 6–14. Тепловой баланс типовой генераторной установки

Типы систем охлаждения

Двигатели для привода генераторных установок используют несколько различных типов систем охлаждения. Все двигатели используют систему охлаждения водяной рубашкой для охлаждения блока цилиндров и головки (или головок) блока. Помимо этого, многие генераторные установки используют систему ОНВ, чтобы охладить воздух, поступающий в цилиндры для сгорания после выхода с турбокомпрессора. Это поддерживает температуру впускного коллектора на тех уровнях, которые требуются для удовлетворения стандартов по выбросам.

Системы охлаждения генераторных установок могут быть:

- без охлаждения наддувочного воздуха;
- с системой ОНВ водяной рубашкой (JWAC)
- с системой ОНВ класса «воздух-воздух» (ATA)
- с одним насосом и двумя контурами охлаждения (1P2L)
- с двумя насосами и двумя контурами охлаждения (2P2L).

Для получения дополнительной информации об этих системах свяжитесь с местным дистрибьютором фирмы Cummins, который предоставит доступ к Бюллетеням по применению и адаптации двигателей (AEBs).

Когда при одном вентиляторе охлаждения водяной радиатор стоит вплотную с радиатором ОНВ холодного контура охлаждения, то радиатор ОНВ следует размещать перед водяным радиатором для обдува первого самым холодным потоком воздуха. Не применяйте системы класса «воздух-воздух» (ATA) или системы с одним насосом и двумя контурами охлаждения (1P2L) для установок с дистанционным охлаждением.

Без охлаждения наддувочного воздуха

Этим двигателям не требуется охлаждение наддувочного воздуха для поддержания низкой температуры во впускном коллекторе. Для блока цилиндров, головки блока цилиндров и моторного масла используется система охлаждения водяной рубашкой.

Охлаждение наддувочного воздуха класса «вода-воздух» (JWAC)

В системах охлаждения наддувочного воздуха водяной рубашкой двигателя (JWAC) используется та же самая ОЖ, которая охлаждает блок цилиндров и головки блока цилиндров двигателя, а до этого охлаждает воздух для сгорания, поступающий во впускной коллектор. Потоки ОЖ в системе охлаждения водяной рубашкой двигателя и концевым охладителем ОНВ действуют совместно, а для всей системы используется насос водяного охлаждения двигателя. По своей конструкции эта система является традиционной для одиночного внешнего радиатора или теплообменника, где применяется общая теплоотдача ОЖ двигателя.

ОНВ класса «воздух-воздух» (ATA)

Системы охлаждения класса «воздух-воздух» (ATA) обеспечивают один подход для достижения низкотемпературного охлаждения в холодном контуре (LTA), необходимое для удовлетворения текущих норм по выбросам. Наддувочный воздух поступает на один или несколько охладителей класса «воздух-воздух», монтируемых на радиаторе охлаждения. См. Рис. 6–15.

Эти системы не рекомендуются для дистанционно расположенных охладителей по двум причинам:

- Трубопроводы и радиатор всей системы работают под давлением, создаваемым турбокомпрессором (величина которого в зависимости от модели двигателя может превышать 276 кПа).
- Длина воздушного трубопровода, идущего к радиатору и от него назад, будет создавать временную задержку в параметрах работы турбокомпрессора и может привести к пульсации давления, что нарушает полноценную работу системы наддува.

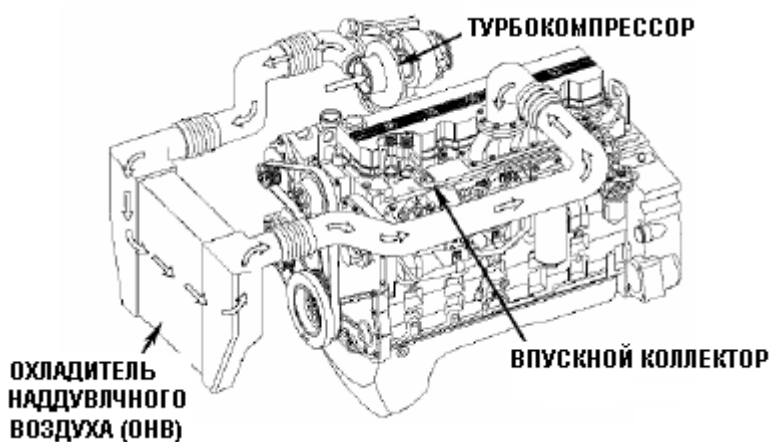


Рис.6–15. Типовая установка с использованием системы охлаждения наддувочного воздуха класса «воздух-воздух» (система водяного охлаждения для ясности опущена)

Системы охлаждения с одним насосом и двумя контурами (1P2L)

Другим подходом для достижения низкотемпературного охлаждения воздуха (LTA) является использование системы 1P2L. Эти системы используют 2 контура охлаждения и 2 сердцевины радиатора, но только один насос ОЖ. Такие системы обычно не рекомендуются для установок с дистанционным охлаждением из-за трудности достижения сбалансированных потоков ОЖ и надлежащего охлаждения каждого контура.

Системы охлаждения с двумя насосами и двумя контурами (2P2L)

Еще одним решением вопроса по достижению низкотемпературного охлаждения (LTA) в холодном контуре ОНВ является использование системы 2P2L. На **Рис. 6–16** представлена структурная схема типовой системы 2P2L. Эти системы применяют 2 полностью изолированных друг от друга контура охлаждения с 2 сердцевинами радиатора, 2 насосами, в каждом из которых циркулирует своя собственная охлаждающая жидкость. Одни из контуров охлаждает блок цилиндров двигателя и головку (головки) блока, а второй охлаждает воздух для сгорания, поступающий с выхода турбокомпрессора. Для дистанционных систем, двигатели с такой системой требуют 2 отдельные сердцевины радиатора или теплообменники. Каждая будет иметь свои собственные технические условия по таким параметрам, как температура, ограничения по давлению, теплоотдача и т.д.

Для регулирования температуры во впускном коллекторе системы 2P2L должны снабжаться термостатическим перепускным клапаном и обходной линией.

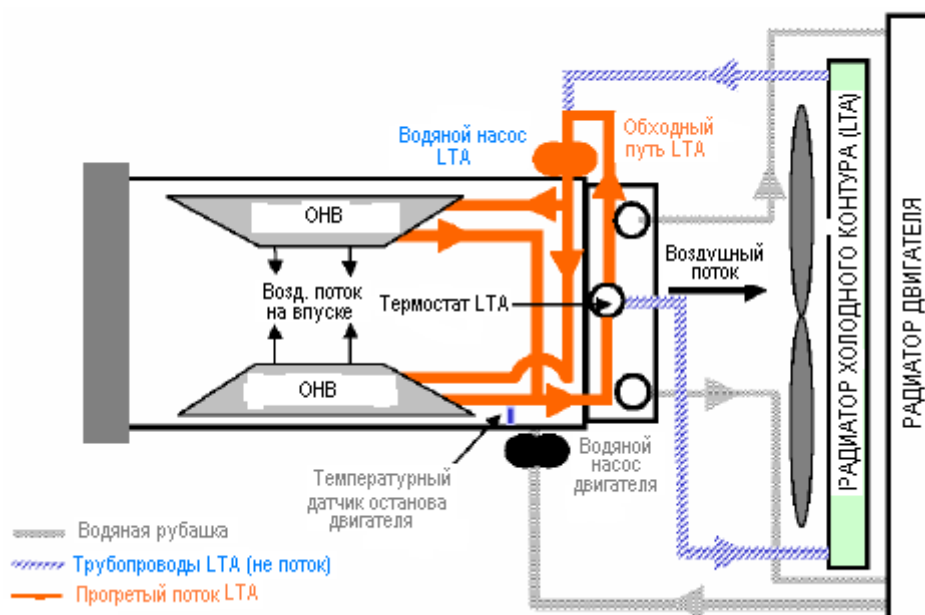


Рис. 6-16. Потоки ОЖ при закрытом термостате холодного контура (LTA) в системе 2P2L

Некоторые генераторные установки оснащаются специфической системой охлаждения, которая именуется системой с 2 насосами и 2 контурами охлаждения - "2P2L", но на деле у этой системы нет 2-х полностью разделенных контуров. Такие системы используют один водяной насос с двумя крыльчатками. Ввиду небольшого количества перекачиваемой насосом ОЖ система должна либо использовать один деаэрационный бак или два соединенных бака. Это необходимо для поддержания требуемого уровня ОЖ в каждом контуре охлаждения. См. с. 6-39, [Требования к деаэрационному баку](#).

Системы охлаждения, поставляемые изготовителем установки

Системы охлаждения, поставляемые изготовителем генераторной установки, включают как радиаторы, так и теплообменники. Основное преимущество смонтированной на установке системы охлаждения заключается в том, что в этом случае огромный объем работ по проектированию конструкции и монтажу уже сделан. Заказчикам, устанавливающим выносную систему охлаждения, придется учесть множество требований, которые уже имеют техническое решение в системах, поставляемых заводом-изготовителем генераторной установки.

Вторым преимуществом систем, поставляемых изготовителем оборудования, является то, что они представляют собой образцы, подвергнутые испытаниям, чтобы подтвердить общие эксплуатационные характеристики оборудования.

Радиатор, смонтированный на генераторной установке

Генераторная установка со смонтированным на ней радиатором, имеет интегрированную систему охлаждения и вентиляции. См. **Рис. 6-17**. Вентилятор охлаждения радиатора обычно имеет механический привод от двигателя, но в некоторых применениях используются и электрические вентиляторы.

Требование смонтированного на установке радиатора - это перемещение относительно большого объема воздуха через зону, в которой размещена генераторная установка. Воздух должен поступать, чтобы отводить тепло, выделяемое нагретым оборудованием и поддерживать сгорание топлива. Это может быть требованием по обеспечению большого расхода воздуха и может привести к принятию решения о применении выносной системы охлаждения. Однако даже если используется выносная система, то расход воздуха, необходимый для отвода тепла и обеспечения подачи воздуха для сгорания топлива, будет значительным, и для этого потребуются адекватная система вентиляции. См. в настоящем Руководстве раздел **Вентиляция**, где приведена дополнительная информация. При использовании систем, где радиатор смонтирован на установке, вентилятор двигателя будет зачастую обеспечивать достаточную вентиляцию, устраняя необходимость в использовании каких-то дополнительных вентиляционных устройств и систем.

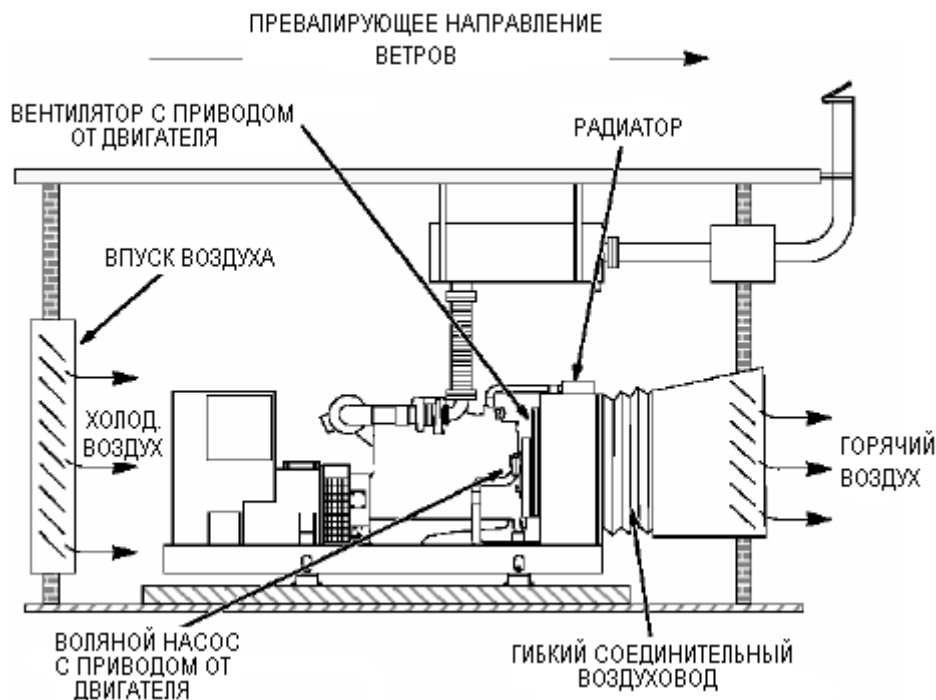


Рис. 6–17. Охлаждение смонтированным на установке радиатором, поставленным изготовителем генераторной установки

Теплообменник, смонтированный на установке

При использовании теплообменников тепло отводится от ОЖ двигателя в закрытой системе за счет неочищенной сырой воды от одобренного источника водоснабжения. Двигатель, насос и теплообменник формируют закрытую систему охлаждения, находящуюся под избыточным положительным давлением. На **Рис. 6–18.** показано, что ОЖ двигателя и сырая вода не смешиваются.

- Установка должна удовлетворять требованиям по стоку сырой воды, давлению и температурным пределам, указанным в **Справочном листке технических данных генераторной установки.**
- Сырая вода должна быть защищена от замерзания.
- Перед проектированием и установкой системы охлаждения, которая забирает и/или спускает воду в муниципальную систему водоснабжения, реку или иной источник водоснабжения, необходимо проконсультироваться по этому вопросу с местными органами.
- Установка должна иметь достаточную систему вентиляции.
- В зависимости от качества сырой воды для охлаждения следует уделить внимание материалу трубы или пластины теплообменника.

Учет дополнительных аспектов по стороне сырой воды теплообменника:

- Для изменения скорости потока и реагирования на изменения температуры ОЖ можно использовать термостатический водяной клапан.
- Для перекрытия воды, когда установка не работает, можно использовать нормально закрытый отсечной клапан, запитываемый от батареи (для удержания клапана в закрытом состоянии питание на него от батареи не поступает.)
- Потенциальными источниками сырой воды для теплообменника являются коммунальные системы водоснабжения, реки, озера, колодцы, градирни и другие.
- Применение градирни потребует экстенсивной поддержки от поставщиков оборудования и при инженерной консультации при проектировании и монтаже установки.

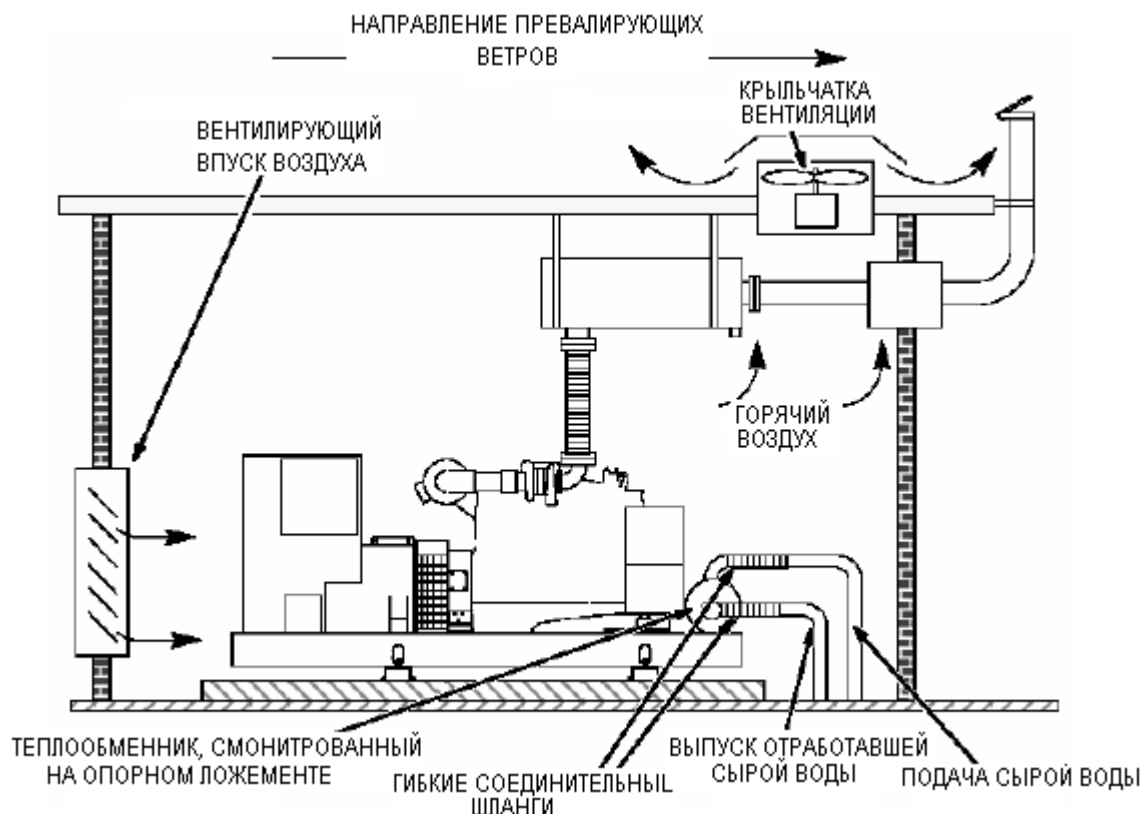


Рис. 6-18. Охлаждение с помощью теплообменника, смонтированного на установке.

Выбор теплообменника для охлаждения генераторной установки позволяет снять с установки вентилятор охлаждения радиатора. Моторный отсек потребует применения мощной системы вентиляции, чтобы отводить тепло и обеспечивать двигатель воздухом для сгорания топлива. Дополнительные подробности см. в данном разделе главы **Вентиляция**.

Теплообменники предназначены для работы с источником постоянного водоснабжения чистой водой определенной температуры. При выборе теплообменника следует учитывать качество сырой воды, поскольку загрязняющие вещества могут привести к деградации материала и снижению срока службы теплообменника. В связи с этим может потребоваться теплообменник, изготовленный из высококачественного материала.

Расчеты:

Расход сырой воды должен быть достаточен, чтобы обеспечить **Теплоотдачу в ОЖ**, значение которого указано в **Справочном листке технических данных генераторной установки**.

$$RWR = \frac{HR}{(\Delta T)(C)}$$

где RWR = Raw Water Required (Требуемый расход воды), галлонов/мин (литров/мин)

HR = Heat Rejection to Coolant (Теплоотдача в ОЖ), BTU/мин (кДж/мин)

ΔT = перепад температуры воды через сердцевину охладителя, °F (°C)

C = удельная теплоемкость воды, 8 BTU/°F/галлон (4 кДж/°C/литр)

Например, допустим, что **Справочный листок с техническими данными генераторной установки** указывает, что теплоотдача установки составляет 15340 BTU/мин (16185 кДж/мин), а температуры воды на входе 80°F (27°C). Допустим также, что отработанная сырая вода сливается в близлежащую реку, и что местное законодательство ограничивает температуры сливаемой воды до 95°F (35°C). Требуемый поток сырой воды определяется следующими уравнениями:

$$RWR = \frac{15,340 \text{ BTU}/\text{min}}{(15^\circ\text{F})(8 \text{ BTU}/^\circ\text{F} \cdot \text{gallon})} = 128 \frac{\text{gallon}}{\text{min}}$$

или

$$RWR = \frac{16,185 \text{ kJ}/\text{min}}{(8^\circ\text{C})(4 \text{ kJ}/^\circ\text{C} \cdot \text{liter})} = 506 \frac{\text{liter}}{\text{min}}$$

Помните о том, что теплообменники имеют требования по минимальному расходу (значение которого приведено в **Справочном листке технических данных генераторной установки**). Эти требования должны быть удовлетворены, даже если вышеприведенные расчеты показывают, что достаточен и небольшой расход.

Системы охлаждения от других поставщиков

При использовании систем охлаждения от других поставщиков необходимо дать оценку нескольким элементам конструкции, которые учтены в системах охлаждения, поставляемых изготовителем установки. Эти элементы конструкции включают в себя, но ограничиваются, следующими факторами:

- Тип используемой системы
- Охлаждение топлива
- Деаэрация системы, вентиляция и т.д.
- Установки с вынесенной системой охлаждения должны иметь полноценную систему вентиляции помещения, где находится генераторная установка.

Вынесенные системы охлаждения часто используются в тех случаях, когда непрактично создавать достаточный приток воздуха для вентиляции системы с радиатором, смонтированным на генераторной установке. Дистанционные системы охлаждения не устраняют необходимость вентиляции генераторной установки, но они могут ее снизить. Генераторная установка все еще будет отдавать тепло в окружающее пространство, и это тепло должно быть отведено. Дополнительную информацию см. в главе **Вентиляция** настоящего Раздела.

Характеристики систем дистанционного охлаждения включают в себя:

- Способность подачи воздуха с температурой окружающей среды на сердцевину радиатора;
- Гибкость в компоновке системы на объекте
- Улучшенные удобства для обслуживания в зависимости от выполненного монтажа установки.

Определение стратегии по использованию вынесенной системы охлаждения

Вынесенные радиаторы (либо в сочетании со стандартным водяным насосом двигателя, либо со вспомогательным водяным насосом) и теплообменниками можно использовать для дистанционного охлаждения генераторной установки.

Решение о том, какой тип системы использовать, часто диктуется ограничениями по статическому напору и потерям напора на трение водяного насоса двигателя, как это дается в **Справочном листке технических данных генераторной установки**. Примеры см. на **Рис.6–19** и **Рис. 6–20**.

Harmonization Frequency Variation
Radio Frequency Interference

IEC 801.3. Level 3 Radiated Emissions (EMC)
IEC 801.4. Level 4 Electrical Fast Transients
IEC 801.5. Level 5 Voltage Surge Immunity
MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	22.6 (16.9)	22.6 (16.9)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	196.0 (741.9)	196.0 (741.9)
Heat Rejected To Coolant, Btu/min (MJ/min)	16350.0 (17.3)	14350.0 (15.2)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	6100.0 (6.5)	5540.0 (5.9)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	10.0 (68.9)	10.0 (68.9)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air	Standby	Prime
Combustion Air, scfm (m ³ /min)	1517.0 (42.9)	1455.0 (41.2)
Alternator Cooling Air, scfm (m ³ /min)	4158.0 (117.8)	4158.0 (117.8)
Radiator Cooling Air, scfm (m ³ /min)	27200.0 (769.8)	27200.0 (769.8)
Max. Static Restriction in H ₂ O (Pa)	0.50 (124.50)	0.50 (124.50)

Rating Definitions
Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No long-term overloaded capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel Standard in accordance with ISO 8545, A82299.)

Рис. 6–19. Лист с техническими условиями генераторной установки модели DFXX, где дается «Максимальный статический напор ОЖ».

Harmonization Frequency Variation
Radio Frequency Interference

IEC 801.3. Level 3 Radiated Emissions (EMC)
IEC 801.4. Level 4 Electrical Fast Transients
IEC 801.5. Level 5 Voltage Surge Immunity
MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	22.6 (16.9)	22.6 (16.9)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	196.0 (741.9)	196.0 (741.9)
Heat Rejected To Coolant, Btu/min (MJ/min)	16350.0 (17.3)	14350.0 (15.2)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	6100.0 (6.5)	5540.0 (5.9)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	10.0 (68.9)	10.0 (68.9)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air	Standby	Prime
Combustion Air, scfm (m ³ /min)	1517.0 (42.9)	1455.0 (41.2)
Alternator Cooling Air, scfm (m ³ /min)	4158.0 (117.8)	4158.0 (117.8)
Radiator Cooling Air, scfm (m ³ /min)	27200.0 (769.8)	27200.0 (769.8)
Max. Static Restriction in H ₂ O (Pa)	0.50 (124.50)	0.50 (124.50)

Rating Definitions
Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No long-term overloaded capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel Standard in accordance with ISO 8545, A82299.)

Рис. 6–20. Лист с техническими условиями генераторной установки модели DFXX, где указаны «Максимальные потери напора ОЖ на трение».

Применение вынесенных радиаторов удобно, т.к. они не требуют непрерывного потока сырой воды, который нужен для теплообменников. Однако вынесенные радиаторы часто оказываются не практичными, поскольку могут потребовать своего размещения на значительном расстоянии от генераторной установки, чтобы обеспечить непрерывный приток свежего воздуха. Это часто ведет к нарушению ограничений по статическому напору и потерям на трение водяного насоса двигателя..

Если установка вынесенного радиатора будет нарушать предельные значения по статическому напору и потерям на трение водяного насоса, то в таких случаях можно применить теплообменник. Имейте в виду, что теплообменник потребует непрерывного водоснабжения сырой воды, который отвечает требованиям по расходу, температуре и давлению. Теплообменник потребует установки в таком месте, которое одновременно удовлетворяет предельным ограничениям по напору водяного насоса, так и требованиям к водоснабжению сырой водой самого теплообменника. См. с. 6-29 [Теплообменник, смонтированный на установке](#), и с. 6–39 [Вынесенный теплообменник](#).

Определение статического напора водяного насоса двигателя

“Статический напор” представляет собой статическое давление на водяной насос двигателя из-за высоты расположения дистанционной системы охлаждения. Статический напор – это разность по высоте между наивысшей точкой системы охлаждения и осевой линией коленчатого вала. Разберите пример, показанный на **Рис. 6–21**. Для генераторной установки модели DFXX **Справочный листок с техническими данными**, показанный на **Рис. 6–19**, говорит о том, что расстояние по вертикали должно быть меньше или равно 60 футам (18,3 м).

Определение внешних потерь напора на трение двигателю на водяном насосе.

“Внешние потери напора на трение двигателю” представляет собой потери, создаваемые в трубопроводах системы охлаждения, клапанах, сердцевине радиатора, теплообменником или любым другим оборудованием системы охлаждения, смонтированным вне двигателя. Чтобы оценить эти потери, можно выполнить следующие расчеты. В этих расчетах определяются потери давления, создаваемые каждым элементом системы, а затем складываются все потери, чтобы получить общие потери напора на трение.

7. Определим потери давления в радиаторе или теплообменнике, сославшись на данные изготовителя. Например, допустим, что необходимо установить вынесенный радиатор, и что перепад давления через радиатор составляет 1,5 psi (10,3 кПа) при расходе 196 галлонов в минуту (741,9 л/мин).
8. Найдем общую длину всех прямолинейных трубопроводов системы охлаждения. Для данного примера допустим, что их длина составляет 80 футов (24,4 м) для прямой трубы диаметром 3 дюйма (80 мм).

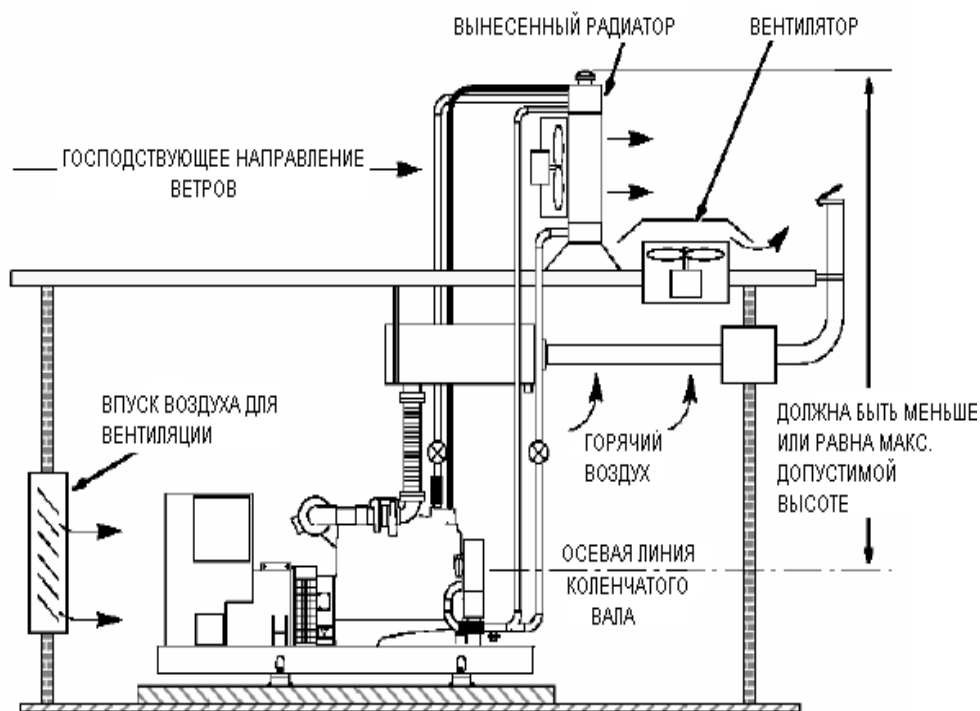


Рис. 6–21. Пример системы охлаждения с вынесенным радиатором

9. Найдем расчетные эквиваленты длины всех фитингов и клапанов, используя для этого **Таблицу 6–3** и добавим к общей эквивалентной длине прямолинейной трубы. Для данного примера допустим, что в системе имеется 3 колена с большим радиусом изгиба, 2 запорных крана для разобщения радиатора двигателя при обслуживании и тройник для подключения к линии залива ОЖ.

Компонент:

3 колена с большим радиусом изгиба
2 запорных крана (открыты)
Тройник (с прямым отводом)
Прямая труба длиной 80 футов (24,4 м)
Общая эквивалентная длина труб

Эквивалентная длина, футы (метры)

3 x 5,2 футов = **15,6 футов** (3 x 1,6 м = **4,8 м**)
2 x 1,7 футов = **3,4 фута** (2 x 0,5 м = **1,0 м**)
5,2 фута (1,6 м)
80 футов (24,4 м)
104,2 футов (31,8 м)

10. Найдем потери давления при заданном расходе на единицу длины трубы для нормального диаметра трубы, используемого в системе. В данном примере используется труба с номинальным диаметром 3 дюйма (80 мм). Из **Рис.6-23** видно, что 3-х дюймовая труба (80 мм) создает потери давления примерно в 4,0 psi на 100 футов трубы (или 28 кПа на 30 метров длины) при требуемом расходе ОЖ 196 галлонов в минуту (741,9 л/мин). Из **Справочного листка технических данных генераторной установки**, приведенного на **Рис. 6-22**, получим требуемый расход ОЖ.

11. Рассчитаем потери давления в трубопроводах, как показано ниже:

$$\text{Потери давления} = 31,8 \text{ м} \left(\frac{28 \text{ кПа}}{30 \text{ м}} \right) = 29,7 \text{ кПа}$$

12. Общие потери напора на трение – это сумма потерь в трубопроводах и радиаторе. Пример:

$$\text{Потери напора на трение} = 29,7 \text{ кПа} + 10,3 \text{ кПа} = 40 \text{ кПа}.$$

Сравним рассчитанное нами значение с **Максимальными внешними потерями напора на трение для двигателя**, указанными в **Справочном листке технических данных генераторной установки**. Если рассчитанное давление превышает максимально допустимый предел, то потребуются дополнительные корректировки, которые могут включать в себя:

- Переместить генераторную установку и/или радиатор или теплообменник, чтобы уменьшить расстояние между ними.
- Использовать трубопроводы системы охлаждения большего диаметра.
- Внести поправки в конструкцию, чтобы как можно меньше использовать изгибы труб.
- Установить вспомогательный водяной насос.

Для примера установки DFXH **Справочный листок с техническими данными генераторной установки**, приведенный на **Рис.6-20**, показывает, что **Максимальные внешние потери на трение для двигателя** равны 10 psi (68,9 кПа). Поскольку рассчитанное значение меньше, чем максимально допустимый предел, то по конструкции систему следует считать приемлемой. После монтажа системы охлаждения эти выводы следует экспериментально перепроверить. Свяжитесь с местным дистрибьютором фирмы *Cummins* и получите от него соответствующий бюллетень по адаптации двигателя (АЕВ).

ТИП ФИТИНГА	НОМИНАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР ТРУБЫ В ДЮЙМАХ (МИЛЛИМЕТРАХ)										
	1/2 (15)	3/4 (20)	1 (25)	1-1/4 (32)	1-1/2 (40)	2 (50)	2-1/2 (65)	3 (80)	4 (100)	5 (125)	6 (150)
Стандартное колено под 90° или отвод тройника 1/2	1.5 (0.5)	2.1 (0.6)	2.6 (0.8)	3.5 (1.1)	4.3 (1.3)	5.5 (1.7)	6.5 (2.0)	8.0 (2.4)	11 (3.4)	14 (4.3)	16 (4.9)
Колено 90° с больш. изгиб./тройник с прям.отводом	1.0 (0.3)	1.4 (0.4)	1.6 (0.5)	2.4 (0.7)	2.7 (0.8)	3.5 (1.1)	4.2 (1.3)	5.2 (1.6)	7.0 (2.1)	9.0 (2.7)	11 (3.4)
Колено под 45°	0.8 (0.2)	1.0 (0.3)	1.3 (0.4)	1.6 (0.5)	1.9 (0.6)	2.5 (0.8)	3.0 (0.9)	3.8 (1.2)	5.0 (1.5)	6.3 (1.9)	7.5 (2.3)
Сомкнутое обратное колено	3.5 (1.1)	4.8 (1.5)	6.0 (1.8)	8.5 (2.6)	9.9 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)	18 (5.5)	24 (7.3)	31 (9.4)	37 (11.3)
ТРОЙНИК, боковой вход или выход	3.1 (0.9)	4.0 (1.2)	5.6 (1.7)	7.2 (2.2)	9.0 (2.7)	12 (3.7)	14 (4.3)	17 (5.2)	22 (6.7)	27 (8.2)	33 (10.1)
Клапан в нижнем конце трубы или сетчатый фильтр	3.7 (1.1)	4.9 (1.5)	7.5 (2.3)	8.9 (2.7)	11 (3.4)	15 (4.6)	18 (5.5)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11.0)	46 (14.0)
Поворотный обратный клапан	3.8 (1.2)	5.0 (1.5)	6.5 (2.0)	9.0 (2.7)	10 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)	19 (5.8)	26 (7.9)	33 (10.1)	40 (12.2)
Шаровой обратный клапан, полностью открытый	16 (4.9)	21 (6.4)	26 (7.9)	39 (11.9)	45 (13.7)	55 (16.8)	67 (20.4)	82 (25.0)	110 (33.5)	140 (42.7)	165 (50.3)
Угловой клапан, полностью открыт	8.3 (2.5)	11.5 (3.5)	15 (4.6)	18 (5.5)	22 (6.7)	27 (8.2)	33 (10.1)	41 (12.5)	53 (16.2)	70 (21.3)	85 (25.9)
Запорный клапан, полностью открыт	0.4 (0.1)	0.5 (0.2)	0.6 (0.2)	0.8 (0.2)	1.0 (0.3)	1.2 (0.4)	1.4 (0.4)	1.7 (0.5)	2.3 (0.7)	2.9 (0.9)	3.5 (1.1)

Таблица 6-3. Эквивалентные длины трубных фитингов и клапанов в футах (метрах)⁸.

⁸ Для документирования этих значений сотрудники фирмы Cummins могут получить доступ к Техническому отчету Cummins 9051-2005-005.

Общие требования для всех систем охлаждения от других поставщиков

Независимо от типа системы, смонтированной на объекте с генераторной установкой для ее охлаждения, к ним применимы следующие требования и рекомендации. Первое требование к конструкции заключается в том, чтобы ограничить температуру ОЖ на выходе из двигателя до «Максимальной температуры верхнего бака», значение которой указано в **Справочном листке технических данных генераторной установки**. Значения «Теплоотдачи в ОЖ» и «Расхода ОЖ» также указаны в **Справочном листке технических данных генераторной установки**, и вся эта информация потребуется для выбора соответствующего радиатора или теплообменника.

- Система должна быть спроектирована так, чтобы ограничить температуру ОЖ на выходе из двигателя до «Максимальной температуры верхнего бака», значение которой указано в **Справочном листке технических данных генераторной установки**.
- Системы ОНВ холодного контура охлаждения (LTA) должны удовлетворять требованиям к контуру ОНВ, указанные в **Справочном листке технических данных генераторной установки**.
- Водяной насос двигателя должен всегда находиться под избыточным (положительным) напором. Отрицательное давление (разрежение) может привести к кавитации и выходу из строя насоса.
- Суммируйте электрические нагрузки на вентилятор охлаждения вынесенного радиатора, вентилятор системы вентиляции, насосы ОЖ и другое вспомогательное оборудование до требования полной нагрузки генераторной установки.
- Проектируйте систему с расчетом на 115% охлаждающей способности, чтобы не допустить преждевременную деградацию системы. Когда система очищается в соответствии с методами и периодичностью, рекомендованными изготовителем, то всегда будет обеспечена ее 100% эффективность. Это особенно важно для генераторных установок, смонтированных в запыленной или загрязненной среде.

Radiation Frequency Variation
Radio Frequency Interference

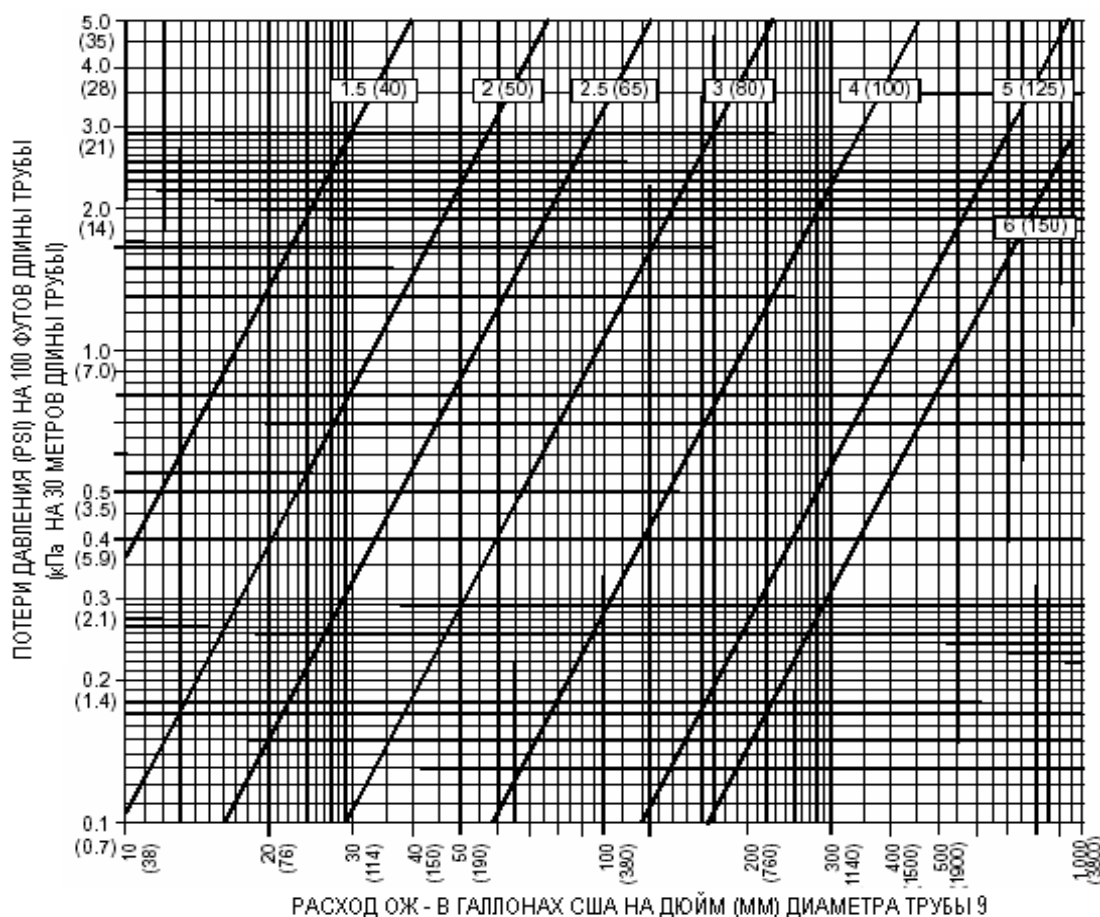
IEC 801.3, Level 3 Radiated Emissions
IEC 801.4, Level 4 Electrical Fast Transients
IEC 801.5, Level 5 Voltage Surge Immunity
MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	22.6 (16.9)	22.6 (16.9)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	196.0 (741.9)	196.0 (741.9)
Heat Rejected to Coolant, Btu/min (MJ/min)	16350.0 (17.3)	14350.0 (15.2)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	6100.0 (6.5)	5540.0 (5.9)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	10.0 (68.9)	10.0 (68.9)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air	Standby	Prime
Combustion Air, scfm (m³/min)	1517.0 (42.9)	1455.0 (41.2)
Alternator Cooling Air, scfm (m³/min)	4158.0 (117.8)	4158.0 (117.8)
Radiator Cooling Air, scfm (m³/min)	27200.0 (769.8)	27200.0 (769.8)
Max. Static Restriction in H ₂ O (Pa)	0.50 (124.50)	0.50 (124.50)

Rating Definitions
Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No sustained overloading capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel Standard in accordance with ISO 8545, A82299.)

Рис. 6–22. Справочный листок технических данных генераторной установки DFX с данными о «Расходе ОЖ»

Рис. 6-23. Потери давления на трение на дюйм (мм) диаметра труб⁹

Соединения и обвязка системы

Правильная обвязка вынесенной системы охлаждения чрезвычайно важна. ОЖ должна свободно идти по трубам и радиатору / теплообменнику и другому внешнему оборудованию системы до водяной рубашки охлаждения двигателя. Трение или сопротивление, создаваемое этим потоком ОЖ, имеет очень важное значение, потому что затрудняет работу водяного насоса двигателя и прохождение этого потока через водяную рубашку. **Справочный листок с техническими данными генераторной установки** показывает, что поток ОЖ двигателя идет при двух отдельных внешних сопротивлениях. Это говорит проектировщику системы о взаимодействии между потоком ОЖ и внешним сопротивлением, и создает для него условия для некоторых «догадок», выходящих за пределы процесса проектирования. Здесь необходимо применить следующие требования:

- Максимально допустимые значения статического напора и потерь на трение не должны быть превышены. См. с.6-31, [Определение стратегии по использованию вынесенной системы охлаждения](#).
- Внешняя трубная обвязка, идущая к двигателю, должна иметь тот же самый или больший диаметр, чем диаметры входных и выходных соединений.
- Перед монтажом и соединением с генераторной установкой внешние трубопроводы и патрубки системы охлаждения должны быть хорошо очищены.
- Необходимо учесть тепловое расширение трубопроводов и патрубков системы охлаждения.
- Линии системы охлаждения должны иметь надежную конструкцию и жесткость из стальных труб или трубы марки 40 (за исключением требований к соединениям, подробное описание которых приводится ниже).
- Соединения между генераторной установкой и вынесенной системой охлаждения должны быть рассчитаны на давление и температуру ОЖ.

⁹ Для документирования этих значений сотрудники фирмы Cummins могут получить доступ к Техническому отчету Cummins 9051-2005-005.

- Соединения должны также выдерживать вибрацию, создаваемую в процессе работы двигателя и его перемещений при запуске и останове. Необходимо применять гибкие соединения из нержавеющей стали или шланги с двойными хомутами.
- Там, где используются, соединительные шланги должны соответствовать требованиям стандарта SAE J20R1 или его эквивалентам, и рассчитаны на давление разрыва не ниже 75 psi (518 кПа) и температуру от -40°F (-40°C) до 250°F (121°C). При верхнем размещении радиатора рекомендуется использовать шланги, выдерживающие давление на разрыв в 100 psi (691 кПа).
- Соединительные шланги на всасывающей стороне водяного насоса двигателя должны быть стойкими к смятию и разрушению. Для двигателей средней мощности следует применять шланги, удовлетворяющие требования стандарта SAE J20R1.
- Соединительные шланги системы охлаждения должны стягиваться хомутами с Т-образным болтом или хомутами с постоянной затяжкой. Хомуты с червячной системой затяжки не приемлемы. Если используется жесткий стальной патрубок, то он должен иметь выступающий ободок.

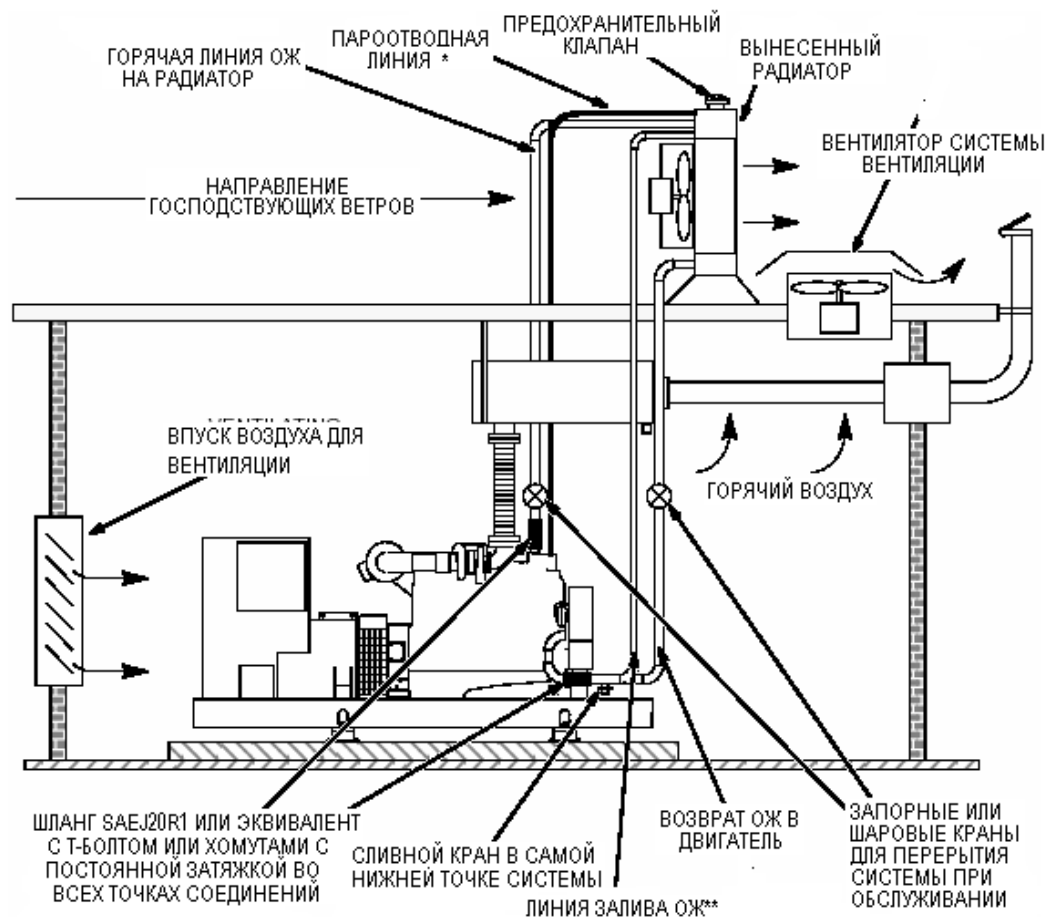
Вынесенный радиатор

Применение вынесенного радиатора для охлаждения генераторной установки должно быть тщательно продумано и спроектировано. На **Рис.6-24** см. пример системы с вертикально монтируемым радиатором, на рис. **Рис.6-25** - с радиатором, смонтированным в горизонтальной плоскости..

Место установки радиатора оказывает значительное влияние на его эксплуатационные характеристики. Например, при установке на крыше (у парковок автотранспорта и т.д.) температуры могут значительно отличаться от значений, указанных в местных погодных отчетах, и этот фактор следует принять во внимание. Температура воздуха на сердцевине радиатора часто отличается от температуры воздуха окружающей среды (см. с.6-46, [Высота и температура окружающей среды](#)).

Направление господствующих ветров также подлежит учету. Чтобы не допустить поток воздуха, противоположный по направлению к вентилятору охлаждения, может потребоваться установка ветрозащитных стен. При размещении установки на крыше ветры могут быть очень сильными и непредсказуемыми из-за соседних строений.

При выборе радиатора должны быть приняты во внимание условия на объекте установки. Сердцевина радиатора с большим числом ребер на дюйм считается не приемлемой для запыленной или песчаной окружающей среды. Любые загрязняющие частицы могут забивать сердцевину радиатора с мелким шагом между ребрами, отрицательно влияя на рабочие характеристики радиатора. Более широкий шаг между ребрами позволит песку и мелким загрязняющим частицам и т.д. свободно проходить через сердцевину радиатора и не задерживаться там.



* - ПАРООТВОДНАЯ ЛИНИЯ НЕ ДОЛЖНА ИМЕТЬ ИЗГИБОВ ИЛИ ПЕТЕЛЬ, КОТОРЫЕ МОГУТ СОБИРАТЬ ОХЛАЖДАЮЩУЮ ЖИДКОСТЬ (ОЖ) И МЕШАТЬ ВЫПУСКУ ВОЗДУХА ИЗ СИСТЕМЫ ПРИ ЕЕ ЗАПОЛНЕНИИ.

** ЛИНИЯ ЗАЛИВА ОЖ ДОЛЖНА БЫТЬ ПРОЛОЖЕНА НЕПОСРЕДСТВЕННО ДО САМОЙ НИЖНЕЙ ТОЧКИ ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ С ТАКИМ РАСЧЕТОМ, ЧТОБЫ СИСТЕМА МОГЛА ЗАПОЛНЯТЬСЯ С САМОЙ НИЖНЕЙ ТОЧКИ И НЕ ДОПУСКАТЬ ОБРАЗОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛОВУШЕК.

Рис. 6-24 Типовая система с вынесенным радиатором

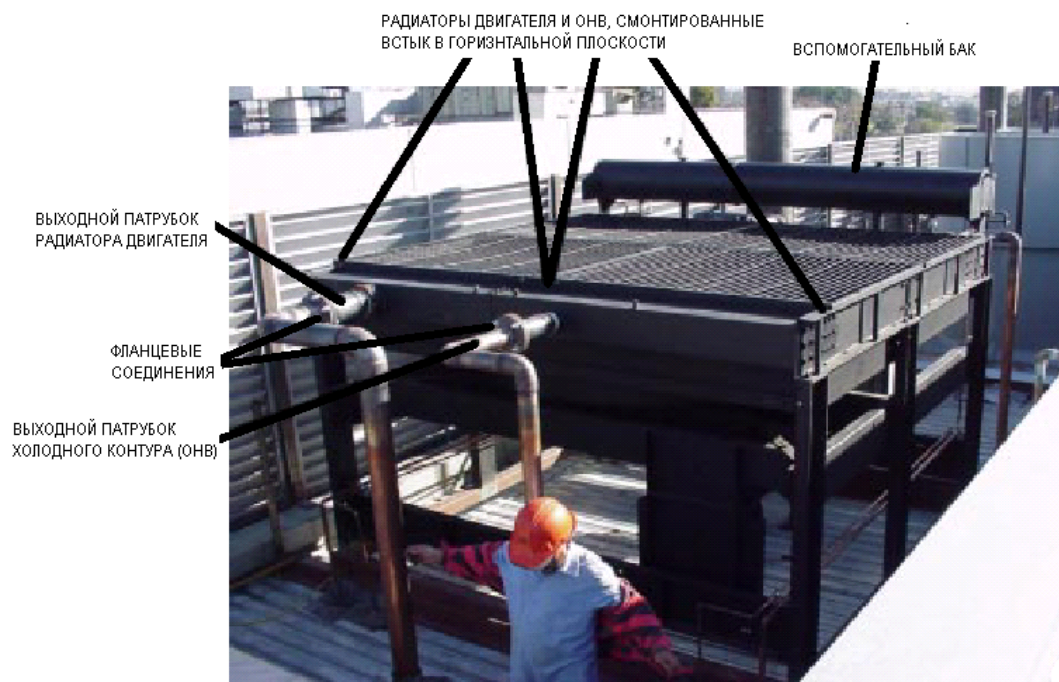


Рис. 6-25 Пример вынесенного радиатора, смонтированного в горизонтальной плоскости

Вынесенный теплообменник

Вынесенный теплообменник может быть использован в качестве альтернативы вместо вынесенного радиатора. Подробности и требования те же самые, что и для теплообменника, монтируемого непосредственно на генераторной установке. См. с.6-29, [Теплообменник, смонтированный на генераторной установке](#).

Системы сдвоенного теплообменника

Системы сдвоенного теплообменника (см. **Рис.6-26**) рекомендуются только тогда, когда абсолютно необходимо разобщить вынесенную систему охлаждения от двигателя в ситуациях, где превышаются ограничения по статическому напору ОЖ на водяном насосе двигателя. Эти системы трудны для проектирования и практической реализации, особенно в тех случаях, если для охлаждения теплообменника на сырой воде используется радиатор. В таких случаях возможно потребуется радиатор несколько большего размера, чем предполагалось, а теплообменник, смонтированный заводом-изготовителем на генераторной установке, вероятнее всего, окажется неадекватным.

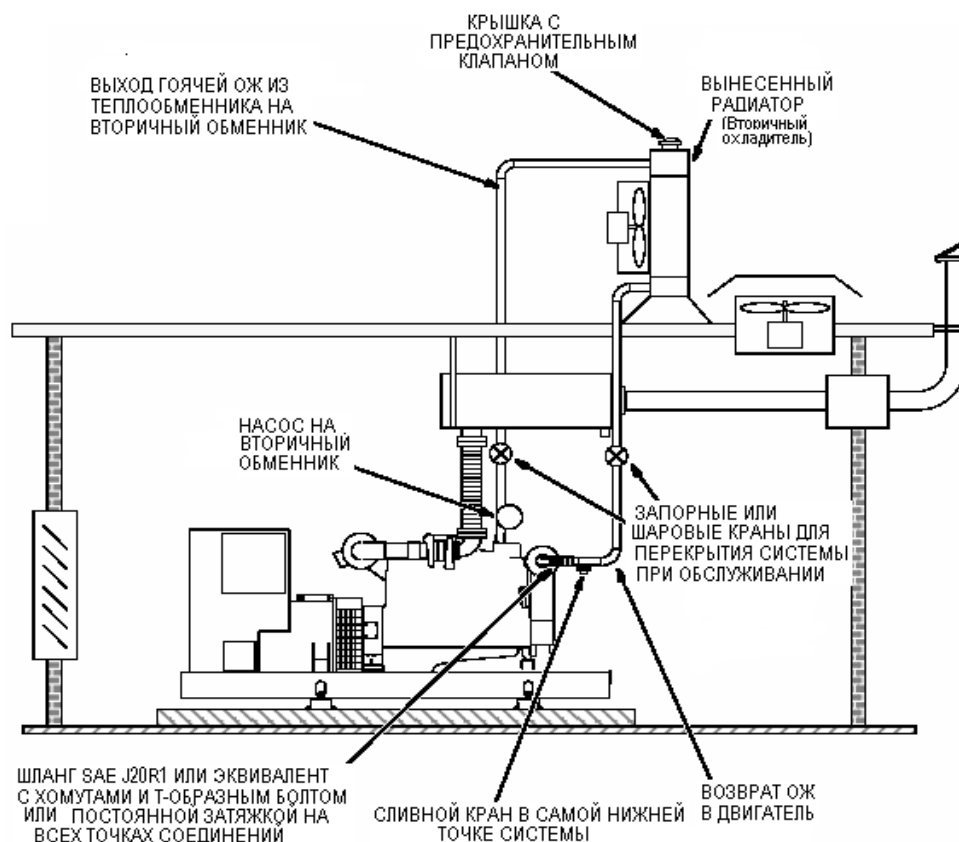


Рис. 6-26. Система сдвоенного теплообменника (со вторичным вынесенным радиатором)

Требования к деаэрационному баку

Воздух, попавший в ОЖ, может создать очень серьезные проблемы:

- Воздух ускоряет эрозию водяных каналов, которые в свою очередь вызывают теплоотдачу и внутренние проблемы с потоком ОЖ. Эти проблемы увеличивают вероятность образования задиров на гильзах, износ колец и растрескивание головки цилиндров.
- Воздух в системе снижает количество тепла, отдаваемого в ОЖ.
- При нагревании воздух расширяется значительно сильнее, чем ОЖ, и это может вызвать потери ОЖ в системе.
- В экстремальных случаях воздух может вызвать потерю способности насоса по перекачке ОЖ, что в результате приведет к серьезной неисправности двигателя.

Нормальная эксплуатация генераторной установки будет приводить к попаданию воздуха в систему охлаждения. Дополнительными источниками попадания воздуха и выхлопных газов в систему охлаждения являются:

- Неправильно выполненная система пароотвода;

- Турбулентность в деаэрационном баке;
- Дефектные прокладки;
- Неисправный сальник водяного насоса
- Течь во втулках форсунок.
- Система должна сама освободиться от попавшего в ОЖ воздуха в течение 25 минут работы двигателя после залива системы ОЖ.

Системы охлаждения с положительной деаэрацией используют герметичный бак, обеспечивающий пространство для деаэрации ОЖ. Подробные данные о том, на каких генераторных установках требуется система положительной деаэрации, можно получить от местного дистрибьютора фирмы *Cummins*.

Деаэрационные баки используются для того, чтобы удалить находящийся в системе воздух. Эти баки функционируют за счет отвода части общего потока ОЖ в относительно низотурбулентное пространство, где воздух отделяется от ОЖ. Затем ОЖ из этого пространства возвращается в систему, чтобы заменить там ранее отведенную ОЖ.

Если установлен общеупотребительный радиатор с вертикальным расположением трубок, то общей практикой является использование интегрированного в систему деаэрационного бака (который также обычно называют верхним баком), аналогичным тому, что показан на **Рис.6–27** и **Рис.6–28**.

Для деаэрации ОЖ установки также можно использовать не интегрированный в систему деаэрационный бак (иначе называемый вспомогательным баком). Образец такой системы показан на **Рис.6–29**.

- Деаэрационный бак должен размещаться в самой высокой точке системы охлаждения.
- Бак должен быть оборудован: заливной горловиной и крышкой с предохранительным клапаном, средством для залива в самой высокой точке, датчиком низкого уровня ОЖ в системе (для двигателей с рабочим объемом от 9 л. и выше). Датчик низкого уровня ОЖ в системе поможет снизить до минимума вероятность повреждения в случае падения давления в системе ниже допустимого предела.
- Вместимость бака должна составлять не менее 17% от общей вместимости системы охлаждения.
- Деаэрационный бак необходимо оборудовать смотровым стеклом для визуального контроля уровня ОЖ.

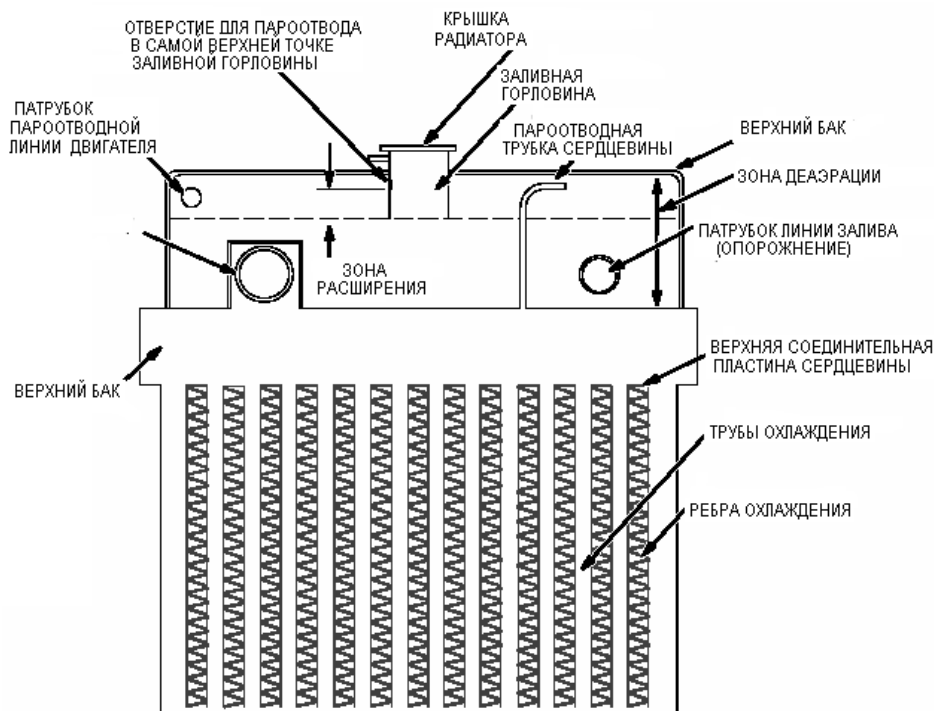


Рис.6-27. Типовая конфигурация интегрированного деаэрационного бака

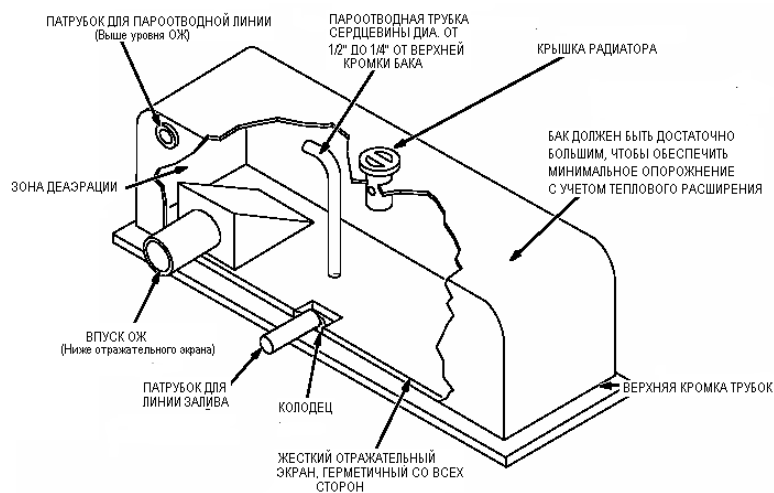
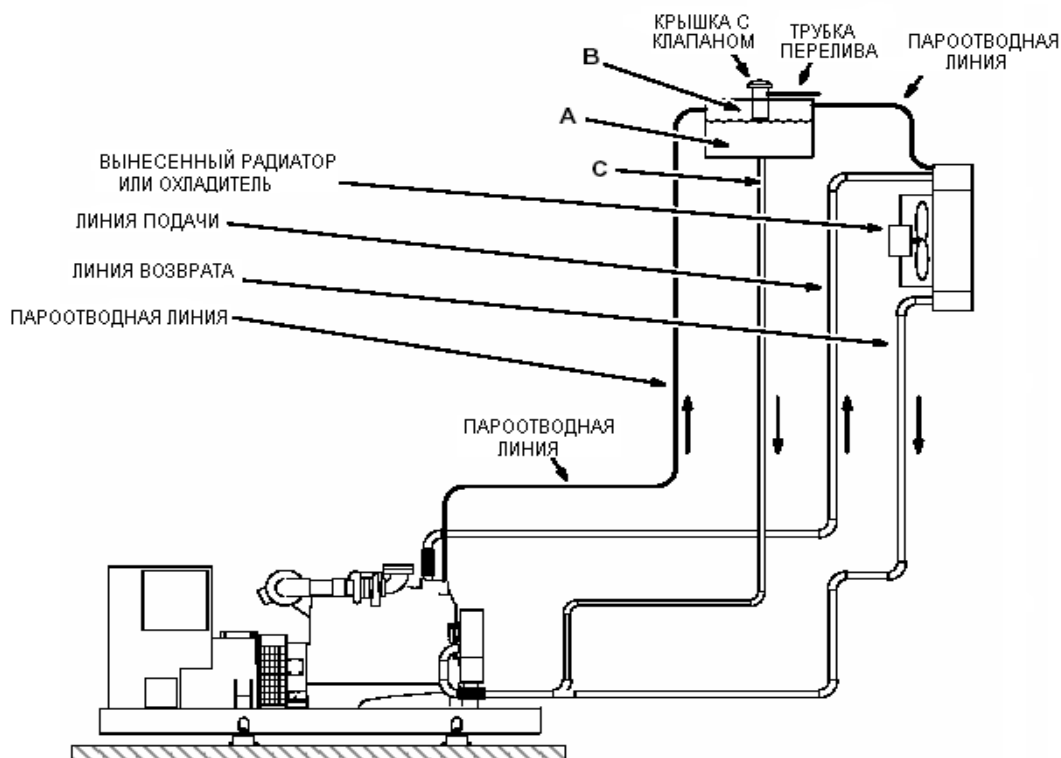


Рис. 6-28. Типовая конфигурация интегрированного деаэрационного бака (сердцевина радиатора для наглядности опущена)



А – РАЗМЕР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО БАКА ДОЛЖЕН ОБЕСПЕЧИВАТЬ РЕКОМЕНДОВАННУЮ ВМЕСТИМОСТЬ ДОПУСТИМОГО ДЕФИЦИТА ОЖ.
В – РАЗМЕР ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ - НА ГЛУБИНУ ПОГРУЖЕНИЯ ЗАЛИВНОЙ ГОРЛОВИНЫ В БАК С ПАРООТВОДНЫМ ОТВЕРСТИЕМ ВБЛИЗИ ВЕРХНЕЙ КРОМКИ БАКА
С – ВОЗВАТНАЯ ЛИНИЯ БАКА ДОЛЖНА ОБЕСПЕЧИТЬ НАПОР ДЛЯ ВСАСЫВАНИЯ НАСОСА. К ЭТОЙ ЛИНИИ НЕЛЬЗЯ ПОДКЛЮЧАТЬ НИКАКОЙ ИНОЙ ОБВЯЗКИ ИЛИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ.

Рис.6–29. Система с вынесенным радиатором и отдельным деаэрационным баком

Допустимый дефицит ОЖ и расширение

Вместимость деаэрационного бака должна быть не менее 17% от общего объема ОЖ в системе. Это обеспечит допустимый дефицит ОЖ в системе на уровне 11% плюс 6% на тепловое расширение.

Допустимый дефицит ОЖ – это количество ОЖ, которое может быть потеряно системой без риска для ее нормальной работоспособности, прежде чем в насос не начнет поступать воздух.

Система должна быть спроектирована таким образом, что после полного заполнения системы холодной ОЖ там останется не менее 6% дополнительного объема, обеспечивающего тепловое расширение. Этот излишек объема определяется правильной установкой заливной горловины. См. “Объем на расширение” на **Рис. 6–27**. Нижняя кромка заливной горловины определяет верхний уровень ОЖ в процессе заполнения системы холодной ОЖ. Пространство между нижней поверхностью верхней кромки бака и нижней кромкой заливной горловины – это и есть объем, имеющийся для теплового расширения ОЖ. Отверстие в верхней части заливной горловины обеспечит пароотвод из-под крышки горловины с клапаном по мере нагрева и расширения ОЖ. Без наличия такого отверстия ОЖ будет расширяться вплоть до верхней кромки заливной горловины и за пределы крышки радиатора.

- Заливная горловина должна иметь пароотводное отверстие диаметром не менее 3 мм, сделанное на боковой стенке горловины и как можно ближе к верхней кромке бака.

Пароотвод

Система пароотвода служит для выполнения двух важных функций:

- Удаления воздуха из двигателя в ходе залива системы ОЖ.
- Непрерывного отвода воздуха в ходе работы генераторной установки.

- Водяная рубашка двигателя и любые высокие точки при обвязке системы должны иметь линии пароотвода в деаэрационный бак.
- Точки для подключения линий пароотвода в водяной рубашке двигателя и размеры соединений можно найти на чертеже генераторной установки.
- Пароотводные линии должны подключаться к деаэрационному баку выше уровня ОЖ.
- Линии должны идти к деаэрационному баку непрерывно вверх. Петли и изгибы могут создавать воздушные пробки, что считается не приемлемой практикой.
- На всем протяжении линий не должно быть вмятин или сужений.
- Для систем, требующих нескольких пароотводных линий, не должно использоваться никаких тройников. Для каждой такой линии должно быть предусмотрено свое соединение.
- Если используются выпускные или дыхательные клапаны, которые отводят воздух в атмосферу, то размер допустимого дефицита ОЖ должен быть увеличен с 11% до 14% (наряду с увеличением общей вместимости бака с 17% до 20%).
- Если диаметры пароотводных линий на чертеже генераторной установки не указаны, то рекомендуется использовать шланг размера № 4 (с внутренним диаметром 6,35 мм) для линий длиной менее 3,7 м. Для линий длиной более 3,7 м применяйте шланг № 6 (с внутренним диаметром 9,5 мм).

Выпускные клапаны, которые отводят воздух в атмосферу, иногда используются в тех случаях, когда трудно проложить пароотводную линию, непрерывно идущую вверх к деаэрационному баку. Допустимый дефицит ОЖ должен быть увеличен, когда применяются выпускные клапаны, потому что в ходе эксплуатации через них теряется некоторое количество ОЖ.

Заполнение системы ОЖ

Важно правильно заполнить систему ОЖ, т.к. это позволит не допустить образование там воздушных пробок. Установка заливной линии позволит системе заполняться ОЖ с самой нижней точки и вплоть до самой верхней, что помогает снизить риск захвата воздуха и попадание его в систему в процессе ее залива.

- Система должна обладать способностью первоначального заполнения не менее 90% ее вместимости при минимальной скорости залива 20 л/мин, а затем должна быть долита до 100% вместимости системы.
- Система должна быть оснащена линией залива.
- Линия должна быть проложена непосредственно с донной части деаэрационного бака и далее через прямолинейную секцию трубы, идущей на входной патрубок водяного насоса двигателя, находящегося рядом с двигателем.
- Линия должна идти на деаэрационный бак непрерывно вверх от входного патрубка двигателя.
- К линии залива нельзя подключать никакие другие линии.

Двигатели со скоростью потока менее 200 гал./мин (757 л/мин) обычно используют соединение с внутренним диаметром около 19 мм. Двигатели с расходом более 200 галлонов в минуту (757 л/мин) используют линии с внутренним диаметром от 25 до 38 мм. Эти данные приводятся здесь лишь в качестве общих рекомендаций. Установку следует проверить на способность заполнять систему ОЖ в рамках вышеуказанного времени на залив. Если линия неправильно проложена или имеет несоответствующий внутренний диаметр, то система не будет заполняться должным образом. Обратный поток в линии может создать условия для перелива деаэрационного бака.

Чистота системы

Любые посторонние материалы в системе будут ухудшать рабочие характеристики по охлаждению и способны привести к серьезной неисправности генераторной установки.

- Перед подключением к генераторной установке все внешние трубопроводы и соединения системы охлаждения должны быть тщательно очищены.

Охлаждение топлива

Многие генераторные установки требуют применения системы охлаждения топлива, чтобы поддерживать требуемую температуру топлива на входе в двигатель. Обратитесь к **Справочному листку с техническими данными генераторной установки**, чтобы определить, требуется ли для нее охладитель топлива или нет, а с точки зрения требований конструкции, что они помогут в выборе охладителя. Если охладитель требуется, то он должен быть интегрирован в систему охлаждения, что усложнит ее конструкцию. Часто бывает непрактично или противоречит установленным нормам прокладка топливного трубопровода к месту, где находится вынесенная система охлаждения. Для удовлетворения требований по охлаждению топлива существуют две возможности:

- Примените радиатор для охлаждения топлива и вентилятор в том месте, где смонтирована генераторная установка с учетом теплоотвода, обеспечиваемого системой вентиляции помещения с установкой.
- Используйте охладитель топлива на основе теплообменника с вынесенным радиатором или отдельной подачей воды для стороны охлаждения.

Взаимосвязь систем охлаждения

Для площадок с несколькими генераторными установками считается неприемлемым, что там, где стоит более одной установки, якобы можно использовать «централизованную» систему охлаждения для всех установок.

- Каждая генераторная установка имеет свою собственную и изолированную от других систему охлаждения. Никогда не объединяйте в общий коллектор несколько генераторных установок, чтобы создать общую систему охлаждения.
- Для надлежащего охлаждения и защиты системы от размораживания или перегрева необходимо использовать охлаждающую жидкость, представляющую собой раствор из этиленгликоля или пропиленгликоля с высококачественной и чистой водой.

Охлаждающая жидкость (ОЖ)

Системы охлаждения лучше всего работают при использовании в них дистиллированной или деионизированной воды. Если нет возможности использовать дистиллированную или деионизированную воду, качество используемой воды должно отвечать всем требованиям, приведенным в **Таблице 6–4**. Избыточное содержание кальция и магния будет способствовать образованию накипи и отложений, избыток хлора и сульфата вызовет коррозию системы охлаждения. Если качество воды неизвестно, то она может быть проверена с использованием мониторинговой программы фирмы «Флитгард» (Fleetguard_Monitor C_program) или тестом на бумажной ленте (Water-Chek_test strip). Результаты тестирования воды также можно получить от местного департамента по водоснабжению. Для использования воды в системах охлаждения данные тестирования должны показать следующие элементы, а уровни их содержания в воде не должны превышать опубликованных предельных значений:

Элемент	Максимально допустимая концентрация
Кальций	170 промилле (в виде CaCO_3)
Магний (жесткость)	170 промилле (в виде CaCO_3)
Хлор	40 промилле (в виде Cl)
Сульфат	100 промилле (в виде SO_4)

Таблица 6–4. – Требования к качеству воды

ПРИМЕЧАНИЕ: Тестирующие бумажные ленты Fleetguard® Water-Chek™, Кат. № CC2609, можно использовать для определения качества воды из системы цехового водоснабжения. Данное тестирование измеряет жесткость воды, водородный показатель pH и содержание хлора в подпиточной воде.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для двигателей, оснащенных гильзами цилиндров, в охлаждающую жидкость требуется добавлять антикоррозийные присадки (SCA)..

Генераторные установки не должны охлаждаться водой, не прошедшей соответствующую обработку, поскольку это будет вызвать коррозию, кавитацию, минеральные отложения и снижение качества охлаждения. Для систем охлаждения следует применять смеси из этиленгликоля или пропиленгликоля с высококачественной водой. Специфические требования по качеству воды и другим данным по ОЖ можно найти в последнем издании бюллетеня № 3666132 “Cummins Coolant Requirements and Maintenance”.

См. **Таблицу 6–5**, где приведены сравнительные характеристики точек замерзания и кипения при различных концентрациях ОЖ. Помните о том, что точка кипения увеличивается при увеличении давления в системе. Чистая вода включена в данную таблицу для сравнения

Антифриз на основе пропиленгликоля менее токсичен, чем антифриз на основе этиленгликоля, хотя первый дает почти те же рабочие характеристики системы охлаждения. Однако, как показано в **Таблице 6-5**, у него несколько ниже свойства по точкам замерзания и кипения.

Свойства	Этиленгликоль (в % по объему)			Пропиленгликоль (в % по объему)			Чистая вода
	40	50	60	40	50	60	
Концентрация гликоля							0
Точка замерзания °C	-24	-37	-52	-21	-33	-49	0
Точка кипения °C при атмосферн. давлении	106	108	111	104	106	107	100
Точка кипения °C при 96,5 кПа предохранит. клапана крышки рад.	126	128	131	123	125	127	120

Таблица 6-5. Свойства смесей антифризов

Подогреватели ОЖ

Подогреватели ОЖ двигателя с термостатическим управлением используются в целях улучшения пусковых характеристик и приема нагрузки. См. **Рис. 6–30**. Как показано на **Рис. 6–30**, для предотвращения слива всей системы при техобслуживании подогревателя можно установить запорный кран подогревателя. Если такой кран установлен, то он должен перекрываться только при техническом обслуживании подогревателя. Во всех других случаях он должен быть постоянно открыт.

Местные нормы могут требовать применение подогревателей ОЖ для генераторных установок аварийного или резервного питания. Например, в США, нормы NFPA 110 требуют, чтобы ОЖ двигателя для аварийных энергосистем Уровня 1 должны поддерживать в них температуру на уровне не менее 32°C. Нормы NFPA 110 также требуют установку системы сигнализации с датчиком низкой температуры ОЖ.

- Подогреватели ОЖ следует устанавливать для систем аварийного и резервного энергопитания, гарантируя надежный запуск двигателя (для тропических регионов их установка не обязательна, если это не регламентируется нормативными актами местных органов).
- При обвязке системы подогрева ОЖ шланги не должны иметь петель и изгибов, а сам шланг должен идти непрерывно вверх.
- Патрубки подогревателя ОЖ должны быть выполнены в виде высококачественного силиконового шланга или оплеточного рукава.
- При работе генераторной установки подогреватель ОЖ должен отключаться.

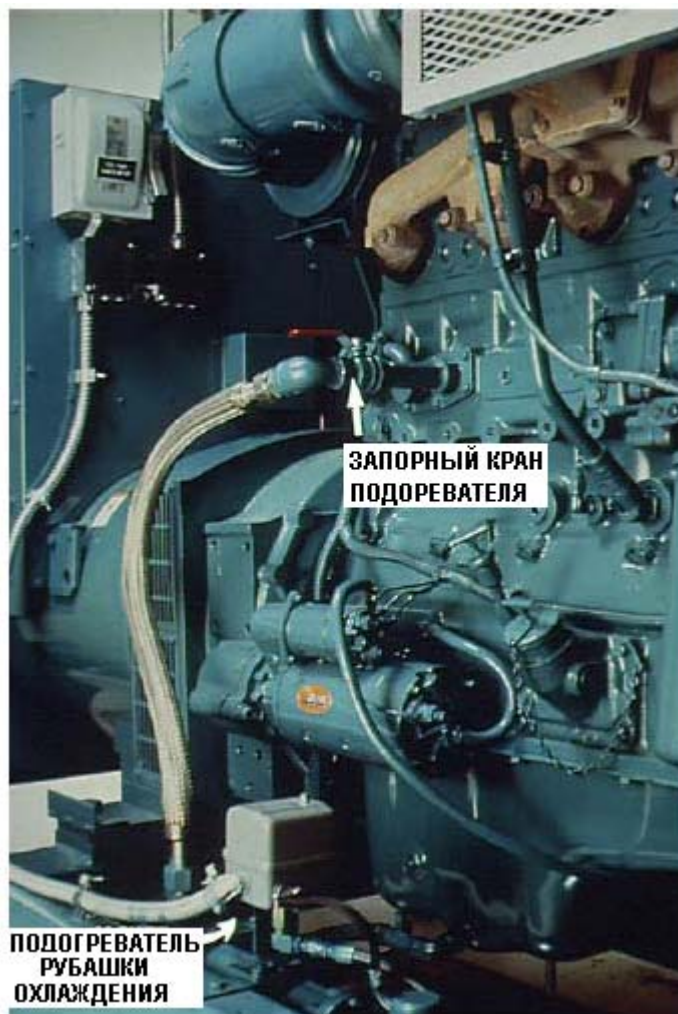


Рис.6–30. Установка подогревателя ОЖ (обратите внимание на запорный кран подогревателя, тип шланга и маршрут его прокладки)

Высота и температура окружающей среды

Высота и температуры среды на объекте монтажа установки влияют на плотность воздуха, окружающего генераторную установку, который в свою очередь неблагоприятно влияет на рабочие характеристики двигателя, генератора и системы охлаждения.

- Система охлаждения должна быть спроектирована таким образом, чтобы приспособить место размещения установки к условиям высоты и температуре окружающей среды.

Плотность воздуха снижается по мере увеличения высоты. Снижение плотности может привести к проблемам получения требуемого расхода воздуха и может ухудшить эксплуатационные параметры системы.

На больших высотах пониженное атмосферное давление снижает точку кипения ОЖ. В этих целях может потребоваться предохранительный клапан крышки радиатора, рассчитанный на более высокое давление. См. **Рис. 6–31** в качестве примера, где высота и давление системы влияют на воду. Эти условия аналогично влияют на охлаждающие смеси.

Система должна быть способна обеспечить достаточное охлаждение на полной нагрузке, даже в условиях максимальной температуры окружающей среды. Если на установке смонтирована система охлаждения, поставленная заводом-изготовителем генераторной установки, то удобство и приспособленность такой системы к условиям высоты и температуры среды должна быть им подтверждена.



Рис. 6-31. Температура кипения воды в зависимости от высоты и давления ОЖ в системе

Важно понять определение температуры окружающей среды и ее значение для конструкции и рабочих характеристик системы охлаждения. Для генераторной установки, смонтированной на открытом воздухе (т.е. не в контейнере или ином укрытии) с использованием радиатора, поставленного заводом-изготовителем ДГУ, температура окружающей среды определяется как средняя температура, измеряемая на расстоянии 1 метра от углов кромок генератора ДГУ (под углом 45°) и на высоте 1 метра от пола. Для установок, помещенных в контейнер или в помещении, температура среды обычно измеряется в точке забора воздуха при входе в контейнер или кожух. Помните о том, поток воздуха, проходящий через радиатор, может быть значительно теплее, чем эта температура среды. Температура воздуха будет увеличиваться по мере поступления воздуха в закрытое помещение и проходящего через генераторную установку с тыльной стороны (т.е. с конца генератора на конец радиатора). По этой причине многие радиаторы, поставляемые изготовителем ДГУ, проектируются для условий температуры воздуха, проходящего через сердцевину радиатора со значением от 8 до 17°C выше, чем номинальная температура системы охлаждения. См. Рис. 6-32, где репрезентативно показана разница между температурой окружающей среды и температурой воздуха на сердцевине радиатора для комплекта системы охлаждения, поставляемого заводом-изготовителем ДГУ.

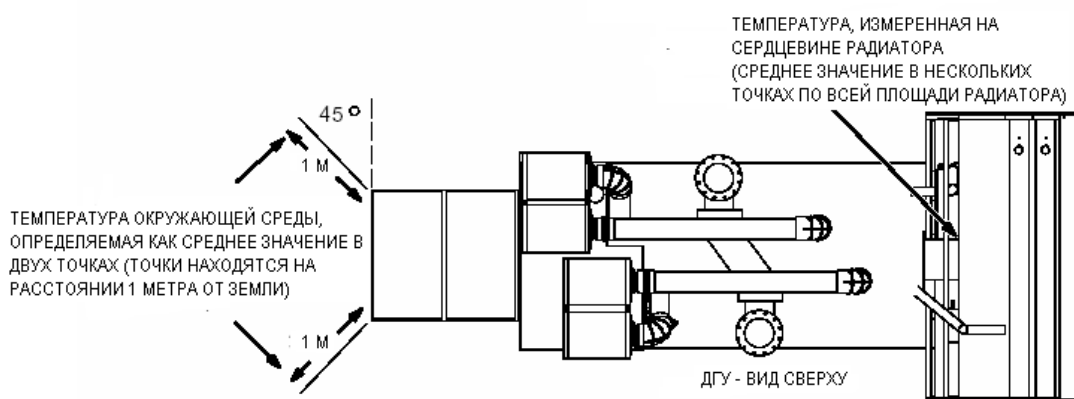


Рис. 6-32. Температура «окружающей среды» в сравнении с температурой воздуха «на сердцевине радиатора»

Для радиаторов, поставленных другими изготовителями, критичной будет температура на сердцевине радиатора. Радиатор должен быть выбран с таким расчетом, чтобы удовлетворить требования по охлаждению системы при температуре воздуха на сердцевине радиатора, значение которой может быть значительно выше, чем температура окружающей среды, о чем говорилось выше. На конструкторе системы охлаждения лежит ответственность, чтобы гарантировать выполнение этого условия. Помните, что температура воздуха на сердцевине радиатора должна быть средней по результатам измерений в нескольких различных точках рабочей поверхности радиатора, избегая замер температуры на самых «горячих» или самых «холодных» участках радиатора. Например, воздух в центральной части сердцевины радиатора может быть значительно теплее, чем вблизи кромок рабочей плоскости радиатора.

В условиях холодного климата подогреватели ОЖ могут использоваться для улучшения пусковых характеристик и принятия нагрузки. См. с.6-45, [Подогреватели ОЖ](#).

Дополнительная информация, касающаяся влияния высоты и температуры на работу генераторных установок приведена в главе [Условия окружающей среды](#) настоящего раздела.

Предельно допустимая температура окружающей среды (LAT)

Предельно допустимая температура окружающей среды для системы охлаждения – это температура окружающей среды, до которой можно обеспечить адекватную работу системы охлаждения генераторной установки, непрерывно работающей на номинальной мощности. При превышении предельной температуры окружающей среды (LAT), максимально допустимая температура в верхнем баке, значение которой указано в **Справочном листке технических данных генераторной установки**, будет в конечном счете превышена, если генераторная установка продолжит работу на полной мощности.

Для систем, где радиатор поставляется изготовителем ДГУ, предельно допустимая температура окружающей среды, указывается в **Справочном листке технических данных генераторной установки** как функция сопротивления воздушного потока. Для систем, охлаждения, поставляемых другими производителями, необходимо связаться с местным дистрибьютором фирмы Cummins и получить от него соответствующий бюллетень по адаптации (АЕВ), где дается описание процедуры испытаний по определению LAT такой системы.

Охлаждение генератора

Для предотвращения перегрева генератор требует устойчивого притока свежего воздуха для вентиляции. Подробное описание см. в разделе **Вентиляция** настоящего Руководства.

Загрязнение системы охлаждения

Радиатор и другое чувствительное оборудование должно быть защищено от грязи и посторонних предметов. Загрязненная система не будет работать с максимальным к.п.д., что приводит к ухудшению эксплуатационных характеристик генераторной установки и топливной экономичности.

Радиатор должен быть защищен от попадания туда грязи и других загрязняющих материалов, а также паров катерных газов, которые могут загрязнять и забивать сердцевину радиатора. Дополнительную информацию в отношении фильтрации и вентиляции картерных газов двигателя см. в разделе **Вентиляция** настоящего Руководства.

Удобство обслуживания

- Краны должны быть четко промаркированы с обозначением положений «открыт» и «закрыт».
- Для чистки и обслуживания оборудования необходимо предусмотреть к нему доступ.
- Запорные и сливные краны следует устанавливать так, чтобы к ним был доступ при обслуживании генераторной установки без необходимости опорожнения всей системы охлаждения от ОЖ.

Состояния сливных и запорных кранов особенно важны для вынесенных систем охлаждения. Слив всего количества ОЖ в этих системах может обходиться очень дорого. Иллюстрации, приведенные в разделе **Системы охлаждения генераторных установок**, показывают типовые точки установки сливных и запорных кранов. Помните о том, что после окончания всех работ по обслуживанию все краны должны быть возвращены в рабочее положение.

Для снятия сердцевины радиатора для его чистки и обслуживания необходимо предусмотреть к нему доступ. При снятии сердцевины радиатора на некоторых генераторных установках может потребоваться достаточно крупное оборудование.

Передвижные установки

- Для передвижных установок особое внимание следует уделять вопросам долговечности и прочности такого оборудования.

Передвижные генераторные установки обладают рядом особенностей, которых нет в стационарных установках. Вибрации, характерные для передвижных установок, могут передавать эти колебания на генераторную установку и способны ее повредить. Радиатор, трубопроводы и соединительные шланги системы, а также другое оборудование должны проектироваться с таким расчетом, чтобы выдерживать такие нагрузки. Дополнительную информацию см. в разделе **Специальные применения – Передвижные установки** настоящего Руководства.

Охлаждение двигателя

Для отвода тепла от двигателя системы охлаждения для генераторных установок с приводом от поршневого двигателя имеют следующие общие характеристики независимо от используемого теплообменника. К ним относятся:

- Часть двигателя в системе охлаждения представляет собой замкнутый контур, находящийся под избыточным давлением (69,0 – 96,6 кПа), который заполнен охлаждающей жидкостью (ОЖ), состоящей из смеси чистой, мягкой (деминерализованной) воды, этилен- или пропиленгликоля и других присадок. Двигатели не следует напрямую охлаждать необработанной водой, поскольку это приведет к образованию коррозии в двигателе и в перспективе ухудшит охлаждение. «Холодная» сторона системы охлаждения может обслуживаться радиатором, теплообменником или градирней.
- Система охлаждения двигателя должна быть должным образом соразмерна выбранным условиям окружающей среды и применяемым комплектующим деталям. Обычно температура в верхнем баке системы (т.е. температура на входе в двигатель) не будет превышать 104°C для установок резервного питания, и 93°C для установок основного электропитания.
- Система охлаждения должна иметь систему деаэрации и пароотвода для предотвращения попадания в систему воздуха из-за турбулентности потока ОЖ, и позволять правильное заполнение системы ОЖ. Это означает, что помимо основных входных и выходных соединений предпочтительно иметь хотя бы один комплект пароотводных линий, выведенных в «самую высокую точку» системы охлаждения. Ознакомьтесь с рекомендациями изготовителя двигателя для получения дополнительной информации по конкретно применяемой модели двигателя¹⁰. См. **Рис.6–33**, где схематично представлена система охлаждения и пароотводные линии применительно к типовому двигателю.
- На двигателе обычно устанавливается термостат, позволяющий быстрый прогрев двигателя и регулирующий температуру на «горячей» стороне системы охлаждения.
- Конструкция системы охлаждения должна учитывать расширение объема ОЖ по мере роста температуры двигателя. После полного заполнения холодной системы ОЖ в ней должно оставаться не менее 6% дополнительного объема, обеспечивающего тепловое расширение ОЖ, когда она находится в зоне рабочих температур.
- Система должна быть спроектирована так, чтобы на входе в водяной насос двигателя всегда было положительное давление ОЖ.
- Правильные потоки ОЖ для охлаждения зависят от минимизации статического напора и потерь напора на трение на водяном насосе двигателя. Генераторная установка не будет охлаждаться должным образом, если превышены предельные значения статического напора и потерь на трение на водяном насосе. Проконсультируйтесь с изготовителем двигателя в отношении этих факторов применительно к конкретно выбранной модели генераторной установки. В данном разделе см. главу Расчеты размеров труб для системы охлаждения, где даются указания по выбору трубопроводов и расчету статического напора и потерь на трение.
- Двигатель и системы с вынесенной системой охлаждения должны предусматривать применение сливных и запорных кранов, обеспечивающих удобство обслуживания и ремонт двигателя. См. чертежи с примерами в данном разделе по точкам установки сливных и запорных кранов, обычно используемых для самых разных применений.

Радиатор, смонтированный на подмоторной раме

Генераторная установка с радиатором, смонтированным на подмоторной раме (**Рис. 6–34**) представляет собой интегрированную систему охлаждения и вентиляции, смонтированную на этой раме. Система охлаждения с радиатором на подмоторной раме часто считается наиболее надежной и наименее дорогостоящей системой охлаждения для генераторных установок, т.к. она требует наименьшего количества вспомогательного оборудования, трубопроводов, жгутов системы управления и ОЖ, а также до минимума снижает объемы работ, связанные с монтажом системы охлаждения на рабочем месте. Вентилятор охлаждения радиатора обычно имеет прямой привод от двигателя, что еще больше упрощает конструкцию. Электрические вентиляторы используются на некоторых видах генераторных установок, что облегчает управление работой вентилятора в зависимости от температуры ОЖ двигателя. Такие вентиляторы особенно удобны для применения в регионах с очень холодными климатическими условиями окружающей среды.

¹⁰ Требования по вентиляции и деаэрации конкретных моделей двигателей Cummins можно найти в соответствующих бюллетенях по адаптации (АЕВ) фирмы Cummins

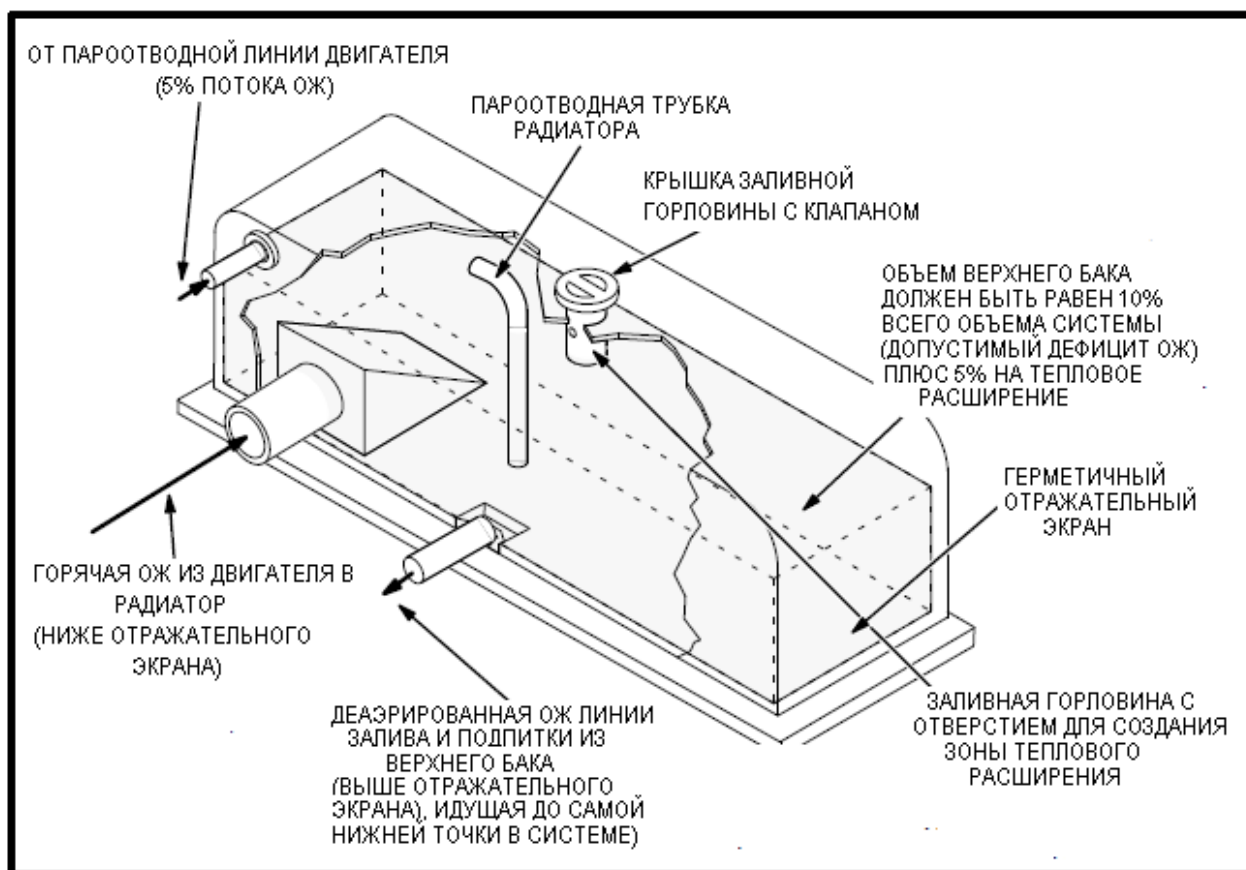


Рис.6-33. Типовая система деаэрации с верхним баком радиатора

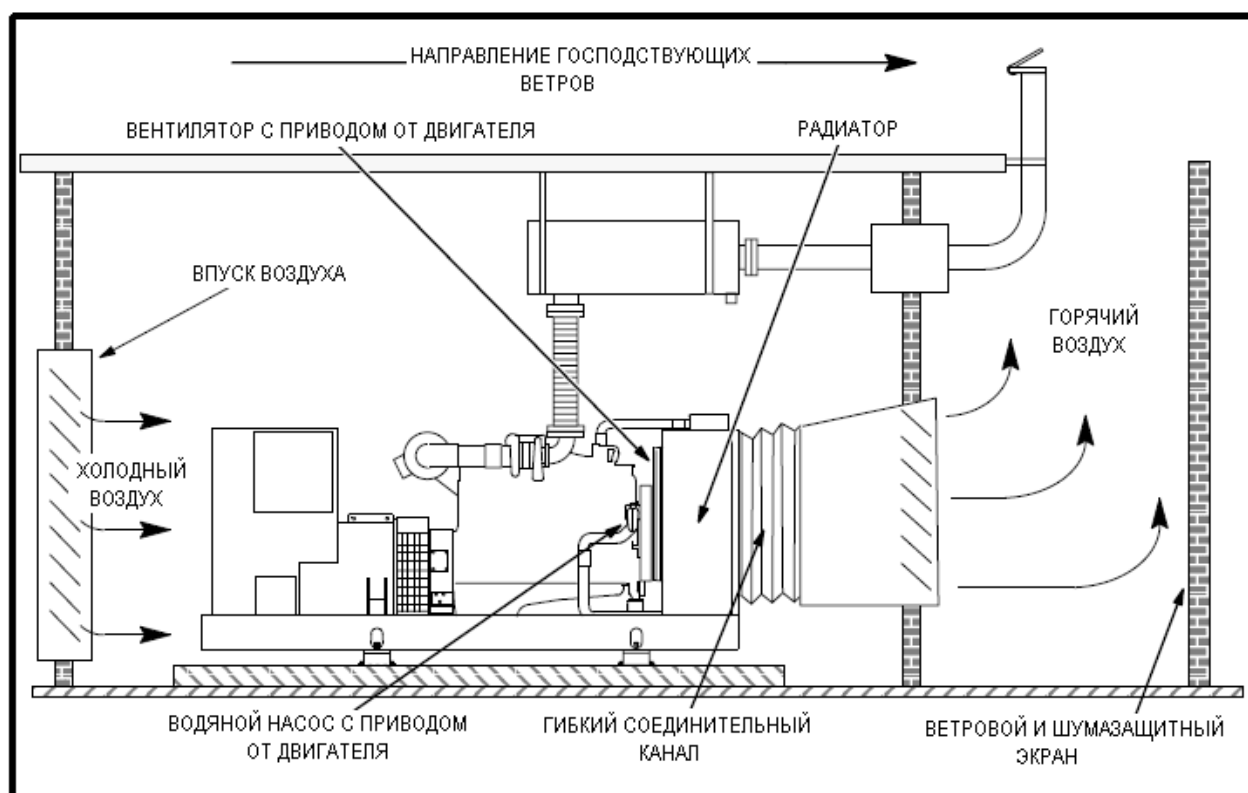


Рис.6-34. Система охлаждения с радиатором, смонтированным заводом-изготовителем установки

Поскольку изготовитель генераторных установок проектирует типовые системы охлаждения, смонтированные на подмоторной раме, то такая система может быть прототипом, который подвергается испытаниям, чтобы проверить и убедиться в соответствии общих эксплуатационных характеристик системы в условиях лабораторной среды. Лабораторные условия испытаний полезны, т.к. при этом легко проверить рабочие характеристики системы охлаждения. Часто физические ограничения на объекте будущей эксплуатации могут ограничить точность и практичность проверочных испытаний такой конструкции.

Основным недостатком радиатора, смонтированного на подмоторной раме, является потребность в подаче в помещение с ДГУ достаточно большого объема воздуха, поскольку поток воздуха, проходящий через генераторную комнату, должен быть достаточен для отвода тепла, излучаемого генераторной установкой, а также для отвода тепла от двигателя. См. конструкцию системы вентиляции и расчеты, относящиеся к проектированию этой системы. Вентилятор двигателя будет зачастую обеспечивать вентиляцию помещения, устраняя тем самым необходимость в других вентиляционных устройствах и системах.

Вынесенный радиатор

Системы с вынесенным радиатором часто используются в тех случаях, когда невозможно обеспечить воздухом систему охлаждения с радиатором, установленным на подмоторной раме. *Вынесенные радиаторы не устраняют необходимость в вентиляции генераторной комнаты, но они будут ее снижать.* Если требуется система охлаждения с вынесенным радиатором, то первым шагом в этом деле будет определение типа вынесенной системы. Он будет определяться путем расчетов статического напора и потерь напора на трение, которые будут прилагаться на двигатель, основываясь на его физическом местоположении.

Если расчеты покажут, что выбранная генераторная установка для заданного применения может иметь обвязку с вынесенным радиатором без превышения ограничений по статическому напору и потерям на трение, то можно использовать самую простую систему охлаждения с вынесенным радиатором, пример которой приведен на **Рис.6–35**.

Если же потери напора на трение превышены, а статический напор находится в пределах нормы, то можно использовать систему с вынесенным радиатором, где устанавливается дополнительный водяной насос. См. **Рис.6–33** и Вынесенный радиатор со вспомогательным водяным насосом, описание которого дается в настоящем разделе.

Если превышены пределы как по статическому напору, так и потерям напора на трение для двигателя, то для генераторной установки потребуется применить изолированную систему охлаждения. Она может включать в себя вынесенный радиатор с горячим колодцем, или систему на базе теплообменника класса «вода-вода»

Какая бы система не использовалась, но применение вынесенного радиатора для охлаждения двигателя требует самого тщательного проектирования. В общем виде, все рекомендации для радиаторов, смонтированных на подмоторной раме, также применимы и для вынесенных радиаторов. Для любого типа системы охлаждения с вынесенным радиатором необходимо учесть следующие условия:

- Рекомендуется, чтобы радиатор и вентилятор подбирались по размерам с учетом максимальной температуры в верхнем баке 93°C и с охлаждающей способностью на уровне 115%, не допускающим загрязнения системы. Пониженная температура в верхнем баке (ниже, чем описано в главе Охлаждение двигателя) компенсирует потери тепла от выходного патрубка двигателя на верхний бак вынесенного радиатора. Для получения информации по отводу тепла в ОЖ от двигателя и скорости охлаждающего потока проконсультируйтесь с изготовителем двигателя¹¹.
- Верхний бак или вспомогательный бак радиатора должны размещаться в самой высокой точке системы охлаждения. Бак должен иметь соответствующую заливную горловину с крышкой и предохранительным клапаном, линию залива системы ОЖ, идущую в самую низкую точку системы с таким расчетом, чтобы система заполнялась ОЖ с донной части вверх, а также имела пароотводную линию от двигателя, у которой нет прогибов или ловушек. (Прогибы или петли могут стать источниками для сбора ОЖ и мешать вытеснению воздуха из системы в ходе ее заполнения). Для заполнения системы это означает, что она должна располагаться также в самой верхней точке системы, и там должен устанавливаться датчик для сигнализации низкого уровня ОЖ.

¹¹ Информация по изделиям фирмы Cummins Power Generation приводится в комплекте документации Cummins Power Suite.

- Вместимость верхнего или вспомогательного бака радиатора должна быть эквивалентна 17% общего объема ОЖ всей системы охлаждения для обеспечения «допустимого дефицита» ОЖ (11%) и пространства на тепловое расширение (6%). Допустимый дефицит ОЖ – это объем ОЖ, который может быть потерян из-за небольших и малозаметных утечек и в результате разгрузки предохранительного клапана крышки заливной горловины до того, как воздух начнет попадать на водяной насос. Пространство для теплового расширения создается за счет заливной горловины в процессе залива холодной системы ОЖ. См. **Рис.6–33**.

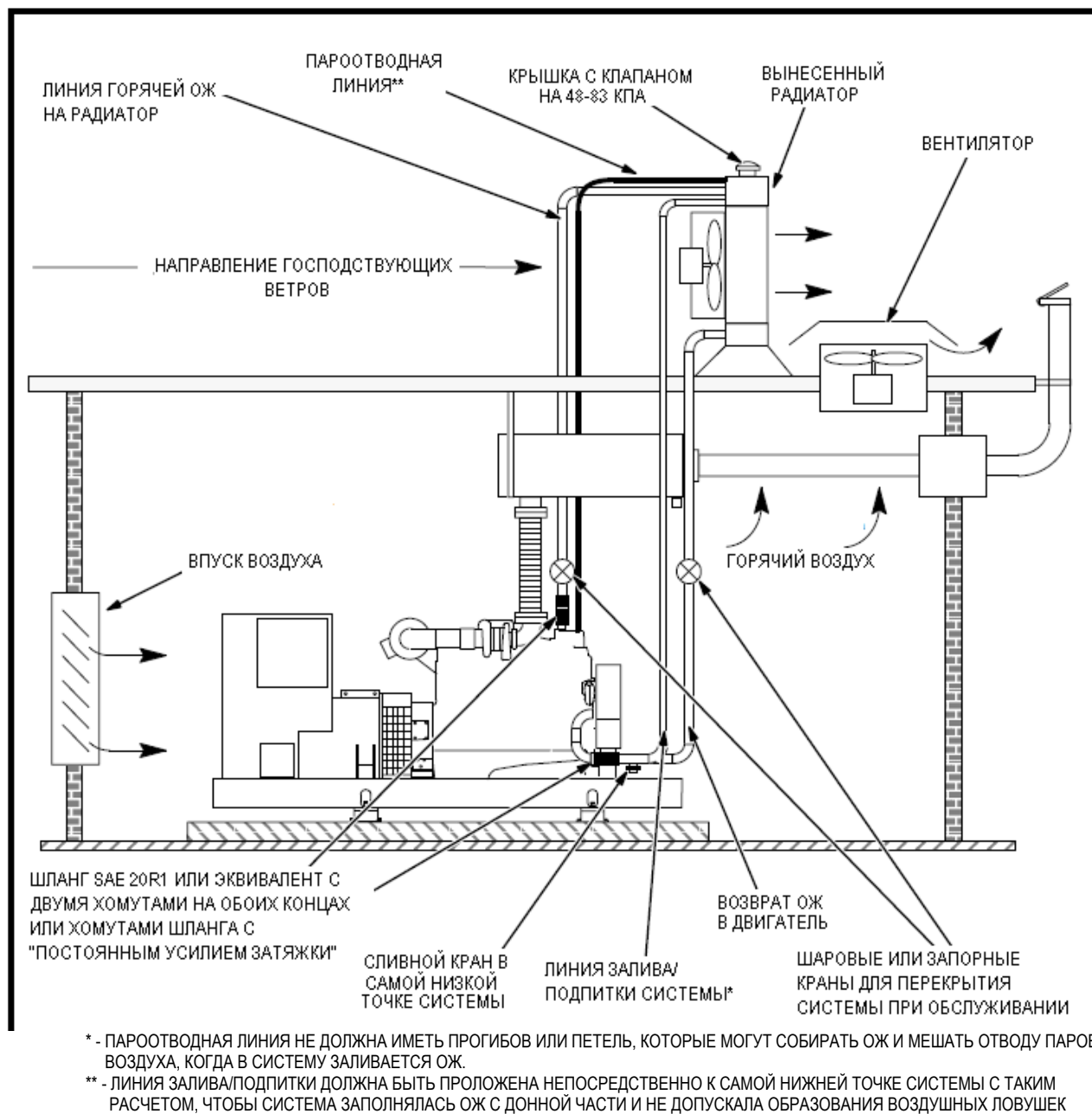


Рис.6–35. Типовая система деаэрации с вынесенным радиатором, см. **Рис.6–33**

Для снижения условий загрязнения ребер охлаждения радиатора, те из них, у которых больший шаг между ребрами (9 ребер или меньше на дюйм) следует применять для работы в загрязненной среде эксплуатации.

- Внешние потери напора ОЖ на насосе из-за трения (потери давления в трубопроводах, фитингах, трений в радиаторе) и статический напор ОЖ (т.е. высота водяного столба, измеренная от осевой линии коленчатого вала) не должны превышать максимальных значений, рекомендованных изготовителем двигателя¹². См. пример расчета в данном Разделе по способу расчета потерь напора ОЖ из-за трения. Если невозможно найти конфигурацию системы, которая позволяет двигателю работать в пределах ограничений по статическому напору и потерь на трение, то следует выбрать другой тип системы охлаждения.

ПРИМЕЧАНИЕ: Избыточный статический напор ОЖ (давление) способен вызвать течь сальника вала водяного насоса. Избыточные потери напора ОЖ на трение приведут к недостаточному охлаждению двигателя.

- Для соединений трубопроводов системы охлаждения с двигателем, воспринимающих перемещение и вибрации генераторной установки, необходимо использовать рукава радиатора длиной от 152 до 457 мм, согласующиеся с нормами стандарта SAE 20R1 или эквивалентным стандартом.
- Настоятельно рекомендуется, чтобы соединительные рукава радиатора использовали высококачественные хомуты с «постоянным усилием затяжки» на концах каждого хомута для снижения риска внезапной потери ОЖ двигателем из-за сползания и вырывания рукава под воздействием давления. Двигатель может выйти из строя, если он работает без ОЖ в блоке цилиндров всего лишь в течение нескольких секунд.
- Сливной кран следует размещать с самой нижней части системы.
- Для разобщения двигателя с системой, не позволяя сливать ОЖ при обслуживании двигателя, рекомендуется использовать шаровые или запорные краны (шаровые краны в большей степени дросселируют).
- Помните о том, что генераторная установка должна подавать электропитание на электродвигатель привода вентилятора охлаждения вынесенного радиатора, вентиляторы системы вентиляции, водяные насосы и другое вспомогательное оборудование для обеспечения работы выносной системы охлаждения. Поэтому электрическая мощность, которая не используется для привода вентилятора с механическим приводом от двигателя, будет расходоваться дополнительными электрическими устройствами, необходимыми для работы вынесенной системы охлаждения. Помните, что отбираемые ими электрические нагрузки необходимо добавить к требованиям по общей нагрузке, необходимой для генераторной установки.
- В данном Разделе см. также главы с Общими рекомендациями по системе вентиляции и теплообменнику или Применениям вынесенного радиатора, относящиеся к вентиляции генераторной комнаты, когда используется вынесенная система охлаждения.

Типовая система деаэрации с вынесенным радиатором

Верхний бак радиатора деаэрационного типа (известного также как герметичный верхний бак) или вспомогательный бак должен быть предусмотрен. В этой системе часть потока ОЖ (приблизительно 5%) направляется в верхний бак радиатора над экранирующей пластиной дефлектора. Это позволяет воздуху, попавшему в ОЖ, отделяться, прежде чем ОЖ возвратится в систему. При этом необходимо учесть следующее:

- Пароотводные линии двигателя и радиатора должны идти строго вверх без образования прогибов или петель, способствующих скоплению там ОЖ и препятствующих отводу паров воздуха из системы в процессе ее залива ОЖ. Для таких линий большой протяженности рекомендуется использовать жесткие стальные или полистирольные трубки, особенно в тех случаях, если они идут горизонтально, чтобы не допускать прогибов между опорными точками.
- Линия залива и подпитки системы также должна идти вертикально без прогибов с самой низкой точки системы до соединения с верхним баком радиатора или вспомогательным баком. К этой линии нельзя подключать никакие другие трубопроводы. Такая компоновка позволяет системе заполняться снизу вверх без образования воздушных пробок и ловушек, наличие которых будет давать ложное представление, что система полностью залита ОЖ. При правильных соединениях линий залива и отвода паров воздуха будет возможно заполнять систему ОЖ с расходом не менее 5 галлонов в минуту (19 л/мин), что приблизительно соответствует напору садового шланга.

¹² Данные по двигателям Cummins см. в комплекте документов Power Suite.

Вынесенный радиатор со вспомогательным водяным насосом

Вынесенный радиатор со вспомогательным водяным насосом (см. **Рис.6–36**) может быть использован, если потери ОЖ на трение превышают максимальное значение, рекомендованное изготовителем двигателя, а статический напор находится в пределах значения, указанного в спецификации. Помимо учета условий, обусловленных применением вынесенного радиатора, необходимо предусмотреть следующее:

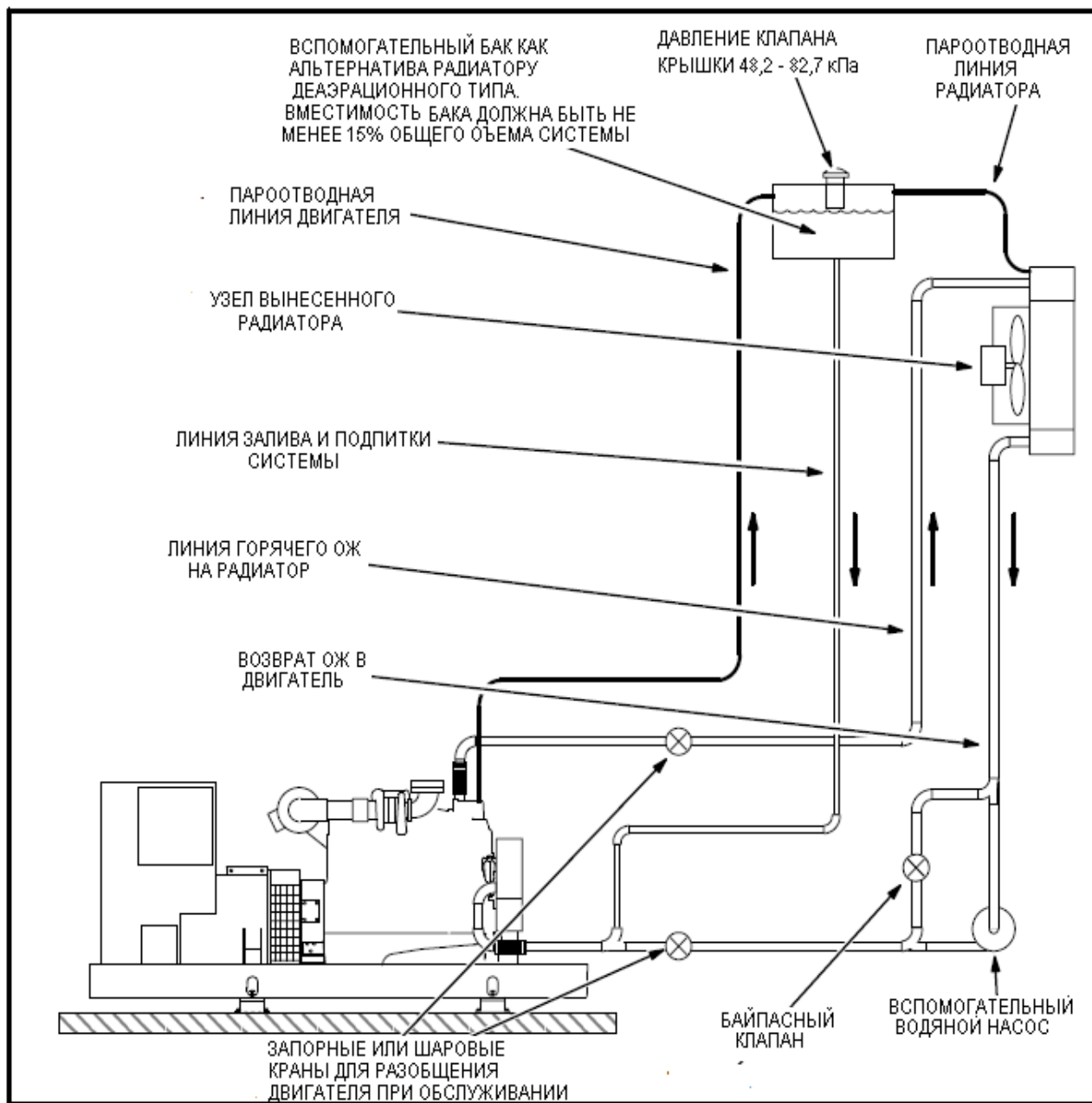


Рис. 6–36. Вынесенный радиатор со вспомогательным водяным насосом и вспомогательным баком

- Вспомогательный водяной насос и приводной электродвигатель должны быть подобраны так, чтобы удовлетворить расходу ОЖ, рекомендованному изготовителем двигателя, и создавать достаточное давление для преодоления избыточных потерь напора на трение, рассчитанных методом, приведенным в предыдущем примере.

ПРИМЕЧАНИЕ: Один фут (30 см) напора насоса (данные изготовителя насоса) эквивалентен потере напора на трение в 2,96 кПа на насосе или одному футу (30 см) статического напора ОЖ (высота водяного столба)..

- Обвязка байпасного клапана должна быть выполнена в параллель вспомогательному насосу по следующим причинам:

***ПРИМЕЧАНИЕ:** Если требуется стабилизация потока, то в этом случае следует использовать клапан с переменной регулируемой диафрагмой или применить измерительную диафрагму, поскольку шаровые краны оказывают значительное сопротивление, а запорные краны в большей степени служат для полного перекрытия линии, чем для регулирования потока ОЖ,*

- Чтобы обеспечить регулировку напора, создаваемого вспомогательным насосом (клапан регулируется на частично открытое положение, чтобы создать рециркуляцию некоторой части потока назад через насос.).
- Для создания условий работы генераторной установки при частичной нагрузке, если выйдет из строя вспомогательный насос (клапан регулируется на полностью открытое положение).
- Давление ОЖ на входе в водяной насос двигателя, измеренное при работе двигателя на номинальных оборотах, не должно превышать максимально допустимый статический напор, значение которого приведено в спецификации на рекомендованную генераторную установку. Кроме того, для систем охлаждения деаэрационного типа (т.е. для генераторных установок мощностью 230/200 кВт и выше), напор вспомогательного насоса не должен вызывать прохождение ОЖ через линию подпитки системы в верхний бак радиатора или вспомогательный бак. В любом случае байпасный клапан насоса должен быть отрегулирован так, чтобы снизить напор до приемлемого уровня.
- Поскольку двигатель генераторной установки не имеет механического привода на вентилятор охлаждения радиатора, то на выходе генераторной установки может отбираться дополнительная мощность. Для достижения имеющейся **полезной мощности** от генераторной установки, следует добавить нагрузку вентилятора, указанную в спецификации, к номинальной мощности установки. Помните о том, что генераторная установка должна питать электрический привод вентилятора охлаждения радиатора, вентиляторы системы вентиляции, водяные насосы и другое вспомогательное оборудование, требуемое для вынесенного радиатора. Таким образом, электрическая мощность, полученная не за счет механического привода вентилятора, обычно расходуется для питания электрических устройств, необходимых в вынесенной системе охлаждения.

Вынесенный радиатор с колодцем для горячего конденсата

Вынесенный радиатор с колодцем для горячего конденсата (см. **Рис.6–37**) можно использовать, если возвышение радиатора над осевой линией коленчатого вала превышает допустимый уровень статического напора ОЖ, указанной в спецификации на рекомендованную генераторную установку. В системе с колодцем для горячего конденсата водяной насос двигателя обеспечивает циркуляцию ОЖ между двигателем и колодцем для горячего конденсата, а вспомогательный насос обеспечивает циркуляцию ОЖ между колодцем для горячего конденсата и радиатором. Система с колодцем для горячего конденсата требует к себе очень тщательного проектирования.

В дополнение к условиям, необходимым при использовании вынесенного радиатора, следует учесть следующее:

- Дно колодца для горячего конденсата должно быть выше выходного патрубка ОЖ двигателя.
- Поток ОЖ, идущий через контур колодца и радиатора, должен быть примерно тем же самым, что и поток, проходящий через двигатель. Радиатор и вспомогательный насос по своим эксплуатационным параметрам должны соответствовать друг другу. Напор насоса должен быть достаточным, чтобы преодолевать сумму статического напора и потерь напора на трение в горячем контуре между колодцем и радиатором.

***ПРИМЕЧАНИЕ:** Один фут (30 см) напора насоса (данные изготовителя насоса) эквивалентен потере напора на трение в 2,96 кПа на насосе или одному футу (30 см) статического напора ОЖ (высота водяного столба).*

- Емкость для удержания жидкости в колодце для горячего конденсата не должна быть меньше суммы следующих объемов:
- $\frac{1}{4}$ объема ОЖ, прокачиваемого насосом в минуту через двигатель (например, 100 литров, если расход составляет 400 л/мин), плюс
- $\frac{1}{4}$ объема ОЖ, прокачиваемого насосом в минуту через радиатор (например, 100 литров, если расход составляет 400 л/мин), плюс
- Объем, требуемый для заполнения ОЖ радиатора и трубопроводов, плюс 5% общего объема системы для теплового расширения.

- В целях минимизации турбулентности, обеспечения свободы деаэрации и наилучшего перемешивания потоков ОЖ, идущих из двигателя и радиатора, необходимо тщательно спроектировать входные и выходные соединения и отражательные экраны.
- ОЖ должна перекачиваться в нижний бак радиатора и возвращаться из верхнего бака, т.к. в противном случае насос будет не в состоянии полностью заполнить радиатор.
- Вспомогательный насос должен находиться ниже нижнего уровня ОЖ в колодце для горячего конденсата, чтобы он всегда мог поступать для всасывания системой.
- Радиатор должен иметь перепускной предохранительный клапан, обеспечивающий слив ОЖ в колодец для горячего конденсата.
- Колодец для горячего конденсата должен иметь крышку сапуна большого объема, позволяющего понижать уровень ОЖ по мере заполнения вспомогательным насосом радиатора и трубопроводов.

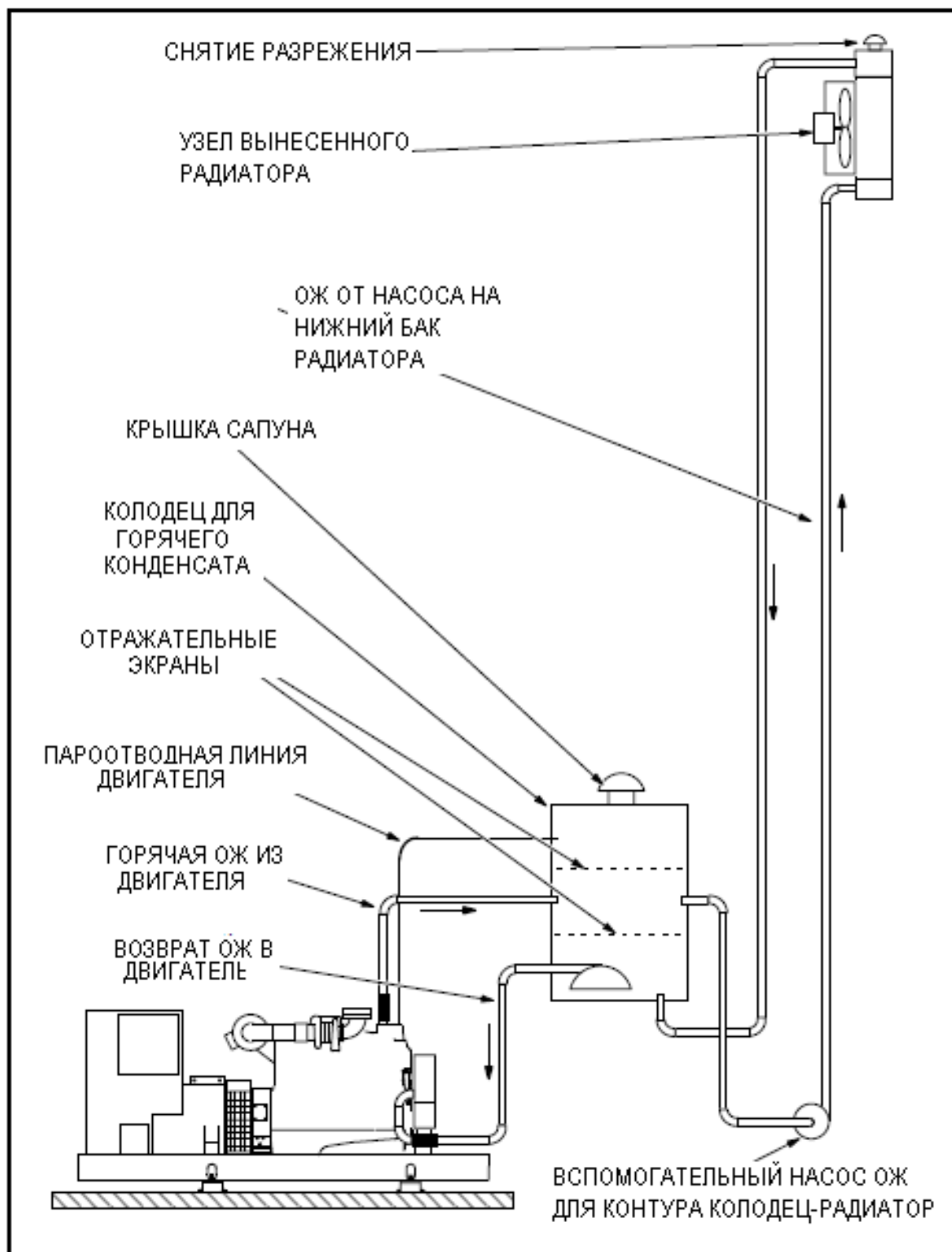


Рис. 6-37. Вынесенный радиатор с колодцем для горячего конденсата и вспомогательным насосом

- Помните, что генераторная установка должна питать электропривод вентилятора охлаждения радиатора, вентиляторы системы вентиляции, водяные насосы и другое оборудование. Таким образом, электрическая мощность, в отличие от механического привода вентилятора, обычно расходуется для питания электрических устройств, необходимых в вынесенной системе охлаждения. Эти электрические нагрузки следует добавлять к требованиям по общей нагрузке генераторной установки.

Многоконтурное охлаждение двигателя – Вынесенные радиаторы

Ряд конструкций двигателей предполагает применение не одного, а нескольких контуров охлаждения и поэтому требуют нескольких радиаторов или теплообменников. Такие двигатели используют разные способы для охлаждения наддувочного воздуха (ОНВ), необходимого для сгорания. Главной причиной, стоящей за этим, является соответствие экологическим нормам по выбросам. Однако не все конструкции двигателей легко адаптировать для вынесенной системы охлаждения.

Два насоса – Два контура

Общим подходом для системы ОНВ является применение 2-х полностью отделенных друг от друга контуров охлаждения с 2 радиаторами, 2 водяными насосами и отдельными ОЖ в каждом контуре. Один контур охлаждает двигатель, а другой - воздух в системе впуска после его наддува турбокомпрессором. Для вынесенной системы эти двигатели требуют 2-х полностью изолированных друг от друга радиаторов или теплообменников. Каждый из них имеет свои собственные ТУ по температуре, ограничению давления, теплоотдаче и т.д., которые для вынесенных систем должны строго соблюдаться. Эти данные можно получить от изготовителя двигателей. Важно, чтобы оба контура были правильно спроектированы, где каждый из них **требует** учета всех факторов и **должен отвечать** всем критериям для одиночной вынесенной системы. См. **Рис. 6–38**.

Примечание: Размещение радиатора ОНВ может быть критичным для полноценного отвода тепла, в таком контуре. Когда радиатор ОНВ и радиатор двигателя стоят друг за другом и обдуваются одним вентилятором, то радиатор ОНВ должен быть впереди воздушного потока с тем, чтобы через него проходил воздух самой низкой температуры.

Один насос – два контура

Иногда конструкция двигателя выполняется так, что ОНВ состоит из 2-х контуров охлаждения, относящихся к двигателю, 2-х радиаторов и одним водяным насосом. Эти системы не рекомендуются для вынесенных систем из-за трудностей по достижению сбалансированных потоков ОЖ, что не обеспечивает надлежащее охлаждение каждого контура.

Охлаждение класса «воздух-воздух»

Другим подходом для систем ОНВ является использование контура с радиатором класса «воздух-воздух» вместо конструкции с системой «воздух-вода», как изложено выше. Эти системы предусматривают подачу через радиатор наддувочного воздуха для охлаждения, прежде чем он попадет во впускной коллектор. Такие системы обычно не рекомендуются для вынесенных систем по двум причинам. Во-первых, вся система трубопроводов и радиатор работают под давлением, создаваемым турбокомпрессором. Даже мизерная утечка воздуха в такой системе значительно снизит производительность турбокомпрессора по наддуву, что является неприемлемым. Во-вторых, длина воздухопроводов на радиатор и обратно будет создавать временную задержку для рабочих характеристик турбокомпрессора, что приведет к пульсациям давления, которые будут неблагоприятно сказываться на эксплуатационных качествах двигателя.

Радиаторы для установок с вынесенными радиаторами

Вынесенные радиаторы

Вынесенные радиаторы применяются для некоторых конфигураций генераторных установок. Во всех случаях вынесенный радиатор использует для вентилятора охлаждения приводной электродвигатель, питание на который подается непосредственно с выходных клемм генераторной установки. Расширительный бак должен устанавливаться в самой высокой точке системы. Вместимость расширительного бака должна быть не менее 5% от общего объема системы охлаждения. Крышка бака с клапаном выбирается в зависимости от размера радиатора. Для расширительного бака может также потребоваться прокладка паропроводных линий. Для визуального контроля уровня ОЖ в системе желательно устанавливать смотровое стекло. На нем следует сделать метки, показывающие нормальный уровень холодной и горячей ОЖ. Для индикации потенциального отказа системы желательна установка датчика уровня ОЖ, когда он падает ниже допустимого предела. Некоторые установки с вынесенным радиатором имеют вентиляторы охлаждения с системой термостатического контроля. В таких случаях термостат обычно монтируется на входе в радиатор.

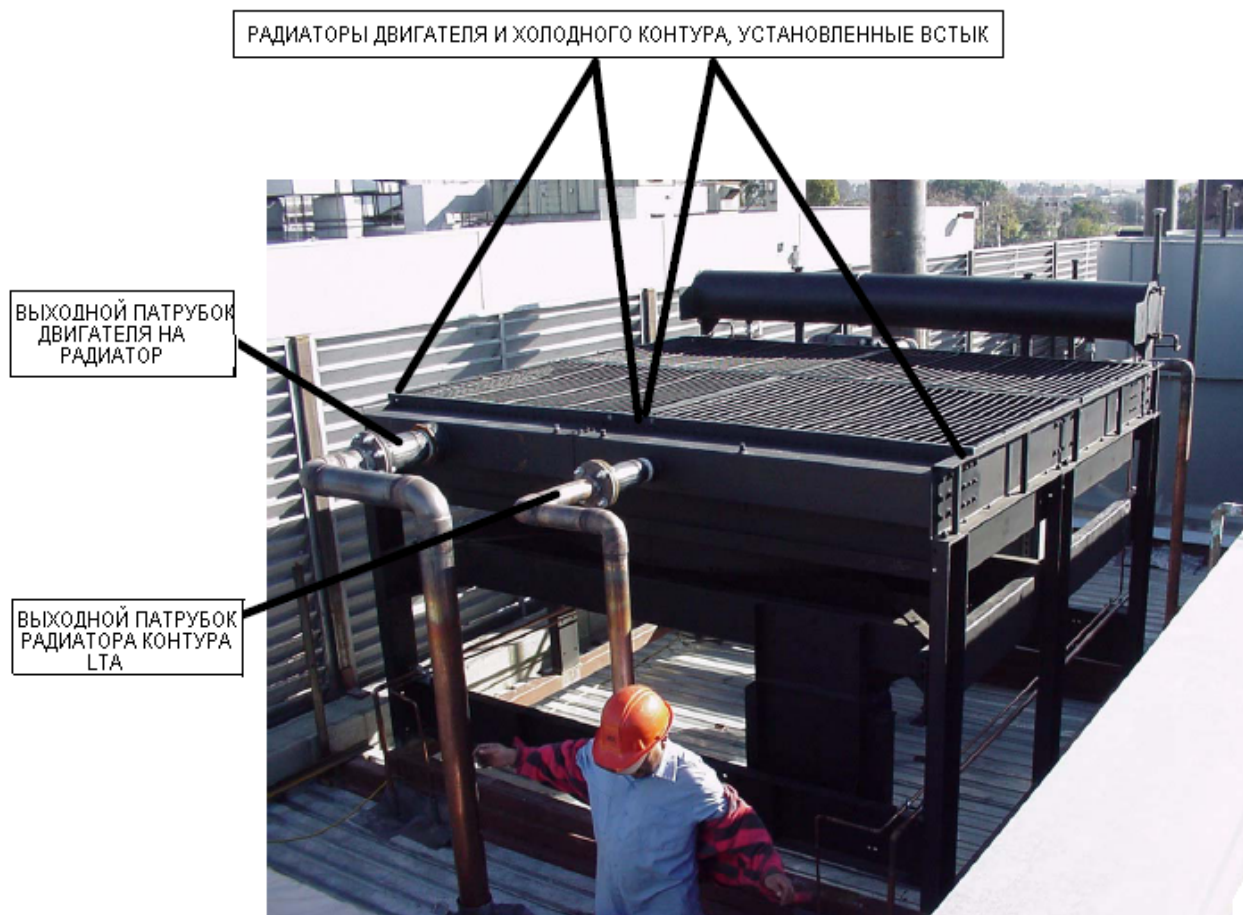


Рис. 6–38. Горизонтально смонтированный вынесенный радиатор и радиатор ОНВ

Радиаторы могут быть либо горизонтального типа (где сердцевина радиатора параллельна опорной поверхности) или вертикального типа (где сердцевина радиатора перпендикулярна опорной поверхности). См. **Рис. 6–38**. Горизонтально монтируемые радиаторы часто выбираются потому, что направление наибольшего шума направлено вверх (т.е. от источника механического шума, создаваемого вентилятором охлаждения), и это создает вероятность того, что этот шум не будет беспокоить находящихся вблизи него людей. Однако горизонтальные радиаторы могут оказаться неспособными к работе из-за образования снежного или ледяного покрова в зимнее время, поэтому их практически не используют в регионах с холодным климатом.

Вынесенные радиаторы требуют минимальных затрат средств и времени на техобслуживание, но когда они используются и если имеют ременный привод, то ежегодное обслуживание должно включать в себя внешний осмотр и проверку (подтяжку) ременного привода вентилятора. Некоторые радиаторы могут использовать подшипники, требующие консистентной смазки и регулярного обслуживания. Следует также проводить чистку ребер охлаждения радиатора от грязи и других посторонних материалов.

Теплообменник, смонтированный на подмоторной раме

Двигатель, насос и теплообменник типа «вода-вода» образуют закрытую систему охлаждения, находящуюся под положительным давлением. См. **Рис.6–39**). ОЖ двигателя и сырая вода для охлаждения (т.е. «холодная» сторона системы) изолированы друг от друга. При этом необходимо учесть следующее:

- Помещение с оборудованием генераторной установки потребует мощной системы вентиляции. Информацию по объему воздуха, необходимого для полноценной вентиляции см. в главе Вентиляция настоящего Раздела.

- Поскольку двигатель генераторной установки не имеет механического привода на вентилятор охлаждения радиатора, то на выходе генераторной установки может отбираться дополнительная мощность. Для достижения имеющейся **полезной мощности** от генераторной установки, следует добавить нагрузку вентилятора, указанную в спецификации, к номинальной мощности установки. Помните о том, что генераторная установка должна питать электрический привод вентилятора охлаждения радиатора, вентиляторы системы вентиляции, водяные насосы и другое вспомогательное оборудование, требуемое для вынесенного радиатора. Таким образом, электрическая мощность, полученная не за счет механического привода вентилятора, обычно расходуется для питания электрических устройств, необходимых в вынесенной системе охлаждения.

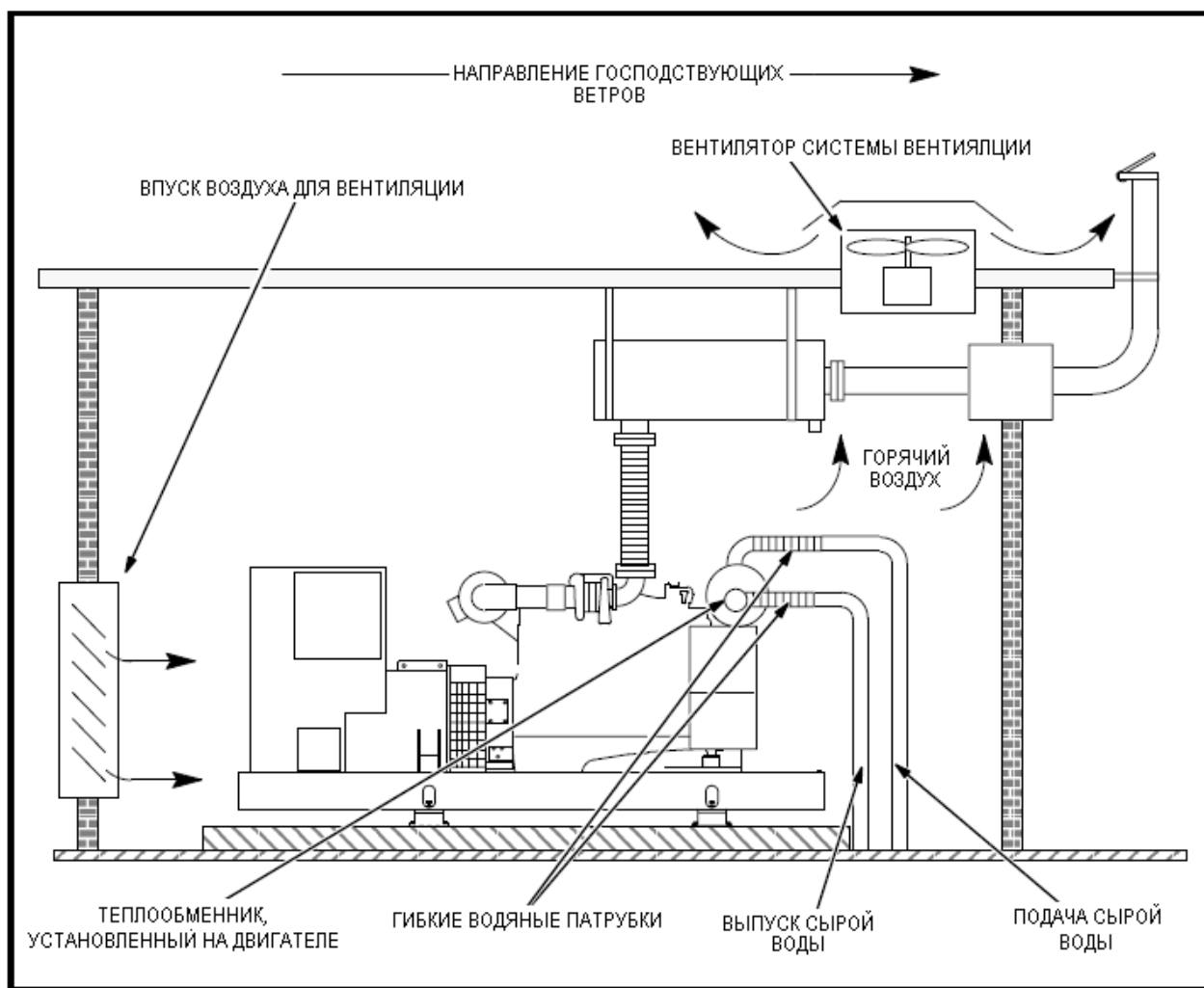


Рис.6–39. Система охлаждения с теплообменником, смонтированным на заводе-изготовителе генераторной установки

- Если давление источника водоснабжения на холодной стороне системы превышает номинальное давление теплообменника, то необходимо предусмотреть установку редукционного клапана. Информацию по этому вопросу можно получить от изготовителя теплообменника¹³.
- Теплообменник и водяные трубопроводы должны быть защищены от замерзания, если температура окружающей среды упадет ниже 0°C.

¹³ Данные по теплообменникам, предусмотренные для продукции Cummins Power Generation, на которой они устанавливаются, имеются в пакете технической документации Cummins Power Suite

- Рекомендованные опции включают термостат (не электрический) для регулирования расхода воды в зависимости от температуры ОЖ, а также нормально замкнутый отсечной клапан, запитываемый от батареи, для перекрытия воды, когда генераторная установка не работает.
- Для обеспечения **Теплоотвода в ОЖ**, значение которого указано в Справочном листке технических данных генераторной установки, необходим достаточный расход сырой воды. Имейте в виду, что на каждый градус (1°F) роста температуры галлон воды воспринимает приблизительно 8 BTU (удельная теплоемкость). Кроме того, рекомендуется, чтобы сырая вода, уходящая из теплообменника, не превышала 140°F (60°C).

Отсюда следует:

$$\text{Требуемый расход воды (галлонов/мин)} = \frac{\text{Отвод тепла (BTU/мин)}}{\Delta T (F) \cdot c (8 \text{ Btu (F-галлон)})}$$

Где:

ΔT = Рост температуры воды через сердцевину

c = удельная теплоемкость воды

Если установка отводит тепло со значением 19200 BTU в минуту, а температура сырой воды на входе составляет 80° F, позволяя росту температуры 60° F:

$$\text{Требуемый расход сырой воды} = \frac{19200}{60 \times 8} = 40 \text{ галлонов в минуту}$$

Системы с двойным теплообменником

Системы охлаждения с двойным теплообменником (**Рис.6–40**) могут быть трудны для проектирования и практической реализации особенно тогда, если для охлаждения теплообменника используется вторичная система охлаждения в виде радиатора. В этих случаях вынесенное устройство может оказаться значительно крупнее по размерам, чем предполагалось, поскольку перепад температуры через теплообменник сравнительно мал. Эти системы следует проектировать для специфических областей применения с учетом требований к двигателю, теплообменнику типа «вода-вода», а также вынесенному теплообменному устройству¹⁴.

¹⁴ Теплообменники, смонтированные на подмоторной раме, которые применяются фирмой Cummins Power Generation, обычно не очень удобны для использования в системах с двойным теплообменником. Такие системы требуют применения тщательно согласованных друг с другом компонентов.

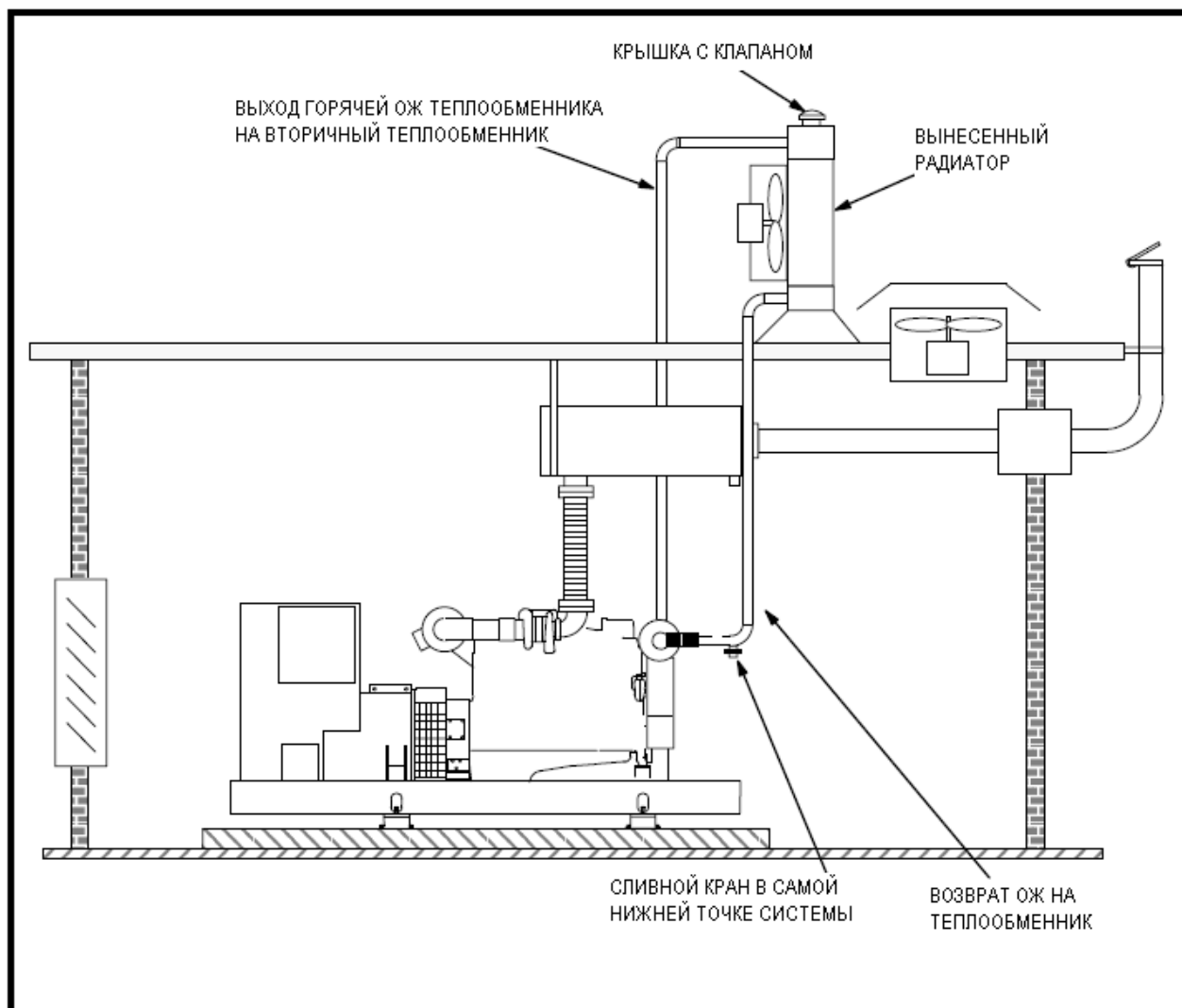


Рис. 6–40. Система с двойным теплообменником (с вторичным охладителем типа «вода-воздух»)

Системы охлаждения с градирней

Системы охлаждения с градирней можно использовать для тех применений, где температура окружающей среды не опускается ниже точки замерзания, а также в условиях достаточно низкой влажности, позволяющей эффективной работе системы. Типовая схема оборудования для такой системы приведена на **Рис.6–41**.

Системы с использованием градирни обычно имеют теплообменник, смонтированный на подмоторной раме, где «холодный» контур подключен к градирне. Баланс системы состоит в использовании насоса «сырой» воды (а водяной насос двигателя обеспечивает циркуляцию ОЖ в «горячем» контуре системы), для подачи воды в верхнюю часть градирни, где она охлаждается за счет испарения, а затем возвращается в теплообменник генераторной установки. Помните о том, что такая система требует предусмотреть возможность подпитки системы водой, поскольку в процессе испарения система будет терять некоторое количество воды. «Горячая» сторона теплообменной системы аналогична той, что рассматривалась выше для теплообменника, смонтированного на подмоторной раме.

Охлаждение топлива с помощью вынесенных радиаторов

На генераторных установках иногда используются охладители топлива, чтобы удовлетворять требованиям для некоторых моделей двигателей. Если двигатель оснащен автономным охладителем топлива, то требования по охлаждению должны быть увязаны с общей конструкцией системы. Зачастую это трудно достижимо и часто противоречит нормам по прокладке топливных трубопроводов в вынесенной системе охлаждения. Одним из решений может быть применение радиатора и вентилятора для охлаждения топлива, размещенных вблизи генераторной установки с учетом условий по отводу тепла и вентиляции помещения.

Другим вариантом может быть применение системы охлаждения топлива с теплообменником, использующим вынесенный радиатор, или отдельная подача воды для стороны с ОЖ.

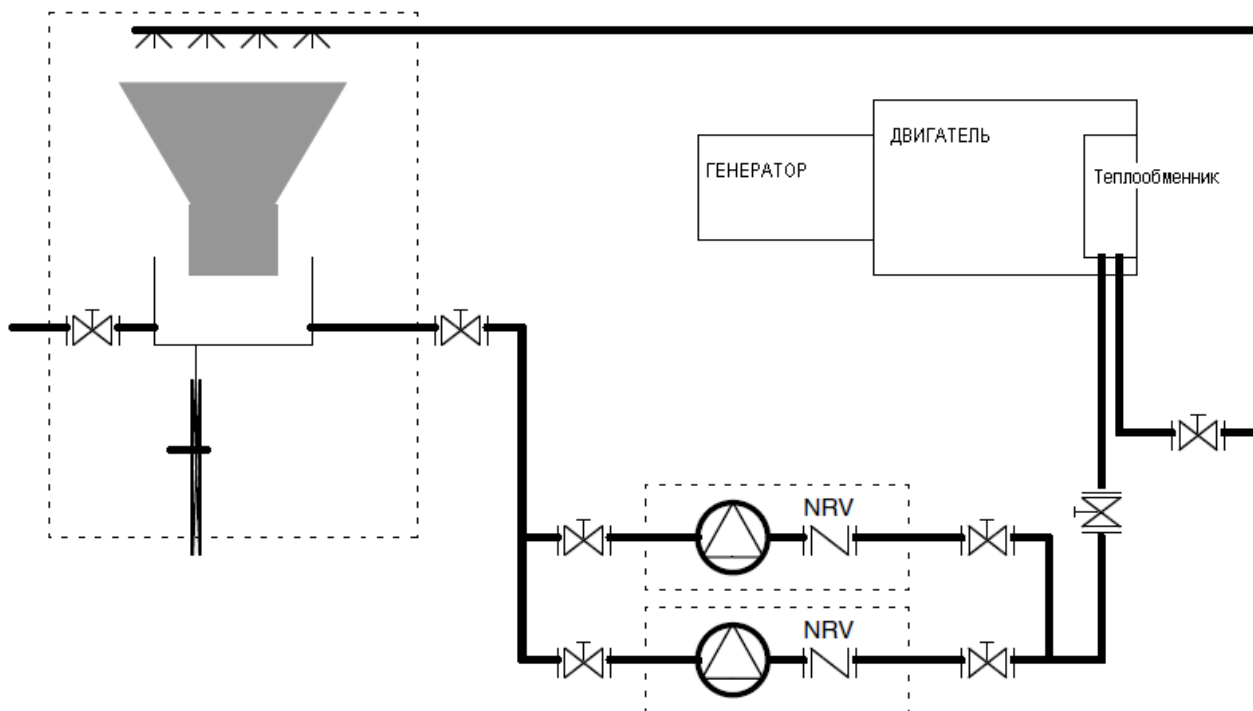


Рис.6-41. Схема системы охлаждения с применением градирни.

Расчет размеров труб для системы охлаждения

Предварительная компоновка по прокладке трубопровода для системы охлаждения с вынесенным радиатором, приведенная на Рис.6-35, предполагает применение трубы длиной 18 метров и диаметром 3 дюйма (75 мм), трех колен большого радиуса изгиба, двух запорных кранов для разобщения радиатора при обслуживании двигателя и тройника для подключения к линии залива и подпитки системы. ТУ для рекомендованной генераторной установки дают расход ОЖ в системе со значением **123 галлонов в минуту (560 литров в минуту)** и допустимые потери напора от трения **5 PSI (35 кПа)**.

Порядок расчета предполагает определение потерь давления (от трения), вызванных каждым элементом системы, а затем сравнение суммарной потери давления с допустимой потерей напора от трения.

13. Определим потери давления в радиаторе, пользуясь данными изготовителя радиатора. Для данного примера допустим, что потери давления составляют 1 psi (6,9 кПа) при расходе 135 галлонов в минуту (614 литров в минуту).
14. Найдем эквивалентную длину всех фитингов и клапанов, используя данные в Таблице 6-6, и добавим ее к общей длине прямолинейной трубы.

Три колена с большим радиусом изгиба – 3 x 5,2	15,6
Два запорных крана (открытых) – 2 x 1,7	3,4
Тройник (прямоточный)	5,2
Прямолинейная труба длиной 60 футов	60,0
Эквивалентная длина трубы (в футах)	84,2
15. Найдем значение противодавления при заданном расходе на единицу длины трубы для номинального диаметра трубы, используемой в системе. В данном примере используется труба с номинальным диаметром 3 дюйма. Следуя по пунктирной линии на Рис.6-42 находим, что труба диаметром 3 дюйма создает потери давления приблизительно в **1,65 psi на 100 футов длины (или 11,3 кПа на 30 метров длины)**.

16. Рассчитаем потери давления в трубопроводе следующим образом:

Потери в трубопроводе = 84,2 футов x 1,65 футов/кв.дюйм = 1,39 футов/кв.дюйм

100 футов

17. Общие потери давления в системе – это сумма потерь давления в трубопроводе и радиаторе:

Общие потери давления = 1,39 футов/кв.дюйм в трубопроводах + 1,00 футов/кв.дюйм в радиаторе = 2,39 футов/кв.дюйм

18. Расчет для данного примера показывает, что компоновка вынесенной системы охлаждения с радиатором адекватна в точки зрения потерь напора от трения, поскольку она не выше допустимых потерь от трения. Если же расчет покажет избыточные потери напора от трения, то следует провести повторный расчет с использованием трубы большего диаметра. Сравните преимущества и недостатки при использовании трубы большего диаметра с теми значениями, когда в системе охлаждения применяется вспомогательный насос

Тип фитинга	Номинальный диаметр труб в дюймах (миллиметрах)										
	1/2 (15)	3/4 (20)	1 (25)	1-1/4 (32)	1-1/2 (40)	2 (50)	2-1/2 (65)	3 (80)	4 (100)	5 (125)	6 (150)
Стандартн. колено 90° или нитка переходного тройника 1/2	1.7 (0.5)	2.1 (0.6)	2.6 (0.8)	3.5 (1.1)	4.1 (1.2)	5.2 (1.6)	6.2 (1.9)	7.7 (2.3)	10 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)
Колено 90° с большим изгибом или прямоходовый тройник	1.1 (0.3)	1.4 (0.4)	1.8 (0.5)	2.3 (0.7)	2.7 (0.8)	3.5 (1.1)	4.2 (1.3)	5.2 (1.6)	6.8 (2.1)	8.5 (2.6)	10 (3.0)
Колено 45°	0.8 (0.2)	1.0 (0.3)	1.2 (0.4)	1.6 (0.5)	1.9 (0.6)	2.4 (0.7)	2.9 (0.9)	3.6 (1.1)	4.7 (1.4)	5.9 (1.8)	7.1 (2.2)
Сомкнутое обратное колено	4.1 (1.2)	5.1 (1.6)	6.5 (2.0)	8.5 (2.6)	9.9 (3.0)	13 (4.0)	15 (4.6)	19 (5.8)	25 (7.6)	31 (9.4)	37 (11.3)
ТРОЙНИК, боковой впуск или выпуск	3.3 (1.0)	4.2 (1.3)	5.3 (1.6)	7.0 (2.1)	8.1 (2.5)	10 (3.0)	12 (3.7)	16 (4.9)	20 (6.1)	25 (7.6)	31 (9.4)
Кран для слива отстоя и фильтр грубой очистки	3.7 (1.1)	4.9 (1.5)	7.5 (2.3)	8.9 (2.7)	11 (3.4)	15 (4.6)	18 (5.5)	22 (6.7)	29 (8.8)	36 (11.0)	46 (14.0)
Поворотный обратный клапан, полностью открыт	4.3 (1.3)	5.3 (1.6)	6.8 (2.1)	8.9 (2.7)	10 (3.0)	13 (4.0)	16 (4.9)	20 (6.1)	26 (7.9)	33 (10.1)	39 (11.9)
Шаровой кран, полностью открыт	19 (5.8)	23 (7.0)	29 (8.8)	39 (11.9)	45 (13.7)	58 (17.7)	69 (21.0)	86 (26.2)	113 (34.4)	142 (43.3)	170 (51.8)
Угловой клапан, полностью открыт	9.3 (2.8)	12 (3.7)	15 (4.6)	19 (5.8)	23 (7.0)	29 (8.8)	35 (10.7)	43 (13.1)	57 (17.4)	71 (21.6)	85 (25.9)
Запорный кран, полностью открыт	0.8 (0.2)	1.0 (0.3)	1.2 (0.4)	1.6 (0.5)	1.9 (0.6)	2.4 (0.7)	2.9 (0.9)	3.6 (1.1)	4.7 (1.4)	5.9 (1.8)	7.1 (2.2)

Таблица 6-6. Эквивалентная длина трубных фитингов и клапанов в футах (миллиметрах)

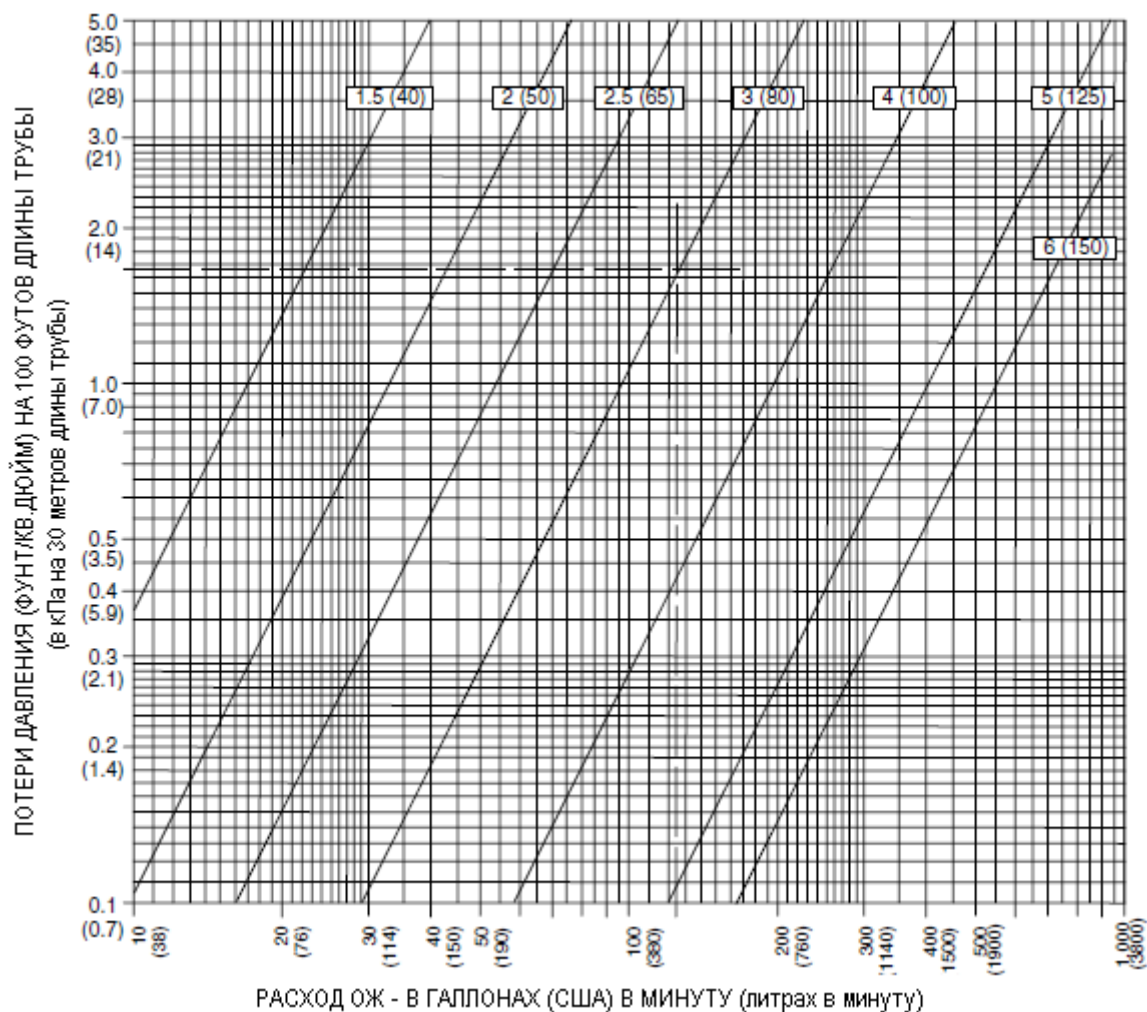


Рис. 6-42. Потери давления от трения на дюйм (миллиметр) диаметра труб

Обращение с охлаждающей жидкостью (ОЖ)

Охлаждающая жидкость, состоящая из антифриза (на основе этилен- или пропиленгликоля) и воды используется для снижения точки замерзания системы охлаждения и увеличения точки кипения. См. **Таблицу 6-8** для определения концентрации этилен- или пропиленгликоля, необходимой для защиты системы от самых низких температур окружающей среды. Для большинства применений процентное содержание компонентов рекомендуется в диапазоне от 30/70 до 60/40.

ПРИМЕЧАНИЕ: Антифриз на основе пропиленгликоля менее токсичен по сравнению с антифризом на основе этиленгликоля и дает более высокую степень защиты гильз, а также устраняет некоторые утечки жидкости и необходимость отчетности при переработке отходов. Однако он не настолько эффективен как этиленгликоль, поэтому возможности системы охлаждения при использовании пропиленгликоля (максимальная рабочая температура при полной нагрузке) будут несколько снижены.

Генераторные установки от Cummins Power Generation мощностью 125/100 кВт и крупнее оснащаются заменяемыми фильтрующими элементами с присадками, чтобы до минимума снизить неисправности и коррозию системы охлаждения. Эти средства совместимы с самыми разными составами антифриза. Для небольших генераторных установок следует применять антифриз, содержащий ингибитор коррозии.

Генераторные установки с двигателями, имеющими заменяемые гильзы цилиндров, требуют применения дополнительных присадок (SCA) для защиты от разъедания (питтинга) и коррозии гильз, как это оговорено в руководствах оператора генераторной установки.

Вентиляция Общий обзор

Вентиляция генераторной комнаты необходима для обеспечения подачи воздуха в двигатель для сгорания, отвода тепла, излучаемого генераторной установкой и другим оборудованием в помещении, а также для удаления любых газообразных продуктов сгорания и дыма. В целях предупреждения рециркуляции радиатор должен располагаться вблизи выпускного проема комнаты и герметизироваться с помощью гибких воздуховодов.

***ПРИМЕЧАНИЕ:** В настоящем разделе используется выражение «генераторная комната» и термин «помещение». Однако принципы, рассматриваемые здесь, применимы к любым средствам ограждения и кожухам, в которых размещаются генераторные установки. В целях настоящего раздела, слово «помещение» следует рассматривать как синоним терминов «генераторная комната», «кожух», «контейнер», «защитное ограждение» и т.д.*

Конструкция или установка с плохой системой вентиляции может привести к появлению следующих проблем:

- Опасных условий для персонала, находящегося в генераторной комнате (если это применимо);
- Высокая температура вокруг генераторной установки, которая может привести к ухудшению рабочих характеристик и перегреву.
- Плохая работа в условиях холодного климата, если установка открыта для воздействия на нее низких температур.
- Проблемы с другим оборудованием в помещении, которые могут быть чувствительны к низким и высоким температурам.

Требования

- Выпускные коллекторы двигателя и турбокомпрессоры не следует закрывать изоляционными материалами (см. с.6-67, [Требования по определению расхода воздуха](#))
- Для соединений, обеспечивающих тепловое расширение, нельзя использовать жесткие изоляционные материалы. (См. с. 6-67, [Требования по определению расхода воздуха](#))
- В конструкции системы вентиляции следует учитывать тепло, излучаемое другими источниками. (См. с. 6-67, [Требования по определению расхода воздуха](#))
- Впускные и выпускные проемы в помещении должны:
 - Обеспечивать общий расход воздуха в помещении, необходимый для сгорания и вентиляции (см. с. 6-74, [Требования по конструкции входа и выхода системы вентиляции](#))
 - Позволять воздушному потоку идти через всю генераторную установку от конца генератора до конца радиатора (см. с. 6-75, [Рекомендации и указания по конструкции входных и выходных проемов](#).)
 - Впуск и выпуск воздуха для вентиляции должен идти от выходных дверей или к ним. (см. с. 6-75, [Рекомендации и указания по конструкции входных и выходных проемов](#).)
 - Обеспечивать требуемый приток свежего воздуха через каждый агрегат, когда в помещении находятся несколько генераторных установок. (см. с.6-78, [Система вентиляции нескольких генераторных установок](#))
- Пределы ограничения скоростного напора следует уточнить через изготовителя жалюзи. (см. с. 6-74, [Расчет эффективной площади воздушного потока через входные и выходные проемы](#))
- Выпускные воздуховоды радиатора должны быть самоподдерживающимися (см. с.6-75, [Указания по конструкции впускных и выпускных проемов](#)).
- Система вентиляции должна быть спроектирована для приемлемой эксплуатации при всех закрытых входных и служебных дверях. При работе генераторной установки все двери следует держать закрытыми, чтобы поддерживать расчетный поток воздуха в помещении. (см. с.6-75, [Разрежение в генераторной комнате](#))

- Линия сапуна для отвода картерных газов должна быть проложена так, чтобы не оказывать отрицательного воздействия на оборудование (см. с. 6-76, [Вентиляция картерных газов](#))
- Если сапун картера модифицирован, то необходимо проверить давление картерных газов на номинальной мощности. Давление должно быть положительным, но не превышать 3 дюймов вод. столба (0,75 кПа). (см. с. 6-76, [Вентиляция картерных газов](#))
- Для радиатора и вентилятора, смонтированных на подмоторной раме, общее сопротивление по расходу воздуха в генераторной комнате не должно превышать максимального значения, указанного в **Справочном листе технических характеристик генераторной установки**. (см. с.6-76, [Сопротивление воздушного потока](#))
- При запуске аварийных или резервных генераторных установок жалюзи должны немедленно открываться. Для регионов с холодным климатом жалюзи могут открываться частично лишь для подачи воздуха для сгорания и регулирования температуры в помещении. (См. с.6-78, [Работа жалюзи](#))
- Если устанавливается блокирующая стена, то ее следует располагать от здания на расстоянии не ближе, чем 1 x высота выпускного жалюзи. Для оптимальных рабочих характеристик стена должна находиться от здания на расстоянии, равным примерно 3-х кратной высоте выпускного жалюзи. (См. с. 6-80, [Блокирующие стены](#))
- При установке любой блокирующей стены необходимо предусмотреть поворотное направляющее устройство и дренаж. (См. с. 6-80, [Блокирующие стены](#).)
- Если в системе вентиляции используются воздушные фильтры, то необходимо предусмотреть установку системы по обнаружению забитых фильтров. (См. с.6-81, [Фильтрация воздуха системы вентиляции](#).)

Рекомендации

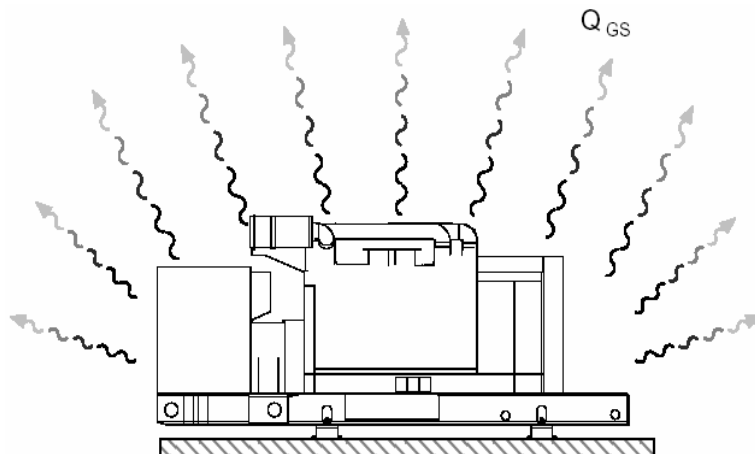
- Трубопроводы и глушители системы выпуска должны иметь изоляционное покрытие. (См. вышеприведенное требование, касающееся коллекторов и турбокомпрессоров на с. 6-67, [Требования по определению расхода воздуха](#).)
- Максимальная температура наружного воздуха должна измеряться у места впуска воздуха. (См. с. 6-67, [Требования по определению расхода воздуха](#).)
- Скоростной напор должен быть ограничен до значения 500 – 700 футов в минуту (150 – 220 метров/мин.), чтобы предотвратить попадание внутрь помещения дождевой воды или снега. См. вышеприведенные требования, касающиеся пределов по скоростному напору для жалюзи. (См. с.6-74, [Расчет эффективной площади впускных и выпускных проемов](#)).
- Рекомендации по местоположению впускных и выпускных проемов см. с.6-75, [Рекомендации и указания по конструкции впускных и выпускных проемов](#)):
 - Впускной проем не должен размещаться рядом с выпускным трактом двигателя.
 - Впускной и выпускной проемы не должны располагаться на одной и той же стене.
 - Для поддержания потока свежего воздуха через генераторную установку выпускной проем следует размещать по возможности как можно выше, а впускной проем как можно ниже.
 - Выпускной проем следует размещать на стороне здания по ходу ветра.
- В генераторной комнате не должно находиться дополнительное оборудование для системы сгорания. (См. с.6-75, [Разрежение в генераторной комнате](#).)

Определение требований по расходу воздуха

Для определения требований по расходу воздуха в генераторной комнате используйте следующий метод расчета:

ЭТАП 1: Определение количества тепла, излучаемого в помещение от генераторной установки

Двигатель и генератор будут излучать тепло в генераторную комнату. На **Рис. 6–43**, это тепло помечено как Q_{GS} . Обратитесь к **Справочному листу с техническими данными генераторной установки** для определения количества тепла, как это показано на **Рис.6-44**. Для примера, где взята генераторная установка резервного питания *DFXX Cummins*, приведенная на **Рис. 6–44**, Q_{GS} составляет 5530,0 Btu/мин (5,9 МДж/мин.).

Рис.6-43. Тепло, излучаемое в помещение от генераторной установки (Q_{GS})**ЭТАП 2: Определим тепло, излучаемое в помещение от глушителя и труб системы выпуска**

Глушитель и трубы системы выпуска будут излучать тепло в помещение с генераторной установкой, как показано на Рис.6-45. Для оценки количества тепла пользуйтесь Таблицей 6-7.

Для системы, приведенной на Рис.6-45, допустим, что в генераторной комнате используется трубопровод системы выпуска длиной 3 метра и диаметром 127 мм и глушитель без теплозащиты. Из данных в Таблице 6-7 можно определить количество тепла, излучаемое от трубы (Q_P) и глушителя (Q_M)

$$Q_P = 10 \text{ feet} * 139 \frac{\text{Btu}}{\text{min} * \text{ft}} = 1390 \text{ Btu/min}$$

или

$$Q_P = 3.0 \text{ m} * 481 \frac{\text{kJ}}{\text{min} * \text{m}} = 1443 \text{ kJ/min} = 1.44 \text{ MJ/min}$$

$$Q_M = 1501 \text{ Btu/min}$$

или

$$Q_M = 1584 \text{ kJ/min} = 1.58 \text{ MJ/min}$$

Resonance frequency variation
Radio Frequency Interference

IEC 801.2 Level 2 Radiated Emissions
IEC 801.4, Level 4 Electrical Fast Transients
IEC 801.5, Level 5 Voltage Surge Immunity
MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	22.6 (16.9)	22.6 (16.9)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	196.0 (741.9)	196.0 (741.9)
Heat Related To Exhaust, Btu/min (MJ/min)	16250.0 (47.3)	14350.0 (15.2)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	6100.0 (6.5)	5540.0 (5.9)
Maximum Coolant Pressure Head, psi (kPa)	10.0 (68.9)	10.0 (68.9)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air	Standby	Prime
Combustion Air, scfm (m³/min)	1517.0 (42.9)	1455.0 (41.2)
Alternator Cooling Air, scfm (m³/min)	4158.0 (117.8)	4158.0 (117.8)
Radiator Cooling Air, scfm (m³/min)	27200.0 (769.8)	27200.0 (769.8)
Max. Static Restriction in H ₂ O (Pa)	0.50 (124.50)	0.50 (124.50)

Rating Definitions
Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No overload capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel S in accordance with ISO 8545, A82299.)

Рис. 6-44. Пример со значениями излучаемого тепла из Справочного листа технических данных генераторной установки модели DFXH

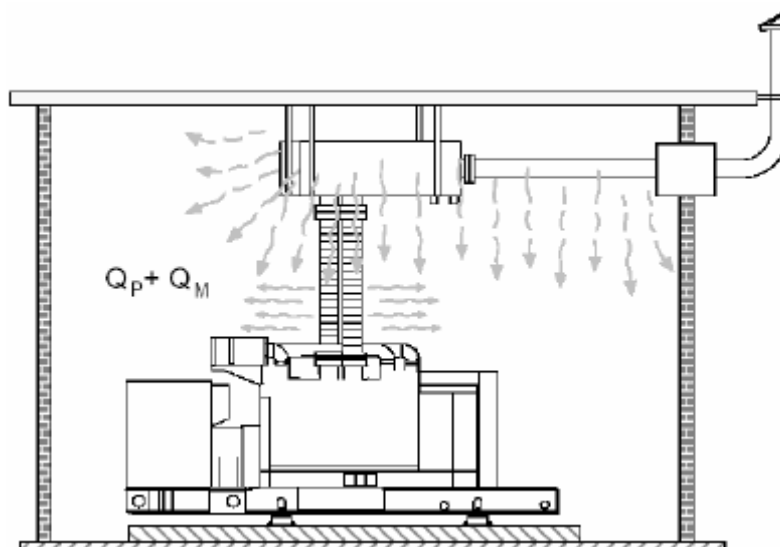


Рис.6–45. Тепло, излучаемое в помещение от глушителя и труб тракта выпуска

Помните о том, что значения, приведенные в **Таблице 6–7**, и в уравнениях для данного примера, относятся к неизолированной трубе и глушителю. Фирма *Cummins* рекомендует, устанавливать на трубы тракта выпуска и глушители теплозащитную изоляцию, чтобы снизить количество тепла, излучаемого ими в генераторную комнату. Радиаторы, установленные на подмоторной раме, и поставляемые изготовителем генераторной установки в комплекте, спроектированы из такого расчета, что выпускной тракт будет облицован теплоизоляционным материалом. В качестве эмпирического правила используйте 30% значение количества тепла, приведенное в **Таблице 6–7** для неизолированных систем ¹⁵.

Установка теплозащитного покрытия для коллекторов и турбокомпрессоров может вызвать повреждение оборудования. Кроме того, жесткое теплоизолирующее покрытие нельзя использовать в соединениях, предназначенных для теплового расширения. Дополнительную информацию см. в разделе **Система выпуска** настоящего Руководства или свяжитесь с местным дистрибьютором фирмы *Cummins* для получения Бюллетеня по адаптации установок № AEB 60.05.

- Трубы тракта выпуска и глушители должны иметь теплозащитное покрытие.
- Выпускной коллектор двигателя и турбокомпрессоры нельзя закрывать теплозащитными материалами.
- В местах соединений, предназначенных для теплового расширения, нельзя использовать жесткие изолирующие материалы.

Диаметр трубы в дюймах (миллиметрах)	Тепло от трубы в Btu/min/ft (кДж/мин/м)	Тепло от глушителя в Btu/min (кДж/мин)
3 (76)	87 (301)	922 (973)
3.5 (98)	99 (343)	1047 (1105)
4 (102)	112 (388)	1175 (1240)
5 (127)	139 (481)	1501 (1584)
6 (152)	164 (568)	1944 (2051)
8 (203)	213 (737)	2993 (3158)
10 (254)	268 (928)	3668 (3870)
12 (305)	318 (1101)	5463 (5764)
14 (356)	367 (1270)	8233 (8686)

Таблица 6–7. Расчетное количество тепла, излучаемое от выпускной трубы и глушителей ¹⁵

¹⁵ Сотрудники фирмы *Cummins* могут получить доступ к документированным значениям этих данных в Техническом отчете 9051–2005–003

ЭТАП 3: Определение количества тепла, излучаемого в помещение от других источников.

- При проектировании системы вентиляции следует учитывать излучение тепла от других источников.

К таким источникам относятся коммутационно-распределительное оборудование, насосы, компрессоры, осветительные приборы, солнечное тепло, проникающее в помещение через окна, а также тепло от любого другого оборудования. В приведенных ниже уравнениях это тепло обозначим как Q_{AUX} .

Для нашего примера системы допустим, что в генераторной комнате нет никаких дополнительных источников тепла.

ЭТАП 4: Расчет общего количества тепла, излучаемого в помещение от всех источников

Чтобы найти общее количество тепла (Q_{Total}), излучаемого в помещение, сложим все полученные значения на Этапах 1, 2 и 3.:

$$Q_{Total} = Q_{GS} + Q_P + Q_M + Q_{AUX}.$$

Для примера системы,

$$Q_{Общ.} = 5530 \text{ Btu/min} + 1390 \text{ Btu/min} + 1501 \text{ Btu/min} + 0 \text{ Btu/min} = 8421 \text{ Btu/min}$$

ЭТАП 5: Определение максимально допустимого роста температуры в помещении

Для определения максимально допустимого роста температуры в генераторной комнате сначала определим максимальную температуру снаружи помещения ($MAX T_{OUT}$) и максимально допустимую температуру внутри помещения ($MAX T_{ROOM}$). Максимальная наружная температура – это самая высокая вероятная температура в данном географическом регионе. В идеале, эта температура будет измеряться у точки впуска воздуха в помещение, где находится генераторная установка. Температура вблизи зданий может быть значительно выше, чем температура на открытом пространстве.

- Максимальная наружная температура должна измеряться в месте впуска воздуха в помещение.

Для определения максимально допустимой температуры в помещении сверьтесь со строительными (СНИП) и местными нормами, ТУ по противопожарной защите, максимальной рабочей температуре генераторной установки до деформировки, охлаждающей способностью системы охлаждения и другими факторами. Имейте в виду, что генераторная установка не может иметь в генераторной комнате оборудования, которое очень чувствительно к высокой температуре. Максимально допустимая температура в помещении может зависеть от эксплуатационных пределов другого оборудования.

Рост максимально допустимой температуры в генераторной комнате:

$$\Delta T = MAX T_{ROOM} - MAX T_{OUT}.$$

Для данного примера допустим, что генераторная установка находится в регионе, где наибольшая наружная температура у места впуска воздуха в помещение составляет $32,2^{\circ}\text{C}$, а максимально допустимая температура в комнате 40°C . Рост максимально допустимой температуры в генераторной комнате будет:

$$\Delta T = 40^{\circ}\text{C} - 32,2^{\circ}\text{C} = 7,8^{\circ}\text{C}$$

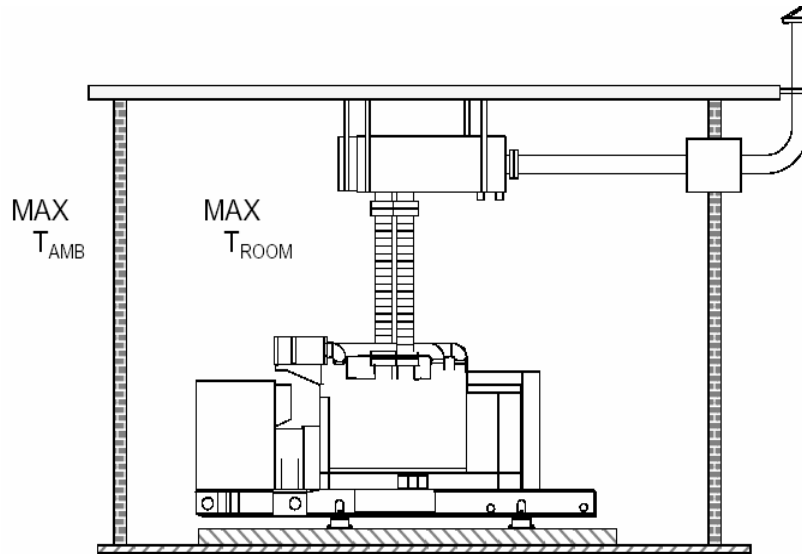


Рис.6–46. Максимально допустимая температура в помещении и наружная температура

ЭТАП 6: Определение по расходу воздуха для сгорания

Найдем требование по расходу воздуха для сгорания в **Справочном листке технических данных генераторной установки**, приведенном на **Рис.6–47**. Для данного примера взята генераторная установка резервного питания *DFXX Cummins* со значением 34,7 м³/мин).

ЭТАП 7: Расчет общего расхода воздуха, проходящего через генераторную комнату

Вначале найдем расход воздуха, требуемый для обеспечения роста проектной температуры в помещении:

$$V_{ROOM} = \frac{Q_{TOT}}{(c_p)(\Delta T)(d)}$$

где V_{ROOM} = минимальный расход воздуха с принудительной вентиляцией (м³/мин)

Q_{TOT} = общее количество тепла, излучаемого в помещение (см.Этап 4); (МДж/мин)

c_p = удельная теплоемкость ($1,01 \times 10^{-3}$ МДж/кг/°C)

ΔT = рост температуры в генераторной комнате (см. Этап 5); (°C)

d = плотность воздуха; ($1,20$ кг/м³).

Для данного примера системы:

$$V_{ROOM} = \frac{8,92 \text{ MJ/min}}{(1,01 \times 10^{-3} \text{ MJ/kg} \cdot ^\circ\text{C})(7,8^\circ\text{C})(1,20 \text{ kg/m}^3)} = 944 \text{ m}^3/\text{min}$$

Затем, чтобы определить общий расход воздуха (V_{TOTAL}), добавим это значение (V_{ROOM}) к расходу воздуха для сгорания (V_{COMB}) из Этапа 6:

$$V_{TOTAL} = V_{ROOM} + V_{COMB}.$$

Для данного примера системы:

$$V_{TOT} = 944 \text{ м}^3/\text{мин} + 34,7 \text{ м}^3/\text{мин} = 979 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Radiation frequency variation Radio Frequency Interference IEC 801.2, Level 2 Radiated Emissions IEC 801.4, Level 4 Electrical Fast Transients IEC 801.5, Level 5 Voltage Surge Immunity MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)		
Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	22.6 (16.9)	22.6 (16.9)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	196.0 (741.9)	196.0 (741.9)
Heat Rejected To Coolant, Btu/min (MJ/min)	16350.0 (17.3)	14350.0 (15.2)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	6100.0 (6.5)	5540.0 (5.9)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	10.0 (68.9)	10.0 (68.9)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)
Air		
Combustion Air, scfm (m ³ /min)	1517.0 (42.9)	1455.0 (41.2)
Alternator Cooling Air, scfm (m ³ /min)	4158.0 (117.8)	4158.0 (117.8)
Radiator Cooling Air, scfm (m ³ /min)	27200.0 (769.8)	27200.0 (769.8)
Max. Static Restriction in H ₂ O (Pa)	0.50 (124.50)	0.50 (124.50)
Rating Definitions Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No and overloaded capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel S in accordance with ISO 8528-3.		

Рис. 6–47. Пример с данными ТУ для генераторной установки DFXH

ЭТАП 8: Корректировка расхода воздуха в зависимости от высоты

Плотность воздуха снижается по мере увеличения высоты над уровнем моря. Для поддержания эквивалентного по массе расхода воздуха генераторная установка, работающая на большой высоте, будет требовать большего по объему количества воздуха по сравнению с установкой, работающей на уровне моря. Для сохранения полноценной вентиляции увеличьте расход воздуха в Этапе 7 на 3% на каждые 305 метров увеличения высоты над уровнем моря, используйте для этого следующее уравнение:

$$V_{ADJ} = \left(\frac{Alt}{Alt_{REF}} \right) (.03) (V_{TOT}) + V_{TOT}$$

где V_{ADJ} = откорректированный расход воздуха в зависимости от высоты (м³/мин)

Alt = высота, на которой находится генераторная установка (м)

Alt_{REF} = опорная точка отсчета высоты (305 м)

V_{TOT} = общий расход воздуха, требуемый из Этапа 7 (м³/мин).

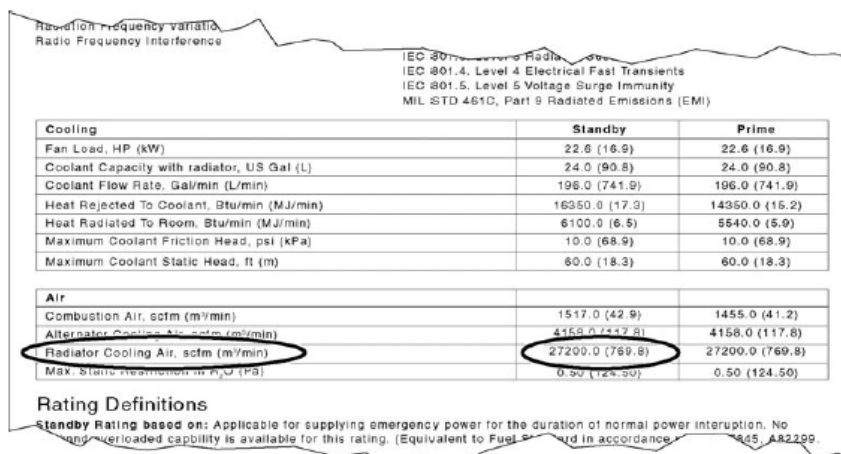
Для примера нашей системы допустим, что установка находится на высоте 1524 метра над уровнем моря.

$$V_{ADJ} = \left(\frac{1524 \text{ м}}{305 \text{ м}} \right) (.03) (979 \text{ м}^3/\text{мин}) + 979 \text{ м}^3/\text{мин} = 1126 \text{ м}^3/\text{мин}$$

Это откорректированное окончательное значение расхода воздуха (VADJ) является фактическим расходом, требуемым для условий, в которых эксплуатируется генераторная установка. Поставщики оборудования для системы вентиляции могут потребовать дополнительной информации по уточнению соответствующего оборудования для установки.

ЭТАП 9: Определение требований для вспомогательного вентилятора системы

Если генераторная установка оснащена радиатором и вентилятором от завода-изготовителя установки, то найдите соответствующее значение в графе «Охлаждающий воздух вентилятора» или «Расход воздуха для системы охлаждения», приведенное в **Справочном листе технических данных генераторной установки**. Это и есть расход воздуха, который будет обеспечивать вентилятор, смонтированный на генераторной установке. Для нашего примера с использованием генераторной установки резервного питания DFX Cummins и приведенной на **Рис.6–48**, это значение составляет 642,4 м³/мин.



	Standby	Prime
Cooling		
Fan Load, HP (kW)	22.6 (16.9)	22.6 (16.9)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	196.0 (741.9)	196.0 (741.9)
Heat Rejected To Coolant, Btu/min (MJ/min)	16350.0 (17.3)	14350.0 (15.2)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	6100.0 (6.5)	5540.0 (5.9)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	10.0 (68.9)	10.0 (68.9)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)
Air		
Combustion Air, scfm (m³/min)	1517.0 (42.9)	1455.0 (41.2)
Alternator Cooling Air, scfm (m³/min)	4158.0 (117.8)	4158.0 (117.8)
Radiator Cooling Air, scfm (m³/min)	27200.0 (769.8)	27200.0 (769.8)
Max. Static Headroom in ft (m)	0.50 (124.50)	0.50 (124.50)

Rating Definitions
 Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No
 Standby overloaded capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel Standard in accordance with ISO 8545, A82299.

Рис.6–48. Пример листка со спецификацией генераторной установки DFX

Сравните требование по общему расходу воздуха (VADJ), полученное в Этапе 8, со значением, приведенным в графе «Расход воздуха для системы охлаждения» из технических данных генераторной установки.

Если VADJ ниже, чем значение в графе «Охлаждающий воздух радиатора», то вентилятор, смонтированный на генераторной установке, будет создавать больший расход, чем необходимо для вентиляции, и поэтому нет необходимости в использовании дополнительных вентиляторов охлаждения. В связи с этим допускаем, что сопротивление по общему расходу воздуха находится в заданных пределах. (см. также с. 6-76, **Сопротивление расходу воздуха**.)

Если же полученное значение VADJ выше, чем указано в графе «Охлаждающий воздух радиатора», то смонтированный на генераторной установке вентилятор не будет обеспечивать достаточного расхода воздуха, и поэтому потребуются дополнительные вентиляторы охлаждения. Дополнительные вентиляторы должны восполнять разницу между значениями расхода VADJ и «Расходом для системы охлаждения». Такой вспомогательный вентилятор должен быть по месту своего расположения и по своим размерам таким, чтобы дополнять функции основного вентилятора, смонтированного на генераторной установке, но не конкурировать с ним по расходу воздуха.

Если в примере для нашей системы генераторная установка оснащена радиатором и вентилятором от изготовителя установки, то значение откорректированного расхода VADJ = 1126 м³/мин выше, чем 642,4 м³/мин «Охлаждающий воздух радиатора», поэтому для генераторной комнаты потребуются вспомогательные вентиляторы. Этим вентиляторам потребуется прокачивать воздух с расходом 483,6 м³/мин (т.е. 1126 м³/мин – 642,4 м³/мин = 483,6 м³/мин)

Примечание: Этот пример отражает крайние обстоятельства. В большинстве применений вентиляторы, смонтированные на установке, будут способны обеспечить требуемый расход воздуха. Тем не менее, такие расчеты следует выполнить для перепроверки, что вентилятор действительно адекватен.

Если установка не оснащена радиатором и вентилятором от ее производителя, то для обеспечения общего расхода воздуха в расчетах по Этапу 8 в генераторной комнате требуется установить вспомогательные вентиляторы с расходом воздуха 1126 м³/мин.

Требования к конструкции впускных и выпускных каналов системы вентиляции помещения

- Впускные и выпускные каналы системы вентиляции должны обеспечивать общий расход воздуха в помещении.

Если генераторная установка оснащена радиатором и вентилятором от ее изготовителя, то общий расход воздуха, проходящий через помещение, должен либо соответствовать требуемому значению расхода для вентиляции из расчетов в Этапе 8 выше или же «Расходу воздуха для системы охлаждения» из Этапа 9, в зависимости от того, какое значение выше. Пример такой системы приведен на **Рис.6-49**.

Если установка не оснащена радиатором и вентилятором от ее изготовителя, то общий расход воздуха через помещение – это требуемый расход для системы вентиляции из Этапа 8 выше (VADJ). Образец такой системы показан на **Рис.6-50**.

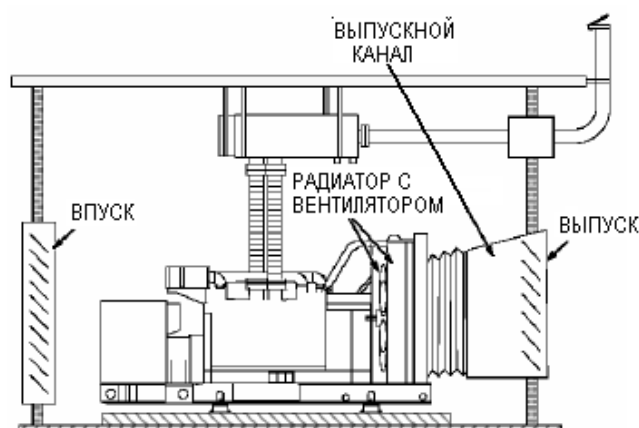


Рис. 6-49. Пример системы вентиляции для радиатора и вентилятора, поставленных изготовителем генераторной установки

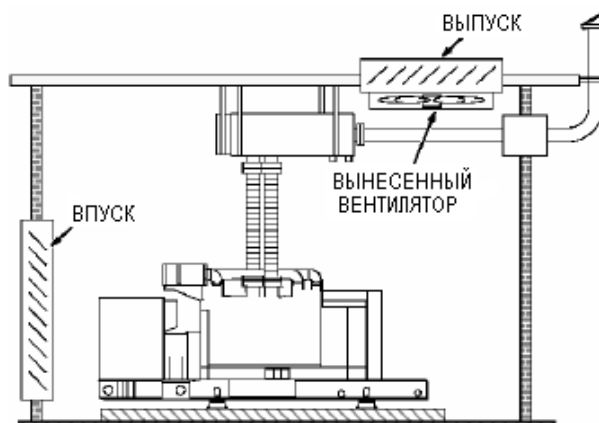


Рис.6-50. Пример системы вентиляции для вынесенного радиатора и вентилятора от других поставщиков (ПРИМЕЧАНИЕ: в данной иллюстрации система охлаждения опущена)

Расчет эффективной площади потока на впуске и выпуске

- Скорость потока воздуха должна ограничиваться до значений от 2,5 до 3,6 метров в секунду, чтобы не допустить попадание в помещение дождевой воды или снега.
- Для установок с жалюзи пределы скоростного напора принимаются по умолчанию от изготовителей жалюзи.

Обычно скоростной напор воздуха ограничивается до значений 2,5 – 3,6 м/с, что обеспечивает защиту от попадания внутрь помещения осадков в виде дождя и снега.

Жалюзи и защитные экраны над проемом для впуска воздуха ограничивают воздушный поток и широко отличаются по своим рабочим характеристикам. Жалюзи с узкими лопастями, например, оказывают большее сопротивление потоку, чем жалюзи с широкими лопастями. В связи с этим необходимо использовать данные по эффективной площади открытия жалюзи или защитных экранов от их изготовителей.

Требуемая эффективная площадь воздушного потока для впускных и выпускных каналов может быть рассчитана следующим образом:

$$A = \frac{V}{S}$$

где A = эффективная площадь потока (м^2)
 V = объемный расход ($\text{м}^3/\text{мин}$)
 S = скорость воздушного потока ($\text{м}/\text{мин}$).

Для примера нашей системы из Части 1 допустим, что на впуске и выпуске воздуха используются жалюзи, а изготовитель жалюзи требует, чтобы скорость воздушного потока ограничивалась до значения 122 м/мин.

$$A = \frac{V}{S} = \frac{1126 \text{ м}^3/\text{мин}}{122 \text{ м}/\text{мин}} = 9,2 \text{ м}^2$$

Для этого потребуются жалюзи с эффективной площадью потока 9,2 м^2 .

Указания по конструкции впускных и выпускных каналов

Эти требования и рекомендации помогут обеспечить необходимую подачу воздуха через помещение с генераторной установкой и поддержание целостности всей системы.

- Каналы впуска и выпуска воздуха следует размещать таким образом, чтобы воздух проходил через все помещение с конца генератора до конца радиатора.
- Воздух для вентиляции помещения будет поступать непосредственно от впускного канала и выходить из помещения непосредственно к выходным дверям.
- Выпускные воздуховоды радиатора должны иметь собственные опоры.
- Места для впуска и выпуска воздуха не должны располагаться на одной и той же стене.
- Точка впуска воздуха не должна располагаться вблизи выпускного тракта двигателя.
- Выпускные каналы следует располагать как можно выше, а впускные как можно ниже, обеспечивая тем самым подачу свежего воздуха через всю генераторную установку.
- Выпускной проем должен располагаться на стороне здания по ходу ветра.

«Вид сверху» рекомендованных, приемлемых и неприемлемых компоновок генераторной комнаты приведены на **Рис. 6-51**. «Вид сбоку» рекомендованных, приемлемых и неприемлемых компоновок генераторной комнаты приведены на **Рис. 6-52**.

Примечание: Для генераторных установок, укомплектованных радиатором от изготовителя установки, выпускной канал для воздуха в генераторной комнате невозможно разместить слишком высоко. Рекомендованная компоновка на **Рис. 6-52** относится к вынесенным системам охлаждения.

Разрежение в генераторной комнате

- Система вентиляции должна быть спроектирована для нормальной эксплуатации при всех закрытых входных и служебных дверях. Для обеспечения требуемого потока воздух при работе генераторной установки все двери должны оставаться закрытыми.
- В генераторной комнате не следует размещать дополнительное оборудование, связанное со сгоранием.

Система вентиляции может создавать в генераторной комнате небольшое разрежение. Рекомендуется, чтобы оборудование для сгорания, например, для нагрева отопительных бойлеров здания, не размещалось в генераторной комнате из-за возможности появления в ней разрежения воздуха. Если это условие трудно избежать, то следует проверить вероятность неблагоприятного воздействия на эксплуатационные характеристики системы охлаждения и другие факторы, например, обратной тяги в дымоходе. Для снижения разрежения в помещении до приемлемого уровня может потребоваться применение более крупных впускных каналов для подачи воздуха в помещение и/или воздуховодов, вентиляторов для подпора воздуха и т.д.

Независимо от давления в генераторной комнате для персонала всегда должна быть возможность в аварийных случаях открывать двери в помещение.

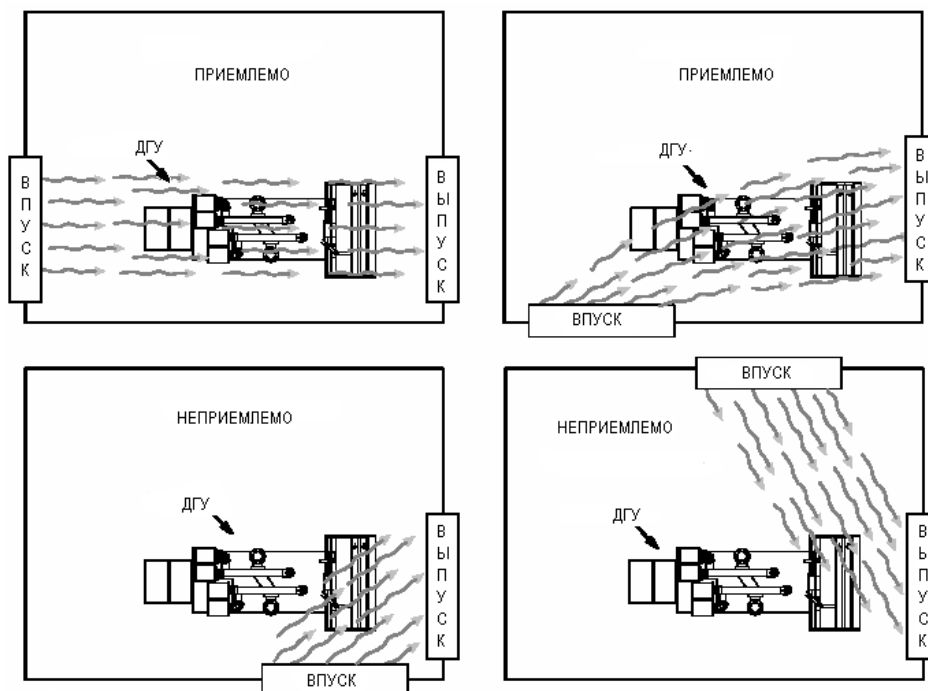


Рис.6-51. «Вид сверху» компоновок генераторной комнаты

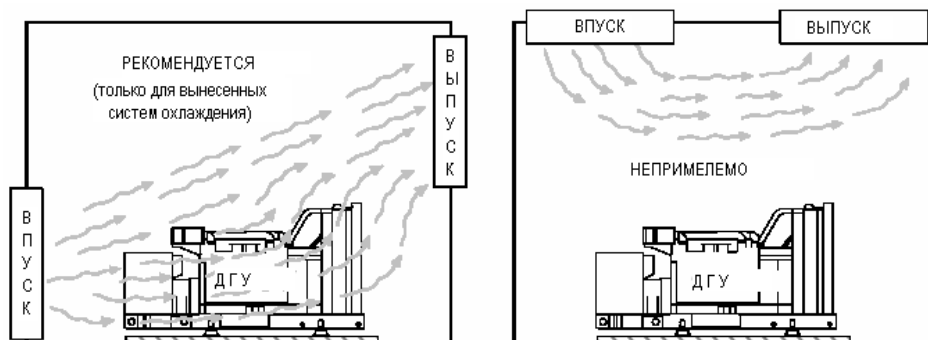


Рис.6-52. «Вид сбоку» компоновок генераторной комнаты

Вентиляция картерных газов двигателя

- Линия сапуна для вентиляции картерных газов должна быть проложена таким образом, чтобы вредные парообразные продукты не повреждали оборудование.
- Если сапун картера изменен, то давление картерных газов должно замеряться при номинальной мощности. Давление должно быть положительным, но не превышать 3 дюймов вод. столба (0,75 кПа).

Системы с открытой вентиляцией картерных газов будут выбрасывать пары в генераторную комнату. Эти пары могут содержать масляный туман. Линия сапуна для вентиляции картерных газов должна прокладываться с таким расчетом, чтобы не допускать повреждения сердцевины радиатора, генератора, воздухоочистителя или иного оборудования, которое может быть чувствительно к парам масла. При проектировании линии сапуна следует также учитывать вероятность экологического загрязнения среды. Низкие точки или изгибы такой линии не допускаются, а сама линия должна быть защищена от замерзания. Линия сапуна не должна добавлять значительного сопротивления для системы. Слишком длинные линии могут вызвать рост давления в картере. В этих целях может потребоваться более короткая линия или применение трубы большего диаметра.

Сопротивление воздушному потоку

- Для генераторных установок, укомплектованных радиатором и вентилятором, общее сопротивление воздушному потоку в генераторной комнате не должно превышать максимального значения, оговоренного в ТУ.

Если установка укомплектована радиатором и вентилятором, то сопротивление воздушному потоку в генераторной комнате не должно превышать значения, приведенного в технической документации для данной генераторной установки. См. пример на **Рис.6-53** для ДГУ модели DFXX, где такое значение составляет 0,50 дюймов водяного столба (124,50 Па).

Radio Frequency Interference

IEC 801.3. Level 3 Radiated Emissions
IEC 801.4. Level 4 Electrical Fast Transients
IEC 801.5. Level 5 Voltage Surge Immunity
MIL STD 461C, Part 9 Radiated Emissions (EMI)

Cooling	Standby	Prime
Fan Load, HP (kW)	22.6 (16.9)	22.6 (16.9)
Coolant Capacity with radiator, US Gal (L)	24.0 (90.8)	24.0 (90.8)
Coolant Flow Rate, Gal/min (L/min)	196.0 (741.9)	196.0 (741.9)
Heat Rejected To Coolant, Btu/min (MJ/min)	16350.0 (17.3)	14350.0 (15.2)
Heat Radiated To Room, Btu/min (MJ/min)	6100.0 (6.5)	5540.0 (5.9)
Maximum Coolant Friction Head, psi (kPa)	10.0 (68.9)	10.0 (68.9)
Maximum Coolant Static Head, ft (m)	60.0 (18.3)	60.0 (18.3)

Air	Standby	Prime
Combustion Air, scfm (m³/min)	1517.0 (42.9)	1455.0 (41.2)
Alternator Cooling Air, scfm (m³/min)	4158.0 (117.8)	4158.0 (117.8)
Radiator Cooling Air, scfm (m³/min)	27200.0 (769.8)	27200.0 (769.8)
Max. Static Restriction in H ₂ O (Pa)	0.50 (124.50)	0.50 (124.50)

Rating Definitions
Standby Rating based on: Applicable for supplying emergency power for the duration of normal power interruption. No overload capability is available for this rating. (Equivalent to Fuel Schedule in accordance with ISO 8545, A82299.)

Рис.6-53. Пример спецификации генераторной установки модели DFXX.

Впускные и выпускные каналы для воздуха будут создавать сопротивление воздушному потоку. См. **Рис. 6-54**. Сопротивление в канале впуска – это перепад давления, обозначенный на **Рис.6-54** как ΔP_i . Сопротивление в канале выпуска – это перепад давления через выпускной канал и любой установленный воздуховод, обозначенный на **Рис. 6-54** как ΔP_o . Сумма этих двух значений должна быть меньше, чем максимально допустимое сопротивление, указанное в технической документации генераторной установки:

$\Delta P_i + \Delta P_o < \text{Максимального статического сопротивления (из Справочного листа технических характеристик генераторной установки)}$.

Если общее сопротивление системы превышает максимально допустимое значение, то это приведет к снижению расхода воздуха. Сниженный расход воздуха создаст для системы охлаждения трудности по обеспечению нормальной работы системы при номинальной температуре среды. В этом случае может возникнуть перегрев и останов генераторной установки.

Дополнительные подробности по рабочим характеристикам системы охлаждения можно найти в **Справочном листе технических данных системы охлаждения**. Рассмотрим пример, приведенный на **Рис.6-55**. Допустим, что для нашего примера в помещении находится генераторная установка резервного электропитания частотой 50 Гц при сопротивлении общему расходу воздуха 0,25 дюймов водяного столба (6,4 мм вод.ст.). Для приведенной системы с температурой среды 50°C фактическая способность среды для этой системы составит 47°C.

Данные по перепаду давления в трактах впуска и выпуска, жалюзи, отражательных перегородках, воздуховодах и т.д. должны быть получены от изготовителя для предполагаемых объемных расходов воздуха. Для установок в Северной Америке см. материалы ASHRAE (Американское общество инженеров по теплотехнике, холодильным установкам и кондиционированию воздуха) с рекомендациями по конструкции воздуховодов, если таковые требуются для установки.

После установки в генераторной комнате всего оборудования необходимо перепроверить сопротивление воздушному потоку и убедиться, что оно находится в заданных пределах. См. с. 6-81, **Сопротивление воздушному потоку** в разделе **Перепроверка системы**.

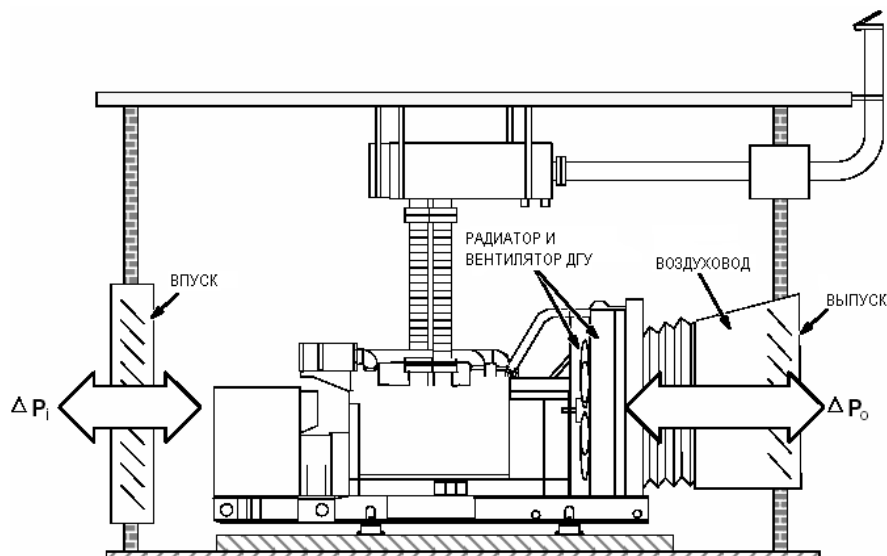


Рис. 6–54. Сопротивление воздушному потоку на впуске и выпуске.

Система охлаждения с радиатором для температуры среды 50°C

Категория установки		Мощность (кВт)	Макс. охлаждение при статическом сопротивлении воздушному потоку, Вне помещений (в дюймах/мм вод.ст)				В помещении в свободной воздушной среде, без сопротивления на выпуске				
			0,0/0,0	0,25/6,4	0,5/12,7	0,75/19,1	F183	F184	F200	F201	F202
			Максимально допустимая температура среды, в градусах Цельсия (°C)								
60 Гц	Резервного питания	300	50	50	48,2	Нет	43,9	Нет	45	45	44
	Основного Питания	270	52,5	52	50,5	Нет	45	Нет	Нет	Нет	Нет
50 Гц	Резервного питания	275	50	47	42,8	Нет	40	Нет	Нет	Нет	Нет
	Основного питания	250	51,6	51,3	46,2	нет	40,8	нет	нет	нет	Нет

Рис.6–55. Пример технических характеристик системы охлаждения генераторной установки модели DXXX

Если генераторная установка не комплектуется радиатором и вентилятором, то вспомогательные вентиляторы должны обеспечить подачу требуемого количества воздуха для преодоления сопротивления воздушному потоку, создаваемому трактами впуска и выпуска воздуха с тем, чтобы поддерживать проектную температуру в помещении. Для помощи в данном вопросе проконсультируйтесь с поставщиками оборудования.

Вентиляция нескольких генераторных установок

- При использовании в одном месте нескольких генераторных установок каждая из них должна получать требуемое количество свежего воздуха.

Для объектов, где в одном помещении смонтировано несколько генераторных установок, система вентиляции должна быть спроектирована так, чтобы через каждую установку проходило требуемое количество воздуха. Конечная цель для таких объектов состоит в том, чтобы добиться равномерного воздушного потока через все генераторные установки. Для достижения этой цели используются несколько способов, в том числе:

- Правильное размещение в помещении каналов для впуска и выпуска воздуха.
- Применение воздуховодов.

Для помещений, где смонтированы несколько генераторных установок, требуется дополнительный учет того, чтобы тепло, излучаемое от одной установки, не попадало на вход другой установки. Примеры правильной и неправильной проектировки таких систем показаны на Рис.6–56.

Работа жалюзи

- Для установок аварийного и резервного питания жалюзи должны открываться сразу после запуска установок. В регионах с холодным климатом жалюзи могут открываться частично только для подачи воздуха в систему сгорания и поддержания требуемой температуры воздуха в помещении.

Предполагается, что генераторные установки резервного или аварийного питания при запуске должны немедленно набирать полную нагрузку. Для таких условий следует предусмотреть, чтобы жалюзи открывались и обеспечивали полную подачу воздуха сразу после запуска генераторной установки.

В регионах с холодным климатом или когда генераторная установка работает и испытывается под небольшой нагрузкой или без нагрузки, полная подача воздуха через помещение может привести к переохлаждению. В таких случаях жалюзи могут оснащаться системой термостатического контроля, чтобы поддерживать приемлемую температуру в генераторной комнате и обеспечивать надлежащее охлаждение. Следует также избегать создания разрежения, которое может неблагоприятно отражаться на здоровье обслуживающего персонала, находящегося в генераторной комнате.

При работе установок в регионах с холодным климатом вентилируемый воздух может подвергаться рециркуляции, чтобы поддерживать нормальную температуру в генераторной комнате. Это поможет быстро прогреть помещение с генераторной установкой и сохранить температуру топлива выше точки помутнения. Для поддержания приемлемой температуры в помещении такая система рециркуляции должна оснащаться термостатом. См.Рис. 6–57.

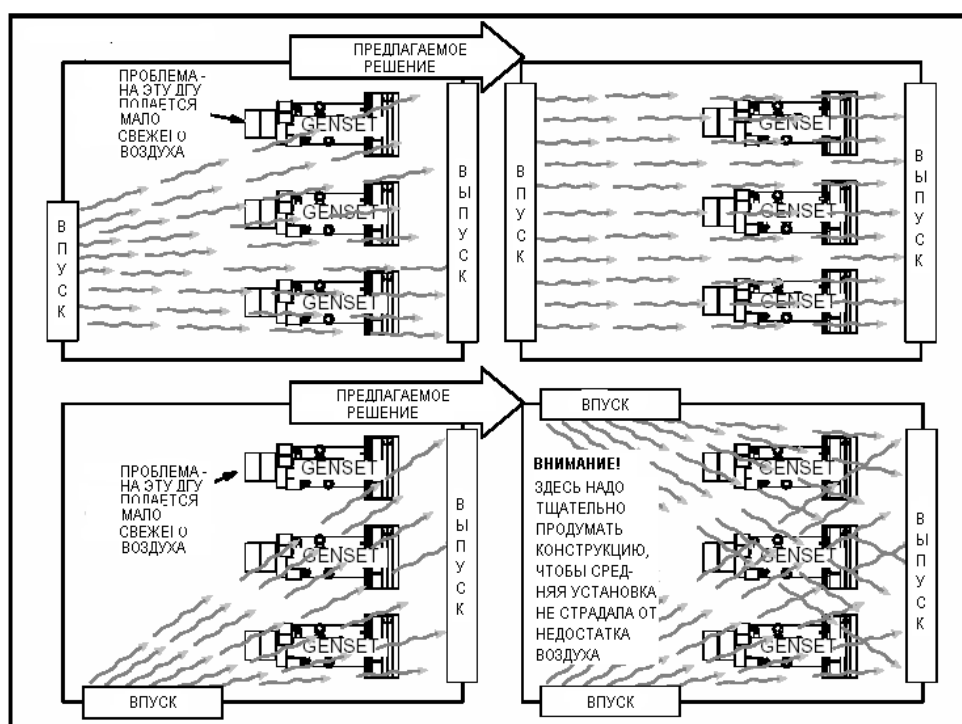


Рис.6–56. Помещение с несколькими генераторными установками

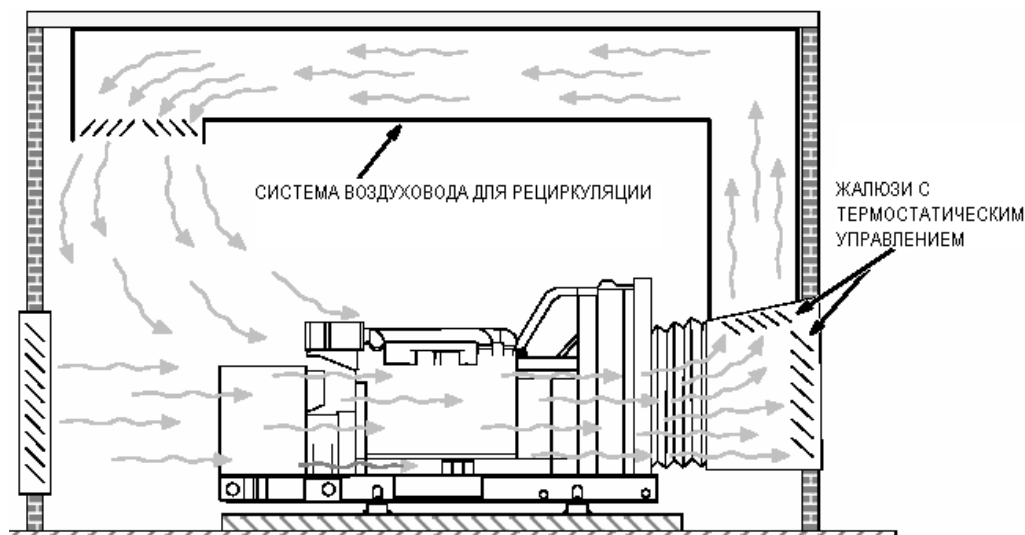


Рис. 6-57. Система рециркуляции воздуха в генераторной комнате

Блокирующие стены

- Если устанавливается блокирующая стена, то она должна располагаться от здания на расстоянии, равном 1 x высоты выпускных жалюзи. Для оптимальных рабочих характеристик стену следует размещать от здания на расстоянии примерно в 3 x высоты выпускных жалюзи.
- Для объекта с блокирующей стеной следует использовать поворотную направляющую и сливной канал.

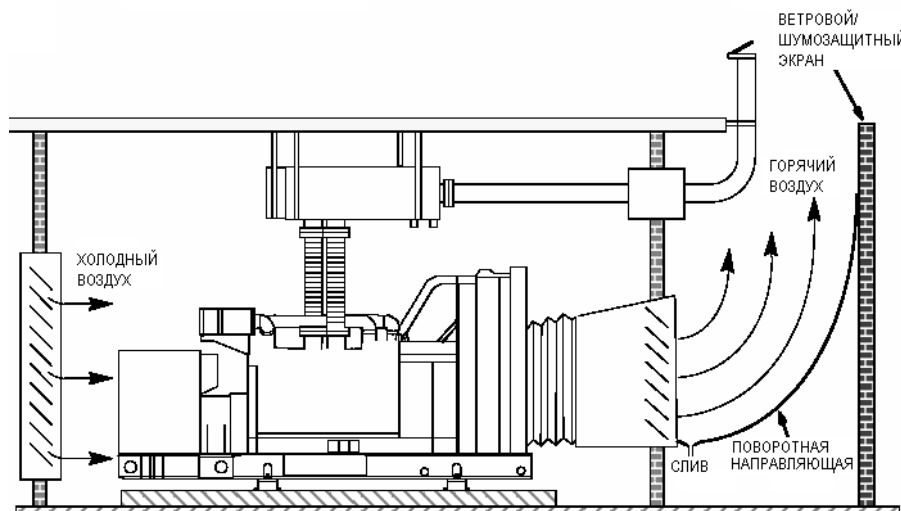


Рис.6-58. Блокирующая стена и поворотная направляющая

Блокирующая стена может устанавливаться для защиты от попадания ветра в выходное отверстие системы вентиляции. См. **Рис.6-58**. Блокирующая стена должна размещаться на расстоянии от выходного канала, по крайней мере, равного выходному каналу радиатора. Лучшие рабочие характеристики достигаются на расстоянии примерно в 3 раза больше, чем выходной воздушный канал радиатора. Для снижения сопротивления воздушному потоку от блокирующей стены следует использовать поворотное направляющее устройство, а для предотвращения попадания дождевой воды в генераторную комнату через поворотное устройство в нем необходимо устанавливать дренажный канал.

Фильтрация вентилируемого воздуха

Генераторная комната должна быть чистой от пыли, грязи и мусора. Вентилируемый воздух, загрязненный пылью, волокнами, солью или другими химикатами и материалами, может потребовать применения специальных фильтров в системе вентиляции помещения, двигателя или генератора. Если такие фильтры используются, то следует учитывать их сопротивление воздушному потоку. Для генераторных установок, укомплектованных радиаторами, сопротивление фильтра должно быть включено в расчет общего расхода воздуха. Общее сопротивление воздушному потоку, включая фильтры, должно оставаться ниже значения общего допустимого сопротивления, указанного в технической документации на генераторную установку. (См. с.6-76, [Сопротивление воздушному потоку](#).)

- Если применяются фильтры системы вентиляции, то в ней необходимо предусмотреть установку устройств по обнаружению забитых фильтров.

Если используются фильтры, то необходимо предусмотреть систему мониторинга их состояния и обнаружения забитых фильтров. В системе вентиляции помещения можно устанавливать индикаторы перепада давления. Кроме того, можно использовать и другие технические решения.

Высота и температура окружающей среды

Высота, на которой находится генераторная установка, и температура окружающей среды оказывают отрицательное воздействие на плотность воздуха, окружающего генераторную установку, которое в свою очередь неблагоприятно влияет на рабочие характеристики двигателя, генератора и системы охлаждения. Дополнительную информацию, включающую обсуждение Предельно допустимой температуры окружающей среды (LAT), см. в настоящем Руководстве разделы – **Системы охлаждения генераторных установок** и **Условия окружающей среды**.

Перепроверка системы

После завершения монтажа системы следует провести полевые испытания и убедиться в том, что соблюдены все требуемые критерии по конструкции.

Повышение температуры в помещении

Для сравнения фактических и расчетных значений повышения температуры в генераторной комнате следует использовать следующую методику:

11. Дать генераторной установке поработать достаточно продолжительное время на полной нагрузке (приемлем коэффициент нагрузки 1,0), чтобы температура ОЖ и масла в двигателе стабилизировались. Эта процедура займет примерно 1 час.
12. При работающей на полной нагрузке генераторной установке измерить температуру воздуха в генераторной комнате на входе в воздухоочиститель.
13. Измерить температуру наружного воздуха в том же самом месте, которое использовалось в ходе Этапа 5 (см. с.6-67, [Определение требований по расходу воздуха](#).)
14. Определите разницу между температурой наружного воздуха и температурой внутри генераторной комнаты.
15. Убедитесь в том, рост расчетной температуры в помещении не превышен.

Если превышено значение роста температуры в помещении, то следует провести более подробные испытания объекта или в конструкцию системы потребуются внести коррективы.

Сопротивление воздушному потоку

Перед вводом в эксплуатацию генераторной установки следует замерить сопротивление воздушному потоку в помещении для подтверждения того, что система не превышает максимально допустимого сопротивления воздушному потоку, значение которого указано в технической документации на генераторную установку. Сопротивление воздушному потоку в помещении следует измерять в соответствии с [Рис.6–59](#) и [Рис.6–60](#).

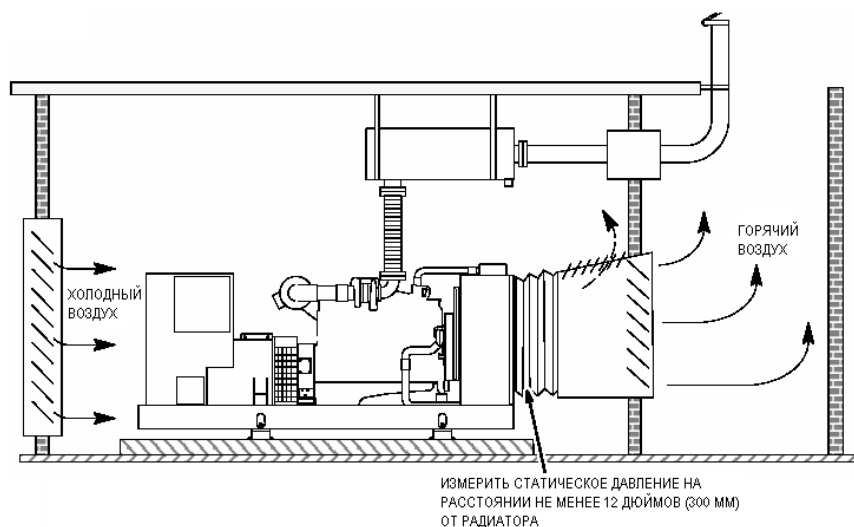


Рис.6-59. Измерение сопротивления воздушному потоку

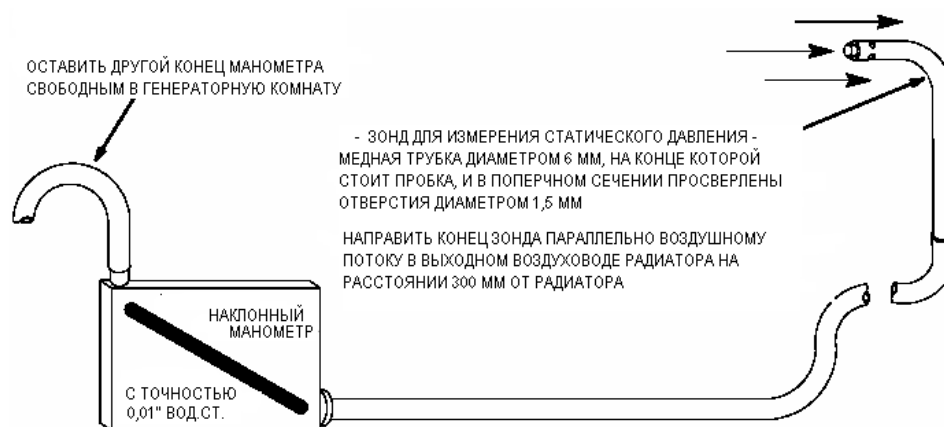


Рис.6-60. Измерение сопротивления воздушному потоку

Вентиляция воздуха в генераторной комнате необходима для удаления тепла, излучаемого двигателем, генератором и другим оборудованием, а также для удаления потенциально опасных выхлопных газов и дыма и для обеспечения подачи воздуха для системы сгорания. Плохая конструкция системы вентиляции ведет к высоким температурам вокруг генераторной установки, что может привести к снижению топливной экономичности, преждевременному выходу из строя деталей и перегреву двигателя. Это также ухудшает условия работы вокруг машины.

Выбор мест расположения выходных и выходных каналов системы вентиляции является чрезвычайно важным для полноценной работы системы. В идеальном варианте, система впуска и выпуска должна позволять вентилирующему воздуху проходить через всю генераторную комнату. При выборе места для выпуска воздуха следует учитывать и направление господствующих ветров. Эти факторы способны оказывать серьезное воздействие на работу радиатора, смонтированного на генераторной установке. При возникновении каких-либо сомнений и вопросов по скорости и направлению ветра можно использовать блокирующие стены, которые будут препятствовать попаданию наружного воздуха в тракт выпуска двигателя. (См. Рис.6-61). Следует также внимательно учесть условия и не допускать попадание удаляемого из помещения воздуха в зону рециркуляции здания, которая формируется из-за направления господствующего ветра.

БАЗОВЫЙ ПРОДУКТ В ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ		ПРОЦЕНТНОЕ СООТНОШЕНИЕ СМЕСИ (АНТИФРИЗ/ВОДА)					
		0/100	30/70	40/60	50/50 (оптимальная смесь)	60/40	95/5
ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ	ТОЧКА ЗАМЕРЗАНИЯ	0°C	-16°C	-23°C	-36°C	-54°C	-13°C
	ТОЧКА КИПЕНИЯ	100°C	104°C	106°C	108°C	110°C	174°C
ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЬ	ТОЧКА ЗАМЕРЗАНИЯ	0°C	-12°C	-21°C	-33°C	-49°C	-57°C
	ТОЧКА КИПЕНИЯ	100°C	102°C	104°C	106°C	107°C	160°C

Таблица 6–8. Сравнительная характеристика между точками замерзания и кипения и концентрацией антифриза

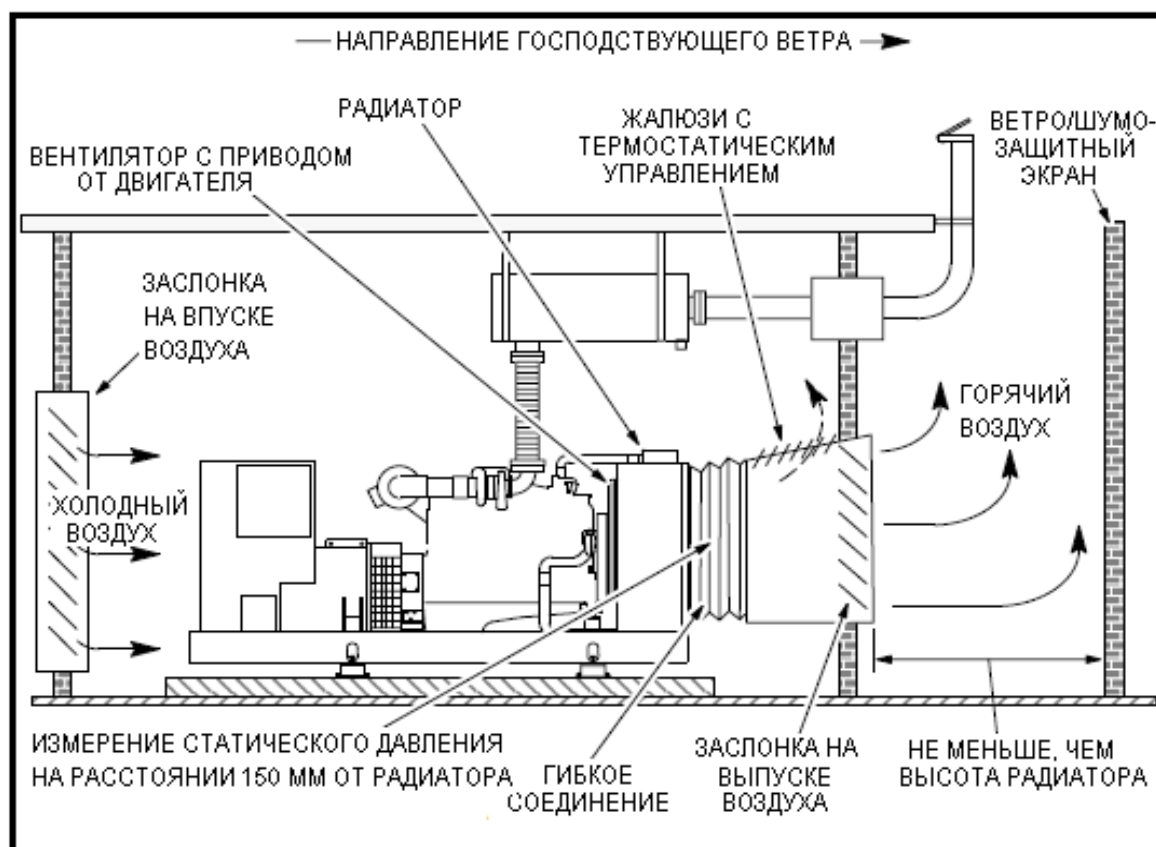


Рис.6–61. Система охлаждения с радиатором в комплекте генераторной установки

Вентилируемый воздух, который загрязняется пылью, волокнами или другими материалами, может потребовать применения специальных фильтров на двигателе и/или генераторе, чтобы обеспечить нормальную работу системы охлаждения, особенно в установках основного энергоснабжения. Проконсультируйтесь с заводом-изготовителем для получения информации, относящейся к использованию генераторных установок в средах, где есть химические загрязнения.

Системы вентиляции картерных газов могут насыщать воздух в генераторной комнате парами масла. Масло затем может оседать на радиаторах или другом вентиляционном оборудовании, снижая тем самым эффективность их работы. Лучшей практикой в этом вопросе может служить применение в системе вентиляции картерных газов ловушек или отвод газов за пределы помещения.

Следует также учитывать скорость потока воздуха на входе в генераторную комнату. Если скорость воздушного потока слишком велика, то при работе генераторных установок они будут втягивать в помещение дождевые осадки и снег. Конечная цель хорошей конструкции – ограничить скорость воздуха до значений в пределах 150–220 м/мин.

В регионах с холодным климатом, отводимый от радиатора воздух может подвергаться рециркуляции, чтобы поддерживать нормальную температуру воздуха в помещении. Это позволит быстрее прогреть генераторную установку и поможет поддерживать температуру топлива выше точки помутнения. Если для рециркуляции используются заслонки, то они должны проектироваться как «закрытые при отказах», но при открытых основных заслонках для удаляемого из помещения воздуха с таким расчетом, чтобы генераторная установка могла бы продолжать свою работу, когда это требуется. Конструкторам следует помнить, что рабочая температура в генераторной комнате будет очень близка к наружной температуре, и в этом случае надо либо не прокладывать водяные трубопроводы через генераторную комнату, либо защищать эти тракты от замерзания.

По мере прохождения вентилируемого воздуха через помещение, где находится оборудование, его температура будет постепенно повышаться, особенно там, где он проходит через генераторную установку. См. **Рис.6–62**. Это может привести к неправильной оценке номинальных значений температуры генераторной установки и всей системы в целом. Практика, принятая фирмой *Cummins Power Generation*, заключается в том, чтобы нормировать систему охлаждения на основе температуры среды вокруг генератора. Рост температуры в помещении – это разность между температурой, измеренной у генератора, и наружной температурой. Температура сердцевины радиатора не влияет на конструкцию системы, поскольку тепло от радиатора напрямую отводится из помещения, где стоит оборудование.

Конечная цель хорошей конструкции для установок резервного электропитания заключается в поддержании температуры помещения до значения не выше 50°C. Однако ограничение температуры в генераторной комнате до 40°C позволит устанавливать на генераторной установке более дешевый комплект радиатора с меньшими размерами и снимет необходимость снижения мощности двигателя из-за высокой температуры воздуха в системе сгорания¹⁶. Убедитесь в том, что проектная спецификация для генераторной установки полностью отражает допущения, используемые при проектировании системы вентиляции для генераторной установки.

Затем реальным становится такой вопрос – «Какова максимальная температура наружного воздуха, когда должна работать генераторная установка?» Это просто вопрос о максимальной температуре среды для данного географического региона, где эксплуатируется генераторная установка.

В некоторых северных районах США, например, максимальная температура среды, скорее всего, не будет превышать 32°C. В связи с этим, конструктору следует выбрать элементы системы вентиляции, основываясь на росте температуры на 5,5°C при использовании системы охлаждения генераторной установки, нормированной для температуры 37,5°C, либо основываясь на росте температуры на 20°C при использовании системы охлаждения генераторной установки, нормированной для температуры 52°C.

Ключ к правильной работе системы заключается в том, чтобы быть уверенным, что решение по максимальной рабочей температуре и росте температуры были тщательно выверены, и что изготовитель генераторной установки спроектировал систему охлаждения (а не только радиатор) для требуемых температур и системы вентиляции.

Результатом неправильной конструкции системы будет то, что генераторная установка станет перегреваться, когда возрастет температура окружающей среды и нагрузка на генераторную установку. При более низких температурах или снижении уровня нагрузки система может работать должным образом.

¹⁶ Сверьтесь с данными изготовителя двигателя по информации, касающейся практики дефорсировки для конкретно применяемого двигателя в линейке продукции фирмы *Cummins Power Generation*, которая содержится в пакете документации *Power Suite*.

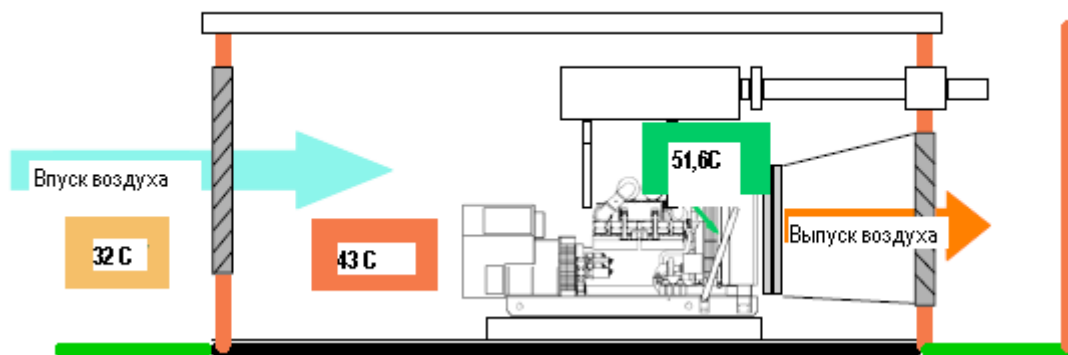


Рис.6–62. Типовые значения температуры воздуха вокруг работающей ДГУ

Требуемый расход воздуха для поддержания удельного роста температуры в генераторной комнате определяется по следующей формуле:

$$m = \frac{Q}{c_p \cdot T \cdot d}$$

Где: m = массовый расход воздуха в помещении; (м³/мин)

Q = теплоотдача в помещение от генераторной установки и других источников тепла; (МДж/мин).

c_p = Удельная теплоемкость при постоянном давлении; ($1,01 \times 10^{-3}$ МДж/кг·°C).

ΔT = Рост температуры в генераторной комнате над наружной температурой; (°C).

d = плотность воздуха; ($1,21$ кг/м³).

И затем может быть найдена следующим образом:

$$m = \frac{Q}{(1,01 \cdot 10^3) \cdot 1,21 \cdot \Delta T} = \frac{818Q}{\Delta T} \text{ (м³/мин)}$$

Общий требуемый расход воздуха в помещение - это значение, полученное из вышеприведенного уравнения плюс воздух, необходимый для системы сгорания двигателя ¹⁷.

В этом расчете главными факторами, очевидно, являются количество тепла, излучаемого в помещении генераторной установкой (и другим оборудованием) и максимально допустимое значение роста температуры.

¹⁷ Данные, требуемые для расчета для конкретных генераторных установок производства Cummins Power Generation можно найти в комплекте документации Cummins Power Suite. Значения переменных, используемых в данных расчетах, могут сильно отличаться друг от друга и будут зависеть от конкретно используемых изделий.

Полевые испытания систем вентиляции

Поскольку теплоотдача в генераторную комнату в своей основе относится к размеру генераторной установки с точки зрения ее номинальной мощности и тем, что она управляется графиком электрической нагрузки здания, поэтому главное решение, которое должно приниматься конструктором применительно к вентиляции, это создание условий, что допустимый рост температуры в помещении приемлем.

Из-за наличия трудностей по испытаниям на полноценность эксплуатации одним из факторов, который следует иметь в виду при системных испытаниях, это рост температуры в генераторной комнате при фактических условиях эксплуатации в сравнении с проектным ростом температуры в помещении. Если рост температуры при полной нагрузке таков, как и предполагалось, то вероятнее всего, что система будет работать правильно и при более высоких значениях температуры окружающей среды и уровнях нагрузки.

Для предварительной оценки конструкции системы вентиляции можно использовать следующий порядок работы:

11. Дать генераторной установке поработать на полной нагрузке (приемлем коэффициент мощности 1,0) достаточно продолжительное время, чтобы стабилизировалась температура ОЖ и масла двигателя. Это займет примерно 1 час.
12. При все еще работающей на полной нагрузке генераторной установке измерить температуру воздушной среды в помещении у места входа воздуха в воздухоочиститель.
13. Измерить температуру наружного воздуха (в тени).
14. Определить разницу между температурой воздуха снаружи помещения и температурой воздуха в генераторной комнате.
15. Убедиться в том, что проектируемое значение роста температуры не превышено, а также не превышена максимальная температура в верхнем баке системы охлаждения двигателя.

Если же превышено значение проектного роста температуры в комнате или температуры в верхнем баке, то потребуются более детальное испытание объекта или внесение корректировок в конструкцию системы, обеспечивающих надежность ее работы.

Вентиляция радиатора, смонтированного на подmotorной раме ДГУ

В этой конфигурации (см. **Рис.6-61**), вентилятор втягивает воздух через входные отверстия для воздуха на противоположной стене и через всю генераторную установку и пропускает его через радиатор с фланцами для соединения с воздухопроводом, выпускающим воздух из здания наружу.

Принимайте в расчет следующее:

- Местоположение генераторной комнаты должно быть таким, чтобы вентилируемый воздух мог бы поступать в комнату непосредственно снаружи и выпускаться также непосредственно за пределы здания. Воздух не должен втягиваться из соседних помещений. Выпуск воздуха также должен быть направлен в ту сторону здания, где находится выпускное отверстие, чтобы снизить вероятность подсоса выхлопных газов и сажи в здание вместе с вентилируемым воздухом.
- Отверстия для впуска и выпуска вентилируемого воздуха следует располагать или защищать экранными перегородками, чтобы минимизировать шум от вентилятора и влияния ветра на поток воздуха. Если на выпуске используются защитные перегородки, то их следует устанавливать от выходного отверстия на расстоянии не меньше, чем высота радиатора. Лучшие рабочие характеристики достигаются на расстоянии примерно в 3 высоты радиатора. На ограниченных по месту объектах установка поворотных направляющих поможет снизить сопротивление, создаваемое защитными экранами, которое добавляется в систему. В случае их использования необходимо предусматривать защиту от атмосферных осадков, чтобы они не попадали в генераторную комнату.
- Воздушный поток через радиатор обычно бывает достаточным для обеспечения вентиляции генераторной комнаты. См. пример расчета (Расчет воздушного потока в этом Разделе), где приводится метод по определению расхода воздуха, чтобы удовлетворять ТУ по поддержанию требуемой температуры в помещении.

- Проектируемый расход воздуха через радиатор и допустимое сопротивление см. в Справочном листе технических характеристик для рекомендованной генераторной установки. **Допустимое сопротивление воздушному потоку превышать нельзя.** Статическое давление (сопротивление воздушному потоку) следует измерять так, как показано на **Рис.6-61, 6-63, и 6-64** для подтверждения того, что до ввода в эксплуатацию установки система не оказывает слишком большого сопротивления. Это особенно справедливо в тех случаях, когда вентилируемый воздух подается в систему и отводится наружу через длинные воздуховоды, решетки, защитные экраны и жалюзи.
- В прошлом применялись и даже публиковались эмпирические правила по выбору размеров впускных и выпускных отверстий для вентиляции воздуха, но за последнее время от такого подхода в большинстве случаев отказывались. Из-за больших отличий в рабочих характеристиках жалюзи и возросших требований установок к объемному пространству, шумоподавлению и т.д. эти эмпирические правила в лучшем случае оказывались ненадежными. Как правило, у изготовителей жалюзи имеются таблицы со значениями сопротивления в зависимости от имеющегося расхода воздуха. Эти таблицы в сочетании с конструкцией воздуховодов и другими элементами, создающими сопротивление воздушному потоку, могут быть легко сопоставлены с опубликованными ТУ для генераторной установки и использованы как надежный метод по определению приемлемых уровней сопротивления воздушного потока.
- За рекомендациями по конструкции воздуховодов, если таковые требуются для установок в Северной Америке, обратитесь к публикациям ASHRAE (Американского Общества инженеров по теплотехнике, холодильным установкам и кондиционированию воздуха). Помните, что канал впуска воздуха должен обеспечивать подачу воздуха для системы сгорания (см. спецификацию), а также для вентиляции помещения, поэтому его размеры должны в полной мере отражать эти потребности.
- Жалюзи и защитные экраны на впуске и выпуске воздуха ограничивают воздушный поток и широко отличаются по своим рабочим свойствам. Сборочный узел жалюзи с узкими лопастями, например, будет создавать повышенное сопротивление, чем жалюзи с широкими лопастями. Следует также использовать значение эффективной площади открытия, указанной в спецификации изготовителя жалюзи.
- Поскольку вентилятор радиатора будет создавать в генераторной комнате небольшое разрежение, поэтому настоятельно рекомендуется, чтобы оборудование с системой сгорания, например, нагревательные бойлерные здания, не находились в том же самом помещении, где находится генераторная установка. Если это трудно избежать, то потребуются определить, нет ли каких-либо вредных последствий от этого, например, обратной тяги, и обеспечить средствами (увеличенными по размеру входными воздушными каналами и/или воздуховодами, вентиляторами для подпора давления и т.д.), чтобы снизить разрежение в помещении до приемлемых уровней.
- В регионах с холодным климатом следует использовать автоматические воздушные заслонки, закрывающие входные и выходные отверстия, чтобы снизить потери тепла из генераторной комнаты, когда там работает генераторная установка. Для рециркуляции части воздуха, выходящего из радиатора, следует использовать заслонки с термостатическим управлением, чтобы снизить объем холодного воздуха, который пропускается через помещение, где работает установка. При ее запуске заслонки во входных и выходных каналах должны полностью открываться. Заслонка для рециркуляции воздуха должна полностью закрываться при температуре 16°C.
- За исключением случаев, когда в регионах с холодным климатом отводимый от радиатора воздух используется для рециркуляции, весь вентилируемый воздух должен напрямую выводиться за пределы здания. Его нельзя использовать как средство обогрева других помещений, а лишь для генераторной комнаты.
- Во избежание рециркуляции воздуха вокруг радиатора на его выходе следует устанавливать гибкий соединительный канал, воспринимающий вибрацию и перемещения установки и обеспечивающий защиту от шума.

Примечание: Переходники или кожуха радиатора нельзя проектировать как опорные конструкции, а лишь как гибкие переходные воздуховоды. Избегайте приложения дополнительного веса на переходники или кожух радиатора без достаточного анализа их прочности и учета вибрации.

- Как правило, генераторная установка с укомплектованным и установленным на ней радиатором проектируется с учетом возможностей по охлаждению при ее работе на полной мощности в среде с температурой 40°C и когда она работает для преодоления внешнего сопротивления воздушному потоку в 0,50 дюймов вод.ст. (См. Точку **A** на Рис.6-64). Внешнее сопротивление воздушному потоку – это сопротивление, создаваемое воздуховодами, отражательными экранами, воздушными заслонками, жалюзи и т.д. Эксплуатация установки при температурах среды выше, чем значение проектной температуры, может рассматриваться в тех случаях (для примера см. Точку **B** на Рис.6-64), если снижение мощности приемлемо и/или сопротивление охлаждающему воздушному потоку ниже, чем сопротивление, при котором производится испытание охлаждающих способностей радиатора. (Снижение сопротивления означает больший расход воздуха через радиатор, компенсируя влияние более высокой температуры на охлаждающую способность радиатора). Здесь потребуются более тесный контакт с заводом-изготовителем для консультации, что при повышенной температуре среды генераторная установка может обеспечить приемлемую охлаждающую способность.

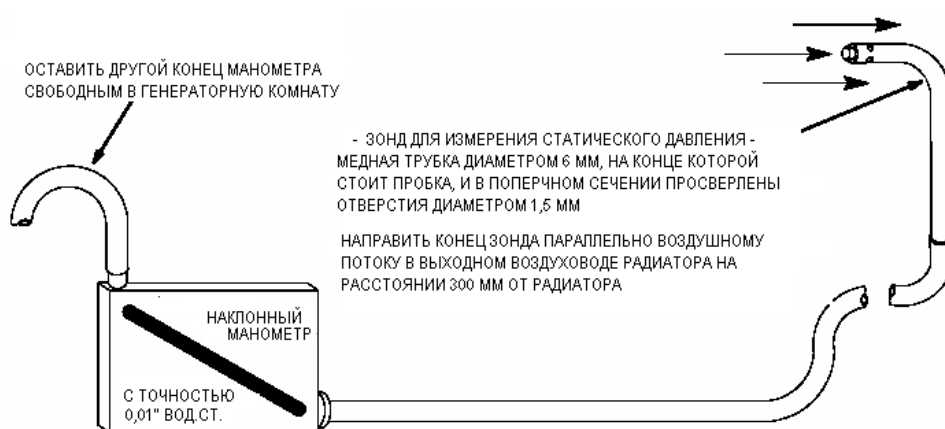


Рис.6-63. Рекомендуемые средства измерения сопротивления воздушному потоку.

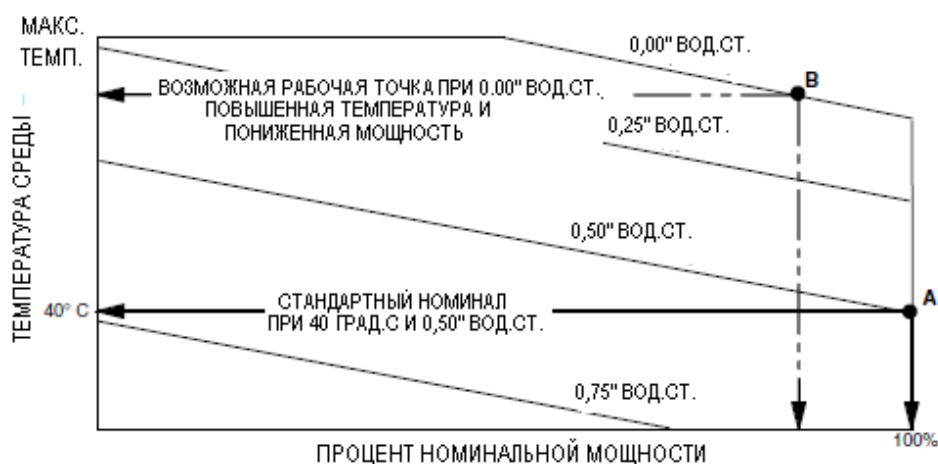


Рис.6-64. Охлаждающая способность системы при повышенных температурах среды

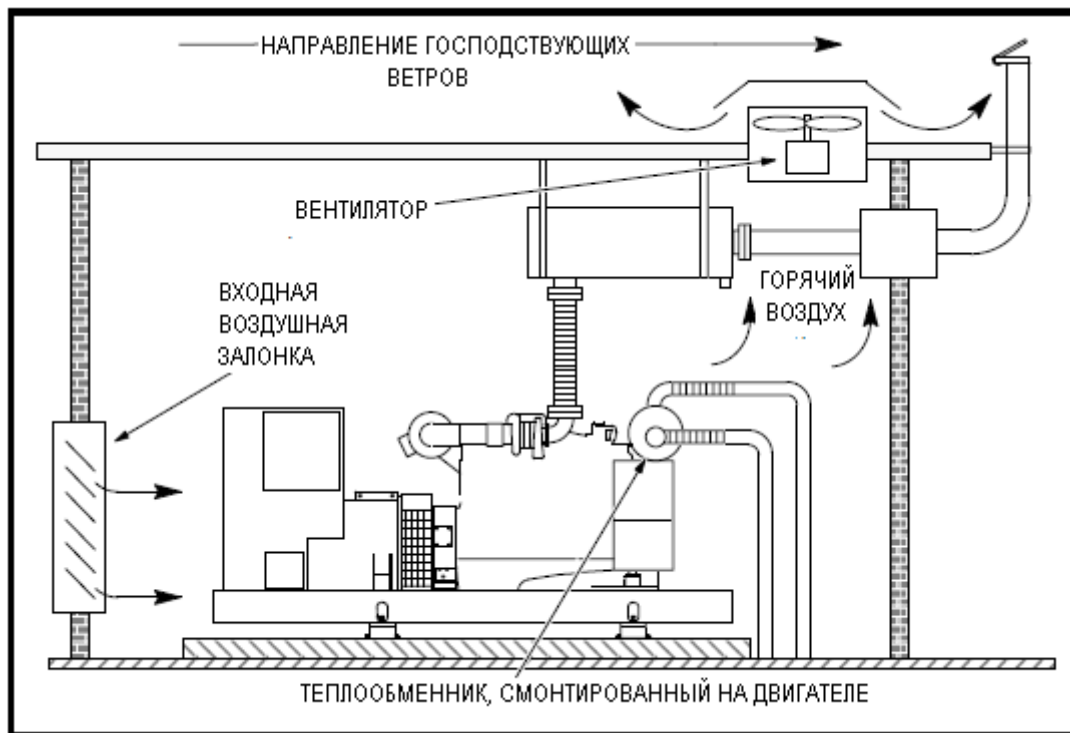


Рис.6–65. Вентилиция системы охлаждения с теплообменником

Вентилиция систем с теплообменником или вынесенным радиатором

Система охлаждения с использованием теплообменника (Рис.6–65) или с вынесенным радиатором может быть выбрана, исходя из необходимости снижения шума или из-за того, что сопротивление воздушному потоку через длинные воздуховоды может оказаться выше допустимого значения, если используется вентилятор радиатора, смонтированный на генераторной установке. Здесь следует принять во внимание следующее:

- Для генераторной комнаты должны использоваться вентиляторы системы вентилиции. Эти вентиляторы должны обладать способностью перемещать требуемый поток вентилируемого воздуха, преодолевая сопротивление воздушному потоку. См. пример расчета для метода по определению расхода воздуха, требуемого для системы вентилиции.
- Вентилятор вынесенного радиатора по своим размерам должен обеспечивать охлаждение радиатора. В зависимости от расположения он может также использоваться и для системы вентилиции генераторной комнаты.
- Местоположение вентилятора и канала впуска воздуха должны быть такими, чтобы поступающий в комнату воздух проходил через генераторную установку.

В общем виде, установки с вынесенными системами охлаждения имеют больше паразитных нагрузок, поэтому в таких применениях электрическая мощность генераторных установок будет несколько снижена. Не забудьте добавить паразитные нагрузки к требованиям по общей нагрузке для генераторной установки.

Питание топливом

Питание дизельным топливом

Генераторные установки на дизельных двигателях, как правило, предназначены для работы на дизельном топливе № 2 стандарта ASTM D975. Другие виды топлива могут быть пригодны лишь для кратковременных сроков эксплуатации, если такое топливо отвечает требованиям по качеству и физическим свойствам, приведенным в Таблице 6–9. По использованию других видов топлива проконсультируйтесь с изготовителем двигателя.

При приобретении топлива и его заливке в топливные баки следует проявлять осторожность и не допускать попадания грязи и влаги в топливную систему двигателя. Грязь будет забивать форсунки и вызывать сильный износ прецизионных компонентов топливной системы. Влага может приводить к коррозии и отказу в работе этих компонентов.

Генераторные установки на дизельных двигателях расходуют приблизительно 0,26 л/час на кВт номинальной электрической мощности применительно к установкам резервного электропитания. Например, генераторная установка резервного питания номинальной мощностью 1000 кВт будет расходовать примерно 260 литров в час. Основной топливный бак генераторной установки может размещаться либо под рамой, где смонтирована установка, или выполнен в виде вынесенного топливного бака. Для обеспечения бесперебойной работы генераторной установки может потребоваться промежуточный (суточный) бак. В зависимости от поставщиков существуют значительные различия в возможностях двигателей, поэтому конструкция топливной системы должна быть подвергнута тщательному анализу на месте эксплуатации для конкретно используемой генераторной установки.

Основное преимущество топливных баков, смонтированных под опорной рамой генераторной установки, заключается в том, что такая система может быть спроектирована и собрана на заводе-изготовителе установки, и тем самым до минимума снижается объем работ на месте ее эксплуатации. Однако такой выбор может оказаться неприемлемым или невозможным из-за требований по вместимости основного топливного бака и местным нормативным ограничениям, а также из-за отсутствия доступа к баку для его заливки топливом. Когда выбирается вариант с использованием топливного бака, находящегося под опорной рамой установки, то надо помнить, что система управления генераторной установки и другие точки для ее техобслуживания могут находиться на не очень удобной высоте. Это может потребовать установки дополнительных конструкций на месте эксплуатации, чтобы обеспечить удобство работы для обслуживающего персонала или удовлетворения иных эксплуатационных требований.

Ввиду некоторых ограничений для механических топливных насосов на большинстве двигателей многие генераторные установки, которые требуют вынесенных основных топливных баков, будут также требовать и применения промежуточных (суточных) топливных баков. Основной бак может располагаться либо над генераторной установкой или под ней, и каждый из таких объектов будет требовать несколько различных конструкций промежуточного бака и управления топливной системой.

На Рис. 6–66 и 6–67 показаны типовые топливные системы для дизельных двигателей.

СВОЙСТВА	ТУ	ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
Вязкость (ASTM D445)	1,3 – 1,5 сСт (мм/с) при 40°C	Система впрыска топлива работает наиболее эффективно, когда топливо имеет полноценное «тело» или вязкость. Для топливных систем Cummins применимы виды дизельного топлива, которые отвечают требованиям стандарта ASTM 1-D (зимнее) и 2-D (летнее).
Цетановое число (ASTM D613)	Минимум 42 выше 0 °C Минимум 45 ниже 0°C	Цетановое число – это мерило пусковых и прогревающих характеристик топлива. В холодную погоду или при длительной работе с малыми нагрузками желательно использовать топливо с более высоким цетановым числом.
Содержание серы (ASTM D129 или 1552)	Не должно превышать 0,5% по массе (см. примечание)	Дизельные топлива содержат разное количество серосодержащих компонентов, которые увеличивают окисление масла. Практический метод по нейтрализации высоких уровней кислот в топливе с повышенным содержанием серы – это чаще заменять моторное масло или использовать масло с повышенным TBN (Общее щелочное число); (TBN = от 10 до 20) или оба способа.
Активная сера (ASTM D130)	Коррозия медной ленты не должна превышать категорию № 2 после 3-х часов при 50°C	Некоторые сернистые соединения в топливе обладают активными коррозионными свойствами. Топлива с коррозионной категорией от 3-х и выше может создавать проблемы с коррозией.
Вода и отложения (ASTM D1796)	Не должны превышать 0,05% по объему	Количество воды и твердых частиц в топливе обычно классифицируются как вода и отложения. Хорошей практикой является фильтрация топлива при его заливке в топливный бак. В частично заполненных топливных баках конденсируется больше влаги из-за перепада температур. Фильтрующие элементы и экраны в топливном насосе, и соединительные линии для подачи топлива к форсункам должны подвергаться очистке или заменяться, когда становятся грязными. Эти защитные экраны и фильтры при выполнении поставленных для них функций будут постепенно забиваться из-за применения некачественного или загрязненного топлива и поэтому должны заменяться как можно чаще.
Коксовый остаток, по Рэмсботтому ASTM D254 или Конрадсону, ASTM D189)	Не должен превышать 0,35% по массе на 10% остатка по объему	Склонность дизельного топлива образовывать углеродистые отложения в двигателе может быть оценена путем определения коксового остатка в топливе по Рэмсботтому или Конрадсону после того, как испарилось 90% топлива.
Плотность (ASTM D287)	0,816 - 0,786 г/куб.см при 15°C	Плотность – это признак высокого энергетического содержания топлива. Топливо с высокой плотностью содержит больше теплотворной способности на единицу количества топлива, чем топливо с низкой плотностью. При одинаковых условиях эксплуатации топливо с большей плотностью будет обладать лучшей топливной экономичностью, чем топливо с низкой плотностью.
Точка помутнения (ASTM D97)	6°C ниже самой низкой температуры среды, при которой предполагается эксплуатация	Точка помутнения топлива – это температура, при которой начинают появляться кристаллы парафина. Кристаллы можно обнаружить при помутнении топлива. Эти кристаллы будут вызывать забивание фильтра.
Зола (ASTM D482)	Не должна превышать 0,02% по массе (0,05% при смешивании с моторным маслом)	Небольшое количество несгораемых металлических материалов, обнаруживаемые почти во всех нефтепродуктах, обычно называется золой.
Дистилляция (ASTM D86)	Кривая дистилляции должна быть плавной и непрерывной	Не менее 90% топлива должно испаряться при температуре не менее 360°C. Все топливо должно испаряться при температуре не менее 385°C.
Кислотное число (ASTM D664)	Не должно превышать 0,1 мг KOH на 100 мл	Использование топлива с высоким кислотным числом может привести к повышенному и нежелательному износу. Общее кислотное число можно найти в стандарте ASTM D664.
Смазочные свойства	3100 г или выше, измеренное по тесту Армии США на истирание BOCLE или следа изнашивания диаметра (WSD) менее 0,45 мм при 60°C (WSD менее, чем 0,38 мм при 25°C), измеренное методом HFRR	Смазочные свойства – это способность жидкости обеспечивать гидродинамическую и/или граничную смазку, предотвращающую износ между движущимися деталями.
ПРИМЕЧАНИЕ: Федеральные или местные нормы могут потребовать более низкого содержания серы в топливе, чем указано в Таблице. Перед тем, как выбрать топливо для конкретного применения установки, наведите справки по всем нормативным документам.		

Таблица 6-9. Технические условия на дизельное топливо

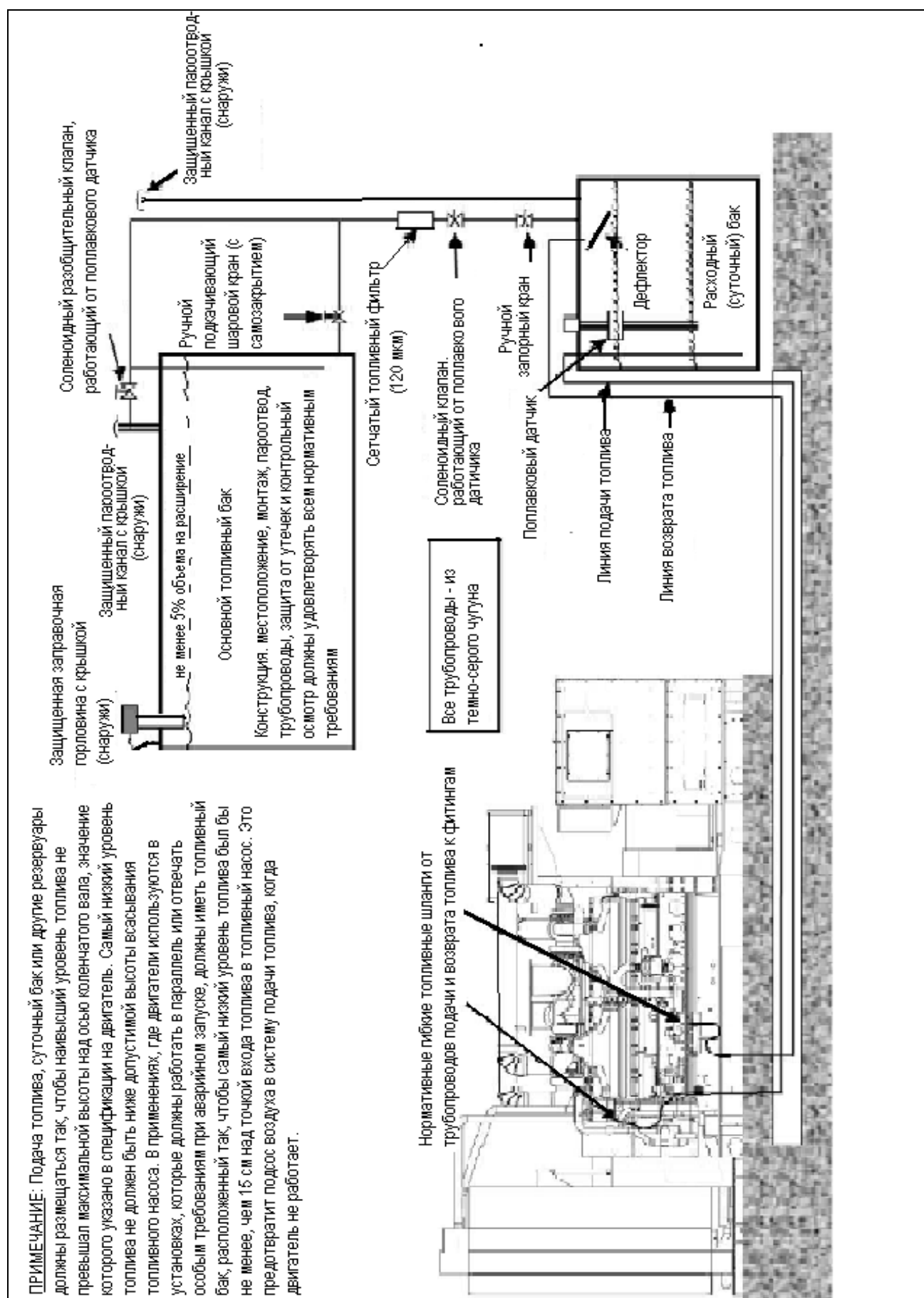


Рис.6-66. Типовая система топливоснабжения – Топливный бак находится выше генераторной установки

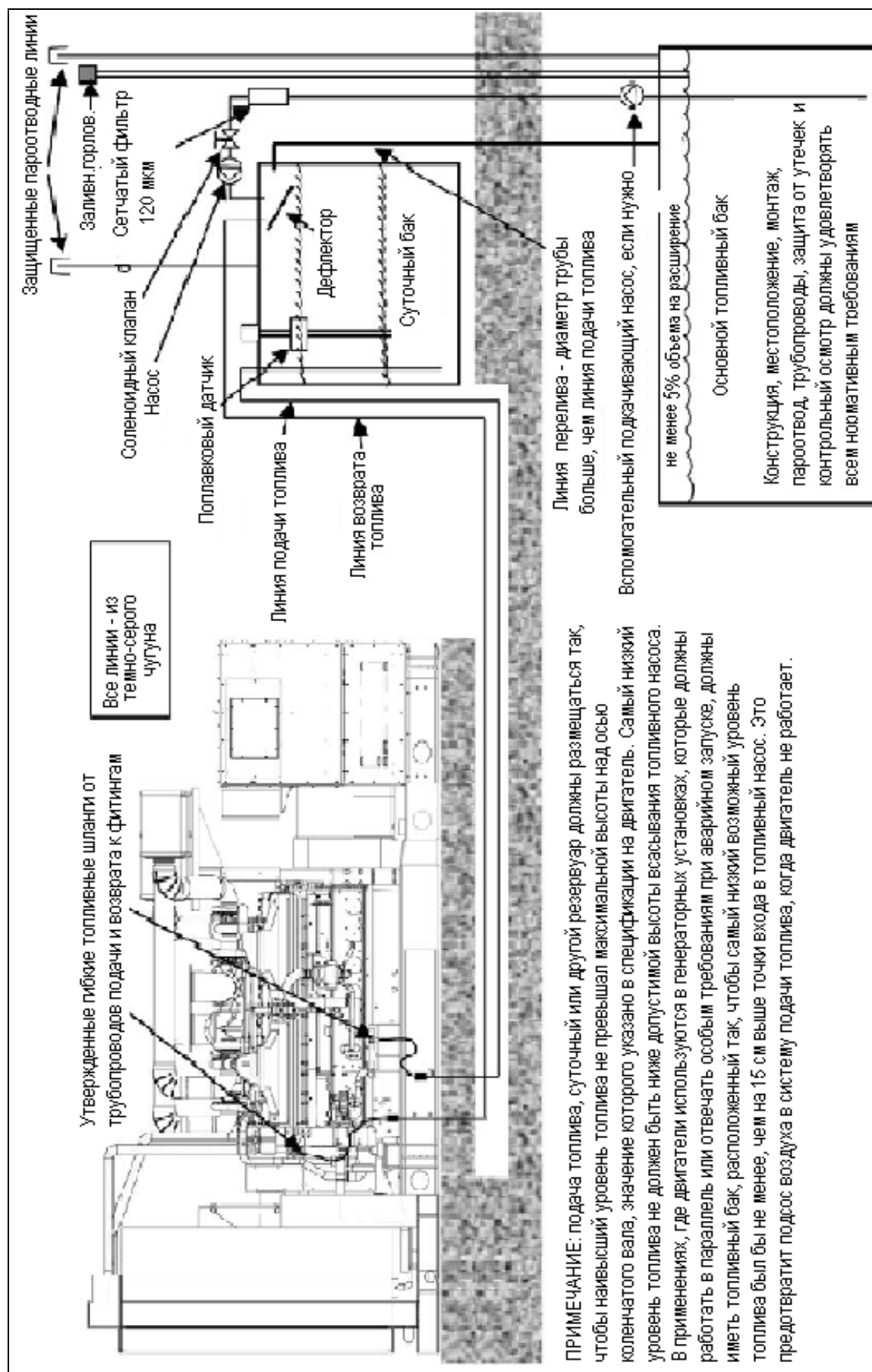


Рис. 6-67. Типовая система топливоснабжения – Топливный бак находится ниже генераторной установки

При проектировании любой топливной системы необходимо учитывать следующие факторы:

- Вместимость топливного бака, конструкция, местоположение, монтаж, пароотвод, топливopроводы, испытания и контрольный осмотр должны удовлетворять всем нормативным требованиям и их толкованию местными надзорными органами.¹⁸ Местные нормы по защите окружающей среды обычно требуют применения средств вторичной локализации (называемых «резервуаром от прорывов», «обваловкой» или «дамбой»), обеспечивающих защиту от протечек топлива и его попадания в почву или канализационную систему. Места вторичной локализации будут также включать устройства по обнаружению и звуковой сигнализации утечек основного топливного бака.
- Местоположение должно выбираться, исходя из удобства доступа при заливке системы топливом, а также в тех случаях, когда линии подачи топлива будут требовать подогрева (в регионах с холодным климатом).
- Топливный бак должен вмещать достаточное количество топлива для работы установки в течение предписанного срока работы в часах¹⁹ без дозаправки. Расчет размера топливного бака может основываться на почасовом расходе топлива, и с учетом того, что эксплуатация большинства установок на полной нагрузке бывает очень редкой. Другие аспекты по определению размеров топливного бака включают продолжительность ожидаемых отключений основного источника электроснабжения в зависимости от наличия и доступности поставок и сроков хранения топлива. При правильном содержании срок хранения дизельного топлива обычно находится в пределах от 1,5 до 2-х лет.
- Для предотвращения избыточного давления в топливных баках они должны иметь полноценную систему пароотвода. Требования по пароотводу могут быть основными и аварийными в зависимости от местных норм и их толкования. Баки должны также предусматривать средства для ручного слива воды и отложений и не менее 5% объема на расширение топлива, предотвращающее его утечку, когда топливо нагревается.
- Топливоподкачивающий насос, насос по перекачке топлива из суточного бака или седло поплавкового клапана должны быть защищены от попадания посторонних материалов и мусора из топливного бака путем установки сетчатого фильтра грубой очистки или отстойника с тонкостью фильтрации 100 – 120 мкм.
- Для аварийных систем электропитания установленные нормы могут не позволять подачу топлива для каких-то иных целей или могут указывать уровень остатка топлива для другого оборудования, который гарантирует, что подача топлива для системы аварийного электропитания будет обеспечена.
- Топочное топливо категории № 2 с низким цетановым числом не обеспечивает надежный запуск дизельных двигателей в холодных климатических условиях. В связи с этим для систем аварийного электропитания и систем обогрева зданий может потребоваться установка отдельных топливных баков.
- На объекте с несколькими генераторными установками для каждой такой установки должна быть предусмотрена отдельная линия возврата топлива в основной или суточный бак, не допускающая создания избыточного положительного давления в возвратных топливных линиях неработающих установок. Кроме того, возвратная топливная линия не должна иметь никаких устройств перекрытия такой линии. Если двигатель работает с перерывной линией возврата топлива, то двигатель выйдет из строя.
- Суточный бак требуется во всех случаях, когда есть трение в трубопроводах и/или топливный бак находится на каком-то возвышении, либо ниже точки входа в топливный насос или выше уровня форсунок, что бы вызвало избыточное сопротивление топлива на входе в насос или в линии возврата. Некоторые модели генераторных установок комплектуются встроенными в опорную раму суточными баками.

ПРИМЕЧАНИЕ: Там, где установки работают в параллель или должны отвечать требованиям по быстрому запуску аварийных систем, то это требование, чтобы топливный бак или иная емкость должны размещаться так, чтобы самый низкий уровень топлива был бы на высоте не менее 150 мм над входом в топливный насос. Это предотвратит подсос воздуха в топливную линию, когда установка не работает, устраняя тем самым период времени в ходе запуска, когда воздух должен продвигаться. Для этого на некоторых моделях предусмотрены специальные опции.

¹⁸ **Примечание по нормам США:** В Северной Америке обычно используются стандарты № 30 и 37 Национального агентства пожарной безопасности (NFPA)

¹⁹ **Примечание по нормам США:** Стандарт NFPA110 определяет требуемое число часов работы как Класс установки. Для аварийных систем – это 2 часа, если авария возникла в здании, и 8 часов в других случаях отключения электропитания.

- Допустимые пределы температуры топлива в суточном баке могут превышать для некоторых категорий установок, когда нагретое в двигателе топливо возвращается в суточный бак. Так как температура топлива повышается, то его плотность и смазочные свойства падают, приводя к снижению максимальной электрической мощности на выходе установки и ухудшению смазки топливного насоса и форсунок. Одним из решений этой проблемы является возврат топлива в основной топливный бак, а не в расходный суточный бак. Другие технические решения могут потребовать применения охладителя топлива, обеспечивающего снижение температуры топлива до безопасного уровня при его возврате в суточный бак. Дополнительную информацию по этому вопросу можно получить от изготовителя двигателя.
- Производительность перекачивающего топливного насоса суточного бака и размеры линии подачи топлива следует выбирать, исходя из максимального расхода топлива, значение которого указано в Справочном листке технических характеристик для рекомендованной генераторной установки.
- Для получения наилучших эксплуатационных характеристик при выборе дизельного топлива пользуйтесь в качестве руководства **Таблицей 6–9**.
- Все топливные системы должны предусматривать меры по локализации пролитого топлива, если бак дает течь, а также для тех случаев, когда происходит перелив топлива.
- Кроме того, следует предусмотреть применение средств ручного залива топлива, если система автоматического залива топлива дает отказ.
- Для повышения надежности системы насос подачи топлива из основного бака может быть дублирующего типа.
- Местные нормы пожарной безопасности применительно к генераторным установкам могут иметь особые требования, например, средства для предотвращения попадания топлива в генераторную комнату, если сработала система обнаружения пожара, а также средствами по возврату топлива в основной топливный бак, если пожар возникает непосредственно в генераторной комнате.

Топливопроводы

- Топливные линии следует изготавливать из черной жести. Трубопроводы и фитинги из литейного чугуна и алюминия использовать нельзя, поскольку они пористые и могут создавать утечки топлива. Оцинкованные топливные линии, фитинги и баки использовать нельзя, т.к. цинковое покрытие подвергается воздействию серной кислоты, которая образуется, когда сера в топливе соединяется с конденсатом в топливном баке, что в итоге приводит к появлению твердых нерастворимых соединений, которые могут забивать топливные насосы и фильтры. Медные и оцинкованные линии не следует применять потому, что при длительных простоях установки топливо в трубопроводах из меди начинает полимеризоваться (густеть) и забивать форсунки. Медные трубопроводы также менее прочны и в большей степени подвержены поломкам, чем жестяные.

Примечание: Никогда не используйте оцинкованные или медные топливopоводы, фитинги и баки. Конденсат в баках и линиях способен реагировать с серой в дизельном топливе и образовывать серную кислоту. Молекулярная структура трубопроводов из меди или с цинковым покрытием вступает в реакцию с кислотой и загрязняет топливо.

- Для соединения с двигателем, а также в целях нейтрализации перемещений и вибраций генераторной установки необходимо использовать гибкие топливные шланги.
- Трубопроводы от суточного бака к двигателю должны идти «под уклон» на всем пути от бака к двигателю и без петель, которые способствуют попаданию воздуха в систему.
- Топливные трубопроводы должны иметь надежные опоры, не допускающие вибрацию или поломки в результате вибрации. Топливные линии не следует прокладывать вблизи нагревательных труб, электропроводки или деталей системы выпуска отработанных газов. В конструкции топливных линий необходимо предусмотреть установку в соответствующих местах кранов, которые бы позволяли разобщать компоненты системы при ремонтах без необходимости слива топлива из всей системы питания двигателя.
- Линии питания должны подвергаться периодическим контрольным осмотрам на отсутствие утечек и общего состояния. Система должна быть промыта перед началом эксплуатации для удаления из нее грязи и других посторонних материалов, которые могли бы нанести ущерб двигателю. Для этой цели следует применять не колена, а тройники, т.к. они облегчают процесс чистки топливной системы.

²⁰ Двигатели фирмы Cummins можно монтировать с возвратом топлива в суточный бак. Местоположение возвратных линий может варьироваться в зависимости от применяемой модели двигателя.

- В технических данных изготовителя двигателя указывается максимальное сопротивление топлива на входе в насос и в возвратной линии, максимальная скорость подачи топлива во всасывающем и сливном трактах и количество потребляемого топлива. В **Таблице 6–10** приводятся данные по допустимому минимальному размеру гибких шлангов и трубопроводов, подключаемых к основному топливному баку или расходному баку, когда он находится на расстоянии до 15 метров от установки и приблизительно на той же самой высоте.

Размер гибких шлангов и трубопроводов должен основываться на максимальной скорости подачи топлива, а не на количестве потребляемого топлива. Мы настоятельно рекомендуем, чтобы сопротивление топлива на входе в насос и возвратной магистрали проверялось до ввода в эксплуатацию генераторной установки.

Макс. расход топлива, л/час	№ гибкого шланга*	Размер трубы, в дюймах	Размер трубы, в мм
Менее 303	10	1/2"	15
От 304 до 378	10	1/2"	15
От 379 до 604	12	3/4"	20
От 605 до 869	12	3/4"	20
От 870 до 1170	16	1"	25
От 1171 до 1550	20	1-1/4"	32
От 1550 до 2309	24	1-1/2"	40
От 2309 до 3480	24	1-1/2"	40

* Общая классификация размеров гибких шлангов от их производителей.

Таблица 6–10. Минимально допустимый размер гибких топливных шлангов и трубопроводов; при условии, что их длина не превышает 15 метров.

Топливный бак под опорной рамой установки

Когда генераторная установка монтируется на опорной раме, под которой размещен топливный бак, то между генераторной установкой и топливным баком должны стоять виброизоляторы. Топливный бак должен быть способен выдерживать вес установки и динамические нагрузки. В целях снижения условий для коррозии и удобств подхода при визуальных осмотрах на отсутствие утечек топлива бак необходимо установить так, чтобы между днищем бака и полом имелось воздушное пространство.

Суточные баки

Когда для какого-то применения требуется промежуточный суточный бак, то по размеру он обычно выбирается из расчета примерно на 2 часа работы установки с полной нагрузкой. (В зависимости от нормативных ограничений по количеству топлива, находящегося в генераторной комнате). Если на объекте имеются несколько генераторных установок, то они могут получать топливо от одного суточного бака, но предпочтительнее, чтобы в такой системе для каждой установки предусматривался свой расходный бак. Суточный бак должен располагаться как можно ближе к генераторной установке. Положение бака должно позволять ручной залив топлива, если в этом возникнет необходимость.

Высота суточного бака должна быть достаточной, чтобы создавать положительный напор на топливный насос двигателя. (Минимальный уровень топлива в баке должен быть не менее 150 мм над точкой входа топлива в двигатель.) Максимальная высота топлива в суточном баке должна быть такой, чтобы не создавать положительное давление в линиях возврата топлива из двигателя в бак.

Точка возврата топлива в суточный бак может быть различной в зависимости от используемой модели двигателя. Некоторые двигатели требуют, чтобы точка возврата топлива в бак находилась выше максимального уровня топлива в баке, а другие требуют, чтобы точка возврата топлива находилась у дна бака (или ниже минимального уровня в баке). Эти специфические требования можно получить от изготовителя двигателя. Важными особенностями суточного бака (которые требуются, либо желательны) являются:

- Резервуар или барьер от утечек. (Это дополнительная опция, но во многих регионах требуется по закону).
- Поплавковый датчик при заливе бака, управляющий электромагнитным клапаном, если основной бак находится выше суточного бака, или насоса, если основной топливный бак находится ниже суточного бака.
- Пароотводная линия того же самого размера, как линия залива топлива, проложенная до наивысшей точки системы.
- Сливной кран.

- Подключение возвратных топливных линий:

При возврате топлива из двигателя в нем появляется большое количество увлекаемого воздуха, который должен быть отведен из бака, прежде чем этот воздух не начнет засасываться в линию подачи топлива в двигатель. Место подключения возвратной линии в топливный бак должно быть спроектировано с таким расчетом, чтобы это способствовало удалению из бака попавшего туда воздуха, при этом точка ввода возвратной линии в бак должна находиться как можно дальше от точки линии подачи топлива из бака в двигатель.

ПРИМЕЧАНИЕ: В возвратной линии не разрешается устанавливать отсечные клапаны. Место и конструкция точек подключения возвратной линии в топливный бак должна способствовать удалению воздуха из топлива. Существуют 2 возможные альтернативы по конструкции мест возвратных линий в бак.

1. Предпочтительный способ «Над уровнем топлива» (традиционный метод для топливной системы Cummins PT):

Точка подключения возвратной линии топлива в бак проектируется так, чтобы топливо возвращалось над максимальным уровнем топлива в баке. Этот способ доказал свою эффективность с точки зрения удаления из топлива воздуха. Для улучшения условий по удалению попавшего в топливо воздуха рекомендуется устанавливать в бак дефлектор. (см. **Рис.6-68**)

ПРИМЕЧАНИЕ: Этот способ применим для всех размеров бака, но особенно важен для баков, где точки возврата и подачи топлива находятся друг от друга на расстоянии 1,5 м или меньше (например, суточные баки).

2. Альтернативный способ «Ниже уровня топлива» (традиционно используемый для двигателей Cummins серий «В» и «С».):

Точка подключения возвратной топливной линии проектируется с использованием падающей трубки, которая подает возвращаемое топливо в донную часть бака (ниже минимально возможного уровня топлива).

ПРИМЕЧАНИЕ: Этот способ применим для крупноразмерных баков (например, для баков, размещенных под опорной рамой установки), где точки возврата и подачи топлива находятся друг от друга на расстоянии более 1,5 м.

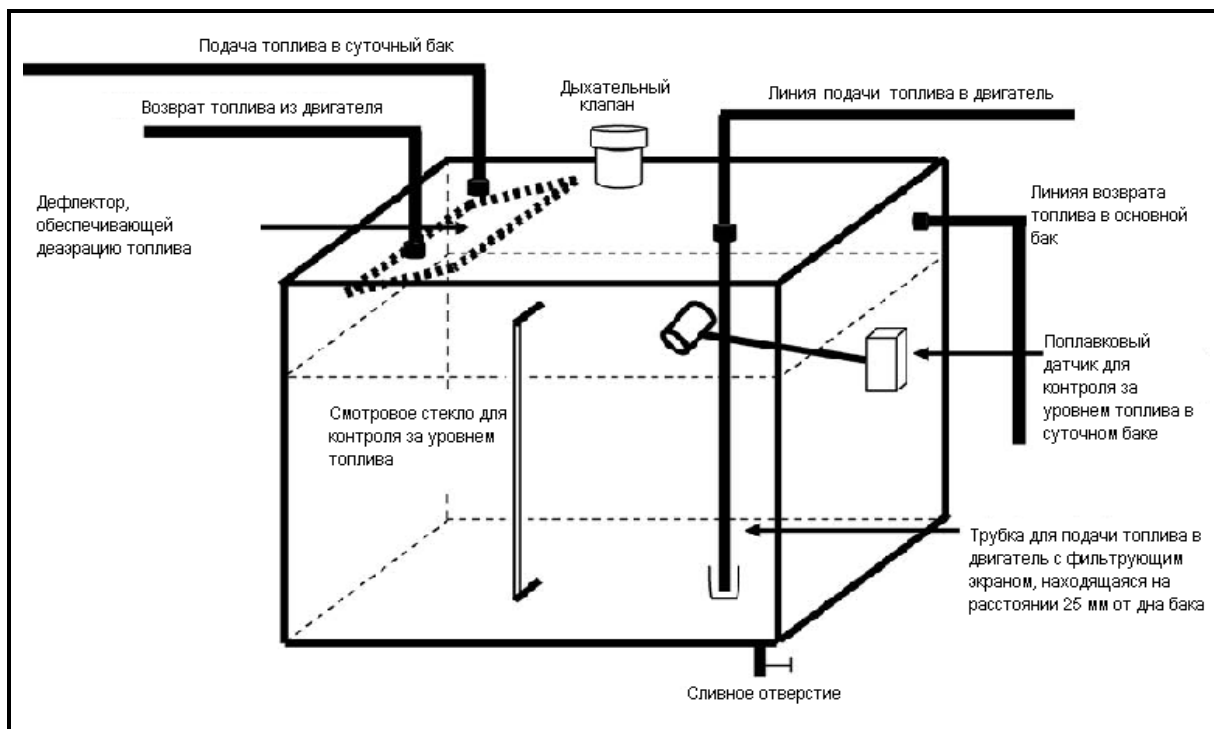


Рис. 6-68. Требования к топливному баку поплавкового типа

ПРИМЕЧАНИЕ: Для топливных систем MCRS («Коммон Рейл») топливный бак должен оснащаться воздушным фильтром с толщиной очистки 10 мкм. Такой фильтр защищает топливную систему от попадания в топливо мельчайших взвешенных в воздухе частиц, загрязняющих топливо, если в него подсасывается воздух. Пароотводная система топ-

ливного бака должна соответствовать самой высокой скорости залива системы топливом, которая определяется опытным путем.)

- Устройства контроля уровня топлива или смотровые стекла.
- Система сигнализации низкого уровня топлива (как дополнительная опция).
- Поплавковый датчик высокого уровня топлива для управления электромагнитным клапаном, если основной топливный бак находится выше суточного бака, или для управления топливоподкачивающим насосом, если основной бак находится ниже суточного бака.
- Слив излишков топлива в основной бак, если бак находится ниже суточного бака.

Местные законодательные нормы и стандарты часто определяют конструкцию суточного бака, также как и федеральные нормы, поэтому важно свериться с этими нормами у местных органов.

Газообразные виды топлива

По информации, касающейся общих преимуществ и недостатков топливных систем на газообразных видах топлива по сравнению с другими имеющимися альтернативами, следует обратиться к Разделу 2 настоящего Руководства.

Генераторные установки, работающие на газообразных видах топлива, могут использовать природный газ или сжиженный нефтяной газ (пропан) или оба. Комбинированные топливные системы, где основным топливом является природный газ, а пропан - в качестве резервного топлива, могут применяться в сейсмоопасных регионах и там, где существует потенциальная угроза, что природные катаклизмы могут нарушить общедоступные системы газоснабжения.

Независимо от используемого вида топлива главными факторами для успешной эксплуатации генераторных установок на газе являются:

- Газоснабжение генераторной установки должно соответствовать требуемому уровню качества.
- Газоснабжение должно идти под достаточным давлением (определяемым для каждой генераторной установки в соответствии с ее спецификацией). Следует принять в расчет и убедиться в том, что подача газа на входе в установку, а не в системе газоснабжения, соответствует давлению, требуемому для эксплуатации. При работе генераторной установки на полной нагрузке давление газа должно находиться на уровне, определяемой спецификацией.
- Для обеспечения нормальной работы установки газ должен подаваться на нее в достаточном объеме. Это обычно относится к вопросу выбора размера топливных линий, которые должны быть достаточно большими для подачи необходимого по объему топлива. Для топливных систем с отводом паров сжиженного нефтяного газа размер и температура топливного бака также оказывает влияние на это требование.

Несоответствие минимальным требованиям, предъявляемым к генераторным установкам в таких местах, приведет в итоге к невозможности эксплуатации генераторной установки или ее неспособности выдерживать номинальную нагрузку, или плохим характеристикам на переходных режимах. Недостаточный поток может также наносить ущерб двигателю или приводить к непоправимому выходу двигателя из строя.

Качество газообразного топлива

Газообразные виды топлива – это фактически смесь из нескольких различных углеводородов, к которым относятся метан, этан, пропан и бутан; другие газообразные элементы, включающие в себя кислород и водород, пары воды и другие загрязняющие вещества, некоторые из которых с течением времени потенциально опасны для двигателя. Качество топлива основывается на количестве энергии на единицу объема в топливе и количестве загрязняющих веществ в топливе.

Энергетическое содержание

Одной из важнейших характеристик газообразного топлива, используемого в генераторных установках, является его теплотворная способность. Теплотворная способность топлива характеризуется количеством энергии, содержащейся в удельном объеме топлива. Газообразное топливо имеет низшую теплоту сгорания (LHV) и высшую теплоту сгорания (HHV). Низшая теплота сгорания топлива – это количество имеющегося в нем тепла для выполнения работы в двигателе после того, как вода в топливе испарилась. Если значение низшей теплоты сгорания топлива слишком мало, даже если на двигатель подается достаточное по объему топливо, то двигатель будет не способен поддерживать полную выходную мощность, потому что имеющейся в топливе энергии будет недостаточно, чтобы преобразовать ее в механическую энергию. Если значение LHV менее 905 BTU/куб.фут, то двигатель будет не способен развивать номинальную мощность в условиях нормальной температуры среды.

Если местное топливо обладает повышенной теплотворной способностью (>1000 БЕТ/фут³), то требования по фактическому потоку в куб.футах/мин будут ниже и слегка снизятся требования по давлению. И наоборот, если местное топливо имеет пониженную теплотворную способность (< 1000 БЕТ/фут³), то требования по фактическому потоку в куб.футах/мин будут выше и потребуются более высокое минимальное давление подачи, чтобы соответствовать опубликованным данным по рабочим характеристикам для любой заданной генераторной установки.

Каждый двигатель может иметь свои рабочие характеристики, отличающиеся от других двигателей, основываясь на типе применяемого топлива вследствие различий в степени сжатия двигателя, а также в том, оснащен ли двигатель турбокомпрессором или нет.

Осушенный природный газ

Наиболее употребительным топливом для генераторных установок считается газ, называемый «осушенным природным газом». В США «осушенный природный газ» обладает специфическими свойствами, основанными на федеральных требованиях. В других странах осушенный природный газ может отличаться по своему составу, поэтому характеристики такого топлива должны быть перепроверены перед использованием на генераторной установке. Осушенный природный газ в США представляет собой смесь, состоящую примерно из 98% метана и этана, а 2% падают на такие углеводороды, как пропан и бутан, а также азот, углекислый газ и водяной пар. Понятие «осушенный» означает, то газ свободен от жидких углеводородов в отличие от бензина, однако НЕ то, что он свободен от водяных паров. Сухой природный газ обычно имеет LHV со значением 936 БТЕ/куб.фут, и HHV со значением 1038 БТЕ/куб.фут. (1 британская единица теплоты на кубический фут (BTU/ft³) = 37,2589 кДж/м³)

Промысловый газ

Состав «промыслового природного газа» варьируется в зависимости от региона или континента, где он добывается. Перед использованием промыслового природного газа для двигателей необходимо подвергнуть его тщательному анализу. Такой газ может содержать «тяжелые» фракции таких углеводородов, как пентан, гексан и гептан, которые могут привести к снижению выходной мощности двигателя. К другим загрязнителям в этом топливе можно отнести серу, которая также присутствует в топливе. Типовой промысловый газ может иметь LHV со значением 1203 BTU/ft³, а HHV со значением 1325 BTU/ft³.

Пропан/Сжиженный нефтяной газ (LPG)

Пропан имеется в виде двух сортов – либо коммерческого назначения, или для специальных целей. Коммерческий пропан используется там, где требуется высокая летучесть. Не все двигатели с искровым зажиганием будут надежно работать с таким топливом из-за его летучести. Пропан специального назначения (называемый также HD5) – это смесь из 95% пропана и других газов, например, бутана, которая позволяет получить улучшенные рабочие характеристики двигателя благодаря снижению преждевременного воспламенения из-за пониженной летучести. Топливный газ в виде пропана специального назначения, который отвечает требованиям стандарта ASTM D 1835 (эквивалентного пропану HD-5, производимого по Стандарту 2140 Ассоциации производителей газа) пригоден для большинства двигателей. У пропана LHV составляет приблизительно 2353 БТЕ/фут³, а HHV - 2557 БТЕ/фут³. Топливо с повышенной теплотворной способностью требует, чтобы оно смешивалось с различными объемами воздуха в системе питания двигателя на пропане по сравнению с применениями, использующими природный газ, поэтому двигатели, работающие на двух видах топлива, имеют для этой цели две компоновки топливной системы.

ПРИМЕЧАНИЕ: Пояснения по часто встречающимся сокращениям:

LP – Сжиженное нефтяное топливо или пропан

LPV – Парообразный пропан (газообразное топливо)

LPL – Жидкий пропан (жидкое топливо)

LPG – Сжиженный нефтяной газ

ПРИМЕЧАНИЕ: Сокращения LPG и LP означают одно и то же и часто взаимозаменяемы.

Загрязняющие вещества

Большинство вредных загрязняющих веществ в газообразных видах топлива представляют собой водяной пар и серу. Водяной пар пагубно влияет на двигатель, потому что он может вызывать неконтролируемое сгорание, преждевременное воспламенение или другие факторы, неблагоприятно влияющие на двигатель и способные вывести его из строя. Конденсирующийся водяной пар или капли воды должны удаляться из топлива до того, как оно поступит в двигатель, для чего следует использовать «осушающий фильтр», который монтируется в топливную систему до главного регулятора давления газа. Точка росы газообразного топлива должна быть, по крайней мере, на 11°C ниже минимальной температуры среды в месте нахождения генераторной установки.

Сера и сероводород будут вызывать коррозию и наносить серьезный ущерб двигателю за относительно небольшой промежуток времени. Разные двигатели обладают разной устойчивостью к загрязнителям на основе серы, а некоторые двигатели вообще не будут работать на топливе со значительным процентным содержанием серы. Для получения одобрения по применению той или иной модели двигателя и топлива свяжитесь с изготовителем двигателя. Влияние серы в топливе может быть частично компенсировано за счет использования высокосольных смазывающих масел. Вообще говоря, двигатели не следует эксплуатировать с теми видами топлива, у которых содержание серы превышает 10 промилле (ppm).

Некоторые виды газообразного топлива, получаемые, например, из захоронений мусорных свалок и отходов, могут иметь полезную по химическому составу энергетическую ценность, но с очень высокими уровнями содержания серы (>24 промилле). Такое топливо часто называют «высокосернистым газом». Если его освободить от сернистых соединений, то можно использовать в качестве топлива для многих типов двигателей при условии, что оно обладает достаточной теплотворной способностью.

Анализ топлива

Поставщик газообразного топлива может предоставить данные по анализу топлива, где дается характеристика химическому составу топлива. Этот анализ топлива может быть использован для того, чтобы убедиться в том, что топливо пригодно для применения для конкретно предлагаемой модели двигателя, а также для перепроверки, что теплотворная способность этого топлива достаточна для генерирования установкой требуемой выходной электрической мощности. Поставщики газа могут менять состав осушенного природного газа без уведомления потребителей, поэтому не существует долгосрочной гарантии по производительности и рабочим качествам установки, но процесс оценки топлива может быть кратко сформулирован следующим образом:

- 1 Составьте список газов, входящих в состав топлива с процентным содержанием каждого из этих газов.
- 2 Рассчитайте процент сгораемого топлива в общем количестве топлива. Процентное содержание сгораемого топлива – это 100% минус доля в топливе инертных газов и других веществ. К ним следует отнести кислород, диоксид углерода и водяной пар.
- 3 Подсчитайте процентное содержание каждого сгораемого компонента в топливе.
- 4 Повторно проверьте приемлемость топлива, сопоставив процентное содержание каждого из сгораемых элементов со значениями, рекомендуемыми изготовителем двигателя.

Например, анализ газа показал, что в его составе:

- метана - 90%,
 - этана - 6%,
 - водорода - 2%,
 - нормального пентана – 1%,
 - азота - 1%.
- Общий процент инертных элементов = 1%.
 - Общий процент сгораемых элементов = $100\% - 1\% = 99\%$.
 - % метана = $90\% / 99\% = 91\%$.
 - % этана = $6\% / 99\% = 6,1\%$.
 - % водорода = $2\% / 99\% = 2\%$.
 - % нормального пентана = $1\% / 99\% = 1\%$.

См. **Таблицу 6-11**, где приведен типовой перечень Максимально допустимых сгораемых веществ для генераторных установок *Cummins*, работающих на газе. Имейте в виду что в данном примере анализ газа показывает пригодность топлива для работы с двигателями, имеющими пониженную степень сжатия в цилиндрах (как правило, это 8,5:1), но его нельзя использовать для двигателей с более высокой степенью сжатия, поскольку такие двигатели имеют более жесткие требования, предъявляемые к составу топлива, хотя и могут работать вполне удовлетворительно, выдавая пониженную выходную мощность. По данным вопросам необходимо получить консультацию от изготовителя двигателя.

5. Сверить категорию применения генераторной установки на возможность ее использования с предлагаемым топливом.

Теплотворная способность топлива будет определять категорию генераторной установки, когда используется топливо с конкретным составом компонентов. Если какой-то из компонентов топлива имеет несколько большее теплосодержание, чем разрешенное удельное значение, то потребуется дефорсирование. Для получения информации по требованиям на топливо и инструкциями по дефорсированию свяжитесь с изготовителем двигателя.

Помните о том, что снижение номинальных параметров топлива и дефорсирование в зависимости от высоты и температуры²¹ не являются присадочными. Необходимо применять только максимальное значение снижения номинальных параметров топлива или дефорсирования в зависимости от высоты и температуры.

Двигатели с турбонаддувом имеют строго оговоренные требования по составу топлива из-за повышенного давления в цилиндрах. Во избежание проблем с преждевременным воспламенением или детонацией потребуется дефорсировка выходной мощности, если процентное содержание в топливе пропана и/или изобутана превышает значение, приведенное в Таблице 6–12.

	Степень сжатия 8,5:1	Степень сжатия 10,5:1
Метан (C ₁)	100	100
Этан (C ₂)	100	100
Пропан (C ₃)	10	2
Изобутан (IC ₄)	7	0,2
Водород (H ₁)	7	Следы
Нормальный бутан (NC ₄)	3	0,2
Изопентан (IC ₅)	3	0,2
Нормальный пентан (NC ₅)	1	0,1
Гексан (C ₆)	1	0,1
Гептан (C ₇)	1	0,1

Таблица 6–11. Максимально разрешенные значения сгораемых в двигателе компонентов топлива в процентах

	Степень сжатия 8,5:1	Степень сжатия 10,5:1
Метан	Нет	Нет
Этан	Нет	нет
Пропан	5%	*
Изобутан	2%	*

* Двигатели с турбонаддувом и высокой степенью сжатия не могут работать на пропане или изобутане

Таблица 6–12. Максимально разрешенные значения компонентов топлива в процентах до дефорсировки двигателей с турбонаддувом

Конструкция топливной системы генераторной установки

Рис.6–69 иллюстрирует типовые комплектующие газовых линий в двухтопливной системе питания с автоматическим переключением (на природном газе и жидком нефтяном топливе (LPG)). Системы, работающие только на одном виде топлива (природном газе или LPG) используют только помеченные на рисунке элементы системы. На рисунке не показан испаритель LPG, поставляемый фирмой *Cummins Power Generation* вместе с генераторной установкой для удаления жидкой фракции LPG (только для двигателей, устанавливаемых вне помещений). Эксплуатационные регуляторы давления, фильтры сухого газа и ручные запорные краны обычно обеспечиваются теми структурами, кто монтирует генераторную установку, но *Cummins Power Generation* имеет эти детали и может поставить их заказчику как вспомогательное оборудование.

Конструкция топливной системы на месте эксплуатации установки

При монтаже топливной системы с использованием в качестве топлива природного газа или сжиженного нефтяного газа необходимо учитывать следующее:

- Конструкция топливной системы на газе, материалы, комплектующие детали, изготовление, сборка, монтаж, испытания, контрольный осмотр, эксплуатация и техническое обслуживание должны соответствовать всем предусмотренным нормам и правилам²².

²¹ Проконсультируйтесь с изготовителем двигателя или генераторной установки по вопросам дефорсирующих факторов в зависимости от температуры и высоты.

²² В США обычно используются стандарты Национального агентства пожарной безопасности (NFPA) №№ 30, 37, 54 и 58.

- Компонировка и размер газопроводных линий должны быть адекватными для обеспечения регулировки объема газа, требуемого для генераторной установки и другого оборудования, например, отопительных систем здания, если газ подается от одного и того же источника. Поток газа при полной нагрузке (см. Справочный листок технических данных для рекомендованной генераторной установки) должен быть не менее чем минимально требуемое давление подачи, которое обычно находится в пределах от 7 до 13,6 дюймов вод. столба в зависимости от применяемой модели двигателя. Окончательное определение размера трубопроводов должно, однако, основываться на методе, одобренном органом, имеющим на это юрисдикцию (см. Стандарт № 54 Национального агентства США по пожарной безопасности (NFPA)).
- Большинство установок требует использования на них эксплуатационного регулятора давления газа. Давление подачи газа на входе в установку не должно превышать 14 дюймов вод.ст. в зависимости от модели двигателя. Подробные данные см. в технической документации для конкретной модели. В зависимости от давления в системе распределения газа может потребоваться одна или несколько ступеней регулирования давления. Газопроводные линии высокого давления не разрешаются внутри зданий (5 фунтов на кв. дюйм избыточного давления для природного газа и 20 фунтов на кв. дюйм избыточного давления для пропана, если более высокие уровни не одобрены соответствующими органами, имеющими на это юрисдикцию). В соответствии с установленными нормами регуляторы давления газа должны иметь вентиляционные линии в атмосферу.

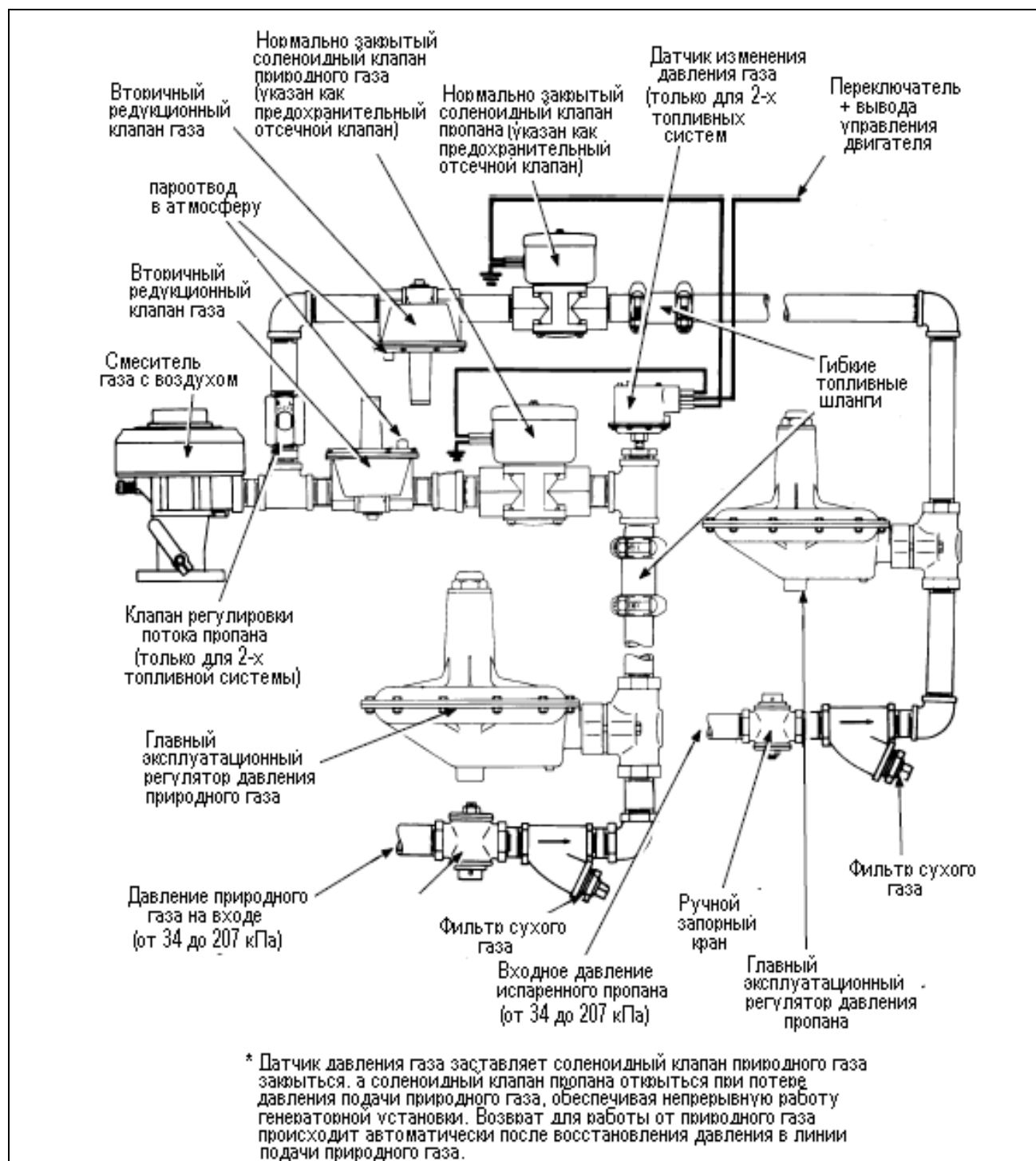


Рис. 6-69. Типовая топливная система на газе

- Регулятор давления газа в линии подачи газа от источника газоснабжения на входе в генераторную установку никогда не должен быть «управляющим» регулятором. Регулятор «управляющего» типа – это такой регулятор, где он требует линии давления, идущей из полости регулятора далее по ходу истечения газа, чтобы регистрировать и реагировать на изменения давления, когда давление в этой линии падает. Управляющие регуляторы не работают, потому что время их реакции на изменения неприемлемо по сравнению с большими и мгновенными изменениями в нагрузке от генераторной установки.
- Для подвода газа к двигателю и защиты от перемещений и вибраций генераторной установки необходимо использовать утвержденные нормами гибкие топливные шланги.
- Большинство норм требует установки до гибких топливных шлангов как ручных, так и электромагнитных отсечных клапанов. Ручной запорный кран должен иметь маркировку его положений (открыт и закрыт).
- Для защиты чувствительных деталей регулятора давления и измерительных диафрагм по ходу истечения газа от вредных инородных субстанций, увлекаемых с потоком газа (ржавчина, окалина и т.д.), в каждой линии необходимо устанавливать фильтр сухого топлива, как это показано на **Рис.6–69**.
- Система газоснабжения пропаном должна выделяться для аварийной системы электропитания, если пропан является требуемым видом альтернативного топлива.
- Для удаления жидкой фракции в LPG на заводе-изготовителе генераторной установки устанавливается испаритель, нагреваемый ОЖ двигателя. Ввиду высокого давления в газопроводной магистрали (свыше 20 фунтов на кв. дюйм избыточного давления) такие линии не разрешается прокладывать внутри здания для генераторных установок, оснащенных системой отвода жидкой фракции в LPG. (Для большинства моделей, использующих в качестве топлива LPG и устанавливаемых снаружи зданий, имеются специальные погодозащитные кожуха).
- Скорость испарения в баке с LPG зависит от температуры воздуха снаружи помещения, если бак не оснащен подогревателем, а также от количества топлива в баке. Даже в холодную погоду наружный воздух нагревает и испаряет LPG (главным образом через влажную поверхность бака), когда температура воздуха выше, чем температура LPG. Отвод паров вызовет падение температуры и давления в баке. При температуре -38°C давление паров LPG равно 0. Если количество топлива мало и недостаточно тепла от окружающего воздуха, то при работе генераторной установки скорость испарения будет падать ниже уровня, требуемого для надлежащей работы установки.

Расчет давления в системах питания с газообразным топливом

Размер бака

Для быстрой ссылки на размер бака LPG, основанного на самой низкой ожидаемой температуре окружающей среды, пользуйтесь **Рис. 6–70**. Например, в день с температурой среды 40°F , испарение со скоростью 1000 куб. футов/час требует бака вместимостью 2000 галлонов, заполненного хотя бы наполовину. Примечание: Во многих случаях количество топлива, требуемого для полноценного испарения, будет намного выше того количества, которое требуется для определенного числа работы в часах, предусмотренного нормативными требованиями.

Например, по стандарту NFPA 110 для установок Класа 6 количество топлива должно быть достаточно для работы в течение 6 часов без дозаправки топлива в бак. LPG отдает примерно 36,5 куб. футов газа на галлон жидкости. Если скорость испарения для установки 1000 куб. футов в час, то:

$$\begin{array}{lcl} \text{Расход} & 1000 \text{ куб. футов/ч} \times 6 \text{ часов} & \\ \text{топлива} & = \frac{\quad}{36,5 \text{ куб. футов/галлон}} & = 164 \text{ галлонов} \\ \text{через 6 часов} & & \end{array}$$

В данном случае бак должен вмещать не менее 2000 галлонов, основываясь на самой низкой ожидаемой температуре, а не на потреблении топлива через 6 часов (т.е. 164 галлонов).

Размер газопроводных линий

Расчет размера газопроводных линий для полноценной подачи топлива, как по расходу, так и по давлению, может быть довольно сложен. Однако есть упрощенный способ расчета, применяемый для систем выпуска и охлаждения, когда все фитинги и трубопроводы приводятся к эквивалентной длине трубы с учетом их диаметров, после чего общая эквивалентная длина может быть соотнесена с пропускной способностью системы.

Таблица 6–6, Эквивалентная длина трубных фитингов и клапанов применяется как для газовых, так и жидкостных трубопроводов. **Таблицы 6–13 по 6–17** показывают максимальную газопроизводительность для различных размеров труб. Таблицы 6–10 по 6–14 воспроизведены из Национального стандарта США для топливного газа NFPA 54–2002, и приведены с учетом общих эксплуатационных требований для топливной системы, используемой в генераторных установках. Таблицы применимы для природного газа, отбора жидкого пропана и отбора паров пропана при оговоренных условиях. См. стандарт NFPA 54 или другие применимые нормы для других условий эксплуатации или иных требований к топливной системе на объектах с генераторными установками.

Расчет минимального размера труб довольно прост:

- Составьте перечень всех фитингов и клапанов в проектируемой системе и сложите их эквивалентные длины, используя для этого таблицу.
- Добавьте полученное значение к общей длине прямолинейной трубы, чтобы получить общую эквивалентную длину.
- Выберите применимую таблицу, основанную на топливной системе.
- Найдите максимальную потребность в топливе для конкретно выбранной генераторной установки из Справочного листа со спецификацией изготовителя. При необходимости преобразуйте ее в значение в куб.фут/час.
- Найдите в крайней левой колонке эквивалентную длину трубы (или следующую эквивалентную длину большего размера). Перемещайтесь по колонкам к той, где цифра та же или выше, чем общая эквивалентная длина, рассчитанная выше. В верхней части этой колонки будет дан минимальный номинальный размер трубы в дюймах, требуемый для проектируемой системы.



Рис. 6–70. Минимальный размер бака LPG (заполненный на 50%), необходимый для поддержания избыточного давления 5 фунтов на кв.дюйм при удельной скорости отбора и ожидаемой минимальной температуре в зимнее время года

Газ: Природный Давление на входе: 0,5 фунтов на кв.дюйм или ниже Перепад давления: 0,5 дюймов вод.ст. Удельная плотность: 0,6											
	Размер трубы (в дюймах)										
Номинальный	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
Факт. внут. диа	(0.364)	(0.493)	(0.622)	(0.824)	(1.049)	(1.380)	(1.610)	(2.067)	(2.469)	(3.068)	(4.026)
Длина (в футах)	Максимальная производительность в куб.футах газа в час										
10	43	95	175	360	680	1400	2100	3950	6300	11000	23000
20	29	65	120	250	465	950	1460	2750	4350	7700	15800
30	24	52	97	200	375	770	1180	2200	3520	6250	12800
40	20	45	82	170	320	660	990	1900	3000	5300	10900
50	18	40	73	151	285	580	900	1680	2650	4750	9700
60	16	36	66	138	260	530	810	1520	2400	4300	8800
70	15	33	61	125	240	490	750	1400	2250	3900	8100
80	14	31	57	118	220	460	690	1300	2050	3700	7500
90	13	29	53	110	205	430	650	1220	1950	3450	7200
100	12	27	50	103	195	400	620	1150	1850	3250	6700
125	11	24	44	93	175	360	550	1020	1650	2950	6000
150	10	22	40	84	160	325	500	950	1500	2650	5500
175	9	20	37	77	145	300	460	850	1370	2450	5000
200	8	19	35	72	135	280	430	800	1280	2280	4600

Таблица 6–13. Размеры газовых труб из темно-серого чугуна Сортамента 40 ²³

²³ Перепечатано с разрешения от NFPA 54–2002, *Национальный стандарт газового топлива*, Авторское право © 2002, Национальная ассоциация пожарной безопасности, Квинси, МА 02169. Этот перепечатанный материал не полон и не отражает официальной позиции NFPA по данному вопросу, который дается только с точки зрения стандарта в его общем виде.

Газ: Природный Давление на входе: 0,5 фунтов на кв.дюйм или ниже Перепад давления: 0,5 дюймов вод.ст. Удельная плотность: 0,6											
		Размер трубы (в дюймах)									
Номинал	K & L	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
	ACR	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8
Внешний		0.375	0.500	0.625	0.750	0.875	1.125	1.375	1.625	2.125	2.625
Внутренний*		0.305	0.402	0.527	0.652	0.745	0.995	1.245	1.481	1.959	2.435
Длина (в футах)	Максимальная производительность в куб.футах газа в час										
10		27	55	111	195	276	590	1062	1675	3489	6173
20		18	38	77	134	190	406	730	1151	2398	4242
30		15	30	61	107	152	326	586	925	1926	3407
40		13	26	53	92	131	279	502	791	1648	2916
50		11	23	47	82	116	247	445	701	1461	2584
60		10	21	42	74	105	224	403	635	1323	2341
70		9.3	19	39	68	96	206	371	585	1218	2154
80		8.6	18	36	63	90	192	345	544	1133	2004
90		8.1	17	34	59	84	180	324	510	1063	1880
100		7.6	16	32	56	79	170	306	482	1004	1776
125		6.8	14	28	50	70	151	271	427	890	1574
150		6.1	13	26	45	64	136	245	387	806	1426
175		5.6	12	24	41	59	125	226	356	742	1312
200		5.2	11	22	39	55	117	210	331	690	1221
250		4.7	10	20	34	48	103	186	294	612	1082
300		4.2	8.7	18	31	44	94	169	266	554	980

* Указанные в таблице значения основываются на (показанном) внутреннем диаметре труб из меди Типа «К», которые имеют самый малый внутренний диаметр в изделиях для медных труб.

Таблица 6–14. Размеры труб из меди средней жесткости для природного газа ²⁴

²⁴ Перепечатано с разрешения от NFPA 54–2002, *Национальный стандарт газового топлива*, Авторское право © 2002, Национальная ассоциация пожарной безопасности, Квинси, МА 02169. Этот перепечатанный материал не полон и не отражает официальной позиции NFPA по данному вопросу, который дается только с точки зрения стандарта в его общем виде.

Газ: Неразбавленный пропан

Давление на входе: 11,0 дюймов вод.ст.

Перепад давления: 0,5 дюймов вод.ст.

Удельная плотность: 1,50

Специальное применение: Размер труб между первой или второй ступенью (регулятор низкого давления) и бытовой прибор.

Номин.вн.диам. Фактический	Размер трубы (в дюймах)								
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	3	3 1/2	4
Длина (в футах)	Максимальная производительность в куб.футах газа в час								
10	291	608	1145	2352	3523	6786	19119	27993	38997
20	200	418	787	1616	2422	4664	13141	19240	26802
30	160	336	632	1298	1945	3745	10552	15450	21523
40	137	287	541	1111	1664	3205	9031	13223	18421
50	122	255	480	984	1475	2841	8004	11720	16326
60	110	231	434	892	1337	2574	7253	10619	14793
70	94	197	372	763	1144	2203	6207	9088	12661
80	84	175	330	677	1014	1952	5501	8055	11221
100	74	155	292	600	899	1730	4876	7139	9945
125	67	140	265	543	814	1568	4418	6468	9011
200	58	120	227	465	697	1342	3781	5536	7712
250	51	107	201	412	618	1189	3351	4906	6835
300	46	97	182	373	560	1078	3036	4446	6193
350	42	89	167	344	515	991	2793	4090	5698
400	40	83	156	320	479	922	2599	3805	5301

Таблица 6-15. Размер труб для испаряемого пропана из темно-серого чугуна Сортамента 40. ²⁵

²⁵ Перепечатано с разрешения от NFPA 54-2002, Национальный стандарт газового топлива, Авторское право © 2002, Национальная ассоциация пожарной безопасности, Квинси, МА 02169. Этот перепечатанный материал не полон и не отражает официальной позиции NFPA по данному вопросу, который дается только с точки зрения стандарта в его общем виде.

Газ: Неразбавленный пропан

Давление на входе: 11,0 дюймов вод.ст.

Перепад давления: 0,5 дюймов вод.ст.

Удельная плотность: 1,50

Специальное применение: Размер труб между первой или второй ступенью (регулятор низкого давления) и бытовой прибор.

		Размер трубы (в дюймах)									
Номин	K & L ACR	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2
Внешний		3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1 1/8	1 3/8	1 5/8	2 1/8	2 5/8
Внутренний*		0.375	0.500	0.625	0.750	0.875	1.125	1.375	1.625	2.125	2.625
Длина (в футах)		0.305	0.402	0.527	0.652	0.745	0.995	1.245	1.481	1.959	2.435
Максимальная производительность в куб.футах газа в час											
10		45	93	188	329	467	997	1795	2830	5895	10429
20		31	64	129	226	321	685	1234	1945	4051	7168
30		25	51	104	182	258	550	991	1562	3253	5756
40		21	44	89	155	220	471	848	1337	2784	4926
50		19	39	79	138	195	417	752	1185	2468	4366
60		17	35	71	125	177	378	681	1074	2236	3956
70		16	32	66	115	163	348	626	988	2057	3639
80		15	30	61	107	152	324	583	919	1914	3386
90		14	28	57	100	142	304	547	862	1796	3177
100		13	27	54	95	134	287	517	814	1696	3001
125		11	24	48	84	119	254	458	722	1503	2660
150		10	21	44	76	108	230	415	654	1362	2410
175		10	20	40	70	99	212	382	602	1253	2217
200		8.9	18	37	65	92	197	355	560	1166	2062
225		8.3	17	35	61	87	185	333	525	1094	1935
250		7.9	16	33	58	82	175	315	496	1033	1828
275		7.5	15	31	55	78	166	299	471	981	1736
300		7.1	15	30	52	74	158	285	449	936	1656

* Указанные в таблице значения основываются на (показанном) внутреннем диаметре труб из меди Типа K, которые имеют самый малый внутренний диаметр в изделиях для медных труб.

Таблица 6-16. Размеры труб из меди средней жесткости для испаряемого пропана²⁶

²⁶ Перепечатано с разрешения от NFPA 54-2002, *Национальный стандарт газового топлива*, Авторское право © 2002, Национальная ассоциация пожарной безопасности, Квинси, МА 02169. Этот перепечатанный материал не полон и не отражает официальной позиции NFPA по данному вопросу, который дается только с точки зрения стандарта в его общем виде.

Эквивалентная длина трубы (в футах)	Размер трубы из темно-серого чугуна Сортамента 40, в дюймах: Номинальный (внутренний диаметр)								
	1/2 (0.622)	3/4 (0.824)	1 (1.049)	1 1/4 (1.38)	1 1/2 (1.61)	2 (2.067)	3 (3.068)	3 1/2 (3.548)	4 (4.026)
30	733	1532	2885	5924	8876	17094	48164	70519	98238
40	627	1311	2469	5070	7597	14630	41222	60355	84079
50	556	1162	2189	4494	6733	12966	36534	53492	74518
60	504	1053	1983	4072	6100	11748	33103	48467	67519
70	463	969	1824	3746	5612	10808	30454	44589	62116
80	431	901	1697	3484	5221	10055	28331	41482	57787
90	404	845	1593	3269	4899	9434	26583	38921	54220
100	382	798	1504	3088	4627	8912	25110	36764	51216
150	307	641	1208	2480	3716	7156	20164	29523	41128
200	262	549	1034	2122	3180	6125	17258	25268	35200
250	233	486	916	1881	2819	5428	15295	22395	31198
300	211	441	830	1705	2554	4919	13859	20291	28267
350	194	405	764	1568	2349	4525	12750	18667	26006
400	180	377	711	1459	2186	4209	11861	17366	24193
450	169	354	667	1369	2051	3950	11129	16295	22700
500	160	334	630	1293	1937	3731	10512	15391	21442
600	145	303	571	1172	1755	3380	9525	13946	19428
700	133	279	525	1078	1615	3110	8763	12830	17873
800	124	259	488	1003	1502	2893	8152	11936	16628
900	116	243	458	941	1409	2715	7649	11199	15601
1000	110	230	433	889	1331	2564	7225	10579	14737
1500	88	184	348	713	1069	2059	5802	8495	11834
2000	76	158	297	611	915	1762	4966	7271	10128

Таблица 6–17. Размер труб из темно-серого чугуна для пропана с отбором жидкости – Максимальная производительность трубы в куб.футах газа в час. Рекомендации по размеру труб основаны на трубах из темно-серого чугуна сортамента 40.

Снижение шума от генератор- ных установок

Теоретические основы шума

Измерение уровня шума и единицы его измерения в децибелах dB(A): Единицей измерения звука является децибел (dB). Децибел – это подходящее число на логарифмической шкале, выражающее соотношение двух звуковых давлений, сравнивающих фактическое давление с опорным давлением.

Регулирующие шум нормы обычно выражаются в виде «А-взвешенного децибела» или dB(A). Буква “А” означает, что масштаб «откорректирован» приближенно для условий, как человек воспринимает громкость звука. Громкость зависит от уровня звукового давления (амплитуды) и частоты. На **Рис. 6–71** приведены типовые уровни шума, связанные с различными условиями окружающей среды и источниками шума.

Точные и значимые данные по уровню шума предпочтительно измерять в свободном акустическом поле». Такое поле, в отличие от «участков среды, где имеется отражение звука» - это акустическое поле, в котором наличие препятствий или ограничений для распространения звука сведено до минимума. (Обычно это означает, что такие объекты или барьеры находятся на значительном удалении от места проведения испытаний и не дают отражения звука и/или защищены звукопоглощающими материалами.) Точные данные по измерению шума также требуют, чтобы микрофон размещался за пределами «ближнего поля».

“Ближнее поле” определяется как зона в пределах одной длины волны или 2-х кратного наибольшего расстояния источника звука, в зависимости от того, какое значение окажется больше. Измерение шума по нормам для населенных мест не следует выполнять в ближнем поле. Измерения акустического давления в «свободном поле» должны удовлетворять требованиям ТУ и производиться на расстоянии от 7 и более метров.

Измерения шума следует выполнять с использованием шумомера и октавного полосового анализатора для более детальной оценки консультантами по акустике. Микрофоны размещаются на расстоянии 7 метров от воображаемого параллелепипеда, охватывающего генераторную установку, чья граница обычно находится на длине ступни от открыто расположенных установок, и внешнего периметра звукозащитного ограждения для закрытых кожухом генераторных установок. См. технические данные по акустике в прикладном программном обеспечении для энергоустановок на CD, выпущенном для своей продукции Cummins Power Generation.

Добавляемые акустические уровни

Уровень шума в каком-то заданном месте – это сумма уровней шума от всех источников, включая шум от отражающих источников. Например, уровень шума в какой-то точке, находящейся в свободном акустическом поле и равноудаленной от двух идентичных генераторных установок, сдвигается, когда работают обе установки. Сдвигание уровня шума выражается в виде увеличения уровня шума примерно на 3 dB(A). В этом случае, если уровень шума от любой из установок измерен на уровне 90 dB(A), то можно ожидать, что при работе обеих установок уровень шума будет равен 93 dB(A).

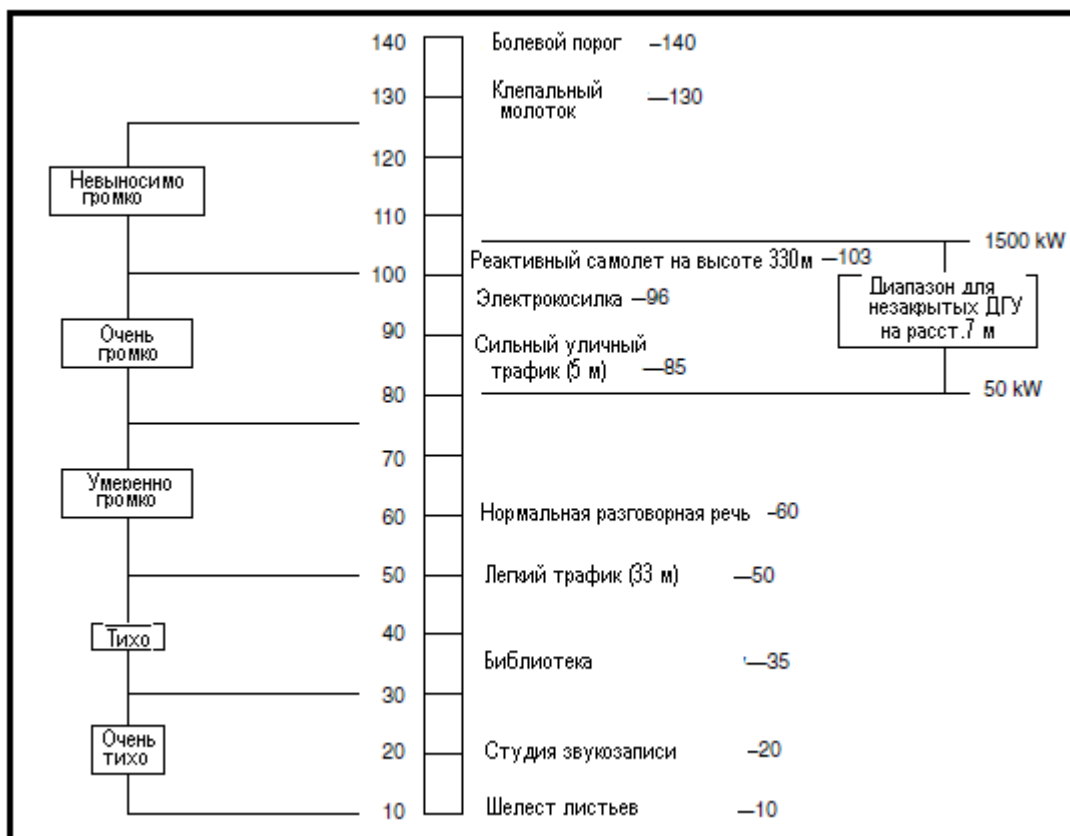


Рис. 6–71. Типовые уровни шума

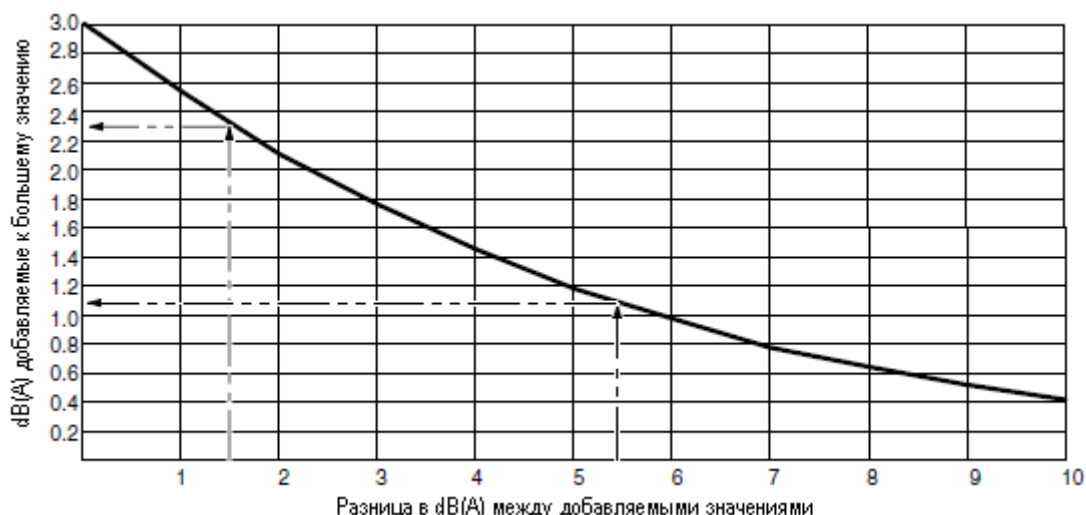


Рис. 6–72. Диаграмма значений для добавляемых уровней шума

Для оценки уровня шума, создаваемого несколькими источниками шума, можно использовать приведенную выше диаграмму (см. **Рис. 6–72**):

1. Найдём разницу в дВ(А) между двумя источниками звука (любой пары). Отмерьте это значение на горизонтальной шкале, которая показана в виде вертикальной пунктирной линии со стрелкой до ее пересечения с кривой, и далее следуя влево по горизонтальной пунктирной линии со стрелкой до ее пересечения с вертикальной шкалой. Добавьте это значение к уровню шума с большим по значению уровнем шума в дВ(А) для этой пары.
2. Повторите Этап 1 между только что полученным значением шума и следующим значением. Эту операцию необходимо повторить до тех пор, пока не будут учтены все источники шума.

Например, для того, чтобы найти уровень шума от 3-х установок со значениями 89 дВ(А), 90,5 дВ(А) и 92 дВ(А):

- Вычтем 90,5 дВ(А) из 92 дВ(А) и получим разницу в 1,5 дВ(А). Как показывает стрелка на **Рис.6–72**, этой разнице в 1,5 дВ(А) будет соответствовать значение 2,3 дВ(А), которое следует добавить к 92 дВ(А), после чего получим новое значение 94,3 дВ(А).
- Аналогичным образом вычтем 89 дВ(А) из нового значения 94,3 дВ(А) и получим разницу между ними в 5,3 дВ(А).
- Наконец, добавим соответствующее значение в 1,1 дВ(А) к 94,5 дВ(А) и определим общий уровень шума от 3-х установок = 95,6 дВ(А).

Альтернативным образом можно использовать и приведенную ниже формулу:

$$dBA_{\text{общ}} = 10 \cdot \log_{10} \left(10^{\left(\frac{dBA_1}{10} \right)} + 10^{\left(\frac{dBA_2}{10} \right)} + \dots + 10^{\left(\frac{dBA_n}{10} \right)} \right)$$

Эффект расстояния

В «свободном поле» акустический уровень падает по мере увеличения расстояния. Например, если второе измерение звука выполняется на удвоенном расстоянии от источника, то в этом случае второе показание измерительного прибора будет приблизительно на 6 дВ(А) ниже, чем показание, полученное в первой точке измерения (в 4 раза ниже). Если расстояние разделить пополам, то значение, полученное при 2-м измерении, будет примерно на 6 дВ(А) выше (в 4 раза выше). Для более общего случая, если уровень звукового давления (SPL_1) какого-то источника на расстоянии d_1 известен, то уровень звукового давления (SPL_2) на расстоянии d_2 может быть найден следующим образом:

$$SPL_2 = SPL_1 - 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{d_2}{d_1} \right)$$

Например, если уровень звукового давления (SPL₁) на расстоянии 21 метр (d₁) = 100 dB(A), то на расстоянии 7 метров (d₂) уровень звукового давления (SPL₂) будет:

$$SPL_2 = 100 \text{ dB(A)} - 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{7}{21} \right) = 100 - 20 \cdot (-0.477) = 100 + 9.5 = 109.5 \text{ dB(A)}$$

Если уровень звуковой мощности (SPWL) генераторной установки известен, то уровень звукового давления (SPL) на каком-то расстоянии в удаленном акустическом поле может быть оценен, используя следующую формулу:

$$SPL = SPWL - 20 \cdot \log_{10} (r) - 7.8$$

где r = радиус в метрах от центра генераторной установки.

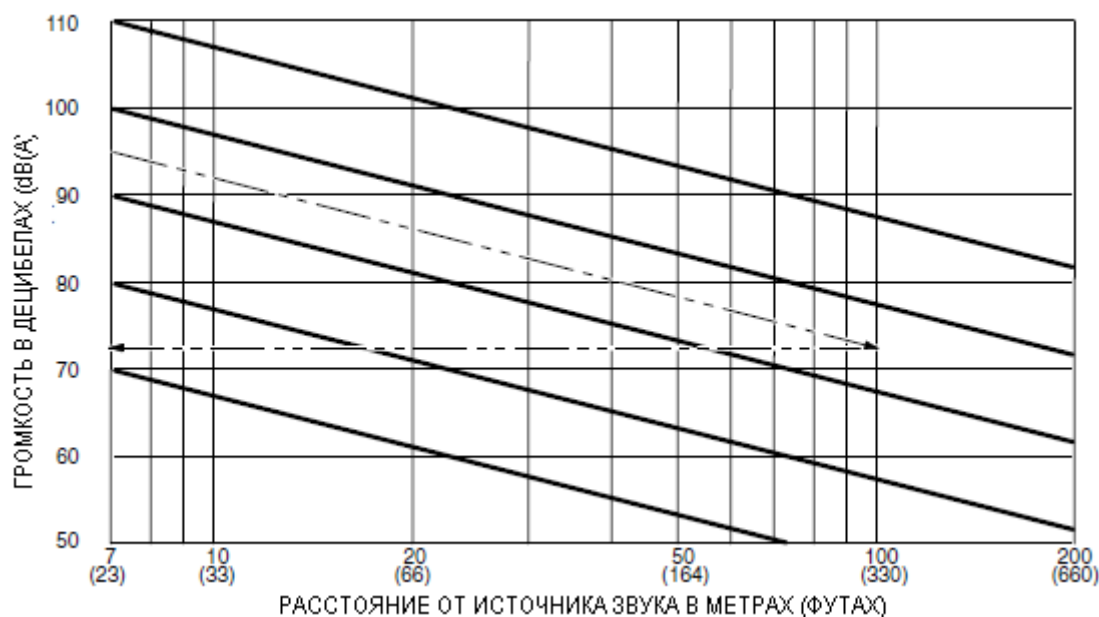


Рис. 6–73. Снижение громкости по мере увеличения расстояния (свободное поле)

Чтобы применить приведенную (выше) дистанционную формулу к опубликованным техническим данным генераторной установки производства *Cummins Power Generation*, уровень фонового шума должен быть, по крайней мере, на 10 dB(A) ниже уровня шума генераторной установки, а сам объект должен быть приближен к условиям среды свободного акустического поля.

Измерения также должны выполняться в условиях, называемых «дальним акустическим полем», которое обычно находится на расстоянии в 2 раза дальше самого крупного размера источника звука. В дальнем акустическом поле интенсивность звука падает примерно на 6 dB при удвоении расстояния, в то время как в ближнем акустическом поле распространение звука менее предсказуемо.

В качестве альтернативы формуле для оценки акустического уровня на различных расстояниях, например, к границе объекта собственности, можно использовать **Рис.6–73**. Например, как показано на диаграмме пунктирными линиями со стрелками, если номинальный уровень шума, указанный в спецификации для рекомендованной генераторной установки, составляет 95 dB(A) (на расстоянии 7 метров), то уровень шума на расстоянии 100 метров от установки будет равен приблизительно 72 dB(A).

Шум генераторной установки

Для пользования номограммой на **Рис.6–73**, прочертите линию параллельную наклонным линиям от известного значения в децибелах dB(A) на линии вертикальной шкалы к вертикальной линии для заданного расстояния. Затем проведите горизонтальную линию назад к вертикальной линии и считайте на шкале новое значение в децибелах dB(A).

Генераторные установки подвержены проблемам, связанным с уровнями шума из-за характерных для генераторных установок высоких уровней шума, возникающих при работе установок. Нормативные требования и стандарты введены для того, чтобы защитить владельцев или пользователей собственности от отрицательного воздействия шума, создаваемого их имуществом.

В общем, требуемые уровни шума в жилом секторе находятся в пределах от 45 до 60 децибел в зависимости от времени суток, в то время как уровни шума от незащищенной генераторной установки могут приближаться к 100 dB(A). Шум работающей генераторной установки может усиливаться из-за условий на объекте, или когда уровень шума окружающей среды, существующий на объекте, может не давать возможности для генераторной установки удовлетворять требуемым уровням шума. (Чтобы точно измерить уровень шума любого источника уровень шума такого источника должен быть на 10 децибел громче, чем фон среды, окружающей этот источник.)

Уровень шума, создаваемый генераторной установкой на объектах собственности, предсказуем, если генераторная установка смонтирована в среде *свободного акустического поля*. В таком месте нет отражающих стен, которые могут усиливать шум от генераторной установки, а уровень шума согласуется с правилом «снижения на 6 dBA при удвоении расстояния». Если же объект собственности находится в пределах *ближнего акустического поля*, то уровень шума может быть непредсказуем. Среда ближнего поля – это измерение, сделанное в пределах двух наибольших размеров источника звука.

Отражающие стены и другие твердые поверхности усиливают интенсивность шума, который может восприниматься окружающими. Например, если генераторная установка находится рядом со стеной с твердой поверхностью, то уровень шума, перпендикулярный стене, будет примерно в два раза выше ожидаемой от установки силы звука в среде свободного акустического поля (т.е. генераторная установка, работающая с уровнем шума 68 dBA, будет иметь рядом с отражающей стеной уровень шума в 71 dBA). Размещение генераторной установки в углу еще больше усилит воспринимаемый уровень шума.

Местные нормы по ограничению шума часто вводятся из-за жалоб, но высокая стоимость работ по модернизации места размещения установки на объекте в целях снижения шума, создает хорошие предпосылки для оценки требований к шуму на ранних этапах проектирования, чтобы предусмотреть применение наиболее эффективных средств по снижению шума.

Репрезентативные данные по внешнему шуму можно найти в **Таблице 2-2**

Снижение шума, создаваемого конструкцией

Вибрирующие конструкции создают в окружающем воздухе волны звукового давления (шум). Соединения с генераторной установкой могут вызывать вибрации в конструкции здания, а следовательно и шума. Обычно к ним относятся анкерные болты, крепящие подмоторную раму, выпускной воздуховод радиатора, трубопроводы тракта выпуска отработанных газов и системы охлаждения, топливные линии и защитные короба для электропроводки. Кроме того, стены кожуха генераторной установки могут вибрировать и создавать шум. На **Рис. 6–1** показаны пути по минимизации шума от конструкций за счет применения виброизоляторов.

Монтаж генераторной установки на виброизоляторах пружинного типа эффективно снижает влияние вибраций. Практика по применению виброизоляторов дана в начале этого Раздела.

Гибкие соединения с трубой тракта выпуска, воздуховодами, топливными магистралями и трубами системы охлаждения (в системах с вынесенным радиатором или теплообменником) и коробами для электропроводки эффективно снижают влияние вибраций. Все генераторные установки требуют применения гибких соединений, связывающих внешние системы с генераторной установкой.

Снижение шума в воздушной среде

Шум в воздушной среде может иметь направленный характер, который обычно очень явно прослеживается в верхней части частотного диапазона.

- Самое простое решение – это направить источник шума, например, радиатор или выхлопной тракт, в сторону от возможного нахождения людей. Например, направьте шум вертикально с таким расчетом, чтобы находящиеся на уровне земли люди не попадали в зону, куда направлен звук.

- Для блокирования шума эффективны барьеры на уровне глаз. Наилучшими материалами для таких барьеров являются бетон, бетонные блоки или кирпич. Следует не допускать появления каналов для звука через трещины в дверях или стенах помещения (или кожухах), где могут быть места доступа для выхлопных газов, топлива или электропроводки.
- Для выстилки воздуховодов и укрытия стен и потолков могут использоваться звукопоглощающие материалы. Кроме того, создание в трактах направлений для шума через колено под 90 град. снижает шум в высокочастотном диапазоне. Очень эффективным может быть направление шума к стене, покрытой звукопоглощающим материалом. Стекловолокно или пена могут быть пригодны для этой цели с учетом таких факторов, как стоимость, доступность, эстетичность и поддержание чистоты. Следует обращать внимание на выбор материалов, которые стойки к воздействию масел и других загрязняющих веществ от двигателя.
- Ограждение из бетонных блоков является отличным барьером для любого шума. Блоки могут заполняться песком, чтобы увеличить массу стены, увеличивая тем самым ее шумопоглощающие свойства.
- Для ограничения воздушного потока и переноса источника шума от вентилятора охлаждения радиатора в такое место, которое в наименьшей степени воспринимается окружающими людьми, можно использовать установки с вынесенными радиаторами. Такие установки можно оснащать низкооборотными вентиляторами, которые минимизируют шум.

Звукозащитные ограждения (навесы)

Генераторные установки, которые монтируются на открытом воздухе, могут оснащаться интегральными звукозащитными ограждениями. Такие ограждения создают закрытое пространство вокруг генераторной установки и эффективно снижают уровень шума, создаваемого машиной.

В общем, стоимость ограждения напрямую зависит от требуемого уровня акустической защиты. Таким образом, чем выше требуемый уровень акустической защиты, тем выше стоимость такого ограждения. На практике не является чем-то необычным, что стоимость такого укрытия сопоставима со стоимостью генераторной установки, для которой такое укрытие проектируется.

Следует также признать, что использование высокоэффективных звукозащитных средств может быть ценой с точки зрения рабочих характеристик генераторной установки. Испытания звукозащищенных генераторных установок должно проводиться для оценки эффективности системы вентиляции и нагрузочной производительности.

***ПРИМЕЧАНИЕ:** Следует уделять внимание при сравнении номинальных параметров системы охлаждения, т.к. эти параметры основываются на температуре окружающей среды, а не температуре воздуха на радиаторе. Номинальный параметр воздуха на радиаторе ограничивает температуру воздушного потока, поступающего на радиатор, и не дает рост температуры воздуха из-за того, что от двигателя и генератора излучается тепловая энергия. Системы, нормированные на температуре среды, являются причиной этого роста температуры для охлаждающих способностей системы охлаждения.*

Работа глушителя системы выпуска

Генераторные установки почти всегда предусматривают применение глушителя в тракте выпуска отработавших газов, чтобы снизить создаваемый машиной шум. Глушители выпускаются с широким выбором по типу, компоновке и используемых материалов.

Глушители обычно классифицируются по группам как глушители камерного типа или устройства спирального типа. Глушители камерного типа по своей конструкции могут быть более эффективными, но устройства спирального типа по своим габаритам зачастую бывают меньшего размера и пригодны для практического применения.

Глушители могут изготавливаться из холоднокатаной или нержавеющей стали. Глушители из холоднокатаной стали менее дорогостоящи, но более восприимчивы к коррозии по сравнению с изделиями из нержавеющей стали. Для установок, где глушитель монтируется внутри помещения и защищен изолирующим материалом для ограничения теплового излучения, применение глушителя из нержавеющей стали не дает каких-либо ощутимых преимуществ.

Глушители могут выпускаться в следующих конфигурациях:

- с точками входа и выхода на обоих торцах; возможно наиболее распространенная конфигурация.
- С боковым входом и торцевым выходом; часто используется для генераторных установок, чтобы снизить требования по высоте потолка.

- С двойным боковым входом и торцовым выходом; используются для V-образных двигателей, чтобы исключить необходимость в выхлопном коллекторе и минимизировать требования по высоте потолка.

Глушители выпускаются с различной степенью шумоподавления, которые обычно подразделяются на глушители «промышленного» назначения, «жилого сектора» и «нормирующие». Для применений, требующих очень низких уровней шума, имеются глушители для больниц.

ПРИМЕЧАНИЕ: Шум от системы выпуска генераторной установки может быть не самым беспокоящим источником шума для окружающих. Если шум механического характера значительно выше, чем шум от системы выпуска, то выбор более эффективного по своим рабочим характеристикам глушителя может и не улучшить шумовой фон на объекте, где эксплуатируется генераторная установка.

В целом, наиболее эффективным будет тот глушитель, который подавляет шум системы выпуска чем выше уровень сопротивления в системе выпуска двигателя. Для протяженных выпускных трактов сам тракт будет обеспечивать некоторый уровень шумоподавления.

Шумоподавление типовых глушителей:

Промышленные глушители: 12–18 dBA

Глушители для жилого сектора: 18–25 dBA

Нормирующие глушители: 25–35 dBA

Глушители для больниц: 32–42 dBA

Конструкция комнаты с оборудованием

Общие положения

Генераторные установки следует монтировать в соответствии с указаниями от изготовителя генераторной установки и соблюдением применимых норм и стандартов.

Общие рекомендации по конструкции помещения:

- Большинство генераторных установок потребует доступа для обслуживания по обеим сторонам двигателя, а также к системе управления и задней части генератора. Местные электротехнические нормы могут потребовать оговоренного рабочего пространства для электрического оборудования, но в целом такое рабочее пространство должно позволять доступ к обеим сторонам и задней части установки, равный ширине генераторной установки.
- Местоположение топливной системы или элементов коммутационно-распределительной аппаратуры может потребовать дополнительного рабочего пространства.
- Следует также предусмотреть доступ в генераторную комнату (или наружному ограждению), который позволяет демонтировать самые крупногабаритные узлы оборудования (почти всегда к ним относится двигатель). Доступ может обеспечиваться либо через широкие дверные проемы или через снимаемые входные и выходные воздушные заслонки. Идеальная конструкция будет позволять перенос в помещение всей комплектной генераторной установки.

Установка, смонтированная на крыше

Монтаж генераторных установок на крыше здания становится все более общепринятой практикой. Такие установки могут успешно работать, если конструкция здания способна выдержать вес генераторной установки и связанного с ней вспомогательного оборудования. К общим преимуществам и недостаткам таких установок относятся:

Преимущества

- Неограниченная вентиляция для системы.
- Отсутствие (или малая потребность) для вентиляционных каналов.
- Короткий тракт системы выпуска отработанных газов.
- Сниженные проблемы по шуму (все же могут потребовать применения звукозащитного ограждения).
- Сниженные ограничения в пространстве.
- Генераторная установка изолирована от нормального обслуживания для лучшей надежности системы.

Недостатки

- Конструкция крыши может потребовать усиления для надежной опоры генераторной установки.
- Подъем оборудования на крышу здания может быть дорогостоящим (использование крана или разборка оборудования)
- Нормативные ограничения
- Увеличенная протяженность кабельных линий
- Ограниченное снабжение генераторной установки топливом (возможно и возврат топлива в бак), линии которых должны идти через здание.
- Повышенные трудности при обслуживании генераторной установки.

ПРИМЕЧАНИЕ: Даже если генераторная установка смонтирована на крыше здания, то внимание должно быть сосредоточено на выпускном тракте двигателя, избегая попадания загрязнений через входные воздушные каналы внутрь здания или прилегающие к нему строения.

Рекомендуется, чтобы для генераторных установок, которые имеют ограничения по доступу для обслуживания, были предусмотрены соединения с нагрузочной батареей в системе распределения здания. Это позволит временно подключать нагрузочные батареи в удобном для этого месте. В противном случае трудности в подключении к нагрузочной батарее могут затруднить или даже не позволить выполнить полноценные испытания генераторной установки.

Раздел 7

Приложения

СОДЕРЖАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ «А»

ПРИЛОЖЕНИЕ «А»	A-3
Выбор размера генераторных установок по программе <i>GenSize™</i>	A-3
Обзор	A-3
Области применения	A-3
Установка программы <i>Power Suite</i>	A-4
Проектные параметры	A-4
Число генераторных установок, работающих в параллель	A-4
Минимальная нагрузка и мощность генераторной установки	A-5
Максимальное падение напряжения (пусковое и пиковое)	A-5
Максимальное падение частоты	A-5
Высота и температура окружающей среды	A-6
Акустическая защита	A-6
Максимальный рост температуры генератора	A-6
Топливо	A-6
Частота	A-6
Фаза	A-6
Нагрузочная категория	A-6
Напряжение	A-7
Ввод нагрузок	A-7
Определение терминов	A-7
Требования к рабочей нагрузке (Индивидуальная работа при установившейся нагрузке)	A-8
Нагрузочные требования при запуске (пуск индивидуальной нагрузки)	A-8
Требования к нагрузке на переходных режимах (суммируемая нагрузка на каждом этапе применения нагрузки)	A-8
Требования к броскам нагрузки на переходных режимах (суммируемая нагрузка для всех нагрузок, требующих произвольной эксплуатационной пиковой мощности)	A-8
Подробный расчет нагрузки	A-9
Расчет нагрузки осветительных систем	A-9
Расчет нагрузки для кондиционеров	A-9
Расчет нагрузки для зарядных устройств батарей	A-10
Расчет нагрузки для визуализирующего медицинского оборудования	A-10
Расчет нагрузки для электродвигателей	A-10
Расчет нагрузки для пожарных насосов	A-11
Расчет нагрузки для систем бесперебойного питания	A-12
Расчет других видов нагрузки	A-13
Расчет нагрузки для сварочных агрегатов	A-13
Расчет нагрузки для общих розеток	A-13
Расчет нагрузки, определяемой пользователем	A-13
Постатный ввод нагрузок	A-14
Рассмотрение нагрузочного этапа	A-15
Указания по очередности этапов	A-15
Рекомендации и отчеты	A-15
Номинальная мощность в кВт источника резервного (основного) питания на объекте	A-16
Номинальная максимальная мощность в кВт генератора на объекте (Рост температуры)	A-16
Номинальная максимальная мощность в кВА генератора на объекте (Рост температуры)	A-16

Номинальная максимальная (пусковая) мощность на объекте в SkW и SkVA	A-19
Рост температуры при полной нагрузке	A-19
Возбуждение	A-19
Отчеты	A-21

ПРИЛОЖЕНИЕ «А»

Выбор размера генераторных установок по программе GenSize™

Обзор

GenSize™ - это прикладная программа (имеющаяся на CD диске Power Suite (Комплект для энергетиков), выпущенная фирмой Cummins Power Generation) для определения требуемого размера (мощности) генераторных установок, применяемых в качестве резервных или основных источников электропитания. Вся информация, необходимая для заказа генераторной установки соответствующей конфигурации, включена в рекомендации, подготовленных в этом программном обеспечении.

На CD диске под названием Library (Библиотека), входящая в комплект Power Suite CD, Вы можете также увидеть и распечатать подборку информации об изделии, необходимую для правильного проектирования полной системы генераторной установки. Информация на Library CD включает в себя: Справочные листки со спецификацией генераторной установки, информация по технической поддержке (данные генератора, данные по выбросам генераторной установки, акустические данные генераторной установки, обзор по испытаниям прототипа генераторной установки) и наиболее важные графические документы (габаритные чертежи, диаграммы, монтажные схемы, а также вспомогательные чертежи по установке).

С помощью прикладной программы GenSize Вы сможете создавать, сохранять, воспроизводить, изменять и удалять информацию по тому или иному проекту. Информацию по нагрузке можно скопировать и вставить в соответствующие места проекта или проектов, если идет разработка по нескольким проектам. Программа GenSize обрабатывает информацию по большинству типов нагрузки, включая различные типы освещения, высоковольтные системы, зарядные устройства батарей, системы бесперебойного питания, электродвигатели, пожарные насосы и общие нагрузки. Для пользователей, желающих ввести характеристики какой-то специфической нагрузки, имеется выделенное для этих целей место. Программа GenSize правильно управляет циклическими нагрузками, нагрузками сварочных агрегатов и медицинского визуализирующего оборудования (где происходят выбросы нагрузки после пуска всех нагрузок, а не только в ходе первоначального запуска).

ПРИМЕЧАНИЕ: Когда используется программа GenSize как базис по выбору размера генераторной установки от иного поставщика, а не Cummins Power Generation, то следует помнить, что сопоставимые по номинальной электрической мощности установки могут не подходить для данной области применения из-за различия в рабочих характеристиках. В таких случаях проектировщик энергосистемы может снизить риск, выбирая генераторную установку с аналогичным по значению ростом температуры генератора, генератором на единицу сверхпереходного реактивного сопротивления, гармониками и переходной характеристикой регулятора.

Помимо того, что это программное средство служит для просмотра эксплуатационных данных генераторной установки, GenSize включает в себя удобный для пользователя графический интерфейс для ввода информации о нагрузках, прилагаемых на генераторную установку, очередности пусковых этапов нагрузок и параметров для самой генераторной установки. Хотя по программе GenSize нет отдельного руководства, но его справочные файлы, ориентированные на контекст, будут достаточны для правильной работы программы.

Области применения

В рамках комплекта для энергетиков Power Suite имеются 4 прикладные программы: GenSize (Размер генераторной установки), Library (Библиотека), GenCalc (Расчет генераторной установки) и GenSpec (Спецификация генераторной установки).

В программе GenSize (Размер генераторной установки), в левой части экрана отображается весь проект в целом, а в правой части экрана показано содержание любого из элементов расчетной схемы, выбираемый из левой части экрана. Это является сердцевинной данной программы, где вводятся и определяются нагрузки и их очередность.

Прикладная программа Library (Библиотека) позволяет пользователю ознакомиться с ТУ и данными изделия, чертежами и другой уместной информацией для ее ввода в отчет по проекту. Доступ в Библиотеку - через диск CD. Для удобства пользователя содержание Библиотеки может быть скопировано на жесткий диск персонального компьютера.

Прикладная программа GenCalc (Расчет генераторной установки) включает Калькулятор кривой затухания для генераторов, используемых на генераторных установках Cummins. В этой программе предусмотрены будущие области применения для оценки топливной системы и системы выпуска, а также же других важных эксплуатационных факторов.

Прикладная программа *GenSpec* (Спецификация генераторной установки) содержит документы в текстовом формате *Word*, представляющие собой образцы спецификаций для генераторных установок, оборудования для параллельной работы и коммутационно-распределительных устройств (КРУ). Дополнительную информацию по данным прикладным программам можно найти в Справочных файлах (Help) программы *GenSize*.

Установочная программа комплекта *Power Suite*

Вставьте диск *Power Suite* в дисковод CD-ROM и следуйте за указаниями по установке данного программного обеспечения, отображаемые на экране компьютера, или выберите функцию *Start/Run* (Пуск/Работа) на рабочем столе *Windows*, найдите дисковод CD ROM и запустите файл *Setup.exe*. Программа *GenSize* предназначена для работы на платформах операционной системы *Windows NT, 95, 98* или *2000*. Функция браузера для диска *Library CD* оптимизирована для *Internet Explorer 5.0* и *Adobe Acrobat 4.0* (входящих в программу на CD). После завершения установки на экране компьютера появится диалоговое окно *New Project* (Новый проект) – Сделайте выбор на *New Project*.

Проектируемые параметры

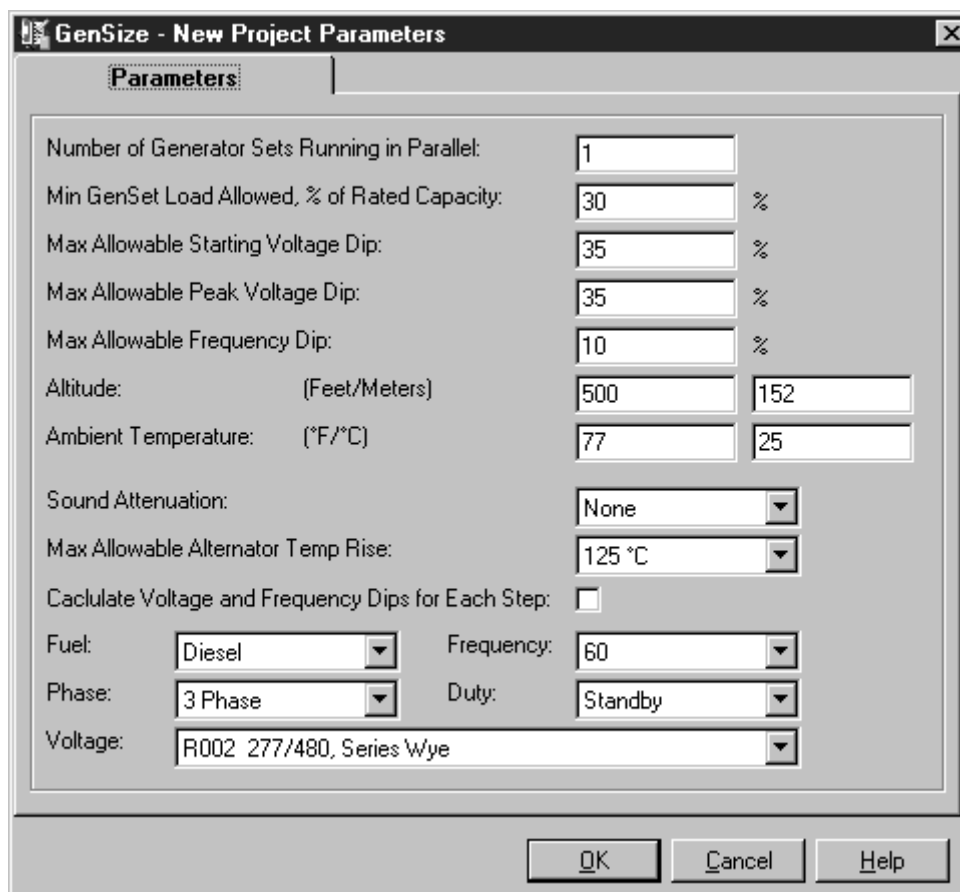
Первый этап по выбору размера генераторной установки с приводом от двигателя заключается в установке проектных параметров. Как минимум, генераторная установка должна быть такого размера, чтобы удовлетворять эксплуатационным требованиям по максимальной нагрузке в установившемся режиме для подключаемого к ней нагрузочного оборудования.

Чтобы задать проектируемые параметры по умолчанию надо выбрать *Projects* (Проекты) из панели инструментов в верхней части экрана, затем *New Project Default Parameters* (Параметры нового проекта по умолчанию) в нижней части спускающегося меню. На появившемся диалоговом окне (см. **Рис.А-1**) отображаются Параметры нового проекта, которые применимы для всех новых проектов и могут быть изменены с учетом Ваших предпочтений. Проектируемые параметры для одиночного или уже существующего проекта могут быть изменены без корректировки параметров по умолчанию путем выделения названия проекта, а затем выбора *Projects* (Проекты), *Edit* (Редактирование), и, наконец, табуляции параметров.

Следуйте за объяснениями проектируемых параметров и вводов по умолчанию, приведенных в диалоговом окне.

Число генераторных установок, работающих в параллель

Значение по умолчанию - 1. Если общая нагрузка выше, чем мощность одиночной генераторной установки, то введите число 2, 3 или то, которое требуется. Если общая нагрузка превышает 1000 кВт, то для увеличения надежности и эксплуатационной гибкости системы предпочтительнее использовать несколько генераторных установок, работающих в параллель. Когда общая нагрузка составляет 300 кВт или ниже, то исходя из экономических соображений менее эффективно использовать несколько параллельно работающих установок, хотя это вполне достижимо с технической точки зрения.



Number of Generator Sets Running in Parallel:	1	
Min GenSet Load Allowed, % of Rated Capacity:	30	%
Max Allowable Starting Voltage Dip:	35	%
Max Allowable Peak Voltage Dip:	35	%
Max Allowable Frequency Dip:	10	%
Altitude: (Feet/Meters)	500	152
Ambient Temperature: (°F/°C)	77	25
Sound Attenuation:	None	
Max Allowable Alternator Temp Rise:	125 °C	
Calculate Voltage and Frequency Dips for Each Step:	☐	
Fuel:	Diesel	Frequency: 60
Phase:	3 Phase	Duty: Standby
Voltage:	R002 277/480, Series Wye	

Рис. А-1. Диалоговое окно с новыми проектируемыми параметрами генераторной установки

Минимальная нагрузка/мощность генераторной установки

Работа генераторной установки с малой нагрузкой может нанести ущерб двигателю и снизить надежность генераторной установки. Фирма *Cummins Power Generation* не рекомендует работу генераторных установок, когда на них прикладывается нагрузка менее 30% номинальной нагрузки – это и будет значением по умолчанию в программе *GenSize*. Для добавления дополнительной нагрузки к регулярным нагрузкам, когда та падает ниже рекомендованного уровня, необходимо использовать нагрузочные батареи. Генераторная установка не должна работать с нагрузкой менее 10% номинального значения мощности в течение длительного периода времени.

Максимальное падение напряжения (пусковое и пиковое)

Если Вы снижаете максимально допустимое падение напряжения при первоначальном запуске или когда нагрузки имеют цикличность при автоматическом управлении, или имеют большие выбросы напряжения, то размер генераторной установки увеличивается. Выбор более низкого по значению допустимого падения напряжения приводит к применению более крупной генераторной установки. Однако когда допустимое падение напряжения выставлено со значением более 40%, то это может привести к отказу в работы реле и контакторов. Максимальное падение напряжения по умолчанию для генераторных установок составляет 35%.

Максимальный уход частоты

Если Вы снижаете значение максимально допустимого ухода частоты, то Вы увеличиваете размер рекомендованной генераторной установки. Поскольку генераторная установка является источником ограниченной мощности (по сравнению с централизованной коммунальной электросетью), то в процессе переходных нагрузочных процессов будут происходить колебания напряжения и частоты. Генераторная установка должна быть такого размера, чтобы ограничить такие колебания до приемлемого уровня и обеспечить нормальную работу под нагрузкой. Максимально допустимый уход частоты по умолчанию для генераторных установок составляет 10%, но его, возможно, придется выставить на более низкий уровень, когда имеются нагрузки, чувствительные к частоте, например, в системах бесперебойного энергоснабжения (UPS).

Высота и температура окружающей среды

Основываясь на географическом положении, размер генераторной установки, который рекомендует эта прикладная программа, может быть увеличен для заданного уровня ее производительности по мере увеличения высоты и/или температуры среды. Значениями по умолчанию являются: высота 152 м над уровнем моря и температура среды 25°C.

Звукопоглощение

Установки значения по умолчанию нет. Однако может быть выбрана генераторная установка для тихого объекта. Установки для тихих объектов включают в себя глушители системы выпуска, кожух из стального листа со звукопоглощающей изоляцией и/или заслонки в каналах впуска и выпуска воздуха. Для данной конфигурации пригодны не все модели. Когда выбирается параметр Звукопоглощение, то рекомендации программы GenSize будут ограничены дополнительными стандартными опциями, которые имеются на заводе-изготовителе генераторной установки. Однако Вы можете проконсультироваться у своего местного дистрибьютора по вопросам поставки звукозащитных средств.

Максимальный рост температуры генератора

Для обмоток генератора может быть задан максимально допустимый рост температуры над температурой среды 40°C. Программа GenSize даст рекомендации по комбинациям «двигатель-генератор», которые ограничивают рост температуры генератора к заданному значению температуры, когда питается заданное число подключенных нагрузок. Это может потребовать использования генератора с более низким уровнем роста температуры для установок со значительным числом нелинейных нагрузок, где требуются улучшенные пусковые характеристики электродвигателей, или для установок основного электропитания. Значение температуры по умолчанию 125°C. Помните о том, что когда Вы выбираете генератор с более низким значением роста температуры, то это может потребовать применения более крупной генераторной установки.

Топливо

Вид топлива по умолчанию – дизельное. К другим видам топлива относятся природный газ или газ на основе сжиженного пропана. Доступен выбор «Любое топливо», которое позволяет программе GenSize сравнить рабочие характеристики всех доступных видов топлива.

Примечание: Если требуются генераторные установки на газообразном топливе мощностью более 150/140 кВт, то следует проконсультироваться с дистрибьютором.

Частота

Укажите требуемую рабочую частоту. Генераторные установки выпускаются в конфигурациях на 50 Гц и 60 Гц. Значение по умолчанию 60 Гц.

Количество фаз

Генераторные установки могут быть либо однофазными или 3-х фазными. Уставка по умолчанию – 3-х фазная. При выборе однофазной установки разрешаются только однофазные нагрузки. Выбор однофазной установки также ограничивает число имеющихся моделей, поскольку большие генераторные установки не выпускаются с однофазными генераторами. Выбор по умолчанию 3-х фазной установки позволяет прикладывать к ней однофазные нагрузки, но программа GenSize при этом предполагает, что однофазные нагрузки будут равномерно распределены между фазами.

Нагрузочный режим

Программа GenSize дает рекомендации на основе 2-х категорий генераторных установок – резервного или основного электропитания, с дефорсировкой применительно к условиям электроснабжения объекта. Уставка по умолчанию – Резервный источник питания. Подробное обсуждение и иллюстрация по каждой категории приведено в разделе Предварительное проектирование.

Система резервного электропитания – это независимая система, которая подает электропитание на тот или иной объект в случае выхода из строя нормального источника электроснабжения. (Здесь имеется в виду, что генераторная установка разобщена от внешней коммунальной электросети). Категория установок резервного питания применима для аварийного электроснабжения в течение некоторого промежутка времени, характерного для обычного отключения питания от основного источника. Для этой категории генераторных установок не предусмотрена возможность для перегрузок.

Система основного энергопитания – это независимая система, подающая питание на тот или иной объект вместо энергии, приобретаемой от коммунальной коммерческой электросети. (Имеется в виду, что генераторная установка разобщена от коммунальной службы или если она недоступна.) Эта категория рассчитана на имеющуюся максимальную мощность для переменной нагрузки в течение неограниченного количества моточасов.

По британскому стандарту BS 5514 и немецкому стандарту DIN 6271 способность к перегрузке для генераторных установок основного питания ограничена до 10%. Не всякая конфигурация генераторной установки способна работать в качестве основного источника питания.

Когда несколько генераторных установок подключены в параллель с коммунальной электросетью в течение продолжительного времени, то они не должны работать с превышением номинальной базовой нагрузки. Как правило, номинальная базовая нагрузка генераторной установки значительно ниже ее номинальной мощности как основного источника питания. Коэффициенты использования базовой нагрузки для генераторных установок можно узнать на заводе-изготовителе или у своего местного дистрибьютора фирмы *Cummins Power Generation*.

Напряжение

Выбор имеющихся напряжений – это функция от выбранной частоты. Значения по умолчанию: 277/480 В по схеме соединения «звезда».

Ввод нагрузок

Следующим и самым важным этапом в размерности генераторной установки является определение типа и величины каждой из нагрузок, подключаемых к установке. Как и большинство операций, выполняемых в программе *GenSize*, нагрузки могут вводиться в систему либо из меню *Проекты*, *Добавить Новую Нагрузку*, либо от иконок на панели *Инструменты*. После выбора типа нагрузки на экране появится форма для ввода нагрузки. Форма для каждого типа нагрузки будет открываться со значением нагрузочной характеристики по умолчанию, и все эти значения можно изменять. Введите в систему всю требуемую информацию. Если Вы не уверены в каком-либо из пунктов, то для получения объяснений щелкните на значок *Помощь* в онлайн-режиме. После ввода каждого типа нагрузки они появятся в левой части экрана в виде списка под проектом, над которым Вы работаете. Выбирая одну из нагрузок в таком списке (щелкнув на нее мышью), в правой части экрана появятся эксплуатационные характеристики этой нагрузки. Дважды щелкнув на иконку *Нагрузка* на экране откроется окно с формой ввода нагрузки для этого типа нагрузки, откуда Вы можете редактировать нагрузку. Следующая информация служит для оказания Вам помощи в понимании параметров нагрузки и объяснения способов ее расчета в программе *GenSize*.

Укажите все разнообразные типы нагрузок и их величину, которые должны подключаться к генераторной установке. Если у Вас не одна, а несколько нагрузок какой-то заданной величины и типа, то Вам потребуется ввести ее лишь один раз, если Вы не хотите, чтобы каждая из таких нагрузок имела разное описание. Количество каждого типа нагрузки может быть задано, когда Вы вводите нагрузку в этап пусковой очередности. Фирма *Cummins Power Generation* исследовала пусковые и рабочие характеристики большинства из общеупотребительных типов нагрузок и включила в программу *GenSize* значения по умолчанию для таких нагрузок. Вы можете использовать значения по умолчанию или, если Вы знаете, что характеристики Вашей нагрузки отличаются от значений по умолчанию, то измените нагрузочные характеристики. Если тип Вашей нагрузки отличается от типов, приведенных в программе *GenSize*, то для определения пусковых и рабочих требований к такой нагрузке пользуйтесь вариантом выбора *Другая нагрузка*.

На основе нагрузочных характеристик программа *GenSize* рассчитывает значения для рабочей мощности в кВт (RkW), рабочей мощности в кВА (RkVA), пусковой мощности в кВА (SkVA), пусковой мощности в кВт (SkW), пусковом коэффициенте мощности (SPF), пиковой мощности в кВА (PkVA), пиковой мощности в кВт (PkW), и рабочего тока в амперах (RAmps). Когда присутствуют нелинейные нагрузки, то может потребоваться генератор несколько большей мощности, и для такой нагрузки *GenSize* рассчитывает значение мощности генератора в кВт (AkW).

Помните, что при вводе однофазных нагрузок для 3-х фазной генераторной установки, программа *GenSize* учитывает, что нагрузки во всех 3-х фазах будут сбалансированы. В связи с этим для оценки размерности установки однофазные нагрузки преобразовываются в эквивалентную 3-х фазную нагрузку. Ток однофазной нагрузки при этом распределяется по 3 фазам, поэтому величина этого тока делится на коэффициент 1,73. Когда однофазная нагрузка вводится в 3-х фазную установку, то в форме для ввода нагрузки будет отображаться фактический ток в одной фазе, но когда нагрузка вводится в ступенчатом формате (ступенчатый формат нагрузки – это сбалансированная нагрузка, прилагаемая на генератор), где ток ступенчатой нагрузки преобразуется в эквивалентный 3-х фазный ток.

Для расчета требований к индивидуальным рабочим и пусковым нагрузкам, требований к ступенчатой нагрузке и требований выбросов нагрузки на переходных режимах в программе *GenSize* используются следующие аббревиатуры. Эти аббревиатуры представлены в формах ввода нагрузок и отчетов.

Определение терминов

Требования к рабочей нагрузке (Индивидуальная нагрузка в установившемся режиме)

- Рабочая мощность в кВА (RkVA) – рабочая нагрузка в киловольт-амперах.
- Рабочая мощность в кВт (RkW) – рабочая нагрузка в киловаттах.
- Мощность генератора в кВт(AkW) – мощность генератора для компенсации нелинейных искажений.
- Рабочий коэффициент мощности (RPF) – коэффициент мощности нагрузки при работе в установившемся режиме.
- Производительность (к.п.д.) – отношение выходной мощности к входной мощности.
- Рабочий ток в амперах (RAmps) – Рабочий ток в амперах для нагрузки или этапа.

Пусковые требования к нагрузке (Пуск индивидуальной нагрузки)

- Пусковая мощность в кВт (SkW) – пусковая нагрузка в киловаттах.
- Пусковая мощность в кВА (SkVA) – Пусковая нагрузка в киловольт-амперах.
- Пусковой коэффициент мощности (SPF) – пусковой коэффициент мощности – это коэффициент мощности нагрузки в момент, когда она первоначально задействована или запущена.

Требования к нагрузке на переходном режиме (комбинированная нагрузка на каждом этапе приложения нагрузки)

- Максимальная мощность в кВт на этапе – максимальная нагрузка этапа в кВт (т.е. сумма индивидуальных пусковых нагрузок в киловаттах (SkW) на каждом этапе.
- Максимальная мощность в кВА на этапе – максимальная нагрузка этапа в кВА (т.е. сумма индивидуальных пусковых нагрузок в киловольт-амперах (SkVA) на каждом этапе.
- Накапливаемая поэтапная мощность в кВт – максимальная поэтапная мощность в кВт, добавляемая к рабочей мощности в кВт предыдущего этапа или этапов.
- Накапливаемая поэтапная мощность в кВА – максимальная поэтапная мощность в кВА, добавляемая к рабочей мощности в кВА предыдущего этапа или этапов.
- Эффективная поэтапная мощность в кВт – это накапливаемая поэтапная мощность в кВт, умноженная на коэффициент, чтобы учесть эффект сниженной нагрузки вследствие удерживаемого снижения выходного напряжения на переходном этапе нагрузки.
- Эффективная поэтапная мощность в кВА – это накапливаемая поэтапная мощность в кВА, умноженная на коэффициент, чтобы учесть эффект сниженной нагрузки вследствие длительного снижения выходного напряжения на переходном этапе нагрузки.

Требования к переходным выбросам нагрузки (Комбинированная нагрузка для всех нагрузок, которые от случая к случаю требуют пиковой эксплуатационной мощности)

- Пиковая мощность в кВт (PkW) – внезапное увеличение мощности в кВт, требуемое какой-то циклической нагрузкой при ее пуске, или другие выбросы нагрузки, например, при работе сварочных агрегатов или медицинского визуализирующего оборудования.
- Пиковая мощность в кВА (PkVA) – внезапное увеличение мощности в кВА, требуемое какой-то циклической нагрузкой при ее пуске, или другие выбросы нагрузки, например, при работе сварочных агрегатов или медицинского визуализирующего оборудования.
- Накапливаемый выброс мощности в кВА – Пиковая мощность в кВА, добавляемая к рабочей мощности в кВА для всех других нагрузок, не имеющих выбросов.
- Накапливаемый выброс мощности в кВт – Пиковая мощность в кВт, добавляемая к рабочей мощности в кВт для всех других нагрузок, не имеющих выбросов.

- Выброс эффективной мощности в кВт – это накапливаемая пиковая мощность в кВт, умноженная на коэффициент, чтобы учесть эффект сниженной нагрузки вследствие длительного падения выходного напряжения в течение переходного выброса нагрузки.
- Выброс эффективной мощности в кВА – это накапливаемая пиковая мощность в кВА, умноженная на коэффициент, чтобы учесть эффект сниженной нагрузки вследствие длительного падения выходного напряжения в течение переходного выброса нагрузки.

Подробные расчеты нагрузки

Следующее далее описание документирует все требования по расчету индивидуальных нагрузок. Требования к рабочим нагрузкам, пусковым и пиковым выбросам рассчитываются для каждой нагрузки на основе допускаемых эксплуатационных характеристик по умолчанию, как это показано в формах ввода индивидуальной нагрузки.

Расчеты нагрузки осветительных систем

В систему можно вводить три различных вида нагрузки для осветительных систем:

Лампы дневного света – это газоразрядные лампы, где наибольший свет излучается за счет возбужденного слоя флуоресцентного материала. Те же самые нагрузочные характеристики используются и для балластных или электронных типов. Обе являются нелинейными нагрузками, но программа *GenSize* игнорирует нелинейность для этого типа нагрузки, поскольку такая нагрузка обычно составляет незначительную часть общей подключенной нагрузки.

Лампы накаливания – стандартные осветительные приборы, в которых для создания света используется нить накаливания.

Газоразрядные лампы (HID) – это лампы, которые создают свет за счет прохождения тока через пары металла, включая натриевые, галогенные и ртутные газоразрядные лампы.

RkW: Если введена рабочая мощность в кВА: $RkW = kVA \times RPF$

Если введен рабочий ток (RAmps):

- для однофазной системы ($1\varnothing$ RkW) = $RAmps \times \text{напряжение} \times RPF \div 1000$

- для 3-х фазной системы ($3\varnothing$ RkW) = $RAmps \times \text{напряжение} \times RPF \times 1,73 \div 1000$

RkVA: Если введена рабочая мощность в кВт: $RkVA = RkW \div RPF$

Если введен RAmps: $1\varnothing RkVA = (RAmps \times \text{напряжение}) \div 1000$

$3\varnothing RkVA = (RAmps \times \text{напряжение} \times 1,73) \div 1000$

RPF: Вводится рабочий коэффициент нагрузки или по умолчанию.

SkW: $SkW = RkW$ для люминесцентных ламп или ламп дневного света

$SkW = 0,75 \times RkW$ для газоразрядных (HID) ламп

SkVA: $SkVA = SkW \div SPF$

SPF: $SPF = RPF$, кроме газоразрядных ламп (HID), где значение по умолчанию $SPF = 0,85$

AkW: $AkW = RkW$

RAmps: RAmps для $1\varnothing = (RkW \times 1000) \div (\text{напряжение} \times RPF)$

RAmps для $3\varnothing = (RkW \times 1000) \div (\text{напряжение} \times RPF \times 1,73)$

Расчет нагрузки для кондиционеров

Программа *GenSize* просто преобразует тонны в лошадиные силы для определения величины нагрузки воздушных кондиционеров из расчета 2 л.с. / тонна в качестве консервативной оценки общей нагрузки для низкопроизводительных устройств. Если Вы хотите уточнить размер и знаете индивидуальные нагрузки комплектных электродвигателей в оборудовании переменного тока, то введите их по отдельности и сравните с коэффициентом заявочной потребности для тех нагрузок, которые вероятнее всего будут запускаться одновременно.

RkW $RkW = AC \text{ тонна} \times 2 \times 0,746$

RkVA $RkVA = RkW \div RPF$

RPF Введенный рабочий коэффициент мощности или по умолчанию из базы данных.

SkW Высокоинерционные $SkW = SkVA \times SPF$

Низкоинерционные $SkW = SkVA \times SPF \times 0,6$

SkVA $SkVA = \text{л.с.} \times (LRkVA/\text{л.с.}) \times SkVA \text{ коэффициент, где } LRkVA/\text{л.с.} - \text{это среднее}$

кВА/л.с. для буквенного кода электродвигателя по нормам NEMA, а коэффициент $SkVA = 1,0$ для пуска с полным напряжением, или со сниженным напряжением пусковой таблицы (см. Метод запуска с пониженным напряжением).

SPF Введенное значение или по умолчанию из базы данных по л.с. и методу запуска

Для нагрузок, которые предназначены для включения и выключения автоматического цикла:

$PkW = SkW$

$PkVA = SkVA$

AkW (не частотно-регулируемый привод (VFD) $AkW = RkW$ кроме пускателя на твердотельных элементах, где $AkW = 2,0 \times RkW$, если не используется байпасный контактор, то $AkW = RkW$)

AkW (VFD) Обычный преобразователь переменного тока: $AkW = 2,0 \times RkW$
 С широкоимпульсной модуляцией: $AkW = 1,4 \times RkW$
 Электропривод постоянного тока: $AkW = 2,0 \times RkW$

$RAmps$: $1 \emptyset = (л.с. \times 746) \div (\text{напряжение} \times \text{к.п.д.} \times RPF)$
 $3 \emptyset = (л.с. \times 746) \div (1,73 \times \text{напряжение} \times \text{к.п.д.} \times RPF)$

Расчеты нагрузки зарядных устройств

Зарядное устройство батарей – это тринисторный выпрямитель (SCR), применяемый для заряда батарей. Зарядное устройство представляет собой нелинейную нагрузку, требующую более крупного генератора.

RkW $RkW = RkVA \times RPF$

$RkVA$ $RkVA = (\text{Выходная kVA} \times \text{Ток подзарядки}) \div \text{к.п.д.}$

RPF Введенный рабочий коэффициент мощности или по умолчанию.

SkW $SkW = RkW$

$SkVA$ $SkVA = RkVA$

SPF $SPF = RPF$

AkW для 3 импульсов, $AkW = 2,5 \times RkW$
 для 6 импульсов, $AkW = 1,4 \times RkW$
 для 12 импульсов, $AkW = 1,15 \times RkW$
 С входным фильтром, $AkW = 1,15 \times RkW$

$RAmps$: $1 \emptyset = (RkVA \times 1000) \div \text{напряжение}$
 $3 \emptyset = (RkVA \times 1000) \div (\text{напряжение} \times 1.73)$

Расчеты нагрузки для медицинского визуализирующего оборудования

Программа *GenSize* рассчитывает падение пикового напряжения для работающего под нагрузкой медицинского оборудования. Это падение должно быть ограничено до 10%, чтобы обеспечить требуемое качество изображения. Если падение напряжения задано на более высокий уровень, то программа *GenSize* автоматически снизит его и уведомит Вас об этом.

Если используются несколько медицинских аппаратов, то падение пикового напряжения рассчитывается для самой большой одиночной нагрузки с учетом того, в любое время будет работать только оборудование с самой большой нагрузкой.

Помните, что программа *GenSize* предполагает, что медицинское визуализирующее оборудование не будет работать, когда производится запуск нагрузок, поэтому падение напряжение при запуске рассчитывается отдельно и разрешается превышение этого уровня более чем на 10%.

RkW Если введено $RkVA$: $RkW = RkVA \times RPF$
 Если введено $RAmps$: $1 \emptyset RkW = (RAmps \times \text{напряжение} \times RPF) \div 1000$
 $3 \emptyset RkW = (RAmps \times \text{напряжение} \times RPF \times 1,73) \div 1000$

$RkVA$ Если введено $RAmps$: $RkVA = RkW \div RPF$

RPF Введенный рабочий коэффициент мощности или по умолчанию

SkW $SkW = RkW$

$SkVA$ $SkVA = SkW \div SPF$

PkW $PkW = PkVA \times SPF$

$PkVA$ Введенный или $1 \emptyset$ $PkVA = (PAmps \times \text{напряжение}) \div 1000$
 $3 \emptyset PkVA = (PAmps \times \text{напряжение} \times 1,73) \div 1000$

SPF $SPF = SkVA \div SkW$

AkW $AkW = RkW$

$RAmps$: $1 \emptyset = (RkVA \times 1000) \div \text{напряжение}$
 $3 \emptyset = (RkVA \times 1000) \div (\text{напряжение} \times 1.73)$

Расчеты нагрузок электродвигателей

Если нагрузка электродвигателя запитывается от электропривода переменной скорости или переменной частоты или является приводом переменного тока на электродвигатель постоянного тока, то надо выбрать электропривод переменной частоты (VFD). VFD – это нелинейная нагрузка, требующая генератора более крупного размера, чтобы удовлетворять требованиям рабочей нагрузки. С другой стороны, поскольку VFD пилообразно изменяют нагрузку,

то пусковые требования будут снижены по сравнению с запущенным в линию электродвигателем. Выбрать PWM (широкоимпульсную модуляцию), если тип VFD с широко-импульсной модуляцией, который требует менее крупного генератора.

Пусковые требования электродвигателей могут быть снижены за счет приложения некоторых типов пониженного напряжения или пускателя на твердотельных элементах. Применение таких устройств может привести к использованию меньших по мощности генераторных установок, чем рекомендовано. Однако следует проявлять осторожность, когда применяется любой из таких методов запуска. Прежде всего, вращающийся момент электродвигателя – это функция приложенного напряжения, поэтому все эти методы приводят к пониженному напряжению при запуске. Такие методы пуска следует применять к нагрузкам электродвигателей с малым моментом инерции, если нельзя определить, что электродвигатель способен создать при пуске адекватный ускоряющий момент. Кроме того, эти методы запуска способны создавать очень высокие пусковые токи, когда они появляются в момент перехода от пуска к работе, если такой переходной процесс происходит до того, как электродвигатель достигнет оборотов, близких к эксплуатационной скорости вращения, что увеличивает пусковые требования. Программа *GenSize* предполагает, что электродвигатель достигает номинальной скорости вращения до этого переходного периода, не принимая в расчет потенциальные условия для возникновения пусковых токов. Если электродвигатель не достигнет оборотов, близких к номинальной скорости вращения до переходного процесса, то при применении таких пусковых устройств может произойти значительный провал по напряжению и частоте. Если нет уверенности в том, как будет реагировать Ваше пусковое устройство и нагрузка, то используйте прямой пуск электродвигателя при полном напряжении.

При прямом запуске электродвигателя выбирайте нагрузку с низким моментом инерции, если вы знаете, что нагрузка требует малого вращающегося момента на низких оборотах. Это снизит пусковые требования по электрической мощности для генераторной установки и может привести к использованию генераторной установки меньшей мощности. К нагрузкам с малым моментом инерции относятся центробежные вентиляторы и насосы. Если нет уверенности, то выбирайте нагрузку с высоким моментом инерции (т.е. оставьте без выбора вариант с малым моментом инерции).

RkW Если введена мощность в л.с.(HP): $RkW = (HP \times 0,746) \div \text{рабочий к.п.д.}$

Если введена мощность в кВт: $RkW = kW \div \text{рабочий к.п.д.}$

Если введен Ramps: $1\phi RkW = (Ramps \times \text{напряжение} \times RPF \times \text{к.п.д.}) \div 1000$

$3\phi RkW = (Ramps \times \text{напряжение} \times RPF \times \text{к.п.д.} \times 1,73) \div 1000$

RkVA Если введено RkW: $RkVA = RkW \div RPF$

RPF Введенный рабочий коэффициент мощности или по умолчанию из база данных

SkW SkW с высоким моментом инерции = $SkVA \times SPF$

SkW с низким моментом инерции = $SkVA \times SPF \times 0,6$

SkVA $SkVA = HP \times (LRkVA/HP) \times \text{коэффициент } SkVA$, где LRkVA/HP – это средняя kVA/HP для электродвигателя с буквенным кодом по стандарту NEMA, и коэффициент SkVA 1,0 для полного пускового напряжения или из пусковой таблицы пониженного напряжения (см. Метод пуска с пониженным напряжением).

SPF Как введено или значение по умолчанию из базы данных на основе л.с.(HP) и метода пуска.

Для нагрузок, которые предназначены для включения и выключения автоматического цикла:

PkW $PkW = SkW$

PkVA $PkVA = SkVA$

AkW (без VFD) $AkW = RkW$ кроме пускателя на твердотельных элементах, где $AkW = 2.0 \times RkW$, если не используется байпасный контактор, то $AkW = RkW$

AkW (VFD) обычный преобразователь переменного тока: $AkW = 2.0 \times RkW$

С широкоимпульсн.модул.: $AkW = 1.4 \times \text{привод пост.тока (RkWDC): } AkW = 2.0 \times RkW$

Ramps: $1\phi Ramps = (HP \times 746) \div (\text{напряжение} \times \text{к.п.д.} \times RPF)$

$3\phi Ramps = (HP \times 746) \div (1.73 \times \text{напряжение} \times \text{к.п.д.} \times RPF)$

Расчеты нагрузки пожарных насосов

Программа *GenSize* определит размер генератора, ограничивающий падение пикового напряжения до 15%, когда запускается пожарный насос при всех других нагрузках, работающих без выбросов. Это должно удовлетворять нормативным противопожарным требованиям в Северной Америке. Генераторная установка не должна быть такого размера, чтобы обеспечивать мощность в кВт заторможенного ротора пожарного насоса на неопределенное время. Это бы привело к увеличению размера генераторной установки, что может усложнить ее обслуживание и надежность.

Там, где для запуска электродвигателя пожарного насоса используется пускатель пониженного напряжения, то пользователь должен рассматривать размерность установки для прямого пуска, поскольку контроллер пожарного насоса включает в себя либо ручные механические средства, ручные электрические средства или автоматические средства, чтобы сделать прямой запуск в случае отказа контроллера. Программа *GenSize* не будет препятствовать использованию пускателей с пониженным напряжением, однако:

- RkW** Если введена мощность в л.с. (HP): $RkW = HP \times 0,746 \div \text{рабочий к.п.д.}$
 Если введена мощность в кВт (kW): $RkW = kW \div \text{рабочий к.п.д.}$
 Если раб. ток (RAmps): $1\emptyset RkW = (RAmps \times \text{напряжение} \times RPF \times \text{к.п.д.}) \div 1000$
 $3\emptyset RkW = (RAmps \times \text{напряжение} \times RPF \times \text{к.п.д.} \times 1,73) \div 1000$
- RkVA** $RkVA = RkW \div RPF$
- RPF** Введенный рабочий коэффициент мощности или по умолчанию из базы данных.
- SkW** С высоким моментом инерции $SkW = SkVA \times SPF$
 С низким моментом инерции $SkW = SkVA \times SPF \times 0,6$
- SkVA** $SkVA = HP \times (LRkVA/HP) \times \text{коэффициент SkVA}$, где $LRkVA/HP$ – это среднее значение kVA/HP для буквенного кода мотора по нормам NEMA, а коэффициент $SkVA = 1,0$ для пуска с полным напряжением или с пониженным пусковым напряжением из таблицы (см. метод запуска с пониженным напряжением)
- SPF** Введенное значение или значение по умолчанию из базы данных, основанное на л.с. и способе запуска.
- PkW** $PkW = SkW$
- PkVA** $PkVA = SkVA$
- AkW** (без VFD) $AkW = RkW$ кроме пускателей на твердотельных элементах, где $AkW = 2,0 \times RkW$, если не используется байпасный контактор, то $AkW = RkW$
- AkW** (VFD) обычный преобразователь переменного тока: $AkW = 2,0 \times RkW$
 С широкимпульсной модуляцией: $AkW = 1,4 \times RkW$
 Привод пост.тока: $AkW = 2,0 \times RkW$
- RAmps** $1\emptyset RAmps = (HP \times 746) \div (\text{напряжение} \times \text{к.п.д.} \times RPF)$
 $3\emptyset RAmps = (HP \times 746) \div (1,73 \times \text{напряжение} \times \text{к.п.д.} \times RPF)$

Расчеты нагрузки систем бесперебойного питания (UPS)

Статические системы UPS используют управляемые кремниевые выпрямители (SCR) или иное устройство для преобразования напряжения переменного тока в напряжение постоянного тока для зарядки батарей, и инвертор для преобразования постоянного тока в переменный ток для питания нагрузки. UPS – это нелинейная нагрузка и может потребовать применения более крупного генератора. Некоторые проблемы несовместимости между генераторной установкой и статическими системами UPS привели к самым разнообразным подходам к размеру генераторных установок применительно к такому типу нагрузки. В прошлом такие проблемы имели место, и рекомендации от поставщиков систем UPS тогда основывались на том, что размер генераторной установки должен быть от 2 до 5 раз выше, чем номинальная мощность UPS. Но даже после этого некоторые проблемы продолжали оставаться, хотя большинство изготовителей систем UPS и приняли меры по устранению такой несовместимости. Поэтому рациональнее вначале выяснить совместимость генератора с поставщиком UPS, чем применять переразмеренный генератор.

Если батареи разряжены, когда система UPS работает от генераторной установки, то генераторная установка должна быть способна питать выпрямитель для заряда батарей, и инвертор для питания нагрузки. Вторая причина использовать полную номинальную мощность UPS заключается в том, что дополнительная нагрузка UPS может быть добавлена в будущем и указана на паспортной табличке такого устройства. Факторы от влияния нелинейной нагрузки, используемые в программе *GenSize*, основываются на уровне гармоник, которые система UPS наводит на выходе генератора при полной нагрузке UPS. Поскольку гармоники увеличиваются при более низких нагрузках, поэтому выбор более крупного по мощности генератора помогает компенсировать этот эффект.

Для нескольких дублирующих систем UPS размер генераторной установки должен соответствовать комбинированным номинальным значениям мощности индивидуальных UPS. Применение дублирующих систем относится к тем системам, где одна UPS служит для поддержки другой, и две в линии в любое время при нагрузке 50% или ниже.

Оборудование систем UPS часто имеет разные требования по качеству питания в зависимости от рабочего режима. Когда выпрямитель постепенно нагружается, то часто происходят относительно широкие колебания частоты и напряжения без нарушения работы оборудования. Однако когда активируется байпасная система, то напряжение и частота должны быть

постоянны по значению, или возникнет условие для аварийной сигнализации. Это происходит, когда быстро изменяющаяся входная частота UPS возникает из внезапного изменения переходной нагрузки на генераторной установке. Во время этого переходного периода статические системы UPS с байпасными переключателями на твердотельных элементах должны срабатывать синхронно с источником и деактивировать байпасный режим.

$RkW = RkVA \times RPF$
 $RkVA = (\text{выходная мощность в kVA} \times \text{зарядный ток}) \div \text{к.п.д.}$
 RPF Введенный рабочий коэффициент мощности или по умолчанию
 $SkW = RkW$
 $SkVA = RkVA$
 $SPF = RPF$
 AkW для 3-х импульсов, $AkW = 2,5 \times RkW$
 для 6 импульсов, $AkW = 1,4 \times RkW$
 для 12 импульсов, $AkW = 1,15 \times RkW$
 с входным фильтром, $AkW = 1,15 \times RkW$ для 6 и 12 импульсов
 $AkW = 1,40 \times RkW$ для 3 импульсов
 $RAmps$ $1\emptyset RAmps = (RkVA \times 1000) \div \text{напряжение}$
 $3\emptyset RAmps = (RkVA \times 1000) \div (\text{напряжение} \times 1,73)$

Расчеты других типов нагрузки

Ниже приведены типы других нагрузок и расчеты, используемые в программе GenSize:

Расчеты нагрузок сварочных агрегатов

RkW Если введено $RkVA$: $RkW = RkVA \times RPF$
 Если введено $RAmps$: $1\emptyset RkW = (RAmps \times \text{напряжение} \times RPF) \div 1000$
 $3\emptyset RkW = (RAmps \times \text{напряжение} \times RPF \times 1,73) \div 1000$
 $RkVA$ Если введено $RAmps$: $RkVA = RkW \div RPF$
 RPF Введенный рабочий коэффициент мощности или по умолчанию
 $SkW = RkW$
 $SkVA = SkW \div SPF$
 $PkW = PkVA \times SPF$
 $PkVA$ Введенный или $1\emptyset PkVA = (PAmps \times \text{напряжение}) \div 1000$
 $3\emptyset PkVA = (PAmps \times \text{напряжение} \times 1,73) \div 1000$
 $SPF = SkVA \div SkW$
 $AkW = RkW$
 $RAmps$ $1\emptyset RAmps = (RkVA \times 1000) \div \text{напряжение}$
 $3\emptyset RAmps = (RkVA \times 1000) \div (\text{напряжение} \times 1,73)$

Расчеты общей нагрузки электрических розеток

RkW $RkW = \text{введено в kW}$
 $RkVA = RkW \div RPF$
 RPF Введенный коэффициент мощности или по умолчанию
 $SkW = RkW$
 $SkVA = SkW \div SPF$
 $SPF = RPF$
 $PkW = RkW$
 $PkVA = RkVA$
 $AkW = RkW$
 $RAmps$ $1\emptyset RAmps = (RkW \times 1000) \div (\text{напряжение} \times RPF)$
 $3\emptyset RAmps = (RkW \times 1000) \div (\text{напряжение} \times RPF \times 1,73)$

Расчет нагрузки, определяемой пользователем

RkW Если введено kW : $RkW = Kw$
 Если введено kVA : $RkW = kVA \times RPF$
 Если введено $RAmps$: $1\emptyset RkW = (RAmps \times \text{напряжение} \times RPF) \div 1000$
 $3\emptyset RkW = (RAmps \times \text{напряжение} \times RPF \times 1,73) \div 1000$
 $RkVA$ Если введено kW : $RkVA = RkW \div RPF$
 Если введено $RkVA$: $RkVA = kVA$
 Если введено $RAmps$: $1\emptyset RkVA = (RAmps \times \text{напряжение}) \div 1000$
 $3\emptyset RkVA = (RAmps \times \text{напряжение} \times 1,73) \div 1000$

RPF Введенный рабочий коэффициент мощности или по умолчанию
 SkW Если введено kW: $SkW = kW$
 Если введено kVA: $SkW = SkVA \times SPF$
 Если введен Starting amps: $1\emptyset SkW = (RAmps \times \text{напряжение} \times RPF) \div 1000$
 $3\emptyset SkW = (RAmps \times \text{напряжение} \times RPF \times 1,73) \div 1000$
 SkVA $SkVA = SkW \div SPF$
 SPF $SPF = RPF$, кроме газоразрядных ламп (HID), где значение SPF по умолчанию = 0,85
 а $RPF = 0,90$
 PkW $PkW = SkW$
 PkVA $PkVA = SkVA$
 AkW $AkW = RkW$
 RAmps $1\emptyset RAmps = (RkW \times 1000) \div (\text{напряжение} \times RPF)$
 $3\emptyset RAmps = (RkW \times 1000) \div (\text{напряжение} \times RPF \times 1,73)$

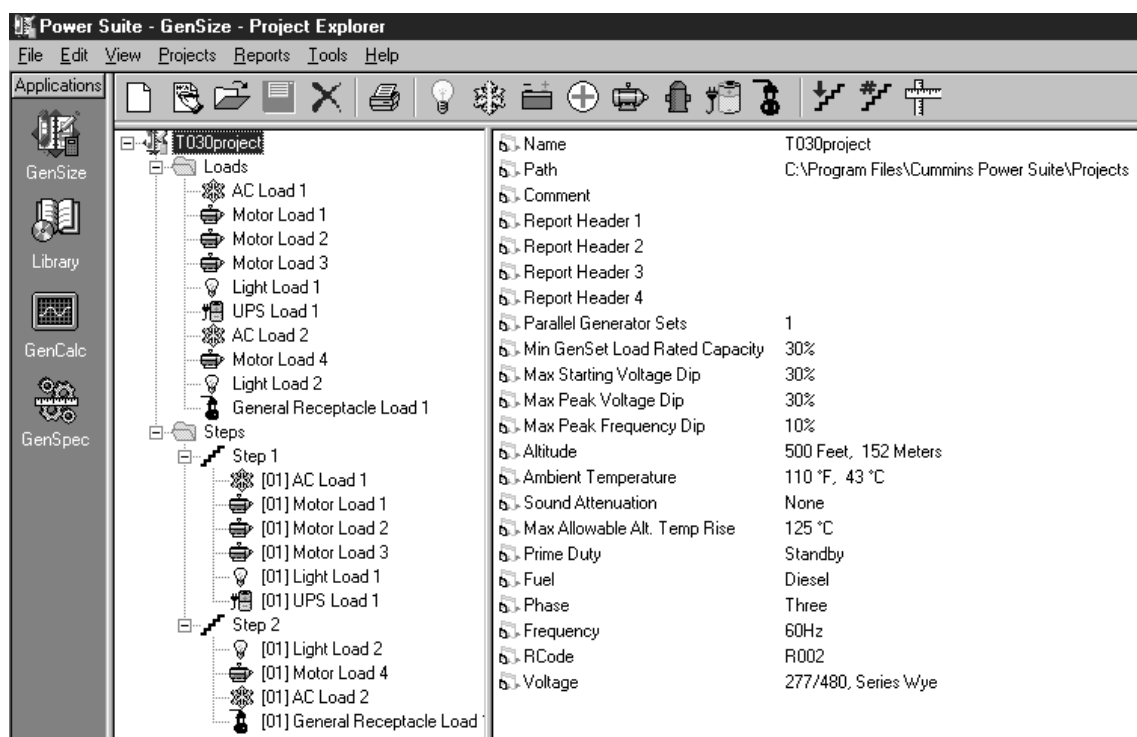


Рис. А-2. Окно по проекту применения генераторной установки в программе GenSize

Ввод нагрузок в этапы

После ввода нагрузок Вам необходимо ввести все проектируемые нагрузки в нагрузочные этапы. Откройте первый нагрузочный этап, щелкнув на папку Steps (Этапы) в левой стороне экрана. Помните, что в исходном состоянии в этом этапе нет никаких нагрузок. Очередность загрузки этапа может снизить требуемый размер генераторной установки, когда используются несколько этапов. Для подключения нагрузки к генераторной установке в различные моменты времени могут использоваться несколько коммутационных устройств путем простой корректировки задержки времени переключения каждого индивидуального переключателя. Просто задайте системе несколько секунд между этапами, что позволит генераторной установке стабилизировать свои параметры при вводе каждого нагрузочного этапа.

Чтобы ввести индивидуальные нагрузки в этап просто щелкните и в нажатом состоянии протяните нагрузки в этап. Как только нагрузка помещена в этап, Вы можете задать количество нагрузок в этапе, щелкнув на правую клавишу и выбрав *Set Quantity (Задайте количество)* из падающего меню. Можно это сделать и иным образом, когда Вы каждый раз щелкаете и протягиваете какую-то нагрузку в этап. При этом количество будет увеличиваться.

Учет особенностей нагрузочных этапов

Для ввода нескольких нагрузок в этап щелкните на папку *Loads (Нагрузки)* и на правой стороне появится список всех нагрузок. Пользуясь клавишей *Shift* или *Ctrl* и мышью, найдите желаемые нагрузки, выберите их и щелкните на любую из выбранных нагрузок справа и перетяните в этап. Все выбранные нагрузки должны появиться в этом этапе.

Если потребуется, то используйте панель инструментов, чтобы добавить один или несколько этапов. Вы можете просмотреть нагрузки и этапы, используя функцию *View (Просмотр)* в меню, чтобы выяснить, в какие этапы помещены индивидуальные нагрузки, или чтобы получить общий обзор всех нагрузок в каждом этапе.

Для многих применений генераторная установка будет соразмерена по мощности, чтобы принимать на себя все нагрузки в ходе одного этапа. Для некоторых применений предпочтительнее запускать вначале нагрузки с более высокими пусковыми требованиями, а после ввода в работу таких нагрузок запускать оставшиеся нагрузки в ходе других этапов. Очередность запуска нагрузок может также определяться нормативными требованиями, при которых аварийные нагрузки должны идти в первую очередь, а после них резервное оборудование, и, наконец, остальные виды нагрузок.

Этапная пусковая очередность генераторных установок может быть реализована с помощью коммутационных устройств, использующих таймеры задержки переключения, устройства очередности нагрузок или иной программируемый логический контроллер. Вы можете использовать данную программу и обсудить со своим дистрибьютором, сколько пусковых этапов требуется для конкретного применения Вашей установки. Помните о том, что хотя и имеется управляемая очередность исходного приложения нагрузок, однако может возникнуть и неконтролируемый запуск и останов определенных нагрузок, и Вам может понадобиться проверка на пусковые броски при таких условиях.

Инструкции по очередности этапов

Одновременный запуск одиночного этапа: Одним из общепринятых подходов здесь является допущение, что все подключенные нагрузки будут запускаться в один прием независимо от числа используемых коммутационных устройств. Такое допущение предполагает, что выбирается наиболее консервативный (т.е. самый крупный) вариант генераторной установки. Используйте один этап приложения нагрузок, если нет чего-либо, что будет добавляться, например, несколько коммутационных устройств с таймерами, разнесенными по времени их включения, или устройство очередности ввода нагрузок.

Одиночный этап с фактором многообразия: Этот способ аналогичен одновременному запуску в одном этапе, исключая то, что есть ожидаемый фактор многообразия, составляющий, возможно, 80%, который применяется, чтобы снизить общие пусковые нагрузки $SkVA/SkW$ с учетом того, что нагрузочное оборудование может иметь средства автоматического запуска.

Очередность многоступенчатого запуска: Последовательность запуска нагрузок (где это возможно) часто будет позволять сделать выбор генераторной установки меньшего размера. Программа *GenSize* допускает, что адекватное время между вводом нагрузок, позволяющее системе стабилизировать частоту и напряжение, обычно составляет 5 - 10 секунд.

Когда для поочередного запуска нагрузок на генераторную установку имеются средства управления или задержки, то необходимо принять во внимание следующие факторы:

- В первую очередь запустите самый крупный электродвигатель.
- Когда запускаются электродвигатели, которые имеют электронные приводы переменной частоты или скорости (VFD и VSD), указанное выше правило запускать самый крупный мотор может и не подходить. Использование электронных приводов для запуска и работы электродвигателей позволяет конструктору улучшить управление фактической нагрузкой, прилагаемой на генераторную установку, управляя максимальным током нагрузки, скоростью приложения нагрузки и т.д. Необходимо помнить, что эти нагрузки могут быть более чувствительны к колебаниям напряжения по сравнению с электродвигателями, запускаемыми при полном напряжении.
- Нагрузки систем бесперебойного питания (UPS) должны запускаться в последнюю очередь. Оборудование UPS обычно очень чувствительно к колебаниям частоты, в особенности к скорости изменения частоты. Предварительно нагруженная генераторная установка будет более стабильной при приеме UPS нагрузки.
- Для каждого этапа требуемая пусковая мощность (SkW) – это общая рабочая мощность (RkW) ранее введенных этапов плюс пусковая нагрузка (SkW) этого этапа.

Рекомендации и отчеты

Следующее описание поможет Вам понять рекомендации и отчеты, заложенные в программе *GenSize*, которые можно распечатать. **Рис.А-3** иллюстрирует экран по умолчанию, где программа *GenSize* дает рекомендации по применению модели одиночной генераторной установки, которая в наибольшей степени соответствует параметрам текущего проекта.

Этот экран можно попеременно переключать с экраном, приведенным на **Рис. А-4**, где даны все модели генераторных установок с наиболее подходящими параметрами, которые можно просмотреть. Полезным для вас будет просмотр последнего экрана, чтобы оценить различия в характеристиках между всеми моделями, которые могли бы выполнить поставленную задачу, и любые из которых Вы могли бы выбрать для своего проекта. Вы можете также распечатать образцы отчетов для рассылки и пересмотра.

Рекомендованная модель или модели будут выделены **зеленым** цветом в верхней половине экрана. В нижней половине экрана отображаются параметры для рекомендованной генераторной установки. К ним относятся:

- *Требования к генераторной установке:* Эта закладка дает обобщенные сведения о Нагрузочном цикле, Напряжении, Высоте, Фазе, Просадкам напряжения и другим параметрам.
- *Требования к рабочей нагрузке и броскам:* Эта закладка дает обобщенные сведения по всем требованиям к нагрузке для какого-то заданного проекта. Процент номинальной нагрузки дает быстрый способ по определению того, насколько хорошо в данный момент используется рабочая мощность генераторной установки.
- *Конфигурация генераторной установки:* Эта закладка дает размер рамы генератора, количество выводных концов, имеет ли генератор возможность для изменения соединений, обладает ли генератор повышенной способностью при пуске электродвигателей, диапазон напряжения, может ли генератор обеспечить полный однофазный выход. Кроме того, здесь также указывается модель двигателя, рабочий объем, число цилиндров, тип топлива, значения излома кривых высоты и температуры окружающей среды.

Сеточная структура отчета отображает информацию о рекомендованной генераторной установке и позволяет сделать сравнение с другими генераторными установками. Ниже приводится обсуждение некоторых из наиболее важных заголовков этого структурного отчета:

Номинальная резервная (основная) мощность объекта в кВт

Отображает номинальную резервную или основную мощность в кВт на объекте (нагрузочный режим для основного источника уже снижен на 10%). Если выведенные на экран данные **красного** цвета, то номинальная мощность на объекте в кВт меньше, чем рабочая нагрузка в кВт, или рабочая нагрузка в кВт меньше, чем 30% номинальной мощности установки в кВт, находящейся на объекте. Рекомендованная генераторная установка должна соответствовать требованиям, предъявляемым к рабочей нагрузке, и работать на уровне не менее 30% от ее номинальной мощности.

Если данные на экране имеют **желтый** цвет, то рабочая мощность нагрузки в кВт меньше, чем 30% номинальной мощности генераторной установки на объекте в кВт. Генераторная установка, работающая на уровне менее 30% своей номинальной мощности, может быть доведена до требуемого значения путем снижения минимального значения номинальной нагрузки в процентах, заложенного в окне Новые Проектные Параметры.

Максимальная номинальная мощность генератора на объекте в кВт (Рост температуры)

Отображает номинальную мощность генератора в кВт на объекте для роста температуры, выбранного в разделе параметры текущего проекта. Если данные отображаются **красным** цветом, то генератор не может сохранять повышение температуры, чтобы удовлетворить требования для подключенной нагрузки, выраженной либо в Рабочей мощности в кВт или Мощности генератора в кВт.

Максимальная номинальная мощность генератора на объекте в кВА (Рост температуры)

Отображает номинальную мощность генератора в кВт, заданную в окне Параметры нового проекта. Если дисплей/колонка **красного** цвета, то генератор не способен сохранять повышение температуры, чтобы отвечать требованиям для работающей нагрузки в кВА. Максимальная номинальная мощность генератора в кВА показана в сетке.

Излом кривой высоты для генератора, однако, составляет 1000 метров, а излом температурной кривой ограничивается 40°C. Максимальная мощность генератора в кВт будет снижаться на 3% на каждые 500 метров высоты выше излома и на 3% на каждые 5°C температуры выше точки излома кривой.

Power Suite - GenSize - Generator Sets for T030project

File Edit View Projects Reports Tools Help

Applications: GenSize Library GenCalc GenSpec

82 of 283 recommended generator sets.

Set Performance

Model: 400DFEB

Load Requirements	
Starting Voltage Dip, %	24
Peak Voltage Dip, %	15
Frequency Dip, %	5
Site Rated Standby kW	398
Site Rated Alt Max kW 125°C	466
Site Rated Alt Max kVA 125°C	582
Site Rated Max SkW	415
Max SkVA	1749
Temp Rise at Full Load, °C	125
Excitation	PMG
Max Starting Voltage Dip, %	36
Max Peak Voltage Dip, %	36
Max Frequency Dip, %	10
Running kW	295
Alternator kW	347
Running kVA	326
Effective Step kW	343
Effective Step kVA	914
Max Alt Temp Rise, °C	125
Percent Non-Linear Load	45%

Generator Set Requirements

Frequency, Hz	60	Max Starting Voltage Dip, %	36
Duty	Standby	Max Peak Voltage Dip, %	36
Voltage	277/480, Series Wye	Max Frequency Dip, %	10
Phase	3 Phase	Site Altitude, ft (m)	500 (152)
Paralleled Generator Sets:	1	Site Temperature, °F (°C)	110 (43)
		Max Alt Temp Rise, °C	125

Load Running/Surge Requirements

Max Starting Voltage Dip, %	36
Max Peak Voltage Dip, %	36
Max Frequency Dip, %	10
Site Altitude, ft (m)	500 (152)
Site Temperature, °F (°C)	110 (43)
Max Alt Temp Rise, °C	125

Generator Set Configuration

Рис. А-3 Окно с рекомендованной генераторной установкой

Power Suite - GenSize - Generator Sets for T030project
File Edit View Projects Reports Tools Help

82 of 283 recommended generator sets.

Report	Model	Starting Volt. Dip	Peak Volt. Dip	Freq. Dip	Site Rated Standby kW	Site Rated Max kW 125	Site Rated Alt Max kVA 125	Site Rated Max kVA	Temp Rise at Full Load	Excitation	
No	3500QBB	44	19	11	348	372	466	360	1372	125	PMG
No	3500QBB	44	19	11	348	372	466	360	1372	125	PMG
No	3500QBB	44	19	11	348	466	582	364	1749	125	PMG
No	3500QBB	44	19	11	348	466	582	364	1749	105	PMG
No	400DFCE	43	15	9	388	466	582	405	1749	125	PMG
No	400DFCE	43	15	9	388	466	582	406	1749	125	PMG
No	400DFCE	43	15	9	388	466	582	406	1749	125	PMG
No	400DFCE	43	13	9	388	505	631	407	1886	105	PMG
Yes	400DFEB	24	15	5	388	466	582	415	1749	125	PMG
No	400DFEB	24	15	5	388	466	582	415	1749	125	PMG
No	400DFEB	24	15	5	388	466	582	415	1749	125	PMG
No	400DFEB	24	13	5	388	505	631	417	1886	105	PMG
No	400DFEB	24	11	5	388	588	735	419	2208	80	PMG
No	400DFEH	26	15	6	386	466	582	495	1749	125	PMG
No	400DFEH	26	15	6	386	466	582	495	1749	125	PMG
No	400DFEH	26	15	6	386	466	582	495	1749	150	PMG
No	400DFEH	26	15	6	386	466	582	495	1749	150	PMG
No	400DFEH	26	13	6	386	505	631	498	1886	125	PMG
No	400DFEH	26	11	6	386	588	735	499	2208	105	PMG
No	400DFEH	26	11	6	386	588	735	499	2208	125	PMG
No	450DFEC	27	15	6	447	466	582	463	1749	125	PMG
No	450DFEC	27	13	6	447	505	631	466	1886	125	PMG
No	450DFEC	27	11	6	447	588	735	468	2208	125	PMG
No	450DFEC	27	11	6	447	588	735	468	2208	105	PMG
No	450DFEC	27	10	6	447	647	809	468	2429	80	PMG

Generator Set Requirements

Frequency, Hz: **60**

Duty: **Standby**

Voltage: **277/480, Series Wye**

Phase: **3 Phase**

Parallel Generator Sets: **1**

Load Running/Surge Requirements

Max Starting Voltage Dip, %: **35**

Max Peak Voltage Dip, %: **35**

Max Frequency Dip, %: **10**

Site Altitude, ft (m): **500 (152)**

Site Temperature, °F (°C): **110 (43)**

Max Alt Temp Rise, °C: **125**

Generator Set Configuration

Рис. А-4 Окно со всеми генераторными установками

Максимальная номинальная пусковая мощность SkW и SkVA

Показывает максимальную пусковую мощность SkW и SkVA, которую может позволить на данном объекте выбранная конфигурация генераторной установки (с учетом дефорсировки, связанной с высотой и температурой окружающей среды.) Если данные отображены **красным** цветом, то генераторная установка не способна восстановить минимум 90% номинального напряжения с требуемой ступенчатой или пиковой нагрузкой. Один из критериев по броскам нагрузки состоит в том, что при броске нагрузки генераторная установка должна обладать способностью восстановиться до 90% номинального напряжения с таким расчетом, чтобы электродвигатели могли развить адекватный ускоряющий момент. Если генераторная установка восстанавливает 90% номинального напряжения, то электродвигатель будет развивать 81% номинального вращающего момента, основанного на проверенных опытом данных, чтобы обеспечить приемлемые пусковые характеристики мотора.

Если данные **желтого** цвета, то генераторная установка может восстановиться до минимума 90% номинального напряжения с требуемым броском нагрузки, но лишь потому, что требования к броску нагрузки были снижены. Программа GenSize снизит требования к броску нагрузки в признании того факта, что выходное напряжение генераторной установки снижено, в то время как запускаются нагрузки, имеющие требования к пусковой мощности, приближающейся по значению к максимальной мощности генераторной установки.

Повышение температуры при полной нагрузке

Показывает повышение температуры генератора, уровень которого не будет превышен при питании нагрузки вплоть и включая работу генераторной установки на полной номинальной нагрузке. Каждая отдельная модель генераторной установки имеет один или несколько вариантов исполнения генератора с точки зрения допустимого повышения температуры, который можно выбрать для текущего проекта: 80°C, 105°C, 125°C и 150°C. Конечно, фактическое повышение температуры генератора зависит от фактической подключенной нагрузки. В связи с этим, программа GenSize может порекомендовать генераторную установку с более низким или более высоким уровнем температуры, чем указано в Новых параметрах проекта, поскольку рекомендации по генераторной установке основываются на подключенной к ней нагрузке. Подключаемая нагрузка может быть ниже, чем номинальная мощность генераторной установки, или для нелинейных нагрузок генератор может потребовать, чтобы его номинальная мощность была несколько выше, чем предусмотрена для генераторной установки. В любом случае рекомендации по установке будут ограничивать повышение температуры генератора до того уровня, который указан в Новых параметрах проекта.

Возбуждение

Отображает на экране тип системы возбуждения, который применяется на генераторной установке. Если данные на экране показаны **красным** цветом, то генераторная установка имеет шунтовую систему возбуждения, и процент нелинейной нагрузки превышает 25% нагрузочной рабочей мощности (RkW). Независимая система возбуждения на постоянном магните (PMG) рекомендуется для применений с высокой линейной нагрузкой. Если вариант системы возбуждения на постоянном магните не доступен, то Cummins Power Generation не рекомендует использовать генераторные установки с шунтовым возбуждением, если требования к нелинейной нагрузке более 25% общей нагрузочной потребности.

Требования к нелинейной нагрузке рассчитываются путем добавления рабочей мощности в кВт от всех нагрузок, где *Мощность генератора в кВт* превышает *Рабочую мощность в кВт*. Это характерно для нелинейных нагрузок систем UPS, электродвигателей с переменной частотой и пусковых устройств электродвигателей на твердотельных элементах, которые не оснащаются автоматическим обходом. Сумма мощности генератора в кВт затем делится на сумму Рабочей мощности в кВт от всех нагрузок.

Почему генераторная установка не может быть рекомендована? Есть несколько факторов, которые могут влиять на то, что генераторная установка не будет рекомендована.

- Потребности рабочей мощности в кВт могут превышать номинальную мощность генераторной установки. Такие параметры проекта, как высота, температура среды и нагрузочный цикл основного источника питания могут привести к тому, что генераторная установка будет иметь пониженную мощность и будет ниже проектных требований.
- Рабочая мощность в кВт может быть ниже минимума от 10 до 30% номинальной мощности генераторной установки, как это оговорено в текущих параметрах проекта (30% - это значение по умолчанию, рекомендованное Cummins Power Generation).
- Требования к броскам мощности в кВт могут превышать возможности генератора и будет выходить за рамки проектных параметров из-за снижения мощности в зависимости от высоты и температуры среды. Для определения бросков нагрузки программа GenSize использует Накапливаемую мощность в кВт и Пиковую мощность в кВт.

- Всплеск кВА превышает мощность генераторной установки. Требования к всплескам кВА аналогичны требованиям к всплескам кВт за исключением того, что нет снижения мощности с поправками на высоту и температуру среды. Для определения требований по всплескам нагрузки в кВА программа *GenSize* использует более высокое значение накапливаемой кВА и пиковой кВА (или любой из них).
- Требуемая мощность генератора в кВт превышает возможности генератора, которые могут снижаться в зависимости от высоты и температуры среды, введенные в параметры проекта. Излом кривой высоты для генераторов, однако, составляет 1000 метров, а излом кривой температуры среды 40°C. Мощность генератора в кВт будут снижена на 3% на каждые 500 метров увеличения высоты над изломом кривой, и на 3% на каждые 5°C роста температуры среды над изломом кривой.
- Требуемая мощность генератора в кВА превышает возможности генератора, которые могут снижаться в зависимости от высоты и температуры среды точно таким же образом, как мощность генератора в кВт.
- Общее требование для нелинейной нагрузки превышает 25% общих потребностей нагрузки. Это исключает использование генераторов с шунтовым возбуждением, где возбуждение на постоянном магните (PMG) не предусмотрено. Общее требование к Нелинейной нагрузке – это сумма значений мощности генератора в кВт для всех нелинейных нагрузок.
- Рассчитанные провалы напряжения и частоты превышают предельные значения в текущих параметрах проекта.
- Пусковой провал напряжения рассчитан с использованием более высокого из двух значений: провал основан на максимальной мощности этапа в кВт или максимальной мощности этапа в кВА.
- Провал пикового напряжения рассчитан только, если нагрузки в проекте отражают рабочие всплески (циклические нагрузки или нагрузки от медицинского визуализирующего оборудования, которые в ходе работы имеют высокие требования к пиковой мощности).
- Провал частоты рассчитан с использованием более высокого из двух значений: максимальной мощности этапа в кВт или пиковой мощности в кВт от нагрузок, которые дают рабочие всплески.
- Вывод на экран сообщения «Нет генераторных установок, которые отвечают Вашим требованиям по рабочей нагрузке» обычно означает, что кое-что в Новых параметрах проекта было изменено после ввода рабочей нагрузки. Например, Вы получите это сообщение, если Вы изменили тип топлива с дизельного на природный газ, или изменили вариант Без акустической защиты на Тихий объект, либо введенная Вами рабочая нагрузка превышает возможности самой крупной установки на природном газе или когда нет в наличии генераторной установки для тихого объекта. Это сообщение также может означать, что Ваш проект попадает в «мертвую зону» номенклатуры изделий *Cummins Power Generation*. В таких случаях снижение минимального процента номинальной нагрузки в параметрах проекта могло бы позволить сделать выбор какой-то рекомендованной установки. Если это именно такой случай, то обратитесь за помощью к местному дистрибьютору *Cummins Power Generation*.
- Вывод на экран сообщения «Нет генераторных установок, которые отвечают Вашим требованиям по перепадам частоты или напряжения» обычно означает, что требования по броскам нагрузки на каком-то этапе вынуждает выбрать более крупную генераторную установку, где рабочая нагрузка в установившемся режиме попадает в разряд ниже 30% мощности генераторной установки. Поскольку *Cummins Power Generation* не рекомендует работу генераторной установки с нагрузкой ниже 30% ее номинальной мощности, поэтому в этом случае не рекомендуется никакая установка. На этом этапе Вы можете сделать следующий выбор:
 - Увеличить значение допустимого уровня перепадов напряжения и частоты.
 - Снизить минимальный процент номинальной нагрузки до уровня менее, чем 30%.
 - Вводить нагрузки за несколько этапов, чтобы снизить броски нагрузки на каждом этапе.
 - Обеспечить запуск электродвигателей при пониженном напряжении.
 - Включать в параллельную работу несколько генераторных установок.
 - Добавлять нагрузки, которые не имеют высоких пусковых бросков (осветительные приборы, резистивные нагрузки и т.д.).

Отчеты

Система позволяет создавать некоторые типы отчетов для проекта, который открыт, Подробности этапа/нагрузки, Подробности Этапов и Просадки параметров, и отчет по рекомендованному генератору. Эти отчеты можно просмотреть на экране дисплея для обзора перед завершением работы по проекту и сохранить в памяти для последующего представления по инстанции или распечатки. На **Рис.А-5** приведен образец отчета для рекомендованного генератора.

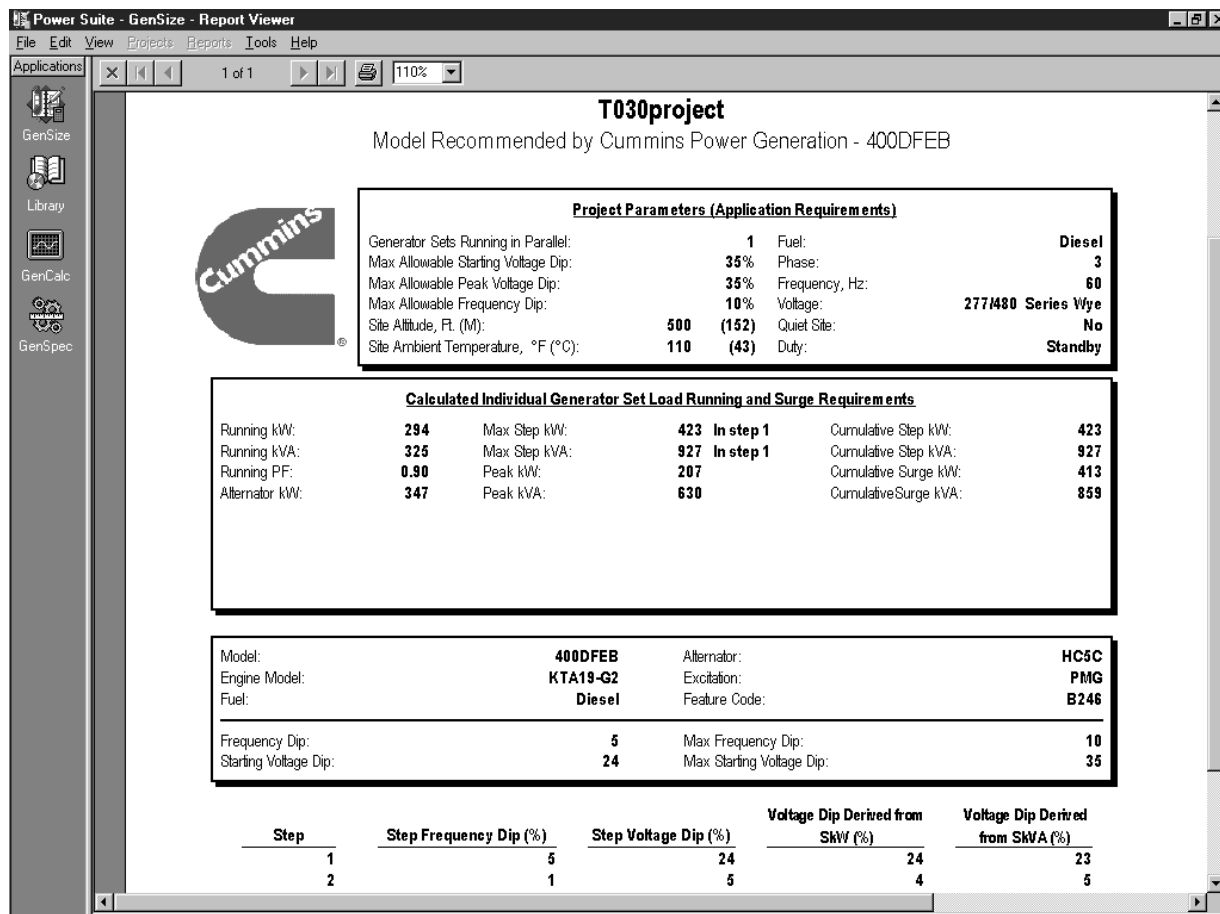


Рис. А-5. Экран просмотра отчета по рекомендованному генератору.

СОДЕРЖАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ «В»

ПРИЛОЖЕНИЕ «В» В-2

Пуск электродвигателя при пониженном напряжении	В-2
Сравнение способов пуска электродвигателей	В-2
Пуск электродвигателей при полном напряжении	В-2
Автотрансформаторный пуск электродвигателей, разомкнутый переход	В-3
Автотрансформаторный пуск электродвигателей, замкнутый переход	В-3
Реактивный пуск электродвигателей, замкнутый переход	В-4
Резисторный пуск электродвигателей, замкнутый переход	В-4
Пуск электродвигателей с соединением «звезда-треугольник», замкнутый переход	В-5
Пуск электродвигателя от части обмотки, замкнутый переход	В-5
Пуск электродвигателей с обмоточным ротором	В-6
Пуск синхронных электродвигателей	В-6
Общие замечания по применению	В-6

Пуск электродвигателей при пониженном напряжении

Хотя просадки напряжения часто создают самые разные проблемы, однако управляемое снижение напряжения на выводных клеммах электродвигателя может быть благоприятно, когда это используется для снижения пусковой мощности электродвигателя в кВА в тех применениях, где приемлем пониженный вращающий момент. Снижение пусковой мощности электродвигателя позволяет снизить размер требуемой генераторной установки, уменьшить просадку напряжения и обеспечить мягкий пуск нагрузок от электродвигателя. Однако надо быть уверенным в том, что электродвигатель разовьет достаточный вращающий момент, чтобы принять нагрузку в условиях пониженного напряжения. Кроме того, любое пусковое устройство, которое создает условие для перехода между режимом «пуск» и «работа», способно вызывать появление условий для бросков тока, и достаточно серьезных, сравнимых с условиями прямого пуска электродвигателя при полном напряжении, если обороты электродвигателя не близки к синхронной скорости в момент такого перехода. Это может создать неприемлемую просадку напряжения и возможное отключение пускового устройства.

Сравнение способов запуска электродвигателей

Таблица В-1 сравнивает влияние условий запуска при полном напряжении, автотрансформаторном и резистивном запуске электродвигателя мощностью 50 л.с. конструкции «В» и буквенным кодом «G». Как видно из Таблицы, автотрансформаторный запуск требует меньшей пусковой мощности от генераторной установки. Резистивный запуск фактически требует большей мощности в кВт (мощность двигателя), чем прямой запуск.

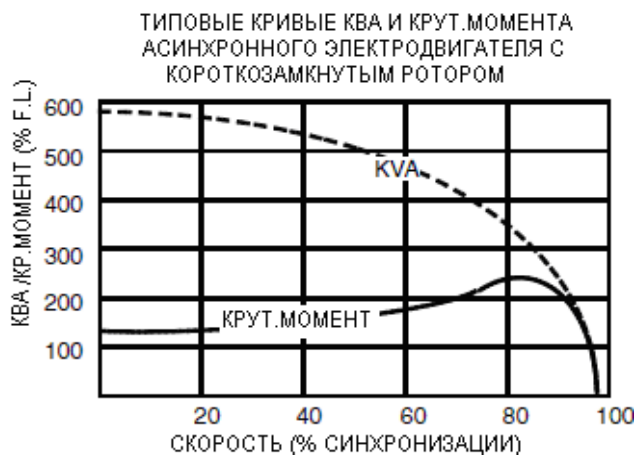
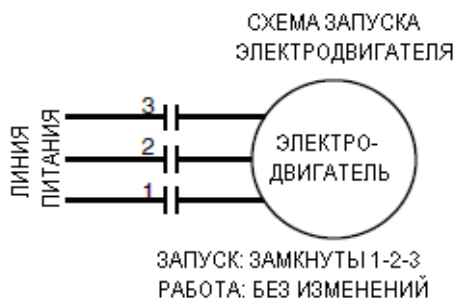
	ТИП ПУСКОВОГО УСТРОЙСТВА		
	АВТОТРАНС- ФОРМАТОР	РЕЗИСТОР	ПОЛНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
% приложенного напряжения (на выводе)	65	50	100
% полного напряжения (множитель)*	0,42	0,50	1,0
Пусковая мощность в кВА с пусковым устройством пониженного напряжения	$295^{**} \times 0,42 = 123,9$	$295^{**} \times 0,50 = 147,5$	$295^{**} \times 1,0 = 295$
Пусковая мощность в кВт с пусковым устройством пониженного напряжения	$123,9 \times 0,36^{***} = 43,4$	$147,5 \times 0,8^{****} = 118$	$295 \times 0,36^{***} = 106,9$
Рабочая мощность в кВА	46	46	46
Рабочая мощность в кВт	41	41	41
* см. Таблицу 3-4 ** см. Таблицу 3-5 и умножь 50 л.с. на коэффициент 5,9 для электродвигателя с буквенным кодом G *** см. Таблицу 3-6 **** см. SPF (пусковой коэффициент мощности) для резистора в Таблице 3-4			

Таблица В-1. Сравнение способов пуска электродвигателей при пониженном напряжении

Пуск электродвигателей при полном напряжении

Пуск: Прямой запуск при полном напряжении является типовым, если нет необходимости снизить пусковую мощность в кВА из-за ограниченных возможностей генераторной установки или для того, чтобы ограничить просадку напряжения в ходе запуска. Не существует никаких ограничений по мощности в л.с., размерах, напряжении или типе электродвигателя.

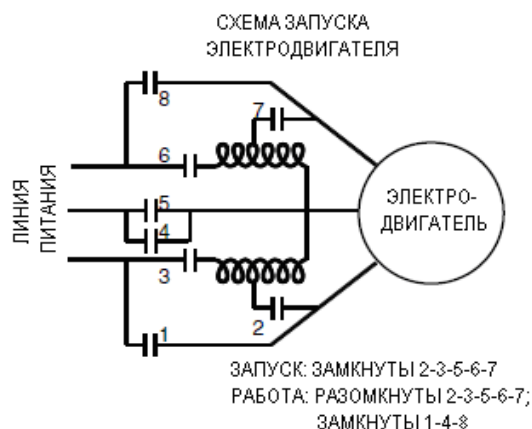
Замечания по применению: Этот способ запуска является наиболее употребительным ввиду его простоты, надежности и низких исходных затратах. Обратите внимание на кривые мощности и вращающего момента, где пусковая мощность в кВА остается практически постоянной до тех пор, пока двигатель почти не достигнет своих полных оборотов. Кроме того, следует помнить, что мощность в кВт достигает пиковых значений примерно при 300% номинальной мощности в кВт при достижении 80% синхронной скорости.



Автотрансформаторный пуск электродвигателя, разомкнутый переход

Пуск: Автотрансформатор подключается в цепь только в ходе запуска, чтобы снизить подаваемое на электродвигатель напряжение. Размыкание цепи в переходном процессе может создать серьезные проблемы, которые способны даже вызвать непроизвольное срабатывание автоматических выключателей.

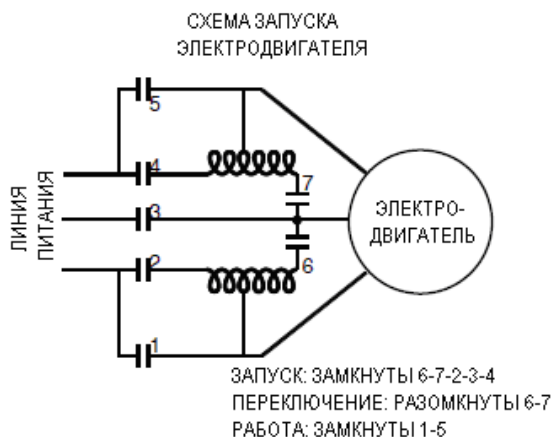
Замечания по применению: В применениях с генераторными установками мы не рекомендуем использовать пусковые переключающие устройства для снижения напряжения в условиях разомкнутого перехода, особенно когда электродвигатели не успевают достигнуть своих полных оборотов в момент перехода. Причиной тому является то факт, что в ходе переходного процесса переключения электродвигатель снижает обороты и выходит из синхронизации. Результат – аналогичен рассогласованию фаз параллельно включенных генераторных установок. Отбираемая мощность в кВА сразу после переключения может превысить пусковую кВА. Кроме того, не забывайте, что при использовании автотрансформатора пусковой коэффициент мощности снижается.



Автотрансформаторный пуск электродвигателя, замкнутый переход

Пуск: В процессе пуска цепь не прерывается. При переключении часть трансформаторной обмотки остается в цепи как последовательно соединенное реактивное сопротивление с обмотками электродвигателя.

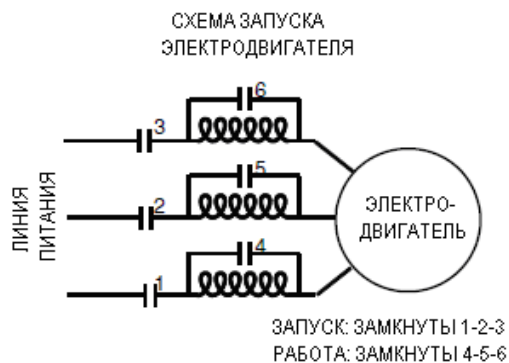
Замечания по применению: Замкнутый переход предпочтителен по сравнению с разомкнутым, так как он не создает значительных электромагнитных возмущений. Однако, система переключения здесь достаточно дорогая и сложная. Этот способ пуска с использованием пониженного напряжения чаще всего используется для крупных электродвигателей с низкими требованиями к крутящему моменту нагрузки, например, насосы для подъема сточных вод и холодильные установки. Принципиальное достоинство этого метода – повышенный крутящий момент на ток по сравнению с другими способами запуска при пониженном напряжении. Управление работой может быть автоматической и/или дистанционной. Не забывайте также, что при использовании автотрансформатора пусковой коэффициент мощности будет понижен.



Пуск электродвигателя через реактивное сопротивление, замкнутый переход

Пуск: Достоинства реактивного пуска заключаются в его простоте и замкнутом переходе, но в результате этого создается более низкий пусковой момент на КВА по сравнению с автотрансформаторным способом запуска. Однако по мере набора оборотов электродвигателем относительно небольшой вращающий момент возрастает.

Замечания по применению: Реактивный способ запуска обычно не применяется за исключением высоковольтных электродвигателей или двигателей с большим током. Реактивные элементы должны быть соизмеримы с мощностью в л.с. и напряжением и могут иметь ограниченную доступность. Как правило, для небольших электродвигателей реактивный способ запуска более дорогостоящ по сравнению с автотрансформаторным способом запуска, но для крупных электродвигателей затраты на него будут ниже. Пусковой коэффициент мощности исключительно низок. Реактивный способ позволяет обеспечить плавный пуск при почти не наблюдаемых возмущениях в ходе переходного процесса и хорошо подходит для таких применений, как центробежные насосы или вентиляторы.

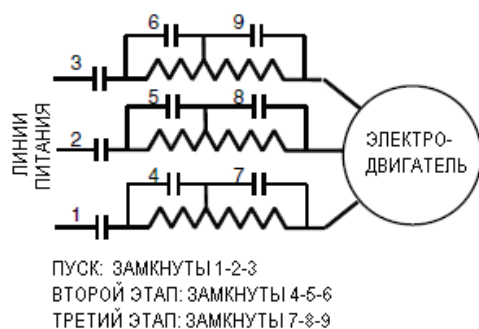


Резистивный пуск электродвигателя, замкнутый переход

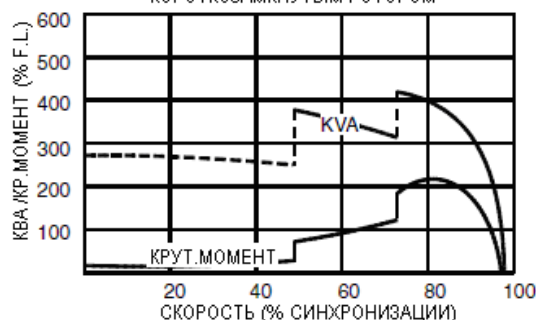
Пуск: Резистивный пуск иногда используется для небольших электродвигателей, где требуются несколько ступеней запуска и где не допускается разрыва цепи питания электродвигателя между этапами.

Замечания по применению: Этот способ также доступен в качестве пускового устройства с бесступенчатым переходом, что обеспечивает плавный пуск. Резистивный запуск обычно наименее дорогостоящ для небольших электродвигателей. Ускоряет нагрузки быстрее, т.к. с повышением напряжения уменьшается ток. Имеет более высокое значение пускового коэффициента мощности.

СХЕМА ПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ



ТИПОВЫЕ КРИВЫЕ КВА И КРУТ.МОМЕНТА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ



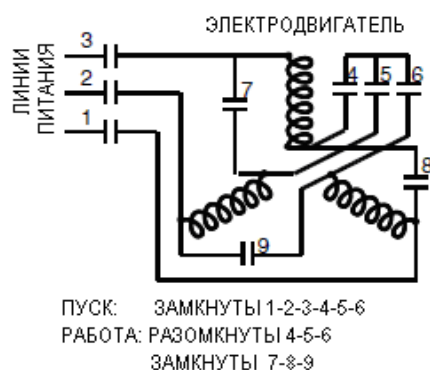
Пуск электродвигателя с комбинацией соединений «звезда-треугольник», замкнутый переход

Пуск: Этот способ запуска не требует автотрансформатора, реактивного элемента или резистора. Электродвигатель запускается по схеме соединений «звезда», а работает по схеме соединений «треугольник».

Замечания по применению: Этот способ запуска становится все более популярным в тех случаях, когда приемлем небольшой пусковой момент. К недостаткам можно отнести следующие факторы:

1. Разомкнутый переход. Замкнутый переход доступен, но за дополнительную стоимость.
2. Низкий вращающий момент.
3. Нет преимуществ, когда электродвигатель питается от генераторной установки, если электродвигатель не достигает синхронной скорости до момента переключения. В тех применениях, где электродвигатель не достигает синхронной скорости, генераторная установка должна быть такого размера, чтобы отвечать броскам.

СХЕМА ПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ



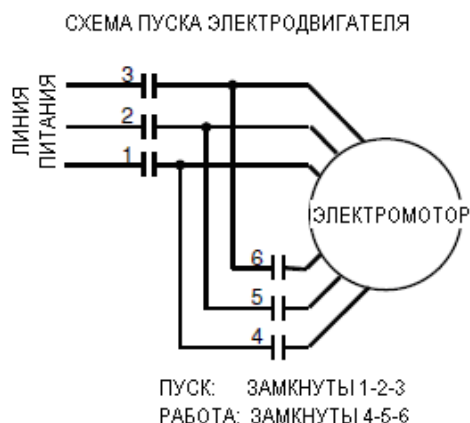
ТИПОВЫЕ КРИВЫЕ КВА И КРУТ.МОМЕНТА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ



Пуск электродвигателя от части обмоток, Замкнутый переход

Пуск: Запуск от части обмоток менее дорогостоящ, потому что не требует автотрансформатора, реактивного элемента или резистора и использует простое переключение. Этот способ доступен для двух или нескольких пусковых этапов в зависимости от размера, скорости и напряжения электродвигателя.

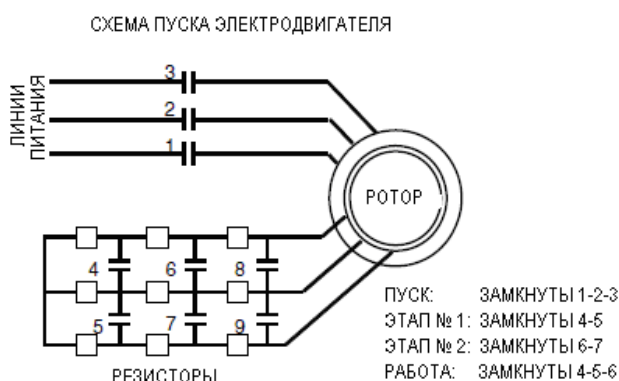
Замечания по применению: Автоматически обеспечивает замкнутый переход. Вначале к линии подключается одна обмотка, а после некоторого временного интервала вторая обмотка подключается параллельно первой. Пусковой крутящий момент мал и фиксирован изготовителем электродвигателя. Цель использования части обмотки состоит не в том, чтобы снизить пусковой ток, а в том, чтобы добиться небольших приращений пускового тока. Этот метод запуска не имеет преимуществ, когда электродвигатель питается от генераторной установки, если электродвигатель не способен достигнуть синхронной скорости до момента перехода на линию.



Пуск электродвигателя с роторными обмотками

Пуск: Электродвигатель, у которого имеется обмотка ротора, может иметь такой же пусковой крутящий момент, как и электродвигатель с короткозамкнутым ротором, но с меньшим током. Он отличается от электродвигателя с короткозамкнутым ротором только по конструкции самого ротора. У первого ротор имеет короткие токопроводящие стержни, в то время как ротор второго имеет обмотки, как правило, 3-х фазные.

Замечания по применению: Пусковой ток, вращающий момент и скоростные характеристики можно изменять путем подключения к ротору необходимого количества внешнего сопротивления. Обычно электродвигатели с обмотанным ротором подстраиваются таким образом, чтобы пусковая мощность в кВА была бы в 1,5 раза выше, чем рабочая кВА. Это самый простой тип электродвигателя для запуска от генераторной установки.



Пуск синхронных электродвигателей

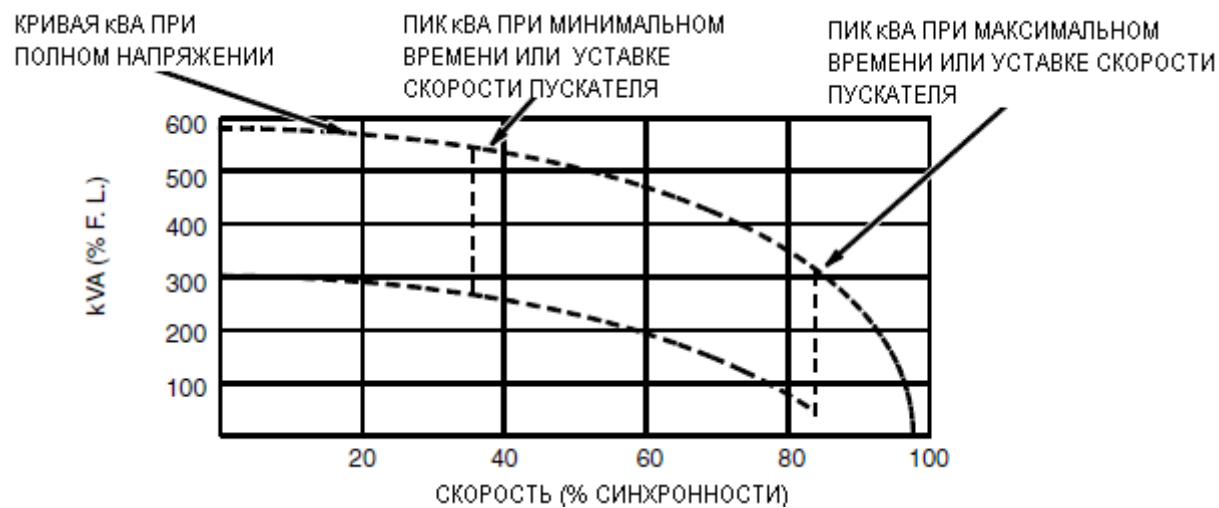
Пуск: Синхронные электродвигатели могут использовать большинство из приведенных выше способов запуска. Синхронные электродвигатели номинальной мощностью от 20 л.с. и выше имеют пусковые характеристики, сравнимые с электродвигателями, имеющими роторные обмотки.

Замечания по применению: Синхронные электродвигатели относятся к своему классу. Не существует каких-то стандартов для их рабочих характеристик, габаритов или способов соединений. Электродвигатели номинальной мощностью от 30 л.с. и ниже имеют высокие значения тока при заторможенном роторе. Их можно использовать для тех применений, где желательна поправка на коэффициент мощности. (Пользуйтесь стандартным буквенным кодом, когда действительная буква не известна).

Общие замечания по применению

Если пусковое устройство электродвигателя с пониженным напряжением имеет возможность корректировки времени или скорости, то отрегулируйте уставки, чтобы получить около двух секунд между отводами. Это даст время для электродвигателя, чтобы достигнуть номинальных оборотов и тем самым снизить пиковую кВА в момент переключения, как показано на диаграмме ниже. Помните, что при минимальной уставке не будет значительного улучшения по сравнению с прямым запуском при полном напряжении.

В некоторых применениях бросок тока так мал, что вал электродвигателя не начнет включать первый отвод, ни даже второй. Для таких применений будет очень небольшое снижение пусковой кВА с точки зрения генераторной установки.



СОДЕРЖАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ «С»

ПРИЛОЖЕНИЕ «С»	C-2
Таблица со стандартами напряжения и частоты в разных странах мира	C-2

ПРИЛОЖЕНИЕ «С»

Таблица со стандартами напряжения и частоты в разных странах мира

Country	Frequency (Hz)	Supply Voltage Levels in Common Use (V)
Abu Dhabi (United Arab Emirates)	50	415/250
Afghanistan	50/60	380/220/220
Algeria	50	10 kV; 5.5 kV; 380/220; 220/127
Angola	50	380/220; 220
Antigua	60	400/230/230
Argentina	50	13.2 kV; 6.88 kV; 390/225; 339/220/220
Australia	50	22 kV; 11 kV; 6.6 kV; 440/250; 415/240; 240
Austria	50	20 kV; 10 kV; 5 kV; 380/220; 220
Bahamas	60	415/240; 240/120; 208/120; 120
Bahrain	50/60	11 kV; 400/230; 380/220/230; 220/110
Bangladesh	50	11 kV; 400/230; 230
Barbados	50	11 kV; 3.3 kV; 230/115; 200/115
Belgium	50	15 kV; 6kV; 380/220; 220/127; 220
Belize	60	440/220; 220/110
Bermuda	60	4.16/2.4 kV; 240/120; 208/120
Bolivia	50/60	230/115; 400/230/220/110
Botswana	50	380/220/220
Brazil	50/60	13.8 kV; 11.2 kV; 380/220; 220/127
Brunei	50	415/230
Bulgaria	50	20 kV; 15 kV; 380/220; 220
Burma	50	11 kV; 6.6 kV; 400/230; 230
Burundi		
Cambodia (Khmer Republic)	50	380/220; 208/120; 120
Cameroon	50	15 kV; 320/220; 220
Canada	60	12.5/7.2 kV; 600/347; 240/120; 208/120; 600; 480; 240
Canary Islands	50	380/220; 230
Cape Verde Islands	50	380/220; 127/220
Cayman Islands	60	480/240; 480/227; 240/120; 208/120
Central African Republic	50	380/220
Chad	50	380/220; 220
China	50	380/220 50Hz
Chile	50	380/220; 220
Colombia	60	13.2 kV; 240/120; 120
Costa Rica	60	240/120; 120
Cuba	60	440/220; 220/110
Cyprus	50	11 kV; 415/240; 240
Czechoslovakia	50	22 kV; 15 kV; 6 kV; 3 kV; 380/220; 220
Dahomey	50	15 kV; 380/220; 220
Denmark	50	30 kV; 10 kV; 380/220/220
Dominica (Windward Islands)	50	400/230
Dominican Republic	60	220/100; 110
Dubai (United Arab Emirates)	50	6.6 kV; 330/220; 220
Ecuador	60	240/120; 208/120; 220/127; 220/110

Country	Frequency (Hz)	Supply Voltage Levels in Common Use (V)
Egypt (United Arab Republic)	50	11 kV; 6.6 kV; 380/220; 220
Eire (Republic of Ireland)	50	10 kV; 380/220; 220
El Salvador	60	14.4 kV; 2.4 kV; 240/120
Ethiopia	50	380/220; 220
Faeroe Islands (Denmark)	50	380/220
Falkland Islands (UK)	50	415/230; 230
Fiji	50	11 kV; 415/240; 240
Finland	50	660/380; 500; 380/220; 220
France	50	20 kV; 15 kV; 380/220; 380; 220; 127
French Guiana	50	380/220
French Polynesia	60	220; 100
Gabon	50	380/220
Gambia	50	400/230; 230
Germany (BRD)	50	20 kV; 10 kV; 6 kV; 380/220; 220
Germany (DDR)	50	10 kV; 6kV; 660/380; 380/220; 220/127; 220; 127
Ghana	50	440/250; 250
Gibraltar	50	415/240
Greece	50	22 kV; 20 kV; 15 kV; 6.6 kV; 380/220
Greenland	50	380/220
Grenada (Windward Islands)	50	400/230; 230
Guadeloupe	50/60	20 kV; 380/220; 220
Guam (Mariana Islands)	60	13.8 kV; 4 kV; 480/277; 480; 240/120; 207/120
Guatemala	60	13.8 kV; 240/120
Guyana	50	220/110
Haiti	60	380/220; 230/115; 230; 220; 115
Honduras	60	220/110; 110
Hong Kong (and Kowloon)		50 11 kV; 346/200; 200
Hungary	50	20 kV; 10 kV; 380/220; 220
Iceland	50	380/220; 220
India	50; 25	22 kV; 11kV; 440/250; 400/230; 460/230; 230
Indonesia	50	380/220; 220/1127
Iran	50	20 kV; 11kV; 400/231; 380/220; 220
Iraq	50	11 kV; 380/220; 220
Israel	50	22kV; 12.6 kV; 6.3 kV; 400/230; 230
Italy	50	20 kV; 15 kV; 10 kV; 380/220; 220/127; 220
Ivory Coast	50	380/220; 220
Jamaica	50	4/2.3 kV; 220/110
Japan	50; 60	6.6 kV; 200/100; 22 kV; 6.6 kV; 210/105; 200/100; 100
Jordan	50	380/220; 220
Kenya	50	415/240; 240
Korea Republic (South)	60	200/100; 100
Kuwait	50	415/240; 240
Laos	50	380/220
Lebanon	50	380/220; 190/110; 220; 110
Lesotho	50	380/220; 220
Liberia	60	12.5/7.2 kV; 416/240; 240/120;

Country	Frequency (Hz)	Supply Voltage Levels in Common Use (V)
Libyan Arab Republic	50	400/230; 220/127; 230; 127
Luxembourg	50	20 kV; 15 kV; 380/220; 220
Manila	60	20 kV; 6.24 kV; 3.6 kV; 240/120
Martinique	50	220/127; 127
Mauritania	50	380/220
Mauritius	50	400/230; 230
Macao	50	380/220; 220/110
Malagassy Republic (Madagascar)	50	5 kV; 380/220; 220/127
Malawi	50	400/230; 230
Malaysia (West)	50	415/240; 240
Mali	50	380/220; 220/127; 220; 127
Malta	50	415/240
Mexico	60	13.8 kV; 13.2 kV; 480/277; 220/127; 220/120
Monaco	50	380/220; 220/127; 220; 127
Montserrat	60	400/230; 230
Morocco	50	380/220; 220/127
Mozambique	50	380/220
Muscat and Oman	50	415/240; 240
Nauru	50	415/240
Nepal	50	11 kV; 400/220; 220
Netherlands	50	10 kV; 3 kV; 380/220; 220
Netherlands Antilles	50; 60	380/220; 230/115; 220/127; 208/120
New Caledonia	50	220
New Zealand	50	11 kV; 415/240; 400/230; 440; 240; 230
Nicaragua	60	13.2 kV; 7.6 kV; 240/120
Niger	50	380/220; 220
Nigeria	50	15 kV; 11 kV; 400/230; 380/220; 230; 220
Norway	50	20 kV; 10 kV; 5 kV; 380/220; 230
Pakistan	50	400/230
Panama	60	12 kV; 480/227; 240/120; 208/120
Papua New Guinea	50	22 kV; 11 kV; 415/240; 240
Paraguay	50	440/220; 380/220; 220
Peru	60	10 kV; 6 kV; 225
Philippines	60	13.8 kV; 4.16 kV; 2.4 kV; 220/110
Poland	50	15 kV; 6 kV; 380/220; 220
Portugal	50	15 kV; 5 kV; 380/220; 220
Portuguese Guinea	50	380/220
Puerto Rico	60	8.32 kV; 4.16 kV; 480; 240/120
Qatar	50	415/240; 240
Reunion	50	110/220
Romania	50	20 kV; 10 kV; 6 kV; 380/220; 220
Rwanda	50	15 kV; 6.6 kV; 380/220; 220
Sabah	50	415/240; 240
Sarawak (East Malaysia)	50	415/240; 240
Saudi Arabia	60	380/220; 220/127; 127
Senegal	50	220/127; 127
Seychelles	50	415/240
Sierra Leone	50	11 kV; 400/230; 230
Singapore	50	22 kV; 6.6 kV; 400/230; 230

Country	Frequency (Hz)	Supply Voltage Levels in Common Use (V)
Somali Republic	50	440/220; 220/110; 230; 220; 110
South Africa	50; 25	11 kV; 6.6 kV; 3.3 kV; 433/250; 400/230; 380/220; 500; 220
Southern Yemen (Ader)	50	400/230
Spain	50	15 kV; 11 kV; 380/220; 220/127; 220; 127
Spanish Sahara	50	380/220; 110; 127
Sri Lanka (Ceylon)	50	11 kV; 400/230; 230
St. Helena	50	11 kV; 415/240
St. Kitts Nevis Anguilla	50	400/230; 230
St. Lucia	50	11 kV; 415/240; 240
Saint Vincent	50	3.3 kV; 400/230; 230
Sudan	50	415/240; 240
Surinam	50; 60	230/115; 220/127; 220/110; 127; 115
Swaziland	50	11 kV; 400/230; 230
Sweden	50	20 kV; 10 kV; 6 kV; 380/220; 220
Switzerland	50	16 kV; 11 kV; 6 kV; 380/220; 220
Syrian Arab Republic	50	380/220; 200/115; 220; 115
Taiwan (Republic of China)		60 22.8 kV; 11.4 kV; 380/220; 220/110
Tanzania (Union Republic of)	50	11 kV; 400/230
Thailand	50	380/220; 220
Togo	50	20 kV; 5.5 kV; 380/220; 220
Tonga	50	11 kV; 6.6 kV; 415/240; 240; 210
Trinidad and Tobago	60	12kV; 400/230; 230/115
Tunisia	50	15 kV; 10 kV; 380/220; 220
Turkey	50	15 kV; 6.3 kV; 380/220; 220
Uganda	50	11 kV 415/240; 240
United Kingdom	50	22 kV; 11 kV; 6.6 kV; 3.3 kV; 400/230; 380/220; 240; 230; 220
Upper-Yolta	50	380/220; 220
Uruguay	50	15 kV; 6 kV; 220
USA	60	480/277; 208/120; 240/120
USSR	50	380/230; 220/127 and higher voltages
Venezuela	60	13.8 kV; 12.47 kV; 4.8 kV; 4.16 kV; 2.4 kV; 240/120; 208/120
Vietnam (Republic of)	50	15 kV; 380/220; 208/120; 220; 120
Virgin Islands (UK)	60	208; 120
Virgin Islands (US)	60	110/220
Western Samoa	50	415/240
Yemen, Democratic (PDR)	50	440/250; 250
Yugoslavia	50	10 kV; 6.6 kV; 380/220; 220
Zaire (Republic of)	50	380/220; 220
Zambia	50	400/230; 230
Zimbabwe	50	11 kV; 390/225; 225

СОДЕРЖАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ «D»

ПРИЛОЖЕНИЕ «D»	D-2
Полезные формулы	D-2

ПРИЛОЖЕНИЕ «D»

Полезные формулы

ЧТОБЫ ПОЛУЧИТЬ	ОДНОФАЗНЫЙ ИСТОЧНИК ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	3-Х ФАЗНЫЙ ИСТОЧНИК ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
Киловатты (кВт)	$\frac{\text{Вольты} \times \text{Амперы} \times \cos \varphi}{1000}$	$\frac{\text{Вольты} \times \text{Амп.} \times \cos \varphi \times 1,732}{1000}$
кВА	$\frac{\text{Вольты} \times \text{Амперы}}{1000}$	$\frac{\text{Вольты} \times \text{Амперы} \times 1,732}{1000}$
Амперы (кВА не известны)	$\frac{\text{кВт} \times 1000}{\text{вольты} \times \cos \varphi}$	$\frac{\text{кВт} \times 1000}{\text{вольты} \times \cos \varphi \times 1,732}$
Амперы (кВт не известны)	$\frac{\text{кВА} \times 1000}{\text{вольты} \times \cos \varphi}$	$\frac{\text{кВА} \times 1000}{\text{вольты} \times \cos \varphi \times 1,732}$
Частота (Герцы)	$\frac{\text{Число полюсов} \times \text{мин}^{-1}}{120}$	$\frac{\text{Число полюсов} \times \text{мин}^{-1}}{120}$
Реактивная мощность (кВАР)	$\frac{\text{Вольты} \times \text{Амперы} \times \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{1000}$	$\frac{\text{Вольт.} \times \text{Амп.} \times 1,732 \times \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{1000}$
% регулировки напряжения (для установившихся нагрузок, от режима без нагрузки (V_{NL}) до полной нагрузки (V_{FL}))	$\frac{(V_{NL} - V_{FL})}{V_{FL}} \times 100$	$\frac{(V_{NL} - V_{FL})}{V_{FL}} \times 100$
% регулировки частоты (для установившихся нагрузок, от режима без нагрузки (F_{NL}) до полной нагрузки (F_{FL}))	$\frac{(F_{NL} - F_{FL})}{F_{FL}} \times 100$	$\frac{(F_{NL} - F_{FL})}{F_{FL}} \times 100$
Мощность в л.с., требуемая для привода генератора	$\frac{\text{кВт}}{0,746 \times \text{к.п.д. генератора}}$	$\frac{\text{кВт}}{0,746 \times \text{к.п.д. генератора}}$
Среднеквадратичный ток короткого замыкания первого цикла (+/- 10%)	$\frac{\text{Номинальный ток в амперах}}{\sqrt{X''d}}$	$\frac{\text{Номинальный ток в амперах}}{\sqrt{X''d}}$

- «Cos φ» относится к коэффициенту мощности, выраженному в десятичной доле. Например, для расчетов коэффициент мощности 80% = 0,8. В общем, однофазные генераторные установки нормируются на коэффициент мощности 100%, а 3-х фазные генераторные установки – на 80%.
- «Вольты» относятся к линейному напряжению
- «Амперы» относятся к линейному току в амперах
- «F» относится к частоте. Регулирование частоты на уровне «0» определяется как изохронное.

СОДЕРЖАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ «Е»

ПРИЛОЖЕНИЕ «Е»	E-2
Уход и техобслуживание	E-2
Ежедневное	E-2
Еженедельное	E-2
Ежемесячное	E-2
Полугодовое	E-3
Годовое	E-3

ПРИЛОЖЕНИЕ «Е»

Уход и техническое обслуживание

Хорошо спланированная программа превентивного техобслуживания и ухода за генераторной установкой должна быть увязана с системой энергоснабжения на объекте эксплуатации. Отказы при запусках и работе генераторной установки резервного электропитания может привести к тяжелым последствиям, связанным с травмами людей, повреждением имущества и убыткам в бизнесе. Невозможность запуска и работы установки из-за слабых батарей, вызванных их плохим содержанием, является наиболее распространенным фактором такого рода отказов. Полноценная и продуманная программа по техобслуживанию и уходу, выполняемая на плановой основе квалифицированными специалистами, может предотвратить такие отказы и их возможные последствия. Программы по уходу и техобслуживанию генераторных установок, предлагаемые дистрибьюторами на договорной основе, следует принимать в расчет в первую очередь. Как правило, такие программы предполагают выполнение плановых работ по техобслуживанию, ремонту, замене деталей и документированию работ по обслуживанию.

График техобслуживания для установок основного электроснабжения должен основываться на времени работы, оговоренной в опубликованных данных изготовителя установки. Поскольку установки резервного питания работают от случая к случаю, то периодичность их обслуживания обычно планируется в виде ежедневного, ежемесячного или более длительного срока. См. инструкции изготовителя с подробным изложением объема работ. В любом случае плановое техобслуживание должно включать в себя выполнение следующих задач:

Ежедневное

- Проверить установку на отсутствие утечек масла, топлива и охлаждающей жидкости.
- Проверить работу подогревателя или подогревателей ОЖ двигателя. Если блок цилиндров не прогрет, то это означает, что подогреватели не работают, а двигатель может не завестись.
- Проверьте и убедитесь, что коммутационно-распределительное устройство стоит в положении АВТОМАТ, а автоматический выключатель генератора (если таковой используется) замкнут.

Еженедельное

- Проверьте уровни ОЖ и моторного масла в двигателе.
- Проверьте работоспособность системы подзарядки батареи.

Ежемесячное

- Проверьте воздухоочиститель на отсутствие засоренности.
- Проведите тренировку генераторной установки путем ее запуска и работы в течение не менее 30 минут под нагрузкой, величина которой не ниже 30% номинальной. Можно прилагать и более низкие уровни нагрузки при условии, что температура выхлопных газов в системе выпуска не достигнет уровня, способного вывести двигатель из строя. См. **Таблицу Е-1** с минимально допустимыми значениями температуры выхлопных газов для двигателей Cummins. В процессе работы генераторной установки проверьте, нет ли необычной вибрации, посторонних шумов, а также утечек в системе выпуска, охлаждения или питания топливом. (Регулярные тренировки позволяют сохранять смазку на вращающихся деталях двигателя, улучшают пусковую надежность, предотвращают окисление электрических контактов и расходуют топливо, прежде чем оно потеряет свои свойства и будет нуждаться в списании и замене на свежее.)
- Проверьте радиатор на отсутствие посторонних помех, утечек ОЖ, изношенных шлангов, ослабленных или поврежденных приводных ремней вентилятора, не функционирующих приводов жалюзи, а также на правильную концентрацию антикоррозионных присадок в ОЖ двигателя.
- Проверьте систему впуска воздуха на отсутствие проколов и повреждений в воздуховодах, утечек и ослабленных соединений.
- Проверьте уровень топлива и работу перекачивающего топливного насоса.
- Проверьте систему выпуска на отсутствие утечек и помех; слейте конденсат из отстойника.
- Проверьте правильность работы всех измерительных приборов, манометров и индикаторных ламп.
- Проверьте кабельные соединения батареи и уровень электролита, а также подзарядите батарею, если плотность электролита упала ниже 1,260.
- Проверьте систему вентиляции на отсутствие помех и препятствий во входных и выходных каналах генератора.

- Проверьте наличие и готовность всех требуемых инструментов и принадлежностей для техобслуживания.

Семейство двигателей	Температура выхлопной трубы Калиброванная термопара
Серия «В»	550
Серия «С»	600
LTA10	650
M11	650
NT(A)855	650
N14	650
QSX15	700
KTA19	650
VTA28	650
QST30	650
KTA38	650
QSK45	700
KTA50	700
QSK60	700
QSK78	700

Таблица Е-1. Рекомендованные минимальные значения температуры выхлопной трубы (Температура выхлопных газов измеряется термопарой. Использование внешнего термометра не дает точного измерения, чтобы оценить температуру газов в системе выпуска)

Полугодовое

- Сменить масляные фильтры двигателя.
- Заменить фильтр или фильтры в охлаждающем контуре кондиционера..
- Очистить или заменить фильтр или фильтры сапуна картера.
- Сменить топливный фильтр или фильтры, слить осадок из топливных баков, проверить топливные шланги на отсутствие порезов и абразивного износа, а также проверьте механизм привода регулятора.
- Проверьте органы управления электробезопасностью и систему сигнализации.
- Очистите генераторную установку от скоплений консистентной смазки, масла и грязи.
- Проверьте электропроводку системы распределения энергии, соединения, автоматические выключатели и переключающие устройства.
- Смоделируйте отключение сети от источника внешнего электроснабжения. Это позволит проверить способность генераторной установки на запуск и принятие номинальной нагрузки. Проверьте работу автоматических коммутационных средств и элементов управления, а также все другие компоненты в системе резервного источника питания.

Годовое

- Проверьте ступицу вентилятора, шкивы и водяной насос.
- Очистите дыхательный клапан суточного топливного бака.
- Проверьте и подтяните выпускной коллектор и элементы крепления турбокомпрессора.
- Подтяните крепежные детали опор генераторной установки.
- Очистите выходной силовой шкаф генераторной установки и шкаф системы управления. Проверьте и подтяните все ослабленные соединения электропроводки. Измерьте и запишите сопротивление изоляции обмоток генератора. Проверьте работу нагревательных лент генератора и смажьте консистентной смазкой подшипники. .

- Проверьте от руки работоспособность основного автоматического выключателя генератора (если таковой используется). Испытайте блок срабатывания в соответствии с указаниями изготовителя.
- Если установка нормально проходит тренировки без нагрузки или принимает только легкие нагрузки, то дайте установке поработать не менее 3-х часов, в том числе один час с нагрузкой близкой к номинальной.
- Ежегодно в течение всего срока службы генераторной установки проводите испытания генератора на сопротивление изоляции. Первоначальные испытания, сделанные до окончательного подключения нагрузки, будут служить эталоном для последующих ежегодных испытаний. Эти испытания являются обязательными для генераторных установок, нормированных на напряжение переменного тока свыше 600В. Для справок см. Стандарт 43, ANSI/IEEE, Рекомендованная практика для испытаний сопротивления изоляции во вращающихся машинах.

ПРИЛОЖЕНИЕ «F»

ПРИЛОЖЕНИЕ «F»	F-2
Нормы и стандарты	F-2
Стандарты на генераторные установки	F-2
Модификация изделий	F-2

ПРИЛОЖЕНИЕ «F»

Нормы и стандарты

Применимые рабочие стандарты для генераторных установок включают в себя:

Стандарты на генераторные установки

- *Международная электротехническая комиссия*: Стандарт для вращающихся электрических машин, Часть 1 (Категории и рабочие характеристики), IEC 34-1.
- *Международная организация по стандартизации*: Стандарт для ДВС в качестве привода генераторных установок переменного тока, Часть 1-9, ISO 8528.
- *Национальная ассоциация электротехнической промышленности*: Стандарт для электродвигателей и генераторов, NEMA MG1-1.
- *Канадская ассоциация по стандартизации*: CSA 22, Канадские электротехнические нормы. CSA 282, Аварийные источники питания для зданий.
- *Подтверждающие лаборатории*: UL 2200 Стационарные генераторные установки на двигателях. В Северной Америке многие вопросы по безопасности (и экологии), относящиеся к применению генераторных установок, адресуются на следующие стандарты *Национальной ассоциации пожарной безопасности (NFPA)*:
 - Правила обращения с воспламеняемыми и возгораемыми жидкостями – NFPA 30
 - Стандарт по установке и использованию стационарных ДВС и газовых турбин – NFPA 37
 - Национальные нормы по газу как топливу – NFPA 54
 - Хранение и обращение с сжиженным нефтяным газом — NFPA 58
 - Национальные электротехнические нормы – NFPA 70
 - Нормы для объектов здравоохранения - NFPA 99
 - Нормы безопасности людей – NFPA 101
 - Аварийные и резервные системы электропитания – NFPA 110.

Модификация изделий

Генераторные установки и связанное с ними оборудование иногда сертифицируется, регистрируется или иным образом гарантируется, что оно соответствует специфическим нормам и стандартам. Это обычно применяется к изделиям, производимым и поставляемым заказчиком изготовителями комплектного оборудования. Часто эти изделия имеют ту или иную маркировку. Последующие модификации изделия могут улучшить или нарушить соответствие указанному для такого изделия стандарту. Модификация изделия в ряде случаев должна быть представлена для согласования и утверждения местным надзорным органам.

СОДЕРЖАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ «G»

ПРИЛОЖЕНИЕ «G».....	G-2
Глоссарий терминов.....	G-2

ПРИЛОЖЕНИЕ «G»

Глоссарий терминов

АС – (Переменный ток). Переменный ток – это электрический ток, который изменяется от максимального положительного значения до максимального отрицательного значения с определенной частотой повторения, обычно это 50 или 60 колебаний в секунду (Герц).

Генератор АС – Генератор АС – это термин, который предпочитают использовать для обозначения генератора, вырабатывающего переменный ток (АС). См. Генератор переменного тока и Генератор.

Акустический материал – это любой материал, рассматриваемый с точки зрения его акустических свойств, особенно свойств поглощения звука или звукоизоляции.

Активная мощность – это реальная мощность (в киловаттах), которую генераторная установка подает на электрическую нагрузку. Активная мощность вызывает появление нагрузки на двигателе установки, она ограничена мощностью двигателя в лошадиных силах и к.п.д. генератора. Активная мощность выполняет такую работу, как нагрев, освещение, вращение вала электродвигателя и т.д.

Автоматический выключатель с воздушным диэлектриком – автоматически прерывает ток, проходящий через него, если величина этого тока превышает пороговое значение его срабатывания. Воздух является диэлектрической средой между находящимися под напряжением деталями и заземленными металлическими деталями. См. также Выключатель электропитания.

Сигнализатор – это вспомогательное устройство для дистанционной индикации состояния работающего узла системы. Сигнализаторы, как правило, используются в тех случаях, когда контролируемое оборудование расположено не в той части объекта, в которой обычно бывают люди. Национальная Ассоциация Пожарной Безопасности США (NFPA) разработала особые требования для дистанционных сигнализаторов, используемых для некоторых объектов, например, в больницах.

Генератор переменного тока

Генератор переменного тока – это еще один термин генератора АС.

Компенсационные обмотки

Компенсационные обмотки синхронного генератора переменного тока – это проводники, вставленные в пазы полюсов ротора. Они соединены между собой на обоих концах полюсов с помощью торцевых колец. Их функция заключается в ослаблении паразитных колебаний при изменениях нагрузки.

Допустимая токовая нагрузка в амперах – это безопасная допустимая токовая нагрузка электрического проводника в амперах, определяемая нормативными требованиями.

Ампер – это единица измерения величины проходящего электрического тока. Ток величиной в 1 ампер проходит через проводник, если к нему приложена разность потенциалов в 1 вольт и сопротивление которого составляет 1 ом.

Кажущаяся мощность – это произведение величины тока на напряжение, выраженное в киловольт-амперах (kVA). Это активная мощность в киловаттах (kW), деленная на коэффициент мощности (PF).

Якорь. Якорь генератора переменного тока – это сборочный узел, состоящий из обмоток и металлических пластин сердечника (магнитопровода), где возбуждается выходное напряжение. В генераторе вращающегося электромагнитного поля это неподвижная часть машины (т.е. статор).

Уполномоченный с правом юрисдикции

Уполномоченный с правом юрисдикции – это лицо, на которое по закону возложена ответственность за инспектирование какого-либо объекта и одобрения оборудования на таком объекте, если оно отвечает установленным нормам и стандартам.

Резервная защита

Резервная защита состоит из защитных устройств, которые предназначены для работы только при выходе из строя других защитных устройств или невозможности обнаружить неисправность.

Базисная нагрузка

Базисная нагрузка – это такая часть существующей потребности нагрузки здания, которая остается постоянной. Это «базис» для построения кривой потребности здания.

«Черный» запуск

«Черный» запуск относится к запуску энергосистемы с помощью ее собственных источников энергии, не прибегая к помощи внешних источников энергоснабжения.

Безударный или мягкий переход

Безударный или мягкий переход – это сделанное до разрыва переключение электрической нагрузки от одного источника на другое, где переходные процессы по напряжению и частоте сведены к минимуму.

Шина

Шиной называются токопроводящие медные пластины, которые соединяют генераторы переменного тока и нагрузки в системе параллельного включения, к параллельному выходу генераторов переменного тока в систему или к фидеру в системе распределения электроэнергии.

Цепь

Цепь – это путь для прохождения электрического тока между точками с различными потенциалами (напряжение).

Автоматический выключатель (автомат защиты)

Автоматический выключатель – это защитное устройство, которое автоматически прерывает прохождение тока через себя, если величина тока превышает определенное значение в течение заданного промежутка времени. См. также Автоматический выключатель с воздушным диэлектриком, Главный выключатель, Выключатель в литом корпусе и Выключатель электропитания.

Контактор

Контактор – это устройство для замыкания и размыкания электрической цепи.

Непрерывная нагрузка

Непрерывная нагрузка – это такая нагрузка, при которой максимальная величина тока может действовать в течение 3-х и более часов (согласно определению NEC для проектных расчетов).

Взаимная компенсация тока

Взаимная компенсация тока – это способ управления реактивной мощностью, вырабатываемой генераторами переменного тока в системах параллельного включения, при которой общая реактивная нагрузка на шину распределяется между ними равномерно, без значительного снижения напряжения.

СТ (Трансформатор тока)

Трансформаторы тока – это приборные трансформаторы, используемые совместно с амперметрами, цепями управления и релейной защитой. Их вторичные цепи рассчитаны, как правило, на 5 ампер.

Ток

Ток – это движение электрического заряда. Единица измерения тока – ампер.

Токоограничивающий плавкий предохранитель

Токоограничивающий плавкий предохранитель – это быстродействующее устройство, которое при прерывании тока в заданном токоограничивающем диапазоне значительно снижает амплитуду тока, как правило, в пределах одного полупериода.

Цикл (период повторения)

Цикл – это одно полное изменение направления переменного тока или напряжения – от нуля до положительного максимального значения, затем спад до нуля и затем от нуля до отрицательного максимального значения и вновь спад до нуля. Количество таких циклов в секунду называется частотой.

Шкала децибел dB / dB(A)

Шкала децибел (dB), используемая для измерения уровня звука, является логарифмической. Приборы для измерения уровня звука в децибелах часто имеют несколько шкал (A, B, C). Шкала «А», где децибелы обозначаются как dB(A) – это наиболее распространенная на практике шкала для измерения уровня шума, излучаемого генераторными установками.

Соединение типа «Дельта» (Треугольник)

Соединением «Дельта» называется 3-х фазное соединение, где начало каждой фазы соединяется с концом следующей фазы, образуя, в конечном счете, греческую букву Δ («Дельта»). Линии нагрузки соединяются с углами «Дельты».

Коэффициент нагрузочной потребности

Коэффициент нагрузочной потребности – это соотношение фактической нагрузки к потенциальной подключаемой суммарной нагрузке.

Коэффициент отклонения

Коэффициент отклонения – это максимальное мгновенное отклонение напряжения генератора, выраженное в процентах, от истинной синусоидальной кривой, имеющей то же самое среднеквадратичное значение и частоту.

Электрическая прочность диэлектрика

Электрическая прочность диэлектрика – это способность изоляции выдерживать напряжение без ее пробоя.

Постоянный ток (DC)

Постоянный ток – это ток, не изменяющий свое направление при условии, что не изменена полярность.

Дифференциальное реле

Дифференциальное реле – это устройство защиты, ток на которое подается трансформаторами тока, расположенными в двух различных последовательно соединенных точках электрической цепи. Дифференциальное реле сравнивает значения тока и реагирует, если между двумя показаниями появляется разница, означающая неисправность в зоне защиты. Они обычно применяются для защиты обмоток в генераторах или трансформаторах.

Заземление

Заземление – это преднамеренное подключение электрической системы или электрического оборудования (кожухов, защитных каналов, рам и т.д.) к земле.

К.п.д. (EFF)

К.п.д. – это отношение энергии на выходе к энергии на входе, например, отношение между электрической энергией, подаваемой на электродвигатель, и механической энергией на валу электродвигателя.

Система аварийного электропитания

Система аварийного питания – это независимый источник энергоснабжения, требуемый по закону для питания оборудования или систем, отказ которых может привести к угрозам для безопасности людей или имущества.

Энергия

Энергия проявляется в таких формах, как электричество, тепло, свет и способность выполнять работу. Она может быть преобразована из одной формы в другую, например, в генераторной установке механическая энергия вращения преобразуется в электрическую энергию. Обычные единицы измерения энергии: киловатт-часы (kWh), Британская тепловая единица (Btu), лошадиная сила / час (hp·h), фут-фунт, джоуль и калория..

Возбудитель

Возбудитель – это устройство, которое подает постоянный ток на обмотки возбуждения синхронного генератора, вызывая появление потока магнитной индукции, необходимого для возбуждения выходного напряжения в обмотках якоря (статора). См. Поле.

Короткое замыкание

Короткое замыкание – это любой непреднамеренное прохождение тока за пределами той электрической цепи, где он должен бы идти.

Поле

Поле подмагничивания генератора (ротор) состоит из многополюсного электромагнита, который наводит выходное напряжение в обмотках якоря (статора) генератора, когда ротор приводится во вращение от двигателя. Поле возбуждается постоянным током от возбуждателя.

Свободное поле (Измерение шума)

При измерении уровня шума свободным полем называется поле в однородной, изотропной среде (т.е. в среде, которая имеет способность передавать звук равномерно во все стороны), и которая не имеет границ. На практике это поле, влиянием границ на которое можно пренебречь в той области, которая нас интересует. В свободном поле уровень звукового давления уменьшается на 6 децибел при каждом удвоении расстояния от точечного источника звука.

Частота

Частота – это количество полных циклов любой периодически изменяющейся величины на единицу времени, например, напряжения переменного тока или величины переменного тока. Обычно выражается в герцах (Hz) или циклах в секунду (CPS).

Регулирование частоты

Регулирование частоты – это измерение, которое устанавливает разницу между частотой без нагрузки и частотой при полной нагрузке в виде процента от частоты при полной нагрузке.

Генератор

Генератор – это электрическая машина, которая преобразует вращающуюся механическую энергию в электрическую энергию. См. также генератор переменного тока.

Защита от короткого замыкания на землю (GFP)

Система защиты от короткого замыкания на землю – это система, предназначенная для ограничения ущерба для оборудования от токов короткого замыкания.

Регулятор

Регулятор (оборотов) – это устройство на двигателе, которое управляет расходом топлива с целью поддержания постоянных оборотов двигателя при разных условиях приложения нагрузки. Регулятор должен предусматривать корректировку скорости вращения двигателя (а следовательно и частоты генератора) и спады кривой оборотов (из режима без нагрузки до полной нагрузки).

Земля

Земля – это соединение, сделанное преднамеренно или случайно, между электрической цепью и землей или каким-то токопроводящим предметом, выполняющим функцию заземления.

Заземление

Заземление – это преднамеренное соединение электрической системы или электрического оборудования (кожуха, защитные каналы, рамы и т.д.) на землю.

Заземленный нейтральный провод

Заземленный нейтральный провод – преднамеренное заземление центральной точки 4-х жильного генератора со схемой соединения «звезда» или средняя точка отвода обмотки однофазного генератора.

Замыкание через землю

Замыкание через землю – это способ определения короткого замыкания на землю, где используется один датчик (трансформатор тока (СТ), замыкающий основную навесную перемычку между нейтралью системы электропитания и землей. Само по себе это устройство не способно определить замкнувшуюся на землю цепь, но при использовании вместе с датчиками короткого замыкания на всех фидерах и соединениях источника питания, он может обеспечить защиту шины от короткого замыкания при правильной координации (задержке).

Гармоники

Гармоники — это составляющие напряжения или тока, которые действуют как интегральные множители основной частоты системы энергоснабжения (50 или 60 Герц). Гармонические токи влияют на кривую напряжения, искажая чисто синусоидальную форму этой кривой.

Герц (Гц)

Термин Герц — это обозначение числа циклов в секунду (CPS).

Качение

Качение — это явление, которое может произойти при изменениях нагрузки, когда частота или напряжение продолжает увеличиваться свыше необходимого предела и уменьшаться ниже необходимого предела, не достигая установившегося значения. Причиной качания является недостаточное гашение колебаний.

Изоляция

Изоляция — это не проводящий ток материал, который применяют для предотвращения утечки электрического тока из проводника. Существуют несколько классов изоляции, каждый из которых характеризуется величиной максимальной температурой непрерывной эксплуатации.

Рывок

Скорость изменения ускорения. Часто используется для оценки рабочих качеств лифтов.

кВА (кило-Вольт-Амперы)

кВА — это термин, характеризующий номинальную электрическую мощность какого-то устройства. Номинальная мощность устройства в кВА эквивалентна его номинальному выходному току в амперах, умноженному на номинальное рабочее напряжение. Для 3-х фазных генераторных установок кВА — это выходная номинальная мощность в кВт, деленная на коэффициент мощности 0,8. кВА — это векторная сумма активной мощности (кВт) и реактивной мощности (кВАР), проходящих в электрической цепи.

кВАР (кило-Вольт-Амперы Реактивные)

кВАР — произведение напряжения и тока, требуемое для возбуждения индуктивных цепей. Это связано с реактивной мощностью, которая проходит между обмотками параллельно включенных генераторов и между генераторами и нагрузочными обмотками, создающими токи подмагничивания, необходимые для работы трансформаторов, электродвигателей и других электромагнитных нагрузок. Реактивная мощность не нагружает двигатель генераторной установки, но на деле ограничивает генератор с точки зрения температуры.

кВт (кило-Ватты)

Киловатты — это термин, используемый для характеристики мощности электрических приборов и оборудования. Генераторные установки в США обычно нормируются в кВт, которая иногда называется активной мощностью. Киловаттами иногда называют активную мощность, которая нагружает двигатель генераторной установки.

кВт·ч (киловатт-час)

Это единица измерения электрической энергии. Она эквивалентна одному киловатту электрической мощности, произведенной в течение одного часа.

Коэффициент запаздывания мощности

Коэффициент запаздывания мощности в цепях переменного тока (коэффициент мощности менее 1,0) является результатом индуктивных нагрузок, например, электродвигателей и трансформаторов, которые заставляют ток запаздывать по отношению к напряжению. См. также коэффициент мощности

Коэффициент опережения мощности

Коэффициент опережения мощности в цепях переменного тока (0,0-1,0) вызывается наличием емкостных нагрузок или перевозбужденных синхронных электродвигателей, которые заставляют ток опережать напряжение. См. также коэффициент мощности.

Фаза

Понятие Фаза относится к фазной обмотке генератора или фазному проводу в системе распределения электроэнергии.

Линейное напряжение

Линейное напряжение — это напряжение между любыми двумя фазами генератора переменного тока.

Фазное напряжение

В 3-х фазном, 4-х жильном генераторе с соединением типа «звезда», фазное напряжение – это напряжение между фазой и общим нейтральным проводом, где 3 фазы соединены вместе.

Коэффициент нагрузки

Коэффициент нагрузки – это отношение средней нагрузки к номинальной мощности генераторной установки.

Низкое напряжение

В контексте настоящего Руководства под низким напряжением подразумевается рабочее напряжение системы переменного тока величиной от 120 до 600 В.

Выводные зажимы

Крепежные (концевые) лепестки, прикрепляемые к концам проводов.

Главный выключатель

Главный выключатель – это выключатель цепи, стоящий на входе или выходе шины, через который должна идти вся мощность шины. Главный выключатель генератора – это устройство, обычно монтируемое непосредственно на генераторной установке, которое можно использовать для прерывания выходной мощности генераторной установки.

Электросеть

Электросеть – это термин, широко используемый за пределами США, чтобы охарактеризовать нормальный источник электроснабжения (коммунальная сеть или электростанция).

Среднее напряжение

В контексте настоящего Руководства под средним напряжением подразумевается рабочее напряжение системы переменного тока величиной от 601 до 15 тыс. вольт.

Выключатель в литом корпусе

Выключатель в литом корпусе автоматически прерывает проходящий через него ток, если величина тока превышает определенный уровень в течение определенного периода времени. Понятие «*литой корпус*» означает, что в качестве средства электрической изоляции для корпуса прибора и для разделения токопроводящих поверхностей друг от друга и от заземленных металлических деталей используется литой пластик.

Прокрутка

При параллельном включении, если генераторная установка не отключена от шины, когда происходит отказ приводного двигателя этой генераторной установки (обычно из-за проблем с системой питания топливом), то такой генератор начнет действовать как приводной электродвигатель, прокручивая дизельный двигатель и получая для этого энергию от шины. Защита от обратной мощности, которая автоматически отключает от шины, очень важна для систем с параллельным включением. Кроме того, в некоторых применениях, например, лифтах, нагрузка может быть той электродвижущей силой, которая приводит в действие генераторную установку как электродвигатель, если недостаточна дополнительная нагрузка.

NEC (Национальный электротехнический стандарт)

Этот документ наиболее широко используется для ссылок по общим электротехническим стандартам в США.

NEMA

Национальная ассоциация изготовителей электротехнического оборудования (США)

Нейтраль

Нейтралью называется общая точка генератора переменного тока с соединением «звезда», провод, подсоединенный к этой точке или к середине обмотки однофазного генератора переменного тока.

NFPA

Национальная ассоциация пожарной безопасности (США)

Ненормативные районы

Это районы страны, которые постоянно не соблюдают стандарты по качеству воздушной среды, установленные Агентством США по защите окружающей среды (EPA).

Нелинейная нагрузка

Нелинейная нагрузка – это такая нагрузка, для которой взаимосвязь между напряжением и током не является линейной функцией. Некоторые широко встречающиеся нелинейные нагрузки – это люминесцентное освещение, тринисторные (SCR) устройства пуска электродвигателей и системы бесперебойного электропитания (UPS). Нелинейные нагрузки приводят к чрезмерному нагреву проводника и искажению напряжения.

Октавный диапазон

При измерениях звукового давления (с применением анализатора октавного диапазона) октавными диапазонами называются восемь полос частот измеряемого спектра звуковой частоты, где самая высокая частота каждого диапазона в два раза больше самой низкой частоты этого диапазона. Октавные диапазоны характеризуются их центральными частотами, как правило, это: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 герц (циклов в секунду).

Ом

Ом – это единица измерения электрического сопротивления. Напряжение 1 Вольт вызовет прохождение тока 1 Ампер через резистор с сопротивлением 1 Ом.

Однолинейная схема

Однолинейная схема – это схема 3-х фазной системы распределения, которая использует одну линию, чтобы показать все 3 фазы. Использование такой схемы легко понять, чтобы разобраться в чертеже, где одна линия соответствует трем линиям.

Не в фазе

Выражение «не в фазе» относится к переменным токам и напряжениям той же самой частоты, которые не проходят через свои нулевые точки в одно и то же время.

Параметр перегрузки

Параметр перегрузки устройства – это нагрузка, которая превышает номинальные параметры такого устройства, которые оно способно выдерживать в течение определенного периода времени без выхода из строя.

Перерегулирование

Перерегулирование относится к величине, на которую напряжение или частота выходят за нормальные пределы регулятора напряжения, пока он не среагирует на изменения в нагрузке.

Работа в параллельном режиме

Работа в параллельном режиме – это работа двух или нескольких источников переменного тока, чьи выходные концы подключены к общей нагрузке.

Пиковая нагрузка

Пиковая нагрузка – это самая высокая точка кривой нагрузочной потребности питаемого на объекте оборудования в киловаттах. Она используется как базис для определения потребного уровня мощности от организации, обеспечивающей энергоснабжение.

Ограничение максимума нагрузки

Ограничение максимума нагрузки – это процесс, с помощью которого нагрузки на объекте потребителя энергии снижаются на короткий период времени, чтобы ограничить максимальную потребность в электроэнергии для оборудования на объекте и избежать части затрат от местной электростанции.

Фаза

Фаза – это понятие, имеющее отношение к обмоткам генератора переменного тока. В 3-х фазном генераторе есть три обмотки, которые обозначаются обычно как A-B-C, R-S-T или U-V-W. Фазы отделены друг от друга на 120 градусов, т.е. в те моменты, когда 3-х фазные напряжения проходят через нулевую отметку или достигают своего максимума, они отстоят друг от друга на 120 градусов с учетом того, что полный цикл соответствует 360 градусам. Однофазный генератор имеет только одну обмотку.

Генератор на постоянном магните (PMG)

Генератор на постоянном магните – это генератор, чье магнитное поле создается постоянным магнитом в отличие от электромагнитного поля, создаваемого обмотками. Он используется для создания энергии возбуждения для генераторов переменного тока с независимым возбуждением.

Сдвиг по фазе

Сдвиг по фазе – это понятие, которое относится к взаимосвязи между двумя синусоидальными кривыми, которые проходят через нулевую отметку не одновременно, например, фазы в 3-х фазном генераторе. Считая, что один полный цикл равен 360° , сдвиг по фазе показывает, насколько далеко расходятся между собой две кривые по отношению к полному циклу.

Чередование фаз

Чередование фаз (или очередность фаз) характеризует порядок следования (A–B–C, R–S–T или U–V–W) фазных напряжений на выходных концах 3-х фазного генератора. Чередование фаз генераторной установки должно совпадать с чередованием фаз нормального источника электроснабжения для питаемого оборудования на объекте и должно проверяться до подключения электрических нагрузок на объекте.

Шаг

Шаг – это отношение числа прорезей в обмотке статора генератора, где помещена каждая катушка, к числу прорезей обмотки на полюс. Это характеристика механической конструкции, которую может использовать конструктор генератора для оптимизации соотношения стоимости генератора и качества формы кривой напряжения.

Полюс

Понятие «полюс» относится к магнитам, которые бывают двухполюсными. Полюса магнита обозначаются как Южный и Северный. Так как магниты имеют два полюса, поэтому все генераторы имеют четное число полюсов. Число полюсов определяет, насколько быстро должен вращаться генератор, чтобы достичь заданной частоты. Например, генератор с 4-х полюсным магнитным полем, должен вращаться со скоростью 1800 мин^{-1} , чтобы получить на выходе частоту 60 Герц (1500 мин^{-1} для частоты 50 герц).

Понятие «полюс» также можно применить к электродам аккумуляторной батареи или к нескольким фазам, в цепях которых стоит выключатель или размыкатель.

Выключатель электропитания

Выключатель электропитания – это выключатель цепи, контакты которого принудительно замкнуты с помощью пружины под нагрузкой, через центральный механизм, чтобы добиться быстрого замыкания (за 5 циклов) и высоких характеристик устойчивости и прерывания. Выключатель электропитания может быть в изолированном корпусе или это может быть выключатель с воздушным дутьем.

Мощность

Мощность характеризует скорость выполнения работы или количества энергии на единицу времени. Обычно механическая мощность выражается в лошадиных силах, а электрическая мощность в киловаттах. $1 \text{ кВт} = 1,34 \text{ л.с.}$

Коэффициент мощности (PF)

Наличие индуктивностей и электрических емкостей в цепях переменного тока приводит к тому, что точки, в которых кривая напряжения проходит через нулевую отметку, отличаются от точек, в которых через нулевую отметку проходит кривая тока. Если кривая тока идет впереди кривой напряжения, то появляется опережающий коэффициент мощности, например, в случае с емкостными нагрузками или с перевозбужденными синхронными электродвигателями. Если кривая напряжения идет впереди кривой тока, возникает запаздывающий коэффициент мощности. Обычно так и происходит. Коэффициент мощности показывает, до какой степени нуль напряжения отличается от нуля тока. Учитывая, что один полный цикл равен 360° , мы можем выразить разницу между двумя нулями в виде угла. Коэффициент мощности вычисляется как косинус угла между нулевыми отметками и выражается в виде десятичной дроби (0,8) или в виде процентного соотношения (80%). Это соотношение, существующее между мощностью и напряжением. Другими словами, $\text{kW} = \text{kVA} \times \text{PF}$.

Радиопомехи

Радиопомехи относятся к помехам при приеме радиосигналов, возникающих от работающих генераторных установок.

Подавление радиопомех

Подавление радиопомех относится к способам защиты, снижающих до минимума влияние таких помех.

Реактивное сопротивление

Реактивное сопротивление – это понятие, означающее препятствие для прохождения тока в цепях переменного тока из-за наличия в них индуктивностей и емкостей. Оно выражается в Омах и обозначается как X.

Реактивная мощность

Реактивная мощность – это произведение тока, напряжения и синуса угла, при котором ток опережает или отстает от напряжения, и выражается в виде VAR (реактивные вольт-амперы).

Активная мощность

Активная мощность – это произведение тока, напряжения и коэффициента мощности (косинус угла, при котором ток опережает или отстает от напряжения) и выражается в ваттах.

Сопротивление

Сопротивление – это препятствие для прохождения тока в цепях постоянного тока. Выражается в Омах и обозначается буквой R.

Среднеквадратичное (значение) - RMS

Среднеквадратичное значение – измеренное значение, например, напряжения, тока и мощности в виде их «эффективных» значений. См. Ватт.

Ротор

Ротор – это вращающаяся часть электрической машины (электродвигателя или генератора).

RPM (мин⁻¹)

Число оборотов в минуту.

SCR (выпрямитель на тринисторе)

Это полупроводниковый прибор с 3 электродами (тринистор), который позволяет прохождению тока только в одном направлении, и действует только тогда, когда на третий (управляющий) электрод подается соответствующий потенциал.

Селективная координация

Селективная координация – это избирательное применение устройств защиты при перегрузке по току, например, токов короткого замыкания, которые такое устройство немедленно устраняет на стороне, где возникло короткое замыкание, и только с помощью такого устройства.

Самовозбуждение

Это понятие относится к генератору переменного тока, чья система возбуждения работает от своего собственного основного выходного напряжения переменного тока.

Независимое возбуждение

Это понятие относится к генератору переменного тока, чья система возбуждения работает от отдельного источника (а не от собственного выхода генератора).

Служебный вход

Служебный вход – это точка, где централизованная система электроснабжения подводится к объекту (потребителю электроэнергии). В низковольтных системах нейтральный провод заземляется в точке служебного входа.

Рабочий коэффициент

Рабочий коэффициент – это множитель, который применяется к номинальной мощности электродвигателя в л.с., чтобы показать увеличение выходной мощности (способности к перегрузке электродвигателя) при определенных условиях.

Короткозамкнутая цепь

Короткозамкнутая цепь обычно представляет собой непреднамеренное электрическое соединение между токонесущими деталями.

Шунтовое (параллельное) возбуждение

Это понятие относится к генератору переменного тока, который использует часть своего выходного напряжения переменного тока для создания тока возбуждения.

Шунтовый разъединитель

Шунтовый разъединитель – это устройство, дополняющее автоматический выключатель или выключатель с плавким предохранителем, чтобы обеспечить дистанционное размыкание цепи автоматического выключателя с помощью электрического сигнала.

Синусоидальная кривая

Синусоидальная кривая – это графическое отображение синусоидальной функции, где значения синуса (обычно отображаемые на оси «Y») относительно углов (на оси «X»), которым они соответствуют. Формы колебаний переменного напряжения и тока примерно следуют такой кривой.

Плавная нагрузка

Понятие плавной нагрузки относится к постепенному линейному нарастанию или снижению нагрузки генератора в целях минимизации влияния переходных процессов на напряжение и частоту системы.

Звук

Звук рассматривается как с точки зрения перемещающихся в воздухе волн звукового давления, (т.е. давления, наложенное на атмосферное давление), так и с точки зрения соответствующих слуховых ощущений. Звук может «передаваться конструкциями», т.е. он перемещается через любую плотную эластичную среду, но становится слышимым только в тех точках, где плотная среда «излучает» волны давления в воздух.

Измеритель уровня звука

Измеритель уровня звука измеряет уровень звукового давления. В нем имеется несколько шкал (A, B, C) со встроенными частотами (в децибелах), чтобы охватить различные участки диапазона измеряемой громкости. Измерители уровня шума показывают среднеквадратичное значение шума, если измерения не квалифицируются как имеющие мгновенный уровень или пиковый уровень звука.

Уровень звукового давления (SPL)

Уровень звукового давления относится к амплитуде разности давления, вызванного звуковой волной. Эта величина измеряется по шкале децибел (A, B, C), настройка которой ведется по какому-либо эталону (как правило, 10-12 микробар).

Резервная система (электропитания)

Резервная система электропитания – это независимая система электропитания, которая позволяет эксплуатировать объект потребителя энергии в случае отключения нормального источника электроснабжения.

Соединение типа «Звезда»

См. соединение типа «Звезда».

Пусковой ток

Это первоначальное значение тока, отбираемого электродвигателем, когда он запускается из неподвижного состояния.

Статор

Статор – это неподвижная часть электрической машины (генератора или электродвигателя). См. также Якорь.

Бросок

Бросок или скачок – это внезапное увеличение напряжения в системе, создаваемое, как правило, при отключении нагрузки.

Подавители бросков

Подавители бросков напряжения представляют собой устройства, способные компенсировать высокие напряжения на переходных процессах. Они используются для защиты других устройств, которые могут выйти из строя из-за переходных напряжений.

Синхронизация

В системах параллельного питания синхронизация достигается в том случае, когда подключаемая к такой системе генераторная установка согласована с той же самой частотой, напряжением и чередованием фаз, как и работающий источник электропитания.

Коэффициент влияния на телефонную связь (TIF)

Более высокие гармоники в форме волны напряжения генератора могут создавать нежелательные помехи на телефонную связь, когда линии электропередач идут параллельно телефонным линиям. Для расчета коэффициента влияния на телефонную связь надо возвести в квадрат среднеквадратичные значения основной и нетройной последовательности гармоник, сложить их вместе, а затем извлечь из полученной суммы квадратный корень.

Отношение этого значения к величине среднеквадратического значения кривой напряжения без нагрузки называется сбалансированным коэффициентом помех проводной связи. Отношение данной величины к утроенному значению среднеквадратического значения напряжения при переходе от фазы без нагрузки к нейтральному называется остаточным явлением коэффициента помех проводной связи.

Трансформатор

Трансформатор – это устройство, которое изменяет напряжение источника переменного тока одной величины на другое.

Отрицательный выброс

Отрицательный выброс относится к напряжению или частоте, величина которых падает ниже их номинальных значений до того момента, пока регулятор напряжения или скорости вращения не отреагирует на изменения в нагрузке.

Электростанции общего пользования

Электростанция – это коммерческий источник централизованного энергоснабжения, который снабжает электроэнергией своих потребителей.

Вольт

Вольт – это единица измерения электрических потенциалов (напряжения). Потенциал в 1 вольт вызовет ток в 1 ампер в цепи с сопротивлением в 1 ом.

Просадка напряжения

Просадка напряжения – это понижение напряжения, которое происходит при внезапном повышении нагрузки. Данное явление возникает до того, как регулятор может откорректировать его. Просадка напряжения может также произойти в процессе работы регулятора напряжения, чтобы разгрузить перегруженный двигатель-генератор.

Регулирование напряжения

Регулирование напряжения – это средство измерения различия между максимальным и минимальным значениями напряжения в установившемся режиме, выраженное в виде процента от номинального значения напряжения.

Регулятор напряжения

Регулятор напряжения – это устройство, которое поддерживает выходное напряжение генератора вблизи его номинального значения в ответ на изменение условий нагрузки.

Ватт

Ватт – это единица электрической мощности. В цепях постоянного тока мощность равна произведению напряжения на ток. В цепях переменного тока мощность равна эффективному (среднеквадратичному) значению напряжения, умноженному на эффективное (среднеквадратичное) значение тока, умноженному на коэффициент мощности и умноженному на постоянную величину в зависимости от числа фаз. 1000 ватт = 1 кВт.

Соединение типа «Звезда»

Это способ соединения фаз в 3-х фазной системе, чтобы создать конфигурацию, напоминающую латинскую букву «Y», т.е. в виде «звезды». Четвертый (нейтральный) провод может подключаться к центральной точке «звезды».

Нулевая очередность

Нулевая очередность – это способ определения короткого замыкания на землю, где используется датчик (трансформатор тока), который замыкает все проводники фаз, а также нейтральные провода. Датчик выдает на выходе значение, пропорциональное несбалансированности тока короткого замыкания в цепи. Затем это выходное значение измеряется с помощью реле, что заставляет сработать автоматический выключатель цепи или аварийный сигнал короткого замыкания на землю.

Зоны защиты

Зоны защиты – это определенные районы внутри распределительной системы, которые защищены специальными группами.

СОДЕРЖАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ «Н»

ПРИЛОЖЕНИЕ «Н»	Н-2
Перечень рисунков	Н-2

APPENDIX H

Перечень рисунков

Рис. 2–1. Типовая однолинейная схема системы распределения электроэнергии	2–5
Рис. 2–2. Резервные источники электропитания	2–7
Рис. 2–3. Первичный источник электропитания с неограниченным временем работы . . .	2–7
Рис. 2–4. Первичный источник электропитания с ограниченным временем работы	2–8
Рис. 2–5. Базисная нагрузочная мощность	2–8
Рис. 3–1. Просадка напряжения в медицинской визуализирующей аппаратуре	3–13
Рис. 4–1. 4-х полюсный генератор в разрезе	4–5
Рис. 4–2. Генератор с самовозбуждением	4–6
Рис. 4–3. Генератор с независимым возбуждением (на постоянном магните)	4–6
Рис. 4–4. Типовой профиль напряжения при приложении и снятии нагрузки	4–7
Рис. 4–5. Типовые кривые насыщения генератора	4–8
Рис. 4–6. Чувствительность системы возбуждения	4–8
Рис. 4–7. Посадка напряжения на переходном режиме	4–10
Рис. 4–8. Типовая пусковая характеристика электродвигателя при прямом запуске (Допуская, что к выводам электродвигателя приложено 100% номинального напряжения)	4–11
Рис. 4–9. Длительная посадка напряжения	4–12
Рис. 4–10. Типовая схема генератора NEMA с посадкой напряжения на переходных режимах в зависимости от полной пусковой мощности электродвигателя . .	4–12
Рис. 4–11. Характеристика симметричной 3-фазной короткозамкнутой цепи	4–13
Рис. 4–12. Возможности короткозамкнутой цепи	4–13
Рис. 4–13. Примерные температуры короткозамкнутой обмотки	4–14
Рис. 4–14. Типовые соединения электрического стартера (система питания 24 В)	4–16
Рис. 4–15. Зависимость электрического сопротивления от длины кабеля разного сортамента	4–17
Рис. 4–16. Типовая система воздухопроводов для пневмостартера	4–18
Рис. 4–17. 2-х проводная интерфейсная панель управления	4–19
Рис. 4–18. Интерфейсная панель управления «Детектор 12»	4–19
Рис. 4–19. Микропроцессорная система управления электропитанием <i>Power Command</i> .	4–20
Рис. 4–20. Электронная система <i>Power Command</i> с функцией полных полномочий	4–20
Рис. 4–21. Монтаж нагревателя рубашки охлаждения: Запорный кран подогревателя, Тип шланга и маршрут его прокладки	4–27
Рис. 5–1. Общие обслуживаемые нагрузки генераторной установки	5–5
Рис. 5–2. Общие обслуживаемые нагрузки нескольких генераторных установок	5–6
Рис. 5–3. Применение одиночной генераторной установки резервного питания	5–7
Рис. 5–4. Применение нескольких генераторных установок с несколькими автоматами ввода резерва	5–8
Рис. 5–5. Простая система генератора высокого и низкого напряжения как источника основного электропитания	5–9
Рис. 5–6. Схема высокого и низкого напряжения для нагрузок нескольких генераторов и централизованной сети электроснабжения	5–10
Рис. 5–7. Низковольтный генератор для применения на среднем и высоком напряжении	5–11
Рис. 5–8. Параллельная работа генераторов	5–17
Рис. 5–9. Пример системы распределения высокого, среднего и низкого напряжения . .	5–20
Рис. 5–10. Типовое управление генераторной установки и вспомогательная обмотка . .	5–23
Рис. 5–11. Допустимая токовая нагрузка фидера	5–25
Рис. 5–12. Разрешаемое разбалансирование однофазной нагрузки (для типового 3-х фазного генератора фирмы <i>Cummins Power Generation</i>)	5–27
Рис. 5–13. Типовая кривая реактивной мощности генератора в установившемся режиме.	5–28
Рис. 5–14. Типовые однолинейные схемы альтернативных способов заземления системы	5–29
Рис. 5–15. Типовая система заземления низкого сопротивления для генераторной установки среднего напряжения и оборудования передачи нагрузки	5–32
Рис. 5–16. Типовая система и заземляющие соединения оборудования в месте ввода обслуживающего оборудования централизованной сети	5–33
Рис. 5–17. Кривая спада генератора	5–37
Рис. 5–18. Эффект короткого замыкания на 100-амперном автоматическом выключателе с характеристикой срабатывания «А»	5–39

Рис. 5–19. Эффект короткого замыкания на 100-амперном автоматическом выключателе с характеристикой срабатывания «В»	5–40
Рис. 5–20. Характеристическая кривая временной зависимости от тока системы управления PowerCommand® с AmpSentry™ + кривая повреждения генератора (Примечание: Эта кривая применима ко всем генераторным установкам, оснащенным системой управления Cummins PowerCommand®).	5–42
Рис. 5–21. Типовая схема защиты	5–44
Рис. 6–1. Система мер по борьбе с вибрацией для типовой генераторной установки	6–4
Рис. 6–2. Типовой виброизолирующий фундамент	6–6
Рис. 6–3. Типовой стальной пружинный амортизатор вибраций	6–8
Рис. 6–4. Генераторная установка, смонтированная на пружинных виброизоляторах	6–9
Рис. 6–5. Типовые элементы системы выпуска для генератора, установленного внутри здания	6–11
Рис. 6–6. Типовая система выпуска	6–12
Рис. 6–7: Детали системы выпуска генераторной установки: глушитель с двумя боковыми впускными каналами, гибкие трубные соединения, пожарозащитная проходная муфта и подвесные хомуты.	6–14
Рис. 6–8: Типовая конструкция пожарозащитной муфты для установок с возгораемыми стенами	6–14
Рис. 6–9. Простая система выпуска с защитным колпаком от дождя и снега, не допускающим попадание влаги в выхлопной тракт двигателя.	6–16
Рис. 6–10. Экран от дождя для вертикального выпускного стояка генераторной установки. Размеры даны для типовой 14-дюймовой системы выпуска.	6–16
Рис. 6–11. Образец системы выпуска для выполнения расчетов.	6–18
Рис. 6–12. Противодействие типовых глушителей в зависимости от скорости истечения газов	6–20
Рис. 6–13. Противодействие в тракте выпуска при номинальных диаметрах труб в дюймах (мм).	6–21
Рис. 6–14. Тепловой баланс типовой генераторной установки	6–25
Рис. 6–15. Типовая установка с использованием системы охлаждения наддувочного воздуха класса «воздух-воздух» (система водяного охлаждения для ясности опущена)	6–26
Рис. 6–16. Потоки ОЖ при закрытом термостате холодного контура (LTA) в системе 2P2L	6–27
Рис. 6–17. Охлаждение смонтированным на установке радиатором, поставленным изготовителем генераторной установки	6–28
Рис. 6–18. Охлаждение с помощью теплообменника, смонтированного на установке	6–29
Рис. 6–19. Лист с техническими условиями генераторной установки модели DFXX, где дается «Максимальный статический напор ОЖ».	6–31
Рис. 6–20. Лист с техническими условиями генераторной установки модели DFXX, где указаны «Максимальные потери напора ОЖ на трение».	6–31
Рис. 6–21. Пример системы охлаждения с вынесенным радиатором	6–32
Рис. 6–22. Справочный листок технических данных генераторной установки DFXX со значениями «Расхода ОЖ»	6–34
Рис. 6–23. Потери давления на трение на дюйм (мм) диаметра труб	6–35
Рис. 6–24. Типовая система охлаждения с вынесенным радиатором	6–37
Рис. 6–25. Пример вынесенного радиатора, смонтированного в горизонтальной плоскости	6–37
Рис. 6–26. Система сдвоенного теплообменника (со вторичным вынесенным радиатором)	6–38
Рис. 6–27. Типовая конфигурация интегрированного деаэрационного бака	6–40
Рис. 6–28. Типовая конфигурация интегрированного деаэрационного бака (сердцевина радиатора для наглядности опущена)	6–40
Рис. 6–29. Система с вынесенным радиатором и отдельным деаэрационным баком	6–41
Рис. 6–30. Установка подогревателя ОЖ (обратите внимание на запорный кран подогревателя, тип шланга и маршрут его прокладки	6–44
Рис. 6–31. Температура кипения воды в зависимости от высоты и давления ОЖ	6–45
Рис. 6–32. Температура «окружающей среды» в сравнении с температурой воздуха «на сердцевине радиатора»	6–46
Рис. 6–33. Типовая система деаэрации с верхним баком радиатора	6–48
Рис. 6–34. Система охлаждения с радиатором, смонтированным заводом-изготовителем установки	6–49

Рис. 6–35. Типовая система деаэрации с вынесенным радиатором, см. Рис.6–33).	6–51
Рис. 6–36. Вынесенный радиатор со вспомогательным водяным насосом и вспомогательным баком.	6–53
Рис. 6–37. Вынесенный радиатор с колодцем для горячего конденсата и вспомогательным насосом	6–56
Рис. 6–38. Горизонтально смонтированный вынесенный радиатор и радиатор ОНВ	6–58
Рис. 6–39. Система охлаждения с теплообменником, смонтированным на заводе-изготовителе генераторной установки	6–59
Рис. 6–40. Система с двойным теплообменником (с вторичным охладителем типа «вода-воздух»	6–61
Рис. 6–41. Схема системы охлаждения с применением градирни	6–62
Рис. 6–42. Потери давления от трения на дюйм (миллиметр) диаметра труб	6–64
Рис. 6–43. Тепло, излучаемое в помещение от генераторной установки (Q_{GS})	6–67
Рис. 6–44. Пример со значениями излучаемого тепла из Справочного листа технических данных генераторной установки модели	6–68
Рис. 6–45. Тепло, излучаемое в помещение от глушителя и труб тракта выпуска	6–68
Рис. 6–46. Максимально допустимая температура в помещении и наружная температура	6–70
Рис. 6–47. Пример с данными ТУ для генераторной установки DFXX	6–71
Рис. 6–48. Пример листа со спецификацией генераторной установки DFXX	6–72
Рис. 6–49. Пример системы вентиляции для радиатора и вентилятора, поставленных изготовителем генераторной установки	6–73
Рис. 6–50. Пример системы вентиляции для вынесенного радиатора и вентилятора от других поставщиков (ПРИМЕЧАНИЕ: в данной иллюстрации система охлаждения опущена)	6–74
Рис. 6–51. «Вид Сверху» компоновок генераторной комнаты	6–75
Рис. 6–52. «Вид сбоку» компоновок генераторной комнаты	6–76
Рис. 6–53. Пример спецификации генераторной установки модели DFXX.	6–77
Рис. 6–54. Сопротивление воздушному потоку в комнате на впуске и выпуске	6–78
Рис. 6–55. Пример технических характеристик системы охлаждения генераторной установки модели DXXX	6–78
Рис. 6–56. Монтаж нескольких генераторных установок	6–79
Рис. 6–57. Система рециркуляции воздуха в помещении	6–80
Рис. 6–58. Блокирующая стена и поворотная направляющая	6–80
Рис. 6–59. Измерение сопротивления воздушному потоку	6–82
Рис. 6–60. Измерение сопротивления воздушному потоку	6–82
Рис. 6–61. Охлаждение радиатора, смонтированного изготовителем установки	6–83
Рис. 6–62. Типовые значения температуры воздуха вокруг работающей ДГУ	6–85
Рис. 6–63. Рекомендуемые средства измерения сопротивления воздушному потоку.	6–88
Рис. 6–64. Охлаждающая способность системы при повышенных температурах среды	6–88
Рис. 6–65. Вентиляция для системы охлаждения с теплообменником	6–89
Рис. 6–66. Типовая система топливоснабжения – Топливный бак находится выше генераторной установки	6–92
Рис. 6–67. Типовая система топливоснабжения – Топливный бак находится ниже генераторной установки	6–93
Рис. 6–68. Требования к топливному баку поплавкового типа	6–97
Рис. 6–69. Типовая топливная система на газе	6–103
Рис. 6–70. Минимальный размер бака LPG (заполненный на 50%) для поддержания избыточного давления 5 фунтов на кв.дюйм при удельной скорости отбора и ожидаемой минимальной температуры в зимнее время года	6–105
Рис. 6–71. Типичные уровни шума	6–111
Рис. 6–72. Диаграмма значений для добавляемых уровней шума	6–112
Рис. 6–73. Снижение громкости по мере увеличения расстояния (свободное поле)	6–113
Рис. А–1. Диалоговое окно параметров нового проекта в программе GenSize.	А–5
Рис. А–2. Окно по проекту применения в программе GenSize	А–14
Рис. А–5. Рекомендуемый отчет о генераторе в режиме просмотра	А–21

СОДЕРЖАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ «I»

ПРИЛОЖЕНИЕ «I»	I-2
Перечень таблиц	I-2

ПРИЛОЖЕНИЕ «I»

Перечень таблиц

Таблица 2-1. Типы категорий и систем	2-4
Таблица 2-2. Репрезентативные наружные уровни шума	2-13
Таблица 2-3. Типовые выбросы дизельных двигателей	2-14
Таблица 3-1. Коэффициенты мощности осветительных систем (пусковые и рабочие)	3-4
Таблица 3-2. Балластная мощность	3-4
Таблица 3-3. Сводный обзор вращающейся инерции	3-5
Таблица 3-4. Способы и характеристики пуска при пониженном напряжении	3-7
Таблица 3-5. Множительные коэффициенты, соответствующие буквенным кодам	3-8
Таблица 3-6. 3-х фазный электродвигатель по умолчанию: Код NEMA, EFF, SPF, RPF	3-10
Таблица 3-7. Однофазный электродвигатель по умолчанию: Код NEMA, EFF, SPF, RPF	3-11
Таблица 3-8. Требования к генераторной установке для питания медицинского визуализирующего оборудования	3-13
Таблица 3-9. Типовые допуски колебаний напряжения и частоты	3-15
Таблица 5-1. Конфигурации обмоток	5-15
Таблица 6-1. Поперечный разрез отверстий различного диаметра	6-19
Таблица 6-2. Эквивалентные длины трубных фитингов в футах (метрах)	6-19
Таблица 6-3. Эквивалентные длины трубных фитингов и клапанов в футах (метрах)	6-33
Таблица 6-4. Требования к качеству воды	6-44
Таблица 6-5. Свойства антифризных смесей	6-45
Таблица 6-6. Эквивалентные длины трубных фитингов и клапанов в футах (метрах)	6-64
Таблица 6-7. Оценочный отвод тепла от неизолированных выхлопных труб и глушителей	6-69
Таблица 6-8. Сравнительная характеристика между точками замерзания и кипения и концентрацией антифриза	6-83
Таблица 6-9. ТУ на дизельное топливо	6-92
Таблица 6-10. Минимально допустимые размеры гибких топливных шлангов и труб до 15 метров эквивалентной длины	6-96
Таблица 6-11. Максимально разрешенные значения сгораемых в двигателе компонентов моторного топлива в процентах	6-101
Таблица 6-12. Максимально разрешенные значения газообразных компонентов топлива в процентах до дефорсировки двигателей с турбонаддувом	6-101
Таблица 6-13. Размеры труб из темно-серого чугуна Сортамента 40 для природного газа	6-106
Таблица 6-14. Размеры труб из меди средней жесткости для природного газа	6-107
Таблица 6-15. Размер труб для испаряемого пропана из темно-серого чугуна Сортамента 40	6-108
Таблица 6-16. Размеры труб из меди средней жесткости для испаряемого пропана	6-109
Таблица 6-17. Размер труб из темно-серого чугуна для пропана с отбором жидкости – Максимальная производительность трубы в куб. футах газа в час. Рекомендации по размеру труб основаны на трубах из темно-серого чугуна Сортамента 40	6-110
Таблица В-1. Сравнение пуска электродвигателя при пониженном напряжении	В-2
Таблица Е-1. Рекомендованная минимальная температура выхлопной трубы. (Температура выхлопных газов измеряется термопарой. Использование внешнего температурного датчика не дает достаточной точности, чтобы проверить температуру в системе выпуска)	Е-3

Раздел 8. КАРТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА 8 – КАРТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

8	ОПРОСНЫЙ ЛИСТ ПО ПРОЕКТУ И МОНТАЖУ УСТАНОВКИ	8-2
	КАРТА ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПО МОНТАЖУ УСТАНОВКИ – ОТКРЫТОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ..	8-6
	КАРТА ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПО МОНТАЖУ УСТАНОВКИ – ЗАКРЫТОЕ ИСПОЛНЕНИЕ ...	8-8
	КАРТА ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПЕРЕД ЗАПУСКОМ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ	8-10
	КАРТА ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ЗАПУСКЕ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ	8-12

Опросный лист по проекту и монтажу установки

В целях точной оценки трудозатрат, стоимости материалов и оборудования по любому проекту важно, чтобы все имеющиеся в наличии данные по генератору и окружающей его среде были перечислены по пунктам и документированы до обращения к поставщику. Такая услуга может быть предоставлена на альтернативной основе через Вашего местного дистрибьютора.

* - выбрать нужный вариант

Детализация проекта

Название проекта:

Заказчик (конечный пользователь):

Адрес:

Телефон:

Адрес электронной почты:

Консультант/спецификатор/архитектор:

Адрес:

Телефон:

Адрес электронной почты:

№№ чертежей объекта:

Область применения

Основной источник электропитания	☐	Резервный источник электропитания	☐
Непрерывная работа	☐	Согенерация	☐
Аренда	☐	Требуемая перегрузка	☐
Топливо: Дизельное	☐	Биодизель	☐
Магистр. газ	☐	Биогаз	☐

Другой вид топлива:

Напряжение: Частота:

Число фаз: Номин. коэф. мощности:

Максимальная температура на объекте: °C

Минимальная температура на объекте: °C

Высота объекта: в метрах над уровнем моря

Расстояние от побережья: в км

Уровень классификационной опасности объекта (если таковой есть):

Уровень загрязненности окружающей среды:

Чистый	☐	Нормальный	☐
Запыленный	☐	Рудник/карьер	☐
Солевой	☐	Коррозионный	☐
Нефтепродукты	☐	Воспламеняемый газ	☐

Тип загрязнителя:

Требования по вредным выбросам:

Характеристики нагрузки:

Общая нагрузка, требующая поддержки: кВт..... кВА.....

Основные составляющие нагрузки:

Разные прочие нагрузки	☐	кВт..... кВА.....
Нагрузки UPS	☐	кВт..... кВА.....
Пуск электродвигателей	☐	кВт..... кВА.....
Регенеративные нагрузки	☐	кВт..... кВА.....
IT-оборудование	☐	кВт..... кВА.....
Газоразрядное освещение	☐	кВт..... кВА.....
Медицинское оборудование	☐	кВт..... кВА.....
Сварочное оборудование	☐	кВт..... кВА.....
Радиопередающие устройства	☐	кВт..... кВА.....
Городской транспорт	☐	кВт..... кВА.....
Коррекция коэф. мощности	☐	кВАр

Другие:

Особые характеристики нагрузки:

Число генераторов, подключаемых в параллель:

Число централизованных источников энергоснабжения для управления:

Требуемое управление при снятии нагрузки:

Требования по резервированию: Число установок

Детализация места установки

Положение установки (или установок):

На уровне земли	☐	В подвале	☐
На некоторой высоте	☐	На крыше	☐

Высота над уровнем земли: в метрах

Ограничения по доступу к месту установки:

Под землей / Проверено верхнее перекрытие:

Требуемый вынос стрелы крана: метров

Требуемая высота стрелы крана: метров

Доступ по дороге до объекта: асфальтовый ☐

Закрытые участки дороги / транспортный эскорт:

Условия наземного покрытия на объекте:

Язык для дачи указаний:

Условия для монтажа генератора

Укрытие: в помещении ☐ Кожух ☐

Установка опирается:

на бетонный пол ☐ на бетонные опоры ☐

на стальные балки ☐ на бетонные траверсы ☐

Другое:

Особые требования по виброизоляции: Да / Нет*

Система охлаждения

На установке есть:

Радиатор	☐	Теплообменник	☐
----------	--------------------------	---------------	--------------------------

Установки с вынесенной системой охлаждения:
 Вынесенный радиатор ☐ Теплообменник ☐
 Градирня - открытая ☐ Закрытая ☐

Теплообменник и градирня: ОЖ вторичного контура

Особые требования к радиатору:
 Луженая сердцевина ☐ Сердцевина с покрытием ☐

Статический напор на двигателе при вынесенной системе охлаждения в метрах
 Протяженность прокладки труб в метрах
 Число изгибов

Стандартная охлаждающая жидкость (ОЖ) с 25% концентрацией этиленгликоля.

Укажите любые особые требования к ОЖ:

Арматура: окрашенная ☐ оцинкованная ☐
 сварная ☐ Болты/фланцы ☐
 обмотанная ☐ обогрев труб ☐

Тип фланца:

Топливная система

Основной бак для хранения топлива:

Тип бака: цилиндрич. ☐ прямоугольный ☐
 подземный ☐ над уровнем земли ☐

Вместимость бака в литрах или часах работы

Высота верхней кромки бака над землей в метрах

Высота дна бака над землей в метрах

Конструкция бака: Толщина стенок в мм

Конструкционные стандарты:

Сборник утечек топлива Да/Нет*
 Двустенный бак ☐ С обваловкой ☐
 Пароотвод: местный ☐ Дистанционный ☐

Тип трубного соединения:

Тип устройства для замера количества топлива в баке:
 Гидростатическое ☐ Электронное ☐
 Механическое ☐ Мерный щуп ☐

Положение измерительного устройства

Камера точки залива: Да/Нет*

Сигнализатор перелива: Да/Нет*

Сигнальные контакты бака:
 Низкого уровня ☐ Высокого уровня ☐
 Сигнализатор пролива ☐
 Стандартная окраска ☐

Специальная окраска

Суточный расходный бак для топлива

Базовый бак ☐ Свободно стоящий ☐

Вместимость суточного бака в литрах/часах работы

Высота верхней кромки бака над землей в метрах

Высота дна бака над землей в метрах

Напор топлива на входе в двигатель – Макс..... Мин..... м

Конструкция бака: Толщина стенок: мм

Конструкционные стандарты

Сборник утечек топлива Да/Нет*
 Двустенный бак ☐ С обваловкой ☐
 Пароотвод: местный ☐ Дистанционный ☐

Сигнальные контакты:
 Низкого уровня ☐ Высокого уровня ☐
 Пролива топлива ☐

Тип трубного соединения

Путь слива топлива в основной бак: Да/Нет*

Клапан сброса давления и линия в главный бак: Да/Нет*

Пожарный кран: Да/Нет* Электрический/Механический*

Стандартная окраска ☐
 Специальная окраска

Топливная трубная арматура:

Длина маршрута между точкой залива и основным баком в метрах

Число изгибов

Длина маршрута между основным и расходным рабочим баком в метрах

Длина маршрута от расходного рабочего бака до двигателя в метрах

Число изгибов

Толщина стенок в мм

Маршрут: над землей ☐ Ниже уровня земли ☐
 Одностенный ☐ Двустенный ☐
 Обогрев трубной линии ☐ обертка/оплетка* ☐
 Сварной ☐ Фланцевый ☐
 С фильтром предварительной очистки ☐ Спаренные фильтры ☐

Система автоматической подачи топлива

Напряжение насоса В Частота Гц
 Одиночный насос ☐ Спаренные насосы ☐

Подача самотеком с электромагнитным клапаном: Да/Нет*

Требование по дублированию отсечки подачи: Да/Нет*

Особые требования

Система смазки

Сдвоенные масляные фильтры ☐
 Насос откачки масла из поддона: ручной ☐ Электрический ☐

Бак подпитки моторного масла: Да/Нет*

Вместимость в литрах

Двустенная трубная арматура: Да/Нет

Длина маршрута между баком и двигателем в метрах

Сигнальные контакты:
 Нижнего уровня ☐ Верхнего уровня ☐

Насос залива: ручной ☐ Электрический ☐

Особые требования

Система пуска

От аккумуляторной батареи ☐ Сжатым воздухом ☐

Гидравлическая ☐

Требуется дублирующий способ запуска: Да/Нет*

Число требуемых попыток запуска:

Тип аккумуляторной батареи:

Стандартная свинцовая ☐ Герметизированная свинцовая ☐

Никель-кадмиевая ☐

Зарядное устройство батареи: обычное ☐ С повышенной производительностью ☐

Особые требования

Система выпуска отработанных газовГлушитель

Уровень шума дБ(А) на расстоянии метров

Материал: Сталь ☐ Нержавеющая сталь ☐

Проложен по полу ☐ Проложен по стене ☐

Проложен по потолку ☐ Другое ☐

Система слива конденсата: Да/Нет*

Обернут: минер.ватой ☐ Другое

Оболочка: алюминий ☐ Нержавеющая сталь ☐

Трубная арматура

Материал: Сталь ☐ Нержавеющая сталь ☐

Из трубных заготовок ☐ С двойными стенками ☐

Тип/ изготовитель

Общая длина тракта выпуска: по горизонтали в метрах

По вертикали в метрах

Число изгибов

Число гибких патрубков на расширение

Фланцев. соединения ☐ Со сваркой встык ☐

Опоры: роликовые ☐ Пружинные ☐

Со стоком: на стену ☐ Крышу ☐

На конце: выпускная труба ☐ Дождевой колпак ☐

Искрогаситель ☐

Цвет окраски: черный ☐ Серебристый ☐

Длина труб, подлежащих термоизоляции и обертке

Тип термоизоляции толщина мм

Внешняя обертка: алюминий ☐ Нержавеющая сталь ☐

Предохранительный клапан от всплеск: Да/Нет*

Система управления за уровнем выбросов (например, SCR – система каталитической нейтрализации)

Вентиляция и шумоподавление

Уровень шума в дБ(А) на расстоянии метров

Требуется съемка диаграммы шумов: Да/Нет*

Цвет входных и выходных окончаний

Входной воздушный канал:

Длина м Площадь м²

Число изгибов ☐ Вентилятор Да/Нет*

Огнегаситель ☐ Входная заслонка ☐

Успокоитель ☐ Брезентовый канал ☐

Тип заслонки:

Неподвиж. лопасть ☐ Гравитационная ☐

С сервоприводом ☐ Пружинный возврат ☐

С удержанием газа ☐ С уловителем песка ☐

Положение канала:

На низком уровне ☐ На высоком уровне ☐

Выходной воздушный канал:

Длина м Площадь м²

Число изгибов ☐ Вентилятор Да/Нет*

Огнегаситель ☐ Выходная заслонка ☐

Успокоитель ☐ Брезентовый канал ☐

Тип заслонки:

Неподвиж. лопасть ☐ Гравитационная ☐

С сервоприводом ☐ Пружинный возврат ☐

С удержанием газа ☐

Положение канала:

На низком уровне ☐ На высоком уровне ☐

Конструктивные ограничения канала мм H₂O

Оболочка генератора

Звукозащитный кожух ☐ Погодозащитный кожух ☐

Контейнер ISO ☐ Переверачиваемое ☐

С круговым доступом ☐ С закрытой подгонкой ☐

Внутренний глушитель ☐ Внутреннее освещение ☐

Внутренний источник питания ☐ Аварийное освещение ☐

Внешние успокоители ☐

Внутренние баки:

Внутренний топливный бак ☐ Бак для смазочного масла ☐

Сборник утечек ☐ Сигнализатор утечек ☐

Вместимость в литрах Вместимость в литрах

Система пожароподавления

Ограничение шума дБ(А) на расстоянии метров

Специальные подъемные приспособления

Выводные концы нагрузочного кабеля внутренние*/внешние*

Окраска: Стандартная ☐ Специальная ☐

Укажите цвет окраски и чистовой отделки

Монтаж электрооборудования

Системы управления:

Одиночный генератор ☐ Параллельные генераторы ☐

Базисная нагрузка ☐ Резервная ☐

В параллель с внешней энергосетью ☐ Краткосрочно < 5 минут ☐

Измерение данных внешней энергосети ☐ Запуск от дистанц. контакта ☐

8 – КАРТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

8-4

Дополнительные конструктивные особенности:

Переход с разрывом ☐ Переход без разрыва ☐
 «Мягкий» переход ☐ Пиковое урезание ☐

Экспортный лимит внешней энергосети

Число управляемых автоматических выключателей генератора

Число управляемых автоматических выключателей источника внешней энергосети

Главное управление ☐ Тип

Система сетевого управления ☐ Тип

Электропроводка системы управления:

PVC/SWA/PVC ☐ EPR/CSP ☐

3-х номинальная ☐ LSF ☐

Способ монтажа: На поддоне ☐

На стене ☐ На полу ☐

Подвешена с потолка ☐ Под солнечным светом ☐

В открытой траншее ☐ в закрытой траншее ☐

Зарыта прямо в землю ☐ в защитном коробе ☐

Особые требования к электропроводке

Требования к интерфейсу

Чистые контакты для интерфейса на: BMS

Дистанционное управление

Дистанционная коммутационная аппаратура

Система SCADA Телеметрия

Сетевой интерфейс на: BMS ☐

Дистанционное управление ☐

Дистанционная коммутационная аппаратура ☐

Система SCADA ☐ Телеметрия ☐

Особые требования к интерфейсу

Коммутационная аппаратура

Находится на установке: ☐ Автомат.выключатель ☐

Разъединитель ☐ Нет ☐

Выходная распределительная коробка ☐ Автомат.выключатель ☐

Разъединитель ☐ Нет ☐

Дистанционная коммутационная аппаратура ☐ Автомат.выключатель ☐

Разъединитель ☐ Переключение ☐

Выключатель перехода ☐ Пульт коммутации ☐

параллельной работы ☐

Входной уровень отказа внешней электросети.....MBA/кА

Указанная отключающая способностькА

Особые требования по защите

.....

.....

Генераторные системы

Тип нагрузочных кабелей

PVC/SWA/PVC ☐ EPR/CSP ☐

3-х номинальная ☐ LSF ☐

Способ монтажа: На поддоне ☐

На стене ☐ На полу ☐

Подвешена с потолка ☐ Под солнечным светом ☐

В открытой траншее ☐ в закрытой траншее ☐

Зарыта прямо в землю ☐ в одноходовых каналах ☐

Другое

Площадь поперечного сечениямм²

Число кабелей на фазу

Число кабелей на нейтраль

Свободностоящий нагрузочный шкаф (без автоматического выключателя): Да/Нет*

Длина прокладки нагрузочных кабелейм

Особые требования к кабельной системе

.....

Системы заземления (допускается заземление нейтрали)

Незаземленная нейтраль ☐ Коммут.устр-во нейтрали ☐

Заземляющий резистор ☐ Защита от к.з. на землю ☐

Заводские испытания/ документация

Стандартные испытания ☐ Засвидетельств.испытания ☐

Специальные испытания

Список рекоменд.запчастей ☐ Каталог запчастей ☐

Печатные Руководства ☐ Электронные рук-ва ☐

Кол-во экземпляров Формат

Язык

Подготовка к запускуПервые заправки перед запуском

Охлаждающая жидкость ☐ Количество

Моторное масло ☐ Количество

Топливо – расходный бак ☐ Количество

Топливо – основной бак ☐ Количество

Особые предпусковые испытания

.....

.....

Пусковые испытания

Наличие топлива для испытаний ☐

Засвидетельствованные испытания ☐

Требуется нагрузочная батарея ☐ Мощность кВт

Только резистивная ☐ Резистивная /Реактивная ☐

Расстояние от генератора в метрах

Специальные пусковые испытания

.....

.....

Особые требования при передаче оборудования

.....

.....

Договор на техобслуживание ☐ Число посещений/год

Расширенная гарантия ☐

Срок расширенной гарантии лет

Составлено (кем):..... Дата:

Карта технического контроля по монтажу генераторной установки

Открытое исполнение генераторной установки, смонтированной в здании

Данная карта технического контроля должна использоваться для подтверждения комплектности генераторной установки перед ее вводом в эксплуатацию. Карта технического контроля должна заполняться на каждую отдельную генераторную установку, если их несколько.

Детализация проекта

Название проекта:

Заказчик (конечный пользователь):

Адрес местонахождения объекта:

Телефон:

Адрес электронной почты:

Детализация генераторной установки

Модель генераторной установки

Серийный номер генераторной установки

№ установки

Тип управления

Серийный номер системы управления

Тип системного управления (если применимо)

Готовность здания для монтажа и эксплуатации генераторной установки

Работы по подготовке здания для монтажа генераторной установки выполнены ☐

Площадка, где смонтирована установка в чистоте и не имеет помех для доступа ☐

Инфраструктура здания полностью готова и принята к эксплуатации (громоотвод, освещение, вспомогательные средства электропитания, водоснабжение и т.д.) ☐

Результаты визуального осмотра и замечания

Общие характеристики генераторной комнаты

ДГУ в чистоте и порядке со всеми оградками на местах ☐

Рядом с ДГУ нет посторонних материалов ☐

Воздуховоды в чистоте и порядке ☐

Пути доступа и выхода свободны и имеют указатели ☐

Места для управления и обслуживания помех не имеют ☐

Помещение безопасно для эксплуатации – нет несанкционированных путей для доступа ☐

ДГУ стоит ровно – крепеж опор надежно затянут ☐

Трубопроводы и кабели надежно закреплены ☐

Препятствия выше ДГУ четко промаркированы знаками ☐

Все основные компоненты и агрегаты имеют бирки ☐

Трубы и элементы инфраструктуры имеют цветовую кодировку и бирки ☐

Паяные электрические соединения выполнены ☐

Система охлаждения

Радиатор, смонтированный на ДГУ

Радиатор чистый и не имеет препятствий ☐

Выходной воздушный канал радиатора соединен с выходным каналом здания ☐

Проверить возможность рециркуляции горячего воздуха ☐

Подход к точке долива ОЖ свободен ☐

Пароотводные линии двигателя идут к радиатору / сборному коллектору под уклоном ☐

Путь сбора и слива ОЖ не допускает утечек ☐

Арматура надежно закреплена и не имеет повреждений ☐

Водослив и маршрут прокладки не допускает пролива ☐

Системы с вынесенным радиатором охлаждения

Расширительный бак достаточен по размеру ☐

Водослив и маршрут прокладки не допускает пролива ☐

Статический напор и потери напора от трения – в пределах возможности двигателя/системы ☐

Пароотводные линии двигателя идут к радиатору / расширительному баку под уклоном ☐

Установлен охладитель топлива (если требуется) ☐

Трубная система не допускает создания воздушных пробок – предусмотрены дренажные воздушные краны ☐

Трубная система изолирована от вибраций установки ☐

Трубы в чистоте и порядке, испытаны и окрашены ☐

Вспомогательные средства на вентиляторы смонтированы правильно ☐

Паяные электрические соединения выполнены ☐

Системы охлаждения с теплообменником и градирней

Расширительный бак достаточен по размеру ☐

Водослив и маршрут прокладки не допускает пролива ☐

Статический напор и потери напора от трения – в пределах возможности двигателя/системы ☐

Пароотводные линии двигателя идут к радиатору / расширительному баку под уклоном ☐

Установлен охладитель топлива (если требуется) ☐

Трубная система не допускает создания воздушных пробок – предусмотрены дренажные воздушные краны ☐

Трубная система изолирована от вибраций установки ☐

Трубы в чистоте и порядке, испытаны и окрашены ☐

Вторичная система охлаждения выполнена ☐

Линия подпитки градирни выполнена ☐

Вспом. средства на вентиляторы сделаны правильно ☐

Паяные электрические соединения выполнены ☐

Система питания жидким топливом

Средства безопасного хранения

Основной бак для хранения топлива смонтирован ☐

В баке предусмотрены устройства для сбора воды ☐

Средства для сбора проливов топлива ☐

Запорные краны установлены в требуемых местах ☐

Устройство для замера уровня топлива ☐

Сигнальные контакты измерителя уровня топлива установлены и имеют электропроводку ☐

Перекачивающий насос смонтирован и подключен ☐

Электромагнит и фильтр предварительной очистки топлива между основным баком и расходным баком ☐

Трубная арматура из требуемого материала, испытана и окрашена ☐

Пароотводные линии есть, проложены к безопасным местам и открыты ☐

Паяные электрические соединения выполнены ☐

Топливная линия с изоляцией и подогревом	☐	Прочные сварные стыки или фланцы с требуемыми прокладками	☐
Точка залива смонтирована и снабжена сигнализацией	☐	Выхлопная труба не допускает попадания дождя и снега	☐
Основной бак бестарного хранения надежно закреплен	☐	Газоходы не комбинированы в стояке	☐
<u>Суточный бак (если нет, заполните данные для основн.бака)</u>		Предусмотрен слив конденсата	☐
Избыточн.напор на двигателе для критичных применений	☐	Выход трубы направлен от зданий и персонала	☐
Напор топлива на входе/ограничение в лимитных рамках двигателя	☐	Система обернута требуемым материалом и оболочкой	☐
Напор топлива на сливе/ограничение в лимитных рамках двигателя	☐	Здание герметизировано от погодных условий	☐
Установлены запорные и электромагнитные клапаны	☐	Воспламеняемые материалы надежно защищены	☐
Проверка на отсутствие клапанов в пролитом возврате	☐		
Наличие гибких соединений с двигателем	☐	Система вентиляции	
Соединения в линиях залива, слива и пароотвода есть	☐	Вход для воздуха по площади составляет не менее 150% площади на выходе	☐
Напор перелива топлива в бак в рамках допустимого давления бака	☐	Конструкция системы не допускает рециркуляции горячего воздуха и попадания дождевых осадков	☐
Устройство для изменения уровня топлива в баке	☐	Конструкция учитывает направление господствующих ветров	☐
Сигнальные контакты измерителя уровня топлива установлены и имеют электропроводку	☐	Воздушный поток направлен от генератора на радиатор	☐
Паяные электрические соединения выполнены	☐	Выход радиатора связан каналом с устройством демпфирования / жалюзи	☐
Устройство для сбора проливов, сигнальная проводка	☐	Устройство демпфирования /заслонки обеспечивают герметичность по отношению к зданию	☐
Пожарные краны и контакты установлены и имеют электропроводку	☐	Механизм привода жалюзи собран и работоспособен	☐
		Паяные электрические соединения выполнены	☐
Система питания газообразным топливом		Обеспечена принудительная вентиляция для установок с вынесенной системой охлаждения	☐
Трубопроводы требуемой конструкции и материала	☐	Во впускных и выпускных каналах предусмотрены защитные решетки от птиц	☐
Регуляторы и отсечные клапаны в требуемых местах	☐		
Выполнены испытания на утечки и сертификация	☐		
		Система электрооборудования	
Пожарная сигнализация / система подавления		Система управления	
Система пожарной сигнализации и подавления имеется	☐	Выполнена полевая трассировка электропроводки на установку, где смонтирована система управления	☐
Датчики защищены от излучаемого тепла	☐	Выполнена разводка электропроводки заказчика на установку, где смонтирована система управления	☐
Система маркировки и снятия блокировки выполнена	☐	Выполнены взаимные соединения для дистанционного управления	☐
		Проложена линия для управления аварийным остановом	☐
Система пуска		<u>Установка/КРУ/Переключение/Переход</u>	
<u>Пуск от батарей</u>		Предусмотрены средства разъединения / отключения	☐
Пусковые батареи по нормам и стоят на поддоне/стойке	☐	КРУ смонтировано и предварительно испытано	☐
Батарейные кабели проложены правильно	☐	Кабели проложены правильно, промаркированы и допускают некоторую свободу для перемещения	☐
Зарядное устройство установлено и подключено	☐	Силовые соединения выполнены с маркировкой усилия затяжки	☐
<u>Запуск сжатым воздухом/ Гидравлический запуск</u>		Выполнены испытания кабелей и имеются сертификаты	☐
Компрессорная установка установлена и подключена	☐	Общие данные по электрооборудованию	
Трубопроводы сжатого воздуха правильно подобраны и смонтированы	☐	Все электрические шкафы чистые и крышки закрыты	☐
Запорные краны правильно расположены и промаркированы	☐	Вспомогательное электропитание выполнено	☐
Трубы испытаны, окрашены и обозначены бирками	☐	Система заземления выполнена и испытана	☐
Требуемый регулятор давления и предохранительные клапаны низкого и высокого давления	☐	Паяные электрические соединения выполнены	☐
К двигателю подведены гибкие соединения	☐	Имеется подвод внешней сети электроснабжения	☐
		Цепи малой мощности и освещения испытаны и аттестованы	☐
Система выпуска			
Конструкция установки не допускает рециркуляции газов	☐	Карту технического контроля заполнил: _____	
К двигателю подведены гибкие соединения	☐	Дата: _____	
Опоры не допускают нагрузки на турбокомпрессор и выпускной коллектор	☐	Фамилия И.О. (печатными буквами) _____	
Установка позволяет тепловому расширению труб	☐	Компания: _____	
Трубопроводы и глушитель имеют опоры через требуемые интервалы	☐	Примечание: Заполнение данной карты не освобождает от контрактных обязательств лицо, выполнявшее монтаж генераторной установки	

Карта технического контроля по монтажу генераторной установки

Закрытое или контейнерное исполнение генераторной установки

Данная карта технического контроля должна использоваться для подтверждения комплектности генераторной установки перед ее вводом в эксплуатацию. Карта технического контроля должна заполняться на каждую отдельную генераторную установку, если их несколько.

Детализация проекта

Название проекта:

Заказчик (конечный пользователь):

Адрес местонахождения объекта:

Телефон:

Адрес электронной почты:

Детализация генераторной установки

Модель генераторной установки

Серийный номер генераторной установки

№ установки

Тип управления

Серийный номер системы управления

Тип системного управления (если применимо)

Готовность здания для монтажа и эксплуатации генераторной установки

Работы по подготовке здания для монтажа генераторной установки выполнены ☐

Площадка, где смонтирована установка в чистоте и не имеет помех для доступа ☐

Инфраструктура здания полностью готова и принята к эксплуатации (громоотвод, освещение, вспомогательные средства электропитания, водоснабжение и т.д.) ☐

Результаты визуального осмотра и замечания

Общие характеристики генераторной комнаты

ДГУ в чистоте и порядке со всеми оградами на местах ☐

Рядом с ДГУ нет посторонних материалов ☐

Воздуховоды в чистоте и порядке ☐

Пути доступа и выхода свободны и имеют указатели ☐

Места для управления и обслуживания помех не имеют ☐

Помещение безопасно для эксплуатации – нет несанкционированных путей для доступа ☐

ДГУ стоит ровно – крепеж опор надежно затянут ☐

Трубопроводы и кабели надежно закреплены ☐

Препятствия выше ДГУ четко промаркированы знаками ☐

Все основные компоненты и агрегаты имеют бирки ☐

Трубы и элементы инфраструктуры имеют цветовую кодировку и бирки ☐

Паяные электрические соединения выполнены ☐

Система охлаждения

Радиатор, смонтированный на ДГУ

Радиатор чистый и не имеет препятствий ☐

Выходной воздушный канал радиатора соединен с выходным каналом здания ☐

Проверить возможность рециркуляции горячего воздуха ☐

Системы с вынесенным радиатором охлаждения

Расширительный бак достаточен по размеру ☐

Водослив и маршрут прокладки не допускает пролива ☐

Статический напор и потери напора от трения – в пределах возможности двигателя/системы ☐

Пароотводные линии двигателя идут к радиатору / расширительному баку под уклоном ☐

Установлен охладитель топлива (если требуется) ☐

Трубная система не допускает создания воздушных пробок – предусмотрены дренажные воздушные краны ☐

Трубная система изолирована от вибраций установки ☐

Трубы в чистоте и порядке, испытаны и окрашены ☐

Утечки через кожух надежно герметизированы ☐

Вспомогательные средства на вентиляторы смонтированы правильно ☐

Паяные электрические соединения выполнены ☐

Системы охлаждения с теплообменником и градирней

Расширительный бак достаточен по размеру ☐

Водослив и маршрут прокладки не допускает пролива ☐

Статический напор и потери напора от трения – в пределах возможности двигателя/системы ☐

Пароотводные линии двигателя идут к радиатору / расширительному баку под уклоном ☐

Установлен охладитель топлива (если требуется) ☐

Трубная система не допускает создания воздушных пробок – предусмотрены дренажные воздушные краны ☐

Трубная система изолирована от вибраций установки ☐

Трубы в чистоте и порядке, испытаны и окрашены ☐

Утечки через кожух надежно герметизированы ☐

Вторичная система охлаждения выполнена ☐

Линия подпитки градирни выполнена ☐

Вспом. средства на вентиляторы сделаны правильно ☐

Паяные электрические соединения выполнены ☐

Топливная система

Средства бестарного хранения

Основной бак для хранения топлива смонтирован ☐

В баке предусмотрены устройства для сбора воды ☐

Средства для сбора проливов топлива ☐

Запорные краны установлены в требуемых местах ☐

Устройство для замера уровня топлива ☐

Сигнальные контакты измерителя уровня топлива установлены и имеют электропроводку ☐

Перекачивающий насос смонтирован и подключен ☐

Электромагнит и фильтр предварительной очистки топлива между основным баком и расходным баком ☐

Трубная арматура из требуемого материала, испытана и окрашена ☐

Пароотводные линии есть, проложены к безопасным местам и открыты ☐

Паяные электрические соединения выполнены ☐

Выполнена изоляция и подогрев топливной линии ☐

Точка залива установлена и оснащена сигнализацией ☐

Основной бак бестарного хранения надежно закреплен	☐	Прочные сварные стыки или фланцы с требуемыми прокладками	☐
<u>Установка с суточным баком (внутри или рядом с кожухом)</u>		Глушитель правильно поддерживается	☐
Избыточн.напор на двигатель для критичных применений	☐	Выхлопная труба не допускает попадания дождя и снега	☐
Соединения на залив, перелив и пароотвод выполнены	☐	Предусмотрен слив конденсата	☐
Напор перелива топлива в бак в рамках допустимого давления бака	☐	Выход трубы направлен от зданий и персонала	☐
Утечки через кожух надежно герметизированы	☐	Система обернута требуемым материалом и оболочкой	☐
Пожарные краны и контакты установлены и подключены	☐	Кожух герметизирован от влияния погодных условий	☐
		Воспламеняемые материалы надежно защищены	☐

Установки без суточного бака

Избыточн.напор на двигателе для критичных применений	☐	Система вентиляции	
Напор топлива на входе/ограничение в лимитных рамках двигателя	☐	Конструкция установки не допускает рециркуляции горячего воздуха	☐
Напор топлива на сливе/ограничение в лимитных рамках двигателя	☐	Конструкция учитывает направление господствующих ветров	☐
Установлены запорные и электромагнитные клапаны	☐	Выход воздуха направлен от зданий и персонала	☐
Проверка на отсутствие клапанов в пролитом возврате	☐	Система принудительной вентиляции подключена	☐
Наличие гибких соединений с двигателем	☐	Механизм привода жалюзи имеется и подключен	☐
Утечки через кожух надежно герметизированы	☐	Во впускных и выпускных каналах предусмотрены защитные решетки от птиц	☐
Паяные электрические соединения выполнены	☐		
Устройство для сбора проливов, сигнальная проводка	☐		
Пожарные краны и контакты установлены и подключены	☐		

Система питания газообразным топливом

Трубопроводы требуемой конструкции и материала	☐	Система электрооборудования	
Регуляторы и отсечные клапаны в требуемых местах	☐	Система управления	
Утечки через кожух надежно герметизированы	☐	Выполнена полевая трассировка электропроводки на установку, где смонтирована система управления	☐
Выполнены испытания на утечки и сертификация	☐	Выполнена разводка электропроводки заказчика на установку, где смонтирована система управления	☐
		Выполнены взаимные соединения для дистанционного управления	☐
		Проложена линия для управления аварийным останом	☐
		Генераторная установка/КРУ/Переключение/Переход	
		Предусмотрены средства разъединения / отключения	☐
		КРУ смонтировано и предварительно испытано	☐
		Кабели проложены правильно, промаркированы и допускают некоторую свободу для перемещения	☐
		Утечки через кожух надежно герметизированы	☐
		Силовые соединения выполнены с маркировкой усилия затяжки	☐
		Выполнены испытания кабелей и имеются сертификаты	☐

Пожарная сигнализация / система подавления

Монтаж системы + дистанционная сигнализация	☐		
Датчики защищены от излучаемого тепла	☐		
Система маркировки и снятия блокировки выполнена	☐		

Система пуска

<u>Пуск от батарей</u>			
Пусковые батареи по нормам и стоят на поддоне/стойке	☐		
Батарейные кабели к двигателю проложены правильно	☐		
Зарядное устройство установлено и подключено	☐		

Запуск сжатым воздухом/ Гидравлический запуск

Компрессорная установка установлена и подключена	☐	Кожух	
Трубопроводы сжатого воздуха правильно подобраны и смонтированы	☐	Все электрические шкафы чистые и крышки закрыты	☐
Запорные краны правильно расположены и промаркированы	☐	Вспомогательное электропитание выполнено	☐
Трубы испытаны, окрашены и обозначены бирками	☐	Система заземления выполнена и испытана	☐
Требуемый регулятор давления и предохранительный клапан низкого давления	☐	Паяные электрические соединения выполнены	☐
К двигателю подведены гибкие соединения	☐	Имеется подвод внешней сети электроснабжения	☐
		Цепи малой мощности и освещения испытаны и аттестованы	☐

Система выпуска

Конструкция установки не допускает рециркуляции газов	☐		
Установка позволяет тепловому расширению труб	☐		

Карту технического контроля заполнил: _____

Дата: _____

Фамилия И.О. (печатными буквами) _____

Компания: _____

Примечание: Заполнение данной карты не освобождает от контрактных обязательств лица, выполнявшего монтаж генераторной установки

Карта технического контроля перед запуском генераторной установки

Открытое и закрытое исполнение генераторных установок

Данная карта технического контроля должна использоваться для подтверждения комплектности генераторной установки перед ее вводом в эксплуатацию. Карта технического контроля должна заполняться на каждую отдельную генераторную установку, если их несколько.

Детализация проекта

Название проекта:

Заказчик (конечный пользователь):

Адрес местонахождения объекта:

Телефон:

Адрес электронной почты:

Детализация генераторной установки

Модель генераторной установки

Серийный номер генераторной установки

№ установки

Тип управления

Серийный номер системы управления

Тип системного управления (если применимо)

Готовность среды и служб для эксплуатации генераторной установки

Работы по монтажу и технической проверке генераторной установки выполнены ☐

Окружающие площади в чистоте и порядке и свободны от посторонних помех ☐

Обслуживание генераторной установки выполнено ☐

Результаты визуального осмотра и замечания

Проверки по технике безопасности

Убедитесь в том, что запуск запрещен ☐

Установка в чистоте и полностью собрана ☐

Рядом с генераторной установкой нет посторонних материалов ☐

Воздушные каналы в чистоте и порядке ☐

Пути для доступа и выхода свободны и обозначены знаками ☐

Места для управления и техобслуживания свободны от помех ☐

Безопасность помещения – нет недозволённого доступа ☐

Генераторная установка стоит ровно – крепежные болты надежно затянуты ☐

Трубная арматура и кабели надежно закреплены ☐

Находящиеся сверху помехи четко промаркированы и снабжены бирками ☐

Паяные электрические соединения выполнены ☐

Предупредить персонал о предстоящем запуске оборудования ☐

Система охлаждения

Тип охлаждающей жидкости

% воды и антифриза или заводская смесь ☐

Радиатор, смонтированный на установке

Радиатор чист и свободен от помех ☐

Путь для перелива свободен и проложен, не допуская загрязнения ☐

Радиатор заправлен требуемой ОЖ, пробка установлена ☐

Радиатор, двигатель и трубопроводы проверены на отсутствие течи ☐

Приводные ремни проверены на параллельность установки, натяжение и отсутствие повреждений ☐

Защитные ограждения надежны и на своих местах ☐

Включить средство подогрева ОЖ и проверить работу ☐

Системы охлаждения с вынесенным радиатором

Радиатор чист и свободен от помех ☐

Путь перелива чист и не допускает загрязнения ☐

Расширительный бак залит ОЖ и закрыт пробкой ☐

Системный и вспомогательный бак (если есть) заполнен ☐

Радиатор/двигатель/трубы проверены на отсутствие течи ☐

Воздуха из системы стравлен ☐

Включить устройство подогрева ОЖ ☐

Вспомогательное питание на вентиляторы, насосы смонтировано правильно ☐

Проверка напряжения и чередования фаз источника вспомогательного питания ☐

Системы с теплообменником и градирней

Расширительный бак залит ОЖ и закрыт пробкой ☐

Вспомогательный бак (если укомплектован) допущен к эксплуатации ☐

Трубопроводы системы и двигателя проверены на отсутствие течи ☐

Воздух из системы стравлен ☐

Включить источник подогрева ОЖ ☐

Вторичный контур охлаждения в порядке и заполнен ☐

Насосы систем вторичного охлаждения допущены к эксплуатации ☐

Система подпитки градирни допущена к эксплуатации ☐

Вспомогательное питание на вентиляторы, насосы смонтировано правильно ☐

Проверка напряжения и чередования фаз источника вспомогательного питания ☐

Записать данные по используемой концентрации ОЖ

Топливная система

Основное хранилище для топлива

Основной бак для хранения топлива заполнен ☐

Положение запорных кранов правильное ☐

Устройство для измерения количества топлива в баке и контакты сигнализации проверены ☐

Перекачивающий насос и элементы его управления испытаны ☐

Паяные соединения выполнены ☐

Трубопроводы и система подогрева топлива испытаны и допущены к эксплуатации ☐

Точка залива смонтирована, сигнализация испытана и допущена к эксплуатации ☐

Система хранения топлива проверена на отсутствие течи ☐

Трубы перелива и пароотвода открыты ☐

Система основного хранения топлива надежна ☐

Суточный бак

- Проверена работа запорных и электромагн. клапанов ☐
- Путь возврата топлива из двигателя открыт ☐
- Суточный бак заполнен топливом ☐
- Воздух из системы стравлен продувом ☐
- Устройство для измерения количества топлива в баке и контакты сигнализации проверены ☐
- Сигнализация системы сбора проливов проверена ☐
- Функции перекачивающего насоса проверены ☐
- Пожарные краны и контакты установлены и подключены ☐

Система питания газом

- Визуальная проверка выполнена и сертификат испытаний представлен ☐
- Газ присутствует в точках отсечных клапанов ☐

Система пожарной сигнализации и подавления

- Система пожарной сигнализации и подавления допущена к эксплуатации ☐
- Пожарная проводка и электромагнит быстрого срабатывания допущено к эксплуатации ☐
- Разблокирование системы подавления допущено к эксплуатации ☐

Система смазки

- Масляный картер двигателя залит маслом до требуемого уровня ☐
- Сигнальные устройства уровня масла проверены ☐
- Система предпусковой смазки допущена к эксплуатации ☐
- Система долива масла залита и годна к эксплуатации ☐

Система запуска

Запуск от батарей

- Батареи залиты, установлены и подключены ☐
- Зарядное устройство допущено к эксплуатации ☐
- Поплавковый регулятор и регулятор наддува и приборы проверены ☐

Запуск сжатым воздухом/гидравлический запуск

- Запорные краны стоят правильно и имеют бирки ☐
- Регулятор давления и предохранительный клапан низкого давления проверены ☐
- Компрессор допущен к эксплуатации ☐
- Проверено низкое и высокое давление воздуха пневмосистемы и гидросистемы ☐
- Конденсат слит ☐

Система выпуска

- Проверить надежность гибких патрубков, трубной арматуры и глушителя ☐
- Проверить все фланцы, стыки и сварные соединения ☐
- Проверить стояк/выхлопную трубу и дождевой колпак на отсутствие помех ☐
- Слить воду из системы ☐
- Если требуется, предпусковая смазка турбокомпрессора ☐

Система вентиляции

- Проверить состояние и работу заслонок жалюзи ☐

- Механизм привода жалюзи проверен и питание включено ☐
- Если применимо, то разрешение на систему принудительной вентиляции ☐

Система электрооборудования

Системы управления

- Визуальная проверка выполнена ☐
- Подать питание на систему управления установки и проверить ее работоспособность ☐
- Подать питание на органы системного управления и проверить их работоспособность ☐
- Сверить версию программного обеспечения и загрузить ее в систему, как требуется ☐
- Выбрать заданные параметры на установке и системном управлении ☐
- Проверить сигналы с дистанционного пульта на пульт управления установкой ☐
- Проверить сигналы с пульта управления установкой на дистанционный пульт ☐
- Проверить сигналы на управление системой и коммутационной аппаратуры ☐
- Проверить управление аварийного останова ☐
- Ввести в систему и проверить уставки по защите двигателя и генератора ☐

ДГУ/КРУ/Переключение/Переход

- Визуальная проверка выполнена ☐
- Проверить, что кабели проложены правильно и с маркировкой усилия затяжки ☐
- Проверить гибкость кабелей у входа в генераторную установку ☐
- Включить питание от вспомогательного источника и проверить его работоспособность ☐
- Ввести уставки по защите КРУ и занести данные в журнал ☐

Общие данные по электрооборудованию

- Имеются сертификаты испытаний на все кабели ☐
- Проверить уставки по защите вспомогательного источника тока ☐
- Проверить напряжение и фазу вспомогательного источника тока ☐
- Система вспомогательного питания допущена к эксплуатации ☐
- Проверить уставки по защите внешней сети электроснабжения ☐
- Проверить напряжение и фазу внешней сети электроснабжения ☐
- Внешняя энергосеть допущена к эксплуатации ☐
- Цепи малой мощности и освещения испытаны и допущены к эксплуатации ☐

Замечания по любому пункту, которые могут повлиять на ввод в эксплуатацию генераторной установки

Карту технического контроля заполнил: _____

Дата: _____

Фамилия И.О. (печатными буквами) _____

Компания: _____

Примечание: Заполнение данной карты не освобождает от контрактных обязательств лица, выполнявшего монтаж генераторной установки

Карта технического контроля при запуске генераторной установки

Открытое и закрытое исполнение генераторных установок

Данная карта технического контроля должна использоваться для подтверждения комплектности генераторной установки перед ее вводом в эксплуатацию. Карта технического контроля должна заполняться на каждую отдельную генераторную установку, если их несколько.

Детализация проекта

Название проекта:

Заказчик (конечный пользователь):

Адрес местонахождения объекта:

Телефон:

Адрес электронной почты:

Детализация генераторной установки

Модель генераторной установки

Серийный номер генераторной установки

№ установки

Тип управления

Серийный номер системы управления

Тип системного управления (если применимо)

Готовность среды и служб к эксплуатации генераторной установки

Предпусковые работы и контроль технического состояния генераторной установки выполнены ☐

Окружающие площади в чистоте и порядке и свободны от посторонних помех ☐

Системы освещения/обогрева и т.д. в рабочем состоянии ☐

Результаты визуального осмотра и замечания

Проверки по технике безопасности

Убедитесь в том, что запуск запрещен до момента, когда он требуется ☐

Установка в чистоте и полностью собрана ☐

Рядом с генераторной установкой нет посторонних материалов ☐

Воздушные каналы в чистоте и порядке ☐

Пути для доступа и выхода свободны и обозначены знаками ☐

Места для управления и обслуживания имеют доступ ☐

Безопасность помещения – нет недопозволенного доступа ☐

Персонал предупрежден о процессе запуска ☐

Система охлаждения

Радиатор, смонтированный на установке

Радиатор/двигатель и трубопроводы проверены на отсутствие течи ☐

Ремни и защитные кожуха проверены на надежность крепления и возможность их сползания ☐

Подогреватель топлива функционирует ☐

Проверка на отсутствие течи ☐

Картриджи с дозирующей присадкой DCA установлены и краны открыты ☐

Системы охлаждения с вынесенными радиаторами

Радиатор, двигатель и трубопроводы проверены на отсутствие течи ☐

Подогреватель топлива функционирует ☐

Вентиляторы, насосы и элементы их управления проверены ☐

Проверка на отсутствие течи ☐

Картриджи с дозирующей присадкой DCA установлены и краны открыты ☐

Системы охлаждения с теплообменником и градирней

Радиатор, двигатель и трубопроводы проверены на отсутствие течи ☐

Подогреватель топлива функционирует ☐

Вторичный контур охлаждения проверен ☐

Вентиляторы, насосы и их управление проверены ☐

Картриджи с дозирующей присадкой DCA установлены и краны открыты ☐

Дозирование Легионеллы проверено (где применимо) ☐

Занести в журнал дозирующие химикаты и концентрацию

Система питания дизельным топливом

Резервуар для основного хранения топлива

Положение запорных кранов правильное ☐

Перекачивающий насос и органы его управления функционируют ☐

Трубопроводная линия и система обогрева бака функционируют нормально ☐

Система сигнализации точки залива функционирует ☐

Проверка на отсутствие течи ☐

Резервуар для хранения топлива надежен ☐

Суточный бак

Запорные и электромагнитные клапаны проверены ☐

Бак заполнен топливом ☐

Систем сбора утечек и сигнализация функционируют ☐

Перекачивающий насос функционирует ☐

Проверка на отсутствие течи ☐

Пожарные краны и система срабатывания испытаны и функционируют нормально ☐

Система питания газом

Положение запорных кранов правильное ☐

Регулятор настроен на правильное давление ☐

Оборудование по обнаружению утечки газа функционирует ☐

Устройство дублирования отсечки топлива функционирует ☐

Испытание на отсутствие утечки газа выполнено ☐

Продувка системы выполнена ☐

Система пожарной сигнализации и подавления

Система пожарной сигнализация и подавления функционирует ☐

Разблокировка системы подавления функционирует ☐

Оператор проинструктирован о работе системы противопожарной защиты ☐

Система смазки

- Масляный картер двигателя залит маслом до требуемого уровня ☐
- Система долива масла функционирует ☐

Система запускаЗапуск от батарей

- Батареи установлены, залиты и подключены ☐
- Зарядное устройство допущено к эксплуатации ☐
- Запуск сжатым воздухом / гидравлический запуск
- Запорные краны установлены правильно ☐
- Компрессор функционирует ☐
- Проверено низкое и высокое давление в пневмо/гидро системе ☐
- Конденсат слит ☐

Система выпуска

- Проверить надежность трубной арматуры и глушителя ☐
- Проверить работоспособность дождевого колпака ☐
- Проверить правильность работы труб и сливных кранов ☐
- Проверить на отсутствие утечек ☐
- Проверить на отсутствие рециркуляции выхлопных газов ☐

Система вентиляции

- Проверить чистоту и функционирование заслонок ☐
- Функционирование системы принудительной вентиляции (если применимо) ☐
- Проверить на рециркуляцию горячего воздуха ☐

Система электрооборудованияСистемы управления

- Подано питание на вспомогательные источники питания ☐
- Проверена работа местных органов управления генераторной установки ☐
- Проверена работа дистанционных органов управления генераторной установки ☐
- Проверены органы системного управления генераторной установки ☐

Коммутационно-распределительная аппаратура

- Подано питание на вспомогательные источники питания ☐
- Включено питание от внешней энергосети ☐
- Проверено напряжение и чередование фаз ☐
- Показания приборов правильные ☐
- Все защитные крышки на своих местах ☐
- КРУ параллельного питания
- Подано питание на вспомогательные источники питания ☐
- Показания приборов правильные ☐
- Все защитные крышки на своих местах ☐

Первоначальный запуск

- Ручной запуск, проверка работы на х.х.и номинальных оборотах выполнена ☐

- Напряжение и частота генераторной установки соответствуют заказу ☐
- Проверена калибровка системы управления ☐
- Проверено чередование фаз ☐
- Проверка совпадения фаз параллельно работающих генераторных установок ☐
- Ручная работа коммутационно-распределительной аппаратуры генераторной установки функционирует правильно ☐
- Проверены органы управления местным и аварийным остановом ☐
- Проверен дистанционный запуск, останов и аварийный останов ☐

Нагрузочные испытания генераторной установки

Примечание: Нагрузочные испытания проводятся на нагрузке заказчика, имеющейся на объекте, если это не оговорено в письменном виде до запуска. Искусственные испытания на нагрузочной батарее будут выполняться с использованием резистивной нагрузки, если иное не предусмотрено.

- Нагрузочные испытания проведены с использованием нагрузки заказчика ☐
- Занести в журнал достигнутую нагрузку в кВт

Испытание нагрузочной батареи (если применимо)

- Проверить напряжение и мощностную способность нагрузочной батареи ☐
- Проверить правильность прокладки и затяжки кабелей ☐
- Включить вспомогательный источник и проверить его работоспособность ☐
- Нагрузочные испытания проведены ☐
- Занести в журнал достигнутую нагрузку в кВт
- Занести в журнал значение коэффициента мощности

Заключение системного запуска

- Генераторная установка функционирует ☐
- Коммутационно-распределительная аппаратура функционирует ☐
- Коммутационно-распределительная аппаратура параллельной работы функционирует ☐
- Проверена работы системы в автоматическом режиме ☐
- Все остановки и предупреждения по технике безопасности функционируют ☐
- Электротехнические нормы и правила для низкого и среднего и высокого напряжения действуют ☐
- Замечания по любому из пунктов, которые могут повлиять на приемку генераторной установки

Карту технического контроля заполнил: _____

Дата: _____

Фамилия И.О. (печатными буквами) _____

Компания: _____

Примечание: Заполнение данной карты не освобождает от контрактных обязательств лицо, выполнявшее монтаж генераторной установки