

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
« » _____ 20 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Код и наименование направления

Проектирование резервного внешнего электроснабжения здания
Правительства РХ
тема

Руководитель	_____	<u>доцент</u>	<u>Е.В. Платонова</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>Д.С. Акулов</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>И.А. Кычакова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Абакан 2024

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Проектирование резервного внешнего электроснабжения здания Правительства РХ» содержит 42 страницы текстового документа, 7 рисунков, 2 таблицы, 25 использованных источников, 3 листа графического материала.

Объект исследования – здание Правительства РХ

Целью работы является разработка проекта резервного внешнего электроснабжения здания Правительства РХ.

В аналитической части представлена характеристика системы электроснабжения объекта, произведен анализ действующей системы резервного электроснабжения объекта.

В практической части определены требования к резервному электроснабжению здания Правительства РХ, выбрана схема резервирования, выбрано оборудование, выбран источник дополнительного резерва, приведены обоснования выбора, разработана схема подключения, выбрано конструктивное исполнение электрической сети, выполнен расчет укрупненных затрат на реализацию проекта.

Практическая значимость работы ВКР заключается в том, что данный проект может быть использован для реконструкции действующей системы резервного электроснабжения здания Правительства РХ с целью повышения надежности электроснабжения потребителей первой особой категории.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on "Design of Backup External Power Supply for the Government of the Republic of Khakassia Building" consists of 42 page of text, 7 figure, 2 tables, 25 sources used, and 3 sheets of graphic material.

The object of the study is the Government of the Republic of Khakassia building.

The aim of the work is to develop a project for a backup external power supply system for the Government of the Republic of Khakassia building.

The analytical part presents a description of the object's power supply system, and an analysis of the existing backup power supply system is carried out.

The practical part defines the requirements for backup power supply to the Government of the Republic of Khakassia building, selects a backup scheme and equipment, selects an additional backup source, provides justifications for the choices made, develops a connection diagram, selects a constructive design for the electrical network, and calculates the estimated costs for project implementation.

The practical significance of the final qualifying work lies in the fact that this project can be used for the reconstruction of the existing backup power supply system of the Government of the Republic of Khakassia building in order to improve the reliability of power supply to consumers of the first special category.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Характеристика системы электроснабжения объекта проектирования.....	8
2 Характеристика действующей системы резервного электроснабжения.....	10
3 Выбор и обоснование резервного источника электроснабжения	12
3.1 Определение требований к резервному электроснабжению	12
3.2 Обзор средств, используемых для резервного питания.....	13
3.3 Выбор схемы резервирования	16
3.4 Выбор оборудования для резервного внешнего электроснабжения.....	26
4 Выбор и обоснование дополнительного резерва	28
5 Выбор схемы подключения и конструктивное исполнение электрической сети	30
5.1 Схема подключения.....	30
5.2 Конструктивное исполнение электрической сети	31
5.3 Выбор коммутационных защитных аппаратов.....	32
5.4 Расчет токов однофазного и трехфазного короткого замыкания на шинах 0,4 кВ.....	33
5.5 Проверка оборудования по условию устойчивости токам короткого замыкания.....	34
6 Расчет укрупненных затрат на реализацию проекта.....	36
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	41
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	42

ВВЕДЕНИЕ

Надежное и экономичное обеспечение потребителей электрической энергией надлежащего качества в соответствии с графиком ее потребления является важной задачей. Системы электроснабжения создаются для обеспечения питания электроэнергией электроприемников.

К системам электроснабжения предъявляются следующие требования:

1. Надежность системы и бесперебойность электроснабжения потребителей.
2. Качество электроэнергии на вводе к потребителю.
3. Безопасность обслуживания элементов СЭС.
4. Унификация (модульность, стандартизация).
5. Экономичность (включает в себя такие понятия, как энергоэффективность и энергосбережение).

Схема электроснабжения должна строиться так, чтобы все ее элементы постоянно находились под нагрузкой, а при аварии или плановом ремонте оставшиеся в работе могли принять на себя нагрузку, обеспечив после необходимых переключений, функционирование основных производств предприятия.

В условиях действующих предприятий актуальным является решение задач экономии электрической энергии, особенно в части нормирования и регулирования электроснабжения.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка системы резервного внешнего электроснабжения здания Правительства РХ. В процессе проектирования решены следующие задачи: расчет параметров системы электроснабжения, выбор и проверка основного оборудования, технико-экономическое сравнение вариантов СЭС.

1 Характеристика системы электроснабжения объекта проектирования

В 1937 году Совнарком РСФСР утвердил проект Дома Советов для города Абакана, разработанный московским архитектором Г. Г. Гоциридзе. Дома Советов тогда занимали главенствующее место в планировочной структуре советских городов, поэтому здание предполагалось возводить в центре города, на Первомайской площади.. Объект планировался трехэтажным, каменным, в плане П-образной формы, с залом заседаний вместимостью 80 чел. 10 мая 1938 года строители начали укладывать фундамент здания, строительство длилось один год и восемь месяцев и обошлось почти в полтора миллиона рублей.

В послевоенные годы к существующему зданию были достроены два этажа. Памятник И. В. Сталина на площади простоял до 1959 года. 16 апреля 1970 года на площади был установлен памятник к 100-летию со дня рождения В. И. Ленина.

После преобразования автономной области в республику 3 июля 1991 года здесь располагался Исполнительный комитет Совета народных депутатов Республики Хакасия, затем Кабинет Министров Республики Хакасия, а с 1995 года — Правительство Республики Хакасия.

Здание находится на улице Ленина д. 67

Опишем систему электроснабжения объекта проектирования.

Основное питание здания осуществляется с подстанции ПС Северная №24. Началом трассы первой группы ЛЭП-0,4кВ являются ячейки 0,4 кВ №8 и №9 в ПС-10/0,4кВ №129. Конец трассы – ВРУ1.1 и ВРУ1.2. Началом трассы второй группы ЛЭП-0,4кВ являются щиты с автоматическими выключателями 0,4 кВ №17 и №16 ПС-10/0,4кВ №112. Конец трассы – ВРУ2.1 и ВРУ2.2. Электроприемники, электроснабжение которых осуществляется от первой группы ЛЭП-0,4кВ, относятся к первой особой категории надежности электроснабжения. Электроприемники, электроснабжение которых осуществляется от второй группы ЛЭП-0,4 кВ, относятся ко второй и третьей категории надежности электроснабжения. Данный проект подразумевает

проектирование системы резервного внешнего электроснабжения для первой особой категории потребителей здания Правительства РХ.

Кабели на напряжение 0,4 кВ используются марки АПВББШв сечением 150мм.кв. Все кабели проложены в параллели попарно.

Трасса КЛЭП проходит по территории города Абакана, пересекает автомобильную дорогу ул. Ленина и другие инженерные коммуникации. Используются четыре линии электропередач. Первая и вторая прокладываются по одной траектории от ячеек №9 и №8 РУ-0,4 кВ ПС-10/0,4кВ №129 до ВПУ1.1 и ВРУ 1.2 электрощитовой №2 здания Правительства РХ соответственно. Кабели проложены в земле в траншеях. Третья и четвертая проложены по одной траектории от ячеек №17 и №16 РУ-0,4кВ ПС-10/0,4кВ №112 до ВРУ2.1 и ВРУ2.2 соответственно. Кабели проложены в земле в траншеях.

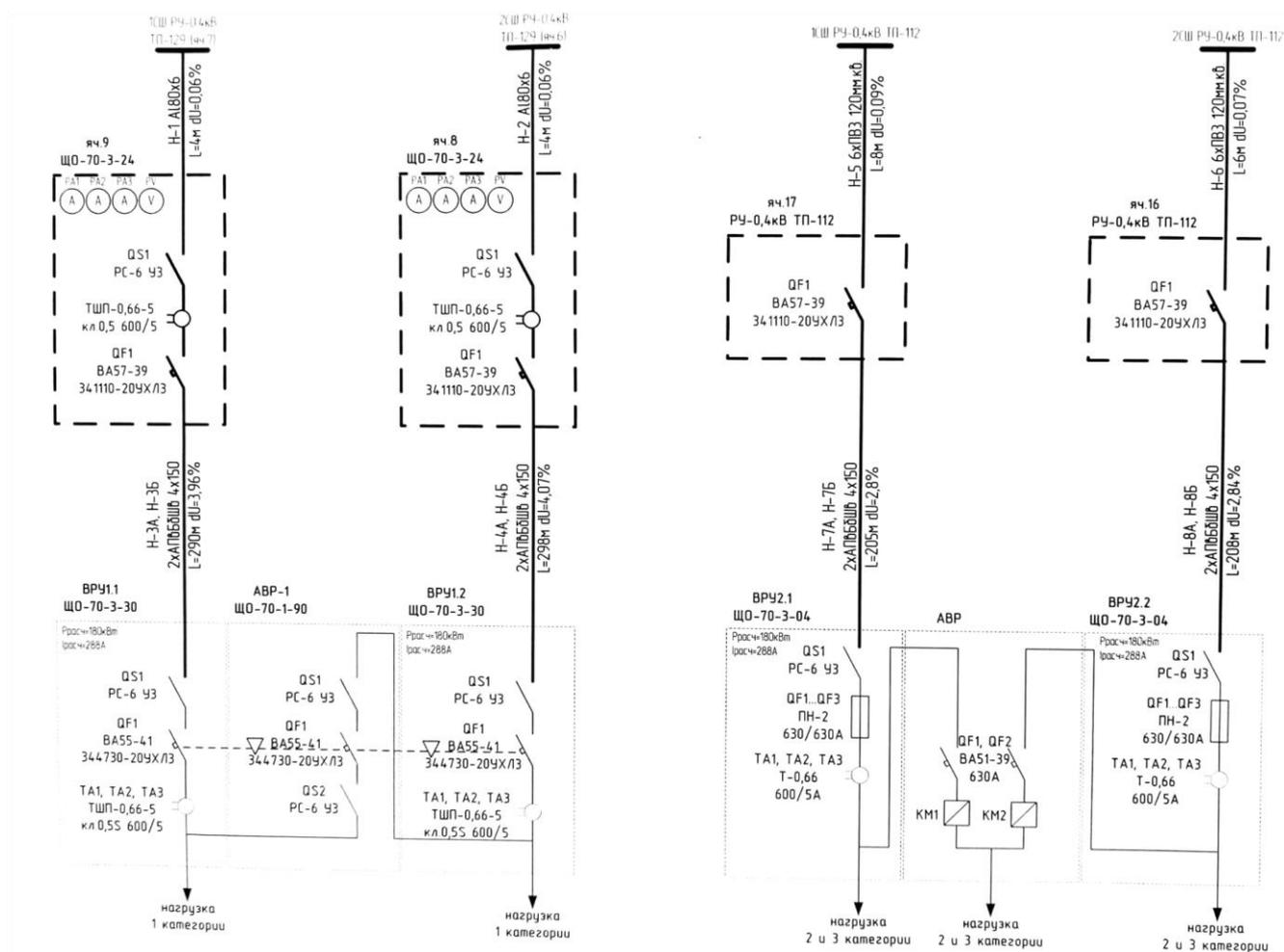


Рис. 1. Принципиальная однолинейная схема электроснабжения здания Правительства РХ

2 Характеристика действующей системы резервного электроснабжения

На данный момент резервным источником питания здания Правительства РХ является блочно-контейнерная автоматизированная электростанция (БКАЭС) с дизель-электрическим агрегатом АД-315 мощностью 394 кВА/315,2 кВт. В контейнере предусмотрен автоматический обогрев и вентиляция. Обогрев осуществляется от двух универсальных воздушных клапанов и двух вентиляторов. При пожарной тревоге универсальные клапана обесточиваются и закрываются усилием возвратной пружины.

Установлена БКАЭС на территории здания Правительства РХ с юго-восточной стороны. Также установлены щит автоматического ввода резерва первой особой категории марки ЯАВР-3-630 УХЛ4 в электрощитовой №2 и щит гарантированного питания первой особой категории в электрощитовой №2 для последующего питания от него центра баз данных, помещений особой категории, компьютерных сетей здания Правительства РХ

Силовые кабели проложены в земле от АВР (ЩПСН-630), расположенного в контейнере, до ЯАВР, расположенного в электрощитовой №2

Дизель-генератор автоматизирован по второй степени автоматизации согласно ГОСТ 14225-80 для использования в качестве резервного источника питания.

Установленная мощность нагрузки составляет 315 кВт.

Электроосвещение установки предусмотрено от двух независимых источников – основное питание 220 В от ДЭА, аварийное 24 В от аккумуляторной батареи.

Установленная мощность рабочего освещения – 0,42 кВт.

Электроосвещение дизельной выполняется светильниками с лампами накаливания.

Включение светильников аварийного освещения осуществляется автоматически при отключении рабочего освещения.

Переносные светильники имеют степень защиты IP54, стеклянный колпак светильника защищен металлической сеткой.

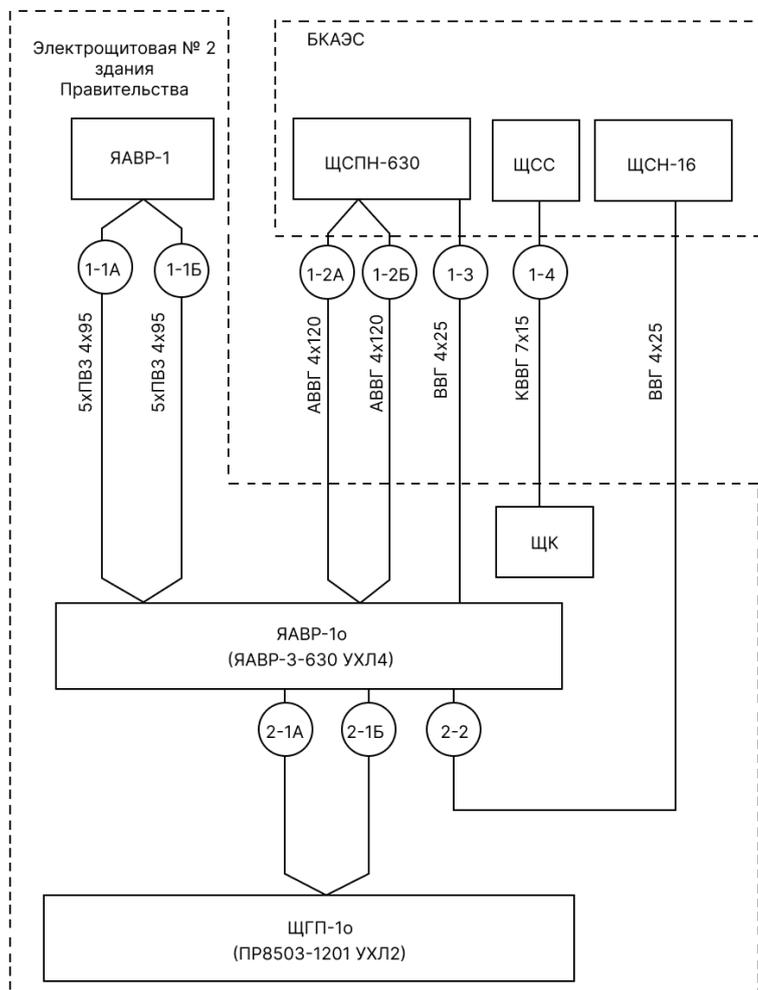


Рис 2.1. Общая схема резервного электроснабжения

На данной схеме наглядно показано расположение силовых и контрольных кабелей, соединяющих элементы системы:

- ЯАВР – это щит автоматического ввода резерва
- ЩСПН – это АВР, расположенный в контейнере
- ЩСС – щит связи и сигнализации
- ЩСН – щит собственных нужд
- ЩК – щит коммутационный
- ЩГП – щит гарантированного питания

3 Выбор и обоснование резервного источника электроснабжения

3.1 Определение требований к резервному электроснабжению

Мощность нагрузки – общая мощность нагрузки составляет 315 кВт;

Время автономной работы – для потребителей первой особой категории составляет от 5 до 30 минут, чтобы обеспечить достаточное время для запуска резервного источника питания или завершения критических операций.

Класс надежности – уровень отказоустойчивости системы потребителей первой особой группы должен быть не ниже КН-3, однако в рассматриваемом случае рекомендуется обеспечить уровень КН-5.

КН-5 предполагает:

- Как минимум два резервных источника питания
- Дополнительный резервный источник питания с быстрым запуском и возможностью обеспечить долгосрочное резервирование
- Автоматическое переключение на резервный источник питания
- Время перерыва в электроснабжении равно времени срабатывания автоматического ввода резерва
- Система мониторинга
- Запас мощности 20-30% относительно нагрузки

Требования к синхронизации:

- Синхронизация по фазе – допускается отклонение по фазе в пределах 5-10 градусов.
- Синхронизация по частоте – допустимое отклонение от номинальной частоты не более 0,25 Гц.
- Синхронизация по напряжению – допустимое отклонение не более 5%.
- Синхронизация должна происходить быстро, в течение десятой доли секунды.

Система резервного электроснабжения, которая функционирует в данный момент, имеет два основных независимых источника питания и один резервный, однако для достижения класса надежности КН-5 необходимо, чтобы в системе было как минимум два резервных источника, о чем было сказано ранее в этом пункте. Также в действующей системе резервного электроснабжения

отсутствуют средства фильтрации напряжения, обеспечивающие высокое качество электроэнергии. Кроме того, резервный источник, эксплуатируемый на данный момент, не имеет должного запаса мощности, установленного требованиями по классу надежности электроснабжения КН-5 (20-30%) (формула 3.1):

$$P_{\text{ном}} \geq 1,2 * P_{\text{нагр}} \quad (3.1)$$

$$315,2 \text{ кВт} < 1,2 * 315 \text{ кВт}$$

$$315,2 \text{ кВт} < 378 \text{ кВт}$$

Поэтому есть необходимость в реконструкции действующей системы резервного внешнего электроснабжения здания Правительства РХ.

Основная задача проектирования системы резервного внешнего электроснабжения здания Правительства РХ – соответствие системы требованиям по классу надежности электроснабжения КН-5. Для выполнения задачи необходимо:

- Увеличить количество резервных источников
- Увеличить запас мощности резервных источников
- Добавить систему фильтрации напряжения
- Полностью автоматизировать все процессы, касаемые работы системы резервного электроснабжения (коммутация, переходные процессы, переключения между режимами работы)

3.2 Обзор средств, используемых для резервного питания

В качестве источника резервного питания могут использоваться различные средства. Рассмотрим несколько примеров, наиболее подходящих для нашего случая.

Дизельные генераторные установки (ДГУ) являются одним из наиболее распространенных и эффективных средств резервного питания для потребителей первой особой категории. Они обеспечивают высокую мощность, продолжительную автономную работу и относительно невысокую стоимость, что делает их привлекательным решением для объектов с

повышенными требованиями к надежности электроснабжения.

ДГУ доступны в широком диапазоне мощностей - от нескольких кВт до нескольких МВт. Выбор мощности зависит от потребляемой мощности объекта и необходимого резерва.

Работать ДГУ могут автономно в течение многих часов, пока не закончится топливо. Длительность работы зависит от размера топливного бака и расхода дизельного топлива.

Преимущества дизельных генераторных установок:

- Высокая мощность
- Длительная автономная работа
- Относительно низкая стоимость
- Простота эксплуатации
- Большой ресурс двигателя

Недостатки дизельных генераторных установок:

- Высокий уровень шума
- Наличие выхлопных газов
- Требования к вентиляции
- Регулярное техническое обслуживание

Вывод: ДГУ являются эффективным решением для резервного питания потребителей первой особой категории КН-5, обеспечивая высокую мощность, длительную автономную работу и относительно низкую стоимость.

Бензиновые генераторные установки (БГУ) – это компактные и относительно недорогие источники резервного электроснабжения, которые также могут быть использованы для потребителей первой особой категории, однако с некоторыми ограничениями.

Преимущества БГУ:

- Компактность и мобильность
- Низкая стоимость
- Простая эксплуатация

Недостатки БГУ:

- Ограниченная мощность
- Небольшое время автономной работы
- Повышенная пожароопасность
- Высокий уровень шума
- Небольшой ресурс двигателя

Вывод: БГУ могут быть использованы для резервного питания потребителей первой особой категории КН-5 в случае небольших мощностей и краткосрочных отключений сети. Однако, необходимо учитывать ограничения по мощности, времени автономной работы, пожароопасности и шуму. Для длительных отключений сети или питания мощных потребителей более подходящим вариантом являются ДГУ.

Источники бесперебойного питания (ИБП) – это устройства, предназначенные для обеспечения бесперебойного электроснабжения чувствительных потребителей в случае кратковременных перебоев в подаче электроэнергии. Они широко используются для защиты компьютерной техники, серверов, медицинского оборудования и других критически важных устройств.

ИБП доступны в широком диапазоне мощности, от нескольких ватт до нескольких сотен киловатт. Выбор мощности зависит от потребляемой мощности защищаемого оборудования. Время автономной работы ИБП зависит от емкости батарей и потребляемой мощности нагрузки.

Также ИБП могут иметь дополнительные функции:

- Защита от перегрузки
- Защита от короткого замыкания
- Фильтрация напряжения
- Автоматический запуск

Преимущества ИБП:

- Бесперебойная подача питания
- Защита от перебоев напряжения
- Компактность и легкость установки
- Относительно невысокая стоимость

Недостатки ИБП:

- Ограниченное время автономной работы
- Требуется регулярная замена батарей

Вывод: ИБП с батареями являются отличным решением для защиты чувствительных потребителей от кратковременных перебоев в подаче электроэнергии. Они обеспечивают бесперебойную подачу питания, защищают от перебоев напряжения и имеют сравнительно низкую стоимость. Однако, следует учитывать ограничения по времени автономной работы и мощности. Для более длительных отключений сети или для питания мощных потребителей необходимо использовать другие средства резервного питания, например, ДГУ или БГУ.

Учитывая требования по классу надежности КН-5, выбираем источники бесперебойного питания с батареями в качестве основного резерва и дизельную генераторную установку в качестве дополнительного резерва. ИБП обеспечат бесперебойную подачу питания и фильтрацию напряжения, а ДГУ увеличит общее время автономной работы.

3.3 Выбор схемы резервирования

Одним из стандартных средств для защиты критичной нагрузки являются источники бесперебойного питания (ИБП), которые построены по схеме с двойным преобразованием напряжения. Они состоят из батарейных комплектов, рассчитанными на время работы около 30 минут. Для защиты от более длительных сбоев устанавливается дополнительный дизель-агрегат с запасом топлива для непрерывной работы длительное время (8-24 часа).

Основными элементами **одномодульного ИБП** (Рис. 3.1), работающего по схеме On-Line, являются выпрямитель, инвертор, аккумуляторные батареи, зарядное устройство и устройства коммутации цепи Bypass. Одномодульная система отличается высокой надежностью и простотой и является оптимальным решением для нагрузок, допускающих кратковременные запланированные отключения для обслуживания ИБП. Но, следует, заметить, что в моменты технического обслуживания ИБП возникает необходимость его перевода в

режим работы Вурасс. Для некоторых видов нагрузок с непрерывным технологическим процессом данный риск недопустим. Также нельзя забывать и о вероятном выходе из строя самого ИБП. Для решения данных задач разработаны различные схемы резервирования, преимущества и недостатки которых приведены в таблице 3



Рис. 3.1. Одномодульный ИБП

Обозначения:

- ВСВ** — батарейный размыкатель;
- МВВ** — переключатель ручного Вураса;
- МІВ** — размыкатель ручного Вураса;
- SBV** — статический переключатель;
- UIB** — входной размыкатель модуля;
- UOB** — выходной размыкатель модуля

Схема	Надежность	Простота	Резервирование в обслуживании *	Удобство		Защита
				Модуль	Силовая электросеть	
Одномодульные ИБП	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Только модуль
Параллельное резервирование	Да	Да	Да	Да	Нет	Только модуль
Последовательное двойное резервирование модулей	Да	Да	Да	Да	Нет	Только модуль
Последовательное резервирование модулей (тройное и более)	Возможно	Нет	Да	Да	Нет	Только модуль
Системы с резервированием шины питания нагрузки (LBR)	Да	Нет	Да	Да	Да	Модуль и шина питания
Системы с синхронизацией выхода (LBS)	Да	Да	Да	Да	Да	Модуль и шина питания

* Подразумевается возможность обслуживания системы бесперебойного питания без отключения нагрузки и без питания ее от "грязной" сети.

Таблица 3. Сравнение различных схем резервирования ИБП

Система с **параллельным резервированием** состоит из двух или более модулей ИБП, включенных в параллель и работающих на общую нагрузку. По отношению к проектной нагрузке система должна иметь определенную избыточность по мощности в виде одного или нескольких дополнительных модулей для обеспечения резерва. Как правило, каждый модуль оснащен своим батарейным блоком, хотя и не исключен вариант использования общего батарейного комплекта для всей системы в целом. (Рис. 3.2)

Такая конфигурация позволяет производить техническое обслуживание основных и резервного модулей без отключения нагрузки и без снятия ее защиты. В этой схеме выходы основных модулей синхронизированы с выходом резервного модуля системы.

При безаварийной работе нагрузка системы равномерно распределяется между модулями ИБП, а в случае выхода из строя или принудительного отключения одного из них нагрузка распределяется среди оставшихся модулей.

Такая схема включения обеспечивает высокую степень защиты (99.99%). При этом процесс технического обслуживания отдельных модулей не приводит к временному питанию нагрузки от “грязной” сети. Однако все еще остается необходимость отключения системы при проведении работ с шиной питания нагрузки или оборудованием, расположенным между ИБП и нагрузкой.

Также для параллельной работы модулей на единую нагрузку требуются дополнительные устройства синхронизации. При этом один из модулей становится ведущим и по его выходному напряжению синхронизируются остальные модули. При выходе из строя ведущего модуля выходит из строя вся система. Ведущей модуль – слабое звено этой системы.

Для преодоления этого недостатка в ИБП используется технология HotSync. Уникальность этой технологии заключается в отсутствии сигнальных интерфейсных связей между модулями – модули «видят» друг друга через силовые выходы, равномерно распределяя нагрузку между собой. Технология позволяет использовать до 4 ИБП в параллель, и таких параллелей может быть несколько.

При этом возможно использование дополнительного кабинета управления, который не является блоком синхронизации или распределения мощности, а содержит коммутационные компоненты режима общего статического Bypass, устройства изоляции модулей ИБП относительно друг друга и контрольно-измерительные элементы для сбора и передачи информации

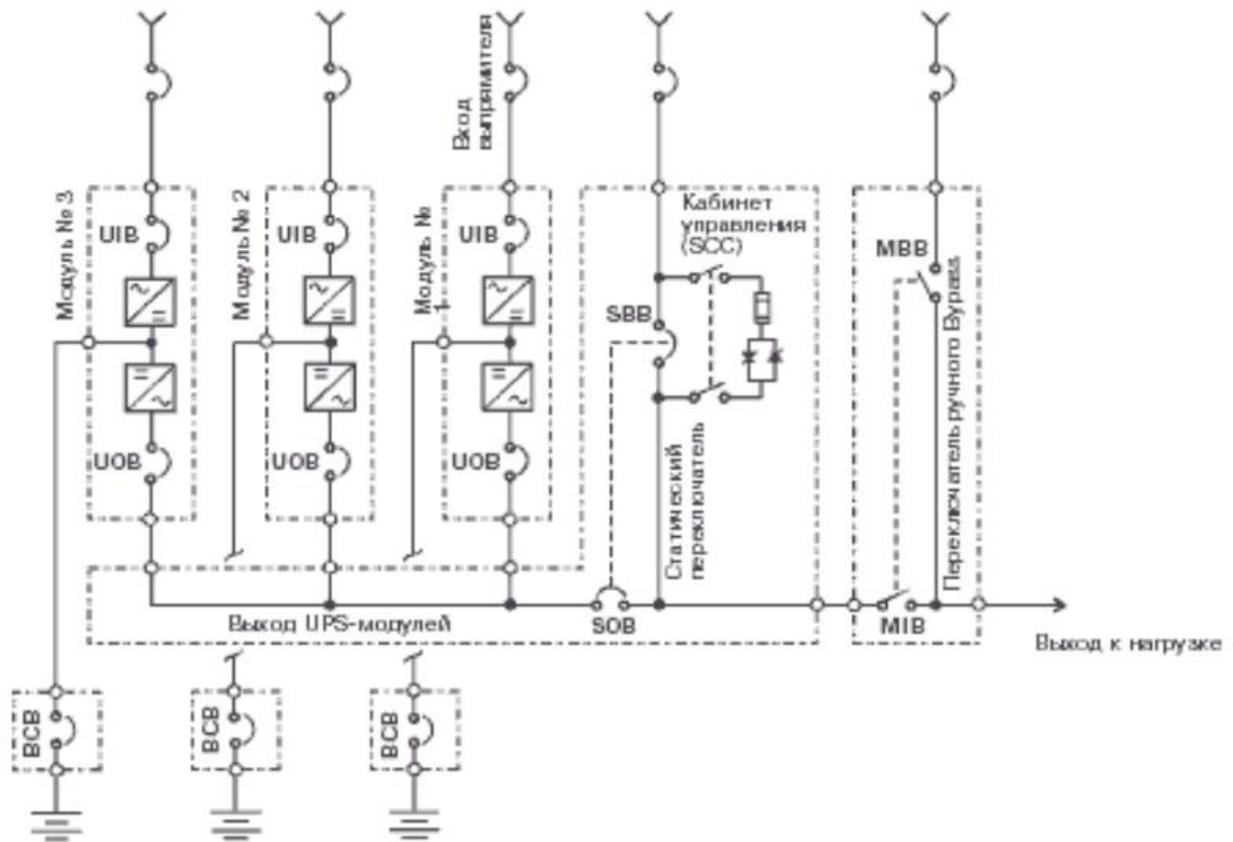


Рисунок 3.2. система с параллельным резервированием ИБП.

Обозначения:

- BCB** — батарейный размыкатель;
- MBV** — переключатель ручного Вурасс;
- MIB** — размыкатель ручного Вурасс;
- SBB** — статический переключатель;
- SOB** — выходной размыкатель системы;
- UIB** — входной размыкатель модуля;
- UOB** — выходной размыкатель модуля

Для экономии денежных средств совсем не обязательно использовать схему с двойным резервированием, обладающую двойной стоимостью. Например, для нагрузки 600 кВА можно построить систему 2 x 600 кВА, а можно

3 x 300 кВА. В последнем случае схема обладает полуторной избыточностью по мощности и, следовательно, такой же избыточностью по стоимости и является удачным компромиссом между высокой надежностью и экономичностью.

Схемы с параллельным резервированием позволяют производить техническое обслуживание отдельных модулей ИБП, не прерывая процесс защиты критичной нагрузки. Однако для обслуживания системы в целом или ее переконфигурирования, а также для проведения регламентных работ с элементами шины питания нагрузки требуется перевод системы в Bypass или полное отключение нагрузки. Поэтому схемы с параллельным резервированием непригодны в тех случаях, когда работа системы в режиме Bypass недопустима даже на короткое время. Кроме того, в них не предусмотрена защита от сбоев на участке шины питания нагрузки.

Система с **последовательным резервированием** состоит из одного или нескольких основных модулей и одного резервного. Каждый основной модуль работает на собственную нагрузку. Резервный модуль используется в качестве первичного источника питания входов Bypass основных модулей системы (рис. 3.3).

Такая конфигурация позволяет производить техническое обслуживание основных и резервного модулей без отключения нагрузки и без снятия ее защиты. В этой схеме выходы основных модулей синхронизированы с выходом резервного модуля системы.

При пропадании питания на входе одного из основных модулей ИБП переходит в автономный режим работы и нагрузка потребляет энергию батарейного комплекта данного ИБП. Если к моменту его разряда питание не восстановится, произойдет автоматический переход модуля в Bypass, т.е. на резервный блок. В этом случае резервный блок становится недоступен для оставшихся основных модулей, и при переходе в Bypass второго основного модуля подключенный к нему сегмент нагрузки запитывается от незащищенного входа системы.

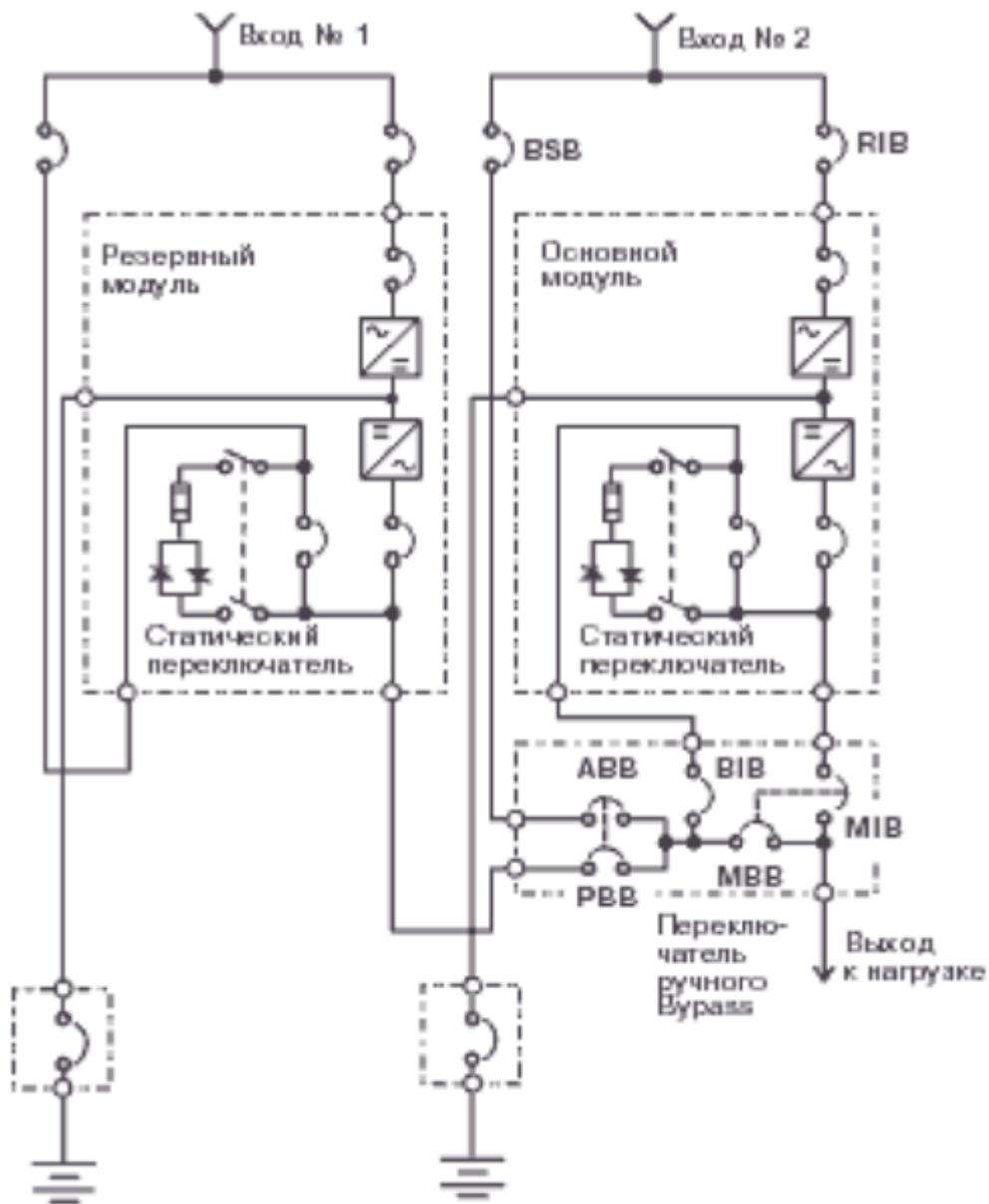


Рисунок 3.3. система с параллельным резервированием ИБП.

Обозначения:

АВВ — размыкатель резервной цепи Вурасс;

ВІВ — размыкатель цепи статического Вурасс;

BSB — входной размыкатель цепи Вурасс;

МВВ — переключатель ручного Вурасс;

МІВ — размыкатель ручного Вурасс;

РВВ — размыкатель основной цепи Вурасс;

RIВ — входной размыкатель цепи выпрямителя

Особенности систем с последовательным резервированием ИБП:

- Резервный модуль работает в режиме Off-Line.
- По входу Вурасс основных модулей включен резервный ИБП, а не “грязная” сеть.
- Данная схема — хороший способ модернизации существующей одномодульной системы для повышения ее надежности путем включения дополнительного резервного модуля.

Недостатки систем с последовательным резервированием ИБП:

- Для реализации подобной схемы требуется большее количество автоматических переключателей и защитных автоматов в сравнении с параллельными системами.
- Система с последовательным резервированием нуждается в дополнительной цепи коммутации источника питания входов Вурасс основных модулей (для систем из 3 или более модулей).
- Для модернизации простейшей двухмодульной системы (1 основной, 1 резервный модули) требуются большие затраты.
- Мощность каждого сегмента нагрузки ограничена мощностью соответствующего основного модуля ИБП.

При необходимости дальнейшего увеличения надежности системы бесперебойного электропитания рекомендуется применять технологию **резервирования шины питания нагрузки (LBR)**. Ее концепция заключается в использовании 2 независимых систем бесперебойного питания. Мощности каждой из них должно быть достаточно для питания 100-процентной критичной нагрузки. Для повышения надежности рекомендуется подключать их к фидерам независимых трансформаторных подстанций. Нагрузка разбивается на два сегмента, каждый из которых соединен отдельной шиной со своей системой бесперебойного питания. Автоматический переключатель с соответствующим устройством управления, установленный непосредственно в нагрузке, позволяет переводить систему в следующие режимы работы:

- две независимые системы ИБП независимо питают соответствующие сегменты нагрузки;

- две независимые системы ИБП подключаются в параллель для питания всей нагрузки в целом;
- питание всей нагрузки осуществляется одной из систем ИБП.

Преимуществом данной конфигурации является использование двойного выходного фидера в схеме резервирования. Система поддерживает две независимые выходные цепи питания. Схема резервирования непосредственно приближена к нагрузке, и тем самым достигается максимальная надежность системы. Кроме того, появляется возможность технического обслуживания шины питания нагрузки без ее отключения.

Оборудование с дублированными электрическими входами может непосредственно подключаться к двойному фидеру данной системы. В то же время использование распределительных устройств с двойным входом позволяет подключать и нагрузку с единственным электрическим входом.

Основное преимущество конфигурации LBR заключается в том, что любой из ИБП или любой участок цепи может быть отключен без потери напряжения на выходе системы и без перевода нагрузки на питание в режиме Bypass.

Схема с **синхронизацией выхода (LBS)** сходна с технологией LBR. Она состоит из двух независимых систем бесперебойного питания со своими независимыми выходными шинами. Системы обладают достаточной мощностью для питания всей нагрузки целиком, но в отличие от технологии LBR не имеют силовых соединений по выходу модулей (рис. 3.4). Синхронизация модулей осуществляется с помощью дополнительной цепи синхронизации.

Схема LBS предназначена для питания нагрузки от двух электрически независимых синхронных фидеров. Нагрузка с дублированным электрическим входом подключается к ним непосредственно, а нагрузка с единственным входом предполагает использование дополнительных быстродействующих статических переключателей. В отличие от остальных методов резервирования (кроме LBR) данная система не имеет уязвимых участков схемы питания на всем пути от ИБП до нагрузки.

Система LBS является более эффективной и надежной в сравнении с одномодульной, параллельной или системой с последовательным резервированием. Это связано с наличием дублирующей шины питания нагрузки.

При проектировании схемы LBS нет необходимости в применении дорогостоящих систем управления, переключателей и др. Достаточно использовать два одномодульных ИБП с дополнительной панелью синхронизации.

Отсутствие электрической связи между выходными фидерами обеспечивает полную независимость одной цепи питания от другой в случае возникновения каких-либо проблем в нагрузке. Синхронизация ИБП осуществляется с помощью цепей синхронизации без силового соединения на их выходе. При этом допускается даже подключение ИБП к независимым трансформаторным подстанциям.

В обычных одномодульных системах ИБП синхронизируются с источником на входе Вурасс. Если два ИБП имеют общий источник питания цепи Вурасс, они синхронно работают в нормальном режиме эксплуатации. Однако при переходе на батареи, при питании от различных входных фидеров или при асинхронных цепях Вурасс выходы ИБП будут рассогласованы.

При проектировании системы LBS используется дополнительный блок синхронизации, состоящий из интерфейсной карты, устанавливаемой в каждом UPS, и настенной панели управления, имеющей небольшие габариты. Блок синхронизации производит минимальный обмен информацией с ИБП. Он активизируется только при появлении рассогласования между фидерами. Отсутствие связей между ним и средствами управления ИБП гарантирует максимальную независимость системы и изоляцию модулей.

Схема с синхронизацией выхода (LBS) является самой экономичной реализацией топологии с двойной шиной питания нагрузки.

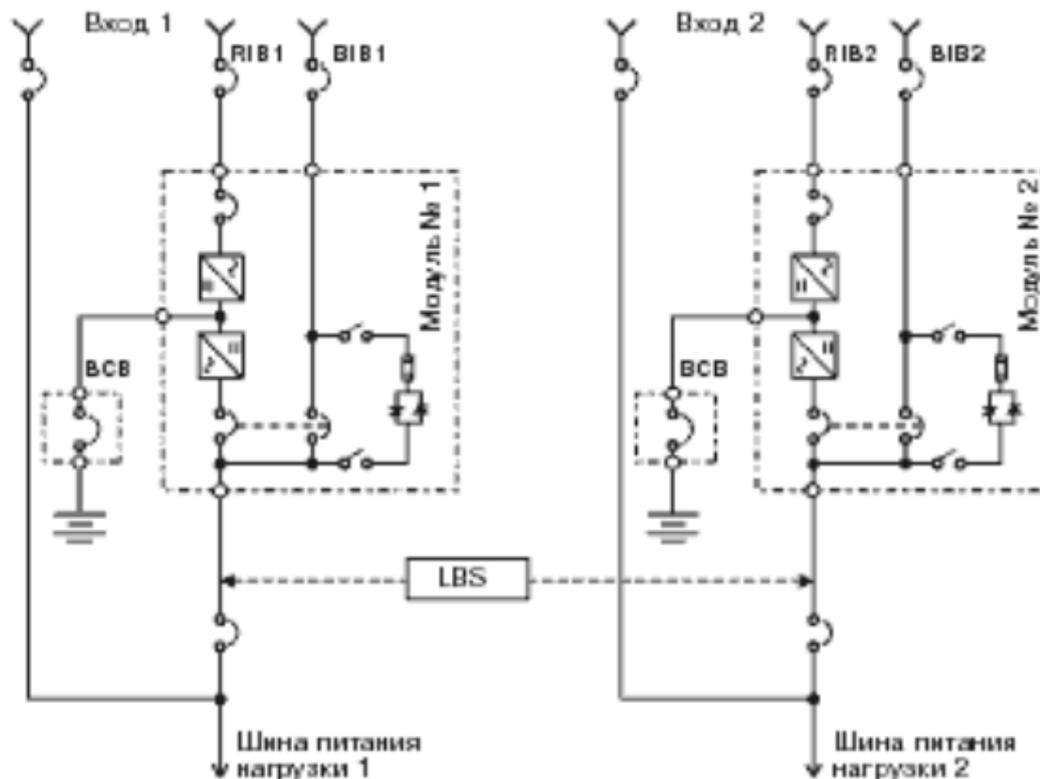


Рисунок 3.4. система с синхронизацией выхода.

Выбираем систему с синхронизацией выхода, состоящую из двух одномодульных ИБП.

3.4 Выбор оборудования для резервного внешнего электроснабжения

Система состоит из двух одномодульных источника бесперебойного питания (ИБП) и системы синхронизации выходов для их параллельной работы.

Источники бесперебойного питания:

В качестве основного резерва предлагается использовать два одномодульных источника бесперебойного питания MGE Galaxy 7000 400kVA G7TUPS400

Бренд – APC

Страна производства – США

Тип ИБП – с двойным преобразованием (On-Line)

Номинальная мощность – 360 кВт / 400 кВА

Входное напряжение – 340-460 В

Диапазон входной частоты – 45-65 Гц

Выходное напряжение – 340-460 В

Габариты ШхДхВ – 1500х1000х1900 мм

Масса, без батарей – 1110 кг

Уровень шума – 70 дБ (удаленность 1 м)

Рабочие температуры – от -25 до +70 °С

Данные ИБП, при их параллельной работе, соответствуют всем требованиям класса надежности электроснабжения КН-5.

Система автономного электроснабжения:

В качестве источников автономного электроснабжения предлагается использовать 10 аккумуляторов Naze HZY2-3000 (2V / 3000Ah).

Бренд – HZY2-3000

Страна производства – Китай

Напряжение – 2 В

Емкость – 3000 А*ч

Тип аккумулятора – стационарный

Система синхронизации:

Выбранная модель ИБП (MGE Galaxy 7000 400kVA G7TUPS400) имеет встроенную систему синхронизации выходов для параллельной работы нескольких ИБП, поэтому нет необходимости подбирать систему синхронизации.

4 Выбор и обоснование дополнительного резерва

Для потребителей 1 особой категории в рассматриваемом случае необходимо обеспечить класс надежности КН-5, о чем уже было сказано ранее. Согласно требованиям класса надежности КН-5 помимо основного резерва, должен присутствовать дополнительный резервный источник питания с быстрым запуском и возможностью обеспечить долгосрочное резервирование.

В первую очередь необходимо точно рассчитать суммарную мощность всех потребителей, которые должны быть запитаны от ДГУ в случае отключения основного источника. Согласно проектной документации «Резервное электроснабжение здания Правительства Республики Хакасия, расположенного по адресу г. Абакан, ул. Ленина, 67», мощность нагрузки составляет 315 кВт [8]

Рекомендуется предусматривать запас мощности не менее 20-30% от расчетной нагрузки для обеспечения стабильной работы ДГУ и возможности подключения дополнительного оборудования в будущем (формула 4.1).

$$P = P_{\text{рас}} * 1,2 \dots 1,3 = 315 * 1,2 \dots 1,3 = 378 \dots 409,5 \text{ кВт} \quad (4.1)$$

Коэффициент мощности $\cos \varphi$ нагрузки составляет 0,9 [8]

Для КН-5 требуется ДГУ, способная работать длительное время в непрерывном режиме. Примем минимально время автономной работы ДГУ 8 часов, так как это время, достаточное для:

- Оценки ситуации специалистами.
- Попыток восстановить основное электроснабжение.
- При необходимости, организации альтернативных источников питания (например, доставка передвижных электростанций).

Выбираем **дизельную электростанцию Yuchai 400 кВт** в контейнере с характеристиками:

- Номинальная мощность 400 кВт/500 кВА
- Номинальная частота 50 Гц
- Номинальное напряжение 400 В
- Номинальная сила тока 800 А
- Коэффициент мощности 0,8
- Габариты ДхШхВ: 3510х1240х2000
- Тип генератора – синхронный
- Степень защиты IP 23

Далее необходимо подобрать систему управления ДГУ. Выбор системы управления ДГУ является обязательным этапом, определяемым классом надежности КН-5. Система автоматики должна обеспечить бесперебойную работу ДГУ. Ее задача – автоматический запуск ДГУ при отключении основного источника питания, контроль основных параметров работы ДГУ и автоматическое переключение нагрузки на основной источник при его восстановлении. Таким образом, система управления должна гарантировать бесперебойное электроснабжение объекта в случае возникновения аварийных ситуаций. Важным аспектом является выбор системы, способной обеспечить надежную работу ДГУ в условиях непрерывной работы и высоких требований к безопасности

ВКР не позволяет охватить все аспекты проектирования электроснабжения здания Правительства. Необходимо сосредоточиться на ключевых задачах, определяющих основные технические решения и параметры системы.

Проектирование системы автоматического управления ДГУ – сложная задача, требующая специальных знаний и опыта в области автоматизации.

Проектирование систем автоматизации должно выполняться лицензированными организациями, гарантируя качество и безопасность проекта.

5 Выбор схемы подключения и конструктивное исполнение электрической сети

5.1 Схема подключения

Для данного проекта выбрана система с синхронизацией выхода, состоящую из двух одномодульных ИБП (рис 4.1)

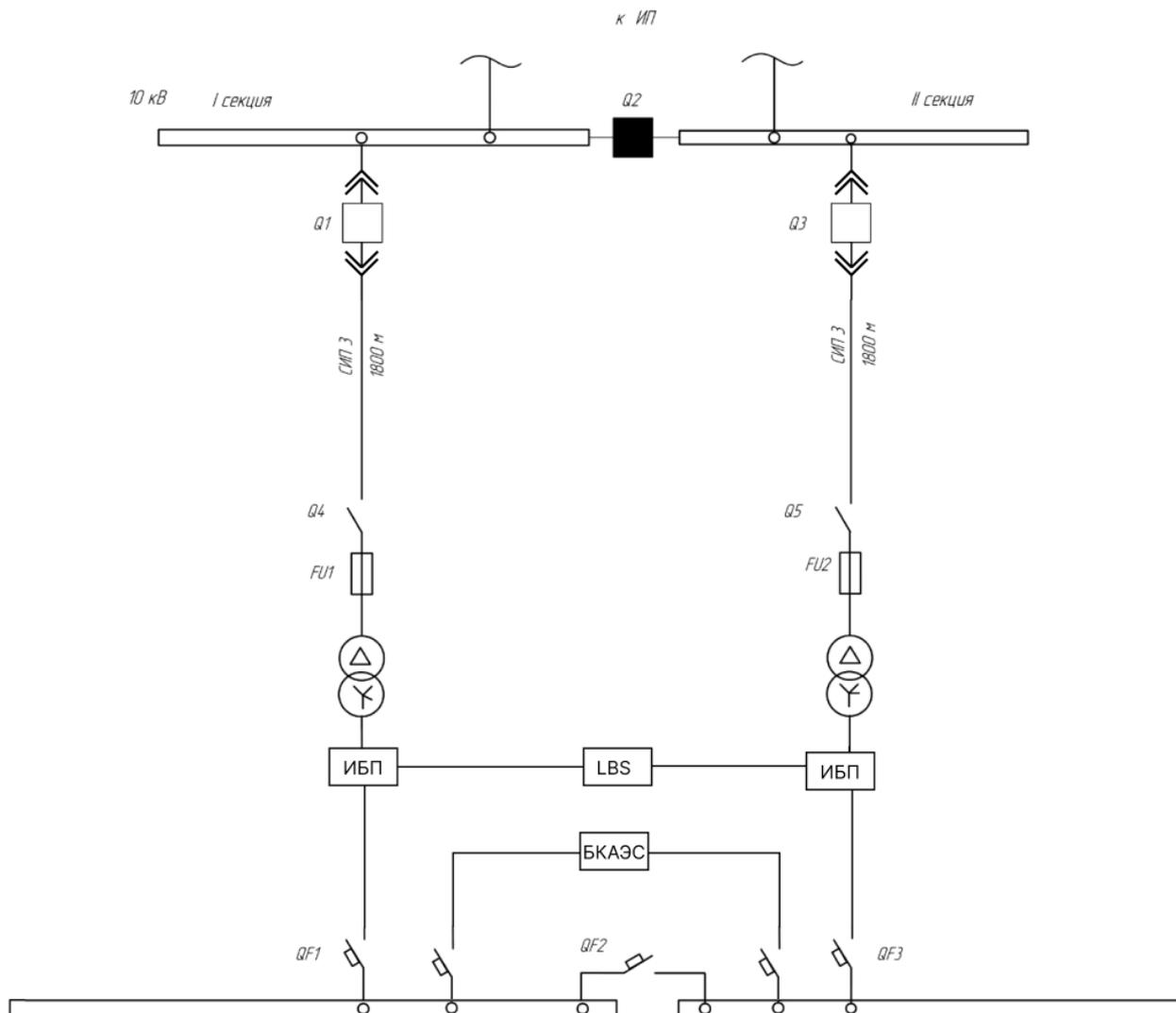


Рис. 5.1 Однолинейная схема резервного внешнего электроснабжения здания Правительства РХ

На схеме видно способ подключения источников резервного электроснабжения объекта. Каждый ИБП подключается к питающей линии последовательно, однако в каждом из них есть батарейный комплект, который подключается параллельно (рис. 5.2). Между источниками бесперебойного питания устанавливается система синхронизации LBS, которая позволяет обоим ИБП работать синхронно. В случае выхода из строя одного из ИБП или

трансформатора, на этой линии начинают работать батарейные комплекты, которые полностью берут на себя нагрузку этой секции шин. В случае разрядки батарей или выхода их из строя, срабатывает система LBS, благодаря чему второй ИБП начинает работать на обе секции шин. В случае выхода из строя второго ИБП, начинают работу его батарейные комплекты. После их разрядки срабатывает автоматический ввод резерва и включается дизель-электрический агрегат (БКАЭС), который полностью берет на себя нагрузку обеих секций шин. БКАЭС может продолжать автономную работу до 10 часов, и этого времени хватит для устранения поломок основных питающих линий, источников бесперебойного питания и возвращения работы системы в нормальный режим. Такая система соответствует требованиям класса надежности КН-5.

5.2 Конструктивное исполнение электрической сети

Определим значения мощностей четвертого уровня электроснабжения.

$$P_{IV} = 315 \text{ кВт} \quad (5.1)$$

$$Q_{IV} = P_{IV} * \tan \varphi = 315 * 0,48 = 151,2 \text{ кВАр} \quad (5.2)$$

$$S_{IV} = \sqrt{P_{IV}^2 + Q_{IV}^2} = \sqrt{315^2 + 151,2^2} = 349,41 \text{ Ква} \quad (5.3)$$

Выбираем провод для подключения БКАЭС к нагрузке:

Ток нагрузки в нормальном режиме работы определяется по выражению

$$I_H = \frac{S}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{349,41}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 252,16 \text{ А} \quad (5.4)$$

Принимаем провод АС-185 с допустимой токовой нагрузкой 265 А

$$I_H < I_{доп}$$

$$252,16 < 265 \text{ А}$$

Фактический длительный ток нагрева в послеаварийном режиме (т.е. когда отключается одна из параллельных цепей линии) равен:

$$2 \cdot I_H \leq I_{доп} \quad (5.5)$$

$$504,32 > 265 \text{ А}$$

Следовательно, необходимо выбрать провод с большим сечением.

Выбираем провод АС-240, с допустимой токовой нагрузкой 690 А

$$504,32 > 690A$$

Значение потерь напряжения найдем по следующей формуле. При этом, согласно ПУЭ, отклонение напряжения от нормального должно составлять не более $\pm 5\%$.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * I_{\text{расч}} * L (r_0 * \cos \varphi + x_0 * \sin \varphi)}{U_{\text{ном}}} * 100\% \quad (5.6)$$

где ΔU – потери напряжения в линии (%); $I_{\text{расч}}$ – расчетный ток линии (А); L – длина линии (км); $U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети $U_{\text{ном}} = 10000$ (В); r_0 – удельное активное сопротивление линии (Ом/км); x_0 – удельное реактивное сопротивление линии (Ом/км); $\cos \varphi$ – коэффициент активной мощности КТП (о.е); $\sin \varphi$ – коэффициент реактивной мощности КТП (о.е).

Значения $\cos \varphi$ и $\sin \varphi$ найдем через $\text{tg} \varphi$, определенный в таблице 9.1.

$$\Delta P = \left(\frac{S_{\text{IV}}}{U_{\text{ном}}} \right)^2 * \frac{r_0 * l}{n} * 10^{-3} = \left(\frac{349,41}{0,4} \right)^2 * \frac{0,000131 * 35}{2} * 10^{-3} = 1,75 \text{ кВт} \quad (5.7)$$

$$\Delta Q = \left(\frac{S_{\text{IV}}}{U_{\text{ном}}} \right)^2 * \frac{x_0 * l}{n} * 10^{-3} = \left(\frac{151,2}{10} \right)^2 * \frac{0,000298 * 2,4}{2} * 10^{-3} = 3,98 \text{ кВар} \quad (5.8)$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * 252,16 * 35 * (0,000131 * 0,9 + 0,000298 * 0,43)}{400} * 100\% = 0,94\% (< 5\%) \quad (5.9)$$

Потери напряжения находятся в допустимых пределах.

5.3 Выбор коммутационных защитных аппаратов.

Выберем автоматический выключатель серии ВА для ИБП.

Определим ток, выдаваемый каждым ИБП в режиме максимальной нагрузки по формуле

$$I_{\text{н}} = \frac{S}{2 * \sqrt{3} * U_{\text{ном}}} = \frac{349,41}{2 * \sqrt{3} * 0,4} = 252,16 \text{ А} \quad (5.10)$$

Выбираем выключатели ВА57Ф35 320 А

Окончательным условием при выборе АВ является его проверка:

$$k_{\text{кр}} \leq 10 \quad (5.11)$$

$$K_{\text{кр.}} = \frac{320}{252,16} = 1,26$$

$$K_{\text{кр.}} = 1,26 \leq 10$$

Далее выберем автоматические выключатели для ДГУ.

Определим ток, выдаваемый генератором в режиме максимальной нагрузки по формуле

$$I_H = \frac{S}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{349,41}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,4} = 252,16 \text{ А} \quad (5.12)$$

Однако, в случае повреждения одного из выходов генератора или в случае обрыва одного из проводов, соединяющих выходы генератора с нагрузкой, вся нагрузка будет приходиться только на один провод. В таком случае ток, приходящий на шину нагрузки, будет определяться по формуле

$$I_H = \frac{S}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{349,41}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 504,32 \text{ А} \quad (5.13)$$

Выбираем автоматические выключатели ВА57Ф35 630 А

Окончательным условием при выборе АВ является его проверка:

$$k_{кр} \leq 10 \quad (5.14)$$

$$K_{кр.} = \frac{630}{504,32} = 1,24$$

$$K_{кр.} = 1,24 \leq 10$$

Выбранные защитные коммутационные аппараты прошли необходимые проверки и могут быть использованы для работы в нашей системе.

5.4 Расчет токов однофазного и трехфазного короткого замыкания на шинах 0,4 кВ.

Для обеспечения надежной работы электроустановок важно определить токи короткого замыкания на различных участках сети. В данном разделе приведем расчет токов однофазного и трехфазного короткого замыкания на шинах 0,4 кВ.

Определим полное сопротивление до точки КЗ по формуле

$$Z = Z_T + Z_K \quad (5.15)$$

Где Z_T – сопротивление трансформатора; Z_K – сопротивление провода

$$Z_T = \frac{u_k \cdot u_H^2 \cdot 1000}{S_{ном} \cdot 100} = \frac{4,5 \cdot 0,4^2 \cdot 1000}{320 \cdot 100} = 0,0225 \text{ Ом}$$

Где u_k – напряжение короткого замыкания трансформатора; u_H –

номинальное напряжение сети; $S_{\text{НОМ}}$ – номинальная мощность трансформатора.

$$Z_K = \frac{\rho \cdot L}{1000} = \frac{0,138 \cdot 35}{1000} = 0,00483 \text{ Ом} \quad (5.16)$$

Где ρ – удельное сопротивление провода АС-180; L – длина провода АС-180

$$Z = Z_T + Z_K = 0,0225 + 0,00483 = 0,02733 \text{ Ом}$$

Теперь рассчитаем ток трехфазного короткого замыкания.

$$I_{\text{КЗ}}^{(3)} = \frac{u_{\text{н}} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{0,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 0,02733} = 8443,8 \text{ А} \quad (5.17)$$

Где $u_{\text{н}}$ – номинальное напряжение сети; Z – полное сопротивление до точки КЗ

Далее рассчитаем ток однофазного короткого замыкания.

$$I_{\text{КЗ}}^{(1)} = \frac{3 \cdot u_{\text{н}}}{Z + Z + Z_0} = \frac{3 \cdot 0,4}{3 \cdot 0,02733} = 14,64 \text{ Ка} \quad (5.18)$$

Для упрощения мы приняли, что сопротивление нулевой последовательности равно полному сопротивлению.

5.5 Проверка оборудования по условию устойчивости токам короткого замыкания.

Для безопасной работы системы, необходимо, чтобы выключатели имели номинальную отключающую способность выше, чем максимальный ожидаемый ток короткого замыкания. В нашем случае, это ток однофазного короткого замыкания, равный 14,64 кА.

Автоматический выключатель ВА57Ф35 320 А, выбранный для защиты источников бесперебойного питания, имеет номинальную отключающую способность 10 кА, что не соответствует условиям безопасной эксплуатации. Поэтому необходимо выбрать другой защитный коммутационный аппарат. По этим условиям, выбираем автоматический выключатель ВА57Ф35 400 А с номинальной отключающей способностью 15 кА. Далее делаем проверку выбранного оборудования по условию:

$$K_{кр.} \leq 10 \quad (5.19)$$

$$K_{кр.} = \frac{400}{252,16} = 1,59$$

$$K_{кр.} = 1,59 \leq 10$$

Условие выполнено, значит автоматический выключатель ВА57Ф35 400 А, выбранный в качестве защиты источников бесперебойного питания, соответствует всем требованиям безопасной эксплуатации.

Теперь проверим автоматический выключатель ВА57Ф35 630 А, выбранный для защиты дизельной генераторной установки. Выбранный выключатель имеет номинальную отключающую способность 15 кА, что соответствует условию

$$I_{н.а} > I_{кз} \quad (5.20)$$

$$15 \text{ А} > 14,64 \text{ А}$$

Делаем вывод, что автоматический выключатель ВА57Ф35 630 А, выбранный для защиты дизельной генераторной установки, соответствует требованиям безопасной эксплуатации.

6 Расчет укрупненных затрат на реализацию проекта.

Расчет потерь активной и реактивной мощности и потерь напряжения

Согласно ПУЭ [10], для силовых сетей отклонение напряжения от нормального должно составлять не более $\pm 5\%$.

Потери напряжения относительно номинального напряжения сети для выбранных сечений кабелей:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{расч}} \cdot L (r_{\text{уд}} \cdot \cos \varphi + x_{\text{уд}} \cdot \sin \varphi)}{U_{\text{ном}}} \cdot 100 \% \quad (6.1)$$

где $r_{\text{уд}}$, $x_{\text{уд}}$ – удельное активное и реактивное сопротивление, Ом/м;

L – длина линии, м.

Потери мощности определяются по формулам:

$$\Delta P = 3 \cdot I_{\text{расч}}^2 \cdot r_{\text{уд}} \cdot L \cdot 10^{-3}, \quad (6.2)$$

$$\Delta Q = 3 \cdot I_{\text{расч}}^2 \cdot x_{\text{уд}} \cdot L \cdot 10^{-3}, \quad (6.3)$$

$$\Delta W = \Delta P \cdot \tau \quad (6.4)$$

где τ – время потерь, можно найти по формуле:

$$\tau = (0,124 + T_{\text{max}} \cdot 10^{-4})^2 \cdot T_{\text{год}} \quad (6.5)$$

где $T_{\text{год}} = 8760$ ч.;

T_{max} – в зависимости от количества смен на предприятии, у нас здание работает круглосуточно ввиду работы систем безопасности, систем видеонаблюдения, систем пожарной сигнализации, серверов обработки данных, поэтому $T_{\text{max}} = 8760$ ч.

Определим все потери в проводе для участка БКАЭС – нагрузка. $I_{\text{расч}} = 252,16$ А.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 252,16 \cdot 35 \cdot (0,000131 \cdot 0,9 + 0,000298 \cdot 0,43)}{400} \cdot 100 \% = 0,94 \% (< 5\%)$$

Потери напряжения $\Delta U = 0,94\%$ входят в рамки допустимых значений.

$$\Delta P = 3 \cdot 252,16^2 \cdot 0,000131 \cdot 35 \cdot 10^{-3} = 0,87 \text{ кВт}$$

$$\Delta Q = 3 \cdot 252,16^2 \cdot 0,000298 \cdot 35 \cdot 10^{-3} = 1,99 \text{ кВАр}$$

$$\tau = (0,124 + 8760 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 8760 \text{ час}$$

$$\Delta W = 0,87 \cdot 8760 = 7621,2 \text{ кВт} \cdot \text{час}$$

Рассчитаем капитальные затраты на сооружение электрической сети и затраты на ее эксплуатацию.

Экономическим критерием эффективности варианта является минимум приведенных затрат (16.1).

$$Z = E_H * K + I, \left(\frac{\text{руб}}{\text{год}}\right) \quad (6.6)$$

где Z – приведенные затраты (руб/год); E_H – нормативный коэффициент эффективности $E_H = 0,125$ (1/год); K – единовременные капиталовложение в схему (руб); I – ежегодные издержки эксплуатации (руб/год)

Ежегодные издержки эксплуатации определяется в соответствии с формулой (16.2).

$$I = I_A + \Delta I, \left(\frac{\text{руб}}{\text{год}}\right) \quad (6.7)$$

где I – ежегодные издержки эксплуатации (руб/год); I_A – амортизационные отчисления (руб/год); ΔI – стоимость потерь электроэнергии в год (руб/год)

Амортизационные отчисления определяются по формуле (16.3).

$$I_A = \frac{\sum O}{100} * K, \left(\frac{\text{руб}}{\text{год}}\right) \quad (6.8)$$

где I_A – амортизационные отчисления (руб/год); K — единовременные капиталовложение в схему (руб); $\sum O$ – суммарные отчисления ($\sum O = 7,3\%$).

Стоимость потерь электроэнергии при эксплуатации оборудования определяется в соответствии с формулой (16.4) и зависит от тарифа электроэнергии.

$$\Delta I = \beta \Delta W, \left(\frac{\text{руб}}{\text{год}}\right) \quad (6.9)$$

где ΔI – ежегодная стоимость потерь электроэнергии (руб/год);

β – стоимость потерь (руб/кВт · час) ($\beta = 2,36$);

ΔW – потери электроэнергии в линиях, (кВт · час).

Капиталовложения для электрической сети складываются из затрат на провода, источники бесперебойного питания, дизель-генераторную установку, коммутационные аппараты, а также затрат на строитель-

монтажные работы.

Согласно [9] для расчета строительно-монтажных работ можно принять, что их стоимость составляет 25-30% от стоимости оборудования. Примем 25%.

Расчет стоимости капиталовложений для резервной внешней электрической сети здания представлен в таблице

Таблица 16.3 – Расчет стоимости капиталовложений для (Варианта №1)

Наименование	Цена К _{уд} за шт. или за метр , руб	Количество п, шт. или длина l, м	Капиталовложения К, руб
Провода			
АС-240	500	70	35000
Строительно-монтажные работы			8750
Итого			43750
Источники бесперебойного питания			
MGE Galaxy 7000 400kVA G7TUPS400	1028160	2	2056320
Строительно-монтажные работы			514080
Итого			2570400
Система автономного электроснабжения			
Аккумуляторы Haze HZY2-3000 (2V / 3000Ah)	150000	10	1500000
Строительно-монтажные работы			375000
Итого			1875000
Выключатели автоматические			
ВА57Ф35 400 А	18152	2	36304
ВА57Ф35 630 А	105780	2	211560
Строительно-монтажные работы			68 716
Итого			343 580
Дизельная электростанция			
Yuchai 400 кВт в контейнере	11900000	1	11900000
Строительно-монтажные работы			2 975 000
Итого			14875000
Итоговые затраты для реализации проекта			19673980

Расчет стоимости капиталовложений:

$$K = K_{\text{ГР}} + K_{\text{ИБП}} + K_{\text{АКБ}} + K_{\text{ВА}}; \quad (6.10)$$

$$K = 43750 + 2570400 + 1875000 + 343580 + 14875000 = 19673980 \text{ руб.}$$

Издержки определяются по формуле:

$$И = \frac{И_{\%} \cdot K}{100} + \Delta A \cdot B, \quad (6.11)$$

где $И_{\%}$ – процентное отчисление на амортизацию, ремонт и обслуживание, составляет в сумме 9,4% для силового электротехнического оборудования низкого напряжения [1, 12];

B – стоимость потерь одного киловатт в час электроэнергии (стоимость электроэнергии за 1 кВт·ч задается по среднему уровню тарифа, установленному государственным комитетом энергетики и тарифного регулирования Республики Хакасия: 2,77 руб./кВт·ч (тариф для РХ, согласно [19] на первое полугодие 2024 года).

Потери электроэнергии:

$$\Delta A = \Delta P \cdot \tau, \quad (6.12)$$

где τ – время максимальных потерь, ч/год:

$$\tau = (0,124 + T_{\text{М}}/10000)^2 \cdot 8760,$$

где $T_{\text{М}}$ – время использования максимальной нагрузки, ч/год.

Потери энергии в распределительной сети определяются исходя из следующих условий: здание работает круглосуточно ввиду работы систем безопасности, систем видеонаблюдения, систем пожарной сигнализации, серверов обработки данных, следовательно, для данного объекта $T_{\text{М}} = 8760$ ч/год,

$$\tau = (0,124 + 8760/10000)^2 \cdot 8760 = 8760 \text{ ч/год.}$$

а) потери мощности:

$$\Delta P_{\text{ОБЩ}} = 0,87 \text{ кВт.}$$

б) потери энергии:

$$\Delta A_{\text{ОБЩ}} = \tau \cdot \Delta P_{\text{ОБЩ}} = 8760 * 0,87 = 7621,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч}. \quad (6.13)$$

Результирующие издержки:

$$И = (3,5+3+2,9)/100 \cdot 19673980 + 7621,2 \cdot 2,77 = 1870464,84 \text{ руб/год}. \quad (6.14)$$

Определяем приведенные затраты:

$$З = 0,125 \cdot 19673980 + 1870464,84 = 4329712,34 \text{ руб/год}. \quad (6.15)$$

Таким образом, общая стоимость капиталовложений составляет 19673980 руб., а приведенные затраты составляют 4329712,34 руб/год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была разработана система резервного внешнего электроснабжения здания Правительства РХ. На основе требований, определенных для резервного электроснабжения объекта, была выбрана схема резервирования, по которой в дальнейшем была разработана схема подключения и конструктивное исполнение электрической сети. Также выбрано оборудование и приведены обоснования его выбора. Выполнен расчет укрупненных затрат на реализацию проекта.

Для обеспечения безопасности и надежности применены средства автоматики и защиты элементов системы резервного электроснабжения.

В результате выполненной работы была разработана система резервного внешнего электроснабжения здания Правительства РХ, отвечающая всем требованиям по бесперебойности и надежности электроснабжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Университетская библиотека онлайн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru>.
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/> (Дата обращения: 8.06.2024)
3. Файловый архив студентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/> (Дата обращения: 8.06.2024)
4. ЭЛПРОКОМ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elprocom.ru> (Дата обращения: 8.06.2024)
5. Энергетика – Оборудования и Документация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forca.ru/> (Дата обращения: 8.06.2024)
6. Резервное электроснабжение здания Правительства Республики Хакасия, расположенного по адресу г. Абакан, ул. Ленина, 67, проектная документация 0167-10.
7. Внешнее электроснабжение здания Правительства РХ, Республика Хакасия, г. Абакан, ул. Ленина, 67, проектная документация 0173-10, раздел V «Сведения об инженерном оборудовании, о сетях инженерно-технического обеспечения, перечень инженерно-технических мероприятий, содержание технологических решений», подраздел I «Система электроснабжения».
8. Электроснабжение здания Правительства РХ, расположенного по адресу г. Абакан, ул. Ленина, 67, проектная документация 0173-10 ЭС.С, Том 1 «ЛЭП-0,4кВ», Книга 7 «заказная спецификация».
9. Электроснабжение здания Правительства РХ, расположенного по адресу г. Абакан, ул. Ленина, 67, проектная документация 0173-10 ЭС, Том 1 «ЛЭП-0,4кВ», Книга 3 «Конструктивные чертежи ЛЭП-0,4кВ»
10. Электроснабжение здания Правительства РХ, расположенного по адресу г. Абакан, ул. Ленина, 67, проектная документация 0173-10 ППО, Том 1 «ЛЭП-0,4кВ», Книга 2 «Проект полосы отвода линейного объекта».

11. Установка декоративный опор освещения на Первомайской площади г, Абакана, рабочий проект, Электроосвещение, Основной комплект чертежей 0257-13 ЭС.
12. Электроснабжение временных сооружений для организации праздничных, концертных мероприятий проводимых на Первомайской площади г. Абакана, Рабочий проект, Электроснабжение, основной комплект чертежей 0241-13 ЭС
13. Электроэнергетическая энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Wiki Power System](#) (Дата обращения: 8.06.2024)
14. Номенклатурный каталог 1.1-2004 «Выключатели автоматические серии ВА57» [Электронный ресурс]. Режим доступа: [11_5488_Avtomaticheskie_viklyuchateli_VA_57.pdf](#) (21vek-220v.ru) (Дата обращения: 8.06.2024)
15. Системы гарантированного электропитания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Как рассчитать время автономной работы ИБП \(atsconvers.ru\)](#) (Дата обращения: 8.06.2024)
16. Группа компаний ТСС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Дизельные генераторы ТСС, дизель генераторы ТСС | ДГУ ТСС, ДЭС ТСС. Производство, продажа, сервис, гарантия производителя. \(tss.ru\)](#) (Дата обращения: 8.06.2024)
17. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ПТЭЭП. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей | Библиотека | Элек.ру \(elec.ru\)](#) (Дата обращения: 8.06.2024)
18. Интернет магазин электротехники и электрооборудования МВБ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [МВБ | Интернет-магазин электротехники и электрооборудования \(security-master.ru\)](#) (Дата обращения: 8.06.2024)

19. Источники бесперебойного питания APC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ИБП APC ☞ официальный дилер APC by Schneider Electric \(ibp-apc.ru\)](http://ibp-apc.ru) (Дата обращения: 8.06.2024)
20. Источники бесперебойного питания system energy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Производство и продажа ИБП. Купить источники бесперебойного питания в Москве с доставкой по России. \(system-energy.ru\)](http://system-energy.ru) (Дата обращения: 8.06.2024)
21. SCADA-системы для электростанций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [SCADA-системы для электростанций 1 \(digam.ru\)](http://digam.ru) (Дата обращения: 8.06.2024)
22. Источники бесперебойного питания APC Galaxy 7000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [ИБП APC Galaxy 7000 \(ibp-apc.ru\)](http://ibp-apc.ru) (Дата обращения: 8.06.2024)
23. «Альфа Балт Инжиниринг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [Компания \(abespb.ru\)](http://abespb.ru) (Дата обращения: 8.06.2024)
24. Интернет магазин UPS-Mag [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [UPS-Mag - интернет-магазин аккумуляторов и источников бесперебойного питания в г. Москва](http://ups-mag.ru) (Дата обращения: 8.06.2024)
25. Повышение надежности централизованной системы бесперебойного питания (обзор типовых схем резервирования) [Электронный ресурс]. – [Типовые схемы резервирования \(ups-info.ru\)](http://ups-info.ru) (Дата обращения: 8.06.2024)

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал ФГАОУ ВО
«Сибирский федеральный университет»
институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.С. Торопов
подпись инициалы, фамилия
«03» 07 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Код и наименование направления

Проектирование резервного внешнего электроснабжения здания
Правительства РХ
тема

Руководитель Э.В. Платонова доцент
подпись, дата должность, ученая степень

Е.В. Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник Д.С. Акулов
подпись, дата

Д.С. Акулов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер И.А. Кычакова
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2024