

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра Электроснабжение и электротехника

(наименование)

13.03.02. Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Модернизация системы электроснабжения отеля «Жигули»

Обучающийся

А. И. Зотов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., Д. А. Кретов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Аннотация

В работе проведена разработка мероприятий по модернизации системы электроснабжения отеля «Жигули» в связи с производственной необходимостью, продиктованной ростом электрических нагрузок, увеличением числа потребителей электроэнергии и устареванием оборудования существующей инфраструктуры.

Для достижения данной цели в работе решены следующие основные задачи:

- анализ исходных данных на выполнение работы;
- расчёт электрических нагрузок;
- разработка и реализация мероприятий по модернизации системы электроснабжения отеля;
- разработка и реализация мероприятий по охране труда и экологической безопасности.

Полученные результаты и предложенные проектные решения могут быть использованы при проектировании электроснабжения аналогичных объектов, что способствует улучшению общего уровня безопасности, надежности и энергоэффективности электрических систем гостиничных предприятий.

Структура работы включает введение, четыре основных раздела с выводами, заключение с общими выводами по результатам исследования, а также перечень литературных источников, включающий 20 наименований.

Объём расчётно-пояснительной записки составляет 76 страниц машинописного текста.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных на выполнение работы.....	7
2 Расчет электрических нагрузок	17
3 Разработка и реализация мероприятий по модернизации системы электроснабжения отеля.....	22
3.1 Проверка силовых трансформаторов питающей подстанции 10/0,4 кВ	23
3.2 Выбор и проверка собственного резервного источника питания	27
3.3 Расчёт токов короткого замыкания	32
3.4 Выбор и проверка проводников	38
3.5 Выбор конструктивного выполнения электроустановок.....	45
3.6 Выбор электрических аппаратов	50
3.7 Выбор системы учёта и контроля электроэнергии.....	55
4 Разработка и реализация мероприятий по охране труда и экологической безопасности.....	62
Заключение	69
Список используемых источников.....	74

Введение

В современных условиях развития инфраструктуры городов, расширения сферы обслуживания и повышения стандартов качества предоставляемых услуг перед предприятиями гостиничного бизнеса ставятся новые задачи, связанные с повышением надежности и энергоэффективности систем электроснабжения.

Важнейшим аспектом успешной деятельности предприятий и организаций сферы услуг является обеспечение бесперебойного электроснабжения, высокого качества электроэнергии, а также соответствие действующим нормативным требованиям в области безопасности и энергосбережения.

Необходимость модернизации и совершенствования электрических систем гостиничных предприятий обусловлена возрастающим спросом на энергоёмкие услуги, внедрением современных информационных и технических решений, расширением спектра технологического оборудования и ростом требований к качеству обслуживания клиентов.

Известно, что проектирование систем электроснабжения отелей относится к комплексным инженерным задачам, поскольку гостиничные объекты имеют специфическую структуру и особый характер потребления электроэнергии.

Так, для отелей характерны значительные колебания нагрузки в течение суток и сезона, высокая плотность подключения разнообразных потребителей, таких как системы кондиционирования, вентиляции, освещения, ресторанного оборудования, лифтов, информационных и мультимедийных систем, системы безопасности и противопожарной защиты. Это, в свою очередь, предъявляет повышенные требования к надёжности, устойчивости и гибкости электроснабжения.

Поэтому при проектировании систем электроснабжения гостиничных комплексов особое внимание уделяется вопросам рационального выбора

схемных и конструктивных решений, энергосберегающим технологиям, современным методам управления и автоматизации, а также повышенным требованиям по обеспечению безопасности и экологической чистоты решений.

Основной целью работы является разработка и реализация мероприятий по модернизации существующей системы электроснабжения отеля «Жигули», направленных на повышение общей надёжности и энергоэффективности работы электрооборудования, соответствие системы электроснабжения современным нормативным требованиям, а также на повышение безопасности эксплуатации и улучшение экологических показателей объекта.

Для достижения основной цели ставится ряд задач, включающих подробный анализ исходных данных, расчет и уточнение электрических нагрузок существующего и проектируемого оборудования, обоснование и реализацию мероприятий по модернизации системы электроснабжения с использованием современного оборудования, а также разработку мероприятий по охране труда и экологической безопасности.

Объектом исследования выступает существующая система электроснабжения гостиничного предприятия «Жигули», требующая комплексной модернизации.

Предметом исследования являются технические решения по модернизации системы электроснабжения объекта исследования.

Актуальность работы обусловлена объективной необходимостью модернизации системы электроснабжения отеля «Жигули», продиктованной ростом электрических нагрузок, увеличением числа потребителей электроэнергии и устареванием оборудования существующей инфраструктуры.

В условиях постоянного повышения тарифов на энергоресурсы и усиления требований к экологической безопасности, внедрение современных технических решений, обеспечивающих энергоэффективность, надёжность и

безопасность работы гостиничного комплекса, становится особенно значимым, что соответствует требованиям и нормам [12], [13], [14], [19].

Практическая ценность работы заключается в разработке и реализации комплекса мероприятий, позволяющих не только повысить эксплуатационные характеристики электроснабжения отеля, но и обеспечить снижение эксплуатационных затрат за счет эффективного использования энергоресурсов, повышения комфорта для посетителей и персонала, а также уменьшения негативного воздействия на окружающую среду.

В ходе выполнения работы используются методы расчётно-аналитического исследования, включающие расчёт электрических нагрузок, выбор и проверку трансформаторов, силовых кабельных линий и электрических аппаратов, а также методы оценки эффективности предлагаемых мероприятий.

Результатом выполнения представленной работы станет проект, предусматривающий внедрение современных технических и технологических решений, обеспечивающих высокую надёжность, экономичность и экологическую безопасность электроснабжения гостиничного предприятия, что позволит существенно улучшить его эксплуатационные характеристики, повысить уровень комфорта и удовлетворённости гостей, а также создать предпосылки для дальнейшего устойчивого развития «Жигули».

Анализ исходных данных на выполнение работы

Далее в работе проводится анализ исходных данных по объекту ВКР, который предполагает собой систему электроснабжения отеля «Жигули». Данный отель расположен в г. Тольятти Самарской области на улице Мира, 77 [5], что показано на рисунке 1.

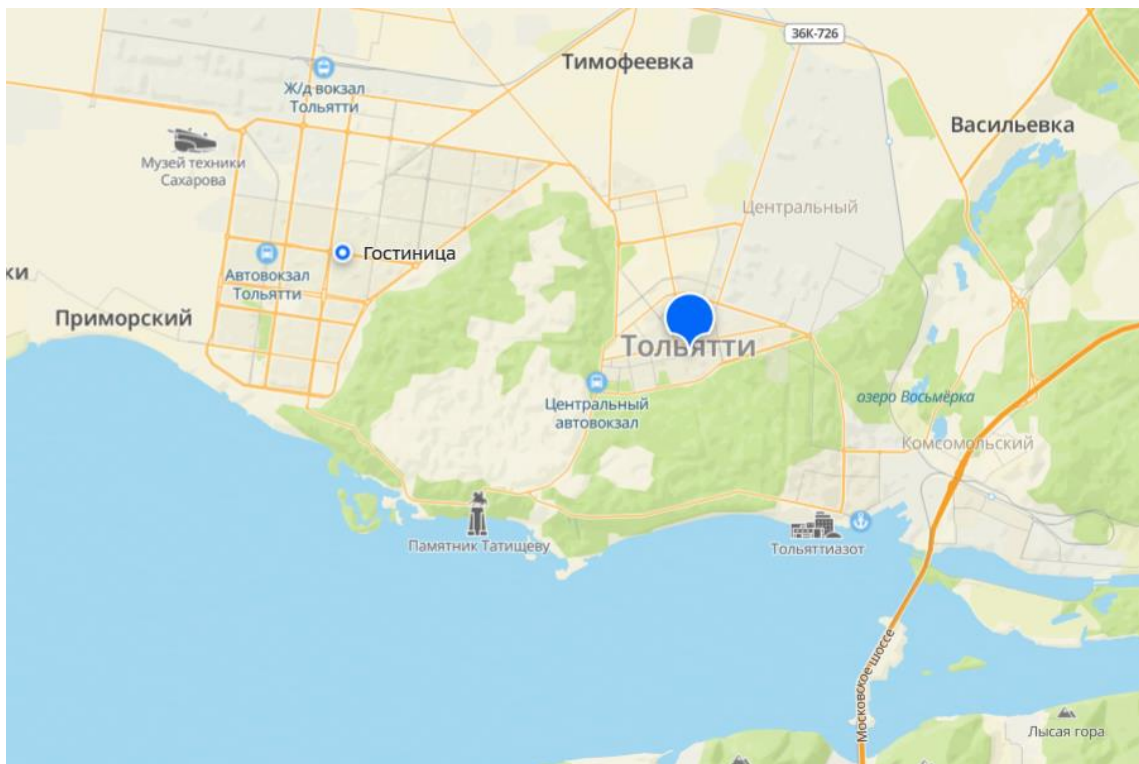


Рисунок 1 – Расположение отеля «Жигули» на карте в г. Тольятти Самарской области

В современной инфраструктуре объектов, предназначенных для предоставления широкого спектра услуг населению и организациям, особое значение приобретает обеспечение качественного и бесперебойного электроснабжения.

В данном контексте возникает обоснованная потребность в проведении комплексной модернизации электроустановок многофункциональных предприятий, оказывающих населению услуги размещения, отдыха, оздоровления и культурного досуга.

Данная задача становится особенно актуальной в условиях постоянно возрастающих нагрузок и потребностей современного общества, а также в свете необходимости применения новых строительных и инженерных решений, отвечающих строгим требованиям надёжности и энергоэффективности.

Одним из таких объектов является рассматриваемый в работе отель «Жигули», являющийся крупным многофункциональным гостиничным комплексом, предоставляющим как стандартные услуги временного проживания и питания, так и расширенный комплекс сопутствующих услуг оздоровительного и культурного характера.

В частности, в инфраструктуру отеля входят спортивно-оздоровительные помещения, среди которых бассейн, тренажёрные залы, кабинеты профилактики и реабилитации, а также помещения, предназначенные для комфортного проведения досуга – ресторан и сауна.

Наличие столь разноплановых объектов на одной территории формирует особые требования к системе электроснабжения, требуя не только высокой надёжности и безопасности, но и наличия резервных источников питания, способных обеспечивать бесперебойное электроснабжение наиболее ответственных потребителей.

Отель «Жигули» является потребителем электроэнергии 2 категории надёжности, получающий питание от внешней двухтрансформаторной подстанции напряжением 10/0,4 кВ (ТП-10/0,4 кВ).

На данной подстанции установлены силовые трансформаторы марки ТМГ-630/10, каждый номинальной мощностью 630 кВА, что обеспечивает достаточную мощность и необходимый резерв питания при аварийных ситуациях.

Распределение электроэнергии по территории отеля осуществляется через главный распределительный щит напряжением 0,4 кВ (ГРЩ-0,4 кВ), расположенный непосредственно на территории объекта.

Основной функцией данного щита является распределение электроэнергии по сетям внутренних потребителей, защита линий и оборудования от перегрузок и коротких замыканий, а также организация автоматического резервирования и секционирования электрических нагрузок.

Особое внимание в системе электроснабжения отеля необходимо уделить потребителям первой категории надёжности, к числу которых относятся противопожарные системы объекта, включающие в себя автоматическую пожарную сигнализацию и противопожарную вентиляцию. В соответствии с нормативной документацией, электроснабжение данных потребителей предусматривает обязательное наличие независимого резервного источника питания, которым является резервная система сборных шин, включаемый в работу автоматически устройством АВР при отключении основного источника питания.

Такой подход гарантирует бесперебойное функционирование противопожарных систем даже в случае аварий на внешних питающих электрических сетях.

Таким образом, с целью повышения надёжности электроснабжения отеля, на всех распределительных щитах предусматривается система автоматического включения резерва (АВР), обеспечивающая переключение питания между рабочими линиями в случае потери напряжения на одной из них. Данный аспект значительно снижает риски отключения ответственных потребителей первой категории и повышает общий уровень безопасности работы электроустановки.

Также во всех распределительных устройствах необходимо реализовать условие секционирования шин, благодаря чему удаётся минимизировать последствия аварий и проводить профилактические работы без полного отключения потребителей.

Таким образом, в результате внедрения выбранных решений, будет разработана рациональная и эффективная схема электроснабжения, предусматривающая повышение надёжности, безопасности и

энергоэффективности отеля «Жигули», соответствующая современным техническим и нормативным требованиям.

Предложенные технические мероприятия позволяют обеспечить бесперебойное энергоснабжение объекта, повысить качество предоставляемых услуг, сократить затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования и сформировать необходимый резерв мощности для дальнейшего перспективного развития инфраструктуры отеля.

Технические показатели системы электроснабжения отеля «Жигули» приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические показатели системы электроснабжения отеля «Жигули»

Наименование показателя	Единица измерения	Значения показателя
Номинальное напряжение питающей и распределительной сети	V	380/220
Суммарная установленная мощность силового электрооборудования	kWt	382,26
Суммарная установленная мощность электрического освещения	kWt	123,75
Коэффициент использования	K_u	0,8
Коэффициент активной мощности	$\cos \varphi$	0,9

Питающая сеть отеля «Жигули», рассматриваемая в настоящей работе, до начала модернизации была выполнена кабельными линиями, конструктивное выполнение которых предусматривало применение кабелей старого образца, не соответствующих современным требованиям.

Эти линии питания выполнены устаревшими и изношенными кабелями марки АВВГ с алюминиевыми жилами, что приводит к значительным потерям энергии, снижению общей надёжности и увеличению частоты отказов оборудования в последние годы эксплуатации.

Ввод в эксплуатацию новых, более мощных и технологически сложных электроприёмников, увеличило нагрузку на питающие сети, что требует внедрения новых решений, обеспечивающих повышенную энергоэффективность и устойчивость работы электрических сетей отеля.

Таким образом, данная проблема требует решения в работе.

При выборе нового оборудования учитывались категории надёжности электроснабжения помещений, а также повышенные требования к энергоэффективности, безопасности и комфорту.

Важным решением по модернизации стало внедрение устройств компенсации реактивной мощности, позволяющих существенно снизить реактивную составляющую электрической нагрузки и, как следствие, сократить оплату за потребляемую электроэнергию, снизить потери и разгрузить питающие линии.

Важным элементом модернизированной системы электроснабжения отеля является обеспечение высокой степени пожарной безопасности.

Для решения этой задачи проектом предусмотрена современная система молниезащиты и заземления, которая не требует кардинальной модернизации в работе.

В качестве молниезащиты предусмотрено применение системы с использованием стержневой конструкции высотой 24 метра, обеспечивающей высокий уровень защиты и надёжность объекта от поражения молниевыми разрядами.

Система молниезащиты дополнена заземляющим контуром, выполненным с помощью омеднённых стержней и полосовой стали, что соответствует нормативам и гарантирует безопасный режим работы всех элементов электрооборудования. Данный фактор обеспечивает защиту электрооборудования от скачков напряжения различного происхождения, гарантируя долговременную и бесперебойную работу сетей.

Проектом предусмотрено также модернизация питающей системы электрического освещения, которая существенно улучшает качество данной системы и соответствие нормативам освещённости рабочих зон и путей эвакуации [16].

Для освещения гостевых, технологических и вспомогательных помещений предусмотрено использование современных энергоэффективных

светодиодных светильников, которые заменят устаревшие осветительные приборы с люминесцентными лампами. Данное решение позволит значительно сократить энергопотребление, улучшить визуальный комфорт посетителей и персонала, а также снизить расходы на эксплуатацию и техническое обслуживание. В исходных данных осветительная нагрузка рассчитана проектом ранее и включена в суммарную нагрузку щитов освещения.

Система освещения объекта разделена на рабочее и аварийное освещение с применением щитов и автоматических устройств управления, гарантирующих бесперебойность освещения в критических ситуациях. Такой подход соответствует нормам [16].

Эвакуационное освещение выполняется с применением специальных автономных светильников, обеспечивающих нормативный уровень освещённости путей эвакуации.

Особое внимание в проекте уделено вопросам пожарной безопасности, в связи с чем электрооборудование и электрические кабельные линии выбираются с учётом строгих требований нормативных документов.

Кабельные трассы, проходящие через электрические установки, снабжаются дополнительными средствами огнезащиты, исключающими дальнейшее распространение пожара.

Для систем дымоудаления и противопожарной сигнализации необходимо обязательно выделить отдельные линии питания, обеспеченные специализированными средствами защиты и надёжной системой АВР, что обосновано в работе ранее.

Автоматическое отключение вентиляционных агрегатов в случае возникновения пожара позволяет исключить распространение огня и задымления по вентиляционным каналам, значительно повышая уровень безопасности.

Исходные данные питающей сети 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения (СЭС) отеля «Жигули» приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные СЭС отеля «Жигули»

Наименование потребителя отеля	Марка и сечение кабеля	Марка автомата
ВРУ-1		
Панель 2		
ЩО2-1, ЩО4-1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ЩО1-1, ЩО3-1, ЩО5-1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ЩР-1.3	ABBГ (4×4)	АП-50
ЩР-1.4	ABBГ (4×4)	АП-50
ЩРВ-1	ABBГ (4×25)	АП-50
Панель 1		
ЩР-1.2	ABBГ (4×10)	АП-50
ЩР-1.1	ABBГ (4×25)	АП-50
ВТЗ-1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ВТЗ-2	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ВТЗ-3	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ВТЗ-4	ABBГ (4×2,5)	АП-50
Панель АВР 1.1		
ЩАО2-1, ЩАО4-1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ЩАО1-1, ЩАО3-1, ЩАО5-1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ЩК-1.1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ЩК-1.2	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ВРУ-2 (бассейн)		
Панель 2		
ЩРВ-2	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ЩО2.1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
Панель 1		
ЩОП	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ЩПБ	ABBГ (4×4)	АП-50
ЩР-2.1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
АВР-2.1		
ЩАО2.1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ЩАОП	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ВРУ-3 (спорт. зал)		
Панель 2		
ЩОЗ.1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
Панель 1		
ЩРЗ.1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ЩН-3.1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
АВР-3.1		
ЩК-3.1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ЩАОЗ.1	ABBГ (4×2,5)	АП-50
ГРЩ		
Панель 1. ГРЩ		
ВРУ 1 Ввод 2	ABBГ (4×95)	АП-50
ВРУ 2 Ввод 2	ABBГ (4×16)	АП-50
ВРУ 3 Ввод 2	ABBГ (4×16)	АП-50
Кондиционирование	ABBГ (4×16)	АП-50
ГРЩ Ввод 1	ABBГ (4×150)	АП-50
Панель 2. ГРЩ		

Продолжение таблицы 2

Наименование потребителя отеля	Марка и сечение кабеля	Марка автомата
ВРУ 1 Ввод 1	АВВГ (4×95)	АП-50
ВРУ 2 Ввод 1	АВВГ (4×16)	АП-50
ВРУ 3 Ввод 1	АВВГ (4×16)	АП-50
Наружное освещение	АВВГ (4×10)	АП-50
ГРЩ Ввод 2	АВВГ (4×150)	АП-50
АВР (ПАВ панель)		
ДУ	АВВГ (4×6)	АП-50
Наружное освещение	АВВГ (4×2,5)	АП-50
ОПС	АВВГ (4×2,5)	АП-50

Таким образом, предложенные мероприятия по модернизации системы электроснабжения отеля «Жигули» существенно повышают надежность и безопасность энергообеспечения объекта, сокращает затраты на эксплуатацию, а также обеспечивает полное соответствие актуальным нормативным требованиям по электробезопасности, пожарной безопасности и энергоэффективности.

Реализация данных решений позволит повысить общий уровень комфорта и безопасности пребывания гостей и сотрудников, а также создаст условия для дальнейшего развития и расширения деятельности рассматриваемого отеля.

Выводы по разделу.

Проведён анализ исходных данных, необходимых для разработки и реализации мероприятий по модернизации системы электроснабжения отеля «Жигули».

В результате анализа установлено, что существующая электрическая сеть отеля морально и технически устарела, что вызывает значительное снижение общей надёжности электроснабжения и рост эксплуатационных затрат на ремонт и обслуживание электрооборудования на объекте исследования.

Также была выявлена необходимость применения новых технических решений, связанных с расширением инфраструктуры объекта и внедрением

современных стандартов по обеспечению её надёжности, безопасности и экономичности.

Для решения поставленных задач и устранения существующих недостатков на объекте исследования, предложены и обоснованы рациональные решения, направленные на повышение надёжности, энергоэффективности и качества электроснабжения гостиничного комплекса.

К таким мероприятиям относится замена устаревших проводников питающей и распределительной сети 0,38/0,22 кВ, выполненных кабелями марки АВВГ, которые морально и технически устарели, на современные марки кабельной продукции.

Также показано, что на объекте исследования требуется замена устаревших аппаратов защиты и коммутации на объекте (в частности, устаревших автоматов марки АП) на новые и современные модификации данного оборудования.

Кроме того, установлено, что модернизации также требует вся устаревшая система освещения отеля, в которой кабельные линии и электрические аппараты защиты и коммутации, являются устаревшими, ненадёжными и неэффективными.

В схеме отеля, с целью повышения надёжности его системы электроснабжения, на всех распределительных щитах необходимо предусмотреть систему АВР, обеспечивающую автоматическое переключение питания между рабочими секциями сборных шин в случае потери напряжения на одной из них. Также питающую панель АВР необходимо подключить к собственному источнику питания, мощность которого необходимо выбрать в работе.

Кроме того, во всех распределительных устройствах необходимо реализовать условие секционирования шин, благодаря чему удаётся минимизировать последствия аварий и проводить профилактические работы без полного отключения потребителей.

Показано, что данные аспекты значительно снижает риски отключения ответственных потребителей первой категории и повышает общий уровень безопасности работы электроустановки.

Установлено, что отдельное внимание необходимо уделить качественной разработке мероприятий по охране труда, а также обеспечению экологической и пожарной безопасности на объекте исследования.

Таким образом, предложенные мероприятия по модернизации системы электроснабжения отеля «Жигули» создают надёжную основу для повышения энергоэффективности и устойчивости функционирования гостиничного предприятия, способствуют улучшению качества предоставляемых услуг и повышению общего уровня безопасности эксплуатации, а также обеспечивают условия для дальнейшего устойчивого развития и эффективной эксплуатации данного объекта.

Следующим этапом работы является оценка, реализация и проверка правильности выбранных инженерных решений, что позволит удостовериться в их соответствии нормативным требованиям и обеспечить надежное функционирование системы электроснабжения объекта исследования.

Расчет электрических нагрузок

Расчёт электрических нагрузок системы электроснабжения отеля «Жигули», выполненный с применением метода коэффициента спроса, является важной стадией проектирования энергоснабжения, позволяющей достоверно определить фактические значения потребляемой мощности, необходимые для корректного выбора электрооборудования, кабельных линий и трансформаторов питающих подстанций.

Данный метод учитывает реальное, а не номинальное (паспортное) электропотребление, которое обусловлено неполной загрузкой оборудования и неравномерностью работы электрических потребителей, что типично для гостиничных комплексов.

На начальном этапе расчёта определяются нагрузки отдельных силовых и осветительных щитков, установленных в отеле. В рамках этой процедуры, учитываются номинальные мощности всех потребителей, подключенных к щиткам, включая осветительные приборы, бытовую технику, системы вентиляции, кондиционирования воздуха и другие технологические устройства, используемые в гостиничном хозяйстве.

Затем к суммарной номинальной мощности, подключённой к каждому щитку, применяются соответствующие коэффициенты спроса, значения которых определяются на основе анализа характера эксплуатации и степени загрузки оборудования в конкретных помещениях отеля.

Коэффициенты спроса позволяют снизить общую расчётную мощность, приводя её к реальным значениям, отражающим фактическое потребление электроэнергии, что обеспечивает более точный выбор защитных аппаратов и проводников щитков. Они устанавливаются на основе анализа режимов работы оборудования, технологического графика и функционального назначения помещений, позволяя таким образом скорректировать расчётные нагрузки до реальных значений, которые будут наблюдаться в процессе эксплуатации.

В работе приняты эмпирические значения коэффициентов спроса оборудования, взятые из справочных источников.

С учётом этого, определяется активная нагрузка распределительных щитов потребителей отеля по формуле [17]:

$$P_p = P_{ном} \cdot k_c, \quad (1)$$

где « k_c – коэффициент спроса» [17].

«Реактивная нагрузка распределительных щитов потребителей отеля» [17]:

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (2)$$

«Полная расчётная распределительных щитов нагрузка потребителей отеля» [17]:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (3)$$

«Расчетный ток распределительных щитов потребителей отеля» [17]:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (4)$$

«В работе рассматривается детальный расчет силовых электрических нагрузок на примере распределительных щитов освещения ЩО2-1, ЩО4-1» [17] по ранее приведённым формулам (1) – (4):

$$P_p = 20,5 \cdot 0,6 = 12,3 \text{ кВт},$$

$$Q_p = 12,3 \cdot 0,48 = 5,96 \text{ квар},$$

$$S_p = \sqrt{12,3^2 + 5,96^2} = 13,67 \text{ кВА},$$

$$I_p = \frac{13,67}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 20,79 \text{ А}.$$

Полученные результаты расчёта нагрузки распределительных щитов освещения ЩО2-1, ЩО4-1 применяются в работе далее при выборе и проверке проводников, а также защитных и коммутационных аппаратов для данного потребителя после реконструкции.

После завершения расчётов отдельных распределительных щитков, осуществляется расчёт нагрузок на следующем уровне, где рассчитываются нагрузки панелей и вводных распределительных устройств отеля.

Величина коэффициента на этом этапе зависит от одновременности работы групп потребителей, объединённых общей зоной или функциональным назначением, что характерно для гостиниц, где возможна существенная неравномерность и переменность нагрузок в зависимости от времени суток и режима эксплуатации помещений.

При этом суммарные расчётные мощности щитков, подчинённых к одной панели, объединяются, после чего также применяются соответствующие коэффициенты спроса второго уровня, которые определяются как средневзвешенное значение коэффициентов спроса распределительных щитков [18]:

$$P_{P.\Pi} = K_c \cdot \sum_{i=1}^n P_p, \quad (5)$$

$$Q_{P.\Pi} = K_c \cdot \sum_{i=1}^n Q_p, \quad (6)$$

$$S_{P.\Pi} = \sqrt{P_{P.\Pi}^2 + Q_{P.\Pi}^2}, \quad (7)$$

$$I_{P.\Pi} = \frac{S_{P.\Pi}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}. \quad (8)$$

На заключительном этапе расчёта определяется суммарная электрическая нагрузка всего отеля в целом. Здесь вновь проводится укрупнение нагрузок, рассчитанных для всех вводных распределительных устройств, с применением коэффициента максимума нагрузки, отражающего вероятность совпадения пиковых нагрузок по различным вводам в один и тот же момент времени. Использование данного коэффициента обеспечивает снижение расчётной мощности питающих подстанций и вводных кабельных линий, исключая избыточное резервирование и снижая затраты на строительство и эксплуатацию энергосистемы отеля. Таким образом, суммарная нагрузка отеля [18]:

$$P_{P.O} = K_o \cdot \sum_{i=1}^n P_{P.П}, \quad (9)$$

$$Q_{P.O} = K_o \cdot \sum_{i=1}^n Q_{P.П}, \quad (10)$$

$$S_{P.O} = \sqrt{P_{P.O}^2 + Q_{P.O}^2}, \quad (11)$$

$$I_{P.O} = \frac{S_{P.O}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (12)$$

где K_o – «коэффициент одновременности максимума нагрузки, о.е.» [18].

Проведённый таким образом расчёт электрических нагрузок с помощью метода коэффициента спроса предоставляет объективные значения энергопотребления, позволяя оптимизировать затраты на электрооборудование, повысить надёжность системы электроснабжения и обеспечить бесперебойность работы всех инженерных и технологических систем отеля «Жигули». Предложенный подход полностью соответствует нормативным документам и современным стандартам проектирования энергосистем, обеспечивая экономическую эффективность и надёжность эксплуатации объекта в долгосрочной перспективе.

Полученные результаты расчёта электрических нагрузок отеля «Жигули, представлены в работе в форме таблицы 3.

Таблица 3 – Результаты расчёта электрических нагрузок отеля «Жигули»

Наименование	$P_{ном.},$ кВт	K_c (K_o)	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ квар	$S_p,$ кВА	$I_p,$ А
ВРУ-1								
Панель 1								
ЩР-1.2	29,74	0,76	0,76	0,84	22,50	19,00	29,45	44,79
ЩР-1.1	55,12	0,78	0,91	0,45	42,84	19,49	47,06	71,59
ВТЗ-1	3,50	0,85	0,75	0,88	2,98	2,62	3,97	6,03
ВТЗ-2	3,50	0,85	0,75	0,88	2,98	2,62	3,97	6,03
ВТЗ-3	3,50	0,85	0,75	0,88	2,98	2,62	3,97	6,03
ВТЗ-4	3,50	0,85	0,75	0,88	2,98	2,62	3,97	6,03
Итого панель 1 ВРУ-1	98,86	0,78	0,84	0,66	77,24	50,7	92,38	140,5
Панель 2								
ЩО2-1, ЩО4-1	20,50	0,60	0,90	0,48	12,30	5,96	13,67	20,79
ЩО1-1, ЩО3-1, ЩО5-1	18,40	0,60	0,90	0,48	11,04	5,35	12,27	18,66
ЩР-1.3	25,60	0,60	0,85	0,62	15,36	9,52	18,07	27,49
ЩР-1.4	13,20	0,60	0,85	0,62	7,92	4,91	9,32	14,17
ЩРВ-1	49,20	0,72	0,76	0,86	35,28	30,37	46,55	70,82
Итого панель 2 ВРУ-1	126,9	0,65	0,87	0,56	82,49	46,19	94,54	145,45
Панель АВР 1.1								
ЩАО2-1, ЩАО4-1	6,45	1,00	0,90	0,48	6,45	3,12	7,17	10,90
ЩАО1-1, ЩАО3-1, ЩАО5-1	4,90	1,00	0,90	0,48	4,90	2,37	5,44	8,28
ЩК-1.1	7,60	0,60	0,85	0,62	4,56	2,83	5,36	8,16
ЩК-1.2	2,80	0,60	0,85	0,62	1,68	1,04	1,98	3,01
Итого панель АВР 1.1	21,75	0,81	0,88	0,54	17,59	9,4	19,95	30,4
ВРУ-2 (бассейн)								
Панель 1								
ЩОП	3,20	1,00	0,90	0,48	3,20	1,55	3,56	5,41
ЩПБ	10,00	0,84	0,75	0,88	8,40	7,37	11,17	17,00
ЩР-2.1	3,00	1,00	0,80	0,75	3,00	2,25	3,75	5,70
Итого панель 1 ВРУ-2	16,20	0,90	0,79	0,78	14,60	11,3	18,48	28,1
Панель 2								
ЩРВ-2	3,85	0,65	0,73	0,93	2,50	2,32	3,41	5,19
ЩО2.1	16,70	1,00	0,90	0,48	16,70	8,09	18,56	28,23
Итого панель 2 ВРУ-2	20,55	0,93	0,87	0,56	19,20	10,7	21,97	33,4
АВР-2.1								
ЩАО2.1	5,90	1,00	0,90	0,48	5,90	2,86	6,56	9,97
ЩАОП	1,20	1,00	0,90	0,48	1,20	0,58	1,33	2,03
Итого панель АВР-2.1	7,10	1,00	0,90	0,48	7,10	3,4	7,89	12,0
ВРУ-3 (спортивный зал)								
Панель 1								
ЩРЗ.1	6,00	0,83	0,82	0,70	4,95	3,47	6,04	9,19
ЩН-3.1	1,50	1,00	0,75	0,88	1,50	1,32	2,00	3,04
Итого панель 1 ВРУ-3	7,50	0,86	0,80	0,75	6,45	4,8	8,04	12,2
Панель 2								

Продолжение таблицы 3

Наименование	$P_{уст.},$ кВт	K_c (K_o)	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ квар	$S_p,$ кВА	$I_p,$ А
ЩОЗ.1	26,90	1,00	0,90	0,48	26,90	13,03	29,89	45,47
Итого панель 2 ВРУ-3	26,90	1,00	0,90	0,48	26,90	13,0	29,89	45,5
АВР-3.1								
ЩКЗ.1	0,40	0,65	0,85	0,62	0,26	0,16	0,31	0,47
ЩАОЗ.1	9,60	1,00	0,90	0,48	9,60	4,65	10,67	16,23
Итого панель АВР-3.1	10,00	0,99	0,90	0,49	9,86	4,81	10,97	16,69
ГРЩ								
Панель 1. ГРЩ								
Панель 1 ВРУ-1	98,86	0,78	0,84	0,66	77,24	50,7	92,38	140,5
Панель 1 ВРУ-2	16,20	0,90	0,79	0,78	14,60	11,3	18,48	28,1
Панель 1 ВРУ-3	7,50	0,86	0,80	0,75	6,45	4,8	8,04	12,2
Кондиционирование	30,00	1,00	0,85	0,62	30,00	18,59	35,29	53,69
Итого панель 1. ГРЩ	152,56	0,85	0,82	0,70	129,68	90,78	158,29	243,53
Панель 2. ГРЩ								
Панель 2 ВРУ-1	126,9	0,65	0,87	0,56	82,49	46,19	94,54	145,45
Панель 2 ВРУ-2	20,55	0,93	0,87	0,56	19,20	10,7	21,97	33,4
Панель 2 ВРУ-3	26,90	1,00	0,90	0,48	26,90	13,0	29,89	45,5
Наружное освещение	10,00	1,00	0,85	0,62	10,00	6,20	11,76	17,90
Итого панель 2. ГРЩ	184,35	0,85	0,82	0,70	156,70	109,69	191,28	294,27
Итого ГРЩ	336,91	0,85	0,82	0,70	286,38	200,47	349,57	537,80
АВР (ПАВ панель)								
Панель АВР 1.1	21,75	0,81	0,88	0,54	17,59	9,4	19,95	30,4
Панель АВР-2.1	7,10	1,00	0,90	0,48	7,10	3,4	7,89	12,0
Панель АВР-3.1	10,00	0,99	0,90	0,49	9,86	4,81	10,97	16,69
ДУ	18,50	1,00	0,85	0,62	18,50	11,47	21,76	33,11
ОПС	10,00	1,00	0,80	0,75	10,00	7,50	12,50	19,01
Итого АВР (ПАВ панель)	67,35	1,00	0,80	0,75	67,35	50,51	84,19	129,52
Итого по отелю	404,26	1,00	0,80	0,75	404,26	303,20	505,33	777,42

Результаты расчёта электрических нагрузок системы электроснабжения отеля «Жигули» применяются в работе далее при выборе и проверке всех технических решений на объекте реконструкции.

Выводы по разделу.

Проведены расчёты максимальной нагрузки системы электроснабжения отеля «Жигули», которые позволяют сформировать уточнённую нагрузочную модель модернизированной системы электроснабжения отеля «Жигули», а также дают основание для дальнейшего выбора рациональных сечений кабельных линий, электрических аппаратов, мощности трансформаторов на питающей ТП-10/0,4 кВ объекта исследования.

Разработка и реализация мероприятий по модернизации системы электроснабжения отеля

Проверка силовых трансформаторов питающей подстанции 10/0,4 кВ

Ранее в работе было установлено, что отель «Жигули» является потребителем электроэнергии 2 категории надёжности, получающий питание от внешней двухтрансформаторной комплектной ТП-10/0,4 кВ, на которой установлены силовые трансформаторы марки ТМГ-630/10, каждый номинальной мощностью 630 кВА, что обеспечивает достаточную мощность и необходимый резерв питания при аварийных ситуациях.

Также в работе ранее было обосновано, что объект проектирования относится ко II категории надёжности, в связи с чем на питающей ТП-10/0,4 кВ необходимо и достаточно установить два силовых трансформатора.

Проверка существующих трансформаторов на питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения отеля на допустимую нагрузочную и перегрузочную способность, выполненной в условиях увеличения электрических нагрузок и модернизации оборудования, является важнейшей задачей, направленной на обеспечение надёжного функционирования энергосистемы и предотвращение аварийных ситуаций на объекте.

Проверка трансформаторов на питающей ТП-10/0,4 кВ отеля «Жигули» производится с целью оценки их возможности эксплуатации в условиях возросших электрических нагрузок после реконструкции системы электроснабжения объекта исследования.

Анализируется текущее техническое состояние трансформаторов, фактический ресурс эксплуатации, а также возможность работы при нагрузочных и послеаварийных режимах с учётом допустимых перегрузок, установленных действующими нормативными документами.

Проверка существующих трансформаторов отеля проводится путём сопоставления расчётных максимальных нагрузок, определённых в результате выполнения комплексного расчёта электрических нагрузок, с паспортными параметрами трансформаторов, такими как номинальная мощность, максимально допустимые токи нагрузки, продолжительность допустимой перегрузки, а также характеристики системы охлаждения оборудования.

«Мощность трансформаторов для установки на питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения отеля» [9]:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\Sigma}}{N \cdot \beta_{\text{т}}}, \quad (13)$$

Г

Д состоящая из нагрузки отеля и сторонних потребителей, кВт;

N – количество трансформаторов ТП, шт.;

Е $\beta_{\text{т}}$ – нормируемое значение коэффициента активной загрузки

М трансформаторов на ТП» [9].

В

Е «Мощность трансформаторов для установки на питающей ТП-10/0,4 кВ
системы электроснабжения отеля, с учётом питания этой же подстанцией
Д сторонних потребителей, по формуле (13)» [9]:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{404,26 + 350}{2 \cdot 0,8} = 471,4 \text{ кВА.}$$

Q

и

Исходя из результатов расчёта, в связи с увеличением нагрузки и перерасчётом расчётных параметров, на питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения отеля предварительно выбраны два силовых трансформатора марки ТМГ-630/10, которые совпадают с ранее установленными силовыми трансформаторами той же марки и номинала.

п

Дальнейшая проверка силовых трансформаторов включает в себя анализ режимов работы в нормальных и послеаварийных условиях.

В ходе проверки существующих трансформаторов на нагрузочную способность рассчитываются коэффициенты загрузки оборудования, определяются условия работы трансформаторов при нормальных и послеаварийных режимах работы, что позволяет установить степень использования их мощности и необходимость модернизации или замены на более мощные трансформаторы.

В нормальном режиме необходимо убедиться в соответствии номинальной мощности трансформаторов прогнозируемым максимальным нагрузкам с учётом заданных коэффициентов их загрузки полной мощностью.

Основной задачей является подтверждение способности трансформаторов в длительном и стабильном режиме обеспечивать заданную нагрузку без превышения максимально допустимых температурных значений и перегрева изоляции обмоток.

Данная проверка проводится по следующему условию [4]:

$$K_{з.н} = \frac{0,5 \cdot \sum_{i=1}^n S_{\Sigma}}{S_{ном.т}} \leq 0,8. \quad (14)$$

Г

Д состоящая из нагрузки отеля и сторонних потребителей, кВт.

Е С учётом нагрузки отеля и сторонних потребителей, условие проверки по формуле (14) выполняется:

В

Е

$$K_{з.н} = \frac{0,5 \cdot (505,33 + 425,5)}{630} = 0,74 \leq 0,8.$$

Д

Е

q

Таким образом показано, что принятые трансформаторы рационально выбраны по номинальной мощности и проверены по нагрузочной способности в нормальном режиме, что обеспечит надёжную и стабильную работу системы электроснабжения отеля «Жигули» при оптимальной загрузке в нормальном эксплуатационном режиме, полностью удовлетворяя требованиям нормативных документов, регламентирующих электроснабжение объектов II категории надёжности с дополнительным резервированием.

Однако для окончательного решения по применению оборудования на питающей ТП-10/0,4 кВ, необходимо проверить силовые трансформаторы на допустимую перегрузку в послеаварийном режиме работы.

Известно, что в послеаварийном режиме проверка силовых трансформаторов приобретает особое значение, так как в условиях аварийного отключения одного из трансформаторов нагрузка перераспределяется на оставшийся в работе трансформатор.

В таком режиме необходимо убедиться, что трансформатор способен выдерживать кратковременные перегрузки, возникающие вследствие перераспределения нагрузки, без риска повреждения изоляции и без недопустимого старения элементов конструкции.

Для оценки допустимой перегрузки применяется расчётная методика, учитывающая паспортные данные трансформаторов, характеристики системы охлаждения, температурные пределы материалов изоляции и стандартизированные графики допустимых перегрузок, установленные соответствующими нормативными документами [4]:

$$K_{з.н} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{\Sigma}}{S_{ном.т}} \leq 1,6. \quad (15)$$

Условие проверки по формуле (15) выполняется:

$$K_{3,n} = \frac{505,33 + 425,5}{630} = 1,48 \leq 1,6.$$

В результате проведения расчётов установлено, что в связи с увеличением нагрузки и перерасчётом расчётных параметров, а также принимая во внимание стороннюю нагрузку подстанции, на питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения отеля окончательно выбраны два новых силовых трансформатора марки ТМГ-630/10, которые совпадают с ранее установленными силовыми трансформаторами той же марки и того же типономинала.

Расчётным путём установлено, что выбранные силовые трансформаторы марки ТМГ-630/10 соответствуют условиям проверки по расчётной нагрузке потребителей подстанции вследствие увеличения её нагрузки, а также отвечают условиям проверки по нагрузочной способности в нормальном режиме работы и перегрузочной способности в послеаварийном режиме работы.

Такой подход полностью соответствует нормативным документам и современным стандартам проектирования энергосистем, обеспечивая экономическую эффективность и надёжность эксплуатации объекта в долгосрочной перспективе.

Таким образом, два силовых трансформатора марки ТМГ-630/10, выбранные для установки на питающей ТП-10/0,4 кВ, обеспечат надёжное и стабильное электроснабжения отеля «Жигули» во всех режимах работы СЭС объекта модернизации.

Выбор и проверка собственного резервного источника питания

Известно, что отели относятся к категории потребителей с повышенными требованиями к бесперебойности и качеству электропитания, поскольку нарушения в подаче электроэнергии способны привести к серьёзным сбоям в работе ключевых систем безопасности, пожаротушения,

эвакуации, освещения и систем жизнеобеспечения, таких как вентиляция и кондиционирование воздуха, обеспечивающих комфорт и безопасность гостей и персонала.

Ранее в работе было установлено, что для обеспечения питания наиболее ответственных потребителей отеля, относящихся к первой категории надёжности и питающихся в послеаварийном режиме через систему АВР (ПАВ панель), необходимо применение собственного резервного источника питания, выбор которого проводится в работе далее.

В качестве такого источника предлагается выбрать дизель-генераторную установку (ДГУ), мощность которой будет способна покрыть резервное питание наиболее ответственных потребителей отеля.

Выбор мощности новой резервной ДГУ системы электроснабжения отеля, которую планируется использовать в качестве третьего источника питания на объекте исследования, выполненной в условиях реконструкции схемы электроснабжения, модернизации оборудования и увеличения электрических нагрузок, является важнейшей задачей, направленной на обеспечение надёжного функционирования энергосистемы и предотвращение аварийных ситуаций на объекте.

При выборе мощности новой резервной ДГУ системы электроснабжения отеля должно учитываться загрузка приводного генератора активной мощностью, а также нагрузка всей резервной системы АВР (ПАВ панель) объекта исследования [18]:

$$0,7 \cdot P_{ном.г} \geq P_{\Sigma}, \quad (16)$$

где $P_{ном.г}$ — номинальная активная мощность приводного генератора ДГУ, кВт.

Предварительно принимается для применения в резервной системе отеля, собственный независимый источник питания в виде ДГУ марки

«Фрегат АД-100» в кожухе с АВР с приводным генератором номинальной мощностью 100 кВт [7].

Для приводного генератора резервной ДГУ системы электроснабжения АВР (ПАВ панель) отеля условие (16) выполняется:

$$0,7 \cdot 100 = 70,0 \text{ кВт} \geq 67,35 \text{ кВт},$$

Таким образом, окончательно принимается в качестве резервного источника питания, необходимого для обеспечения электроэнергией потребителей наиболее ответственных систем первой категории надёжности в системе электроснабжения отеля, ДГУ марки «Фрегат АД-100» в кожухе с АВР с приводным генератором мощностью 100 кВт, представленная на рисунке 2.



Рисунок 2 – ДГУ марки «Фрегат АД-100» с приводным генератором мощностью 100 кВт

Выбор дизель-генераторной установки (ДГУ) марки «Фрегат АД-100» в защитном кожухе с системой автоматического ввода резерва (АВР) и приводным генератором мощностью 100 кВт в качестве резервного источника питания для обеспечения электроснабжения наиболее ответственных систем первой категории надёжности отеля является технически и функционально

оправданным решением, отвечающим требованиям современных стандартов по резервированию электроснабжения объектов высокой ответственности.

Применение ДГУ «Фрегат АД-100» обеспечивает гарантированную подачу электроэнергии в экстренных ситуациях, таких как полное исчезновение напряжения от внешней питающей сети или значительное снижение его качества ниже допустимых значений. Автоматическая система ввода резерва, которой оснащается данная дизель-генераторная установка, позволяет оперативно и без участия обслуживающего персонала переключать нагрузку от внешней сети на резервный источник питания. Высокая скорость автоматического включения ДГУ гарантирует минимизацию перерывов в электроснабжении критически важных потребителей, что соответствует требованиям нормативных документов для первой категории надёжности электроснабжения.

Мощность приводного генератора 100 кВт выбрана на основании предварительного расчёта нагрузок ответственных потребителей, включающих системы аварийного освещения, пожарной сигнализации и автоматики пожаротушения, системы управления эвакуацией, лифтовые хозяйства, средства связи и системы безопасности, а также некоторые системы технологического обеспечения, критически важные для функционирования гостиничного комплекса. Выбранная мощность позволяет обеспечить работу указанных систем с необходимым запасом по нагрузке, что гарантирует их стабильное функционирование даже при кратковременных превышениях номинальной мощности потребителями в период запуска двигателей и другого энергоёмкого оборудования.

Исполнение ДГУ в специальном шумозащитном кожухе позволяет минимизировать уровень шума и вибраций, что особенно важно в условиях расположения оборудования в непосредственной близости от жилых помещений гостиницы и зон отдыха гостей. Герметичный кожух обеспечивает также защиту установки от внешних атмосферных воздействий, предотвращает загрязнение окружающей среды и снижает риски

возникновения пожароопасных ситуаций, связанных с эксплуатацией дизельного оборудования. Важным преимуществом данного исполнения является простота технического обслуживания, удобство доступа к узлам агрегата и системам управления, а также повышенная надёжность функционирования оборудования в различных климатических условиях.

Дополнительным фактором, подтверждающим обоснованность выбора ДГУ «Фрегат АД-100», является высокий ресурс работы двигателя и генератора, а также простота и доступность технического обслуживания. Длительный межсервисный интервал и наличие развитой сервисной сети производителя позволяют минимизировать эксплуатационные расходы и обеспечить высокую степень готовности оборудования к работе в любой момент.

Наличие цифровой системы управления и мониторинга параметров работы ДГУ обеспечивает возможность интеграции установки в единую систему автоматизированного управления зданием, позволяя осуществлять дистанционный мониторинг её состояния и оперативно реагировать на возможные нештатные ситуации.

Таким образом, использование дизель-генераторной установки «Фрегат АД-100» с автоматическим вводом резерва и приводным генератором мощностью 100 кВт является обоснованным техническим решением, которое обеспечивает надёжность электроснабжения наиболее ответственных потребителей первой категории надёжности гостиничного комплекса, соответствует нормативным требованиям и современным техническим стандартам и гарантирует эффективную и безопасную эксплуатацию инженерных систем отеля «Жигули».

Расчёт токов короткого замыкания

С целью оценки комплексных решений по модернизации системы электроснабжения объекта исследования, необходимо проверить их по условиям аварийного режима, для чего планируется провести расчёт максимальных токов короткого замыкания и ударных токов.

Таким образом, в работе расчёт токов короткого замыкания в системе электроснабжения отеля «Жигули» выполняется с целью определения уровней токов аварийного режима, на основании которых осуществляется выбор и проверка коммутационных и защитных аппаратов, кабельных линий и прочего оборудования.

Первоначальным этапом является построение расчётной схемы, отражающей топологию системы электроснабжения отеля. В данной схеме отображаются все основные элементы и их характеристики: силовой трансформатор питающей ТП-10/0,4 кВ, параметры питающей энергосистемы, питающие и отходящие линии, а также точки, в которых предполагается проведение расчёта токов короткого замыкания. Исходная упрощённая схема для расчёта токов КЗ представлена в работе на рисунке 3.

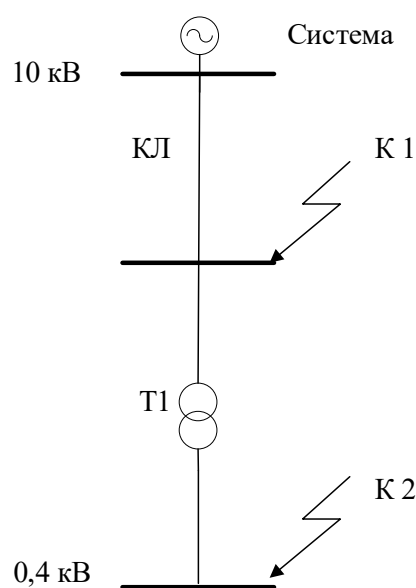


Рисунок 3 – Исходная упрощённая схема для расчёта токов КЗ

На схеме рисунка 8, определены расчётные точки отеля «Жигули», в которых планируется провести расчёт токов КЗ и ударных токов:

- точка К1 – выводы 10 кВ силового трансформатора питающей ТП-10/0,4 кВ;
- точка К2 – выводы 0,4 кВ силового трансформатора питающей ТП-10/0,4 кВ.

Такая расстановка расчётных точек на исходной схеме, позволит провести расчёт максимальных значений аварийных токов короткого замыкания в сетях 10 кВ и 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения отеля «Жигули».

Полученные результаты будут использованы в работе при проверке нового оборудования на объекте исследования.

После построения расчётной схемы, составляется эквивалентная схема замещения, представленная на рисунке 4.

В данной схеме замещения, каждый элемент расчётной схемы заменяется соответствующим сопротивлением.

При этом расчётные точки КЗ переносятся на схему замещения без изменения их расположения.

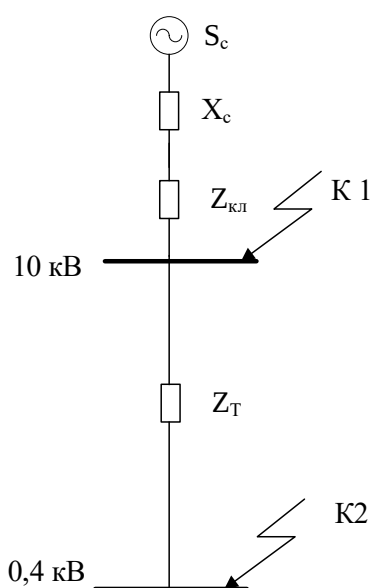


Рисунок 4 – Исходная схема замещения для расчёта токов КЗ

Далее производится расчёт параметров схемы замещения. На данном этапе определяются активные и индуктивные сопротивления трансформаторов, линий электропередачи, а также энергосистемы. На конечном этапе определяются полные сопротивления элементов.

Расчёты проводятся в именованных единицах. В качестве базисного напряжения принимается высшее напряжение силового трансформатора питающей ТП-10/0,4 кВ, равное 10,5 кВ в максимальном режиме.

«Сопротивление энергосистемы (на напряжение 10 кВ)» [15]:

$$X_c = \frac{U_c}{\sqrt{3} \cdot I_{к.макс}^{(3)}}, \quad (17)$$

«Обобщённое сопротивление энергосистемы по формуле (17)» [15]:

$$X_c = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,5} = 4,04 \text{ Ом.}$$

«Сопротивление кабельных линий» [15]:

$$R_{кл} = r_{уд} \cdot L, \quad (18)$$

$$X_{кл} = x_{уд} \cdot L, \quad (19)$$

где « $r_{уд}$, $x_{уд}$ - удельные сопротивления линии, Ом/км;

L - суммарная длина линии, км» [15].

Для питающей кабельной линии 10 кВ КЛ по формулам (18) и (19):

$$R_{кл1} = 0,46 \cdot 6 = 2,76 \text{ Ом,}$$

$$X_{кл1} = 0,4 \cdot 6 = 2,4 \text{ Ом.}$$

«Активное сопротивление трансформатора питающей ТП-10/0,4 кВ»
[15]:

$$R_{m.n} = \frac{\Delta P_{\kappa} \cdot U_n^2}{S_{ном.т.}^2}, \quad (20)$$
$$R_{m.n} = \frac{600 \cdot 10,5^2 \cdot 10^3}{630^2} = 16,67 \text{ Ом.}$$

«Индуктивное сопротивление трансформатора питающей ТП-10/0,4 кВ»
[15]:

$$X_{m.n} = \frac{U_{\kappa.\%} \cdot U_n^2}{100 \cdot S_{ном.т.}^2}, \quad (21)$$
$$X_{m.n} = \frac{4,5 \cdot 10,5^2}{100 \cdot 0,63^2} = 12,5 \text{ Ом.}$$

Следующий этап заключается в упрощении схемы замещения путём последовательного и параллельного соединения сопротивлений, с целью свести её к эквивалентной форме, позволяющей определить результирующее сопротивление к точке короткого замыкания.

Для каждой расчётной точки определяется общее приведённое сопротивление всей сети.

Полное сопротивление цепи КЗ до расчётной точки К1 [15]:

$$Z_{\Sigma k1} = \sqrt{(X_c + X_{\kappa l})^2 + R_{\kappa l}^2}, \quad (22)$$
$$Z_{\Sigma k1} = \sqrt{(4,04 + 2,4)^2 + 2,76^2} = 7,01 \text{ Ом.}$$

Полное сопротивление цепи КЗ до расчётной точки К2 [15]:

$$Z_{\Sigma k2} = \sqrt{(X_c + X_{kl} + X_m)^2 + (R_{kl} + R_m)^2}, \quad (23)$$

$$Z_{\Sigma k2} = \sqrt{(4,04 + 2,4 + 12,5)^2 + (2,76 + 16,67)^2} = 27,13 \text{ Ом}.$$

После нахождения результирующих сопротивлений выполняется непосредственный расчёт токов короткого замыкания.

Для этого применяются классические выражения, основанные на законе Ома для цепей переменного тока, где ток короткого замыкания определяется как отношение номинального фазного напряжения к модулю результирующего сопротивления.

При этом расчёт проводится для трёхфазного короткого замыкания, так как он считается максимальным.

«Ток трехфазного короткого замыкания» [15]:

$$I_{\kappa}^{(3)} = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}, A, \quad (24)$$

«Ток трехфазного короткого замыкания в расчётной точке К1» [15]:

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 7,01} = 0,86 \text{ кА}.$$

«Ток трехфазного короткого замыкания в расчётной точке К2 рассчитывается с учётом того, что данная точка не находится на основной ступени напряжения, следовательно, полученный результат умножается на квадрат коэффициента трансформации силового трансформатора питающей ТП-10/0,4 кВ» [15]:

$$I_{\kappa 2}^{(3)} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 27,13} \cdot \left(\frac{10,5}{0,4}\right)^2 = 0,22 \text{ кА}.$$

На заключительном этапе рассчитываются ударные токи, определяющие механическое и термическое воздействие на оборудование в первые секунды после возникновения короткого замыкания.

Ударный ток трёхфазного КЗ является важнейшим параметром при проверке электродинамической стойкости элементов сети, в том числе аппаратов защиты и коммутации.

Ударный ток определяется с использованием нормативного ударного коэффициента, учитывающего асимметрию начального периода тока и переходный процесс в системе [15]:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot \kappa_{уд} \cdot I_{\kappa}^{(3)}, \text{ кА}, \quad (25)$$

где « $\kappa_{уд}$ – ударный коэффициент тока короткого замыкания» [15].

«Значение ударного тока в расчётных точках схемы замещения по формуле (25)» [15]:

$$i_{уд.к1} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 0,86 = 1,7 \text{ кА},$$

$$i_{уд.к2} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 0,22 = 0,31 \text{ кА}.$$

Результаты расчётов токов КЗ на выводах 10 кВ и 0,4 кВ силовых трансформаторов отеля приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчётов токов трёхфазного КЗ

Параметр, единица измерения	Точка КЗ	
	K1 (10 кВ)	K2 (0,4 кВ)
$I_{\kappa}^{(3)}$, кА	0,86	0,22
$i_{уд}$, кА	1,70	0,31

Полученные в результате расчёта токов короткого замыкания данные являются основополагающими при выборе и проверке модернизированного оборудования электрических установок в работе далее.

Выбор и проверка проводников

Известно, что выбор и проверка проводников является важнейшим этапом проектирования, реконструкции и модернизации систем электроснабжения предприятий и организаций.

Ранее в работе было установлено, что питающая подстанция отеля получает питание по радиальной схеме от городского распределительного пункта 10 кВ (РП 10 кВ), двумя кабельными линиями марки АСБ-10 (3×35), проложенными в земляной траншее.

Установлено, что данная кабельная линия находится в хорошем техническом состоянии, поэтому её полная замена без технического обоснования нецелесообразна.

После внедрения изменений в схеме системы электроснабжения, заключающихся в увеличении нагрузок вследствие ввода в эксплуатацию системы сборных шин АВР с собственным источником питания (ДГУ на 100 кВт), необходимо проверить данную кабельную линию на оптимальную загрузку в нормальном режиме и допустимую перегрузку в послеаварийном режиме.

Также необходимо выбрать новые кабельные линии питающей и распределительной сети 0,38/0,22 кВ (до модернизации были выполнены кабелями марки АВВГ, требующих замены).

Данные кабели требуют замены на современные и надёжные кабели, обладающие значительными преимуществами перед устаревшими и изношенными кабелями марки АВВГ (выбираются в работе далее).

Таким образом, для проведения модернизации кабельных линий в результате реконструкции системы электроснабжения отеля «Жигули», предлагается выбрать и проверить силовые кабели следующих марок:

- на питающей линии 10 кВ от РП 10 кВ к РУ 10 кВ ТП 10/0,4 кВ отеля, предлагается проверить возможность дальнейшего использования

двух кабелей марки АСБ-10 (3×35), проложенных в земляной траншее [1];

- на питающих линиях сети 0,4 кВ от РУ 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ к ГРЩ 0,4 кВ отеля, предлагается выбрать и проверить новые современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS, которые проложены в земляных траншеях [8];
- на питающих линиях сети 0,4 кВ от ГРЩ 0,4 кВ к ВРУ 0,4 кВ отеля, предлагается выбрать и проверить новые современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS, которые проложены в земляных траншеях [8];
- на распределительных линиях 0,4 кВ от ВРУ 0,4 кВ до РЩ отеля, предлагается применить современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS, проложенные в трубах в полу [8].

Проводится обоснование принятых решений. Выбор силовых кабелей для обеспечения надёжного и безопасного электроснабжения потребителей отеля «Жигули» производится на основе комплексного анализа требований нормативно-технической документации, условий эксплуатации и специфики объекта проектирования.

Для линии напряжением 10 кВ, обеспечивающей питание трансформатора марки ТМГ-630/10 питающей трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ, проверяется возможность использования силового кабеля марки АСБ-10 с алюминиевыми жилами и бумажной пропитанной изоляцией.

Кабели данного типа традиционно используются для наружных прокладок в земляных траншеях, благодаря высокой надёжности и устойчивости к внешним воздействиям, таким как механические повреждения, перепады температур, а также агрессивные условия среды.

Применение кабеля АСБ-10, конструкция которого представлена на рисунке 5, позволяет обеспечить необходимый уровень электрической прочности, защиту от влаги и механическую прочность, а также надёжность работы на длительный период эксплуатации при условии качественной

прокладки и соблюдении всех нормативных требований к глубине траншеи и защитным мероприятиям.



Рисунок 5 – Кабель АСБ-10

На питающей линии внешней системы электроснабжения напряжением 0,38/0,22 кВ, соединяющей шины распределительного устройства питающей трансформаторной подстанции с главным распределительным щитом отеля «Жигули», предложено применение современного пятижильного силового кабеля марки ВВГнг-LS.

Известно, что силовые кабели данного типа характеризуются высоким уровнем пожарной безопасности за счёт пониженного выделения дыма и отсутствия распространения горения, что особенно важно при использовании на объектах общественного питания с высокой плотностью посетителей и персонала. Кроме того, кабели марки ВВГнг-LS обладают отличными эксплуатационными характеристиками: высокой стойкостью к механическим нагрузкам, стабильными электрическими параметрами в процессе длительной эксплуатации и удобством монтажа, что в совокупности делает их оптимальным выбором для внешних линий питания, прокладываемых в земляных траншеях.

Внутренняя система электроснабжения отеля «Жигули», включающая линии питания вводных распределительных щитов от главного распределительного щита на напряжении 0,38/0,22 кВ, а также линии питания отдельных групп потребителей, также выполнена с применением пятижильных силовых кабелей марки ВВГнг-LS. Для внутренней прокладки кабелей в закрытых кабельных каналах важным критерием является высокая

степень пожарной безопасности, низкое дымовыделение и отсутствие выделения токсичных продуктов при горении, что обеспечивается именно указанной маркой кабеля. Конструкция кабелей ВВГнг-LS, представленных на рисунке 6, позволяет выполнять безопасную и компактную прокладку в закрытые кабельные траншеи и трубы, при этом соблюдаются нормативные требования по тепловому режиму эксплуатации, электромагнитной совместимости и надёжности соединений.

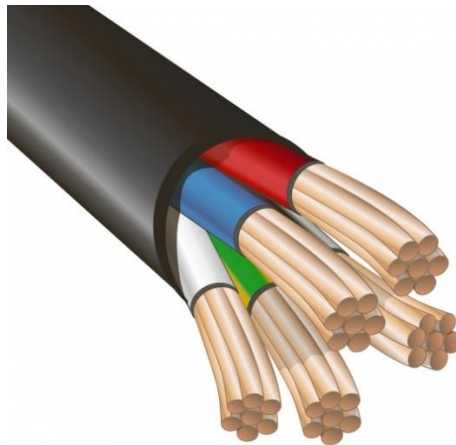


Рисунок 6 – Кабель ВВГнг-LS

«Проводится выбора сечения кабеля 10 кВ» [17]:

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{р.}}}{j_{\text{э}}}, \quad (26)$$

где « $j_{\text{э}}$ – экономическая плотность тока, А/мм²» [14].

Расчётный ток нормального режима на стороне ТП 10/0,4 кВ отеля определяется номинальным током силовых трансформаторов:

$$I_{\text{р.}} = \frac{S_{\text{ном.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.}}} \quad (27)$$

Ток нормального режима на стороне 10 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ:

$$I_{p.} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 36,4 \text{ A.}$$

Выбор кабеля 10 кВ по экономической плотности тока по формуле (26):

$$F_{э} = \frac{36,4}{1,4} = 26,0 \text{ мм}^2.$$

Ближайшее стандартное сечение кабеля (в сторону увеличения) – 35 мм², что соответствует ранее используемому сечению кабеля марки АСБ-10 (3×35) с допустимым током 110 А [1].

«Проверка кабеля в нормальном режиме» [17]:

$$I_{доп} \geq I_{p.}, \quad (28)$$

где « $I_{доп}$ – предельно-допустимое значение тока проводника, А» [17].

Проверка по формуле (28) выполняется:

$$110 \text{ A} \geq 36,4 \text{ A.}$$

«Проверка кабеля в послеаварийном режиме» [17]:

$$I_{доп} \geq I_{p.\max}, \quad (29)$$

где « $I_{p.\max}$ – максимальный ток послеаварийного режима, А» [17].

Ток послеаварийного режима на стороне 10 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ отеля принимается с учётом коэффициента резервирования:

$$I_{p.\max} = K_p \cdot I_{p.}. \quad (30)$$

Ток послеаварийного режима на стороне 10 кВ питающей ТП 10/0,4 кВ отеля по формуле (30):

$$I_{p.\max} = 1,4 \cdot 36,4 = 50,96 \text{ A.}$$

Проверка кабеля в послеаварийном режиме по формуле (29) выполняется:

$$110 \text{ A} \geq 50,96 \text{ A.}$$

«Проверка кабеля по условиям механической прочности» [17]:

$$F_{ст} \geq F_{мин}, \text{ мм}^2. \quad (31)$$

Проверка по формуле (31) выполняется:

$$35 \text{ мм}^2 \geq 16 \text{ мм}^2.$$

Таким образом, на питающей линии 10 кВ от РП 10 кВ к РУ 10 кВ ТП 10/0,4 кВ отеля, в работе проверена и подтверждена возможность дальнейшего использования двух кабелей марки АСБ-10 (3×35), проложенных в земляной траншее. По условиям селективности, минимально-допустимое сечение кабелей питающей сети напряжением 0,38/0,22 кВ СЭС отеля, должно быть не менее 4 мм², а распределительной сети 0,4 кВ – не менее 2,5 мм², что учтено при выборе. Такой подход также позволяет согласовать очередность отключений защитных аппаратов при возникновении аварийных режимов (в частности, коротких замыканий).

Результаты выбора сечения кабельных линий системы электроснабжения отеля представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты выбора сечения кабельных линий отеля

Наименование кабельной линии	I_{max} , А	Марка, сечение	$I_{доп}$, А
Питающая сеть 10 кВ			
РП 10 кВ – Т1 ТП 10/0,4 кВ	50,96	АСБ-10 (3×35)	110,0
РП 10 кВ – Т2 ТП 10/0,4 кВ	50,96	АСБ-10 (3×35)	110,0
Питающая сеть 0,4 кВ			
РУ 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ – Панель 1 ГРЩ	243,53	ВВГнг-LS (5×95)	333,0
РУ 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ – Панель 2 ГРЩ	294,27	ВВГнг-LS (5×95)	333,0
ГРЩ – Панель 1 ВРУ-1	140,50	ВВГнг-LS (5×35)	158,0
ГРЩ – Панель 1 ВРУ-2	28,10	ВВГнг-LS (5×4)	37,0
ГРЩ – Панель 1 ВРУ-3	12,20	ВВГнг-LS (5×4)	37,0
ГРЩ – Кондиционирование	53,69	ВВГнг-LS (5×10)	58,0
ГРЩ – Панель 2 ВРУ-1	145,45	ВВГнг-LS (5×35)	158,0
ГРЩ – Панель 2 ВРУ-2	33,40	ВВГнг-LS (5×4)	37,0
ГРЩ – Панель 2 ВРУ-3	45,50	ВВГнг-LS (5×10)	58,0
ГРЩ – Наружное освещение	17,90	ВВГнг-LS (5×4)	37,0
АВР (ПАВ панель) – Панель АВР 1.1	30,40	ВВГнг-LS (5×4)	37,0
АВР (ПАВ панель) – Панель АВР-2.1	12,00	ВВГнг-LS (5×4)	37,0
АВР (ПАВ панель) – Панель АВР-3.1	16,69	ВВГнг-LS (5×4)	37,0
Распределительная сеть 0,4 кВ (от ВРУ 0,4 кВ до РЩ 0,4 кВ)			
ВРУ-1 Панель 1 – ЩР-1.2	44,79	ВВГнг-LS (5×10)	58,0
ВРУ-1 Панель 1 – ЩР-1.1	71,59	ВВГнг-LS (5×16)	84,0
ВРУ-1 Панель 1 – ВТЗ-1	6,03	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-1 Панель 1 – ВТЗ-2	6,03	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-1 Панель 1 – ВТЗ-3	6,03	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-1 Панель 1 – ВТЗ-4	6,03	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-1 Панель 2 – ЩО2-1, ЩО4-1	20,79	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-1 Панель 2 – ЩО1-1, ЩО3-1, ЩО5-1	18,66	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-1 Панель 2 – ЩР-1.3	27,49	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-1 Панель 2 – ЩР-1.4	14,17	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-1 Панель 2 – ЩРВ-1	70,82	ВВГнг-LS (5×16)	84,0
Панель АВР 1.1 – ЩАО2-1, ЩАО4-1	10,90	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
Панель АВР 1.1 – ЩАО1-1, ЩАО3-1, ЩАО5	8,28	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
Панель АВР 1.1 – ЩК-1.1	8,16	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
Панель АВР 1.1 – ЩК-1.2	3,01	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-2 Панель 1 – ЩОП	5,41	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-2 Панель 1 – ЩПБ	17,00	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-2 Панель 1 – ЩР-2.1	5,70	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-2 Панель 2 – ЩРВ-2	5,19	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-2 Панель 2 – ЩО2.1	28,23	ВВГнг-LS (5×4)	37,0
АВР-2.1 – ЩАО2.1	9,97	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
АВР-2.1 – ЩАОП	2,03	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-3 Панель 1 – ЩР3.1	9,19	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-3 Панель 1 – ЩН-3.1	3,04	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
ВРУ-3 Панель 2 – ЩО3.1	45,47	ВВГнг-LS (5×6)	42,0
АВР-3.1 – ЩК3.1	0,47	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
АВР-3.1 – ЩАО3.1	16,23	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0
АВР (ПАВ панель) – ДУ	33,11	ВВГнг-LS (5×4)	37,0
АВР (ПАВ панель) – ОПС	19,01	ВВГнг-LS (5×2,5)	28,0

Таким образом, в результате проведения модернизации кабельных линий в системы электроснабжения отеля, выбраны и подтверждены силовые кабели следующих марок:

- на питающей линии 10 кВ от РП 10 кВ к РУ 10 кВ ТП 10/0,4 кВ отеля, проверена и подтверждена возможность дальнейшего использования двух силовых кабелей марки АСБ-10 (3×35), проложенных в земляной траншее;
- на питающих линиях сети 0,4 кВ от РУ 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ к ГРЩ 0,4 кВ отеля, выбраны и проверены современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS различных сечений, которые проложены в земляных траншеях;
- на питающих линиях сети 0,4 кВ от ГРЩ 0,4 кВ к ВРУ 0,4 кВ отеля, выбраны и проверены современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS различных сечений, которые проложены в земляных траншеях;
- на распределительных линиях 0,4 кВ от ВРУ 0,4 кВ до РЩ отеля, выбраны и проверены современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS различных сечений, проложенные в трубах в полу.

Таким образом, выбранные кабели марки АСБ-10 для питающей линии 10 кВ и кабели марки ВВГнг-LS для внешних и внутренних сетей 0,38/0,22 кВ, а также способы их прокладки, полностью соответствуют предъявляемым нормативным и техническим требованиям, обеспечивают высокую степень надёжности, пожарной безопасности и долговечности, способствуют экономичности и удобству обслуживания всей системы электроснабжения отеля «Жигули».

Следовательно, данный выбор полностью обоснован.

Все выбранные кабельные линии напряжением 10 кВ и 0,38/0,22 кВ проверены на работоспособность в нормальном и послеаварийном (максимальном) режимах работы системы электроснабжения отеля «Жигули».

Выбор конструктивного выполнения электроустановок

Как было установлено ранее, в системе электроснабжения отеля «Жигули» в результате внедрения мероприятий по модернизации оборудования, необходимо применять современные типы электроустановок.

Выбор конкретных типов и марок электроустановок для системы электроснабжения отеля «Жигули» является технически и экономически оправданным решением, базирующимся на комплексном анализе технических характеристик, эксплуатационных особенностей объекта, требований нормативных документов и задач обеспечения бесперебойного и качественного электроснабжения гостиничного комплекса.

В процессе проведения выбора, были учтены особенности энергопотребления гостиницы, её статус как объекта повышенного уровня ответственности, специфика потребляемых нагрузок, необходимость минимизации времени на техническое обслуживание, а также обеспечены оптимальные условия по безопасности и надёжности эксплуатации электрооборудования.

Исходя из этого, для применения в системе электроснабжения отеля «Жигули», выбраны следующие типы и марки электроустановок:

- в качестве питающей ТП-10/0,4 кВ отеля «Жигули», предлагается применить «киосковую проходную комплектную подстанцию с кабельным вводом городского типа 2КТП 630/10/0,4 с двумя силовыми трансформаторами марки ТМГ-630/10, выбранными для применения на объекте ранее» [11];
- в качестве ГРЩ 0,4 кВ отеля «Жигули» выбран главный распределительный щит марки ГРЩ-1-1600-IP20-УХЛ [6];
- в качестве ВРУ 0,4 кВ отеля «Жигули» выбраны щиты вводные марки ВРУ-1-11-10 [3];

– в качестве РЩ 0,4 кВ отеля «Жигули», выбраны шкафы распределительные марки ЩР-1, укомплектованные автоматическими воздушными выключателями [20].

Далее проводится аргументация и обоснование выбранных типов и марок данных электроустановок.

Для обеспечения питания отеля выбрана киосковая проходная комплектная трансформаторная подстанция городского типа 2КТП 630/10/0,4 с кабельным вводом, оснащённая двумя силовыми трансформаторами марки ТМГ-630/10, представленная на рисунке 7.



Рисунок 7 – 2КТП 630/10/0,4 с кабельным вводом

Применение именно такой конструкции подстанции обусловлено её компактностью, полной заводской готовностью к эксплуатации, что значительно сокращает сроки и расходы на монтаж и ввод в эксплуатацию.

Киосковая подстанция позволяет рационально использовать имеющуюся территорию отеля и гармонично вписываться в городскую застройку, при этом обеспечивая необходимую защиту и безопасность оборудования.

Используемые трансформаторы типа ТМГ-630/10 отличаются повышенной энергоэффективностью, надёжностью и низким уровнем потерь электроэнергии, что обеспечивает снижение эксплуатационных расходов.

Наличие двух силовых трансформаторов гарантирует резервирование питания и высокую степень надёжности электроснабжения наиболее ответственных потребителей отеля.

В качестве главного распределительного устройства на 0,4 кВ выбран главный распределительный щит марки ГРЩ-1-1600-IP20-УХЛ, показанный на рисунке 8 и способный обеспечить эффективное распределение электроэнергии по всем основным направлениям нагрузки гостиницы.

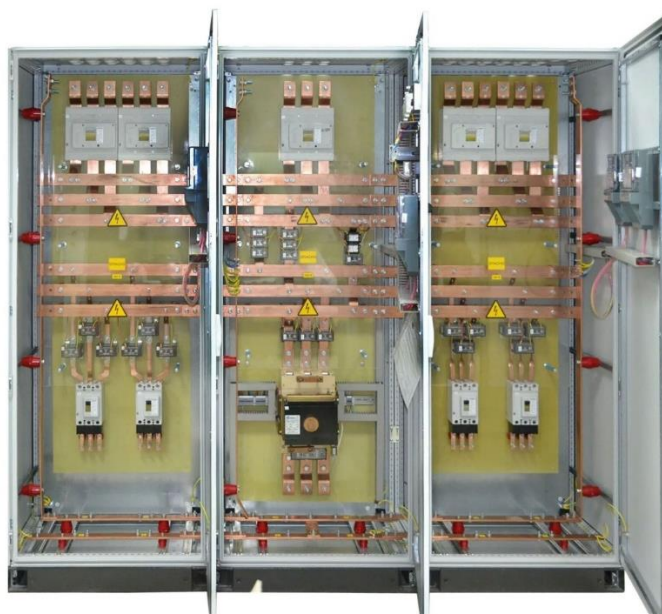


Рисунок 8 – ГРЩ-1-1600-IP20-УХЛ

Использование данного щита оправдано его высокой коммутационной способностью, надёжностью в эксплуатации, возможностью интеграции в системы автоматизированного управления зданием и удобством проведения технического обслуживания.

Щит выполнен в степени защиты IP20, что обеспечивает необходимую защиту от контакта с токоведущими частями при эксплуатации в помещениях с контролируемой влажностью и отсутствием агрессивных сред.

Универсальное климатическое исполнение УХЛ позволяет эксплуатировать оборудование в различных условиях окружающей среды, обеспечивая стабильную работу системы распределения электроэнергии.

Выбор щитов вводных марки ВРУ-1-11-10 в качестве вводных распределительных устройств отеля обусловлен необходимостью надёжного разделения питающей сети и оперативного управления питанием отдельных потребительских групп и направлений.

Данные щиты характеризуются высокой механической прочностью, простотой и безопасностью обслуживания, наличием надёжных автоматических выключателей, позволяющих оперативно выполнять отключение нагрузки в случае возникновения аварийных ситуаций или при выполнении плановых регламентных работ.

Конструкция ВРУ-1-11-10 показана на рисунке 9.

Она соответствует современным требованиям безопасности и имеет эффективную систему защиты от коротких замыканий и перегрузок.



Рисунок 9 – ВРУ-1-11-10

Внутреннее распределение электроэнергии отеля осуществляется посредством шкафов распределительных марки ЩР-1, укомплектованных автоматическими воздушными выключателями.

Применение этих шкафов обусловлено необходимостью обеспечения повышенной степени селективности защиты, надёжного управления

нагрузками, а также удобства в проведении технического обслуживания и быстроты выявления неисправностей. Воздушные автоматические выключатели обладают высокой коммутационной способностью, устойчивы к перегрузкам и токам коротких замыканий, что является важным фактором обеспечения безопасности эксплуатации электрооборудования.

Шкафы ЩР-1, представленные на рисунке 10, позволяют гибко организовать внутреннюю электрическую сеть, обеспечивают рациональную компоновку устройств защиты и коммутации и значительно упрощают проведение профилактических и ремонтных работ.



Рисунок 10 – Шкаф ЩР-1

Таким образом, выбор и применение указанных электроустановок, включая киосковую трансформаторную подстанцию 2КТП 630/10/0,4, главный распределительный щит ГРЩ-1-1600-IP20-УХЛ, вводные щиты ВРУ-1-11-10 и распределительные шкафы ЩР-1, является технически оправданным решением, которое полностью соответствует современным требованиям надёжности, безопасности и энергоэффективности.

Показано, что принятые технические решения обеспечивают эффективную эксплуатацию энергосистемы гостиничного комплекса «Жигули», гарантируют высокий уровень комфорта и безопасности для гостей и персонала отеля и способствуют снижению эксплуатационных расходов и длительной безаварийной работе оборудования.

Выбор электрических аппаратов

Далее в работе проводится выбор рациональной компоновки электрическими аппаратами выбранных модификаций электроустановок (подстанции и щитов).

Все электрические аппараты должны быть проверены по условиям установки в системе электроснабжения отеля «Жигули» с целью обеспечения надёжности и безопасности принятых решений.

Такие виды проверок являются важным завершающим шагом в обосновании принятых технических решений, исключающим вероятность отказов и обеспечивающим повышенную надёжность, соответствующую требованиям к объектам городской инфраструктуры.

Ранее в работе были выбраны типы и марки электроустановок для применения на объекте исследования.

Проводится их компоновка современными электрическими аппаратами напряжением 10 кВ и 0,4 кВ.

Для компоновки РУ 10 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ, выбираются и проверяются на соответствие расчётных параметров системы электроснабжения отеля «Жигули», следующие коммутационные и защитные аппараты:

- выключатели нагрузки – 2 единицы;
- предохранители – 3 единицы.

Максимальный расчётный ток на стороне 10 кВ рассчитан в работе ранее и равен рабочему току нормального режима трансформатора подстанции 10/0,4 кВ на стороне высшего напряжения.

При выборе аппаратов выше 1 кВ, используется методика и справочные данные, приведённые в [10].

Результаты выбора и проверки оборудования для компоновки РУ 10 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения отеля «Жигули», представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты выбора оборудования для компоновки РУ 10 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения отеля «Жигули»

Наименование и место установки аппарата	Условие выбора	Расчетные данные сети	Паспортные технические данные
Выключатели нагрузки марки ВНА СЭЩ 80-10/630-20	$U_{сети} \leq U_{ном}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
	$I_{max} \leq I_{ном}$	$I_{max} = 50,96 \text{ А}$	$I_{ном} = 630 \text{ А}$
	$i_y \leq i_{дин.}$	$i_y = 1,70 \text{ кА}$	$i_{дин.} = 20 \text{ кА}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$	$B_K = 0,86^2 \cdot 3 = 2,22 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2\text{с}$
Предохранители марки ПКТ-101-10-60-31,5-У3-КЭАЗ	$U_{сети} \leq U_{ном}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
	$1,5I_{ном.т} \leq I_{ном.вст}$	$1,5I_{ном.т} = 1,5 \times 36,4 = 54,6 \text{ А}$	$I_{ном.вст} = 60 \text{ А}$
	$I_{ном.п} \geq I_{ном.вст}$	$I_{ном.п} = 100 \text{ А}$	$I_{ном.вст} = 60 \text{ А}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T$	$B_K = 0,86^2 \cdot 3 = 2,22 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_T^2 \cdot t_T = 31,5^2 \cdot 3 = 2976,75 \text{ кА}^2\text{с}$

Таким образом, для компоновки РУ 10 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения отеля «Жигули», выбраны и проверены выключатель нагрузки марки ВНА СЭЩ 80-10/630-20 и предохранители марки ПКТ-101-10-60-31,5-У3-КЭАЗ [10].

Далее в работе проводится выбор автоматических выключателей для установки в распределительных устройствах напряжением 0,4 кВ объекта исследования (ГРЩ, ВРУ и РЩ).

Ранее в работе было установлено, что РУ 0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ, а также в ГРЩ 0,4 кВ, ВРУ 0,4 кВ и РЩ 0,4 кВ питающей и распределительной сетей отеля «Жигули» должны быть укомплектованы автоматическими выключателями (автоматами) отечественной серии АП-50, которые необходимо заменить на современные автоматы. Для этого выбираются автоматы серии Siemens SENTRON. Проводится их непосредственный выбор и проверка. Номинальные токи автомата, а также, соответственно, уставки теплового и электромагнитного расцепителей автомата выбираются, исходя из следующих условий [10]:

$$I_{ном.а} \geq I_{р.}, \quad (32)$$

$$I_{у.т.р.} \geq 1,1 \cdot I_{р.}, \quad (33)$$

$$I_{у.э.р.} \geq K_{то} \cdot I_{р.} \geq I_{к}, \quad (34)$$

где $I_{у.т.р.}$, $I_{у.э.р.}$ – «соответственно, токи уставки теплового и электромагнитного расцепителей автомата, А;
 $K_{то}$ – коэффициент токовой отсечки, о.е.;
 $I_{к}$ – значение трёхфазного тока КЗ, А» [10].

«В случае, если автоматический выключатель выполнен с регулируемым электромагнитным расцепителем, зависящим от тока уставки теплового расцепителя» [10]:

$$I_{у.э.р.} \geq K \cdot I_{у.т.р.}, \quad (35)$$

где « K – кратность тока уставки электромагнитного расцепителя» [10].

«Выбор автоматических выключателей проводится по условиям (32) – (35) на примере вводного автомата питающей ТП-10/0,4 кВ. Номинальные значения тока автомата, а также токов уставок его расцепителей» [10]:

$$I_{ном.а} = 1600 \text{ А} \geq I_{р.} = 1,4 \cdot 969,2 = 1356,9 \text{ А},$$

$$I_{у.т.р.} = 1600 \text{ А} \geq 1,1 \cdot 969,2 = 1066,1 \text{ А},$$

$$I_{у.э.р.} = 4800 \text{ А} = 3 \cdot 1600 = 4800 \text{ А}.$$

Для применения в качестве автомата ввода на питающей ТП-10/0,4 кВ, выбран автомат марки Siemens SENTRON со следующими техническими параметрами: $I_{ном.а} = 1600 \text{ А}$, $I_{у.т.р.} = 1600 \text{ А}$, $I_{у.э.р.} = 4800 \text{ А}$ [10]. Результаты выбора остальных автоматических выключателей 0,38/0,22 кВ системы электроснабжения отеля «Жигули» представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты выбора автоматов 0,38/0,22 кВ СЭС отеля

Наименование кабельной линии	I_{max}, A	$I_{ном.а}, A$	$I_{у.т.р}, A$	$I_{у.э.р}, A$
Питающая подстанция ТП 10/0,4 кВ				
Т1 ТП 10/0,4 кВ (вводной автомат)	1356,9	1600	1600	4800
Т2 ТП 10/0,4 кВ (вводной автомат)	1356,9	1600	1600	4800
Питающая сеть 0,4 кВ				
РУ 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ – Панель 1 ГРЩ	243,53	400	400	1200
РУ 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ – Панель 2 ГРЩ	294,27	400	400	1200
ГРЩ – Панель 1 ВРУ-1	140,50	250	200	600
ГРЩ – Панель 1 ВРУ-2	28,10	32	32	96
ГРЩ – Панель 1 ВРУ-3	12,20	16	16	48
ГРЩ – Кондиционирование	53,69	63	63	189
ГРЩ – Панель 2 ВРУ-1	145,45	250	250	750
ГРЩ – Панель 2 ВРУ-2	33,40	40	40	120
ГРЩ – Панель 2 ВРУ-3	45,50	63	63	189
ГРЩ – Наружное освещение	17,90	25	25	75
АВР (ПАВ панель) – Панель АВР 1.1	30,40	40	40	120
АВР (ПАВ панель) – Панель АВР-2.1	12,00	16	16	48
АВР (ПАВ панель) – Панель АВР-3.1	16,69	25	25	75
Распределительная сеть 0,4 кВ (от ВРУ 0,4 кВ до РЩ 0,4 кВ)				
ВРУ-1 Панель 1 – ЩР-1.2	44,79	63	63	189
ВРУ-1 Панель 1 – ЩР-1.1	71,59	100	100	300
ВРУ-1 Панель 1 – ВТЗ-1	6,03	10	10	30
ВРУ-1 Панель 1 – ВТЗ-2	6,03	10	10	30
ВРУ-1 Панель 1 – ВТЗ-3	6,03	10	10	30
ВРУ-1 Панель 1 – ВТЗ-4	6,03	10	10	30
ВРУ-1 Панель 2 – ЩО2-1, ЩО4-1	20,79	25	25	75
ВРУ-1 Панель 2 – ЩО1-1, ЩО3-1, ЩО5-1	18,66	25	25	75
ВРУ-1 Панель 2 – ЩР-1.3	27,49	32	32	96
ВРУ-1 Панель 2 – ЩР-1.4	14,17	25	25	75
ВРУ-1 Панель 2 – ЩРВ-1	70,82	100	100	300
Панель АВР 1.1 – ЩАО2-1, ЩАО4-1	10,90	16	16	48
Панель АВР 1.1 – ЩАО1-1, ЩАО3-1, ЩАО5-1	8,28	10	10	30
Панель АВР 1.1 – ЩК-1.1	8,16	10	10	30
Панель АВР 1.1 – ЩК-1.2	3,01	6,3	6,3	18,9
ВРУ-2 Панель 1 – ЩОП	5,41	10	10	30
ВРУ-2 Панель 1 – ЩПБ	17,00	25	25	75
ВРУ-2 Панель 1 – ЩР-2.1	5,70	10	10	30
ВРУ-2 Панель 2 – ЩРВ-2	5,19	10	10	30
ВРУ-2 Панель 2 – ЩО2.1	28,23	40	40	120
АВР-2.1 – ЩАО2.1	9,97	16	16	48
АВР-2.1 – ЩАОП	2,03	6,3	6,3	18,9
ВРУ-3 Панель 1 – ЩР3.1	9,19	16	16	48
ВРУ-3 Панель 1 – ЩН-3.1	3,04	6,3	6,3	18,9
ВРУ-3 Панель 2 – ЩО3.1	45,47	63	63	189
АВР-3.1 – ЩК3.1	0,47	6,3	6,3	18,9
АВР-3.1 – ЩАО3.1	16,23	25	25	75
АВР (ПАВ панель) – ДУ	33,11	40	40	120
АВР (ПАВ панель) – ОПС	19,01	25	25	75

Таким образом, для применения в РУ 0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ, а также в ГРЩ 0,4 кВ, ВРУ 0,4 кВ и РЩ 0,4 кВ питающей и распределительной сетей отеля «Жигули», выбраны надёжные автоматические выключатели марки Siemens SENTRON различных типономиналов.

Все выбранные аппараты показаны в графической части работы.

Выбор системы учёта и контроля электроэнергии

Для применения в системе электроснабжения отеля «Жигули», выбрана система АСКУЭ на основе счётчиков Меркурий 234 ARTX2-01 OR.L1 [2].

Выбор автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учёта электроэнергии (АИИСКУЭ) на основе современных электронных счётчиков Меркурий 234 ARTX2-01 OR.L1 для системы электроснабжения отеля «Жигули» является технически обоснованным решением, обеспечивающим высокую точность измерения, надёжность и оперативность сбора, обработки и передачи данных о потреблении электроэнергии.

Данный выбор обусловлен спецификой работы гостиничного комплекса, характеризующегося сложной структурой электропотребления, наличием различных категорий потребителей и высокими требованиями к качеству и точности учёта потреблённой электроэнергии, что в совокупности позволяет эффективно управлять потреблением, оптимизировать расходы на энергоресурсы и оперативно выявлять возможные потери или нарушения в работе системы.

Электронные трёхфазные многотарифные счётчики электроэнергии Меркурий 234 ARTX2-01 OR.L1, конструкция которых представлена на рисунке 11, отличаются высокой точностью и стабильностью измерений, обеспечивая класс точности не ниже 0,5S для активной энергии, что полностью удовлетворяет требованиям к коммерческому учёту

электроэнергии на объектах повышенной ответственности, таких как отели и гостиницы.



Рисунок 11 – Электронный трёхфазный многотарифный счётчик электроэнергии Меркурий 234 ARTX2-01 OR.L1

Особенностью данной модели является наличие встроенного интерфейса связи и возможность интеграции с автоматизированными системами учёта и управления энергоресурсами, что позволяет организовать дистанционный сбор данных о потреблении электроэнергии, анализировать параметры качества электроснабжения и осуществлять мониторинг работы системы в реальном времени.

Счётчики Меркурий 234 ARTX2-01 OR.L1 оснащены встроенной памятью, которая позволяет хранить значительные объёмы информации о потреблении электроэнергии по нескольким тарифным зонам, что делает

возможным реализацию гибких тарифных схем и позволяет эффективно управлять потреблением электроэнергии в зависимости от времени суток, что особенно актуально для гостиничного бизнеса, где наблюдается чёткая дифференциация нагрузки в течение суток и возникает необходимость рационального управления потреблением энергии для минимизации эксплуатационных затрат.

Применение данных счётчиков позволяет получать подробную информацию не только об объёмах потреблённой электроэнергии, но и о таких важных параметрах сети, как напряжение, сила тока, активная и реактивная мощности, коэффициент мощности, частота и качество электрической энергии.

Встроенные средства диагностики и анализа сети позволяют оперативно выявлять нарушения, аварийные ситуации, а также отклонения от заданных параметров, благодаря чему достигается повышение уровня эксплуатационной безопасности и надёжности работы всего электрооборудования отеля.

Использование АИИСКУЭ на основе счётчиков Меркурий 234 ARTX2-01 OR.L1 обеспечивает полную автоматизацию процесса учёта электроэнергии, минимизацию участия персонала в процессе снятия и обработки показаний, исключение ошибок, связанных с человеческим фактором, а также позволяет формировать отчёты и аналитические материалы по энергопотреблению, необходимые для эффективного управления гостиничным комплексом.

Передача данных с использованием интерфейсов, таких как RS-485 или PLC, обеспечивает высокую скорость и надёжность информационного обмена, возможность удалённого доступа и управления системой, а также интеграцию с общим комплексом автоматизации инженерных систем здания (BMS), что способствует комплексному и эффективному управлению ресурсами отеля.

Структурная схема АИИСКУЭ отеля «Жигули» представлена на рисунке 12.

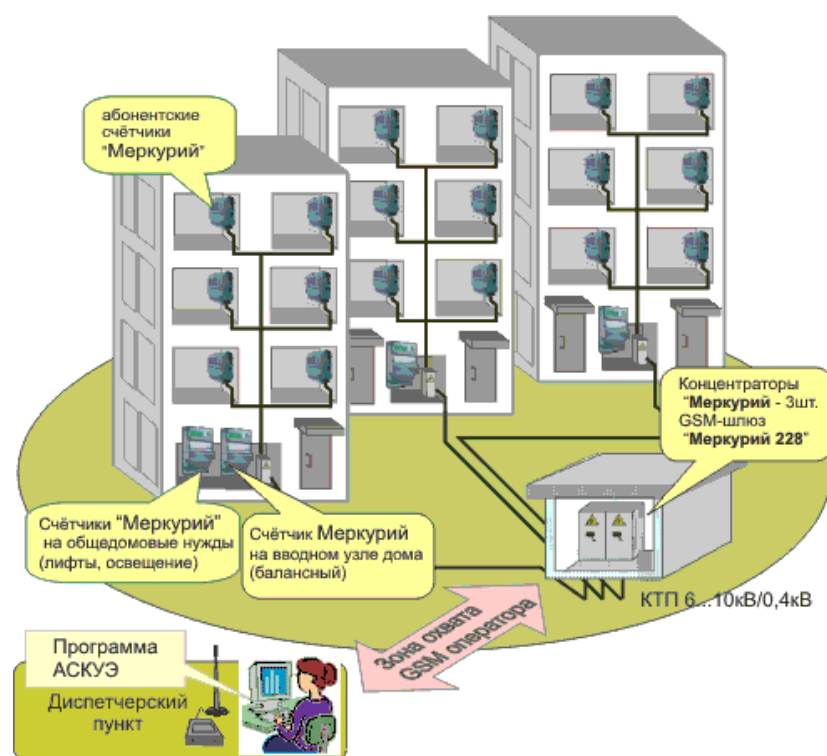


Рисунок 12 – Структурная схема АИISKУЭ отеля «Жигули»

Экономический эффект от внедрения данной системы обеспечивается за счёт точного и оперативного контроля потребления электроэнергии, выявления и предотвращения её нецелевого использования, а также реализации мероприятий по снижению энергопотребления, основанных на объективных данных АИISKУЭ.

Внедрение системы позволяет отелю существенно снизить эксплуатационные расходы, повысить энергоэффективность и обеспечить соблюдение требований действующего законодательства и нормативных актов в области коммерческого учёта энергоресурсов.

Таким образом, применение автоматизированной системы коммерческого учёта электроэнергии на основе счётчиков Меркурий 234 ARTX2-01 OR.L1 в системе электроснабжения отеля «Жигули» является комплексным и рациональным техническим решением, отвечающим высоким стандартам точности, надёжности и функциональности, обеспечивающим экономическую эффективность и значительное повышение уровня эксплуатации и управления отелем.

Выводы по разделу.

В результате проведения расчётов установлено, что в связи с увеличением нагрузки и перерасчётом расчётных параметров, а также принимая во внимание стороннюю нагрузку подстанции, на питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения отеля окончательно выбраны два новых силовых трансформатора марки ТМГ-630/10, которые совпадают с ранее установленными силовыми трансформаторами той же марки и того же типонаминала.

Расчётным путём установлено, что выбранные силовые трансформаторы марки ТМГ-630/10 соответствуют условиям проверки по расчётной нагрузке потребителей подстанции вследствие увеличения её нагрузки, а также отвечают условиям проверки по нагрузочной способности в нормальном режиме работы и перегрузочной способности в послеаварийном режиме работы.

Показано, что использование дизель-генераторной установки «Фрегат АД-100» с автоматическим вводом резерва и приводным генератором мощностью 100 кВт является обоснованным техническим решением, которое обеспечивает надёжность электроснабжения наиболее ответственных потребителей первой категории надёжности гостиничного комплекса, соответствует нормативным требованиям и современным техническим стандартам и гарантирует эффективную и безопасную эксплуатацию инженерных систем отеля «Жигули».

В результате проведения модернизации кабельных линий в системы электроснабжения отеля, выбраны и подтверждены силовые кабели следующих марок:

- на питающей линии 10 кВ от РП 10 кВ к РУ 10 кВ ТП 10/0,4 кВ отеля, проверена и подтверждена возможность дальнейшего использования двух силовых кабелей марки АСБ-10 (3×35), проложенных в земляной траншее;

- на питающих линиях сети 0,4 кВ от РУ 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ к ГРЩ 0,4 кВ отеля, выбраны и проверены современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS различных сечений, которые проложены в земляных траншеях;
- на питающих линиях сети 0,4 кВ от ГРЩ 0,4 кВ к ВРУ 0,4 кВ отеля, выбраны и проверены современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS различных сечений, которые проложены в земляных траншеях;
- на распределительных линиях 0,4 кВ от ВРУ 0,4 кВ до РЩ отеля, выбраны и проверены современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS различных сечений, проложенные в трубах в полу.

Установлено, что выбор и применение современных электроустановок, включая киосковую трансформаторную подстанцию 2КТП 630/10/0,4, главный распределительный щит ГРЩ-1-1600-IP20-УХЛ, вводные щиты ВРУ-1-11-10 и распределительные шкафы ЩР-1, является технически оправданным решением, которое полностью соответствует современным требованиям надёжности, безопасности и энергоэффективности. Показано, что принятые технические решения обеспечивают эффективную эксплуатацию энергосистемы гостиничного комплекса «Жигули», гарантируют высокий уровень комфорта и безопасности для гостей и персонала отеля и способствуют снижению эксплуатационных расходов и длительной безаварийной работе оборудования.

Для компоновки РУ 10 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения отеля «Жигули», выбраны и проверены выключатель нагрузки марки ВНА СЭЩ 80-10/630-20 и предохранители марки ПКТ-101-10-60-31,5-УЗ-КЭАЗ.

Для применения в РУ 0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ, а также в ГРЩ 0,4 кВ, ВРУ 0,4 кВ и РЩ 0,4 кВ питающей и распределительной сетей отеля «Жигули», выбраны надёжные автоматические выключатели марки Siemens SENTRON различных типономиналов.

Установлено, что применение автоматизированной системы коммерческого учёта электроэнергии на основе счётчиков Меркурий 234 ARTX2-01 OR.L1 в системе электроснабжения отеля «Жигули» является комплексным и рациональным техническим решением, отвечающим высоким стандартам точности, надёжности и функциональности, обеспечивающим экономическую эффективность и значительное повышение уровня эксплуатации и управления отелем.

Показано, что всё выбранное электрооборудование – современное, оно отвечает всем необходимым требованиям безопасности, экономичности и надёжности работы, что позволяет обеспечить бесперебойность технологического процесса, минимизировать риски аварий и отказов электрооборудования, а также существенно снизить эксплуатационные и капитальные затраты в системе электроснабжения отеля «Жигули».

Разработка и реализация мероприятий по охране труда и экологической безопасности

Известно, что эксплуатация системы электроснабжения отеля «Жигули» сопровождается рисками, обусловленными воздействием опасных и вредных производственных факторов, среди которых выделяются угрозы поражения электрическим током при контакте персонала с токоведущими частями, риски возникновения пожаров вследствие коротких замыканий, перегрузок и неисправностей электрооборудования, а также воздействия вредных факторов, таких как повышенные уровни шума, вибрации, электромагнитных излучений и неблагоприятных условий микроклимата рабочих мест персонала.

Последствия этих рисков могут проявляться в виде производственного травматизма, профессиональных заболеваний работников, аварийных ситуаций, пожаров и нанесения ущерба окружающей среде, что, в свою очередь, приводит к серьёзным экономическим потерям, снижению репутации гостиничного предприятия и возможным правовым последствиям. Схема идентификации и минимизации рисков и последствий опасных и вредных факторов в системе электроснабжения отеля представлена на рисунке 13.



Рисунок 13 – Схема идентификации и минимизации рисков и последствий опасных и вредных факторов в системе электроснабжения отеля

Для минимизации выявленных рисков и обеспечения безопасных условий труда в отеле разработан комплекс наиболее рациональных мероприятий по охране труда, представленный на рисунке 14 и включающий взаимосвязанные правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, реабилитационные и лечебно-профилактические меры.

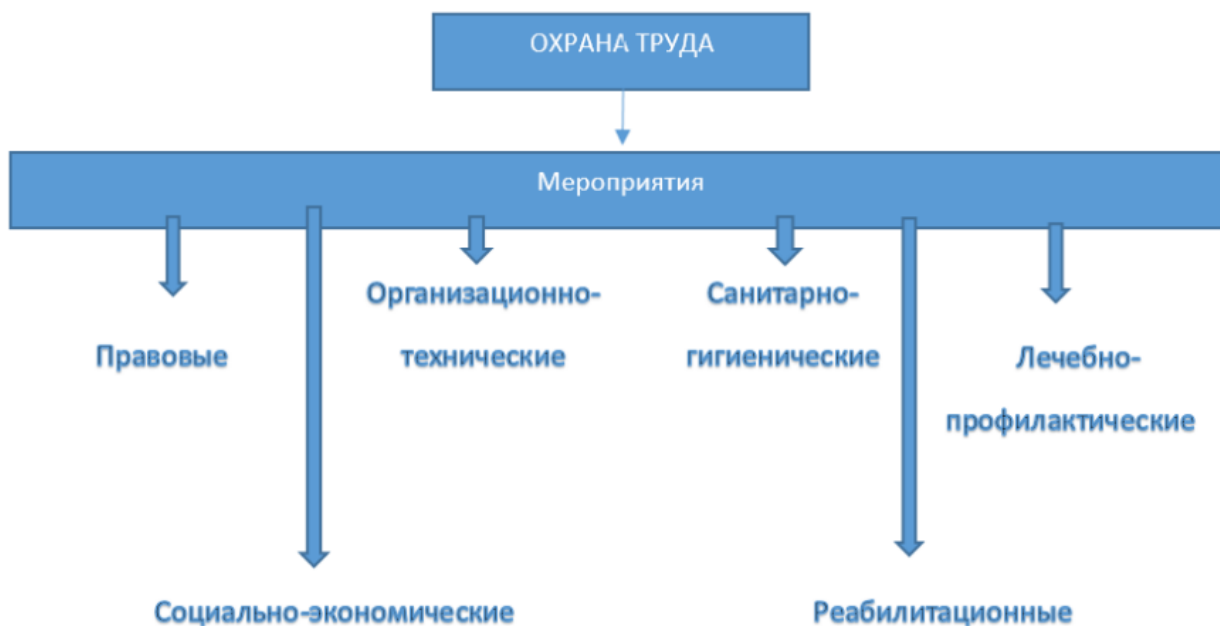


Рисунок 14 – Комплекс мероприятий по охране труда в системе электроснабжения отеля

Проводится краткое описание основных составляющих данного комплекса.

Правовые мероприятия заключаются в строгом соблюдении действующих законодательных актов и нормативов в области охраны труда, электробезопасности и пожарной безопасности, организации обязательного обучения, аттестации персонала по электробезопасности и проведении регулярных инструктажей.

Социально-экономические меры предполагают страхование сотрудников от несчастных случаев и профессиональных заболеваний, а также обеспечение достойных условий труда и вознаграждения.

Организационно-технические мероприятия включают чёткую регламентацию всех видов работ на электроустановках, использование безопасных технологий, внедрение современных средств защиты, обеспечение средствами индивидуальной защиты (СИЗ), а также надлежащую организацию рабочего пространства.

Санитарно-гигиенические мероприятия направлены на поддержание комфортных условий труда посредством контроля микроклимата, освещённости, регулярного замера шума и вибрации.

Реабилитационные и лечебно-профилактические мероприятия предусматривают периодические медицинские осмотры сотрудников, возможность санаторно-курортного лечения, мероприятия по восстановлению здоровья и работоспособности работников.

Далее рассматриваются средства защиты персонала от поражения электрическим током. Известно, что они подразделяются на две основные группы: организационные и технические.

Организационные средства защиты персонала от поражения электрическим током предусматривают обязательное соблюдение правил допуска к электроустановкам, строгий учёт и контроль выполнения работ по нарядам-допускам и распоряжениям, использование принципа двойного контроля и системы оперативного надзора за действиями сотрудников.

Технические средства защиты включают применение надёжных средств изоляции токоведущих частей, обязательное заземление и зануление корпусов электрооборудования, установку защитных устройств автоматического отключения питания (УЗО), использование диэлектрических ковров, подставок, перчаток и обуви, систематическую проверку состояния средств защиты и регулярные испытания защитных устройств на соответствие нормативным требованиям.

Технические средства и способы защиты от поражения электрическим током при выполнении работ в системе электроснабжения отеля «Жигули», представлены на рисунке 15.



Рисунок 15 – Технические средства и способы защиты от поражения электрическим током при выполнении работ системе электроснабжения отеля «Жигули»

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности включают применение электротехнического оборудования с негорючей изоляцией (например, кабели ВВГнг-LS), регулярный контроль исправности и состояния электрооборудования и кабельных линий, своевременную замену неисправного оборудования, а также соблюдение норм и правил хранения и эксплуатации горючих и легковоспламеняющихся материалов.

В отеле обязательно внедрение автоматизированной системы пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения, включающей датчики раннего обнаружения дыма и огня, исполнительные устройства для немедленного запуска систем тушения пожара, систему оповещения и управления эвакуацией гостей и сотрудников.

Важным элементом является интеграция системы пожаротушения с общей системой управления зданием, обеспечивающая автоматическое

реагирование на внештатные ситуации и минимизацию последствий возможных пожаров.

Состав автоматизированной системы пожаротушения отеля «Жигули» представлен на рисунке 16.

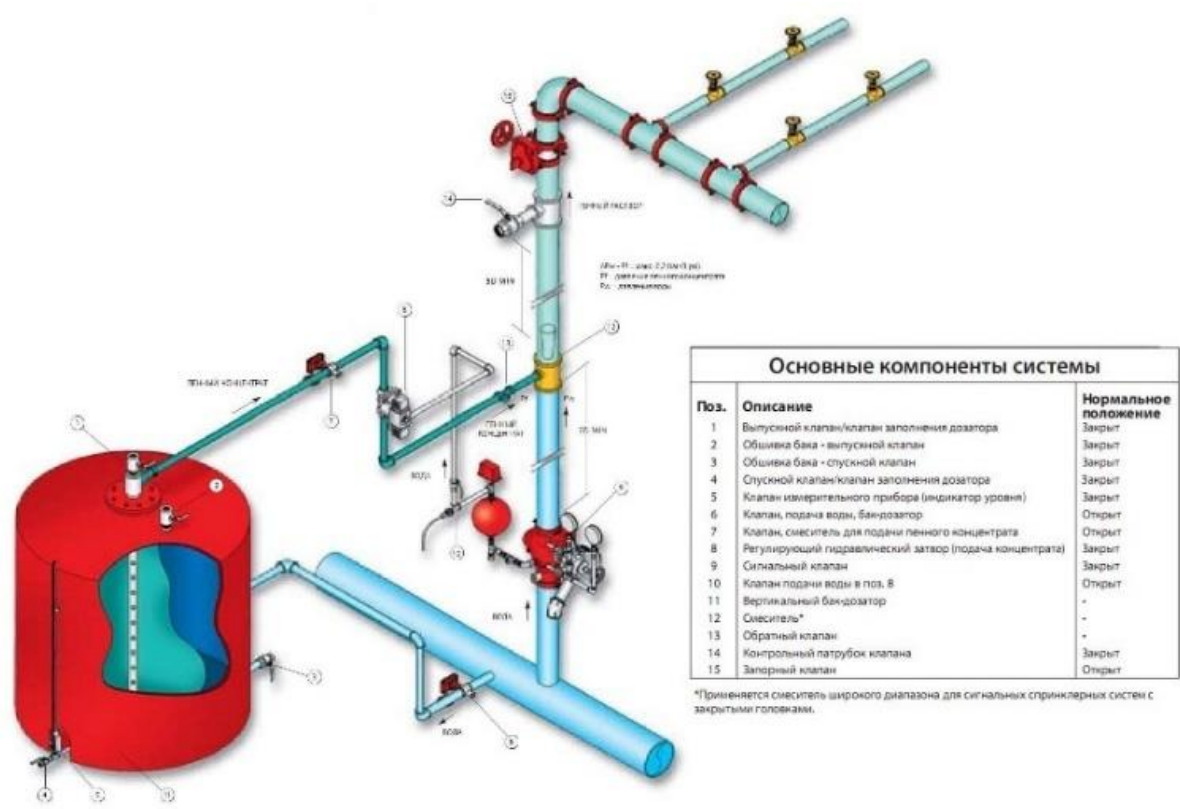


Рисунок 16 – Состав автоматизированной системы пожаротушения отеля «Жигули»

Эксплуатация системы электроснабжения отеля также связана с потенциальными экологическими рисками, среди которых выделяются возможность загрязнения почвы и воды нефтепродуктами и трансформаторным маслом, утилизация отработанных ламп, аккумуляторов и другого электротехнического оборудования, а также риски выбросов вредных веществ при возможных аварийных ситуациях.

Данный вопрос актуален в виду неблагоприятной экологической обстановки на планете, наблюдающейся в последнее время.

Классификация рисков в сфере природопользования представлена на рисунке 17.

Классификация рисков в сфере природопользования

Техногенные риски (вмешательство человека в природную среду): экологические и эксплуатационные

Экологические риски (непреднамеренное нарушение технологических норм, правил).

Катастрофические риски (причинение вреда в особо крупном размере).

Предпринимательские риски (изучение, разведка и добыча природных ресурсов).

Рисунок 17 – Классификация рисков в сфере природопользования

Для предотвращения и минимизации указанных рисков разработан комплекс мероприятий по экологической безопасности, включающий регулярный мониторинг и контроль технического состояния маслonaполненного оборудования, наличие специальных герметичных маслоприёмников и систем сбора утечек масла.

Обязательно использование современных экологически безопасных материалов и оборудования, а также организация отдельного сбора и передачи на утилизацию опасных отходов специализированным организациям, периодическое проведение экологических аудитов для оценки соответствия работы гостиницы нормативным требованиям по охране окружающей среды.

Кроме того, также предлагается принять и внедрить систему ответственности за негативное воздействие на окружающую среду в форме штрафных санкций, представленную на рисунке 18.

Система формирования платы за негативное воздействие на ОС



Рисунок 18 – Система ответственности за негативное воздействие на
окружающую среду в форме штрафных санкций

Таким образом, системное внедрение и комплексная реализация разработанных мероприятий по охране труда, электробезопасности, пожарной и экологической безопасности обеспечивают минимизацию выявленных рисков и надёжную защиту сотрудников, гостей и окружающей среды от возможных опасностей при эксплуатации системы электроснабжения отеля «Жигули». Принятые мероприятия способствуют созданию безопасных, комфортных условий пребывания гостей и работы сотрудников гостиницы, а также обеспечивают долгосрочную устойчивость и конкурентоспособность гостиничного бизнеса.

Выводы по разделу.

Установлено, что реализация предложенного комплекса мероприятий по охране труда в системе электроснабжения отеля «Жигули» позволяет обеспечить необходимый уровень безопасности и свести к минимуму риск воздействия опасных и вредных факторов на персонал и посетителей объекта в процессе эксплуатации электрооборудования. Показано, что комплексный подход к экологической безопасности сводит к минимуму риски негативного воздействия на окружающую среду и способствует созданию экологически безопасных условий функционирования отеля.

Заключение

В работе проведена разработка мероприятий по модернизации системы электроснабжения отеля «Жигули» в связи с производственной необходимостью, продиктованной ростом электрических нагрузок, увеличением числа потребителей электроэнергии и устареванием оборудования существующей инфраструктуры.

Проведён анализ исходных данных, необходимых для разработки и реализации мероприятий по модернизации системы электроснабжения отеля «Жигули».

В результате анализа установлено, что существующая электрическая сеть отеля морально и технически устарела, что вызывает значительное снижение общей надёжности электроснабжения и рост эксплуатационных затрат на ремонт и обслуживание электрооборудования на объекте исследования.

Также была выявлена необходимость применения новых технических решений, связанных с расширением инфраструктуры объекта и внедрением современных стандартов по обеспечению её надёжности, безопасности и экономичности.

Для решения поставленных задач и устранения существующих недостатков на объекте исследования, предложены и обоснованы рациональные решения, направленные на повышение надёжности, энергоэффективности и качества электроснабжения гостиничного комплекса.

К таким мероприятиям относится замена устаревших проводников питающей и распределительной сети 0,38/0,22 кВ, выполненных кабелями марки АВВГ, которые морально и технически устарели, на современные марки кабельной продукции.

Также показано, что на объекте исследования требуется замена устаревших аппаратов защиты и коммутации на объекте (в частности,

устаревших автоматов марки АП) на новые и современные модификации данного оборудования.

Кроме того, установлено, что модернизации также требует вся устаревшая система освещения отеля, в которой кабельные линии и электрические аппараты защиты и коммутации, являются устаревшими, ненадёжными и неэффективными.

В схеме отеля, с целью повышения надёжности его системы электроснабжения, на всех распределительных щитах необходимо предусмотреть систему АВР, обеспечивающую автоматическое переключение питания между рабочими секциями сборных шин в случае потери напряжения на одной из них. Также питающую панель АВР необходимо подключить к собственному источнику питания, мощность которого необходимо выбрать в работе.

Кроме того, во всех распределительных устройствах необходимо реализовать условие секционирования шин, благодаря чему удаётся минимизировать последствия аварий и проводить профилактические работы без полного отключения потребителей.

Показано, что данные аспекты значительно снижает риски отключения ответственных потребителей первой категории и повышает общий уровень безопасности работы электроустановки.

Установлено, что отдельное внимание необходимо уделить качественной разработке мероприятий по охране труда, а также обеспечению экологической и пожарной безопасности на объекте исследования.

Таким образом, предложенные мероприятия по модернизации системы электроснабжения отеля «Жигули» создают надёжную основу для повышения энергоэффективности и устойчивости функционирования гостиничного предприятия, способствуют улучшению качества предоставляемых услуг и повышению общего уровня безопасности эксплуатации, а также обеспечивают условия для дальнейшего устойчивого развития и эффективной эксплуатации данного объекта.

Проведены расчёты максимальной нагрузки системы электроснабжения отеля «Жигули», которые позволяют сформировать уточнённую нагрузочную модель модернизированной системы электроснабжения отеля «Жигули», а также дают основание для дальнейшего выбора рациональных сечений кабельных линий, электрических аппаратов, мощности трансформаторов на питающей ТП-10/0,4 кВ объекта исследования.

В результате проведения расчётов установлено, что в связи с увеличением нагрузки и перерасчётом расчётных параметров, а также принимая во внимание стороннюю нагрузку подстанции, на питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения отеля окончательно выбраны два новых силовых трансформатора марки ТМГ-630/10, которые совпадают с ранее установленными силовыми трансформаторами той же марки и того же типонаминала. Расчётным путём установлено, что выбранные силовые трансформаторы соответствуют условиям проверки по расчётной нагрузке потребителей подстанции вследствие увеличения её нагрузки, а также отвечают условиям проверки по нагрузочной способности в нормальном режиме работы и перегрузочной способности в послеаварийном режиме.

Показано, что использование дизель-генераторной установки «Фрегат АД-100» с автоматическим вводом резерва и приводным генератором мощностью 100 кВт является обоснованным техническим решением, которое обеспечивает надёжность электроснабжения наиболее ответственных потребителей первой категории надёжности гостиничного комплекса, соответствует нормативным требованиям и современным техническим стандартам и гарантирует эффективную и безопасную эксплуатацию инженерных систем отеля «Жигули».

В результате проведения модернизации кабельных линий в системы электроснабжения отеля, выбраны и подтверждены силовые кабели следующих марок:

- на питающей линии 10 кВ от РП 10 кВ к РУ 10 кВ ТП 10/0,4 кВ отеля, проверена и подтверждена возможность дальнейшего использования

двух силовых кабелей марки АСБ-10 (3×35), проложенных в земляной траншее;

- на питающих линиях сети 0,4 кВ от РУ 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ к ГРЩ 0,4 кВ отеля, выбраны и проверены современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS различных сечений, которые проложены в земляных траншеях;
- на питающих линиях сети 0,4 кВ от ГРЩ 0,4 кВ к ВРУ 0,4 кВ отеля, выбраны и проверены современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS различных сечений, которые проложены в земляных траншеях;
- на распределительных линиях 0,4 кВ от ВРУ 0,4 кВ до РЩ отеля, выбраны и проверены современные пятижильные силовые кабели марки ВВГнг-LS различных сечений, проложенные в трубах в полу.

Установлено, что выбор и применение современных электроустановок, включая киосковую трансформаторную подстанцию 2КТП 630/10/0,4, главный распределительный щит ГРЩ-1-1600-IP20-УХЛ, вводные щиты ВРУ-1-11-10 и распределительные шкафы ЩР-1, является технически оправданным решением, которое полностью соответствует современным требованиям надёжности, безопасности и энергоэффективности. Показано, что принятые технические решения обеспечивают эффективную эксплуатацию энергосистемы гостиничного комплекса «Жигули», гарантируют высокий уровень комфорта и безопасности для гостей и персонала отеля и способствуют снижению эксплуатационных расходов и длительной безаварийной работе оборудования.

Для компоновки РУ 10 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения отеля «Жигули», выбраны и проверены выключатель нагрузки марки ВНА СЭЩ 80-10/630-20 и предохранители марки ПКТ-101-10-60-31,5-УЗ-КЭАЗ.

Для применения в РУ 0,4 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ, а также в ГРЩ 0,4 кВ, ВРУ 0,4 кВ и РЩ 0,4 кВ питающей и распределительной сетей отеля

«Жигули», выбраны надёжные автоматические выключатели марки Siemens SENTRON различных типономиналов.

Установлено, что применение автоматизированной системы коммерческого учёта электроэнергии на основе счётчиков Меркурий 234 ARTX2-01 OR.L1 в системе электроснабжения отеля «Жигули» является комплексным и рациональным техническим решением, отвечающим высоким стандартам точности, надёжности и функциональности, обеспечивающим экономическую эффективность и значительное повышение уровня эксплуатации и управления отелем.

Показано, что всё выбранное электрооборудование – современное, оно отвечает всем необходимым требованиям безопасности, экономичности и надёжности работы, что позволяет обеспечить бесперебойность технологического процесса, минимизировать риски аварий и отказов электрооборудования, а также существенно снизить эксплуатационные и капитальные затраты в системе электроснабжения отеля «Жигули».

Установлено, что реализация предложенного комплекса мероприятий по охране труда в системе электроснабжения отеля «Жигули» позволяет обеспечить необходимый уровень безопасности и свести к минимуму риск воздействия опасных и вредных факторов на персонал и посетителей объекта в процессе эксплуатации электрооборудования. Показано, что комплексный подход к экологической безопасности сводит к минимуму риски негативного воздействия на окружающую среду и способствует созданию экологически безопасных условий функционирования отеля.

Таким образом, внедрение современных предложенных технических и технологических решений по модернизации системы электроснабжения отеля «Жигули», обеспечивающих высокую надёжность, экономичность и экологическую безопасность электроснабжения данного гостиничного предприятия, позволит существенно улучшить его эксплуатационные характеристики, повысить уровень комфорта и удовлетворённости гостей, а также создать предпосылки для дальнейшего устойчивого развития отеля.

Список используемых источников

1. АСБ длительно допустимый ток. [Электронный ресурс]: URL: <https://elmarkets.ru/blog/spravochnik/asb-dlitelno-dopustimyy-tok/> (дата обращения: 15.04.2025).
2. АСКУЭ. [Электронный ресурс]: URL: <https://ast-ts.kz/index.php?route=product/category&path=65> (дата обращения: 15.04.2025).
3. ВРУ-1-11-10 вводно распределительное устройство [Электронный ресурс]: URL: <https://энерго24.рф/vru-vvodno-raspredelitelnye-ustroystva/vru-1-11-10/> (дата обращения: 15.04.2025).
4. ГОСТ 14209–85 Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки (с Изменением № 1). [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200012414> (дата обращения: 15.04.2025).
5. Гостиница «Жигули» [Электронный ресурс]: URL: <https://2gis.ru/togliatti/search/%D0%93%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0%20%D0%B6%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BB%D0%B8?m=49.42041%2C53.508652%2F10.62> (дата обращения: 15.04.2025).
6. ГРЩ-1-1600-IP20-УХЛ. [Электронный ресурс]: URL: <https://энерго24.рф/grsch-glavnyy-raspredelitelnyy-schit/grsch-1-16000-ip20-uhl/> (дата обращения: 15.04.2025).
7. Дизельный генератор Фрегат АД-100 в кожухе с АВР. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.energocontinent.ru/catalog/dizelnye-generatory/fregat-ad-100-v-kozhuhe-avr> (дата обращения: 15.04.2025).
8. Кабель ВВГнг-LS. [Электронный ресурс]: URL: [https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-\(0,66%3B-1kv\)/vvgng-ls/](https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovye/s-pvx-izolyacziej-(0,66%3B-1kv)/vvgng-ls/) (дата обращения: 15.04.2025).
9. Киреева Э.В. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений. М.: КноРус, 2019. 236 с.

10. Немировский А.Е. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций. М.: Инфра-Инженерия, 2020. 174 с.
11. Подстанция 2КТП 630/10/0,4. [Электронный ресурс]: URL: <http://ru-transformator.ru/2ktp-optima-price/2ktp-630-10-0-4-1505.html> (дата обращения: 15.04.2025).
12. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (Приказ от 15 декабря 2020 г. № 903н / Приказ от 29 апреля 2022 г. № 279н). Изд-во Мини-Тайп, 2023. 216 с.
13. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Изд-во ДЕАН, 2022. 192 с.
14. Правила устройства электроустановок. 7-е издание. Изд-во ЦентрМаг, 2022. 584 с.
15. РД 153-34.0-20.527-98 «Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования» [Электронный ресурс]: URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294817/4294817179.htm> (дата обращения: 15.04.2025).
16. Свод правил СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 7 ноября 2016 г. № 777/пр) [Электронный ресурс]: URL: https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf (дата обращения: 15.04.2025).
17. Сибикин Ю.Д. Пособие к курсовому и дипломному проектированию электроснабжения промышленных, сельскохозяйственных и городских объектов. Учебное пособие. М.: Форум, 2021. 383 с.
18. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных и гражданских зданий. Учебное пособие. М.: Форум, Инфра-М, 2022. 406 с.
19. СП 256.1325800.2016 «Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» (Приказ Минстроя России от 29 августа 2016 г. № 602/пр). [Электронный ресурс]: URL:

<https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/12544/> (дата обращения: 15.04.2025).

20. ЩР-1 щит распределительный [Электронный ресурс]: URL: <https://энерго24.рф/dlya-stroitelnyh-i-promyshlennyh-predpriyatiy/schr-shr-shrs-shkafy-raspredelitelnye/schr-schit-raspredelitelnyy/shchr-1/> (дата обращения: 15.04.2025).