

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Выпускная квалификационная работа бакалавра
по направлению подготовки 44.03.04 Профессиональное обучение
(по отраслям)
профилю подготовки «Энергетика»
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений и
энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 534

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра энергетики и транспорта

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующая кафедрой ЭТ
_____ А.О. Прокубовская
«____» _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Исполнитель:
студент группы ЗЭС-404С

П. В. Лысов

Руководитель:
старший преподаватель кафедры ЭТ

Ю. А. Юксеев

Нормоконтролер:
старший преподаватель кафедры ЭТ

Т. В. Лискова

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 55 страницах, содержит 3 рисунка, 4 таблицы, 30 источников литературы, а также 8 приложений на 14 страницах.

Ключевые слова: ДИЗЕЛЬНАЯ ГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ЭЛЕКТРОХОЗЯЙСТВО, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ, ШКАФ УПРАВЛЕНИЯ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ДИЗЕЛЬНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, СТЕПЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ, СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ.

Лысов П. В. Проектирование дизельной генераторной установки: выпускная квалификационная работа/ П. В. Лысов; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. Энергетики и транспорта. – Екатеринбург, 2018. – 55 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Проектирование дизельной генераторной установки»
2. Цель работы: спроектировать дизельную генераторную установку для резервирования электроснабжения
3. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы Произведено проектирование дизельной генераторной установки мощность 315 кВт, второй степени автоматизации, открытого типа исполнения, со шкафом управления.
4. Рассмотрены вопросы выбора основных узлов и агрегатов для проектирования дизельной генераторной установки. Произведено проектирования шкафа управления дизельной генераторной установкой, разработка его схемы, и подбор элементов. Рассмотрена техника безопасности при работе с дизельной генераторной установкой. Разработана инструкция по монтажу и эксплуатации.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ТРЕБОВАНИЯ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЁЖНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ.....	8
1.1 Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения	8
1.1.2 Перечень электроприемников для различных категорий.....	9
1.2 Степени автоматизации дизельных генераторных установок	11
1.2.1 Общие положения.....	12
1.2.2 Технические требования к автоматизируемым операциям.....	15
1.2.3 Требования к эксплуатационным характеристикам	17
2. ВЫБОР УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	19
2.1 Выбор синхронного генератора.....	19
2.2 Выбор двигателя внутреннего сгорания на дизельном топливе.....	20
2.3.1 Выбор элементов охлаждения дизельного двигателя марки ЯМЗ 240НМ2	24
2.3.2 Электрическая обвязка двигателя	24
2.4 Шкаф управления дизельной генераторной установкой	25
2.4.1 Выбор микропроцессорного контроллера.....	26
2.4.2 Выбор устройства регулирования оборотов	28
2.4.3 Расчёт автоматического выключателя.....	28
2.4.4 Расчёт заземляющего устройства.....	34
2.4.5 Комплектация дизельной генераторной установки	37
2.5 Разработка руководства по эксплуатации	37

2.5.1 Назначение.....	37
2.5.2 Технические характеристики	38
2.5.3 Комплектация шкафа управления.....	39
2.5.4 Устройство и принцип работы	39
2.5.5 Описание контроллера Datakom DKG-307-MPU	42
2.6 Монтаж, обслуживание и эксплуатация.....	44
2.6.1 Меры безопасности при монтаже и эксплуатации.....	44
2.6.2 Монтаж и демонтаж.....	44
2.6.3 Подготовка к работе	45
2.6.4 Порядок включения и опробования электроагрегата	46
2.6.5 Ручной режим управления работой установки.....	46
2.6.6 Автоматический режим работы	47
2.7 Правила транспортировки и хранения.....	48
2.8 Гарантийные обязательства изготовителя.....	49
2.9 Техническое обслуживание и ремонт.....	49
2.10 Подключение и работа шкафа управления	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	54
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ В	59
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж	62
ПРИЛОЖЕНИЕ Л	63

ВВЕДЕНИЕ

Электроэнергетика – отрасль экономики Российской Федерации, включающая в себя комплекс экономических отношений, возникающих в процессе производства (в том числе производства в режиме комбинированной выработки электрической и тепловой энергии), передачи электрической энергии, оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, сбыта и потребления электрической энергии с использованием производственных и иных имущественных объектов (в том числе входящих в Единую энергетическую систему России), принадлежащих на праве собственности или на ином предусмотренном федеральными законами основании субъектам электроэнергетики или иным лицам. Электроэнергетика является основой функционирования экономики и жизнеобеспечения

Жизнеобеспечение любого производственного и социального процесса в настоящее время невозможно без бесперебойного снабжения электроэнергией, гарантировать которое на постоянной основе могут источник бесперебойного питания (ИБП), дизель генераторная установка (ДГУ) и другие.

Дизель генераторная установка представляет собой совокупность генератора и дизеля, которые находятся на общей платформе, жестко закрепленные на стальной раме, и вспомогательного оборудования, которое обеспечивает их совместную работу и осуществляет контроль.

Использование дизельной генераторной установки обеспечивает резервное питание электроэнергией, в случае возникновения аварийной ситуации на любом действующем промышленном и социальном объекте, где сама возможность отключения от централизованного электроснабжения может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, а так же расстройство сложного технологического процесса.

Да и все административные, бытовые учреждения при наличии дизель генераторной установки не будут испытывать неудобств, при возникновении

аварий на комплектных трансформаторных подстанциях, если существует возможность переключиться за считанные минуты на резервную линию.

Таким образом, установка дизель генераторной установки оправдана для резервирования мощности для рабочего процесса в случае аварийного режима на централизованных источниках энергопитания; при не достаточной мощности последних; предоставляет независимость от роста тарифов на электроэнергию и так далее. К несомненным достоинствам дизель генератора относится его быстрая окупаемость, долговечность и невысокая стоимость вырабатываемой энергии.

Длительность работы дизельной генераторной установки будет оптимально обеспечена при условии, что рабочая нагрузка составляет 70% ее номинальной мощности. Номинальная мощность дизельной генераторной установки возможна при температуре окружающей среды, желательно, не выше 40°C и атмосферном давлении до 90кПа, относительной влажности воздуха 98%.

Актуальность темы в проектировании дизель генераторной установки для резервирования питания электроэнергией любого промышленного и социального объекта.

Объектом разработки является дизельная генераторная установка мощностью 315 кВт. второй степени автоматизации, открытого типа исполнения, со шкафом управления.

Цель работы: Спроектировать дизельную генераторную установку для резервирования электроснабжения (ДГУ).

Задачами являются:

- проанализировать рынок дизельных генераторных установок;
- выбрать двигатель для дизельной генераторной установки;
- выбрать узлы и агрегаты для дизельной генераторной установки;
- спроектировать шкаф управления дизельной генераторной установкой;
- разработать инструкцию для дизельной генераторной установки.

1. ТРЕБОВАНИЯ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЁЖНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

1.1 Категории электроприемников и обеспечение надежности электроснабжения

В середине прошлого века были сформулированы правила устройства электроустановок (сокращено ПЭУ). С того времени эти правила не один раз дополнялись и менялись. Но цель данного документа остается неизменной – обеспечить безопасность для городских граждан, которые активно пользуются электроустановками.

Категорий надежности электроснабжения выделено правилами устройства электроустановок (ПУЭ 7 издание). 7 издание ПУЭ выделяет: Первую категорию надежности. Вторую категорию надежности. Третью категорию надежности. К каждой категории относится определенный перечень электроприемников.

Категории электроприемников по надежности электроснабжения определяются в процессе проектирования системы электроснабжения на основании нормативной документации, а также технологической части проекта.

В отношении обеспечения надежности электроснабжения электроприемники разделяются на следующие три категории:

– первая категория - электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, угрозу для безопасности государства, значительный материальный ущерб, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства, объектов связи и телевидения. Из состава электроприемников первой категории выделяется особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов и пожаров;

- вторая категория - электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, массовым простоям рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного количества городских и сельских жителей;
- третья категория - все остальные электроприемники, не подпадающие под определения первой и второй категорий.

1.1.2 Перечень электроприемников для различных категорий

Первая категория надежности электроснабжения присваивается в тех случаях, когда: потребитель нуждается в непрерывной поставке электроэнергии; отключение электроэнергии даже на несколько минут повлечет за собой угрозу для здоровья людей, их жизни, безопасности страны; у пользователя имеются энергопринимающие устройства, предотвращение работы которых в связи отключения электроэнергии может вызвать взрыв или пожар. К первой категории относят электроприемники: медицинских учреждений, в которых даже недолгое отсутствие электроэнергии может причинить вред для жизни больных; противопожарного оборудования в медицинских учреждениях; котельных, что являются основным источником тепла для потребителей первой категории; подпиточных, а также сетевых насосов в котельных, что относятся к второй категории и оснащены водогрейными котлами мощностью больше чем десять Гкал/ч; насосных станций для водопроводов, обеспечивающих населенные пункты с численностью более 50 000 человек; насосных станций для канализаций, что имеют аварийный выпуск как минимум раз в двое суток; насосных артезианских скважин третьей категории, что работают на общую водопроводную сеть; аварийное или эвакуационное оборудование, лифты, здания состоящих как минимум с семнадцати этажей; противопожарных систем, сигнализации, лифты в помещениях высотой минимум семнадцати этажей, учреждений, где работает минимум две тысячи человек и отелей на

одну тысячу мест; учреждений, финансирующих союзными или республиканскими организациями; библиотек и архивов, где фонд составляет примерно 100 тысяч единиц; выставок, музеев регионального значения, а также сигнализации и противопожарные системы в этих зданиях; противопожарных устройств в образовательных учреждениях, где проходят обучения минимум одну тысячу человек; противопожарных систем, пожарных насосов, аварийного и эвакуационного оборудования в спортивных зданиях на восемьсот мест; заведения общественного питания минимум на пятьсот мест; сигнализации и противопожарного оборудования в магазинах с площадью не менее двух тысяч метров квадратных; тяговых систем для электроснабжения третьей категории для электрического транспорта в городе; вычислительных центров, выполняющих задачи, процессы и проблемы первой категории; пунктов для диспетчеров в сетях газоснабжения, электрических сетях, сетях освещения и водного хозяйства; централизованной охраны; тепловых пунктов, что обслуживают здания на семнадцать и больше этажей. Схема электроснабжения для первой категории состоит из двух независимых источников питания. Если в случае аварии один такой источник перестанет работать, электроснабжение будет осуществляться по второму источнику.

Вторая категория надежности электроснабжения зачисляются: жилые помещения, оснащенные электроплитами; жилые помещения на шесть и более этажей, оснащенные газовыми плитами; общежития, в которых проживает от пятидесяти человек; предприятия и организации, где трудится от полусотни до двух тысяч человек; аптеки, а также медицинские заведения; учреждения для детей; спортивные учреждения с покрытием на триста, восемьсот посадочных мест; спортивные сооружения без покрытия, имеющие как минимум двадцать рядов; заведения общественного питания на ста до пятиста мест; торговые точки, имеющие площадь для торговли двухстах пятидесяти, двум тысячам метрам квадратным; прачечные, бани и химчистки; организации, занимающиеся обслуживанием транспорта города; ателье и бытовые комбинаты на минимум пятьдесят рабочих мест; парикмахерские и салоны

красоты на минимум десять рабочих мест; насосные станции для водопроводов в населенных пунктах от пятидесяти до пятидесяти тысяч человек; насосные станции для канализаций с возможностью аварийного выпуска как минимум раз в сутки, сооружения для канализаций и водопроводов; учебные учреждения на 200-1000 человек; здания, где размещаются выставки и музеи местного значения; отели на 200-1000 спальных мест; библиотеки и архивные организации, где начисляется от десяти тысяч до одного миллиона единиц; лаборатории, а также центры, проводящие вычисления. Для схемы электроснабжения второй категории также используют два независимых источника питания.

Третья категория надежности электроснабжения. В перечень электроприемников, которые относятся к третьей категории, относят: Магазины. Офисные здания. Небольшие здания предприятий. При желании потребитель может изменить категорию надежности электроснабжения.

Выбор или изменение категории надежности электроснабжения. Порядок выбора или изменения категории надежности описан в правительственном постановлении, принятом в 2004 году. Там говорится, что пользователь имеет право сам выбирать категорию. Решение о смене категории также принимается потребителем самостоятельно. Чаще всего пользователи переходят из третьей категории на вторую или первую. Для такого перехода нужно: Подать заявление на технологическое подсоединение к выбранной категории. Оплатить подключения к новой категории электроснабжения. Стоимость присвоения третьей категории электроснабжения обойдется потребителям дешевле, чем подключение первой или второй категории. Связано это с тем, что для первых двух категорий нужно два независимых источника питания.

1.2 Степени автоматизации дизельных генераторных установок

Настоящий стандарт распространяется на автоматизированные стационарные, передвижные, судовые вспомогательные дизель-генераторы

мощностью до 5000 кВт (далее дизель-генераторы), предназначенные для использования в качестве источников электроэнергии, и устанавливает технические требования к их автоматизации.

Стандарт не распространяется на судовые аварийные дизель-генераторы по ГОСТ 22246-77 и дизель-генераторы систем, обеспечивающих электродвижение наземного и водного транспорта [10].

Значение предпускового давления, место и метод его контроля, а также длительность прокачки устанавливаются предприятием-изготовителем дизель-генераторов и указываются в инструкции по эксплуатации.

1.2.1 Общие положения

При автоматизации дизель-генераторов должны выполняться требования настоящего стандарта и рабочих чертежей, утвержденных в установленном порядке; при автоматизации судовых вспомогательных дизель-генераторов должны также выполняться Правила Регистра СССР или Речного Регистра РСФСР. Дизели дизель-генераторов должны соответствовать ГОСТ 4393-74 и ГОСТ 10150-75. Генераторы дизель-генераторов должны соответствовать стандартам и техническим условиям на конкретные генераторы. Средства автоматизации дизель-генераторов должны соответствовать ГОСТ 10511-72, ГОСТ 11102-75, ГОСТ 11928-66, ГОСТ 20820-75, ГОСТ 21193-75, ГОСТ 22464-77, а также стандартам и техническим условиям на конкретные средства автоматизации. Дизель-генераторы должны быть оборудованы или подготовлены к оборудованию средствами автоматизации. Перечень средств автоматизации устанавливают в стандартах и технических условиях на конкретные дизель-генераторы.

В зависимости от назначения и условий эксплуатации применяют одну из четырех степеней автоматизации дизель-генератора.

Первая степень автоматизации (наименьшая) сводится к оборудованию дизель-генератора устройствами аварийно-предупредительной сигнализации и

защиты. Дизель-генератор, автоматизированный таким образом, предназначен для станций, где может постоянно присутствовать обслуживающий персонал, осуществляющий запуск агрегата, уход за ним, управление вспомогательными механизмами и т. д. Дизель оборудуется небольшим количеством приборов, контролирующих основные рабочие параметры (температуру масла и воды, давление масла, число оборотов). Когда при работе эти параметры достигают недопустимых значений, подаются предупредительные сигналы или посредством специального защитного устройства, останавливается дизель. Этот объем автоматизации обязателен для всех выпускаемых в настоящее время дизелей, в том числе и для так называемых «неавтоматизированных».

Вторая степень автоматизации предусматривает более широкое применение автоматического и дистанционного управления дизель-генератором. Устройства автоматизации в этом случае должны обеспечивать:

- автоматический или дистанционный запуск дизеля (с выполнением всех предпусковых операций);
- управление прогревом и выходом дизеля под нагрузку;
- дистанционный или автоматический ввод в синхронизм;
- контроль над работой дизеля и его защиту при наступлении аварийного состояния;
- регулирование температуры воды и масла в системе охлаждения и смазки дизеля;
- автоматическую дистанционную остановку дизеля и подготовку к новому пуску.

При этом объеме автоматизации сохраняется необходимость периодического обслуживания: наблюдение за уровнем расходных топливных и масляных баков и их пополнение, подкачка воздушных баллонов, периодический прогрев дизеля для поддержания «горячей готовности» к пуску. В отдельных случаях агрегаты со второй степенью автоматизации снабжают системами автоматического подогрева. Ввод в синхронизм при данной степени

автоматизации осуществляется не автоматически, а дистанционно, при помощи кнопочного управления. Однако возможны модификации исключающие или дополняющие некоторые функции (например, с автоматическим вводом в синхронизм).

Третья степень автоматизации предусматривает работу дизель-генераторной установки без обслуживающего персонала. В этом случае дизель-генератор включается в работу по определенной программе. Он работает в течение заданного времени без всякого наблюдения и обслуживания. У дизель-генератора автоматизируют пуск и ввод под нагрузку, ввод в синхронизм (параллельную работу), все операции обслуживания (пополнение баков топливом, подзарядка аккумуляторов и др.) и операции поддержания двигателя в режиме «горячей готовности». Дизель-генераторы, работающие с такой степенью автоматизации, должны представлять собой хорошо отработанные, надежные агрегаты. Срок работы без обслуживания таких агрегатов должен превышать 150 ч.

Четвертая степень автоматизации - дополнительно к третьей степени должны выполняться следующие операции:

- централизованное управление двигателем с помощью управляющих машин;
- централизованный автоматический контроль;
- автоматизированное и (или) автоматическое техническое диагностирование состояния двигателя в целом или его отдельных частей.

Наиболее часто используются (востребованы) дизельные генераторные установки по второй степени автоматизации, из-за необходимости автоматического ввода резерва в первой, и первой особой категориях электроснабжения.

Из-за большого количества электропотребителей в зданиях первой и второй категориях выбирают мощность выше 300кВт.

Проектирование дизельной генераторной установки по второй степени автоматизации мощностью более 300кВт является на данный момент наиболее востребованный и актуальной.

1.2.2 Технические требования к автоматизируемым операциям

Дизель-генераторы в зависимости от объема автоматизированных и (или) автоматически выполняемых операций и времени необслуживаемой работы должны соответствовать степеням автоматизации по ГОСТ 14228-80.

1.2.2.1 Предпусковая прокачка смазочного масла должна обеспечивать наличие предпускового давления в масляной магистрали.

1.2.2.2 При пуске дизель-генератора электростартером должно автоматически осуществляться не менее трех попыток пуска в соответствии с ГОСТ 10150-75.

1.2.2.3 При пуске сжатым воздухом его подача должна ограничиваться временем по ГОСТ 10150-75 и одной попыткой пуска.

1.2.2.4 При достижении дизель-генератором частоты вращения, соответствующей состоявшемуся пуску, должно осуществляться выключение электростартера или подачи сжатого воздуха. При несостоявшемся пуске за установленное время или число попыток должен появляться аварийный сигнал.

1.2.2.5 Готовность дизель-генератора к приему нагрузки до номинального значения должна определяться контролем (прямым или косвенным) выхода дизель-генератора на заданную частоту вращения, а также контролем (по инструкции по эксплуатации на конкретные дизель-генераторы) дополнительных параметров.

1.2.2.6 При экстренном пуске должен допускаться прием нагрузки непрогретым дизель-генератором. При этом значение нагрузки и режим ее включения для определенной температуры смазочного масла устанавливаются в инструкции по эксплуатации дизель-генератора.

1.2.2.7 В начале останова дизель-генератора должна отключаться нагрузка.

После отключения нагрузки должна осуществляться работа дизель-генератора на холостом ходу в течение времени, обусловленного конструкцией дизеля, или до снижения температуры охлаждающей жидкости или масла до значения, установленного в инструкции по эксплуатации дизель-генератора.

1.2.2.8 Останов дизель-генератора должен осуществляться отключением подачи топлива путем воздействия непосредственно на механизм управления топливоподачей или на регулятор частоты вращения. При состоявшемся останове должна обеспечиваться готовность очередного пуска.

1.2.2.9 Для дизель-генераторов, автоматизированных по различным степеням при несостоявшемся останове за время, установленное инструкцией по эксплуатации, должен осуществляться останов посредством аварийной защиты, если он не обеспечивается конструкцией дизель-генератора или не произошел за установленное время.

1.2.2.10 Для дизель-генераторов мощностью свыше 630кВт после останова исключая аварийный останов из-за падения давления масла должна осуществляться послеостановочная прокачка масла в течение времени, обусловленного конструкцией дизеля.

1.2.2.11 Поддержание дизель-генератора в готовности к быстрому приему нагрузки должно осуществляться либо прогревом смазочного масла и при необходимости охлаждающей жидкости путем использования внешней энергии, (электрической, тепла горячей воды работающих дизелей и т.п.), либо путем периодических или постоянных прокачек масла и (или) воды, а также при необходимости прокруток и (или) пусков дизель-генератора.

Условия поддержания дизель-генератора в готовности к быстрому приему нагрузки, в том числе продолжительность периодических режимов, должны устанавливаться в стандартах и технических условиях на конкретный дизель-генератор.

1.2.2.12 В период работы дизель-генератора должна осуществляться автоматическая аварийно-предупредительная сигнализация и защита в соответствии с ГОСТ 11928-66 [6].

1.2.2.13 Исполнительная сигнализация должна информировать об исполнении задаваемых автоматизируемых операций. Объем сигнализации, ее вид, применяемую текстовую информацию устанавливают в инструкции по эксплуатации системы управления.

1.2.3 Требования к эксплуатационным характеристикам

1.2.3.1 Время от поступления (подачи) сигнала на автоматический или дистанционный автоматизированный пуск до момента готовности приема нагрузки до номинального значения для дизельных генераторных установок. Находящихся в готовности к быстрому приему нагрузки, должно быть не более указанного в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость мощности дизельной генераторной установки ко времени взятия нагрузки

Номинальная мощность дизель-генератора, кВт	Время, с.
До 100	Не более 10; 15*
Свыше 100 до 500	Не более 20; 30*
Свыше 500 до 1000	Не более 30; 45*
Свыше 1000	Не более 40; 80*

1.2.3.2 Для дизель-генераторов, автоматизированных по второй и высшим степеням и предназначенных для параллельной работы, должно обеспечиваться, автоматическое распределение активных нагрузок по классу точности не ниже третьего по ГОСТ 10511-72, а для судовых дизель-генераторов по ГОСТ 22246-76. Распределение реактивных нагрузок должно соответствовать стандартам на генераторы, а для судовых генераторов - Правилам Регистра СССР.

1.2.3.3 При автоматизации дизель-генераторов должна использоваться двухпроводная схема питания с электрическим источником на номинальное напряжение 24 (27) или 12В постоянного или выпрямленного

тока. Допускается применение однопроводной схемы питания за исключением судовых дизель-генераторов.

Допускается также применение схем питания с другим источником:

- переменного тока напряжением 127; 220; 380В и частотой 50Гц;
- постоянного тока напряжением 75, 110, 220В;
- пневматическим;
- гидравлическим;
- комбинированным из указанных видов.

1.2.3.4 Дизель-генераторы должны допускать ручное управление и (или) управление с местного дизельного щитка. По требованию потребителя должно предусматриваться дистанционное управление, а также подготовка дизель-генераторов к использованию средств дистанционного контроля (измерения).

1.2.3.5 При аварийном останове дизель-генератора очередной пуск его должен быть возможен только после ручной деблокировки схемы и (или) устройств защиты.

1.2.3.6 Средства автоматизации в зависимости от назначения дизель-генератора должны надежно работать в условиях, установленных ГОСТ 10150-75, ГОСТ 13822-76, ГОСТ 21670-76 и ГОСТ 22246-76 [9].

1.2.3.7 Допустимый уровень радиопомех электрооборудования дизель-генераторов должен соответствовать «Общесоюзным нормам допускаемых промышленных радиопомех» или уровню, согласованному с заказчиком.

2. ВЫБОР УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДИЗЕЛЬНОЙ ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

2.1 Выбор синхронного генератора

Дизельная генераторная установка (ДГУ) представляет из себя агрегат, преобразующий механическую энергию в электрическую. Основными элементами, входящими в состав дизельной генераторной установки являются:

- двигатель внутреннего сгорания на дизельном топливе;
- синхронный генератор переменного тока;
- шкаф управления;
- рама металлическая со встроенным топливным баком.

Проектирование дизельной генераторной установки начинается с определения необходимой мощности электростанции способной обеспечить потребителя электрической энергией в случае пропадания главной сети. В аналитическом разделе я пришёл к выводу что наиболее востребованными являются дизельные генераторные установки напряжением 400 В, мощностью 315 кВт по второй степени автоматизации.

Поскольку устройством, непосредственно вырабатывающим электрическую энергию, является синхронный генератор переменного тока, разработка начинается именно с выбора генератора. Так же от выбора генератора во многом зависит надежность дизельной электростанции и качество вырабатываемой ею энергии.

На рынке существует множество производителей предлагающих синхронные генераторы различных марок с определенными техническими характеристиками. Практически все производители выпускают линейки генераторов с однотипными мощностями и одинаковыми параметрами вырабатываемой электрической энергии (частота 50/60Гц, напряжение, 400В, cos φ). Критериями выбора генератора остается надежность и цена.

На первый взгляд, кажется, все генераторы устроены по одному принципу и действовать должны одинаково. Обеспечить безаварийную работу

может далеко не вся продукция. Опыт показывает, что одни синхронные генераторы отработывают свою изначальную цену, а другие – требуют регулярного ремонта и со временем становятся дороже нового!

Компания Электрогидромаш за 2013-2015 год произвела 155 дизельных электростанций с различными генераторами, и выявили следующую статистику приведённую в таблице 2.

Таблица 2 – Доля брака синхронных генераторов различных производителей

Производитель	Количество проданных	Количество возвращённых генераторов (гарантийный ремонт, замена)	Доля брака
Leroy Somer (Китай)	21	1	5%
Stamford (Англия)	23	5	21%
Bokuk (Корея)	75	5	7%
НЗУ (Россия)	17	5	29%
БГ (Россия)	19	7	37%

Исходя из этих статистических данных можно сделать вывод , что наиболее надёжными являются генераторы марок **Leroy Somer** и **Bokuk**.

В сравнении этих двух марок можно сказать, что генератор Bokuk значительно дешевле Leroy Somer, а показатели надёжности не на много выше, однако доступность запасных частей не генератор Bokuk повышает его ремонтпригодность и даёт преимущество перед Leroy Somer.

Наиболее подходящим по технико-экономическим показателям является синхронный генератор Bokuk ВК-5-455/450.

2.2 Выбор двигателя внутреннего сгорания на дизельном топливе

Двигатель является не менее важной частью любой дизельной генераторной установки. От двигателя, прежде всего, зависят основные характеристики любой дизельной генераторной установки. Именно поэтому при выборе дизельной генераторной установки будет логично выбрать двигатель, подходящий по мощности.

У каждого двигателя есть как свои плюсы, так и минусы, и ни одна марка двигателей здесь не имеет исключений. Поэтому при выборе нужно, прежде

всего, определить ряд наиболее важных критериев требований к будущей станции. Решение при выборе двигателя должно основываться именно на них.

Имеется в виду наличие сложной автоматики в составе двигателя. К плюсам ее отсутствия можно отнести относительную легкость самостоятельного ремонта и обслуживания. С другой стороны, оператор ограничен в возможностях контроля параметров работы двигателя. Если такая автоматика имеется, двигатель может полностью самостоятельно контролировать свою работу. Минус - двигатель может начать работать некорректно по пустякам, а выявить и устранить причину сможет только квалифицированный специалист.

Ресурс двигателя – это его запас прочности, то время, которое двигатель способен проработать до капремонта. Обычно ресурс двигателя указывается производителем, но следует понимать, что это значение справедливо тогда, когда двигатель работает в идеальных условиях.

Большое значение имеет тот фактор, где работает дизельная генераторная установка. На территории крупного населенного пункта, заправляется только рекомендованным производителем высококачественным топливом, не подвергается воздействию экстремальных температур и перегрузок, а также проходит регулярное техническое обслуживание квалифицированными специалистами. Или когда станция работает, например, в условиях крайнего севера. Скорее всего, заправлять её придется не рекомендованным, а просто доступным топливом российского производства, и далеко не всегда его качество будет соответствовать европейским стандартам. При этом, зачастую, именно иностранные двигатели бывают, чувствительны к посторонним химическим элементам и примесям, твердым частицам, а также воде в составе дизельного топлива, что неизбежно приведет к коррозии и как следствие, выходу двигателя из строя.

Также следует учитывать доступность специалистов, способных отремонтировать станцию в случае поломки. Тем более, тяжелые условия эксплуатации станции снижают ее ресурс и приводят к быстрому износу

цилиндропоршневой группы. Некачественное топливо потребует частой замены топливных фильтров. Поэтому логичнее всего в этом случае выбрать двигатель, чей ремонт и обслуживание не потребуют каких-то специальных навыков, и могут быть проведены самостоятельно. Также очень важным вопросом при выборе двигателя, если его собираются использовать в условиях крайнего Севера (или других регионах с холодным климатом) важным критерием будет, устойчивость двигателя к низким температурам. Разумеется, использование утепленных блок-контейнеров «Север» и предпусковых подогревателей отчасти нивелирует это, тем не менее, упоминание мягкого зимнего запуска в технических характеристиках будет огромным плюсом.

Разумеется, сокращение расходов на горюче смазочные материалы является крайне важным в подавляющем большинстве случаев. Фактический расход топлива станцией будет зависеть, в том числе, от конструкции станции, ее технического состояния и режима работы. Тем не менее, очень многое зависит и от самого двигателя, так что при выборе определенно стоит обратить внимание на его экономичность.

Не менее важным фактором при выборе двигателя является его цена. Не всегда дорогой двигатель будет надёжным, и ремонтпригодным в экономическом плане. Соответственно на более дорогие двигатели цена на расходные материалы и ремонт будет значительно выше.

Установка и запуск станции может служить разным целям. Мы можем использовать ее как для постоянного снабжения энергией потребителя, так и в случае аварии, как дублирующий (запасной) источник энергии, или же сглаживать компенсировать пиковые нагрузки на сеть. Следовательно, выбор марки двигателя в целом должен исходить из того режима, в котором будет работать дизельная генераторная установка. Исходя из этого, существует несколько режимов работы дизель-генератора, и существуют модели, которые более всего подходят для работы в одном из них

- **ESP (EmergencyStandbyPower).** Резервно-аварийный режим работы. Включается только в случае незапланированного исчезновения энергии в основной сети, от двигателя требуется быстро и безопасно принять нагрузку.
- **LTP (LimitedTimePower).** Режим кратковременной мощности. Дизельная генераторная установка работает на подстраховке сети от кратковременных блэкаутов, принимая максимальную нагрузку единовременно.
- **PRP (PrimePower).** Режим основной мощности. Дизельная генераторная установка работает постоянно на примерно 80% номинальной мощности, от двигателя требуется долговременная работа без сбоев и поломок.
- **COP (ContinuousPower).** Режим длительной мощности. Дизельная генераторная установка работает при полной нагрузке во время частых и\или длительных перебоев электроснабжения на важных объектах, работа которых зависит от бесперебойного постоянного энергоснабжения (центры обработки и хранения данных, системы безопасности, и так алее). От двигателя требуется бесперебойная многочасовая работа при полной нагрузке.

Выбор двигателя во многом определит характеристики и работоспособность дизельной генераторной установки, а также ее пригодность к выполнению определенных задач. Именно поэтому подходить к выбору марки и модели двигателя нужно крайне ответственно.

На рынке встречается порядка десяти наиболее известных марок дизельных двигателей. Каждый из них имеет свои преимущества над остальными, и в чем-то уступает своим конкурентам. Проведем небольшой анализ и выберем наиболее подходящий двигатель из сравнительной таблицы выбора двигателей (приложение Б).

Согласно таблицы выбора двигателей, нам подходит двигатель марки ЯМЗ 240НМ2.

2.3 Выбор элементов дизельного двигателя марки ЯМЗ 240НМ2

2.3.1 Выбор элементов охлаждения дизельного двигателя марки ЯМЗ 240НМ2

Так же не менее важным является периферия двигателя. Ни один двигатель не будет работать корректно без надежной системы охлаждения, в которой главным элементом является радиатор. Выбор радиатора зависит от мощности двигателя, типа топлива двигателя, от материала из которого он изготовлен и многих других параметров. Выбор производится из таблицы выбора радиаторов (приложение В). В которой определенные марки радиатора привязаны к маркам двигателя путем проведения сложных расчетов. Нам остается только выбрать подходящий радиатор.

Поскольку двигатель ЯМЗ-240НМ2 имеет в своей конструкции два турбокомпрессора, необходимо, помимо радиатора, устанавливать интеркулер, который служит для охлаждения воздушных потоков в двигателе и защищает турбины от перегрева [25]. Выбор охладитель надувочного воздуха так же производится из таблицы. Нам подходит интеркулер марки 843-1323010-10.

Согласно таблицы выбора элементов охлаждения (приложение В), нам подходит к нашему двигателю подходит радиатор марки 550-1301.100, и интеркулер марки 843-1323010-10.

Для передачи параметров от датчиков в шкаф управления и сигналов на исполнительные устройства двигателя из шкафа управления, на двигателе расположен жгут проводов.

2.3.2 Электрическая обвязка двигателя

Жгут состоит из проводов различного сечения. В зависимости от цели провода, его сечение может меняться.

ПВ3х1 – используется для передачи сигналов от датчиков температуры охлаждающей жидкости, давление масла, контроль зарядного генератора (+24/+12В), оборотов двигателя, а так же сигнал на управление актуатором.

ПВ3х2,5 – используется для управление втягивающим реле стартера и питание бортовой сети дизельной генераторной установки.

ПВ3х4 – используется для передачи заряда от зарядного генератора аккумуляторным батареям.

Аккумуляторные батареи выбираются согласно напряжению бортовой сети двигателя (12/24В) и в зависимости от мощности установленного на двигателе стартера.

Поскольку напряжение бортовой сети на двигателе ЯМЗ-240НМ2 – 24 вольта, нам необходимо два, двенадцати вольтовых аккумулятора включенных последовательно. Емкость аккумуляторов выбирается и согласно мощности стартера, которая на нашем двигателе составляет 4,5кВт. Для стартера такой мощности подойдут аккумуляторы емкостью 190А/ч.

2.4 Шкаф управления дизельной генераторной установкой

Неотъемлемой частью дизельной генераторной установки является шкаф управления. Шкаф управления дизельной генераторной установкой предназначен для сбора информации о параметрах двигателя, генератора, электрических параметрах вырабатываемой электроэнергии и отображения этой информации обслуживающему персоналу. Так же служит для выдачи управляющих воздействий на исполнительные устройства, как в ручном, так и в автоматическом режимах [28].

Основные составные части системы управления:

- шкаф металлический, степень защиты IP54;
- контроллер DKG-307-MPU;
- трехполюсные автоматические выключатели;
- промежуточные реле;

- однополюсный автоматический выключатель;
- кнопка аварийного останова;
- извещатель светозвуковой;
- контактор реверсивный;
- блоки зажимов;
- трансформаторы тока;
- комплект датчиков;
- актуатор электромагнитный;
- электронный регулятор.

Электроаппаратура системы управления смонтирована в металлическом корпусе навесного типа с передней дверцей. Внутри шкафа на задней стенке закреплена монтажная плата, на которой установлены элементы схемы. В нижней стенке шкафа имеются отверстия для ввода силовых проводов и жгута от двигателя. На боковой стенке расположена шпилька заземления. На двери, исполняющей роль передней панели, расположены:

- программируемый блок автоматики;
- кнопка «Аварийный стоп»;
- извещатель светозвуковой;
- дверные замки.

2.4.1 Выбор микропроцессорного контроллера

Аппаратно шкаф управления реализован на базе микропроцессорного контроллера, который позволяет:

- управлять дизельной генераторной установкой в «ручном» и «автоматическом» режиме по программе, установленной в контроллере;
- осуществлять измерение и индикацию текущих значений параметров дизельного двигателя;
- осуществлять измерение и индикацию текущих значений качества вырабатываемой генератором электроэнергии;

- обеспечивать безопасную и надёжную работу дизельной генераторной установки;
- прекращать работу при аварийных режимах работы дизельной генераторной установки;
- сигнализировать о причине прекращения работы;
- обеспечивать подачу рабочего напряжения в силовые цепи автоматики контейнера и их токовую защиту;
- обеспечивать автоматический ввод резерва.

Производители предлагают широкий выбор моделей микропроцессорных контроллеров для управления дизельными генераторными установками. Все эти контроллеры отличаются друг от друга функциональными возможностями, надёжностью интерфейсом, но в целом очень похожи друг на друга.

Для обеспечения второй степени автоматизации дизельной генераторной установки, контроллер должен обладать функцией автоматического ввода резерва.

При выборе контроллера следует учесть, при обслуживании электростанции у персонала не должно возникать сложностей при пользовании контроллером. Для этого он должен иметь русифицированную прошивку, интуитивно понятный интерфейс, а также должен быть легко программируемым для решения необходимых задач. Помимо этого должна быть инструкция по эксплуатации, тоже на русском языке.

Основные параметры микропроцессорных контроллеров приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Основные параметры микропроцессорных контроллеров

Наименование	DKG-307-MPU	DEIF GC-1F B3	COMAP AMF 25	DEEPSEA 7320
Функция АВР	+	+	+	+
Простота обслуживания	+	-	+	+
Функциональные возможности	Средние	Очень широкие	Широкие	Средние
Срок замены при поломке	2-3 дня	7-14 дней	7-14 дней	14-21 дней
Русский язык	+	+	+	-
Цена	15872 руб.	75987 руб.	53359 руб.	35599 руб.

Исходя из вышеуказанных параметров выбираем контроллер марки DATAKOM DKG-307-MPU [28].

2.4.2 Выбор устройства регулирования оборотов

По требованиям ПУЭ вторая степень автоматизации дизельной генераторной установки должна обеспечивать поддержание частоты вращения двигателя (генератора) на определенном уровне, а именно 1500об/м. Аппаратно это достигается путем установки на двигатель магнитного датчика оборотов (MPU) и электромагнитного актуатора, и установки электронного регулятора в шкаф управления дизельной генераторной установкой.

Для достижения наибольшей надежности системы управления оборотами рекомендуется подбирать все элементы одного производителя. Это обеспечит сопряжение всех элементов системы, повысит точность регулировки и упростит настройку при вводе в эксплуатацию.

По рекомендациям завода изготовителя дизельного двигателя (ЯМЗ) выбираем актуатор ACE-275, регулятор оборотов ESD5500E, и датчик магнитный MSP6731 производства компании GAC [29].

2.4.3 Расчёт автоматического выключателя

Для защиты генератора от короткого замыкания в сети потребителя используется силовой автоматический выключатель. Автоматические выключатели предназначены для проведения тока в нормальном режиме и отключения тока при коротких замыканиях, перегрузке, недопустимых снижениях напряжения, а так же для оперативных отключений и включений участков электрической цепей и рассчитаны на эксплуатацию в электрических установках с номинальным рабочим напряжением и на номинальные токи.

Для проведения тока в нормальном режиме работы электростанции необходимо подобрать автоматический выключатель со значением номинального тока превышающим значение тока синхронного генератора.

На выбранном нами генераторе BokuK BK-5-455 / 450 номинальный ток составляет 620А. Следовательно, выбираем автомат с номинальным током 630 Ампер.

Вторым, не менее важным, параметром при выборе автоматического выключателя является его отключающая способность. Величина этого параметра определяется путем расчета токов короткого замыкания.

Расчёт токов короткого замыкания для автоматических выключателей [26].

Автоматический выключатель на 6А – QF5

$$R_{QF5}=5,5\text{мОм}; X_{QF5}=4,5\text{мОм}; R_{\Pi QF5}=1,3\text{мОм}.$$

Автоматический выключатель на 6А – QF6

$$R_{QF6}=5,5\text{мОм}; X_{QF6}=4,5\text{мОм}; R_{\Pi QF6}=1,3\text{мОм}.$$

Автоматический выключатель на 630А – QF1

$$R_{QF1}=11,12\text{мОм}; X_{QF1}=0,13\text{мОм}; R_{\Pi QF1}=0,25\text{мОм}.$$

Расчёт токов короткого замыкания для кабельных линий и проводов

$$R_{\Pi B3} = r_0 \cdot L_{\Pi B3}$$

$$X_{\Pi B3} = x_0 \cdot L_{\Pi B3}$$

где: $R_{\Pi B3}$ – активное сопротивление кабельной линии;

r_0 – активное сопротивление кабеля;

$X_{\Pi B3}$ – реактивное сопротивление кабельной линии;

x_0 – индуктивное сопротивление кабеля;

$L_{\Pi B3}$ – длина кабельной линии.

Расчёт для провода ПВ3 1мм²

$$\text{ПВ3(1)} \quad r_0=18,5\text{мОм}; x_0=0,133\text{мОм},$$

$$R_{\Pi B3(1)} = r_0 \cdot L_{\Pi B3(1)} = 18,5 \cdot 2 = 37\text{мОм},$$

$$X_{\Pi B3(1)} = x_0 \cdot L_{\Pi B3(1)} = 0,133 \cdot 2 = 0,266\text{мОм}.$$

Расчёт для провода ПВ3 1мм²

$$\text{ПВ3(2)} \quad r_0=18,5\text{мОм}; x_0=0,133\text{мОм},$$

$$R_{\Pi B3(2)} = r_0 \cdot L_{\Pi B3(2)} = 18,5 \cdot 2 = 37\text{мОм},$$

$$X_{\Pi B3(2)} = x_0 \cdot L_{\Pi B3(2)} = 0,133 \cdot 2 = 0,266\text{мОм}.$$

Расчёт для провода ПВЗ 240мм²

ПВЗ(3) $r_0=0,077$ мОм $x_0=0,077$ мОм,

$R_{ПВЗ(3)} = r_0 \cdot L_{ПВЗ(3)} = 0,077 \cdot 5 = 0,385$ мОм,

$X_{ПВЗ(3)} = x_0 \cdot L_{ПВЗ(3)} = 0,077 \cdot 5 = 0,385$ мОм.

Упрощается схема замещения и вычисляются эквивалентные сопротивления на участках цепи и наносятся на схему (Рисунок 1):

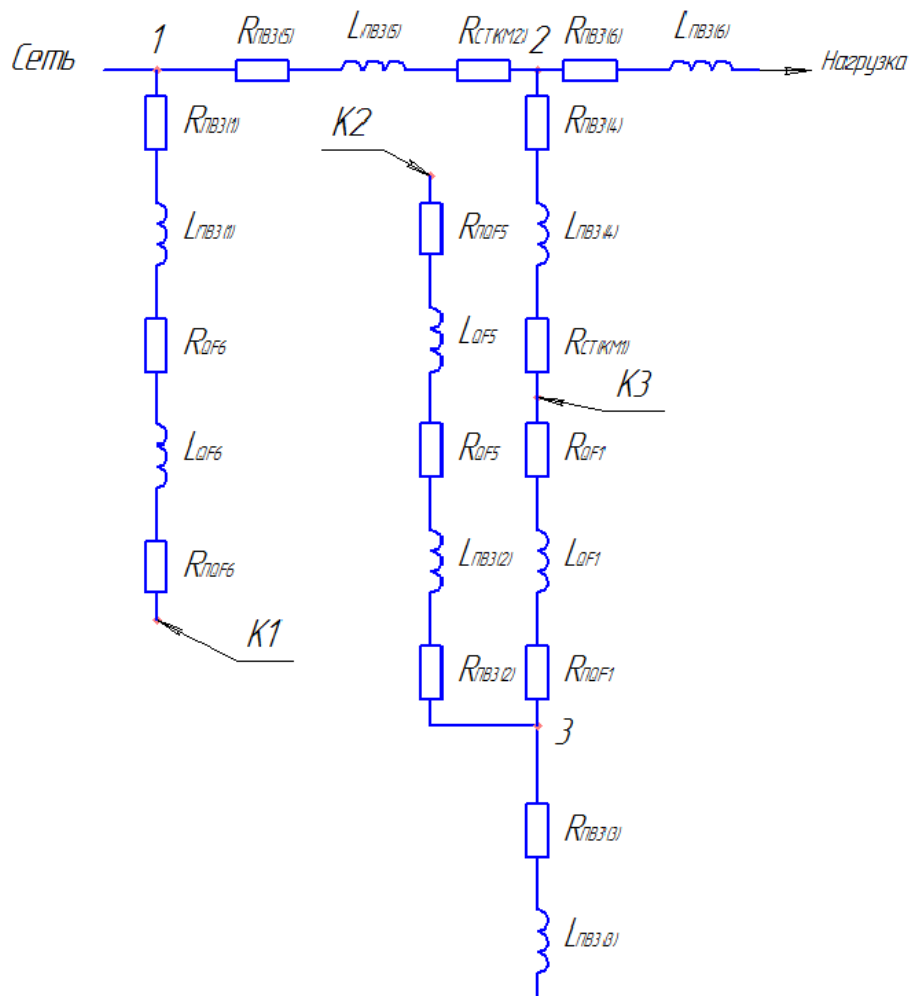


Рисунок 1 – Схема замещения и точек короткого замыкания

Для точки К1

$R_{\Sigma 1} = R_{ДФ5} + R_{ПДФ5} + R_{ПВЗ(1)} = 5,5 + 1,3 + 37 = 43,8$ мОм,

$X_{\Sigma 1} = X_{ДФ5} + X_{ПДФ5} = 4,5 + 0,266 = 4,766$ мОм.

Для точки К2

$R_{\Sigma 2} = R_{ДФ6} + R_{ПДФ6} + R_{ПВЗ(2)} + R_{ПВЗ(3)} = 5,5 + 1,3 + 37 + 0,62 = 44,42$ мОм,

$X_{\Sigma 2} = X_{ДФ6} + X_{ПВЗ(2)} + X_{ПВЗ(3)} = 4,5 + 0,266 + 0,395 = 5,161$ мОм.

Для точки К3

$$R_{\Sigma 3} = R_{QF1} + R_{ПQF1} + R_{ПВ3(3)} = 11,12 + 0,25 + 0,385 = 11,755 \text{ МОм},$$

$$X_{\Sigma 3} = X_{QF1} + X_{ПВ3(3)} = 0,13 + 0,385 = 0,515 \text{ МОм}.$$

Вычисляется сопротивление для каждой точки короткого замыкания и заносится в таблицу 4:

для точки К1:

$$R_{k1} = R_{\Sigma 1} = 43,8 \text{ МОм}; X_{k1} = X_{\Sigma 1} = 4,766 \text{ МОм};$$

$$Z_{k1} = \sqrt{R_{k1}^2 + X_{k1}^2} = \sqrt{43,8^2 + 4,766^2} = 79,4 \text{ МОм}.$$

– для точки К2:

$$R_{k2} = R_{\Sigma 2} = 44,42 \text{ МОм}; X_{k2} = X_{\Sigma 2} = 5,161 \text{ МОм};$$

$$Z_{k2} = \sqrt{R_{k2}^2 + X_{k2}^2} = \sqrt{44,42^2 + 5,161^2} = 44,72 \text{ МОм}.$$

– для точки К3:

$$R_{k3} = R_{\Sigma 3} = 11,755 \text{ МОм}; X_{k3} = X_{\Sigma 3} = 0,515 \text{ МОм};$$

$$Z_{k3} = \sqrt{R_{k3}^2 + X_{k3}^2} = \sqrt{11,755^2 + 0,515^2} = 11,77 \text{ МОм};$$

$$\frac{R_{k1}}{X_{k1}} = \frac{43,8}{4,766} = 9,2;$$

$$\frac{R_{k2}}{X_{k2}} = \frac{44,42}{5,161} = 8,6;$$

$$\frac{R_{k3}}{X_{k3}} = \frac{11,755}{0,515} = 22,8.$$

Определяются коэффициенты K_y и q :

$$K_{y1} = F\left(\frac{R_{k1}}{X_{k1}}\right) = F(9,2) = 1;$$

$$K_{y2} = F\left(\frac{R_{k2}}{X_{k2}}\right) = F(8,6) = 1;$$

$$K_{y3} = F\left(\frac{R_{k3}}{X_{k3}}\right) = F(22,8) = 1;$$

$$q_1 = \sqrt{1 - 2(K_{y1} - 1)^2} = \sqrt{1 - 2(1 - 1)^2} = 1;$$

$$q_1 = q_2 = q_3.$$

Определяются трёхфазные и двухфазные токи короткого замыкания и заносятся в таблицу 4:

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{U_{k1}}{\sqrt{3}Z_{k1}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 79,4} = 2,76 \text{ кА};$$

$$I_{k2}^{(3)} = \frac{U_{k2}}{\sqrt{3}Z_{k2}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 44,72} = 4,9 \text{ кА};$$

$$I_{k3}^{(3)} = \frac{U_{k3}}{\sqrt{3}Z_{k3}} = \frac{0,38 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 11,77} = 18,88 \text{ кА};$$

$$I_{yk1} = q_1 \cdot I_{k1}^{(3)} = 2,76 \text{ кА};$$

$$I_{yk2} = q_2 \cdot I_{k2}^{(3)} = 4,9 \text{ кА};$$

$$I_{yk3} = q_3 \cdot I_{k3}^{(3)} = 18,88 \text{ кА};$$

$$i_{yk1} = \sqrt{2} \cdot K_{y1} I_{k1}^{(3)} = 1,41 \cdot 1 \cdot 2,76 = 3,9 \text{ кА};$$

$$i_{yk2} = \sqrt{2} \cdot K_{y2} I_{k2}^{(3)} = 1,41 \cdot 1 \cdot 4,9 = 6,91 \text{ кА};$$

$$i_{yk3} = \sqrt{2} \cdot K_{y3} I_{k3}^{(3)} = 1,41 \cdot 1 \cdot 18,88 = 26,62 \text{ кА};$$

$$I_{k1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k1}^{(3)} = 0,866 \cdot 2,76 = 2,4 \text{ кА};$$

$$I_{k2}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k2}^{(3)} = 0,866 \cdot 4,9 = 4,24 \text{ кА};$$

$$I_{k3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{k3}^{(3)} = 0,866 \cdot 18,88 = 16,35 \text{ кА};$$

Таблица 4 – Сводная таблица точек короткого замыкания

Точка КЗ	R _к , МОм	X _к , МОм	Z _к , МОм	R _к /X _к ,	K _у	q	I _к , кА	i _у , кА	I _∞ ⁽³⁾ , кА	I _к ⁽²⁾ , кА	Z _п , МОм	I _к ⁽¹⁾ , кА
К1	43,8	4,766	79,4	9,2	1,0	1	2,76	3,9	2,76	2,4	37	5,95
К2	44,42	5,161	44,72	8,6	1,0	1	4,9	6,91	4,9	4,24	37	5,95
К3	11,775	0,515	11,77	22,8	1,0	1	18,88	26,62	18,88	16,35	0,544	404,4

Составляем схему замещения (рисунок 2) для расчётов однофазных токов короткого замыкания (схема замещения) и определяем сопротивления:

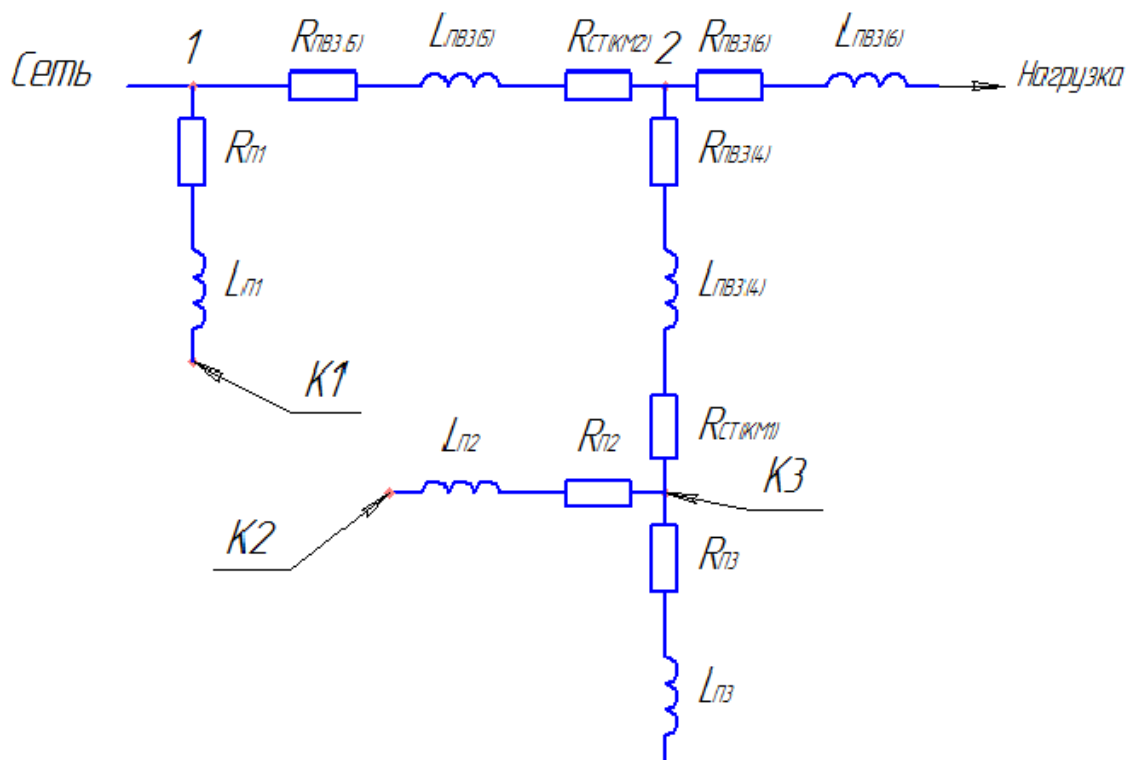


Рисунок 2 – Схема замещения для однофазных токов короткого замыкания

$$R_{n1} = R_{нкл1} = r_0 \cdot L_{кл1} = 18,5 \cdot 2 = 37 \text{ мОм};$$

$$X_{n1} = X_{нкл1} = x_0 \cdot L_{кл1} = 0,133 \cdot 2 = 0,266 \text{ мОм};$$

$$Z_{n1} = \sqrt{R_{n1}^2 + X_{n1}^2} = \sqrt{37^2 + 0,266^2} = 37 \text{ мОм};$$

$$Z_{n1} = Z_{n2};$$

$$R_{n3} = R_{нкл3} = r_0 \cdot L_{кл3} = 0,077 \cdot 5 = 0,385 \text{ мОм};$$

$$X_{n3} = X_{нкл1} = x_0 L_{кл3} = 0,077 \cdot 5 = 0,385 \text{ мОм};$$

$$Z_{n3} = \sqrt{R_{n3}^2 + X_{n3}^2} = \sqrt{0,385^2 + 0,385^2} = 0,544 \text{ мОм};$$

$$I_{k1}^{(1)} = I_{k2}^{(1)} = \frac{U_{кф}}{Z_{n1} + \frac{Z_m}{3}} = \frac{220}{37 \cdot 10^{-3}} = 5,95 \text{ кА};$$

$$I_{k3}^{(1)} = \frac{U_{кф}}{Z_{n3} + \frac{Z_m}{3}} = \frac{220}{0,544 \cdot 10^{-3}} = 34,4 \text{ кА}.$$

Исходя из расчетов, выбираем автомат с отключающей способностью 35 кА.

С такими параметрами выбираем трехполюсный автоматический выключатель ВА88-40 на 630А, 400В, и отключающей способностью 35кА.

Для осуществления переключения потребителя, в случае перебоев с электроснабжением, с главной сети на генераторную установку необходим

реверсивный магнитный пускатель серии КТИ. Магнитный пускатель так же должен быть рассчитан на номинальный ток 630 ампер, а так же иметь механическую и электрическую блокировку для предотвращения подачи встречного напряжения. Выбираем контактор марки КТИ-76303.

2.4.4 Расчёт заземляющего устройства

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей требуют наличие надежного заземления электростанции для обеспечения безопасности в работе персонала и предотвращения несчастных случаев. Контур заземления необходимо выполнять согласно требованиям ПУЭ, и электрическое сопротивление заземляющего устройства не должно превышать расчетное [27].

Исходные данные для расчёта заземляющего устройства:

- грунт - глина с температурой $+10^0\text{C}$ $\rho=40\text{Ом}\cdot\text{м}$;
- размеры здания 12х12х3;
- глубина закладки горизонтального электрода $t=0,5\text{м}$;
- вертикальный электрод - стальной уголок (50х50х5), $L_B = 2,5\text{м}$;
- горизонтальный электрод - полоса 40х4;
- вид заземляющего устройства - рядный.

Определение тока заземляющего устройства и сопротивления заземляющего устройства:

Определяется расчётное сопротивление одного вертикального электрода:

$$r_B = 0,3\rho K_{\text{сез.В}} = 0,3 \cdot 40 \cdot 1,5 = 18 \text{ Ом};$$

$$\rho_p = \rho K_{\text{сез.В}}.$$

По таблице [28] примем расположение дизельной генераторной установки в климатической зоне три и получим:

$$K_{\text{сез.В}}=F(\text{верт.};\text{III})=1,5 \text{ и } K_{\text{сез.Г}}=F(\text{гор.};\text{III})=2,3$$

Требование по R_3 меньше либо равно 4Ом, но допустимое при данном грунте определяется формуле:

$$R_{3y} \leq R_3 \frac{\rho}{100} = 4 \frac{40}{100} = 1,6 \text{ Ом},$$

Определяется количество вертикальных электродов:

– без учёта экранирования (расчётное):

$$N_{BP} = \frac{r_B}{R_{3y}} = \frac{18}{1,6} = 11,25 \text{ принимаем } 10;$$

– с учётом экранирования:

$\eta_B = F(\text{тип заземляющего устройства; вид заземления; } a/L; N_B) =$
 $F(\text{контурное; вертикальное; } 1; 10) = 0,55;$

$$N_{BP} = \frac{N_{BP}}{\eta_B} = \frac{10}{0,55} = 18,2 \sim 18.$$

Размещение заземляющего устройства изображено на рисунке 3.

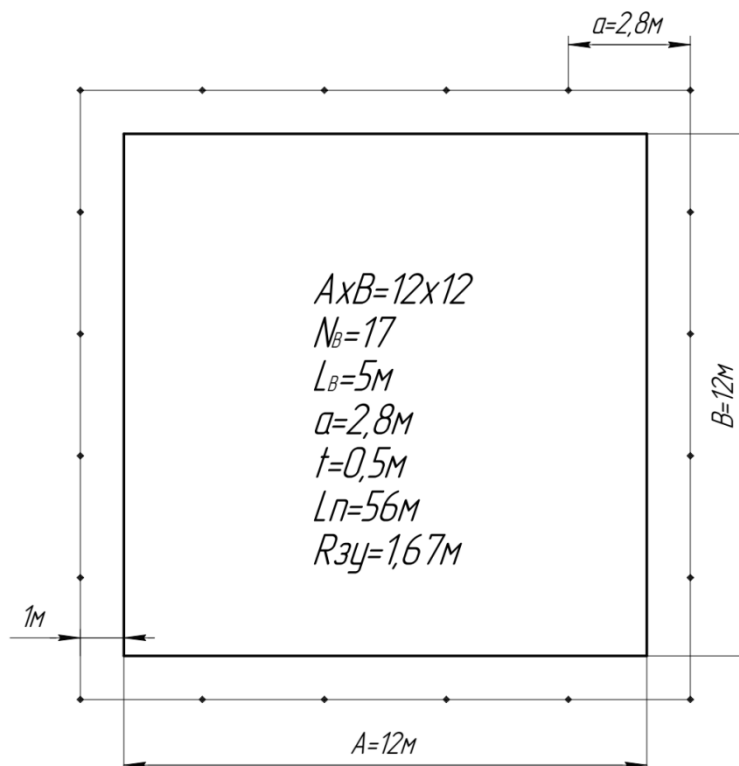


Рисунок 3 – План заземляющего устройства.

Минимальное расстояние от объекта 1м.

$$L_{\Pi} = (A+2) \cdot 2 + (B+2) \cdot 2 = (12+2) \cdot 2 + (12+2) \cdot 2 = 56 \text{ м}$$

Следовательно учитывая длины сторон цеха и минимальное расстояние от стен цеха окончательная длина $L_{\Pi} = 56 \text{ м}$

Тогда расстояние между электродами уточняется с учётом формы объекта. По углам устанавливают по одному вертикальному электроду, а оставшиеся между ними.

Для равномерного распределения электродов окончательно принимается $N_B=20$, тогда:

$$a_A = a_B, n_A = n_B, A' = B' \text{ то } a = \frac{A'}{n-1} = \frac{14}{5} = 2,8 \text{ м},$$

где: a_A – расстояние между электродами по длине объекта, м;

a_B – расстояние между электродами по ширине объекта, м;

n_A – количество электродов по длине объекта, шт;

n_B – количество электродов по ширине объекта, шт.

Определяются уточненные значения сопротивлений вертикальных и горизонтальных электродов:

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \eta_B} = \frac{18}{20 \cdot 0,47} = 1,91 \text{ Ом};$$

$$R_\Gamma = \frac{0,4}{L_\Pi \eta_\Gamma} \rho K_{\text{сез.}\Gamma} \lg \frac{2 \cdot L_\Pi^2}{bt} = \frac{0,4}{56 \cdot 0,27} 40 \cdot 2,3 \lg \frac{2 \cdot 56^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5} = 13,4 \text{ Ом};$$

Определяется фактическое сопротивление заземляющего устройства:

$$R_{3У.Ф} = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B + R_\Gamma} = \frac{1,91 \cdot 13,4}{1,91 + 13,4} = 1,67 \text{ Ом}.$$

$R_{3У.Ф}(1,67 \text{ Ом}) \leq R_{3У}(4 \text{ Ом})$ следовательно ЗУ эффективно.

2.4.5 Комплектация дизельной генераторной установки

В результате проектирования получаем дизельную генераторную установку комплектации приведённой в таблице 5:

Таблица 5 – Комплектация дизельной генераторной установки

Наименование	Марка	Кол-во
Комплектация двигателя	ЯМЗ-240 НМ2	1
Синхронный генератор	Bokuk BK-5-455 / 450	1
Глушитель	36120101002	1
Радиатор водяной	550-1301.100	1
Охладитель	843-1323010-10.	1
Фильтр воздушный	ФВ721.1109510-05	2
Монтажный комплект двигателя		1
АКБ 190		2
Крыльчатка		1
Шкаф управления дизельной генераторной установки		1

2.5 Разработка руководства по эксплуатации

2.5.1 Назначение

Шкаф управления дизель-генераторной установкой серии АД предназначен для продолжительного режима работы в стационарных дизель-генераторных установках (ДГУ) с двигателями внутреннего сгорания воздушного и жидкостного охлаждения. Аппаратно шкаф управления реализован на базе микроконтроллера фирмы «Datakom» типа DKG [28].

Шкаф управления обеспечивает функции контроля, защиты и управления дизельной генераторной установки, оснащённой синхронным генератором переменного тока с самовозбуждением, по второй степени автоматизации.

Шкаф управления позволяет:

- работать в сетях с «глухозаземлённой» и «изолированной» нейтралью (при наличии прибора контроля изоляции);
- управлять дизельной генераторной установкой в «ручном» и «автоматическом» режиме по программе, установленной в контроллере;
- осуществлять измерение и индикацию текущих значений

параметров дизельного двигателя;

- осуществлять измерение и индикацию текущих значений качества вырабатываемой генератором электроэнергии;
- обеспечивать безопасную и надёжную работу дизельной генераторной установки;
- прекращать работу при аварийных режимах работы дизельной генераторной установки;
- сигнализировать о причине прекращения работы;
- обеспечивать подачу рабочего напряжения в силовые цепи автоматики контейнера и их токовую защиту;
- обеспечивать автоматический ввод резерва.

2.5.2 Технические характеристики

Шкаф управления дизельной генераторной установки предназначен для внутренней установки или на стене контейнера и допускает эксплуатацию в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха - 20°C ... + 40°C;
- относительная влажность воздуха меньше 98% при 25°C;
- высота над уровнем моря до 2000м;
- помещение не должно содержать агрессивных газов, паров приводящих к коррозии металлов, абразивной пыли, грязи и др., а также взрывоопасных газов и аэрозолей;
- запылённость окружающего воздуха не более 0,01г/м³ в нетокопроводящей и невзрывоопасной среде.

Основные номинальные параметры шкафа управления приведены в приложении Г.

2.5.3 Комплектация шкафа управления

В комплект поставки входит:

- шкаф управления дизельной генераторной установки;
- руководство по эксплуатации;
- инструкция по эксплуатации контроллера DKG-307-MPU;
- ключи от шкафа управления.

Основные составные части системы управления:

- шкаф металлический, степень защиты IP54;
- контроллер DKG-307-MPU;
- трехполюсные автоматические выключатели;
- промежуточные реле;
- однополюсный автоматический выключатель;
- кнопка аварийного останова;
- извещатель светозвуковой;
- контактор реверсивный;
- блоки зажимов;
- трансформаторы тока;
- комплект датчиков.

2.5.4 Устройство и принцип работы

Электроаппаратура системы управления смонтирована в металлическом корпусе навесного типа с передней дверцей. Внутри шкафа на задней стенке закреплена монтажная плата, на которой установлены элементы схемы. В нижней стенке шкафа имеются отверстия для ввода силовых проводов и жгута от двигателя. На боковой стенке расположена шпилька заземления. На двери, исполняющей роль передней панели, расположены:

- программируемый блок автоматики – контроллер DKG-307-MPU;
- кнопка «Аварийный стоп»;
- извещатель светозвуковой;

- дверные замки.

При подключении к источнику питания шкаф управления дизельной генераторной установки в соответствии с информацией, получаемой от датчиков и команд оператора, управляет:

- работой стартера и топливного клапана двигателя, обеспечивая пуск двигателя;
- осуществляет измерение и индикацию рабочих значений параметров двигателя, качество электроэнергии питающей сети и электроэнергии вырабатываемой силовым синхронным генератором;
- обеспечивает контроль текущих значений и сравнивает их с запрограммированными аварийными значениями этих параметров (уставками);
- выдаёт сигналы на исполнительные устройства (прекращает работу установки: отключает нагрузку, останавливает двигатель) при достижении значений параметров установленных пределов и сообщает о причине, вызвавшей прекращение работы установки;
- выдает сигналы управления контакторами, осуществляет автоматическое переключение нагрузки с сети на генератор и обратно;

Электрическая схема шкафа управления дизельной генераторной установки включает:

- главную (силовую) трёхфазную цепь;
- вспомогательные цепи: измерения, управления и сигнализации.

В главную цепь входят элементы, предназначенные для подключения и передачи электрической энергии от силового генератора дизельной генераторной установки к потребителю (нагрузке):

- реверсивный контактор КМИ (КТИ);
- клеммы для подключения силовых кабелей от генератора, сети и потребителя;
- для измерения параметров вырабатываемой электроэнергии: измерительный трансформатор тока.

К вспомогательным цепям относятся цепи, осуществляющие измерение основных параметров установки и управление исполнительными механизмами.

Вспомогательные цепи включают следующие элементы:

- А1 – контроллер типа DKG-307-MPU, управляющий работой дизельной генераторной установки по заданной программе;
- К1, К2, – промежуточные реле;
- А2 – устройство заряда АКБ;
- А3 – устройства регулировки оборотов двигателя;
- HLA – извещатель свето-звуковой;
- кнопка SB1 аварийного прекращения работы установки;
- автоматические выключатели QF1-QF7;
- блок зажимов XT1 для подключения измерительных и аварийных датчиков, зарядного генератора, стартера, топливного клапана.

Основным элементом схемы, управляющим работой установки, является контроллер DKG-307-MPU. Это специализированное запрограммированное устройство, предназначенное для работы с дизель-генераторными установками. Контроллер на основании информации, поступающей от датчиков и желания оператора, вырабатывает управляющие команды на промежуточные реле. Реле служат для согласования выходов контроллера с исполнительными устройствами (стартер, топливный клапан).

На лицевой панели контроллера DKG-307-MPU располагаются кнопки управления и сигнальные светодиоды. Функциональное назначение кнопок управления и их расположение приведено в инструкции на контроллер.

Входные сигналы системы управления:

- аналоговый сигнал давления масла с резистивного датчика в двигателе – ДМ;
- аналоговый сигнал температуры с резистивного датчика температуры охлаждающей жидкости – ТОЖ ;
- сигнал с выхода «D+» зарядного генератора;
- трёхфазное линейное напряжение 380 (400)В с частотой 50Гц

силового генератора;

- трёхфазное линейное напряжение 380 (400)В с частотой 50Гц питающей сети;

- сигналы с измерительного трансформатора тока 0-5,0А.

- аналоговый сигнал уровня топлива с резистивного датчика в топливном баке – УТ;

Выходные сигналы:

- сигнал +12 (24)В – включение втягивающего реле стартера;

- сигнал +12 (24)В – включение устройства регулировки оборотов двигателя.

Аварийная защита и сигнализация:

- перегрев охлаждающей жидкости в двигателе;

- падение давления в системе смазки двигателя ниже допустимого значения;

- превышение максимально допустимой частоты вращения двигателя (разнос);

- низкому/высокому напряжению бортовой сети двигателя;

- перегрузке силового генератора – 120%;

- высокому/низкому значениям напряжений на выходе синхронного генератора;

- высокому/низкому значениям частоты электрического тока;

- короткому замыканию в цепях нагрузки.

Шкаф управления имеет встроенное зарядное устройство, подключённое к сети 220В и позволяющее компенсировать саморазряд аккумуляторных батарей при неработающей установке.

2.5.5 Описание контроллера Datakom DKG-307-MPU

Блок имеет три семи сегментный дисплея, который отображает следующие параметры:

- измеренные параметры;
- счетчики моточасов (наработки);
- статистические счетчики;
- программируемые параметры.

Дисплей напряжения отображает:

- напряжения между фазами питающей сети (R-S-T) и нейтралью;
- напряжения между фазами генератора (U-V-W) и нейтралью;
- линейное напряжение питающей сети между фазами (RS-ST-TR);
- линейное напряжение между фазами генератора (UV-VW-WU);

Токовый дисплей. Этот дисплей отображает текущие измеренные величины через измерительные токовые трансформаторы. Используя программное меню, можно запрограммировать измерительные токовые трансформаторы с соотношением от 10/5А до 9000/5А.

Многофункциональный дисплей. Нажимая кнопку «MENU» будут отображаться нижеуказанные величины:

- частота генератора – Hz;
- коэффициент мощности генератора – Cos ϕ ;
- активная мощность генератора – KW;
- давление масла – bar;
- температура охлаждающей жидкости – °C;
- напряжение батарей – V-DC.

Переключение между различными экранами (страницами) в группе осуществляются с помощью кнопки «MENU». Удерживая кнопку «MENU» в течение одной секунды переключаем дисплей на следующую группу. Удерживая кнопку «MENU» в течение трёх секунд включается дисплей наработки ДГУ. Для входа в программное меню нажмите и удерживайте кнопку «MENU» пяти секунд. Для выключения индикатора и перезапуска сервисного периода нажмите вместе кнопки «ALARM MUTE» и «LAMP TEST» и удерживайте пяти секунд.

Подробное описание DKG-307, а также назначение кнопок и светодиодных индикаторов вы найдете в руководстве по эксплуатации на донное устройство [27].

2.6 Монтаж, обслуживание и эксплуатация

2.6.1 Меры безопасности при монтаже и эксплуатации

При монтаже и эксплуатации системы управления должны выполняться требования документов, указанных во вводной части руководства, а также требования к подготовке обслуживающего персонала. Не допускается работа системы управления с открытой дверцей шкафа. Шкаф управления должен быть заземлён путём соединения его корпуса с заземляющим устройством через шпильку для заземления. Надёжность заземления должна проверяться обслуживающим персоналом ежемесячно. При работе системы управления должен осуществляться постоянный контроль сопротивления изоляции электрических цепей. При сопротивлении изоляции менее 0,5 МОм работа не допускается.

3.6.2 Монтаж и демонтаж

Шкаф управления дизельной генераторной установки должен работать на размещенной в укрытии и защищенной от:

- прямого воздействия солнечной радиации и атмосферных осадков;
- попадания на поверхности горюче-смазочных материалов;
- проникновения воздуха запылённостью более 0,01г/см³.

Место установки шкафа должно обеспечивать свободный доступ к нему охлаждающего воздуха.

Перед проведением монтажных работ шкафа управления, необходимо провести внешний осмотр и убедиться в отсутствии возможных внешних повреждений. При обнаружении каких-либо несоответствий или

неисправностей необходимо немедленно поставить в известность предприятие-изготовитель. После выполнения монтажа шкаф управления должен быть надёжно заземлён.

При демонтаже шкафа управления необходимо отсоединить внешние силовые провода и жгут двигателя, провода заземляющего устройства. Отсоединить шкаф от рамы установки.

2.6.3 Подготовка к работе

Проверка готовности шкафа управления к работе производится следующим образом:

- 1) произвести внешний осмотр всех доступных частей шкафа управления;
- 2) проверить состояние наружных поверхностей, убедиться в отсутствии видимых повреждений;
- 3) проверить, что не произошло ослабления крепления деталей конструкции и электроаппаратуры, при необходимости затянуть крепёж;
- 4) проверить надёжность соединения шкафа с заземляющим устройством электроагрегата (величина сопротивления заземляющего устройства не должна превышать 4,0 Ом);
- 5) произвести необходимые подключения главных и вспомогательных внешних цепей и проверить правильность их подключения в соответствии со схемой, убедиться в отсутствии между токоведущими частями «мостиков» из пыли и грязи;
- 6) проверить сопротивление изоляции электрических цепей;
- 7) состояние неразъёмных электрических контактов.

Данные, требующиеся для нормальной эксплуатации и работы шкафа управления, вводятся в контроллер и контролируются при изготовлении шкафа, с использованием персонального компьютера.

Измерение сопротивления изоляции силовых цепей производить мегаомметром на 500В. Сопротивление изоляции низковольтных цепей не проверяется. Измерение изоляции должно производиться при отключении от высоковольтных проводов всех внешних соединений и соответствовать порядку, указанному в приложении Д.

2.6.4 Порядок включения и опробования электроагрегата

Включение и опробования электроагрегата производится в следующем порядке:

- 1) проверить подключение главных и вспомогательных цепей в соответствии с электрической схемой приложение А;
- 2) проверить исправность заземляющего устройства;
- 3) установить все переключатели на дверце шкафа в состояние «Отключено»;
- 4) подать напряжение постоянного тока 12 (24)В на шкаф;
- 5) открыть дверцу шкафа управления и включить все автоматические выключатели;
- 6) опробование. При нормальной работе на дисплее не должны светиться аварийные светодиоды.

2.6.5 Ручной режим управления работой установки

Ручной останов двигателя

Прежде чем запустить двигатель убедитесь, что не светятся красные светодиоды «Авария». Запустите двигатель — нажмите кнопку «I:-RUN».

Прекращение работы стартера осуществляется автоматически в начале работы двигателя. Контроллер прекращает работу стартера при достижении значений следующих параметров работающей установки:

- давление в системе смазки двигателя выше 1,5Бар;
- частота электрического тока выше 10Гц;

- напряжение в бортовой сети выше 13 (26)В.

Подача напряжения потребителю осуществляется автоматически путем выдачи команды на замыкание контактора «Генератор» после выхода дизельной генераторной установки на рабочий режим.

Через 10 секунд после начала работы установки срабатывает таймер «задержка включения аварийной автоматики» и включается в работу автоматика защит.

Операция «Пуск двигателя» реализуется только при условии, что отсутствуют аварийные сигналы.

Ручной останов двигателя

Для остановки двигателя нажмите клавишу «0: STOP». По команде контроллера на топливный клапан перестанет приходить постоянное напряжение 12 (24)В, подача топлива в двигатель прекратиться.

В ручном режиме работы отключение нагрузки от генератора осуществляется автоматически подачей команды на размыкание контактора «Генератор».

При возникновении аварийных ситуациях в «Ручном режиме» отключение нагрузки и останов двигателя происходят по сигналу блока автоматики или после нажатия кнопки «Аварийный Стоп», при этом не осуществляется процесс «охлаждения» двигателя.

2.6.6 Автоматический режим работы

Для перевода агрегата в автоматический режим нажмите кнопку «AUTO» на контроллере DKG-307-MPU.

Используется для автоматического переключения сеть/генератор. Если, по крайней мере, напряжение хоть одной из фаз питающей сети будет вне заданных пределов, контактор сети отключится. дизельная генераторная установка запустится после периода ожидания. Приводной двигатель будет работать без взятия нагрузки в течение «периода прогрева». После этого, если

напряжения фаз генератора и частота находится в заданных пределах, то после заданного «периода задержки срабатывания контактора генератора» контактор включится.

Когда напряжения всех фаз главной сети войдет в заданный предел, приводной двигатель будет продолжать работать в течение «периода ожидания сети». По завершению этого периода контактор генератора отключается и включается контактор главной сети. После этого генератор будет продолжать работать в течение заданного времени периода охлаждения.

2.6.7 Меры безопасности

Конструкция шкафа управления пожаробезопасна в соответствии с ГОСТ 12.1004-94 и обеспечивает безопасность обслуживания в соответствии с ГОСТ Р 51321.1-2000.

По способу защиты человека от поражения электрическим током шкаф управления соответствует первому классу по ГОСТ 12.2.007.0-75.

Степень защиты оболочки шкафа от прикосновения к токоведущим частям и попадания твёрдых посторонних тел — IP54 по ГОСТ 14254-96.

Требования к персоналу и правила работ, необходимые при обслуживании и эксплуатации шкафа управления приведены в настоящем РЭ.

При соблюдении требований эксплуатации и хранения шкаф управления дизельной генераторной установки не создаёт опасности окружающей среде.

2.7 Правила транспортировки и хранения

Шкаф управления электроагрегатом должен храниться в закрытых не отапливаемых помещениях при температуре воздуха от -25°C до +50°C.

В помещении для хранения не должно быть пыли, паров кислот щелочей и других веществ, вызывающих коррозию.

Исчисление срока хранения начинается с момента отгрузки покупателю.

Допускается транспортирование шкафа управления вместе с электроагрегатом при температуре от -25°C до +50°C любым видом транспорта, при условии защиты от механических повреждений и атмосферных осадков.

2.8 Гарантийные обязательства изготовителя

Изготовитель гарантирует соответствие шкафа управления техническим параметрам настоящего РЭ и надёжную работу в течении 1 года с момента ввода в эксплуатацию, при соблюдении потребителем условий эксплуатации, хранения и транспортирования.

Гарантийные обязательства распространяются только на случаи некачественной сборки, дефектов комплектующих и отдельных элементов.

Решение о проведении гарантийного ремонта или замене неисправного изделия принимается только после технического осмотра и составления технического акта специалистом сервисной службы на месте эксплуатации или в техническом центре организации в присутствии представителей.

В случае ложного вызова специалиста, обслуживание или ремонт признаются не гарантийными и подлежат оплате.

Претензии в период гарантийного срока оформляются и передаются в письменном виде.

2.9 Техническое обслуживание и ремонт

Перед техническим обслуживанием или ремонтом электроагрегат должен быть остановлен, аккумуляторные батареи отключены. Силовые провода «нагрузка» отключить от электроагрегата.

Техническое обслуживание шкафа управления электроагрегатом должно производиться при всех видах и условиях эксплуатации.

Для обслуживания шкафа управления достаточно одного человека, удовлетворяющего требованиям вводной части данного РЭ.

Система технического обслуживания шкафа управления включает в себя:

- ежедневное техническое обслуживание;
- техническое обслуживание №1 (ТО №1);
- техническое обслуживание №2 (ТО №2).

Техническое обслуживание при консервации

Периодичность технического обслуживания указана в таблице Ж.1, а его объём в таблице Ж.1.

По окончании работ сделать запись в журнале о выполненных работах по техническому обслуживанию.

При проведении технического обслуживания и профилактического контроля шкафа управления рекомендуется измерять переменные токи и напряжения и сравнивать их с показаниями контроллера. При соответствии показаний проверку «уставок» защит силового генератора допускается не проводить.

Персонал, обслуживающий шкаф управления, может самостоятельно произвести ремонт: замену датчиков, промежуточных реле, переключателей, электромагнитного контактора, измерительных токовых трансформаторов, светодиодных ламп, автоматических выключателей и так далее.

В случае обнаружения дефекта в контроллере DKG-307-MPU или устройстве связи с персональным компьютером, необходимо немедленно поставить в известность предприятие-изготовитель.

Восстановление работоспособности контроллера DKG-307-MPU может производить только специально подготовленный персонал.

При пуске двигателя использовать аккумуляторные батареи ёмкостью, достаточной для обеспечения надёжного пуска в интервале температур окружающего воздуха, установленного условиями эксплуатации. Частично разряженные батареи не должны использоваться. При питании цепей управления от стартерных аккумуляторных батарей, ёмкость их должна обеспечивать надёжную работу устройств управления в любом режиме, даже при прокрутке двигателя.

Примечание: в холодное время года заряд аккумулятора должен составлять более 75% от номинальной ёмкости, в теплое время года - не менее 70%. Плотность электролита, должна соответствовать величинам, приведённым в инструкции по эксплуатации аккумуляторных батарей. Зарядка ведётся до появления постоянного напряжения на аккумуляторах и удельного веса электролита в течении одного часа. Уровень электролита измерьте при помощи уровнемерной трубки. Плотность электролита определите ареометром АЭ-1.

При выявлении неисправностей в работе шкафа управления необходимо проверить:

- симметричность нагрузки;
- отсутствие обрывов или «коротких замыканий» в отходящих проводах;
- исправность контактных соединений;
- состояние автоматических выключателей.

Возможные неисправности, вероятные причины их появления и способы их устранения приведены в приложении Л.

2.10 Подключение и работа шкафа управления

Подсоедините силовые кабели сечением, соответствующим мощности шкафа.

При подключении к шкафу управления потребителя, убедитесь в правильности чередования фаз. Неверное чередование фаз приводит к вращению электродвигателей в противоположную сторону.

Убедитесь в надежном соединении контактов. Слабая затяжка силовых клемм приводит к выгоранию клемм и выходу изделия из строя!

Подключение нулевого провода обязательно, поскольку часть цепи управления использует напряжение 220В.

Присоедините провод заземления (желто-зеленого цвета) к левой боковой стенке корпуса щита при помощи болта заземления М6 и заземлить станцию.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные системы электропитания объектов в основном строятся с использованием внешнего электроснабжения. Наряду с основными источниками электроснабжения следует иметь резервные источники. Обычно в качестве резервных источников используются дизельные генераторные установки с двигателями внутреннего сгорания. Наиболее широкое распространение получили электроустановки с дизельными двигателями.

Бесперебойность электроснабжения обеспечивается дизельной генераторной установкой, для использования в качестве резервного источника питания особо ответственных электроприёмников. Например, к таким относятся электроприёмники первой и первой особой категорий. Необходимо помнить, что, в этом случае, кратковременный перерыв в электроснабжении, обусловленный некоторым временем автоматического включения резерва, может быть не допустим. Тогда, Вам нужно использовать дизель электростанцию совместно с источником бесперебойного питания.

Конечно, универсального рецепта поиска необходимой дизельной генераторной установки не существует. В данном вопросе всё зависит от множества нюансов и условий: места и режима эксплуатации, погодных условий и уровня сервиса в вашем регионе. Учитывать нужно все: от задач, которые предстоит решать оборудованию, до ваших предпочтений в вопросах дизайна и экологичности.

В данной выпускной квалификационной работе произведено проектирование дизельной генераторной установки мощностью 315 кВт, второй степени автоматизации, открытого типа исполнения, со шкафом управления.

В работе рассмотрены вопросы выбора основных узлов и агрегатов. Например, таких как подбор асинхронного генератора, выбора силовой установки (двигателя), а так же его периферии обеспечивающей полноценную и надёжную работу всей установки в целом, сделано так же проектирования

шкафа управления дизельной генераторной установкой, разработка его схемы, и подбор элементов.

В методической части проекта было разработано руководство по эксплуатации данным оборудованием, его транспортировки и хранения, а также необходимыми плановыми и внеплановыми работами по обслуживанию дизельной генераторной установки

В ходе проектирования использована техническая документация и литература список которой прилагается. Проект выполнен с учетом последних достижений в области электроснабжения и в соответствии с требованиями ПУЭ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автомобильные электронные системы: Санкт-петербург. статей/Под ред. Ю. М. Галкина. Москва: Машиностроение, 1982. С. 27 — 38.
2. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы: Справочное пособие/Под ред. С. В. Якубовского. М.. Радио и связь, 1985. 432 с.
3. Гофман Э. Б., Миляев В. М., Смирнова Н. А. Дипломное проектирование. Методические рекомендации по выполнению дипломных проектов (работ). Екатеринбург, 2000. 48 с.
4. Григораш О. В., Мельников Д. В., Мелехов С. В. Особенности проектирования систем автономного электроснабжения: Промышленная энергетика. №12. 2001. с.31-35.
5. ГОСТ 10511—72 Системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) судовых, тепловозных, и промышленных дизелей 1985 г.
6. ГОСТ 11928—66 Системы аварийно-предупредительной сигнализации и защиты автоматизированных дизелей и газовых двигателей 1984 г.
7. ГОСТ 18174—72 Системы дистанционного автоматизированного управления 1985 г.
8. ГОСТ 10032—80 Дизель-генераторы стационарные, передвижные, судовые, вспомогательные 1982 г.
9. ГОСТ 11102—75 Приборы и устройства приёмные и исполнительные дизельной автоматики 1977 г.
10. ГОСТ 22464—77 Регуляторы температуры дизелей и газовых двигателей. Общие технические условия 1977 г.
11. ГОСТ 12.1004—94 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность 1994 г.
12. ГОСТ Р 51321.1—2000 Устройства комплектные низковольтные распределения и управления 2009 г.

13. ГОСТ 12.2.007.0—75 Система стандартов безопасности труда
Изделия электротехнические 1978 г.

14. ГОСТ 14254—96 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками
(КОД IP) 1997 г.

15. Колясникова Л. В. Контрольно-оценочные средства: теория и
методика проектирования. Ч.1: учебное пособие / Л. В. Колясникова; Сургут.
гос. ун-т ХМАО – Югры. – Сургут: ИЦ СурГУ, 2012. – 129 с.

16. Крайнык Л. В., Вильковский Е. К., Дзядык М. Н. Электронные
системы управления гидромеханическими передачами автомобилей. Москва:
НИИНавтопром, 1978. Ч. II. 34 с.

17. Левенталь Л. Е. Введение в микропроцессоры: Программное
обеспечение, аппаратные средства, программирование. Москва:
Энергоатомиздат, 1983. 464 с.

18. Микро-ЭВМ/Под ред. А. Г. Дирксена. Москва: Энергоатомиздат,
1982. 328 с.

19. Правила устройства электроустановок: 7 издание. Москва: Изд-во
НЦ ЭНАС, 2009. 552с.

20. Прокубовская А. О., Т. В. Лискова Методические указания к
выполнению и оформлению выпускной квалификационной работы.
Екатеринбург, ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-
педагогический университет», 2015. 56 с.

21. Рекус Г. Г. Электрооборудование производств: Учебное пособие.
Москва: Высшая школа, 2005. – 709с.

22. Сибикин Ю. Д. Обслуживание электроустановок промышленных
предприятий: учебное пособие. Москва: Высшая школа, 1989. 370с.

23. Федеральный закон от 26.03.2003 N 35-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об
электроэнергетике»

24. Чернышев Г. Д., Ершов М. В., Крашенинников Д. Н., Письман Я. Б.,
Созинов Г. И. Эксплуатация и обслуживание двигателей ЯМЗ Москва:
Машиностроение, 1968

25. Шеховцов В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2010. - 214 с., ил. (Профессиональное образование).
26. Шеховцов В. П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению 1 В. П. Шеховцов.- 2-е изд. -Москва: ФОРУМ, 2011.- 136 с.- (Профессиональное образование).
27. Инструкция по эксплуатации контроллера DATAKOM DKG-307-MPU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.datakom.com.ru> (дата обращения 09.11.17)
28. Инструкция по эксплуатации электронного регулятора оборотов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.governors-america.com/product%20landing%20pages/actuators> (дата обращения 15.10.17)
29. Инструкция по эксплуатации электромагнитного актуатора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.governors-america.com/product%20landing%20pages/generator> (дата обращения15.10.17)
30. Инструкция по подбору элементов охлаждения двигателя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://nasos-egm.ru/production/disel_electro (дата обращения 14.10.17)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

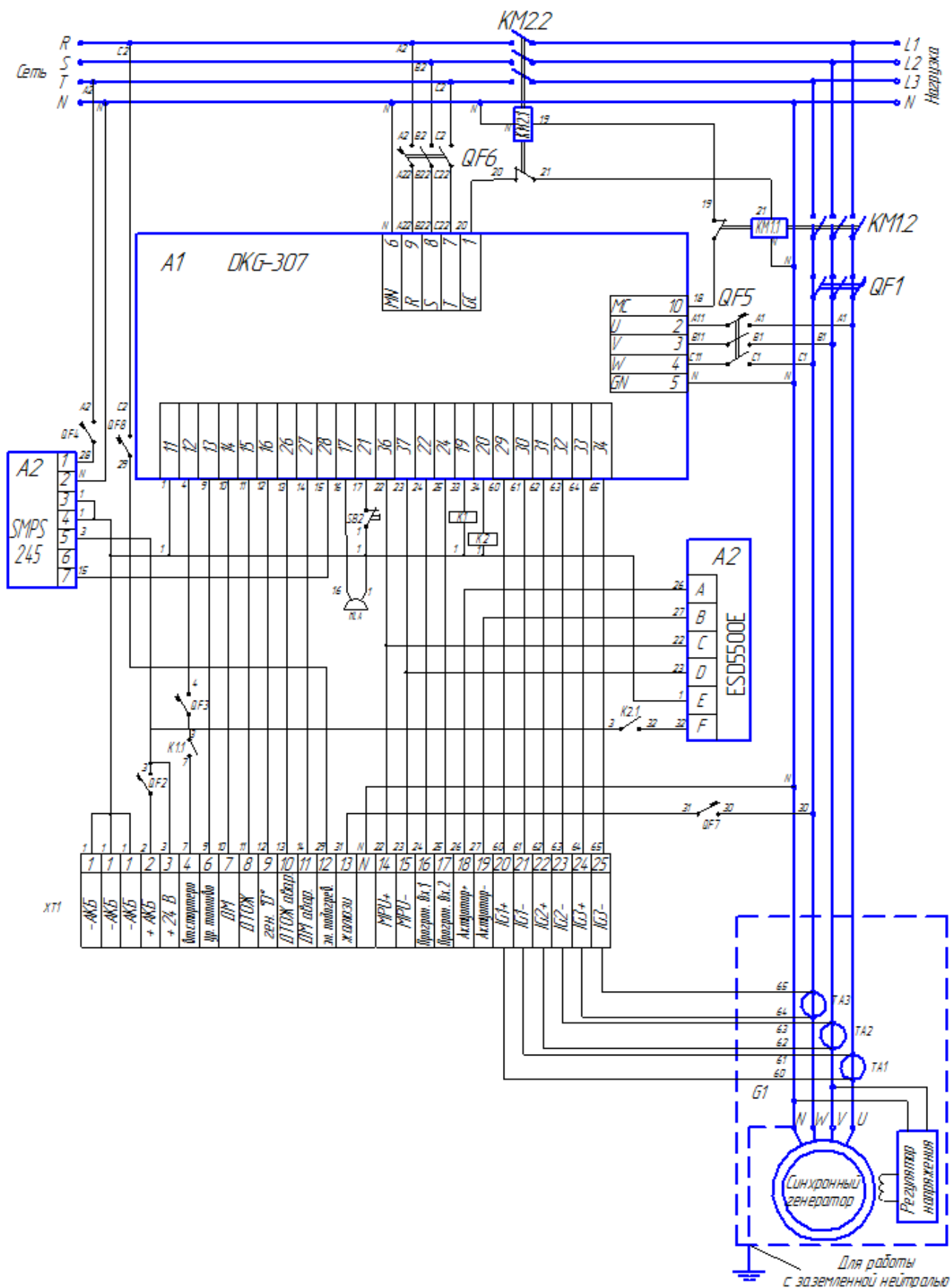


Рисунок А.1 – принципиальная электрическая схема шкафа управления
дизельной генераторной установкой

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – выбор двигателя для дизельной генераторной установки

Марка двигателя (страна)		ЯМЗ (Россия)	Doosan (Южная Корея)	Volvo Penta (Швеция)
Характеристики	Конструкция	Простая	+	–
		Высокотехнологичная	–	+
	Режимы работы	ESP (Резервно-аварийный)	+	+
		PRP (Режим основной мощности)	+	+
		LTP (Режим кратковременной мощности)	+	–
Адаптированность к России		SOP (Режим длительной мощности)	–	–
		Неприхотливость к топливу	+	+
		Холодный пуск	+	+
Ресурс		Ремонтопригодность	–	–
		Качество сборки	+	+
		Качество компонентов	+	+
Топливная экономичность		–	+	+
Цена (руб.)		856000-1300000	975000-1680000	1200000-2500000

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В.1 – Выбор радиатора охлаждения дизельной генераторной установки

Мощность электростанции, кВт основная/резервная	Модель двигателя	Рекомендуемый водяной радиатор, теплосброс, кВт Габариты: L×H×B, мм	Рекомендуемый охладитель наддувочного воздуха (ОНВ)
150/165 (150)	ЯМЗ-238Д1 /1500 мин-1	79092-1301008	—
160/176 (160)	ЯМЗ-238Д	79095БР-1301008	—
	ЯМЗ-238НДЗ		
200/220 (200)	ЯМЗ-7511(14) TW; Ne=261 кВт/1500 мин-1	692375Т-1301008	79095БР-1323010 Q=60,4 кВт
	ТМЗ-8481.10-05 Ne=294 кВт/2100 мин-1	692375Т-13013423	
250/275 (250)	ТМЗ-8435.10 TW; Ne=294 кВт/1500 мин-1 Qwmin=198 кВт	843-1301010 (96 кг)	843-1323010-10 (32 кг) Q40155=62 кВт при Gнад=0,61 кг/с; E=0,9
275/300 (275)	ТМЗ-8435.10* TW; Ne=294 кВт/1500 мин-1	843-1301010 (96 кг)	843-1323010-10 (32 кг)
315/346 (315)	ТМЗ-8525.10 TW; Ne=375 кВт/1500 мин-1 М621А/3-Ne=343 кВт	550-1301.100	843-1323010-10 Q=72,3 кВт при Gнад=0,566 кг/с
	ЯМЗ-850.10 ЯМЗ-240НМ2		
350/385 (350)	ЯМЗ-850.10*	550-1301.100	—
364/400 (380)	VolvoPenta TAD1640GE	БРН-1301.110.100 - 2 шт	—
		БРН-1301.110.200 - 1	
400/440 (400)	VolvoPenta TAD1640GE ЯМЗ-8502.10 Ne=380 кВт/1500 мин-1 Ne=478 кВт/2100 мин-1	8502-1301.100	

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1 – Параметры шкафа управления дизельной генераторной установкой

Наименование параметра		Номинальное значение параметра				
1. Род коммутируемого тока		Переменный, трёхфазный				
Номинальное значение, В		400				
Частота, Гц		50				
Номинальная мощность, кВт		30	60	100	200	315
Номинальный ток при cosφ=0,8, А		54	108	180	360	570
Допустимая перегрузка по измеряемому току		2*Іном в течении 1.0 сек				
2. Источник питания шкафа управления - постоянный ток		Однопроводная схема				
Номинальное напряжение, В		12 (24)				
Рабочее напряжение, В		10-16 (22-28)				
Потребляемый ток, мА		300-500				
3. Характеристика силовых «Выходных сигналов»		«сухие контакты»				
Коммутируемое напряжение, В		12 (24)				
Токи при включении электромагнита останова и реле стартера, А		до 20 А.				
4. Характеристика сигнала частоты вращения коленчатого вала двигателя с выхода «W» зарядного генератора						
Тип сигнала		переменный				
Диапазон изменения напряжения, В		2-30				
Диапазон изменения частоты, Гц		10 - 10000				
5. Вибрация, мм/сек		40				
Степень автоматизации		2				
Степень защиты		IP54				
Вид климатического исполнения		УХЛ3				
6. Габаритные размеры, мм:						
Высота	650	650	650	800	800	
Ширина	500	500	500	650	650	
Глубина	220	220	220	250	250	
Масса, кг (не более)	17	25	43	52	65	

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д.1 – Допустимые измерения сопротивления изоляции.

Испытываемые цепи	Подготовка к измерению	Точки подключения мегомметра
Силовые провода относительно корпуса	Отсоединить все провода с маркировкой «N» (нейтраль) от корпуса. Отсоединить провода «нагрузки», включая нейтральные провода, жгут двигателя. Выключить автоматический выключатель QF1.	Силовой провод - «Корпус»
Не связанные между собой силовые провода относительно друг друга.	Выполнить условие п.1, а также отсоединить силовые провода от генератора	Силовой провод 1 силовой провод 2 и т.д.

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Таблица Ж.1 – Периодичность технического обслуживания дизельной генераторной установки

Вид ТО	Периодичность проведения ТО
Ежедневное ТО	Ежедневно
ТО №1	Через 5000ч. работы, но не реже одного раза в год
ТО №2	Через 10000ч. работы, но не реже одного раза в 2 года
ТО при хранении	Через 12 месяцев хранения

Таблица Ж.2 – Объем технического обслуживания дизельной генераторной установки

Содержание работ	Технические требования, дополнительные указания	Материальное обеспечение работ
Ежедневное ТО		
Проверка надёжности крепления шкафа и заземления. Проверка состояния наружных поверхностей. Проверка состояния затяжки наконечников силовых проводов	Шкаф должен быть надёжно прикреплен к раме электроагрегата и заземлен. Поверхности шкафа, надписи и лицевая панель контроллера должны быть чистыми, сухими. Наконечники силовых проводов должны быть присоединены к шинам (контактам) без промежуточных деталей	Ключи гаечные, отвёртка. Ткань хлопчатобумажная.
ТО №1		
Проверка технического состояния изоляции	Согласно таблице 2	Мегомметр на 500В, отвёртка, гаечные ключи.
Проверка работоспособности аварийных защит	Имитацией аварийных ситуаций с проверкой работоспособности исполнительных механизмов	Отвёртка, схема.
Подтяжка разъёмных соединений		Ключи гаечные, отвёртка.
Обслуживание электромагнитного контактора	(в соответствии РЭ на контактор)	Ключи гаечные, отвёртка.
ТО №2		
Очистка шкафа управления от пыли	см. ТО	
Проверка метрологических характеристик измерительных каналов.	Поверочные приборы, измерительные клещи, отвёртка.	
ТО при хранении		
Проверка состояния поверхностей и частей комплекта поставки	Не должно быть повреждений	

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Таблица Л.1 – неисправности дизельной генераторной установки

Наименование неисправности, её проявление	Вероятная причина	Способ устранения
Значение температуры ОЖ, давления масла, уровня топлива на дисплее не соответствует действительным значениям	Неисправны датчики или установлены датчики с другими характеристиками	Установить новые, заведомо исправные датчики в соответствии с документацией на шкаф управления. Обеспечить надёжный контакт в соединениях
При включении поворотного выключателя SA1 контроллер не включается	Неисправен или не включён автоматический выключатель QF1, неисправен выключатель SA1	Включить QF1, заменить исправным, заменить SA1
Отсутствует напряжение на блоке питания (A2), на дисплее отсутствует информация, отражающая качество электроэнергии генератора (U,I,f)	Не включён или неисправен автоматический выключатель QF3	Включить или заменить автоматический выключатель QF3
При восстановлении питающей сети станция не заглохла, АВР не переключился	Отключен или неисправен автоматический выключатель QF5	Включить или заменить автоматический выключатель QF5
Не включается пусковое реле стартера	Неисправно промежуточное реле K1	Заменить промежуточное реле K1
Не включается электромагнит останова двигателя (ДГУ не глохнет)	Неисправно промежуточное реле K2, Неисправен электромагнит останова двигателя	Заменить промежуточное реле K2, Заменить электромагнит останова двигателя
Двигатель не запускается, стартёр работает	Наличие воздуха в системе питания топливом, Включен (зажат) электромагнит останова двигателя	Прокачать систему топливоподачи Заменить электромагнит останова двигателя