

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 систем электроснабжения административно-бытового корпуса

Обучающийся

И.А. Федий

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., И. В. Горохов

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

Консультант

ст. преподаватель, О.Н. Головач

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

Тольятти 2023

## Аннотация

В результате проведенных исследований в работе, проведена модернизация системы электроснабжения «административно-бытового корпуса на примере Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети»» [3].

Для достижения поставленной цели, проведён анализ исходных данных с детальным рассмотрением основных технических условия проектирования корпуса административно-бытового корпуса, проведён анализ требований к системам электроснабжения гражданских объектов.

На основании полученных результатов анализа, осуществлена разработка системы электроснабжения объекта, для чего проведены: выбор схемы электроснабжения корпуса административно-бытового корпуса, «расчёт электрических нагрузок корпуса административно-бытового корпуса, выбор и проверка силовых трансформаторов на питающей подстанции, выбор и проверка проводников, расчёт токов короткого замыкания, выбор электрических аппаратов» [5] в системе электроснабжения объекта проектирования [21].

Результатом работы является разработанный проект модернизации внешней и внутренней систем электроснабжения объекта проектирования с учётом внедрения передовых схемных решений и инновационных разработок оборудования, что в конечном итоге «позволит значительно повысить показатели надёжности, безопасности и экономичности объекта исследования» [8].

«Структура работы представлена введением, тремя разделами, заключением и списком используемых источников» [15].

## **Abstract**

As a result of research in the work, the modernization of the power supply system of the administrative building was carried out on the example of the Surgut city municipal unitary enterprise «City heating networks».

To achieve this goal, an analysis of the initial data was carried out with a detailed consideration of the main technical conditions for designing the building of the administrative and amenity building, an analysis of the requirements for power supply systems for civil facilities was carried out.

Based on the results of the analysis, the development of the power supply system of the facility was carried out, for which the following were carried out: the choice of the power supply scheme for the building of the administrative building, the calculation of the electrical loads of the housing of the administrative building, the selection and verification of power transformers at the supply substation, the selection and verification of conductors, the calculation of currents short circuit, the choice of electrical devices in the power supply system of the design object.

The result of the work is the developed project for the modernization of the external and internal power supply systems of the administrative and amenity building on the example of the Surgut city municipal unitary enterprise «City heating networks», taking into account the introduction of advanced circuit solutions and innovative equipment developments, which ultimately will significantly improve the reliability, safety and economy of the research object.

## Содержание

Введение .....	5
1 Анализ исходных данных .....	8
1.1 Краткая характеристика организации .....	8
1.2 Технические условия на проектирование административно-бытового корпуса.....	9
1.3 Требования к системам электроснабжения гражданских объектов ....	13
1.4 Обоснование модернизации объекта.....	15
2 Модернизация системы электроснабжения объекта .....	18
2.1 Выбор схемы электроснабжения административно-бытового корпуса.....	18
2.2 Расчёт электрических нагрузок административно-бытового корпуса	23
2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов и типа питающей трансформаторной подстанции .....	27
2.4 Выбор и проверка проводников .....	29
2.5 Расчёт токов короткого замыкания .....	34
2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов .....	39
3 Расчёт контура заземления административно-бытового корпуса .....	48
Заключение .....	51
Список используемых источников.....	53

## Введение

Отличительными особенностями электроэнергетики являются непрерывность процесса производства, преобразования и потребления электроэнергии, взаимозаменяемость различных типов энергоустановок.

Основой энергообеспечения страны в ближайшее время и, следовательно, приоритетным направлением инвестиционной политики должны стать техническое перевооружение (модернизация) и реконструкции действующих энергообъектов.

Именно на эти цели следует в первую очередь направлять инвестиционные ресурсы и полностью использовать амортизационные отчисления.

Электроснабжение общественных зданий должно основываться на использовании современного конкурентоспособного электротехнического оборудования и прогрессивных схем питания, а также широком применении автоматизации [24].

К числу общественных зданий относятся, в частности, и административно-бытовые комплексы учреждений и организаций различного типа [5].

Электрификация учреждений гражданской инфраструктуры является необходимым условием для обеспечения их функционирования.

Наряду с этим, реконструкция и техническое перевооружение изношенного и морально устаревшего оборудования систем электроснабжения объектов и учреждений гражданской инфраструктуры рассматриваются как приоритетные направления инвестиционной политики в современных системах электроснабжения гражданских объектов [5].

Целью настоящей работы является разработка проекта модернизации системы электроснабжения «административно-бытового корпуса на примере Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети»» [12].

Объектом исследования является система электроснабжения административно-бытового корпуса Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети».

«Предметом исследования являются принципиальная схема электроснабжения объекта исследования, а также её составные» [9] элементы: электрические сети, питающая трансформаторная подстанция, оборудование распределительных устройств внешней и внутренней систем электроснабжения «административно-бытового корпуса Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети»» [1].

Актуальность работы обусловлена необходимостью качественного проектирования систем электроснабжения гражданских объектов общественного фонда, согласно основным положениям и требованиям нормативных документов [2].

Модернизация электрооборудования и электрических сетей – одна из наиболее насущных задач отечественной энергетики [17]. Известно, что устаревшее оборудование и сети, выработавшие свой технический ресурс, значительно снижают надёжность систем электроснабжения организаций и энергетики в целом, приводят к увеличению потерь электроэнергии, является источником частых аварий.

Данные аспекты влекут не только технические проблемы, но и значительные экономические издержки. Поэтому модернизация электрооборудования и электросетевого хозяйства административно-бытового комплекса, осуществляемая в данной работе, носит актуальный характер.

Для достижения поставленной цели в работе осуществляется:

- в первом разделе приводится анализ исходных данных с детальным рассмотрением основных технических условия проектирования корпуса административно-бытового корпуса, проводится анализ требований к системам электроснабжения гражданских объектов;

- второй раздел работы посвящён разработке системы электроснабжения объекта, для чего проводится: выбор схемы электроснабжения корпуса административно-бытового корпуса, «расчёт электрических нагрузок корпуса административно-бытового корпуса, выбор и проверка силовых трансформаторов подстанции, выбор и проверка новых проводников, расчёт токов короткого замыкания, выбор новых электрических аппаратов» [9];
- «в третьем разделе рассчитан контур заземления административно-бытового корпуса Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети»» [22].

Работа выполняется с использованной рекомендованной научно – технической литературы.

На полученных данных и характеристик, принимается окончательное решение по предлагаемым в работе мероприятиям.

## **1 Анализ исходных данных**

### **1.1 Краткая характеристика организации**

«Сургутское городское муниципальное унитарное предприятие «Городские тепловые сети»» [4] территориально расположено в городе Сургут на улице Маяковского, 15.

«Сургутское городское муниципальное унитарное предприятие «Городские тепловые сети» начало свою деятельность в 1974 году как предприятие объединенных котельных и тепловых сетей (ПОКиТС)» [1].

«Но днем рождения СГМУП «ГТС» официально принято считать 10 февраля 1992 года, когда в результате слияния нескольких ведомственных предприятий коммунального назначения организаций «Сургутнефтегаз», «Сургутгазпром», «Тюменьэнерго», «Обьнефтегазгеология» было создано единое коммунальное предприятие» [1].

«В его задачи входило непосредственно тепловодоснабжение жилищного фонда, объектов промышленного и социально-культурного назначения всего города» [1].

«Сегодня СГМУП «ГТС» – это технически оснащенное предприятие городского хозяйства, использующее современные технологические процессы, обеспечивающее эффективное и бесперебойное теплоснабжение потребителей в суровых северных условиях» [1].

Предприятие «Городские тепловые сети» занимается теплоснабжением вверенной ему территории города Сургута, а также некоторых территорий района и муниципального поселения [1].

Для данной цели на территории предприятия имеются котельные и тепловые пункты, где осуществляется процесс преобразования энергии газа и угля в тепловую энергию. В работе детально рассматривается административно-бытовой комплекс организации с внедрением программы по повышению энергоэффективности в распределительных сетях.

## 1.2 Технические условия на проектирование административно-бытового корпуса

Проект модернизации системы электроснабжения административно-бытового корпуса на примере «Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети»» [13] выполняется на основании следующих исходных технических данных:

- технические условия № 925 от 30.05.2013 г., выданные ОАО энергетики и электрификации Центральные электрические сети;
- архитектурно-строительное задание;
- технологическое задание.

Согласно техническим условиям на проект внешней и внутренней систем электроснабжения административно-бытового корпуса на примере «Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети»» [14], категория надежности электроснабжения потребителей электроэнергии здания административно-бытового корпуса, согласно [14], подразделяются на следующие категории:

- «особая» группа I категории. Класс 0. Безобрывное переключение (аварийный консоль и аварийное освещение в местах массового скопления людей);
- «особая» группа I категории. Класс 0,5 (аварийное (эвакуационное) освещение, система связи и оповещения, системы автоматизации, системы пожарной сигнализации);
- «особая» группа I категории. Класс 1,5 (ответственное оборудование пожарной защиты, вентиляционная система противодымной защиты, аварийное (резервное) освещение, вентиляционные системы мест массового скопления людей);
- I категория (ИТП, водоснабжение, оборудование системы охранной сигнализации, лифты);
- II категория – все остальное электрооборудование.

Согласно техническим условиям проекта, класс напряжения электрических сетей, к которым осуществляется технологическое присоединение системы электроснабжения административно-бытового корпуса Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети» – 10 кВ.

Основным источником питания системы электроснабжения объекта проектирования, согласно техническим условиям проекта, является двухтрансформаторная питающая подстанция ТП-10/0,4 кВ.

Кроме того, согласно требованиям [6], на объекте необходимо предусмотреть бесперебойный источник питания для потребителей особой группы.

Таким образом, согласно техническим условиям проекта, для системы электроснабжения административно-бытового корпуса объекта проектирования должны быть предусмотрены три независимых ввода (два – от ТП-10/0,4 кВ, один – от независимого источника питания (АВР)).

Для резервного питания (АВР) системы ИТ используется источник бесперебойного питания, который обеспечивает работу оборудования в течение 30 минут.

Для резервного питания аварийных светильников используется встроенные аккумуляторы, которые обеспечивают работу осветительного оборудования в течение двух-трёх часов.

Для всех вводов на объекте предусматривается вводное распределительное устройство (ВРУ).

Основными потребителями электроэнергии системы электроснабжения «административно-бытового корпуса Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети»» [20] являются технологическое оборудование, вентиляционное оборудование, а также электроосвещение (внешнее и внутреннее).

Основные технические сведения по установленной и расчетной мощности электроприемников внешней системы электроснабжения

административно-бытового корпуса организации, рассматриваемой в работе, согласно техническим условиям на проект, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные технические сведения внешней системы электроснабжения АБК, согласно техническим условиям на проект

Параметр/характеристика	Единица измерения	ВРУ-0,4 кВ		
		Ввод 1	Ввод 2	АВР
Категория надежности по электроснабжению	-	I (II)	I (II)	I (особая группа)
Напряжение	В	~ 380/220	~ 380/220	~ 380/220
Установленная мощность	кВт	527,18	864,99	63,58
Расчетная проектная мощность	кВт	372,65	472,78	63,06
Расчетная проектная мощность в аварийном режиме	кВт	773,26		

Согласно техническим условиям на выполнение проекта, должно быть предусмотрено равномерное присоединение к трехфазной сети однофазных электроприемников.

Таким образом будет обеспечена равномерная нагрузка на всю электрическую сеть потребителей.

Расчётная мощность электроприёмников и присоединений внешней системы электроснабжения АБК, которая будет рассчитана в работе далее, не должна превышать соответствующих значений расчётной проектной мощности, приведённых в таблице 1.

Согласно техническим условиям на разработку проекта, на объекте проектирования необходимо предусмотреть следующие виды освещения, а именно:

- рабочее (наружное и внутреннее)
- эвакуационное (аварийное), наружное и внутреннее;
- дежурное (выделяется из сети аварийного освещения);
- ремонтное 36В (обеспечивается применением понижающих трансформаторов 220/36 В, переносное).

Рабочее освещение предназначено для обеспечения нормального прохода и ориентирования людей, и является обязательным для всех жилых,

общественных и торговых зданий. Уровень освещенности для рабочего освещения принят в соответствии с функциональным назначением помещений и требований [4].

Все светильники должны быть укомплектованы электронной пускорегулирующей аппаратурой (ЭПРА) для снижения пусковых токов и увеличения  $\cos \varphi$ .

Для дежурного освещения используются светильники, установленные в нишах возле входной двери. Управление дежурным освещением выполняется из технического помещения.

В качестве освещения безопасности (аварийного освещения) коридоров и лифтовых холлов используется часть светильников рабочего освещения, которые, в случае пропадания основного питания переключаются через устройство АВР на дополнительный источник питания – резервный ввод.

Светильники предназначены для безопасного перемещения и эвакуации жителей и обслуживающего персонала.

Светильники аварийного освещения принимаются того же типа, что и светильники рабочего освещения в соответствующих помещениях.

Управление аварийным освещением – местное, при помощи выключателей.

Светильники эвакуационного (аварийного) освещения со световыми указателями «Выход» должны быть установлены на выходах здания, в коридорах, холлах и на лестничных клетках. Светильники эвакуационного освещения выделены в составе аварийного освещения, которое включено одновременно с рабочим освещением, и автоматически включаются при пропадании основного питания. В качестве эвакуационного освещения должны быть использованы светильники с резервным источником питания – аккумуляторной батареей, установленной в самом светильнике, рассчитанной на один час непрерывной работы.

Для ремонтного освещения предусматриваются понижающие трансформаторы с напряжением на вторичной обмотке 36 В.

Трансформаторы устанавливаются в помещениях инженерных систем: щитовых, венткамерах, тепловом пункте.

Для открытой бактерицидной лампы облучателя ОБН-150 устанавливается выключатель перед входом в облучаемое помещение и блокируются со световым сигналом «не входить». Выключатель для закрытой лампы устанавливаются в облучаемом помещении холла.

Кроме того, согласно техническим условиям на проект, на всех участках системы электроснабжения АБК предприятия должны быть обеспечены условия по электробезопасности (защитное заземление, зануление, отключение, использование проводников с двойной изоляцией, система уравнивания потенциалов), а также пожарной безопасности.

На основании рассмотренных основных технических сведений по установленной и расчетной мощности электроприемников внешней системы электроснабжения «административно-бытового корпуса Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети»» [18], согласно техническим условиям на проект, далее в работе проводится решение задач по проектированию системы электроснабжения объекта проектирования.

### **1.3 Требования к системам электроснабжения гражданских объектов**

Система электроснабжения рассматриваемого в работе административно-бытового корпуса «Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети»» [3], являясь учреждением государственной гражданской инфраструктуры общественного фонда, относится к системам электроснабжения гражданских сооружений [17].

Для разработки качественного проекта модернизации административно-бытового корпуса, необходимо привести основные требования к системам электроснабжения гражданских сооружений (объектов гражданского типа).

В отличие от систем электроснабжения промышленных объектов, системы электроснабжения гражданских сооружений и объекты гражданского типа, характеризуется следующими особенностями [7]:

- наличием значительной доли осветительной нагрузки (иногда более половины всей суммарной нагрузки объекта);
- исключительном питании конечных потребителей на напряжении 0,38/0,22 кВ;
- подавляющим количеством и преобладанием активной нагрузки в сети;
- наличием малой реактивной составляющей;
- повышенным требованием к безопасности людей, что заключается в технических решениях по выбору кабелей и оборудования.

Как правило, в системах электроснабжения гражданских сооружений и объектов гражданского типа, есть все категории надёжности по [11].

При этом принято, что потребители первой категории надёжности должны дополнительно иметь свой резервный источник питания и два независимых автоматизированных ввода напряжением 0,4 кВ, потребители второй категории должны иметь два независимых ввода 0,4 кВ с резервированием (допускается резервирование без автоматизации), а для потребителей третьей категории достаточно применить один ввод без резервирования [11].

Выбор схем для питания гражданских объектов основывается на следующих основных критериях [5]:

- класс напряжения источников и потребителей системы электроснабжения объекта;
- близость потребителей к источнику питания;

- наличия источников питания вблизи потребителей, пригодных для питания объектов;
- установленная проектная мощность (нагрузка) потребителей проектируемых объектов;
- условия технологического процесса на объекте;
- влияние окружающей среды;
- прочие факторы.

Указанные нормы и требования основных документов, предъявляемые к системам электроснабжения гражданских сооружений и объектов гражданского типа, обязательны к применению на данном объекте исследования (системе электроснабжения административно-бытового корпуса объекта проектирования).

Указанные вопросы решаются в работе далее.

#### **1.4 Обоснование модернизации объекта**

Проводится техническое обоснование внедрения мероприятий по модернизации в системе электроснабжения административно-бытового корпуса организации.

Обеспечение электроэнергией организации административно-бытового корпуса осуществляется от Сургутского района электрических сетей (РЭС) кабельной линией электропередачи (до главного распределительного щита – далее – ГРЩ).

В этом ГРЩ (ВРУ) находятся устаревшие автоматы типа А, которые были там установлены ещё в 80-е годы прошлого века.

В последнее время наблюдается их ухудшение работоспособности, автоматы очень часто не выполняют свои поставленные функции. Поэтому они нуждаются в замене.

Также силовые кабели питающей и распределительной сети требуют модернизации, так как значительно износились и не выполняют свои технические функции.

Поэтому в работе они подлежат замене на новые современные марки кабельной продукции, которая позволит значительно повысить надёжность, безопасность, бесперебойность и безаварийность на объекте проектирования.

Таким образом, указанная замена эффективна с точки зрения как технической, так и экономической.

Также в системе электроснабжения административно-бытового корпуса есть щитки освещения – рабочего и аварийного, которые также устарели. Автоматы, которые в них установлены, не выполняют свои поставленные функции и должны быть заменены на современные марки автоматов.

В работе в результате проведения расчётов, планируется выбрать современные отечественные автоматы марки ВА, которые надёжны, компактны и ремонтнопригодны, а также безопасны в эксплуатации. Они заменят старые автоматы марки А, установлены во вводной, силовой и осветительной сетях на объекте.

Установлено, что новые автоматы, установленные во вводной, силовой и осветительной сети объекта практики, будут хорошим энергосберегающим решением в работе, так как значительно уменьшат расход денежных средств вследствие аварий, а также снизят расходы на ремонт, эксплуатацию и монтаж автоматов питающей и распределительной сети.

Значит, замена этих автоматов на новые автоматы современного типа марки ВА решит проблему энергосбережения на объекте проектирования, а также снизит расходы на монтаж и ремонт сети.

Кроме того, необходимо проверить все схемные решения, «так как система электроснабжения административно-бытового корпуса относится к I категории и требует двух независимых источников питания» [23].

Таким образом, в работе также необходимо пересмотреть и проверить все схемные решения питающей и распределительной сетей объекта, исходя

из правил нормативных документов [18].

Следовательно, основываясь на приведённой информации, в работе необходимо осуществить модернизацию оборудования электрических сетей и аппаратов, а также проверку схемных технических решений по электроснабжению административно-бытового корпуса Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети».

При выполнении указанных мероприятий, основная цель работы будет достигнута.

Выводы по разделу.

В разделе приведена исходная характеристика административно-бытового корпуса «Сургутского городского муниципального унитарного предприятия «Городские тепловые сети»» [19].

Проведён анализ исходных данных с детальным рассмотрением основных технических условия проектирования административно-бытового корпуса, рассмотрены основные требования, предъявляемые к системам электроснабжения гражданских объектов.

Основываясь на приведённой информации, установлено, что в работе необходимо осуществить модернизацию оборудования электрических сетей и аппаратов, а также проверку схемных технических решений по электроснабжению административно-бытового корпуса.

Практическая реализация указанных мероприятий осуществляется в работе далее.

## **2 Модернизация системы электроснабжения объекта**

### **2.1 Выбор схемы электроснабжения административно-бытового корпуса**

Далее в работе, на основании технических условий проекта, с учётом принятых расчётных методик и положений нормативных документов, проводится выбор и детальное обоснование схемы системы электроснабжения административно-бытового корпуса.

Как было указано ранее, согласно техническим условиям на проект внешней и внутренней систем электроснабжения административно-бытового корпуса, на объекте присутствуют электроприёмники I категории, II категории, а также «особой» группы I категории.

Исходя из этого, на объекте должно быть три независимых источника питания, из которых два источника будут приходиться на понизительную питающую подстанцию.

Согласно техническим условиям проекта, класс напряжения электрических сетей, к которым осуществляется технологическое присоединение системы электроснабжения административно-бытового корпуса – 10 кВ.

Таким образом, основным источником питания системы электроснабжения административно-бытового корпуса, согласно техническим условиям проекта, является двухтрансформаторная подстанция ТП-10/0,4 кВ.

Поэтому в работе, в схеме внешнего электроснабжения административно-бытового корпуса от питающей ПС-10/0,4, применяется двухлучевая радиальная схема, которая показана на рисунке 1.

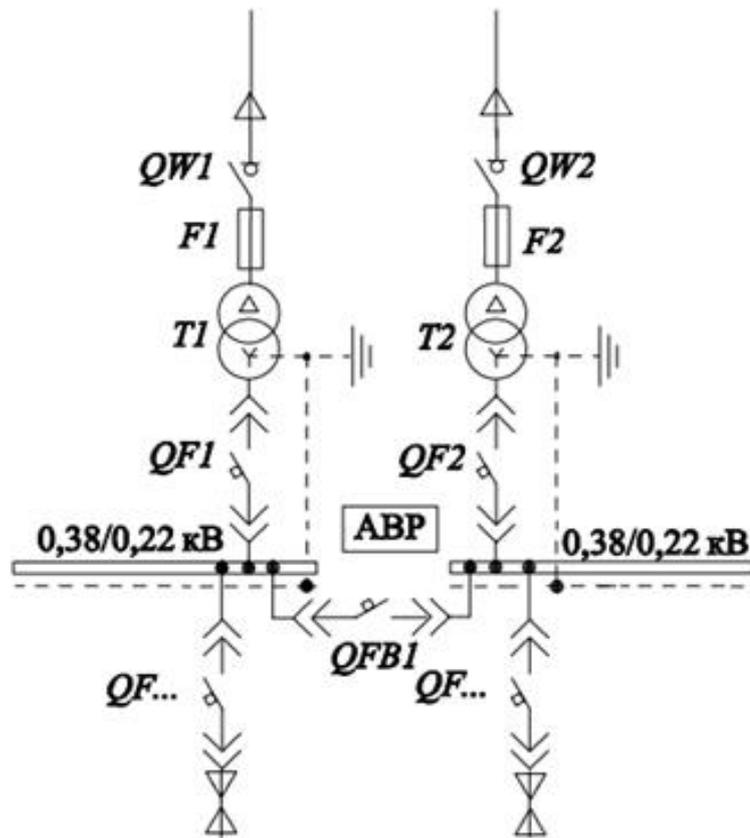


Рисунок 1 – Схема внешнего электроснабжения административно-бытового корпуса от ПС-10/0,4 кВ (двухлучевая радиальная схема)

Кроме того, согласно требованиям [7], на объекте необходимо предусмотреть бесперебойный источник питания для потребителей особой группы.

Для резервного питания (АВР) системы ИТ используется источник бесперебойного питания, который обеспечивает работу оборудования в течение 30 минут.

Для резервного питания аварийных светильников используется встроенные аккумуляторы, которые обеспечивают работу осветительного оборудования в течение двух-трех часов.

Питающая подстанция ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения административно-бытового корпуса, «является двухтрансформаторной комплектной подстанцией тупикового типа наружной установки с кабельными вводами, а также с резервированием на сторонах 10 кВ (ВН) и 0,4 кВ (НН)» [11].

Учитывая инновационные разработки в сфере электроэнергетики, к установке на объекте принимается блочная комплектная трансформаторная подстанция (далее – БКТП), которая характеризуется высокой надёжностью, компактностью и удобством обслуживания и ремонта.

Выбор типа БКТП-10/0,4 кВ осуществляется после выбора рациональной мощности силового трансформатора подстанции в работе далее.

В «схеме РУ-10 кВ понизительной подстанции БКТП-10/0,4 кВ переменного напряжения системы электроснабжения» [14] административно-бытового корпуса, для питания сборных шин 10 кВ, применяется схема с наличием автоматического резервирования [10].

На отходящих линиях в РУ-10 кВ БКТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения административно-бытового корпуса, устанавливаются:

- выключатели нагрузки;
- предохранители.

Питание РУ-10 кВ понизительной подстанции переменного напряжения БКТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения административно-бытового корпуса от РП-10 кВ города, осуществляется кабельной линией с помощью двух силовых кабелей на напряжении 10 кВ по радиальной схеме без ответвлений.

Марки кабельных линий питающей сети 10 кВ выбираются и проверяются в работе далее.

«Распределительное устройство номинальным напряжением 0,4 кВ БКТП-10/0,4 кВ (далее – РУ-0,4 кВ) – конструктивно выполнено комплектным наружной установки с применением ячеек стационарного типа» [17] (выбираются в работе далее в зависимости от применяемого оборудования).

В схеме РУ-0,4 кВ БКТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения административно-бытового корпуса, предусмотрена «одна рабочая, секционированная выключателем с АВР, система сборных шин с резервированием» [11].

«Схема электрических соединений БКТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения» [10] административно-бытового корпуса, представлена в данной работе на графическом листе 2.

Далее от БКТП-10/0,4 кВ по радиальной схеме двумя кабельными линиями, получает питание вводное распределительное устройство (ВРУ) системы электроснабжения административно-бытового корпуса.

От ВРУ, в свою очередь, по смешанной схеме кабельными линиями электропередачи, питаются щиты: распределительные и осветительные (соответственно, далее – ЩР и ЩО).

От данных щитов получают питание конечные электроприёмники объекта (по смешанной схеме электроснабжения).

При этом необходимо равномерно распределить электрическую нагрузку объекта на секции сборных шин РУ-0,4 кВ БКТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения административно-бытового корпуса.

Также необходимо разделить питание рабочего и аварийного освещения объекта, запитав их щитки от разных трансформаторов БКТП-10/0,4 кВ.

При этом в схеме электроснабжения административно-бытового корпуса используются следующие типы и виды распределительных и питающих щитов (щитков):

- «для силовой нагрузки административно-бытового корпуса – это щитки распределительные силовые (ЩРС)» [11];
- «для осветительной нагрузки – это щитки рабочего (ЩРО) и аварийного (ЩАО) освещения» [11].

Указанные щитки потребителей получают питание от ВРУ административно-бытового корпуса также в зависимости от их категории надёжности. Для питания щитков потребителей второй и первой категории надёжности, к которой относится рассматриваемый административно-бытовой корпус (вводной щит ВРУ), «применяется двухлучевая схема без АВР, которая показана на рисунке 2» [16].

Во всех вводных щитках потребителей административно-бытового корпуса предусматривается установка линейных автоматов.

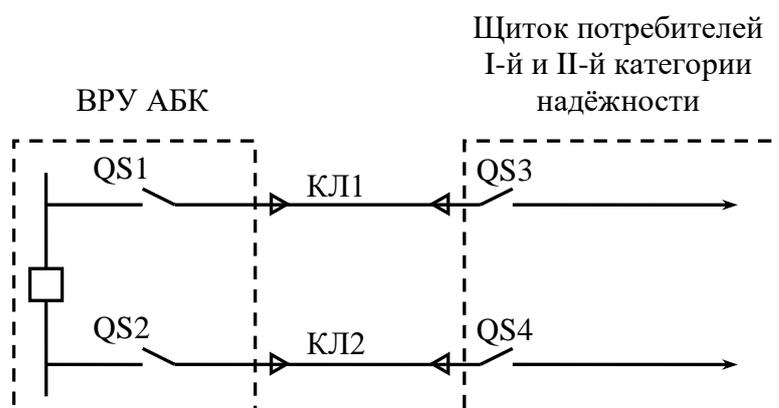


Рисунок 2 – Двухлучевая схема без АВР для питания потребителей I-й и II-й категории надёжности

Выбранная и описанная в работе схема электроснабжения административно-бытового корпуса – надёжная и экономичная, поэтому может быть рекомендована к применению на объекте [15]. Внедрение принятых схемных решений и рекомендаций по проектированию системы электроснабжения административно-бытового корпуса, «позволит значительно повысить надёжность, экономичность, электробезопасность и экологичность на объекте исследования, при этом значительно снизив затраты времени и финансовой составляющей на монтаж, обслуживание, технические осмотры, дефектацию и ремонт данного оборудования» [12].

Далее в работе необходимо расчётным путём подтвердить схемные технические решения, для чего необходимо провести выбор её основных элементов (силовых трансформаторов, проводников и электрических аппаратов).

Схема электроснабжения административно-бытового корпуса с выбранными типами и марками силовых трансформаторов, проводников и электрических аппаратов представлена в работе на графическом листе 2.

## 2.2 Расчёт электрических нагрузок административно-бытового корпуса

Следующим этапом работы является расчёт электрических нагрузок административно-бытового корпуса.

Определяются расчётные нагрузки распределительных щитов силовой и осветительной сети (РЩ и РО), исходя из принятой проектной схемы распределения их нагрузки согласно технологическому процессу.

В работе указанные расчётные нагрузки административно-бытового корпуса определяется методом коэффициента спроса [7].

Активная расчётная нагрузка потребителей распределительных щитов силовой и осветительной сети проектируемого административно-бытового корпуса:

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

где  $k_c$  – коэффициент спроса потребителя (по справочным данным).

Реактивная расчётная нагрузка потребителей распределительных щитов силовой и осветительной сети проектируемого административно-бытового корпуса определяется по известному выражению:

$$Q_p = P_p \cdot tg\varphi, квар, \quad (2)$$

где  $tg \varphi$  – коэффициент реактивной мощности, соответствующий значению коэффициента активной мощности  $\cos \varphi$ .

Полная расчётная нагрузка потребителей распределительных щитов силовой и осветительной сети проектируемого административно-бытового корпуса:

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

Расчетный ток потребителей распределительных щитов силовой и осветительной сети проектируемого административно-бытового корпуса:

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

«В работе рассматривается расчет силовых электрических нагрузок на примере ЩР №1 по плану (компьютерная сеть)» [23].

«Активная, реактивная и полные нагрузки ЩР-1, а также расчётный ток, по условиям (1) - (4)» [18]:

$$P_p = 8,5 \cdot 0,65 = 5,53 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = 5,53 \cdot 0,33 = 1,82 \text{ квар.}$$

$$S_p = \sqrt{5,53^2 + 1,82^2} = 5,82 \text{ кВА.}$$

$$I_p = \frac{5,82}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 8,84 \text{ А.}$$

«Аналогично рассчитаны нагрузки для других ЩР и ЩО потребителей проектируемой сети административно-бытового корпуса» [11] (таблица 2).

При этом в таблице 2 учитывается равномерность распределения нагрузки по секциям сборных шин питающей БКТП-10/0,4 кВ с учётом технологического процесса на объекте.

В связи с этим, принято решение распределить электрическую нагрузку потребителей проектируемой сети административно-бытового корпуса на секции сборных шин ВРУ, которое получает питание от питающей БКТП-10/0,4 кВ с учётом следующих особенностей:

- на первую секцию ВРУ, получающую питание от первой секции сборных шин БКТП-10/0,4 кВ, подключаются нагрузка ЩР и ЩО, имеющая преимущественно бытовой характер: компьютерная сеть, сеть бытовых розеток, бытовые вентиляторы, насосы, холодильники, механическое и холодильное оборудование столовой, бытовая техника, электроконвектор, проектор, усилитель, установка бактерицидная, калорифер, щит контроля, стационарное медицинское оборудование, рабочее освещение, нагревательный кабель, наружное освещение;
- на вторую секцию ВРУ, получающую питание от второй секции сборных шин БКТП-10/0,4 кВ, подключаются нагрузка ЩР и ЩО, имеющая преимущественно технологический характер: технологическое оборудование прачечной, технологическое оборудование столовой, электродвигатели, электродвигатель (рабочий резерв).

Таким образом, будет обеспечено равномерное распределение электрических нагрузок на объекте с учётом их характер и исходных мощностей (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты расчёта электрических нагрузок потребителей ЩР и ЩО административно-бытового корпуса, получающие питание от БКТП-10/0,4 кВ

Номер ЩР (ЩО)	Характеристика потребителей ЩР (ЩО)	$P_{ном}$ , кВт	$k_c$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВА	$I_p$ , А
I секция шин ВРУ							
ЩР1	Компьютерная сеть	8,50	0,65	5,53	1,82	5,82	8,84
ЩР2	Бытовые розетки	8,20	0,20	1,64	0,54	1,73	2,66
ЩР3	Бытовые вентиляторы, насосы, холодильники	46,86	0,73	33,97	11,21	35,77	55,03
ЩР4	Механическое и холодильное оборудование столовой	9,10	0,45	4,10	1,35	4,32	6,64
ЩР5	Бытовая техника	109,60	0,55	60,28	19,89	63,48	97,66
ЩР6	Электроконвектор	10,50	0,73	7,61	2,51	8,01	12,33

Продолжение таблицы 2

Номер ЩР (ЩО)	Характеристика потребителей ЩР (ЩО)	$P_{ном}$ , кВт	$k_c$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , квар	$S_p$ , кВА	$I_p$ , А
ЩР7	Проектор, усилитель	0,35	1,00	0,35	0,11	0,37	0,57
ЩР8	Установка бактерицидная	7,00	0,60	4,20	1,39	4,42	6,80
ЩР9	Калорифер	220,50	0,70	154,35	50,94	162,54	250,06
ЩР10	Щит контроля	0,14	1,00	0,14	0,05	0,15	0,23
ЩР11	Стационарное медицинское оборудование	10,85	0,50	5,43	1,79	5,72	8,80
ЩР12	Нагревательный кабель	32,00	1,00	32,00	10,56	33,70	51,84
ЩО1	Рабочее освещение	43,34	0,52	22,54	7,44	23,74	36,52
ЩО2	Наружное рабочее освещение	3,60	1,00	3,60	1,19	3,79	5,83
Всего электроосвещение		46,94	-	26,14	8,63	27,53	42,35
Всего силовое оборудование		463,60	-	309,59	102,16	326,03	501,46
Итого секция I		510,54	-	335,73	110,79	353,56	543,81
II секция шин ВРУ							
ЩР13	Технологическое оборудование прачечной	195,71	0,50	97,86	32,29	103,05	158,54
ЩР14	Технологическое оборудование столовой	251,70	0,45	113,27	37,34	119,28	183,50
ЩР15	Электродвигатели	54,00	0,90	48,60	16,04	51,18	78,74
ЩР16	Электрокотел (рабочий резерв)	300,00	0,50	150,00	49,50	157,96	243,01
ЩО3	Аварийное освещение	4,7	1,00	4,7	1,55	4,95	7,61
ЩО4	Наружное аварийное освещение	0,5	1,00	0,5	0,17	0,53	0,81
Всего электроосвещение		5,2	-	5,2	1,72	5,48	8,42
Всего силовое оборудование		801,41	-	409,73	135,17	431,47	663,79
Итого секция II		806,61	-	414,93	136,89	436,95	672,21
Итого по секциям I и II ВРУ		1317,15	-	750,66	247,68	790,51	1216,02

Кроме того, в работе также необходимо рассчитать нагрузки третьего (независимого) источника, получающего питание от агрегата гарантийного питания (АГП) отдельно и служащего для питания особой категории электроприёмников в аварийном режиме (АВР).

Данные потребители не распределены по распределительным щитам, их питание осуществляется напрямую от щита ИБП (АВР) кабельными линиями.

Результаты расчётов представлены в форме таблицы 3.

Таблица 3 – Результаты расчёта электрических нагрузок потребителей ЦР и ЩО административно-бытового корпуса, получающие питание от АГП (АВР)

Наименование потребителей	$P_{ном},$ кВт	$k_c$	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ квар	$S_p,$ кВА	$I_p,$ А
Шкаф теплового пункта	0,88	1,00	0,88	0,29	0,93	1,43
Компьютер	0,60	1,00	0,60	0,20	0,63	0,97
Холодильник	2,10	0,75	1,58	0,52	1,66	2,56
Насосы	9,00	1,00	9,00	2,97	9,48	14,58
Прибор пожарной сигнализации	1,70	1,00	1,70	0,56	1,79	2,75
Стерилизатор	1,90	1,00	1,90	0,63	2,00	3,08
Панель пациента	3,50	1,00	3,50	1,16	3,68	5,67
Вентилятор дымоудаления	11,00	1,00	11,00	3,63	11,58	17,82
Вентиляторы подпора ПД1 и ПД2	7,70	1,00	7,70	2,54	8,11	12,47
Лифт	24,60	1,00	24,60	8,12	25,90	39,85
Вызывная сигнализация	0,50	1,00	0,50	0,17	0,53	0,81
Щит контроля	0,10	1,00	0,10	0,03	0,11	0,16
Аварийное освещение	6,32	1,00	6,32	2,09	6,65	10,24
Итого по ИБП (АВР)	69,9	-	69,38	22,91	73,05	112,39

Полученные результаты расчёта нагрузок используются в работе далее при выборе трансформаторов, аппаратов и проводников.

### 2.3 Выбор и проверка силовых трансформаторов и типа питающей трансформаторной подстанции

«В качестве питающей ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения административно-бытового корпуса применяется блочная комплектная трансформаторная подстанция наружной установки с двумя силовыми трансформаторами мощностью 630 кВА и распределительными устройствами (2БКТП)» [14].

Конструктивное выполнение БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса представлено в графической части работы.

Номинальная мощность трансформаторов на БКТП АБК [13]:

$$S_{ном.т} \geq S_{ном.т.р} = \frac{P_p + P_{см.}}{N\beta_t}, \quad (5)$$

где  $S_{ном.т.}$  – «номинальная (паспортная) мощность силового

трансформатора подстанции переменного напряжения» [13] БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса;

$S_{ном.т.р}$  – «расчетная мощность трансформатора, установленного на подстанции переменного напряжения» [13] БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса;

$P_p$  – «суммарная активная нагрузка потребителей, которые получают питание от подстанции переменного напряжения» [13] БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса;

$P_{ст.}$  – «суммарная активная нагрузка сторонних потребителей, которые получают питание от подстанции переменного напряжения» [13] БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса.

«По условию выбора (5), с учётом отсутствия в схеме подстанции переменного напряжения» [22] БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса сторонних потребителей:

$$S_{ном.т} \geq S_{ном.т.р} = \frac{750,66}{2 \cdot 0,8} = 469,16 \text{ кВА.}$$

Исходя из результатов расчёта, для установки на БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса, предлагается «выбрать два силовых трансформатора марки ТМГ-630/10» [11].

При этом силовой трансформатор большего номинала (например, марки ТМГ-1000), в связи с недостаточной загрузкой и увеличением потерь, использовать на объекте не рекомендуется.

«Проверка выбранного типа силового трансформатора в нормальном режиме работы» [12]

$$K_3^n = \frac{0,5 \cdot S_p}{S_{ном.т}} \leq 0,8. \quad (6)$$

Проверка в нормальном режиме выполняется:

$$K_3^n = \frac{790,51}{630 \cdot 2} = 0,63 \leq 0,8.$$

Следовательно, два силовых трансформатора, установленные на подстанции, должны получать питание от различных независимых источников с учётом резервирования в схеме.

Резервирование в схеме ЭС АБК осуществляется под действием автоматического включения резерва [1].

Таким образом, в схеме электроснабжения не будет «холодного резерва», который не рекомендуем [5].

Исходя из этого [12]:

$$K_3^{n.av} = \frac{S_p}{S_{ном.т}} \leq 1,6. \quad (7)$$

Проверка в максимальном режиме также выполняется:

$$K_3^{n.av} = \frac{585,6}{630 \cdot (2-1)} = 0,93 \leq 1,4.$$

Окончательно выбираются трансформаторы ТМГ-630/10.

## 2.4 Выбор и проверка проводников

Далее необходимо провести выбор и проверку новых проводников системы электроснабжения административно-бытового корпуса.

Далее необходимо провести выбор и проверку проводников системы электроснабжения административно-бытового корпуса.

В работе выбору подлежат следующие проводники системы электроснабжения административно-бытового корпуса, выполненные «кабельными линиями электропередачи» [16]:

- «напряжением 10 кВ: питающая кабельная линия, состоящая из двух силовых кабелей, для питания БКТП-10/0,4 кВ от энергосистемы по радиальной схеме» [18];
- напряжением 0,38/0,22 кВ: питающая сеть для обеспечения электроснабжения ВРУ объекта от РУ-0,4 кВ БКТП-10/0,4 кВ;
- напряжением 0,38/0,22 кВ: питающая сеть для обеспечения электроснабжения ЩР и ЩО объекта от ВРУ.

Для выбора сечения проводников линий, необходимо рассчитать токи нормального и послеаварийного режимов работы.

Расчётный рабочий ток линии определяется, исходя из значения полной нагрузки и номинальной мощности линии [7]:

$$I_{p.} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.}} \quad (8)$$

«Максимальный расчётный ток линии» [11]:

$$I_{p.max} = 1,4 I_{p.} \quad (9)$$

«Проверка кабельной линии по условию нагрева максимальным рабочим током» [11]:

$$I_{дон} \geq I_{p.max} \quad (10)$$

где « $I_{дон}$  – длительно – допустимый ток силового кабеля стандартного сечения, А» [16];

« $I_{p.max}$  – максимальный ток участка (линии) с учётом перегрузок и резервирования, А» [19].

«Известно, что проводники напряжением выше 1 кВ выбираются по экономической плотности тока» [1]:

$$F_{\text{э}} = \frac{I_{\text{р.}}}{j_{\text{э}}}. \quad (11)$$

«Следовательно» [16]:

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

«Расчётное сечение питающей кабельной линии 10 кВ» [16]:

$$F_{\text{э}} = \frac{36,4}{1,6} = 22,7 \text{ мм}^2.$$

Исходя из результатов расчёта, для питания БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса, «принимается сечение на питающей кабельной линии 10 кВ, равное 25 мм<sup>2</sup>» [14].

«Предварительно принимается к установке силовой трёхжильный кабель марки АСБл-10 (3×25) с предельным допустимым током нагрева при прокладке в земле  $I_{\text{дон}}=115 \text{ A}$ » [12].

«Максимальный расчётный ток на питающей кабельной линии 10 кВ» [16] БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса:

$$I_{\text{р. max}} = 1,4 \cdot 36,4 \approx 51 \text{ A}.$$

Условия проверки питающей кабельной линии 10 кВ БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса «по условию допустимого нагрева в послеаварийном режиме, выполняется» [19]:

$$90 A \geq 51 A.$$

«Следовательно, исходя из полученных результатов, для питающей кабельной линии 10 кВ» [16] БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса, окончательно выбирается силовой кабель марки АСБл-10 (3×25), условия прокладки – в стандартной земляной траншее.

Для электроснабжения питающей сети потребителей напряжением 0,38/0,22 кВ административно-бытового корпуса (ВРУ, ЩР и ЩО) в «работе приняты низковольтные пятижильные кабели марки ВВГнг-LS при питании по радиальной схеме без ответвлений» [10] (таблица 4).

Таблица 4 – Результаты выбора сечения кабелей питающей сети 0,38/0,22 кВ потребителей административно-бытового корпуса

Потребитель	$I_p, A$	Марка кабеля	$I_{дон}, A$
Секция шин I ВРУ			
ЩР1	8,84	ВВГнг-LS (5×2,5)	40,0
ЩР2	2,66	ВВГнг-LS (5×2,5)	40,0
ЩР3	55,03	ВВГнг-LS (5×6)	64,0
ЩР4	6,64	ВВГнг-LS (5×2,5)	40,0
ЩР5	97,66	ВВГнг-LS (5×16)	112,0
ЩР6	12,33	ВВГнг-LS (5×2,5)	40,0
ЩР7	0,57	ВВГнг-LS (5×2,5)	40,0
ЩР8	6,80	ВВГнг-LS (5×2,5)	40,0
ЩР9	250,06	ВВГнг-LS (5×70)	253,0
ЩР10	0,23	ВВГнг-LS (5×2,5)	40,0
ЩР11	8,80	ВВГнг-LS (5×2,5)	40,0
ЩР12	51,84	ВВГнг-LS (5×6)	64,0
ЩО1	36,52	ВВГнг-LS (5×2,5)	40,0
ЩО2	5,83	ВВГнг-LS (5×2,5)	40,0
КЛ к секции I ВРУ	543,81	ВВГнг-LS (5×300)	583,0
Секция шин II ВРУ			
ЩР13	158,54	ВВГнг-LS (5×35)	173,0
ЩР14	183,50	ВВГнг-LS (5×50)	205,0
ЩР15	78,74	ВВГнг-LS (5×10)	86,0
ЩР16	243,01	ВВГнг-LS (5×70)	253,0
ЩО3	7,61	ВВГнг-LS (5×2,5)	40,0
ЩО4	0,81	ВВГнг-LS (5×2,5)	40,0
КЛ к секции II ВРУ	672,21	ВВГнг-LS (5×400)	679,0

Кроме того, в работе также необходимо выбрать кабельные линии к отдельным потребителям третьего (независимого) источника, получающего

питание от агрегата гарантийного питания (АГП) отдельно и служащего для питания особой категории электроприёмников в аварийном режиме (АВР) на объекте.

Питание данных потребителей осуществляется напрямую от щита ИБП (АВР) кабельными линиями на напряжении 220 В, поэтому для их питания выбраны трёхжильные негорючие кабели марки ВВГнг-FRLS.

«Данная марка кабелей характеризуется хорошими показателями надёжности за счёт сочетания высококалассной термостойкой изоляции и оболочки, а также использования сектороподобных токопроводящих жил, улучшающих» [25] проводимость кабеля.

Результаты выбора кабельных линий потребителей, получающие питание от АГП (АВР) представлены в форме таблицы 5.

Таблица 5 – Результаты выбора кабельных линий потребителей, получающие питание от АГП (АВР)

Потребитель	$I_p, A$	Марка кабеля	$I_{доп}, A$
Шкаф теплового пункта	1,43	ВВГнг-FRLS (3×2,5)	34,0
Компьютер	0,97	ВВГнг-FRLS (3×2,5)	34,0
Холодильник	2,56	ВВГнг-FRLS (3×2,5)	34,0
Насосы	14,58	ВВГнг-FRLS (3×2,5)	34,0
Прибор пожарной сигнализации	2,75	ВВГнг-FRLS (3×2,5)	34,0
Стерилизатор	3,08	ВВГнг-FRLS (3×2,5)	34,0
Панель пациента	5,67	ВВГнг-FRLS (3×2,5)	34,0
Вентилятор дымоудаления	17,82	ВВГнг-FRLS (3×2,5)	34,0
Вентиляторы подпора ПД1 и ПД2	12,47	ВВГнг-FRLS (3×2,5)	34,0
Лифт	39,85	ВВГнг-FRLS (3×4)	45,0
Вызывная сигнализация	0,81	ВВГнг-FRLS (3×2,5)	34,0
Щит контроля	0,16	ВВГнг-FRLS (3×2,5)	34,0
Аварийное освещение	10,24	ВВГнг-FRLS (3×2,5)	34,0
КЛ к АГП (АВР)	112,39	ВВГнг-FRLS (5×25)	144,0

Все выбранные проводники системы электроснабжения административно-бытового корпуса приняты в работе окончательно.

## 2.5 Расчёт токов короткого замыкания

Известно, что токи короткого замыкания (далее – токи КЗ) используются в работе для проверки электрических аппаратов на термическую и электродинамическую стойкость.

На питающей БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса в результате внедрения мероприятий по проектированию схемы и выбора её элементов установлены два одинаковых по номиналу и мощности силовых трансформатора мощностью 630 кВА каждый.

«Исходная упрощённая схема для расчёта токов КЗ в максимальном режиме в системе электроснабжения административно-бытового корпуса представлена в работе на рисунке 3» [7].

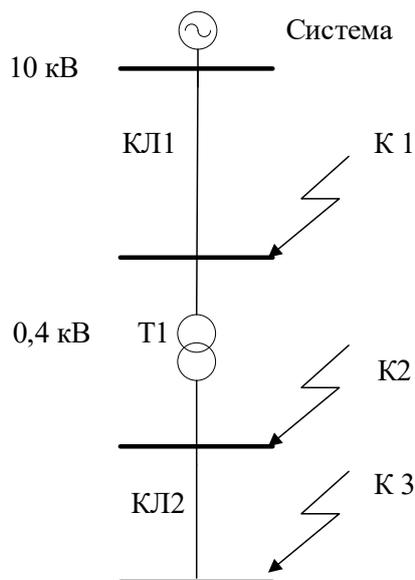


Рисунок 3 – Исходная упрощённая схема для расчёта токов КЗ в максимальном режиме в системе электроснабжения административно-бытового корпуса

Исходя из «исходной расчетной схемы, составляется исходная схема замещения для расчёта токов КЗ на объекте (рисунок 4)» [7].

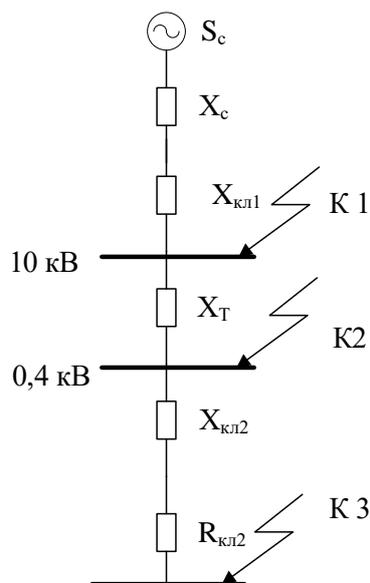


Рисунок 4 – «Исходная схема замещения для расчёта токов КЗ в максимальном режиме в системе электроснабжения административно-бытового корпуса» [7]

Следующим шагом будет расчёт сопротивлений элементов схемы замещения.

Все расчёты производятся в относительных единицах при последующем переводе полученного результата расчёта максимального тока КЗ в именованные единицы.

Выбираются базисные условия. Базисное напряжение – 10 кВ.

«Мощность энергосистемы принимается равной номинальной полной мощности трансформаторов» [16] БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса.

Базисная мощность трансформаторов БКТП-10/0,4 кВ административно-бытового корпуса:

$$S_{\text{б}} = 630 \text{ кВА} = 0,63 \text{ МВА}.$$

Базисное напряжение схемы ЭС административно-бытового корпуса [6]:

$$U_{\text{б.}} = 1,05 \cdot U_{\text{ном}}, \text{кВ}. \quad (12)$$

«По условию (12)» [7]:

$$U_{\delta.1} = 1,05 \cdot 10 = 10,5 \text{ кВ.}$$

$$U_{\delta.2} = 1,05 \cdot 0,38 = 0,4 \text{ кВ.}$$

Базисный ток в системе ЭС административно-бытового корпуса [8]:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3}U_{\delta}}. \quad (13)$$

«По условию (13)» [7]:

$$I_{\delta 1} = \frac{0,63}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 0,03 \text{ кА.}$$

$$I_{\delta.2} = \frac{0,63}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 0,9 \text{ кА.}$$

«Значение индуктивного сопротивления кабельных линий схемы замещения, с учётом длины линии и удельных сопротивлений кабеля, для каждой цепи линии» [7], с учётом приведения результатов к базисным условиям [7]:

$$X_W = \frac{1}{n} \cdot X_{уд.W1} \cdot L_{W1} \cdot \frac{S_{\delta}}{U_B^2}. \quad (14)$$

Для кабельных линий схемы, с учётом их номинальных условий:

$$X_{КЛ1} = \frac{1}{2} \cdot 0,4 \cdot 6 \cdot \frac{0,63}{10,5^2} = 0,005 \text{ о.е.}$$

$$X_{KL2} = 0,09 \cdot 0,15 \cdot \frac{0,63}{0,4^2} = 0,0135 \text{ o.e.}$$

Значение активного сопротивления кабельных линий схемы замещения, с учётом длины линии и удельных сопротивлений кабеля, для каждой цепи линии, с учётом приведения результатов к базисным условиям [16]:

$$R_W = \frac{1}{n} \cdot R_{уд.W1} \cdot L_{W1} \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_B^2}. \quad (15)$$

Для «кабельных линий схемы, с учётом их номинальных условий» [7]:

$$R_{KL1} = \frac{1}{2} \cdot 0,46 \cdot 6 \cdot \frac{0,63}{10,5^2} = 0,006 \text{ o.e.}$$

$$R_{KL2} = 0,62 \cdot 0,15 \cdot \frac{0,63}{0,4^2} = 0,093 \text{ o.e.}$$

«Индуктивное сопротивление силового трансформатора» [16]:

$$X_{T1} = \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{K.3.}}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{HT}}. \quad (16)$$

$$X_{T1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{10,5}{100} \cdot \frac{0,63}{0,63} = 0,0525 \text{ o.e.}$$

Максимальное значение токов трёхфазного КЗ в расчётных точках схемы системы ЭС административно-бытового корпуса, при приведении к именованным единицам [19]:

$$X_{T1} = \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{K.3.}}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{HT}}. \quad (17)$$

«Полное сопротивление цепи КЗ до точки К1 и ток КЗ в точке К1» [10]:

$$Z_{\Sigma k1} = \sqrt{(X_c + X_{KL1})^2 + R_{KL2}^2}. \quad (18)$$

$$Z_{\Sigma k1} = \sqrt{(0,005 + 0,005)^2 + 0,006^2} = 0,012 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = \frac{1}{0,012} \cdot 0,03 = 1,25 \text{ кА.}$$

«Полное сопротивление цепи КЗ до точки К2 и ток КЗ в точке К2» [16]:

$$Z_{\Sigma k2} = \sqrt{(X_c + X_{KL1} + X_T)^2 + R_{KL2}^2}. \quad (19)$$

$$Z_{\Sigma k2} = \sqrt{(0,005 + 0,005 + 0,0525)^2 + 0,006^2} = 0,062 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 2}^{(3)} = \frac{1}{0,062} \cdot 0,9 = 3,71 \text{ кА.}$$

«Полное сопротивление цепи КЗ до точки К3 и ток КЗ в точке К3» [16]:

$$Z_{\Sigma k3} = \sqrt{(X_c + X_{KL1} + X_T + X_{KL2})^2 + (R_{KL1} + R_{KL2})^2}. \quad (20)$$

$$Z_{\Sigma k3} = \sqrt{(0,005 + 0,005 + 0,0525 + 0,0135)^2 + (0,006 + 0,093)^2} = 0,125 \text{ о.е.}$$

$$I_{\kappa 3}^{(3)} = \frac{1}{0,125} \cdot 0,9 = 1,84 \text{ кА.}$$

«Ударный ток при максимальном значении трёхфазного КЗ в расчётных точках схемы» [7]:

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot K_{y\partial} \cdot I_{\kappa}^{(3)}. \quad (21)$$

«Численное значение ударного тока при максимальных значениях трёхфазных токов КЗ в расчётных точках схемы» [7]:

$$i_{уд.к1} = \sqrt{2} \cdot 1,4 \cdot 1,25 = 2,47 \text{ кА.}$$

$$i_{уд.к2} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 3,71 = 5,25 \text{ кА.}$$

$$i_{уд.к3} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 1,84 = 2,6 \text{ кА.}$$

«Все полученные в работе результаты расчёта токов трёхфазного короткого замыкания, а также ударных токов, выполненных в расчётных точках КЗ системы электроснабжения административно-бытового корпуса, приведены в форме таблицы 6» [7].

Таблица 6 – Результаты расчетов токов КЗ СЭС административно-бытового корпуса

Параметр	Единица измерения	Числовое значение параметра		
		Точка К1	Точка К2	Точка К3
$I_{кз}^{(3)}$	кА	1,25	3,71	1,84
$i_{уд.к}$	кА	2,47	5,25	2,60

«Полученные результаты применяются в работе далее» [7].

## 2.6 Выбор и проверка электрических аппаратов

Как было отмечено ранее, в работе выбирается новое, современное оборудование, которое характеризуется повышенной надёжностью, экономичностью, коммутационным ресурсом и прочими необходимыми качествами, которые должны быть присущи современным электрическим аппаратам.

Внедрение таких решений «повысит показатели энергоэффективности и является одной из ключевых тенденций управления развитием системы электроснабжения и позволят значительно повысить надёжность схемы электрических соединений подстанции и потребителей в целом» [7].

Таким образом, учитывая схему спроектированной системы электроснабжения административно-бытового корпуса, в работе выбираются и проверяются следующие электрические аппараты:

- напряжением 10 кВ – для установки в РУ-10 кВ питающей БКТП-10/0,4 кВ, а также выключатель высокого напряжения для защиты БКТП-10 кВ (устанавливается на питающем РП-10 кВ);
- напряжением 0,38/0,22 кВ – устанавливаются в РУ-0,4 кВ питающей БКТП-10/0,4 кВ, а также во ВРУ для защиты и коммутации отходящих ЩР и ЩО.

Известно, что выбор выключателей высокого напряжения производится, исходя из следующих условий [18]:

- «по номинальному напряжению» [13]:

$$U_{уст} \leq U_n. \quad (22)$$

где « $U_{уст}$ ,  $U_{ном}$  – соответственно напряжения установки и номинальное напряжение выключателя (параметр завода-изготовителя)» [15];

- «по максимальному рабочему току» [13]:

$$I_{раб.макс} \leq I_n. \quad (23)$$

где « $I_{раб.макс}$ ,  $I_n$  – соответственно максимальный рабочий ток ПАВ режима электроустановки и номинальное значение тока выключателя (параметр завода-изготовителя)» [16];

- «проверка выключателя на симметричный ток отключения» [7]:

$$I_{пт} \leq I_{откн}. \quad (24)$$

где « $I_{пт}$  – значение периодической составляющей тока короткого замыкания в момент расхождения дугогасительных контактов» [12];

« $I_{отк.н}$  – номинальный ток отключения выбранного выключателя, кА» [13];

– «проверка выключателя на отключение асимметричного тока КЗ» [7]:

$$(\sqrt{2} \cdot I_{пт} + i_{ат}) \leq \sqrt{2} \cdot I_{отк.н} (1 + \beta_n), \quad (25)$$

где « $i_{ат}$  – значение аperiodической составляющей тока короткого замыкания в момент расхождения контактов» [13];

« $\beta_n$  – номинальное значение относительного содержания аperiodической составляющей в отключаемом токе КЗ» [13];

« $\tau$  – наименьшее время от начала короткого замыкания до момента расхождения дугогасительных контактов, определяется так» [13]:

$$t = t_{з.мин} + t_{с.в}, \quad (26)$$

где « $t_{з.мин}$  – минимальное время действия релейной защиты, с» [14];

« $t_{с.в}$  – собственное время отключения выключателя, с» [11];

– «на электродинамическую устойчивость выбранный выключатель проверяется по значению предельного сквозного тока КЗ» [18]:

$$i_y \leq i_{пр.с}, \quad (27)$$

где « $i_{пр.с}$  – действующее значение предельного сквозного тока КЗ» [11];

« $i_y$  – ударный ток короткого замыкания в цепи выключателя» [10];

– «проверка выключателя на термическую стойкость по значению теплового импульса» [18]:

$$B_k \leq I_T^2 t_T, \quad (28)$$

где « $B_k$  – тепловой импульс по расчёту,  $A^2 \cdot c$ » [10];

« $I_T$  – предельный ток термической устойчивости,  $A^2 \cdot c$ » [10];

« $t_T$  – время протекания тока термической устойчивости,  $c$ » [10].

При этом тепловой импульс с учётом токов КЗ и отключения цепи:

$$B_K = I_K^2 (t_{отк} + T_a). \quad (29)$$

По приведённым выше условиям, с учётом рассчитанных параметров электрической сети 10 кВ, проводится выбор выключателей высокого напряжения для установки в РП-10 кВ.

Предварительно принимается для установки на объекте проектирования выключатель вакуумный нового образца и модификации, для установки в ячейках РУ, марки VD-4-10-20/630-У2-48 (производитель – фирма АВВ, Швеция).

Это – новый современный выключатель, предназначенный для защиты и коммутации сетей напряжением 6(10) кВ.

Он легко монтируется в РУ-10 кВ питающей ТП-10/0,4 кВ вместо старого выключателя.

Результаты выбора выключателей высокого напряжения представлены в работе в форме таблицы 7.

Таблица 7 – Результаты выбора выключателей высокого напряжения для установки в РП-10 кВ энергосистемы

Наименование аппарата	Условие выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
Выключатели высокого напряжения VD-4-10-20/630-У2-48 (производитель – фирма АВВ, Швеция)	$U_{сети} \leq U_{ном.}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ.}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ.}$
	$I_{max} \leq I_{ном.}$	$I_{max} = 50,98 \text{ А.}$	$I_{ном} = 630 \text{ А.}$
	$I_{н.т} \leq I_{отк.ном.}$	$I_{н.т} = 1,25 \text{ кА.}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА.}$
	$i_y \leq i_{дин.}$	$i_y = 2,47 \text{ кА.}$	$i_{дин.} = 32 \text{ кА.}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T.$	$I_T^2 \cdot t_T = 1,25^2 \cdot 3 = 4,69 \text{ кА}^2 \text{ с.}$	$B_K = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \text{ с.}$

Выбранные выключатели удовлетворяют всем требуемым условиям. Совместно с данными выключателями в ячейках также устанавливаются ограничители перенапряжения марки ОПН-КР/TEL-10/12 УХЛ1.

Также вместе с высоковольтными выключателями, на питающем РП-10 кВ устанавливаются также трансформаторы тока (таблица 8).

Таблица 8 – Результаты выбора трансформаторов тока для установки в РП-10 кВ энергосистемы

Наименование аппарата	Условие выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
Трансформаторы тока ТПОЛМ-10	$U_{сети} \leq U_{ном.}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ.}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ.}$
	$I_{max} \leq I_{ном.}$	$I_{max} = 50,98 \text{ А.}$	$I_{ном} = 100 \text{ А.}$
	$i_y \leq i_{дин.}$	$i_y = 2,47 \text{ кА.}$	$i_{дин.} = 20 \text{ кА.}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T.$	$I_T^2 \cdot t_T = 1,25^2 \cdot 3 = 4,69 \text{ кА}^2\text{с.}$	$B_K = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2\text{с.}$

Далее проводится выбор коммутационных и защитных аппаратов для установки в РУ-10 кВ БКТП-10/0,4 кВ. Для защиты в сети 10 кВ принимаются выключатели нагрузки с предохранителями. Выбирается выключатели нагрузки. Выключатель нагрузки – это аппарат для обеспечения коммутации, а также видимого разрыва с целью безопасного проведения работ в электроустановках. В работе для установки в РУ-10 кВ БКТП-10/0,4 кВ выбирается выключатели нагрузки марки ВНПу-10/ 400-10-УЗ (таблица 9).

Таблица 9 – Результаты выбора выключателей нагрузки для установки в РУ-10 кВ БКТП-10/0,4 кВ

Наименование аппарата	Условие выбора	Паспортные данные	Расчетные данные
Выключатели нагрузки ВНПу-10/ 400-10-УЗ	$U_{сети} \leq U_{ном.}$	$U_{сети} = 10 \text{ кВ.}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ.}$
	$I_{max} \leq I_{ном.}$	$I_{max} = 50,98 \text{ А.}$	$I_{ном} = 630 \text{ А.}$
	$I_{н.т} \leq I_{отк.ном.}$	$I_{н.т} = 1,25 \text{ кА.}$	$I_{отк.ном} = 20 \text{ кА.}$
	$i_y \leq i_{дин.}$	$i_y = 2,47 \text{ кА.}$	$i_{дин.} = 20 \text{ кА.}$
	$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T.$	$I_T^2 \cdot t_T = 1,25^2 \cdot 3 = 4,69 \text{ кА}^2\text{с.}$	$B_K = 20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2\text{с.}$

Также для применения совместно с выключателями нагрузки выбирается предохранители марки ПК-10-60-31,5/У3.

Все выбранные электрические аппараты напряжением 10 кВ показаны на графическом листе 2.

Далее проводится выбор электрических аппаратов напряжением 0,38/0,22 кВ спроектированной системы электроснабжения административно-бытового корпуса [21].

Для защиты и коммутации питающей и распределительной сети 0,38/0,22 кВ в работе применяются автоматические воздушные выключатели (автоматы).

Они устанавливаются в РУ-0,4 кВ питающей БКТП-10/0,4 кВ, а также во ВРУ для защиты и коммутации отходящих ЩР и ЩО.

Для защиты и коммутации питающей и распределительной сети 0,38/0,22 кВ в работе применяются автоматические воздушные выключатели (автоматы).

«Номинальные токи автомата и уставки теплового расцепителя автомата выбираются, исходя из условий» [15]:

$$I_{ном.а} \geq I_p. \quad (30)$$

$$I_{у.т.р} \geq 1,1 \cdot I_p. \quad (31)$$

«Ток электромагнитного расцепителя» [15]:

$$I_{ном.э.р} \geq K_{то} \cdot I_p \geq I_k. \quad (32)$$

«В случае, если автомат выполнен с регулируемым электромагнитным расцепителем, зависящим от тока уставки теплового расцепителя» [15]:

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

«где  $K$  – кратность тока уставки электромагнитного расцепителя» [19].

Рассчитывается ток срабатывания теплового расцепителя по формуле:

$$I_{тр(расц.)} = 1,2 \cdot I_{раб.i}, A. \quad (34)$$

Проверка выбора автоматических выключателей, которая проводится после выбора всех составляющих (таблица 10):

$$I_{тр} \geq I_{тр(расц.)}, A. \quad (35)$$

$$I_{тр} \leq I_{нав}, A. \quad (36)$$

Таблица 10 – Результаты выбора трёхфазных автоматов питающей сети

Потребитель	$I_p, A$	Марка	$I_{ном.а}, A$	$I_{у.т.р.}, A$	$I_{у.э.р.}, A$
БКТП-10/0,4 кВ					
Вводной автомат	969,2	ВА 55-41	1000	1000	3000
Секционный автомат	860,12	ВА 55-41	1000	1000	3000
ВРУ					
Вводной автомат СШ I	543,81	ВА 57-39	630	630	1890
Вводной автомат СШ II	672,21	ВА 55-41	1000	1000	3000
Секционный автомат	615,54	ВА 57-39	630	630	1890
ЩР1	8,84	ВА 47-29	10	10	30
ЩР2	2,66	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9
ЩР3	55,03	ВА 52-31	100	63	189
ЩР4	6,64	ВА 47-29	10	10	30
ЩР5	97,66	ВА 52-31	100	100	300
ЩР6	12,33	ВА 47-29	16	16	48
ЩР7	0,57	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9
ЩР8	6,80	ВА 47-29	10	10	30
ЩР9	250,06	ВА 52-37	400	320	960
ЩР10	0,23	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9
ЩР11	8,80	ВА 47-29	10	10	30
ЩР12	51,84	ВА 52-31	100	63	189
ЩО1	36,52	ВА 47-29	40	40	120
ЩО2	5,83	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9
ЩР13	158,54	ВА 52-35	250	200	600
ЩР14	183,50	ВА 52-35	250	200	600
ЩР15	78,74	ВА 52-31	100	100	300
ЩР16	243,01	ВА 52-35	250	200	600
ЩО3	7,61	ВА 47-29	10	10	30
ЩО4	0,81	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9

Результаты выбора однофазных автоматов (кроме вводного трёхфазного автомата) для защиты сети АГП (АВР) административно-бытового корпуса представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты выбора однофазных автоматов сети АГП (АВР)

Потребитель	$I_p, A$	Марка	$I_{ном.а}, A$	$I_{у.т.р.}, A$	$I_{у.э.р.}, A$
Вводной автомат	112,39	ВА 52-33	160	160	480
Шкаф теплового пункта	1,43	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9
Компьютер	0,97	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9
Холодильник	2,56	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9
Насосы	14,58	ВА 47-29	16	16	48
Прибор пожарной сигнализации	2,75	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9
Стерилизатор	3,08	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9
Панель пациента	5,67	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9
Вентилятор дымоудаления	17,82	ВА 47-29	25	25	75
Вентиляторы подпора ПД1 и ПД2	12,47	ВА 47-29	16	16	48
Лифт	39,85	ВА 47-29	25	25	75
Вызывная сигнализация	0,81	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9
Щит контроля	0,16	ВА 47-29	6,3	6,3	18,9
Аварийное освещение	10,24	ВА 47-29	16	16	48

«Все электрические аппараты, выбранные в работе, показаны в графической части работы» [7].

Выводы по разделу.

В работе приняты и обоснованы необходимые схемные решения, необходимые для качественной разработки проекта модернизации системы электроснабжения административно-бытового корпуса.

Для решения поставленных задач, в работе были внедрены следующие основные практические мероприятия по проектированию системы электроснабжения административно-бытового корпуса:

- выбрана и обоснована схема электроснабжения системы электроснабжения административно-бытового корпуса, в которой основным источником питания является двухтрансформаторная понизительная подстанция переменного тока ТП-10/0,4 кВ, а также ВРУ объекта, питающее ЩР и ЩО. К применению в питающей сети объекта проектирования, рекомендована радиальная схема,

- удовлетворяющая требованиям для питания потребителей I и II категории надёжности. Для питания потребителей «особой» категории надёжности, используется источник бесперебойного питания, подключённый в схему АВР ВРУ;
- для установки на ТП-10/0,4 кВ выбраны и обоснованы силовые трансформаторы марки ТМГ-630/10. Выбранные трансформаторы проверены на загрузку мощностью в нормальном режиме работы, а также на допустимую аварийную перегрузку;
  - в качестве конструктивного выполнения понизительной ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения административно-бытового корпуса, выбрана современная блочная комплектная трансформаторная подстанция с двумя трансформаторами ТМГ-630/10, имеющая значительные преимущества перед аналогичными разработками;
  - выбраны и проверены сечения проводников системы электроснабжения административно-бытового корпуса;
  - проведён расчёт максимальных токов короткого замыкания, а также ударных токов, в сети 10 кВ и 0,38/0,22 кВ;
  - «выбраны и проверены электрические аппараты системы электроснабжения объекта: напряжением 10 кВ – для установки в РУ-10 кВ питающей БКТП-10/0,4 кВ, а также на питающем РП-10 кВ» [7] для защиты БКТП-10 кВ; напряжением 0,38/0,22 кВ – выбраны автоматы, которые устанавливаются в РУ-0,4 кВ питающей БКТП-10/0,4 кВ, а также во ВРУ для защиты и коммутации отходящих ЩР и ЩО.

Все принятые в работе решения соответствуют нормативным документам.

### 3 Расчёт контура заземления административно-бытового корпуса

Производится расчёт контура защитного заземления питающей БКТП-10/0,4 кВ системы внешнего электроснабжения административно-бытового корпуса согласно методике [18].

К таким электроустановкам в работе относятся оборудование РУ-10 кВ, РУ-0,4 кВ, а также трансформаторы БКТП-10/0,4 кВ системы внешнего электроснабжения административно-бытового корпуса.

Однако, данный контур заземления используется также и для заземления установок классом напряжения до 1 кВ, поэтому принимается величина защитного сопротивления не более 4 Ом [3].

«Расчётное удельное сопротивление грунта на БКТП-10/0,4 кВ системы внешнего электроснабжения административно-бытового корпуса» [5]:

$$\rho_p = \rho_{gp} \cdot K_u, \quad (37)$$

где  $\rho_{gp}$  – «значение удельного сопротивления грунта (для суглинка), Ом» [7].

$$\rho_p = 7,5 \cdot 1,6 = 120 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

«Определяется расчётное сопротивление заземления трубы, верхний конец которой заглублён в землю» [7]:

$$R_3 = 0,366 \cdot \frac{\rho_p}{l} \left( \lg \frac{2 \cdot l}{0,95 \cdot d} + 0,5 \lg \frac{4t + 3l}{4t + l} \right), \text{ Ом}. \quad (38)$$

«где  $h$  – расстояние от поверхности земли до середины заземлителя, м» [7].

$$R_3 = 0,366 \cdot \frac{120}{2,5} \left( \lg \frac{2 \cdot 5}{0,07} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 1,95 + 2,5}{4 \cdot 1,95 - 2,5} \right) = 123,9 \text{ Ом.}$$

«Расчётное число одиночных заземлителей» [7]:

$$N_3 = \frac{R_3}{R_{3,н}}, \text{шт.} \quad (39)$$

$$N_3 = \frac{123,9}{10} = 12,39 \text{ шт.}$$

Расстояние между заземлителями в проектируемом контуре заземления БКТП-10/0,4 кВ системы внешнего электроснабжения административно-бытового корпуса:

$$L_T = l \cdot m, \text{ м.} \quad (40)$$

$$L_T = 2,5 \cdot 1 = 2,5 \text{ м.}$$

Окончательное количество заземлителей в проектируемом контуре заземления БКТП-10/0,4 кВ системы внешнего электроснабжения административно-бытового корпуса, с учётом коэффициента экранирования:

$$N_{3,э} = \frac{R_3}{R_{3,н} \cdot \eta_э}, \text{шт.} \quad (41)$$

$$N_{3,э} = \frac{123,9}{10 \cdot 0,5} = 24,78 \text{ шт.}$$

«Окончательно принимается к установке в контуре заземления рассматриваемой в работе БКТП-10/0,4 кВ системы внешнего электроснабжения административно-бытового корпуса, двадцать пять заземлителей (электродов)» [7].

Конструктивно контур заземления выполняется в форме сетки прямоугольной формы.

Такое расположение вертикальных и горизонтальных электродов является наиболее оптимальным [2].

Кроме того, в случае обрыва одного соединения (горизонтального электрода) контур заземления не выходит из строя за счёт того, что соседние электроды будут «резервировать» друг друга.

Расстояние между вертикальными электродами в контуре заземления БКТП-10/0,4 кВ системы внешнего электроснабжения административно-бытового корпуса составляет 2,5 м.

Конструктивное выполнение контура заземления БКТП-10/0,4 кВ системы внешнего электроснабжения административно-бытового корпуса показано в графической части работы.

Выводы по разделу.

В разделе рассмотрено обеспечение безопасности жизнедеятельности на объекте проектирования с расчётом защитного заземления в виде прямоугольной сетки, состоящей из двадцати пяти вертикальных электродов для защиты оборудования от однофазных токов короткого замыкания на землю, а также с целью защиты обслуживающего персонала от случайных прикосновений к токоведущим частям и токов утечки.

## Заключение

В результате выполнения работы, проведена разработка проекта модернизации системы внешнего и внутреннего электроснабжения административно-бытового корпуса, а также непосредственное изучение опыта внедрения нового энергоэффективного оборудования на примере данного учреждения образования.

Приведена исходная характеристика административно-бытового корпуса. Проведён анализ исходных данных с детальным рассмотрением основных технических условия проектирования административно-бытового корпуса, рассмотрены основные требования, предъявляемые к системам электроснабжения гражданских объектов.

Основываясь на приведённой информации, установлено, что в работе необходимо осуществить модернизацию оборудования электрических сетей и аппаратов, а также проверку схемных технических решений по электроснабжению административно-бытового корпуса.

Для решения поставленных задач, в работе были внедрены следующие основные практические мероприятия по проектированию системы электроснабжения административно-бытового корпуса:

- выбрана и обоснована схема электроснабжения системы электроснабжения административно-бытового корпуса, в которой основным источником питания является двухтрансформаторная понизительная подстанция переменного тока ТП-10/0,4 кВ, а также ВРУ объекта, питающее ЩР и ЩО. К применению в питающей сети объекта проектирования, рекомендована радиальная схема, удовлетворяющая требованиям для питания потребителей I и II категории надёжности. Для питания потребителей «особой» категории надёжности, используется источник бесперебойного питания, подключённый в схему АВР ВРУ;

- для установки на ТП-10/0,4 кВ выбраны и обоснованы силовые трансформаторы марки ТМГ-630/10. Выбранные трансформаторы проверены на загрузку мощностью в нормальном режиме работы, а также на допустимую аварийную перегрузку;
- в качестве конструктивного выполнения понизительной ТП-10/0,4 кВ системы электроснабжения административно-бытового корпуса, выбрана современная блочная комплектная трансформаторная подстанция с двумя трансформаторами ТМГ-630/10, имеющая значительные преимущества перед аналогичными разработками;
- выбраны и проверены сечения проводников системы электроснабжения административно-бытового корпуса;
- проведён расчёт максимальных токов короткого замыкания, а также ударных токов, в сети 10 кВ и 0,38/0,22 кВ;
- выбраны и проверены электрические аппараты системы электроснабжения объекта: напряжением 10 кВ – для установки в РУ-10 кВ питающей БКТП-10/0,4 кВ, а также на питающем РП-10 кВ для защиты БКТП-10 кВ; напряжением 0,38/0,22 кВ – выбраны автоматы, которые устанавливаются в РУ-0,4 кВ питающей БКТП-10/0,4 кВ, а также во ВРУ для защиты и коммутации отходящих ЩР и ЩО.

В разделе рассмотрено обеспечение безопасности жизнедеятельности на объекте проектирования с расчётом защитного заземления в виде прямоугольной сетки, состоящей из двадцати пяти вертикальных электродов для защиты оборудования от однофазных токов короткого замыкания на землю, а также с целью защиты обслуживающего персонала от случайных прикосновений к токоведущим частям и токов утечки.

Таким образом, в работе расчётно-аналитическим путём решена комплексная задача по внедрению предложенных мероприятий по выбору рациональных мероприятий по модернизации системы электроснабжения административно-бытового корпуса. Все принятые в работе решения соответствуют нормативным документам.

## Список используемых источников

1. ГМУП «Городские тепловые сети» [Электронный ресурс]: URL: [https://www.surgutgts.ru/?special\\_version=Y](https://www.surgutgts.ru/?special_version=Y) (дата обращения: 20.03.2023).
2. Кадомская К.П., Лавров Ю.А. Электрооборудование высокого напряжения нового поколения. Вологда: Инфра-Инженерия, 2018. 343 с.
3. Китунович Ф.Г. Энергетика России. 1920-2020 гг. В 4 томах. М.: Энергия, 2020. 1072 с.
4. Климова Г.Н. Электроэнергетические системы и сети. Энергосбережение. Учебное пособие. М.: Юрайт, 2016. 180 с.
5. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов. М.: Академия, 2020. 320 с.
6. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. пособие для ВУЗов. 5-е издание, перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 2018. 608 с.
7. Никитенко Г.В. Электрооборудование, электротехнологии и электроснабжение. Дипломное проектирование: Учебное пособие. СПб.: Лань, 2018. 316 с.
8. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. М: Энергоатомиздат, 2019. 174 с.
9. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. М.: ЗАО «Энергосервис», 2019. 324 с.
10. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). М.: Альвис, 2018. 632 с.
11. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: Учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: ИЦ Академия, 2018. 448 с.
12. Свириденко Э.А. Основы электротехники и электроснабжения. М.: Техноперспектива, 2018. 436 с.

13. 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](https://energy.midural.ru/images/Upload/2017/101/SPEIO_07.11.2016_777.pdf) (дата обращения: 20.03.2023).

14. СП 440.1325800.2018 Проектирование естественного и искусственного освещения. [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/554819713> (дата обращения: 20.03.2023).

15. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. 4-е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2018. 312 с.

16. СТО 56947007- 29.240.30.047-2010. «Рекомендации по применению типовых принципиальных электрических схем распределительных устройств подстанций». [Электронный ресурс]: URL: <https://www.twirpx.com/file/2616342/> (дата обращения: 20.03.2023).

17. Тульчин И.К. Электрические сети жилых и общественных зданий. М.: Энергоатомиздат, 2020. 304 с., ил.

18. Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ об энергосбережении [Электронный ресурс]: URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_41502/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/) (дата обращения: 20.03.2023).

19. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ (ред. от 29.07.2017) «Об энергосбережении, повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

20. Цигельман И.Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий: 3-е изд., испр. и доп. М.: Высш. шк. 2018. 319 с.: ил.

21. Barker R. CASE Method. Entity-Relationship Modeling. N.Y.: Addison-Wesley Publishing Company, 2021. 112 p.

22. Bunn D.W. Experimental study of a Bayesian method for daily electricity

load forecasting. Appl. Math. Model. 2020. №2. P. 113 – 116.

23. Bunn Ed. D. Comparative models for electrical load forecasting. New York: Willey. 2018. 232 p.

24. DeMarco T. Short – term load forecasting in electric power systems: A comparison of ARMA models and extended Wiener filtering. J. Forecast. 2022. №4. P.56-61.

25. Farmer E.D. Development of on-line load prediction techniques with trails in the south-western region of the CEGB. Proc. EE. 2018. 115 p.