

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 Электроснабжение общеобразовательной школы на 800 обучающихся

Обучающийся

Т.А. Потапова

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

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

Тольятти 2025

Аннотация

В бакалаврской работе были рассмотрены основные вопросы электроснабжения здания новой школы на 800 обучающихся. Основным и резервным источником питания является двухтрансформаторная подстанция 10/0,4 кВ. Для питания различных построек на территории школы на границе участка застройки устанавливается выносной главный распределительный щит. Все потребители школы разбиты на группы и определена их категория по надежности электроснабжения. Основной категорией является вторая, но имеются электроприемники, относящиеся к первой категории. Выбраны вводно-распределительные устройства производства ООО «СОЭМИ» с двумя взаиморезервирующими вводами. Для бесперебойного питания электроприемников первой категории предусмотрены панели противопожарных устройств, запитанные через устройство автоматического ввода резерва. Согласно выполненным расчётам общая установленная мощность объекта составила 1022 кВт, при этом расчётная мощность по результатам вычислений составила 544 кВт. Выбраны типы кабелей как для прокладки наружных сетей в траншеях, так и для использования внутри помещений. Расчёт сечения кабелей произведен до допустимой токовой нагрузки, выбраны автоматические выключатели по номинальным токам и токам расцепителей, которые были проверены на чувствительность к токам однофазных КЗ. Разработан перечень мероприятий по экономии электрической энергии в соответствии с требованиями закона 261-ФЗ. Для каждого ВРУ выбраны установки компенсации реактивной мощности. Рассмотрены вопросы организации системы заземления и молниезащиты здания школы. Определено требуемое количество светильников, необходимое для обеспечения нормируемого уровня освещённости в программе Dialux. Для внутреннего и наружного освещения здания приняты светодиодные светильники. Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 69 страниц и графической части на 6 листах формата А1.

Содержание

Введение	4
1 Характеристика внешних источников электроснабжения и выбор внутренней схемы электроснабжения для общеобразовательной школы на 800 обучающихся	8
1.1 Конструктивные решения распределительных устройств	12
1.2 Выбор распределительных устройств, пусковой и защитной аппаратуры	15
1.2.1 Одноэтажный блок развешивания	20
1.2.2 Здание КПП	22
2 Расчет максимальных нагрузок по зданию общеобразовательной школы на 800 обучающихся	26
3 Требования к надежности электроснабжения и качеству поставляемой электроэнергии для здания общеобразовательной школы на 800 обучающихся	32
4 Заземление и молниезащита здания общеобразовательной школы на 800 обучающихся	38
5 Выбор проводников и осветительной аппаратуры для системы электроснабжения общеобразовательной школы на 800 обучающихся	46
6 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения в здании общеобразовательной школы на 800 обучающихся	51
6.1 Внутреннее освещение зданий	51
6.2 Наружное освещение	57
Заключение	60
Список используемой литературы	65

Введение

В 2026 году планируется строительство современной общеобразовательной организации – школы, реализующей программы начального, основного и общего среднего образования. Проектируемая школа обеспечивает осуществление общеобразовательной деятельности в соответствии с уровнями образования, определенными федеральным законом:

- начальное общее образование (1-4 классы);
- основное общее образование (5-9 классы);
- среднее общее образование (10-11 классы).

«Вместимость школы 800 обучающихся, в том числе:

- 1 - 4 классы по 3 параллели – 12 классов – 306 обучающихся;
- 5 - 9 классы по 3 параллели – 15 классов – 390 обучающихся;
- 10 - 11 классы по 2 параллели – 4 класса – 104 обучающихся» [18].

Количество детей в группах продленного дня для 1-4 классов – 30% от общего количества в классе. Для 1 класса предусмотрена спальня-игровая для организации группы продленного дня в расчете 30% обучающихся в 1х классах. Для 2-4 классов предусмотреть возможность организации группы продленного дня в учебных кабинетах, с использованием помещений дополнительного образования и рекреаций.

Количество обучающихся определено на основании технического задания на проектирование и в соответствии с СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» и СП 251.1325800.2016 «Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования».

Режим работы школы с 7.00 часов до 21.00 часов.

Школа работает в режиме шестидневной учебной недели. Учебные занятия проводятся в одну смену с 8.00 до 15.00, «продолжительность урока составляет 45 минут. Продолжительность перемен между уроками составляет не менее 10 минут, большой перемены (после 2) – 20 минут» [18].

При этом учебные занятия в 1-4 классах проводятся в режиме 5-дневной учебной недели.

Проведение внеурочной деятельности и дополнительного образования учащихся осуществляется до 21.00 часа.

Режим работы групп продленного дня с 12.30 до 18.30 часов.

Общий штат – 101 человек. Преподавательский состав школы – 57 человек.

«Оборудование помещений принято в соответствии с Приложением №1 «Перечень средств обучения и воспитания, соответствующих современным условиям обучения, необходимых при оснащении общеобразовательных организаций в целях реализации мероприятий, предусмотренных подпунктом «г» пункта 5 приложения №3 к государственной программе Российской Федерации «Развитие образования» и подпунктом «б» пункта 8 приложения №27 к государственной программе Российской Федерации «Развитие образования», утвержденным приказом Министерства просвещения Российской Федерации от «23» августа 2021 г. № 590» [38].

Здание школы запроектировано переменной этажности – 1-3-х этажным с подвалом, имеет сложную форму в плане и состоит из функциональных блоков: блок помещений общешкольного назначения; учебный блок начального общего образования; учебный блок основного общего и среднего образования.

«Проектируемая школа представляет собой современное образовательное учреждение, деятельность которого направлена на подготовку учащихся к жизни в современном обществе на основе общего начального, основного и среднего (полного) общего образования в рамках государственных стандартов, обеспечивающих, прежде всего, личностное становление ребенка в учебной и внеурочной деятельности» [19].

Помещения общественного назначения (общешкольные группы помещений) являются общедоступными для всех обучающихся.

Для обучающихся предусмотрена возможность проведения внеурочной

деятельности и дополнительного образования по разным направлениям: физкультурно-спортивному, художественно-эстетическому, проектно-исследовательскому, техническому и др.

Модель проектируемой школы построена таким образом, чтобы каждый обучающийся (по своим возможностям) был вовлечен в активную учебную и внеурочную деятельность и чувствовал себя комфортно.

В проекте внедрены современные инновационные технологии в школьном образовании, целью которых является формирование активной, творческой личности учащегося, способного самостоятельно строить и корректировать свою учебно-познавательную деятельность. Предусмотренная в данной работе техническая оснащённость учебных кабинетов позволяет в деятельной форме качественно использовать информационные ресурсы, осуществлять проектно-исследовательскую и опытно-экспериментальную работу, представлять свои результаты на научно-практических конференциях, в педагогических изданиях. Инновационные технологии позволяют не только интересно и продуктивно организовывать учебные занятия, но и на более высоком техническом уровне осуществлять контроль и учет достигнутых результатов. Использование мультимедийных технологий и Интернет при изучении различных тем программы образования, обеспечивает необходимую эффективность обучения разным школьным наукам.

Для обеспечения функционирования в здании школы предполагается использование следующих видов электроприемников.

В учебных кабинетах установлены интерактивные доски, также в состав каждого автоматизированного рабочего места учителя (АРМ) входит интерактивный программно-аппаратный комплекс в составе интерактивной доски. АРМ учителя, в том числе, оборудовано компьютером, интерактивным планшетом, документ-камерой, МФУ, акустической системой.

Лаборатории-практикумы физики, химии и биологии оборудованы специальными демонстрационными столами, где предусмотрены пульта управления проектной аппаратурой, подача электричества. В лабораториях

установлены лабораторные двухместные комплексы для учебной практической и проектной деятельности по естественнонаучным дисциплинам (физика, химия, биология) с подводкой электроэнергии. Лаборатории и лаборантские химии и биологии оборудуются вытяжными шкафами.

Кабинеты информатики комплектуются видеодисплейными терминалами и персональными электронно-вычислительными машинами.

В мастерских по обработке дерева и металла установлены станки соответственно по обработке металла и дерева. Станки по металлообработке оборудованы местными вытяжными зонтами, станок по обработке дерева оснащен стружко- и пылеотсосом. В мастерской домоводства предусмотрено наличие холодильника, электроплиты с вытяжным зонтом. В мастерской кройки и шитья установлены швейные машины, швейно-вышивальная машина, гладильная доска с электроутюгом, парогенератор.

Библиотека является справочно-информационным центром школы. Читальный зал представлен как зал – медиатека, поделенный на зоны и оборудованный техническими средствами обучения (персональный компьютер, мобильный компьютерный класс, МФУ, интерактивный комплекс, обеспечивающий условия для индивидуальных занятий обучающихся и групповых просмотров видеoinформации).

Комната совещаний предназначена для проведения информационных и научно-практических мероприятий и видеоконференций. В зале установлена: система видеоотображения, система видеоконференцсвязи, трансляционная акустическая система, система управления, система коммутации, аудиосистема, звуковое оборудование. Весь комплекс оборудования управляется с помощью интегрированной системы управления с сенсорного монитора председателя.

Цель бакалаврской работы заключается в разработке надежной и экономичной системы электроснабжения здания школы, отвечающей требованиям безопасности как учебного персонала, так и обучающихся.

1 Характеристика внешних источников электроснабжения и выбор внутренней схемы электроснабжения для общеобразовательной школы на 800 обучающихся

В соответствии с заданием на проектирование точками присоединения сети электроснабжения 0,4 кВ являются:

- «наконечники проектируемой кабельной линии 0,4 кВ № 1 от РУ-0,4 кВ планируемой к строительству ТП 10/0,4 кВ № 647 от проектируемой КВЛ 10 кВ от опоры № 1 ВЛ-10-5 ПС 110 кВ № 31 – 137,5 кВт (основной ввод);
- наконечники проектируемой кабельной линии 0,4 кВ № 2 от РУ-0,4 кВ планируемой к строительству ТП 10/0,4 кВ № 647 от проектируемой ВЛ 10 кВ от опоры № 98 ВЛ-10-7 ПС 110 кВ № 31 – 137,5 кВт (резервный ввод);
- наконечники проектируемой кабельной линии 0,4 кВ № 3 от РУ-0,4 кВ планируемой к строительству ТП 10/0,4 кВ № 647 от проектируемой КВЛ 10 кВ от опоры № 1 ВЛ-10-5 ПС 110 кВ № 31 – 137,5 кВт (основной ввод);
- наконечники проектируемой кабельной линии 0,4 кВ № 2 от РУ-0,4 кВ планируемой к строительству ТП 10/0,4 кВ № 647 от проектируемой КВЛ 10 кВ от опоры № 98 ВЛ-10-7 ПС 110 кВ № 31 – 137,5 кВт (резервный ввод)» [14].

Приведенное распределение нагрузок действительно при равномерном распределении нагрузки по секциям и не всегда может быть обеспечено. Максимальная мощность подключения не должна быть больше 550 кВт.

И основным и резервным источниками питания для ТП №647 и через нее потребителей школы является ПС 110/10 кВ №31.

По согласованию с заказчиком и представителями электроснабжающей организации, на границе территории, определённой для строительства объектов проектируемой школы, планируется установка главного

распределительного щита для выполнения функций приёма и распределения электрической энергии по различным зданиям, находящимся на территории школы. «Подключение кабельных наконечников проектируемой питающей КЛ-0,4 кВ от ГРЩ до ВПУ осуществляется с нижних клемм отходящего автоматического выключателя, установленного в ВПУ. Данное соединение является границей эксплуатационной ответственности и балансовой принадлежности.

Все здания на территории проектируемого объекта, как и сам объект, снабжаются электроэнергией от ГРЩ. Предусмотрено отдельно стоящее здание ГРЩ в блочном, бетонном исполнении заводского изготовления. ГРЩ, состоящая из панелей ввода и панелей отходящих линий» [22]. Все панели заводского изготовления на базе ЩО-70. Панели ГРЩ от точек электроснабжения с разных секций шин РУ-0,4 кВ проектируемой ТП 10/0,4 кВ разделены по пожарной безопасности при резервировании. На отходящих линиях предусматривается установка коммутационных аппаратов, с номинальным током и уставкой максимальной токовой защиты согласно разрешенной мощности. Принципиальная схема ГРЩ приведена на рисунке 1.

Электропотребителями на объекте являются:

- «ВРУ1, ВРУ2, ВРУ3 здания школы;
- ВРУ гаража;
- ВРУ блока раздевалок
- ВРУ КПП;
- ВРУ насосной пожаротушения;
- ВРУ артскважин;
- ВРУ котельной;
- КНС;
- ЛОС;
- сеть наружного освещения» [32].

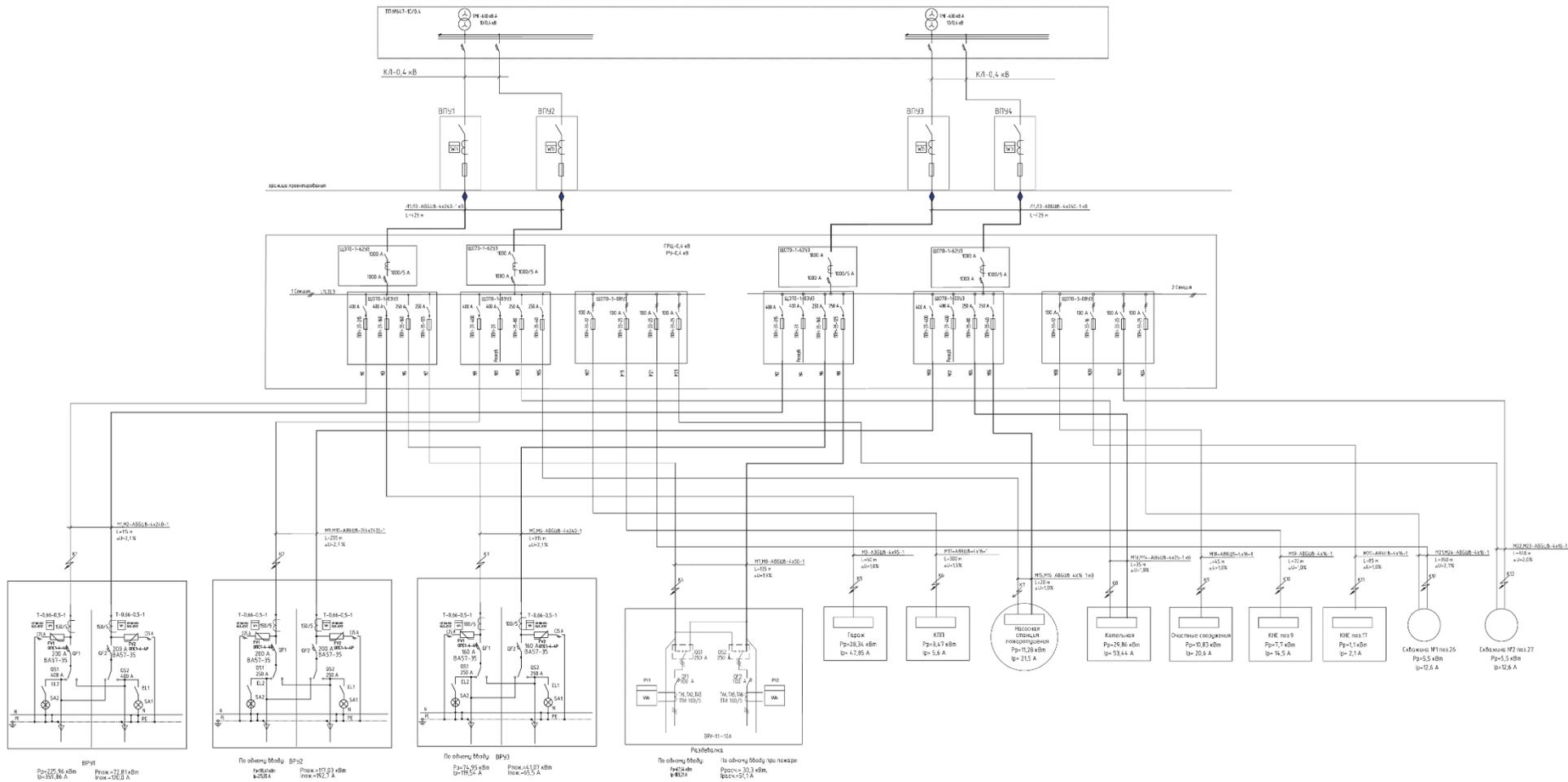


Рисунок 1 - Принципиальная схема ГРЩ

В соответствии с принятым функциональным назначением устанавливаемых в зданиях школы электроприёмников, большая их часть отнесена ко второй категории по надёжности обеспечения электроснабжения, при этом часть электроприёмников, «перерыв в электроснабжении которых может представлять опасность для жизни и здоровья обучающихся и сотрудников школы относятся к первой категории по надёжности обеспечения электроснабжения» [32]. Ко второй категории относятся установленные в помещении школы технологическое оборудование для приготовления пищи и используемое в учебном процессе, основная система искусственного освещения и электроприёмники принудительной вентиляции. В состав электроприёмников первой категории входят светильники системы аварийного освещения помещений в случае нештатных и аварийных ситуаций, системы оповещения о возникновении задымления, система управления вентиляцией для дымоудаления, а также электроприёмники системы обеспечения ликвидации пожара. Кроме того, к первой категории относятся электроприёмники различных видов сигнализации, как при возникновении пожара, так и охраны объекта, электрифицированные подъёмно-транспортные механизмы, а также электроприёмники индивидуального теплового пункта, обеспечивающие функционирование системы теплоснабжения и отопления здания школы.

«Для приборов АПС, ОС, СОТ предусмотрены резервные блоки питания с аккумуляторными батареями достаточной емкости, обеспечивающей необходимое время функционирования устройств» [25].

«Электроустановки в работе приняты с глухозаземлённой нейтралью трансформатора – системы TN-C-S. Напряжение сети 0,4/0,23 кВ переменного тока 50 Гц» [13].

При проектировании внутренней системы электроснабжения здания школы были выбраны радиальная и радиально-магистральная (смешанная) схемы электроснабжения, как обладающие повышенной надёжностью по сравнению с магистральной схемой и позволяющие в кратчайшие сроки

локализовать место повреждения и обеспечить нормальное функционирование остальных электроприёмников. Для снижения потерь электрической энергии и уменьшения протяжённости кабельных линий, «низковольтные распределительные устройства максимально приближались к запитанным от них электроприёмникам и по возможности размещались в центрах питаемых от них электрических нагрузок» [32].

1.1 Конструктивные решения распределительных устройств

Для питания основных электроприёмников, относящихся ко второй категории по надёжности электроснабжения в здании школы установлено три стандартных вводно-распределительных устройства. К каждому подходит по две питающие линии, обеспечивающие взаимный резерв в случае аварийной ситуации, так же каждое ВРУ содержит две секции шин на напряжение 0,4 кВ. На вводе ВРУ устанавливаются переключатели и автоматические выключатели, позволяющие в ручном режиме запитать обе секции шин от одного из вводов. В нормальном режиме обе секции функционируют раздельно и питают каждая свою выделенную нагрузку.

Для обеспечения требований к бесперебойности электроснабжения электроприёмников первой категории и автоматического ввода резерва в каждом ВРУ устанавливаются противопожарные панели, к которым подключаются все электроприёмники первой категории.

«Ящик с устройством АВР и панель ПЭСФЗ, принятые в данной работе, имеют боковые стенки для противопожарной защиты, установленной в них аппаратуры. Фасадная часть панели ПЭСФЗ имеет отличительную окраску красного цвета. Распределительные линии питания электроприёмников систем противопожарной защиты самостоятельны для каждого электроприёмника начиная от панели ПЭСФЗ, и сохраняют работоспособность в условиях пожара в течение времени, необходимого для функционирования систем противопожарной защиты здания.

Распределительные секции ВРУ здания, а также ПЭСПЗ оборудованы автоматическими выключателями с комбинированными расцепителями (тепловым и электромагнитным)» [1].

На рисунке 2 приведена принципиальная однолинейная расчетная схема 380/220 В щита ВРУЗ, АВРЗ, ПРЗ.1, ПРЗ.2, ПЭСПЗ-3, ПРЗА.

Для электроснабжения КПП и ЛОС в качестве ВРУ используются распределительные щиты, так как для них принята III категория электроснабжения.

Потребители водозаборных артезианских и КНС подключены по II категории надежности электроснабжения, согласно СП 31.13330.2021 [27] и СП 32.13330.2018 [28], имеют модульную конструкцию, и их категория электроснабжения определяется конструктивными решениями завода изготовителя.

Потребители котельной и насосной пожаротушения, подключенные по II и I категории соответственно, имеют блочно-модульную конструкцию, и их категория электроснабжения определяется конструктивными решениями завода изготовителя.

«Выбранные в работе схемы электроснабжения позволяют обеспечить электроэнергией все электроприёмники здания школы в соответствии с установленными для них требованиями к надёжности электроснабжения, вместе с тем обеспечивая соблюдение требований к экономичности и снижению протяженности кабельных линий и затрат на них» [22].

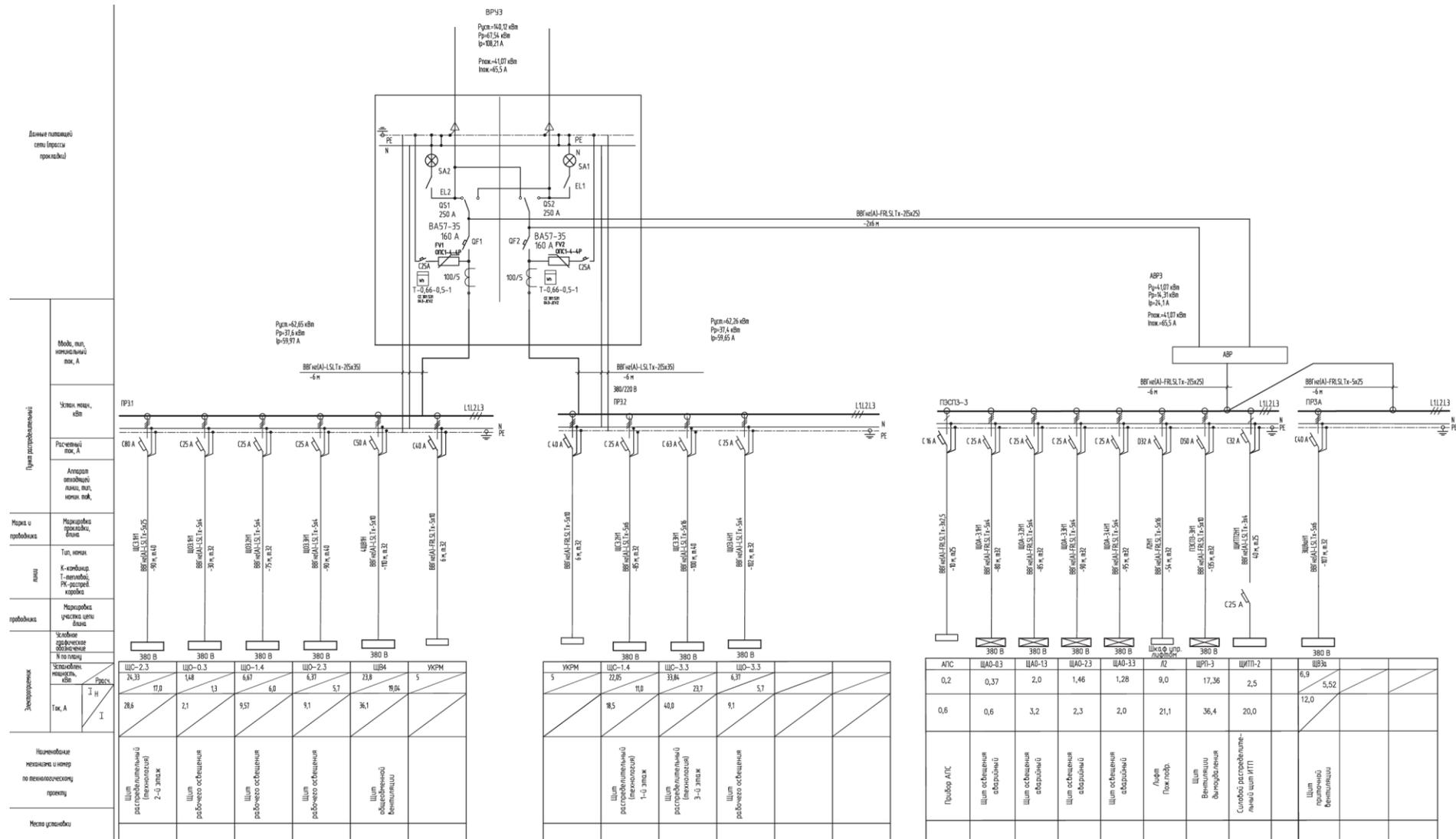


Рисунок 2 - Принципиальная однолинейная расчетная схема щита ВРУ3, АВР3, ПРЗ.1, ПРЗ.2, ПЭСПЗ-3, ПРЗА

1.2 Выбор распределительных устройств, пусковой и защитной аппаратуры

«Распределительные устройства, щиты, пульты, пускозащитная аппаратура, светильники, степень их защиты IP в работе выбрана в соответствии с категорией производства и класса взрыво- пожароопасности по ПУЭ, с условиями окружающей среды, экономии средств, удобства монтажа и обслуживания.

В качестве ВРУ здания принято стандартизованное блочное вводно-распределительное устройство производства ОАО «СОЭМИ», распределительные шкафы типа ПР и модульные щиты металлические навесные с автоматическими выключателями, установленные в центре нагрузок. Навесное оборудование устанавливается на высоте не менее 1,5 м от уровня пола.

Распределительные этажные модульные щиты с автоматическими выключателями устанавливаются по коридорам и технологическим помещениям. Основное технологическое оборудование поставляется в комплекте с пусковой и защитной аппаратурой: для приточной системы и др. технологическое оборудование пускозащитная аппаратура поставляется в комплекте с ТХ, ОВ оборудованием. Для управления электродвигателями оборудования, не комплектуемого пусковой аппаратурой (вытяжные вентиляторы и др.), применяются нестандартные щиты управления и магнитные пускатели, установленные в щитах. Схемы управления общеобменной вентиляции предусматривают автоматическое отключение всех систем от срабатывания системы АПС, а также дистанционное ручное отключение кнопкой с пульта контроля и управления, установленного в помещении охраны. Защита сетей выполняется автоматическими выключателями с комбинированными расцепителями, а защита электродвигателей от перегрузки обеспечивается тепловыми реле магнитных пускателей, а защита от коротких замыканий осуществляется электромагнитными расцепителями автоматических выключателей» [32].

«Расчетный ток короткого замыкания определяем по формуле» [3]:

$$I_{КЗ}^{(1)} = \frac{0,9 \cdot U_{\phi}}{\frac{Z_m}{3} + Z_n + Z_{нк}}, \quad (1)$$

где « U_{ϕ} - фазное напряжение, В;

Z_T - сопротивление обмотки трансформатора в Ом;

$Z_{п}$ - полное сопротивление петли фаза-ноль линии от трансформатора до точки КЗ в Ом;

$Z_{нк}$ - сопротивление переходных контактов в Ом» [3].

«Величины Z_T и $Z_{нк}$ определяются по табличным данным.

В соответствии с кривой защитных характеристик выбранных защитных аппаратов время автоматического отключения токов короткого замыкания меньше 0,4 сек. По токовым характеристикам условие срабатывания удовлетворяет требованиям ПУЭ. Таким образом условие выполняется, и защита кабельных линий обеспечивается» [3].

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

– по номинальному напряжению» [12]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (2)$$

– «по номинальному току» [19]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (3)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [12]:

$$I_{отк} \geq I_{КЗ}^{(3)}, \quad (4)$$

где « $I_{КЗ}^{(3)}$ – периодическая составляющая трехфазного тока КЗ» [2].

«Выбор исполнения расцепителей максимального тока. Если в соответствии с ПУЭ требуется защита от перегрузки и эта защита не обеспечивается другими устройствами, то автоматические выключатели должны иметь расцепители максимального тока с обратной зависимостью от тока характеристикой.

Любой аппарат защиты необходимо отстроить от токов перегрузки, свойственных нормальной эксплуатации.

Определяют ток уставки расцепителя с независимой от тока характеристикой» [12]:

$$k_{рн} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск}, \quad (5)$$

где « I_y – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$ – пусковой ток двигателя;

$k_{рн}$ – коэффициент разброса защитной характеристики, определяемый для нижней границы;

k_n - принимается равным 1,1 - 1,5» [12].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [12]:

$$t_i > t_{ni}, \quad (6)$$

где « t_i – время срабатывания расцепителя с обратной зависимостью от тока характеристикой;

t_{ni} – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [12].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [12]:

$$t_{cp} > t_{дон},, \quad (7)$$

где « t_{cp} – время срабатывания расцепителя;

$t_{дон}$ – допустимое время отключения в соответствии с ПУЭ» [12].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [12]:

$$I_{pa} \leq I_{нр} \leq I_{дон},, \quad (8)$$

$$I_2 \leq 1,45I_{дон},, \quad (9)$$

где « I_{pa} – расчетный ток цепи послеаварийного режима работы;

$I_{нр}$ – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$ – допустимы ток кабеля;

I_2 – ток, обеспечивающий надежное срабатывания устройств защиты» [12].

«При выполнении защиты от перегрузок и КЗ следует также выполнять требования 3.1.11 ПУЭ в части согласованности проводников и защитных устройств.

Проверка на селективность. В соответствии с ПУЭ защита в низковольтных сетях должна быть селективной» [13].

В таблицу 1 сводим результаты проверки условий срабатывания защитного аппарата при однофазном коротком замыкании. Точки короткого замыкания были обозначены на рисунке 1.

Таблица 1 - Результаты проверки условий срабатывания защитного аппарата при однофазном коротком замыкании

Проверяемый участок	Сечение фазного проводника, мм ²	Сечение N проводника, мм ²	Длина L, км	Ипл.вставк и (расцепителя) А	R ₀ , Ом/км	Z _п , Ом/км	Z _{тр} , Ом	Z _{п+тр} , Ом	И.з. ф-0, А	totкл., с
K1	4×240	4×240	0,115	315	0,303	0,035	0,014	0,049	4489,7	0,2<5 сек - соответствует ПУЭ
K2	2(4×240)	2(4×240)	0,255	400	0,101	0,026	0,014	0,04	5500,0	0,2<5 сек - соответствует ПУЭ
K3	4×240	4×240	0,315	160	0,303	0,095	0,014	0,109	2018,3	0,05<5 сек - соответствует ПУЭ
K4	4×50	4×50	0,135	125	1,29	0,174	0,014	0,188	1170,2	0,5<5 сек - соответствует ПУЭ
K5	4×95	4×95	0,05	160	0,797	0,04	0,014	0,054	4074,0	0,02<5 сек - соответствует ПУЭ
K6	4×16	4×16	0,3	32	3,96	1,188	0,014	1,202	183,0	0,4<5 сек - соответствует ПУЭ
K7	4×16	4×16	0,02	40	3,96	0,079	0,014	0,093	2365,6	0,3<5 сек - соответствует ПУЭ
K8	4×25	4×25	0,035	80	2,56	0,09	0,014	0,104	2115,4	0,01<5 сек - соответствует ПУЭ
K9	4×16	4×16	0,045	32	3,96	0,178	0,014	0,192	1145,8	0,01<5 сек - соответствует ПУЭ
K10	4×16	4×16	0,07	32	3,96	0,277	0,014	0,291	756,2	0,01<5 сек - соответствует ПУЭ
K11	4×16	4×16	0,085	16	3,96	0,337	0,014	0,351	626,7	0,02<5 сек - соответствует ПУЭ
K12	4×16	4×16	0,35	25	3,96	0,337	0,014	0,351	626,7	0,02<5 сек - соответствует ПУЭ
K13	4×16	4×16	0,34	25	3,96	0,337	0,014	0,351	626,8	0,02<5 сек - соответствует ПУЭ

1.2.1 Одноэтажный блок раздевалок

В соответствии с принятым функциональным назначением устанавливаемых в здании одноэтажного блока раздевалок электроприёмников, большая их часть отнесена ко второй категории по надёжности обеспечения электроснабжения, при этом часть электроприёмников, перерыв в электроснабжении которых может представлять опасность для жизни и здоровья обучающихся и сотрудников относятся к первой категории по надёжности обеспечения электроснабжения. Ко второй категории относятся установленные в помещении технологическое оборудование используемое в учебном процессе, основная система искусственного освещения и электроприёмники принудительной вентиляции. В состав электроприёмников первой категории входят светильники системы аварийного освещения помещений в случае нештатных и аварийных ситуаций, системы оповещения о возникновении задымления, система управления вентиляцией для дымоудаления, а также электроприёмники системы обеспечения ликвидации пожара. Кроме того, к первой категории относятся электроприёмники различных видов сигнализации, как при возникновении пожара, так и охраны объекта. Схема электрическая принципиальная ВРУ и АВР одноэтажного блока раздевалок приведена на рисунке 3.

При проектировании внутренней системы электроснабжения одноэтажного блока раздевалок были выбраны радиальная и радиально-магистральная (смешанная) схемы электроснабжения, как обладающие повышенной надёжностью по сравнению с магистральной схемой и позволяющие в кратчайшие сроки локализовать место повреждения и обеспечить нормальное функционирование остальных электроприёмников. Для снижения потерь электрической энергии и уменьшения протяжённости кабельных линий, низковольтные распределительные устройства максимально приближались к запитанным от них электроприёмникам и по возможности размещались в центрах питаемых от них электрических нагрузок.

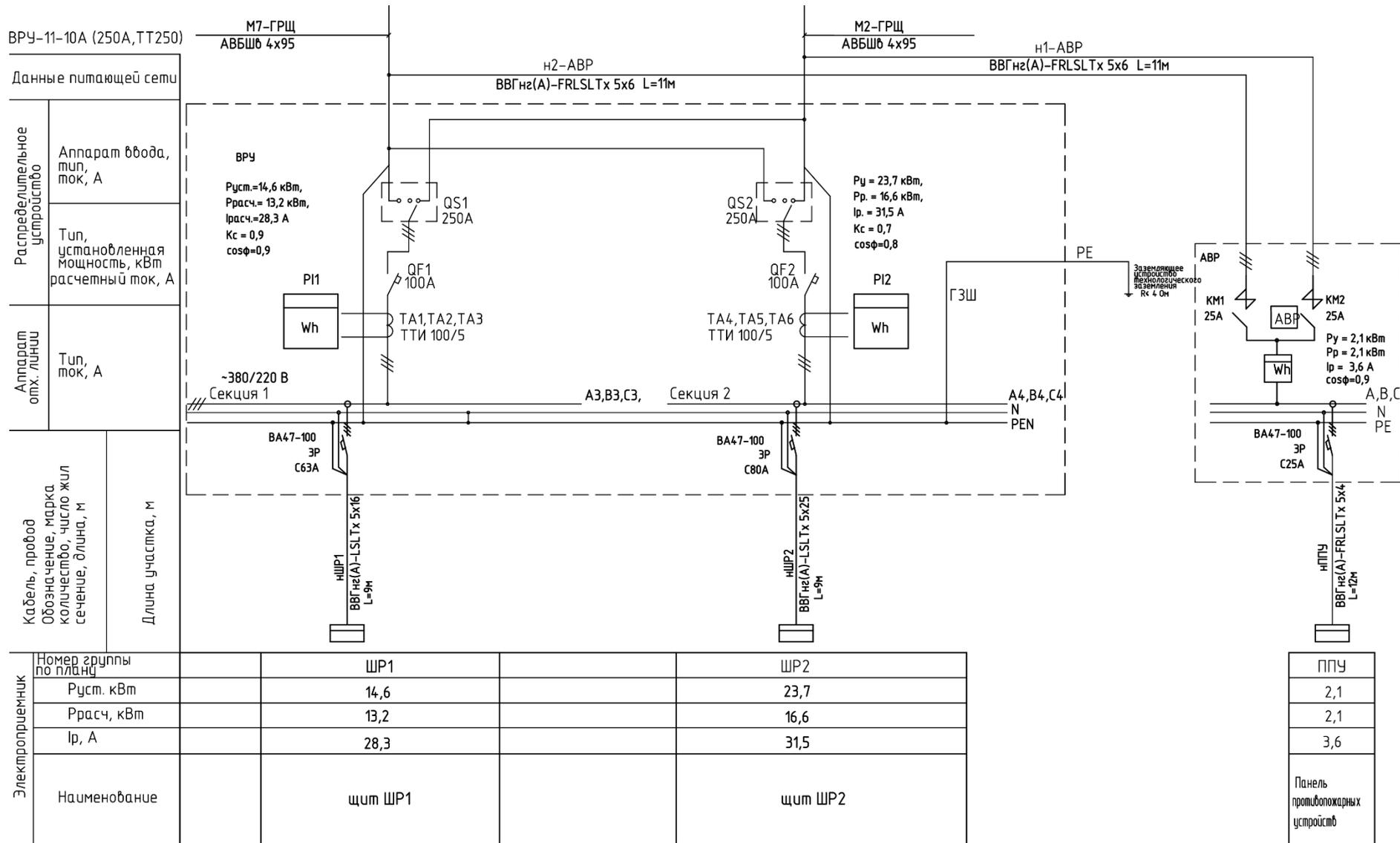


Рисунок 3 - Схема электрическая принципиальная ВРУ и АВР одноэтажного блока раздевалок

1.2.2 Здание КПП

В отношении надежности электроснабжения здание КПП относится к III категории надежности электроснабжения с частью потребителей I категории (системы АПС и СОУЭ, аварийное освещение). «Предусматривается установка электрощита навесного исполнения с автоматическим выключателем на вводе и дифференциальными автоматическими выключателями распределения на розеточные группы и подключение технологического оборудования» [22]. Основными потребителями электроэнергии являются - бытовые электроприборы, кондиционер, компьютерное оборудование. Бесперебойное электроснабжение электроприемников I категории надёжности электроснабжения обеспечивается использованием блоков резервного питания с аккумуляторными батареями достаточной емкости, обеспечивающей необходимое время функционирования устройств при отключении электроснабжения по основному вводу.

Освещение помещений выполняется светильниками со светодиодными лампами. «Управление освещением осуществляется выключателями, установленными по месту. В комнате охраны так же установлены светильники со встроенным блоком аварийного питания» [29].

На рисунке 4 приведена однолинейная электрическая схема ЩС КПП.

Выводы по разделу.

По согласованию с заказчиком и представителями электроснабжающей организации, на границе территории, определённой для строительства объектов проектируемой школы, планируется установка главного распределительного щита для выполнения функций приёма и распределения электрической энергии по различным зданиям, находящимся на территории школы. Все панели ГРЩ заводского изготовления на базе ЩО-70.

Источники питания	Фидер, щит	Маркировка; тип; номер
	Аппарат защиты	Маркировка; тип; ток, А
Маркировка – марка, сечение проводника – длина участка, м – потеря напряжения, % – способ прокладки		
Распределительный пункт: номер; тип; напряжение, В; установленная и расчетная мощность, кВт; расчетный ток, А; коэффициент мощности. Аппарат на вводе: тип; ток, А. Аппарат учета: тип; класс. Сборные шины		
Фаза отходящей линии (L1, L2, L3)		
Аппараты отходящей линии	Выключатель автоматический или предохранитель: тип; ток расцепителя или плавкой вставки, А	
	Пускатель магнитный: тип; ток нагревательного элемента, А	
Маркировка – расчетная нагрузка, кВт – коэффициент мощности – расчетный ток, А – длина участка, м	Момент нагрузки, кВт – м – потеря напряжения, % – марка, сечение проводника – способ прокладки	
	Условное графическое обозначение	
Номер по схеме расположения на плане		
Установленная мощность, P_u , кВт		
Номинальный ток, I_n , А		
Наименование (номер) помещения		
Наименование электроприемника		

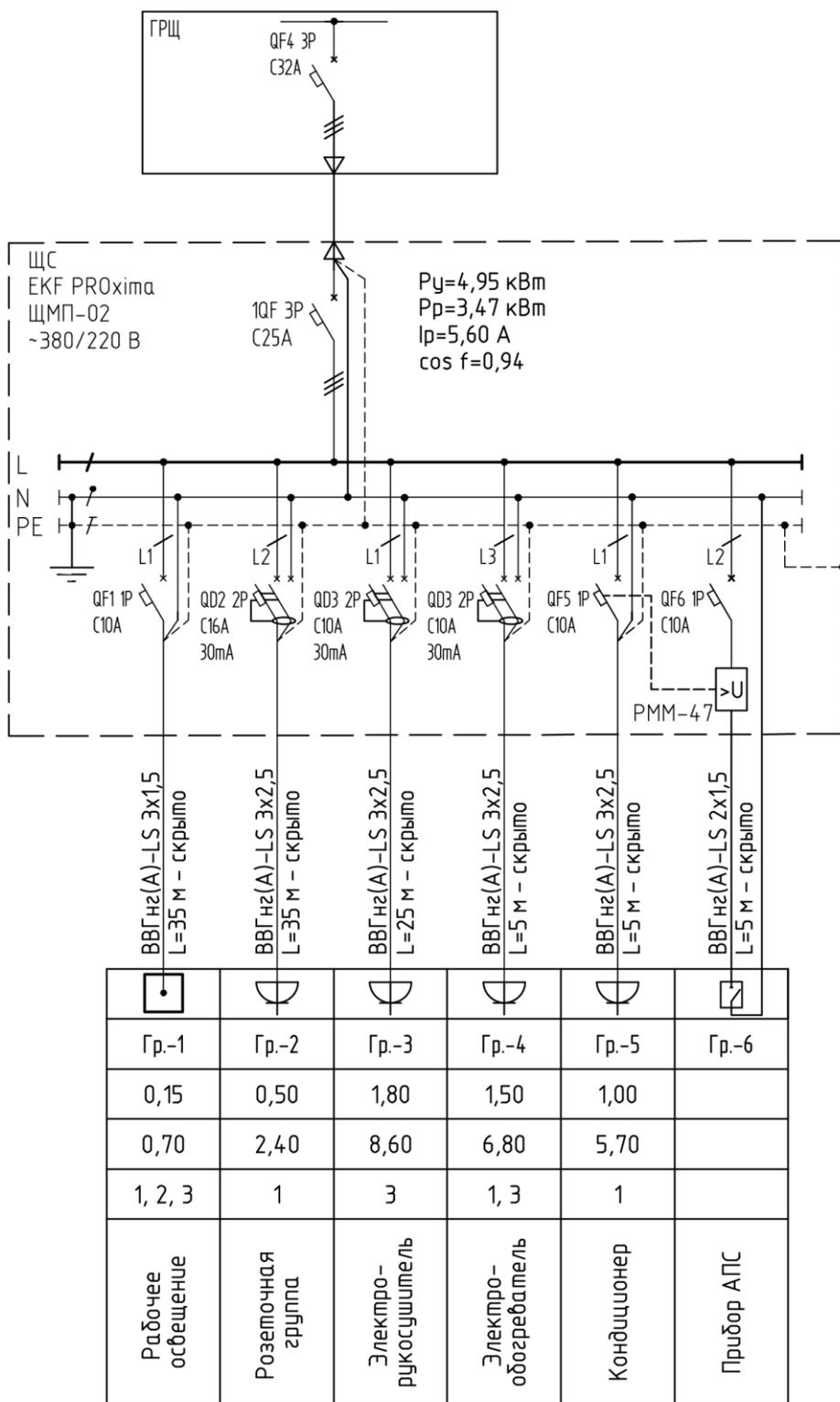


Рисунок 4 - Однолинейная электрическая схема ЩС КПП

На отходящих линиях предусмотрена установка коммутационных аппаратов, для которых по расчетным токам нагрузки были выбраны

номинальные токи и уставки максимальной токовой защиты по результатам расчета токов КЗ в 13 точках.

В соответствии с принятым функциональным назначением устанавливаемых в зданиях школы электроприёмников, большая их часть отнесена ко второй категории по надёжности обеспечения электроснабжения, при этом часть электроприёмников, «перерыв в электроснабжении которых может представлять опасность для жизни и здоровья обучающихся и сотрудников школы относятся к первой категории по надёжности обеспечения электроснабжения» [22]. Ко второй категории относятся установленные в помещении школы технологическое оборудование для приготовления пищи и используемое в учебном процессе, основная система искусственного освещения и электроприёмники принудительной вентиляции. В состав электроприёмников первой категории входят светильники системы аварийного освещения помещений в случае нештатных и аварийных ситуаций, системы оповещения о возникновении задымления, система управления вентиляцией для дымоудаления, а также электроприёмники системы обеспечения ликвидации пожара. Кроме того, к первой категории относятся электроприёмники различных видов сигнализации, как при возникновении пожара, так и охраны объекта, электрифицированные подъёмно-транспортные механизмы, а также электроприёмники индивидуального теплового пункта, обеспечивающие функционирование системы теплоснабжения и отопления здания школы.

При проектировании внутренней системы электроснабжения здания школы были выбраны радиальная и радиально-магистральная (смешанная) схемы электроснабжения, как обладающие повышенной надёжностью по сравнению с магистральной схемой и позволяющие в кратчайшие сроки локализовать место повреждения и обеспечить нормальное функционирование остальных электроприёмников. Для снижения потерь электрической энергии и уменьшения протяжённости кабельных линий, «низковольтные распределительные устройства максимально приближались к

запитанным от них электроприёмникам и по возможности размещались в центрах питаемых от них электрических нагрузок» [22].

Для питания основных электроприёмников, относящихся ко второй категории по надёжности электроснабжения в здании школы установлено три стандартных вводно-распределительных устройства. К каждому подходит по две питающие линии, обеспечивающие взаимный резерв в случае аварийной ситуации, так же каждое ВРУ содержит две секции шин на напряжение 0,4 кВ. На вводе ВРУ устанавливаются переключатели и автоматические выключатели, позволяющие в ручном режиме запитать обе секции шин от одного из вводов. В нормальном режиме обе секции функционируют отдельно и питают каждая свою выделенную нагрузку.

Для обеспечения требований к бесперебойности электроснабжения электроприёмников первой категории и автоматического ввода резерва в каждом ВРУ устанавливаются противопожарные панели, к которым подключаются все электроприёмники первой категории.

«Выбранные в работе схемы электроснабжения позволяют обеспечить электроэнергией все электроприёмники здания школы в соответствии с установленными для них требованиями к надёжности электроснабжения, вместе с тем обеспечивая соблюдение требований к экономичности и снижению протяженности кабельных линий и затрат на них» [22].

2 Расчет максимальных нагрузок по зданию общеобразовательной школы на 800 обучающихся

К основным группам потребителей электрической энергии применяемых в здании школы относится различное технологическое оборудование, используемое как в приготовлении пищи, так и непосредственно в учебном процессе, электрофицированные подъёмно-транспортные установки, система рабочего и аварийного освещения снабжённые светодиодными источниками света и установленные внутри помещений, а также система освещения прилегающей территории к зданию школы, электроприёмники системы вентиляции и дымоудаления здания, инженерные системы теплового пункта и обеспечения теплоснабжения.

«Расчет электрических нагрузок выполнен на основании Инструкции по проектированию городских электрических сетей РД 34.20.185-94» [14] и «нормативов для определения расчетных электрических нагрузок, утвержденных приказом № 213 от 29.06.1999 г. Минтопэнерго России и СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа» [33].

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [33]:

$$P_{p.p} = K_{c.p} \cdot P_{y.p} \cdot n, \quad (10)$$

где $K_{c.p}$ - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.p}$ - установленная мощность розетки, принимаемая 0,06 кВт (в том числе для подключения оргтехники);

n - число розеток» [23].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{p.o}$, следует определять по формуле» [33]:

$$P_{p.o} = P'_{p.o} + P_{p.p}, \quad (11)$$

где « $P'_{p.o}$ - расчетная нагрузка линий общего освещения;

$P_{p.p}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [33].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, следует определять по формуле» [33]:

$$P_{p.c} = K_c \cdot P_{y.c}, \quad (12)$$

где « K_c - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [33].

«Расчетную электрическую нагрузку питающих линий и вводов в рабочем и аварийном режимах при совместном питании силовых электроприемников и освещения P_p , следует определять по формуле» [33]:

$$P_p = K(P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}), \quad (13)$$

где « K - коэффициент, учитывающий несовпадение расчетных максимумов нагрузок силовых электроприемников, включая холодильное оборудование и освещение;

K_1 - коэффициент, зависящий от отношения расчетной электрической нагрузки освещения к нагрузке холодильного оборудования холодильной станции;

$P_{p.o}$ - расчетная электрическая нагрузка освещения;

$P_{p.c}$ - расчетная электрическая нагрузка силовых электроприемников без холодильных машин систем кондиционирования воздуха;

$P_{p.x.c}$ - расчетная электрическая нагрузка холодильного оборудования систем кондиционирования воздуха» [33].

В таблице 2 приведены результаты группировки основных электроприёмников, установленная мощность по каждой группе, определённые по справочным данным коэффициенты спроса и мощности, а также результаты определения активных, реактивных и полных расчётных нагрузок, и расчётного тока, результаты выбора мощности компенсирующих устройств и итоговые значения по расчётной мощности с учётом компенсации для ВРУ1.

Таблица 2 - Результаты расчета электрических нагрузок по ВРУ1 здания школы

Наименование потребителей	Мощность установленная P_u , кВт	Коэффициенты			Нагрузка			Расчетный ток I_p , А
		K_c	$\cos f$	$\operatorname{tg} f$	Активная P_p , кВт	Реактивная Q , кВАр	Полная S , кВА	
Рабочее освещение	21,54	0,64	0,92	0,43	13,79	5,87	14,98	22,77
Аварийное освещение	4,61	1,00	0,92	0,43	4,61	1,96	5,01	7,61
Наружное освещение	6,60	1,00	0,96	0,29	6,60	1,93	6,88	10,45
Технологическое оборудование	330,26	0,53	0,92	0,43	175,04	74,57	190,26	289,07
Вентиляционное оборудование	41,61	0,50	0,85	0,62	20,81	12,89	24,48	37,19
Приборы АПС	0,20	1,00	0,85	0,62	0,20	0,12	0,24	0,36
Насосное оборудование	9,20	0,60	0,82	0,70	5,52	3,85	6,73	10,23
ИТП	2,50	0,60	0,82	0,70	1,50	1,05	1,83	2,78
Итого ВРУ1:	416,52	0,54	0,91	0,45	226,56	101,20	248,13	376,99
УКРМ	-	-	-	-	-	30,00	-	-
Итого ВРУ1 с компенсацией:	416,52	0,54	0,95	0,31	226,56	71,20	237,48	360,81

В таблице 3 приведены результаты группировки основных электроприёмников, установленная мощность по каждой группе, определённые по справочным данным коэффициенты спроса и мощности, а также результаты определения активных, реактивных и полных расчётных нагрузок, и расчётного тока, результаты выбора мощности компенсирующих устройств и итоговые значения по расчётной мощности с учётом компенсации для ВРУ2 здания школы.

Таблица 3 - Результаты расчета электрических нагрузок по ВРУ2 здания школы

Наименование потребителей	Мощность установленная P_u , кВт	Коэффициенты			Нагрузка			Расчетный ток I_p , А
		K_c	$\cos f$	$\operatorname{tg} f$	Активная P_p , кВт	Реактивная Q , кВАр	Полная S , кВА	
Рабочее освещение	27,82	0,50	0,92	0,43	13,91	5,93	15,12	22,97
Аварийное освещение	4,37	1,00	0,92	0,43	4,37	1,86	4,75	7,22
Технологическое оборудование	212,60	0,48	0,92	0,43	102,05	43,47	110,92	168,53
Вентиляционное оборудование	25,95	0,40	0,85	0,62	10,38	6,43	12,21	18,55
Подъемное оборудование	9,00	0,50	0,80	0,75	4,50	3,38	5,63	8,55
Приборы АПС	0,20	1,00	0,85	0,62	0,20	0,12	0,24	0,36
Итого ВРУ2:	279,94	0,48	0,91	0,45	135,41	61,20	148,60	225,77
УКРМ	-	-	-	-	-	20,00	-	-
Итого ВРУ2 с компенсацией:	279,94	0,48	0,96	0,30	135,41	41,20	141,54	215,05

В таблице 4 приведены результаты группировки основных электроприёмников, установленная мощность по каждой группе, определённые по справочным данным коэффициенты спроса и мощности, а также результаты определения активных, реактивных и полных расчётных нагрузок, и расчётного тока, результаты выбора мощности компенсирующих устройств и итоговые значения по расчётной мощности с учётом компенсации для ВРУ3 здания школы.

Таблица 4 - Результаты расчета электрических нагрузок по ВРУ3 здания школы

Наименование потребителей	Мощность установленная P_u , кВт	Коэффициенты			Нагрузка			Расчетный ток I_p , А
		K_c	$\cos f$	$\operatorname{tg} f$	Активная P_p , кВт	Реактивная Q , кВАр	Полная S , кВА	
Рабочее освещение	15,89	0,50	0,92	0,43	7,95	3,38	8,64	13,12
Аварийное освещение	4,11	1,00	0,92	0,43	4,11	1,75	4,47	6,79
Технологическое оборудование	80,22	0,48	0,92	0,43	38,51	16,40	41,85	63,59
Вентиляционное оборудование	30,70	0,40	0,85	0,62	12,28	7,61	14,45	21,95

Продолжение таблицы 4

Наименование потребителей	Мощность установленная P_u , кВт	Коэффициенты			Нагрузка			Расчетный ток I_p , А
		K_c	$\cos f$	$\operatorname{tg} f$	Активная P_p , кВт	Реактивная Q , кВАр	Полная S , кВА	
Подъемное оборудование	9,00	0,50	0,80	0,75	4,50	3,38	5,63	8,55
Приборы АПС	0,20	1,00	0,85	0,62	0,20	0,12	0,24	0,36
Итого ВРУЗ:	140,12	0,48	0,90	0,48	67,54	32,60	75,00	113,95
УКРМ	-	-	-	-	-	10,00	-	-
Итого ВРУЗ с компенсацией:	140,12	0,48	0,95	0,33	67,54	22,60	71,22	108,21

В таблице 5 приведены итоговые значения по каждому объекту застраиваемой площадки, суммарные значения установленной мощности по каждому объекту, средневзвешенные значения коэффициентов спроса и мощности, а также результаты определения активных, реактивных и полных расчётных нагрузок, и расчётного тока по остальным зданиям площадки застройки и по ГРЩ в целом.

Таблица 5 - Результаты расчета электрических нагрузок по остальным зданиям площадки застройки и по ГРЩ в целом

Наименование потребителей	Мощность установленная P_u , кВт	Коэффициенты			Нагрузка			Расчетный ток I_p , А
		K_c	$\cos f$	$\operatorname{tg} f$	Активная P_p , кВт	Реактивная Q , кВАр	Полная S , кВА	
Блок раздевалок	40,65	0,70	0,90	0,48	28,46	13,78	31,62	48,04
КПП	4,95	0,70	0,94	0,36	3,47	1,26	3,69	5,60
Гараж	70,86	0,40	0,90	0,48	28,34	13,73	31,49	47,85
Котельная	33,18	0,90	0,92	0,43	29,86	12,72	32,46	49,32
ЛОС	15,47	0,70	0,86	0,59	10,83	6,43	12,59	19,13
КНС1	11,00	0,70	0,85	0,62	7,70	4,77	9,06	13,76
КНС2	1,60	0,70	0,85	0,62	1,12	0,69	1,32	2,00
Скважина (в т.ч. резервная)	8,50	0,65	0,90	0,48	5,53	2,68	6,14	9,33
Насосная пожаротушения	11,28	1,00	0,90	0,48	11,28	5,46	12,53	19,04
Итого:	186,21	0,70	0,90	0,49	115,30	56,10	128,22	194,81
Итого на шинах ГРЩ:	1022,79	0,53	0,94	0,35	544,81	191,10	577,35	877,19

Выводы по разделу.

В результате сбора исходной информации и произведенных расчетов были определены следующие показатели системы электроснабжения комплекса объектов на территории новой школы на 800 учащихся:

- категория обеспечения надежности снабжения электрической энергией для основной группы электроприемников – II;
- номинальное значение напряжения питания для трехфазной системы – 0,4 кВ;
- максимальное значение разрешенной активной мощности подключения согласно ТУ, выданным электроснабжающей организацией – 550,0 кВт;
- суммарное значение установленной мощности по всем объектам строительства на территории школы (на шинах ГРЩ) – $P_u = 1022,79$ кВт;
- суммарное значение расчетной мощности по всем объектам строительства на территории школы (на шинах ГРЩ) – $P_p = 544,81$ кВт (что не превышает разрешенного значения);
- значение годового потребления электрической энергии по всем объектам строительства на территории школы – $W = 1130,872$ тыс. кВт·ч.

3 Требования к надежности электроснабжения и качеству поставляемой электроэнергии для здания общеобразовательной школы на 800 обучающихся

Категории надежности электроснабжения электроприемников проектируемого объекта:

- «электроприемники ВРУ1, ВРУ2, ВРУ3 и ВРУ блока развеевалок относятся к II категории надежности электроснабжения (основное технологическое и инженерное оборудование школы, бытовая розеточная сеть, сеть рабочего электроосвещения), с частью электроприемников I категории надежности (шкаф сетей связи, подъемное оборудование, аварийное освещение, противопожарные устройства, системы автоматической пожарной сигнализации. Электроснабжение электроприемников II категории надежности электроснабжения выполняется взаиморезервируемыми рабочими вводами 0,4 кВ от ГРЩ-0,4 кВ до ВРУ с ручным переключением на вводе» [18];
- «электроприемники котельной и насосной пожаротушения относятся к I категории надежности электроснабжения, в соответствии с СП 256.1325800.2016 п. 6.1, СП 89.13330.2016 п. 16.1, а также определяется конструктивными решениями завода-изготовителя. Электроснабжение осуществляется по двум независимым взаиморезервируемыми питающим линиям электроснабжения 0,4 кВ от ГРЩ-0,4 кВ до устройства автоматического ввода резерва в котельной и насосной пожаротушения» [31];
- «электроприемники КПП, и ЛОС, сети наружного освещения относятся к III категории надежности электроснабжения, электроснабжение выполняется по одной питающей линии электроснабжения. Электроснабжение части электроприемников I

категории надежности электроснабжения данных электропотребителей (аварийное освещение, системы охранной сигнализации, пожарной сигнализации, сетей связи и КПП) выполняется с использованием индивидуальных источников бесперебойного питания» [33].

«Потребители водозаборных артезианских и КНС подключены по II категории надежности электроснабжения, согласно СП 31.13330.2021 и СП 32.13330.2018, имеют модульную конструкцию, и их категория электроснабжения определяется конструктивными решениями завода изготовителя» [27], [28].

Прокладку питающих кабельных линий необходимо выполнить в соответствии с указаниями серии А5-92 «Прокладка кабелей напряжением до 35 кВ в траншеях» [21]. «Для передачи электрической энергии от главного распределительного щита до вводных распределительных устройств зданий используются бронированные кабели с алюминиевыми жилами типа АВБШв, проложенные в земляной траншее с учетом требований к прокладке взаиморезервирующих линий, через несгораемую перегородку из красного кирпича, установленного на ребро (в соответствии с СП 76.13330.2016)» [30]. «Защита кабельных линий 0,4 кВ выполняется хризотилцементной трубой диаметром 100 мм. В местах, где не требуется защита кабельных линий 0,4 кВ, в траншее прокладывается сигнальная ПВХ лента красного цвета с надписью: «Осторожно кабель!!» в соответствии с ПУЭ, изд. 6 гл. 2.3.83» [13].

«Для электроприёмников относящихся к первой категории в электрощитовой основного здания школы устанавливается отдельная панель с устройством автоматического ввода резерва, стенки которой окрашиваются краской красного цвета. Для прокладки к устройству автоматического ввода резерва используются специальные кабели с медной токопроводящей жилой и изоляцией стойкой к горению, низким выделением газов и дыма при горении и пониженной токсичностью продуктов сгорания ВВГнг(А)-FRLSLTx» [32]. Указанные кабели прокладываются по разным трассам, в соответствии со ст.

82 «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» [35], ГОСТ 31565-2012. «От ввода в здание до ВРУ на кабели нанести огнезащитную краску.

Для защиты прохода взаиморезервируемых кабельных линий из одного пожарного отсека в другой и обеспечения необходимого времени огнестойкости трассы используются ограждающие строительные конструкции с огнестойкостью EI45» [4].

Качество электроэнергии должно соответствовать нормам, установленным в ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [5]. Потеря напряжения в сетях электроснабжения не превышает 5 %.

Уровни регулирования напряжения на шинах 0,4 кВ, к которой подсоединены распределительные сети, в пределах не ниже 105 % номинального в период наибольших нагрузок и не выше 100 % номинального в период наименьших нагрузок этих сетей.

Герметизация вводов в здание выполняется по серии 5.905-26.08 «Уплотнение вводов инженерных коммуникаций газифицированных зданий и сооружений» [20].

Для всех питающих линий 0,4 кВ были определены сечения кабелей по длительно допустимым токам с учетом числа проложенных кабелей, способа прокладки и снижающих коэффициентов, обусловленных этим. Каждая линия была проверена на допустимые потери напряжения. Защитно-коммутационные аппараты были проверены на способность отключения минимальных значений токов однофазного КЗ в конце линии.

Кабели прокладываются в траншеях с подсыпкой снизу, а сверху с засыпкой слоем мелкой земли, не содержащей камней, строительного мусора и шлака.

Для кабельных линий до 20 кВ, кроме линий выше 1 кВ, питающих электроприемники I категории, в траншеях с количеством кабельных линий не

более двух применять вместо кирпича сигнальные пластмассовые ленты. Не допускается применение сигнальных лент в местах пересечений кабельных линий с инженерными коммуникациями и над кабельными муфтами на расстоянии по 2 м в каждую сторону от пересекаемой коммуникации или муфты, а также на подходах линий к распределительным устройствам и подстанциям в радиусе 5 м.

Объект не требует дополнительных и резервных источников питания. Для приборов АПС применяется резервный источник питания – аккумуляторные батареи.

«Для обеспечения требуемого уровня потребления реактивной мощности из сети, были выбраны автоматические установки компенсации реактивной мощности, которые устанавливаются в каждом ВРУ и на каждой секции шин для исключения перетоков реактивной мощности через сеть высокого напряжения» [22]. Выбранные значения реактивной мощности приведены в таблицах по определению расчетных нагрузок. С учетом мощности, вырабатываемой КУ значение коэффициента мощности на шинах ВРУ не превышает $\text{tg } \varphi \leq 0,35$.

Защита сетей и автоматика.

«Защита питающих сетей электрооборудования внутри здания выполнена автоматическими выключателями с комбинированным (тепловым и электромагнитным) расцепителем, установленных на ВРУ, распределительных и этажных щитах. Розеточные сети дополнительно защищены УЗО с отключением при дифференциальном токе 30 мА.

В классных кабинетах и лабораториях подключение розеток на учебных и лабораторных столах осуществляется от специальных лабораторных щитков, устанавливаемых у стола преподавателя.

Управление системой антиобледенения (обогрев воронок) принято автоматическим, с помощью метеостанции ЕТО2-4550 и датчиков температуры и влажности ЕТОГ-55» [32].

На основании требований Федерального закона от 23.11.2009 г. № 261-

ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [37], проектными решениями предусмотрены следующие мероприятия по энергосбережению:

- «применение системы учета электроэнергии;
- максимальное приближение ТП 10/0,4 кВ к вводно-распределительным устройствам электропотребителей объекта, а также распределительных этажных щитов и щитов освещения к нагрузкам внутри здания;
- автоматизация управления приводами вентиляции, блокировка их, исключающая холостую работу;
- автоматическое регулирование (в том числе по наружной температуре воздуха) температуры приточного воздуха в общеобменной вентиляции;
- в качестве обогрева помещений не используются электронагревательные приборы;
- регулирование температуры теплоносителя в системе отопления зданий объекта в зависимости от наружной температуры воздуха;
- применение светильников со светодиодным световым элементом;
- отдельное отключение светильников, расположенных вдоль окон;
- управление рабочим освещением в помещениях осуществляется выключателями, устанавливаемыми по месту;
- возможность отключения светильников по технологическим участкам;
- управление аварийным эвакуационным освещением осуществляется автоматически по сигналу от прибора пожарной сигнализации.

Экономия трудозатрат достигается:

- применением стандартизованных панелей ВРУ;
- применением комплектных и модульных распределительных устройств» [37].

Выводы по разделу.

Для передачи электрической энергии от главного распределительного щита до вводных распределительных устройств зданий используются бронированные кабели с алюминиевыми жилами типа АВБШв, проложенные в земляной траншее с учетом требований к прокладке взаиморезервирующих линий.

Для электроприёмников относящихся к первой категории в электрощитовой основного здания школы устанавливается отдельная панель с устройством автоматического ввода резерва, стенки которой окрашиваются краской красного цвета. Для прокладки к устройству автоматического ввода резерва используются специальные кабели с медной токопроводящей жилой и изоляцией стойкой к горению, низким выделением газов и дыма при горении и пониженной токсичностью продуктов сгорания ВВГнг(А)-FRLSLTx. Указанные кабели прокладываются по разным трассам.

Для всех питающих линий 0,4 кВ были определены сечения кабелей по длительно допустимым токам с учетом числа проложенных кабелей, способа прокладки и снижающих коэффициентов, обусловленных этим. Каждая линия была проверена на допустимые потери напряжения. Защитно-коммутационные аппараты были проверены на способность отключения минимальных значений токов однофазного КЗ в конце линии.

«Для обеспечения требуемого уровня потребления реактивной мощности из сети, были выбраны автоматические установки компенсации реактивной мощности, которые устанавливаются в каждом ВРУ и на каждой секции шин для исключения перетоков реактивной мощности через сеть высокого напряжения» [22]. Выбранные значения реактивной мощности приведены в таблицах по определению расчетных нагрузок. С учетом мощности, вырабатываемой КУ значение коэффициента мощности на шинах ВРУ не превышает $\text{tg } \varphi \leq 0,35$.

Разработан перечень мероприятий по экономии электрической энергии в соответствии с требованиями закона 261-ФЗ.

4 Заземление и молниезащита здания общеобразовательной школы на 800 обучающихся

«Электроприемники зданий объекта напряжением до 1 кВ относятся к электроустановкам с глухозаземленной нейтралью (система TN-C-S) и подлежат заземлению (занулению) в соответствии с требованиями главы 1.7 ПУЭ» [13].

«Сопротивление одного вертикального электрода из угловой стали» [8]:

$$R_{\text{зо}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.г}}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t' + l}{4t' - l} \right), \quad (14)$$

где « $\rho_{\text{расч.г}}$ – расчетное удельное сопротивление грунта для стержневых заземлителей,

l – длина вертикального заземлителя;

b – ширина полки уголка;

t' – глубина заложения верха заземлителя» [8];

«Находим глубину заложения верха заземлителя» [8]:

$$t' = t_0 + \frac{1}{2}l, \quad (15)$$

где « t_0 – глубина заложения вершины вертикального заземлителя» [8];

«Сопротивление вертикальных электродов при коэффициенте использования нормативном коэффициенте использования» [8]:

$$R_{\text{г}} = \frac{R_{\text{зо}}}{\eta_{\text{г}} \cdot n_{\text{г}}}, \quad (16)$$

где « $\eta_{\text{г}}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [8];

«Сопrotивление горизонтального электрода из оцинкованной полосы для 2-ой климатической зоны» [8]:

$$R_z = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.з}}{l_z} \cdot \lg \frac{2l_z^2}{b \cdot t_0}, \quad (17)$$

где « l_z – длина горизонтального заземлителя;

b – ширина полосы горизонтального заземлителя;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя» [8];

«Расчетное результирующее сопротивление R_u заземляющего устройства» [8]:

$$R_u = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z + R_g}, \quad (18)$$

По результатам произведенных расчетов принята система заземления со следующими параметрами:

- внешний контур заземления выполняется при помощи оцинкованных стержней диаметром 18 мм, которые прокладываются вдоль всего здания на расстоянии не ближе 1 м от фундамента в земляной траншее на глубине не менее 0,5 м от нижней отметки земляного покрова для избегания сезонных и температурных колебаний (заземлитель соответствует ПУЭ гл. 1.7, изд. 7 и с техническим циркуляром «Росэлектромонтаж» № 11/2006 от 16.10.2006 г.) [35]. Выпуски из земли ($h=300$ мм от поверхности земли) выполняются оцинкованной сталью полосовой 30×5 мм, к которой в дальнейшем присоединяются токоотводы;
- «магистральная линия основной системы уравнивания потенциалов выполняется из стали прямоугольного сечения с размерами 40 мм по длинной стороне на 5 мм по короткой стороне, и устанавливается на

стенах по периметру электрощитовых, технических помещений, венткамер, в помещении водомерного узла, насосной станции, тепловом пункте;

- подключение к электроприемникам выполняется из стали прямоугольного сечения с размерами 25 мм по длинной стороне на 4 мм по короткой стороне» [12].

Внутренняя сеть заземления соединяется с внешним контуром не менее чем в двух местах.

Технические решения по молниезащите здания школы, блока раздевалок и КПП соответствуют требованиям «Инструкции по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО-153-34.21.122-2003 [23]. Проектируемые здания относятся к обычным объектам. Надежность защиты от прямых ударов молнии (ПУМ) принята – 0,8, что соответствует IV уровню защиты.

«Для защиты здания и находящихся в нем электроприемников от поражения молниевыми разрядами используется молниеприемная сетка, укладываемая на крышу защищаемого здания, при этом сетка выполняется из стальных прутьев круглого сечения диаметром 8 мм и с шагом ячеек не более 10 метров на 10 метров. Все выступающие части кровли (металлические козырьки вентиляционных шахт, стойки антенн) соединить сталью круглой диаметром 8 мм с молниеприемной сеткой. В качестве токоотводов используется сталь круглая диаметром 8 мм, спуски которой не реже чем через 20 м соединяются с наружным контуром заземления. Для их крепления на фасаде проектом предусмотрены фасадные держатели, с частотой установки не реже, чем раз на 1 м. Токоотводы выполнить не ближе 3 м от входов в здание. Все выступающие части кровли (металлические козырьки вентиляционных шахт, стойки антенн) соединить сталью круглой диаметром 8 мм с молниеприемной сеткой. Все соединения необходимо выполнить в соответствии с требованиями ГОСТ 10434-82» [2]. На рисунке 5 представлена схема уравнивания потенциалов для здания школы.

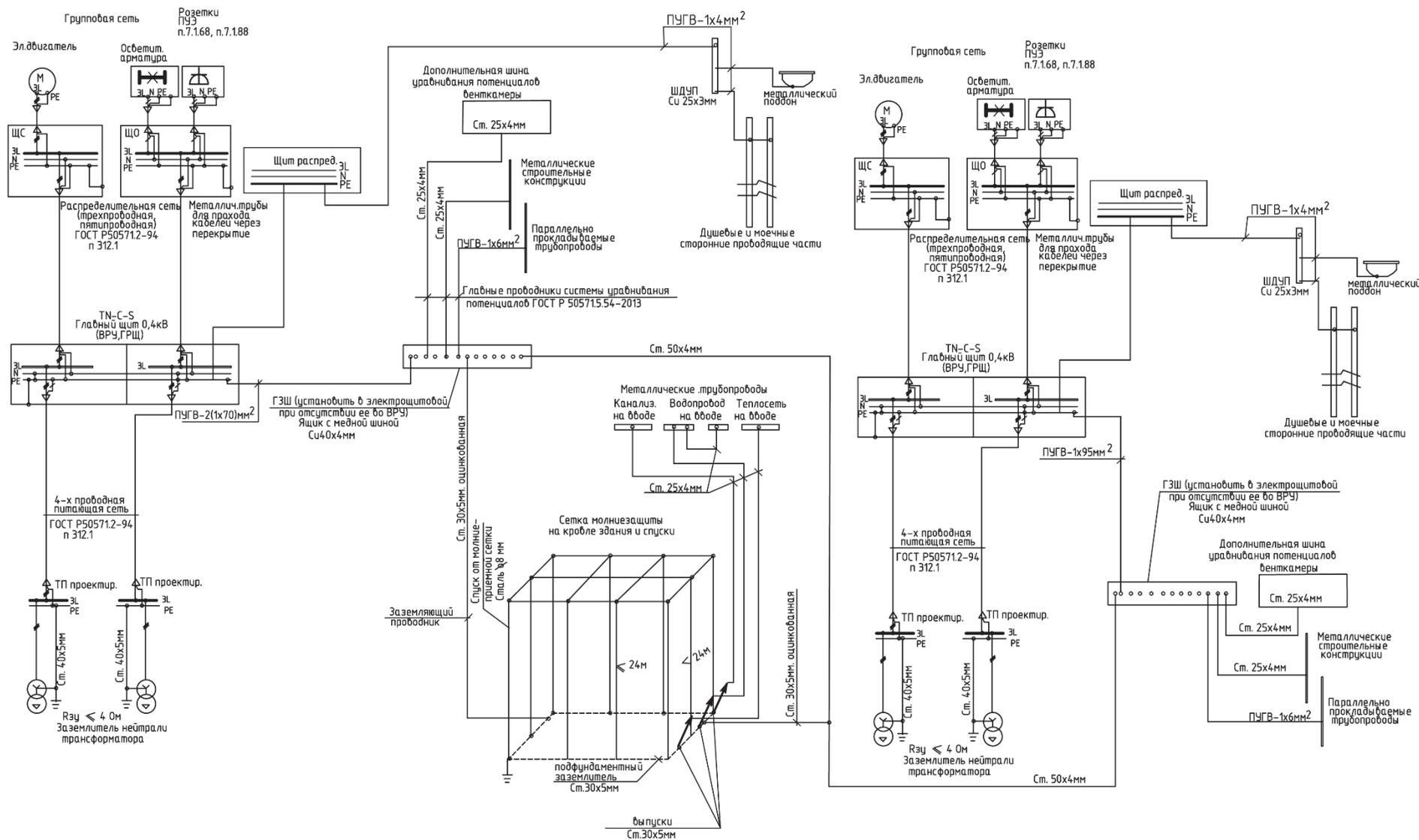


Рисунок 5 - Схема уравнивания потенциалов для здания школы

«Защиту здания ГРЩ от прямых ударов молнии выполняется путём заземления металлической кровли опусками из оцинкованной круглой стали диаметром 8 мм с общим контуром заземления» [23]. Все соединения выполняются сваркой.

Молниезащита футбольного стадиона осуществляется молниеприемными стержнями, установленными на осветительных мачтах в четырех углах стадиона. Трибуны так же попадают в зону действия мачт наружного освещения стадиона.

Описание системы уравнивания потенциалов:

- а) Для выполнения основной системы уравнивания потенциалов к ГЗШ проводниками уравнивания потенциалов необходимо присоединить:
- нулевые защитные проводники PEN питающих линий;
 - заземляющий проводник, присоединенный к заземлителю повторного заземления на вводе в здание;
 - металлические трубы коммуникаций, входящих в здание;
 - металлические части каркаса здания;
 - металлические части централизованных систем вентиляции и кондиционирования (при наличии децентрализованных систем вентиляции и кондиционирования металлические воздуховоды присоединить к шине РЕ щитов питания вентиляторов и кондиционеров);
 - металлические оболочки телекоммуникационных кабелей.

Проводящие части, входящие в здание извне, соединить как можно ближе к точке их ввода в здание.

- б) В качестве проводников основной системы уравнивания потенциалов использовать специально проложенные проводники в виде стальной полосы 40×4 мм или медные провода сечением от 6 до 25 мм² с изоляцией желто-зеленого цвета (провод ПуГВВ в ПВХ трубах).
- в) Система дополнительного уравнивания потенциалов должна

соединять между собой одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания и проводящие части сантехнического оборудования.

- г) В качестве проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов использовать специально проложенные проводники. Сечение проводников дополнительной системы уравнивания потенциалов, не входящих в состав кабеля, во всех случаях должно быть не менее:
- 2,5 мм² при наличии механической защиты;
 - 4,0 мм² при отсутствии механической защиты.
- д) Присоединение каждой открытой проводящей части электроустановки к нулевому защитному проводнику должно быть выполнено при помощи отдельного ответвления. Последовательное включение в защитный проводник открытых проводящих частей не допускается. Присоединение открытых и сторонних проводящих частей к основной системе уравнивания потенциалов должно быть выполнено также при помощи отдельных ответвлений. Присоединение открытых и сторонних проводящих частей к дополнительной системе уравнивания потенциалов может быть выполнено при помощи как отдельных ответвлений, так и присоединения к одному неразъемному проводнику.
- е) Присоединение заземляющих, нулевых и защитных проводников и проводников уравнивания потенциалов к открытым проводящим частям электроустановки, а также к сторонним проводящим частям, выполнить при помощи болтовых соединений или сварки. «Болтовые соединения выполнить по 2-му классу соединений в соответствии с ГОСТ 10434-82» [2]. Для болтовых соединений предусмотреть меры против ослабления контакта.

В помещениях лабораторий физики и мастерских, где обучающиеся работают с электрооборудованием, аппаратами и приборами напряжением до 0,4 кВ, предусматривается дополнительная система заземления в виде полосового стального контура 25×4 мм, проложенного по периметру помещения.

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ применяются устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током 30 мА (п.1.7.50 ПУЭ) [13].

Котельная.

Все металлические части электрооборудования подлежат заземлению. Предусматривается устройство наружного и внутреннего контуров повторного заземления с сопротивлением 10 Ом. Наружный контур заземления соединяется с молниезащитой стальной полосой. В качестве заземляющих вертикальных и горизонтальных заземлителей применяется стальной оцинкованный прутки диаметром 16 мм.

Для уравнивания потенциалов металлоконструкции, стационарно проложенные металлические трубопроводы всех назначений, металлические корпуса технологического оборудования присоединяются к сети заземления. «Для защиты от заноса высокого потенциала по внешним наземным металлическим конструкциям их необходимо на вводе в здание присоединить к заземляющему контуру» [2]. Все соединения по системе заземления должны обеспечивать надежный контакт и выполняться при помощи болтовых соединений или сварки (ПУЭ, п.1.7.142) [13].

Молниезащита выполняется на основании следующих нормативных документов:

- СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» [23];
- РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» [15].

Дымовая труба котельной подлежит молниезащите по III категории согласно РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» [15]. Защита от прямых ударов молнии дымовых труб выполняется путем установки стержневых молниеприемников, присоединяемых на сварке к металлическим опорным конструкциям дымовых труб. Металлические опорные конструкции присоединяются к горизонтальному заземлителю котельной. Здание котельной входит в зону защиты дымовых труб.

Выводы по разделу.

Внешний контур заземления выполняется при помощи оцинкованных стержней диаметром 18 мм, которые прокладываются вдоль всего здания на расстоянии не ближе 1 м от фундамента в земляной траншее на глубине не менее 0,5 м от нижней отметки земляного покрова для избегания сезонных и температурных колебаний.

Магистральная линия основной системы уравнивания потенциалов выполняется из стали прямоугольного сечения с размерами 40 мм по длинной стороне на 5 мм по короткой стороне.

Для защиты здания и находящихся в нем электроприемников от поражения молниевыми разрядами используется молниеприемная сетка, укладываемая на крышу защищаемого здания, при этом сетка выполняется из стальных прутьев круглого сечения диаметром 8 мм и с шагом ячеек не более 10 метров на 10 метров.

5 Выбор проводников и осветительной арматуры для системы электроснабжения общеобразовательной школы на 800 обучающихся

«Кабели и провода выбраны в соответствии с требованием ПУЭ, ГОСТ 31565-2012 «Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности» и рекомендациями ЕТУ на прокладку кабелей в соответствии со средой и условиями их прокладки» [4].

«Проводка, монтажные материалы, электрооборудование, аппараты, светильники, приборы, и т.п. в пожароопасных зонах спроектированы согласно требованиям ФЗ № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. (ст. 82; п. 2, 3, 5, 10, 13), ПУЭ. гл. 7.4, РМ 78.36.001-99 и с учётом положений п. 527, ГОСТ Р 50571.5.52-2011, СП 256.1325800.2016, ГОСТ 31565-2012, ст. ст. 141, 142, № 123-ФЗ от 22.07.2008 г» [16], [7], [36], [4].

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [12]:

$$I_{\text{дд}} = I_{\text{ном.дд}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (19)$$

где « k_1 - поправочный коэффициент на температуру окружающей среды;
 k_2 - поправочный коэффициент на термическое сопротивление грунта;
 k_3 - поправочный коэффициент на количество групп кабелей;
 k_4 - поправочный коэффициент на способ прокладки кабелей» [12].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле» [12]:

$$U = \frac{I_{\text{расч}} \cdot L \cdot R_{\text{уд}}}{S}, \quad (20)$$

где « $I_{\text{расч}}$ - расчетный ток, А;

L - длина линии, м;

$R_{уд}$ - удельное сопротивление проводника, Ом/м;

S - сечение провода, мм» [12].

«Все помещения в зданиях и сооружениях, запроектированных на площадке объекта, имеют следующие категории и классы по взрывопожароопасности:

- а) В3, В4 (П-IIa). Электрические аппараты, установленные в помещениях данного класса приняты со степенью защиты оболочки IP54 и IP55. Ответвительные коробки - IP65. Светильники установлены стационарно со степенью защиты оболочки IP54 и IP65. Выключатели осветительных цепей вынесены из пожароопасных зон. Все принятые в проекте кабели с медными жилами и защищены от перегрузок и токов КЗ. Для подключения электроприемников и светильников в работе выбраны кабели с медными жилами в негорючем исполнении и с низкими показателями по выделению газов и дыма при горении типа ВВГнг(А)-LSLTx-0,66 кВ» [24]. Для электроприемников относящихся к первой категории выбраны кабели с заявленной устойчивостью к воздействию огня не менее 3 часов, о чем свидетельствуют буквы FR в маркировке кабеля ВВГнг(А)-FRLSLTx-0,66 кВ. «Способ прокладки в основном в лотках, одиночные кабели частично открыто по стенам на скобах и в гофрированных не горючих трубах. Для заделки отверстий в перекрытиях в местах прохода кабелей и труб электропроводки используется универсальная растворная кабельная проходка «Формула КП». Для прохода кабелей сквозь внутренние перегородки в проекте используется проходка кабельная универсальная фирмы ЗАО «Диэлектрические кабельные системы» в составе: огнезащитные подушки (DB1801- DB1805) марки AF BAGS, металлический лоток ЗАО «Диэлектрические кабельные системы» и акриловый герметик для наружной заделки (DS1202)

марки AF Seal W. Предел огнестойкости IET 120 по ГОСТ Р 53310-2009» [10].

- б) «Д (норм.). Электрические аппараты, установленные в помещениях данного класса приняты со степенью защиты оболочки IP31. Ответвительные коробки применены для скрытой проводки, частично для открытого монтажа со степенью защиты IP44 (устанавливаются за подвесным потолком). Светильники установлены по зданию стационарно в исполнении IP54 (для помещений пищеблока) и IP20 (для остальных помещений) потолочные, а в помещениях с подвесными потолками приняты встраиваемые светильники. Выключатели осветительных цепей установлены по месту в помещениях – внутри со стороны открытия двери» [32].

«Все принятые в работе кабели с медными жилами и защищены от перегрузок и токов КЗ. Для подключения электроприемников и светильников в работе выбраны кабели с медными жилами в негорючем исполнении и с низкими показателями по выделению газов и дыма при горении типа ВВГнг(A)-LSLTx-0,66 кВ» [22]. «Для электроприемников относящихся к первой категории выбраны кабели с заявленной устойчивостью к воздействию огня не менее 3 часов, о чем свидетельствуют буквы FR в маркировке кабеля ВВГнг(A)-FRLSLTx-0,66 кВ» [4].

На рисунке 6 приведены результаты выбора кабелей для ЩС-3.25п.

В помещениях с нормальной средой и отсутствием опасных сред, действующих разрушающе на оболочки и материал жил кабелей используется скрытая прокладка линий под штукатуркой. Если в помещения планируются установка подвесных потолков, то проводники размещаются за ним на лотках, а ответвления выполняются в гофротрубе. При необходимости для прокладки могут быть использованы кабель-каналы.

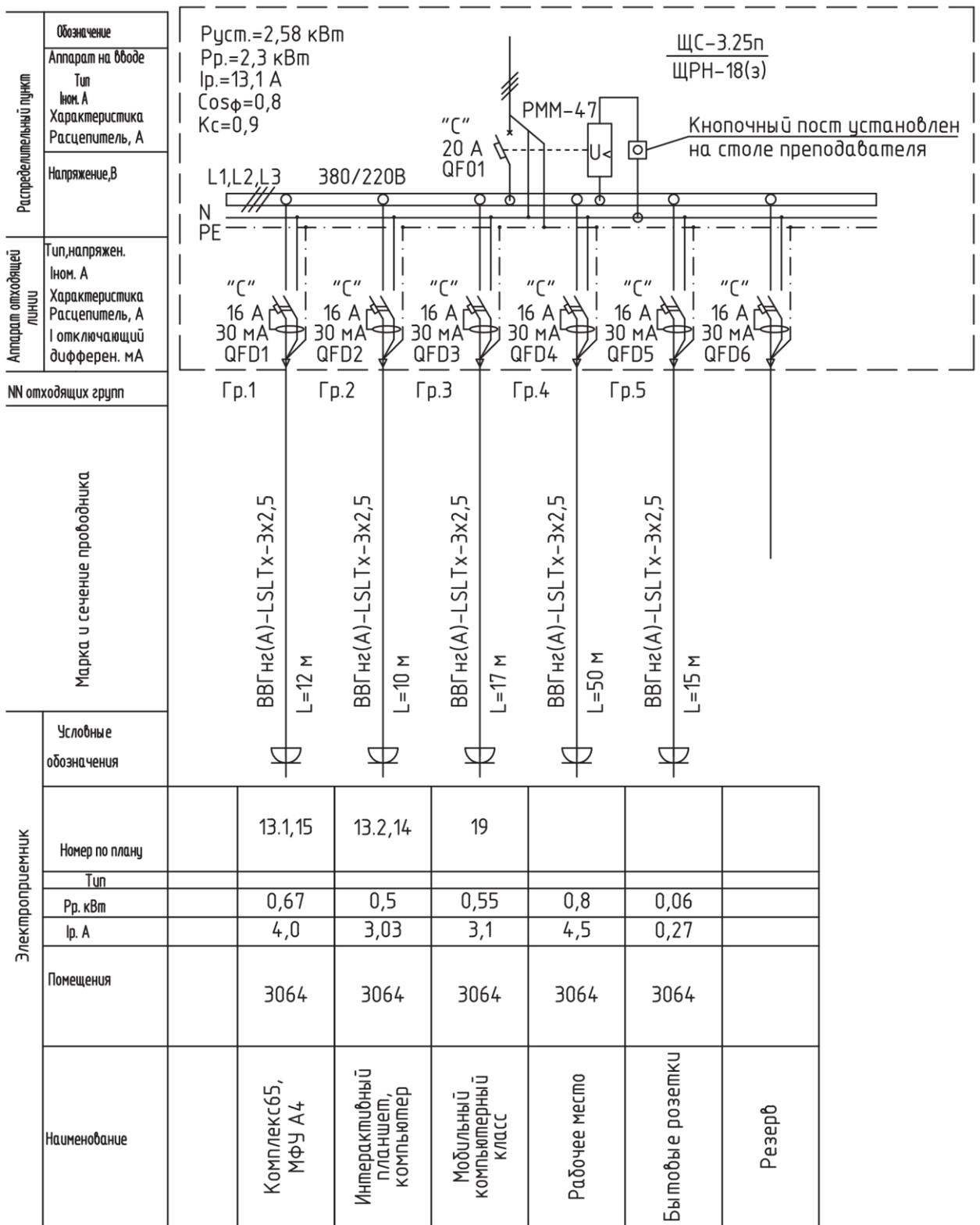


Рисунок 6 - Схема электрическая принципиальная распределительной сети щита ЩС-3.25п

В тамбурах санузлов устанавливаются розетки за пределами зоны 2 согласно ГОСТ 50571.7.701-2013 для подключения электрических

полотенцесушителей [9].

В соответствии с п. 8 СП 332.1325800.2017, в пневматическом тире кабельные линии электроснабжения оборудования прокладываются в защищенном от повреждения канале внутри стрелковой галереи, а для электроснабжения освещения в огневой зоне – в стальных трубах [34]. Светильники устанавливаются на потолке за поперечными балками конструкции здания, что обеспечивает их механическую защиту. Сети электроснабжения видеопрокторов выведены на электрощит управления электрооборудованием тира, установленного у входа в тир.

«Внутриплощадочные сети электроснабжения 0,4 кВ запроектированы кабелем АВБШв-1 кВ в траншее по двух лучевой схеме в соответствии с категорией надежности электроснабжения потребителя» [12].

Выводы по разделу.

Для подключения электроприемников и светильников в работе выбраны кабели с медными жилами в негорючем исполнении и с низкими показателями по выделению газов и дыма при горении типа ВВГнг(А)-LSLTx-0,66 кВ. Для электроприемников относящихся к первой категории выбраны кабели с заявленной устойчивостью к воздействию огня не менее 3 часов, о чем свидетельствуют буквы FR в маркировке кабеля ВВГнг(А)-FRLSLTx-0,66 кВ.

В помещениях с нормальной средой и отсутствием опасных сред, действующих разрушающе на оболочки и материал жил кабелей используется скрытая прокладка линий под штукатуркой. Если в помещения планируются установка подвесных потолков, то проводники размещаются за ним на лотках, а ответвления выполняются в гофротрубе. При необходимости для прокладки могут быть использованы кабель-каналы.

6 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения в здании общеобразовательной школы на 800 обучающихся

6.1 Внутреннее освещение зданий

«Принятые в работе технические решения по внутреннему электроосвещению помещений проектируемых объектов соответствуют требованиям:

- ПУЭ издание 7» [13];
- СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» [29];
- СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [17].

Для общего и местного искусственного освещения проектными решениями применены светильники со светодиодным источником освещения. Цветовая коррелированная температура светодиодов белого света 4000°К. Светильники со светодиодным световым элементом применены во всех помещениях на основании п. 7.1.3 СП 52.13330.2016, п.8.3.2 СП 251.1325800.2016 [32] и п.152 СанПиН 1.2.3685-21 [17].

«Индекс помещения i определяется по выражению» [29]:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (21)$$

где « A и B - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [29].

«По справочным данным принимаются значения коэффициентов запаса и использования светового потока.

Определяется расчетное число светильников по формуле» [29]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot \eta}, \quad (22)$$

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

Φ_l - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [29].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [29]:

$$P_{n\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{nl}, \quad (23)$$

где « P_{nl} - мощность одной лампы» [29].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B » [29]:

$$N_B = \sqrt{N_p \frac{B}{A}}; \quad (24)$$

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A » [29]:

$$N_A = \sqrt{N_p \frac{A}{B}}; \quad (25)$$

«Определяем расстояние между светильниками L и расстояние от крайнего ряда светильников до стены l » [29]:

$$L \geq \frac{A}{N_A}, l = (0,25 - 0,5)L. \quad (26)$$

Расчет рабочего и аварийного освещения в помещениях и на рабочих местах проектируемого объекта произведен в программе DIALux. На рисунке 7 представлены результаты расчета освещения на 1м этаже здания школы в программе Dialux.



Высота помещения: 3.000 м, Коэффициент эксплуатации: 0.75 Значения в Lux, Масштаб 1:1293

Поверхность	ρ [%]	$E_{\text{ср}}$ [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$E_{\text{min}} / E_{\text{ср}}$
Рабочая плоскость	/	236	0.12	694	0.000
Полы	20	190	0.14	870	0.001
Потолок	70	33	0.09	420	0.003
Стенки (298)	50	117	0.00	930	/

Рабочая плоскость:

Высота: 0.800 м
 Растр: 128 x 128 Точки
 Краевая зона: 0.000 м

Ведомость светильников

№	Шт.	Обозначение (Поправочный коэффициент)	Φ (Светильник) [lm]	Φ (Лампы) [lm]	P [W]
1	19	ASTZ - ДБО85-16-001 Tablette 940 (1.000)	1357	1357	15.4
2	76	ASTZ - ДБО88-25-101 CDR 940 (1.000)	2696	2696	24.3
3	64	ASTZ - ДВО59-18-001 DLU 940 (1.000)	2017	2017	18.9
4	341	ASTZ - ДПО12-25-003 Universal Opal 940 (1.000)	2983	2983	26.8
5	364	ASTZ - ДПО12-30-003 Universal Opal 940 (1.000)	3461	3461	31.0
6	111	ASTZ - ДПО15-30-001 Universal WP 940 (1.000)	3171	3171	31.1

Рисунок 7 - Результаты расчета освещения на 1м этаже здания школы в программе Dialux

В соответствии с требованиями Федерального закона № 384-ФЗ от 30.12.2009 г. (ст. 10, п. 2.4, ст. 23) в помещениях проектируемого объекта

предусмотрены следующие виды электроосвещения:

- рабочее;
- аварийное (эвакуационное);
- дежурное;
- ремонтное освещение.

«Для рабочего и аварийного освещения в здании общеобразовательного центра принято напряжение 0,23 кВ, для ремонтного освещения – 36 В» [11].

Светильники системы аварийного освещения подключаются к щитам аварийного освещения ЩАО, которые в свою очередь запитываются напрямую от панели ПЭСПЗ характеристики которой были приведены в первом разделе данной работы.

«Для питания ремонтного освещения предусмотрены ящики с понижающим (безопасным) трансформатором ЯТП-0,25» [11].

Световые светодиодные указатели, предназначенные для обозначения выходов на путях эвакуации, комплектуются встроенными аккумуляторами. Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников рабочего освещения и работают с ними совместно в нормальном режиме работы.

«Над каждым основным входом в здания установлены светильники, обеспечивающие уровень средней горизонтальной освещенности площадки не менее 6 лк и над каждым запасным и техническим входом – не менее 4 лк» [29].

Конструкция светильника аварийного освещения обеспечивает постоянную зарядку встроенного аккумулятора и его готовность мгновенно обеспечить питание при пропадании основного источника электроснабжения. «Для электрического освещения помещений применены светильники со светодиодным световым элементом, с индексами цветопередачи 80-89 (т.е. не менее 40), с белым спектром светоизлучения с нормируемыми световыми характеристиками, что соответствует требованию приложения «К» СП 52.13330.2016 и отвечает санитарно-гигиеническим нормам. Для коридоров,

проходов, переходов, лестничных клеток и тому подобное требование к цветоразличению отсутствуют» [29].

Эвакуационное освещение (освещение путей эвакуации) предусматривается по маршрутам эвакуации:

- в коридорах и проходах;
- в местах изменения (перепада) уровня пола или покрытия;
- в зоне каждого изменения направления маршрута;
- при пересечении проходов и коридоров;
- на лестничных маршах;
- перед каждым эвакуационным выходом;
- перед пунктом медицинской помощи;
- в местах размещения средств экстренной связи и других средств, предназначенных для оповещения о чрезвычайной ситуации;
- в местах размещения первичных средств пожаротушения;
- в местах размещения плана эвакуации.

«Сеть аварийного и эвакуационного освещения выполняется в помещениях вестибюля, гардероба, технических помещениях, поста дежурного, в коридорах, лестницах, проходах, у выходов по путям эвакуации, перед пунктом медицинской помощи в помещениях где возможно пребывание не менее 50 человек» [18].

Освещение безопасности предусматривается в помещениях для безопасного завершения потенциально опасного процесса или ситуации: электрощитовой, ИТП, в машинных отделениях лифтов, а также в помещении узла ввода с тепловым учетом, мастерских, помещениях приготовления пищи, помещении охраны, спортивном и актовом залах.

Осветительные приборы аварийного освещения предусматриваются постоянного действия, включенными одновременно с осветительными приборами рабочего освещения. Количество светильников аварийного освещения в помещениях предусмотрено с учетом обеспечения нормируемой освещенности при аварийном режиме. «Для сети аварийного освещения

применены светильники общего назначения, соответствующие ГОСТ ИЕС 60598-1-2017 со встроенной аккумуляторной батареей. Схема подключения к сети светильника со встроенной аккумуляторной батареей обеспечивает постоянный подзаряд аккумуляторной батареи. Для дистанционного тестирования и управления аварийным освещением используется устройство «Telecontrol», при этом светильники эвакуационного освещения, принятые в настоящем проекте, поддерживают функцию «Telecontrol». Минимальная продолжительность работы аварийного освещения в автономном режиме – 1 ч» [12].

В технических помещениях выполняется ремонтное освещение. «Для питания ремонтного освещения предусмотрены ящики с понижающим трансформатором ЯТП- 0,25» [11].

Световые указатели устанавливаются:

- для обозначения движения МГН в безопасную зону;
- для обозначения безопасных зон МГН;
- над эвакуационными выходами помещений гардеробов, обеденных залов, спортивных залов и конференц-залов;
- над эвакуационными выходами с этажей здания;
- - для обозначения постов медицинской помощи.

Световые указатели соответствуют требованиям ГОСТ Р 12.4.026-2015 «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические характеристики. Методы испытаний», и имеют яркость не менее 15 кд/м² [6].

На основании п. 2.8.2 СП 2.4.3648-2020 в помещениях учебных классов при глубине более 6 м проектными решениями предусмотрен правосторонний подсвет с установкой светильников на стене со стороны стены противоположной светонесущей.

Удельные установленные мощности общего искусственного освещения по помещениям не превышают максимально допустимых величин, приведенных в таблице 9 СП 52.13330.2016.

Степень защиты светильников соответствует назначению помещений.

Для освещения пищеблока использованы светильники во влагозащищенном исполнении с использованием защитной арматуры. В спортивном зале устанавливаются светильники с защитой от повреждения мячом. В медицинских помещениях устанавливаются облучатели ОБН.

6.2 Наружное освещение

Расчет сети наружного освещения произведен в программе DIALux.

«В качестве осветительных приборов применяются светодиодные светильники наружного освещения КИАНИТ-ФЛ 80 Ш 1, устанавливаемые на стальных опорах типа ОГК-8 при помощи металлических кронштейнов односветильниковых и двухсветильниковых» [22].

«В соответствии с положениями таблицы 26 СП 52.13330.2016 освещенность территории и основных проездов не менее 4 лк» [29].

Уровень искусственной освещенности во время пребывания детей на территории не менее 10 лк на уровне земли в темное время суток в соответствии СП 2.4.3648-20. Освещенность спортплощадки ГТО, площадок для игровых видов спорта и площадок для подвижных игр принята в соответствии с п.10.10 СП 31-115-2006 не менее 50 лк [26]. «Светильники наружного освещения используются в качестве охранного освещения» [29]. В соответствии с положениями СП 52.13330.2016 уровень освещенности охранного освещения составляет не менее 0,5 лк от уровня земли в горизонтальной плоскости или на уровне 0,5 м от земли на одной стороне вертикальной плоскости, перпендикулярной к линии границы. Сеть наружного освещения территории школы запитана от шкафа наружного освещения, который расположен в одном помещении с вводным распределительным устройством №1. Однолинейная электрическая схема шкафа ШНО приведена на рисунке 8.

Для питания светодиодных светильников наружного освещения выбран

бронированный кабель с алюминиевыми жилами АВБШв-1 кВ $5 \times 16 \text{ мм}^2$, для которого выбран траншейный способ прокладки. «Ответвления к светильникам выполняются кабелем ВВГ-1 кВ, сечением $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$, без разрезания жил кабеля при помощи ответвительных сжимов. Металлические корпуса светильников зануляются присоединением отдельной жилы кабеля к нулевой жиле распределительной сети» [29].

Светильники наружного освещения используются в качестве охранного освещения всей внутренней территории школы, а также на основании п. 15.5 СП 31.13330.2021 проектными решениями предусмотрено охранное освещение по периметру закрытой территории водозаборных артезианских скважин. В соответствии с п. 7.8.1 СП 52.13330.2016 уровень освещенности охранного освещения составляет не менее 0,5 лк от уровня земли в горизонтальной плоскости или на уровне 0,5 м от земли на одной стороне вертикальной плоскости, перпендикулярной к линии границы.

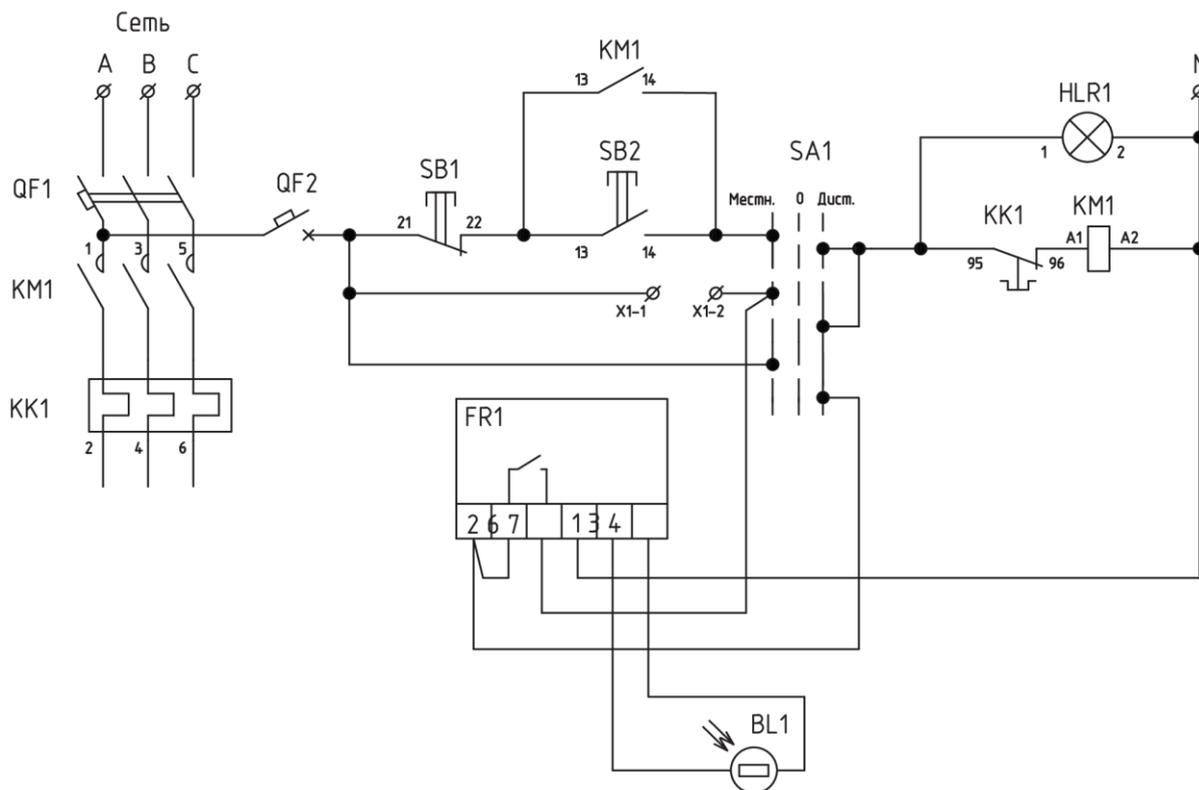


Рисунок 8 - Однолинейная электрическая схема шкафа ШНО

Выводы по разделу.

Для общего и местного искусственного освещения выбраны светильники со светодиодными источниками освещения. Цветовая коррелированная температура светодиодов белого света 4000°К. Количество светильников необходимое для обеспечения требуемого уровня освещенности определено в программном продукте Dialux.

«Светильники системы аварийного освещения подключаются к щитам аварийного освещения ЩАО, которые в свою очередь запитываются напрямую от панели ПЭСФЗ.

Световые светодиодные указатели, предназначенные для обозначения выходов на путях эвакуации, комплектуются встроенными аккумуляторами. Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников рабочего освещения и работают с ними совместно в нормальном режиме работы» [29].

Конструкция светильника аварийного освещения обеспечивает постоянную зарядку встроенного аккумулятора и его готовность мгновенно обеспечить питание при пропадании основного источника электроснабжения.

Сеть наружного освещения территории школы запитана от шкафа наружного освещения, который расположен в одном помещении с вводным распределительным устройством №1.

Для питания светодиодных светильников наружного освещения КИАНИТ-ФЛ выбран бронированный кабель с алюминиевыми жилами АВБШв-1 кВ 5×16 мм², для которого выбран траншейный способ прокладки.

Заключение

Цель бакалаврской работы заключалась в разработке надежной и экономичной системы электроснабжения здания школы, отвечающей требованиям безопасности как учебного персонала, так и обучающихся.

По согласованию с заказчиком и представителями электроснабжающей организации, на границе территории, определённой для строительства объектов проектируемой школы, планируется установка главного распределительного щита для выполнения функций приёма и распределения электрической энергии по различным зданиям, находящимся на территории школы. Все панели ГРЩ заводского изготовления на базе ЩО-70.

На отходящих линиях предусмотрена установка коммутационных аппаратов, для которых по расчетным токам нагрузки были выбраны номинальные токи и уставки максимальной токовой защиты по результатам расчета токов КЗ в 13 точках.

В соответствии с принятым функциональным назначением устанавливаемых в зданиях школы электроприёмников, большая их часть отнесена ко второй категории по надежности обеспечения электроснабжения, при этом часть электроприёмников, «перерыв в электроснабжении которых может представлять опасность для жизни и здоровья обучающихся и сотрудников школы относятся к первой категории по надёжности обеспечения электроснабжения» [22]. Ко второй категории относятся установленные в помещении школы технологическое оборудование для приготовления пищи и используемое в учебном процессе, основная система искусственного освещения и электроприемники принудительной вентиляции. В состав электроприёмников первой категории входят светильники системы аварийного освещения помещений в случае нештатных и аварийных ситуаций, системы оповещения о возникновении задымления, система управления вентиляцией для дымоудаления, а также электроприёмники системы обеспечения ликвидации пожара. Кроме того, к первой категории относятся

электроприёмники различных видов сигнализации, как при возникновении пожара, так и охраны объекта, электрифицированные подъёмно-транспортные механизмы, а также электроприёмники индивидуального теплового пункта, обеспечивающие функционирование системы теплоснабжения и отопления здания школы.

При проектировании внутренней системы электроснабжения здания школы были выбраны радиальная и радиально-магистральная (смешанная) схемы электроснабжения, как обладающие повышенной надёжностью по сравнению с магистральной схемой и позволяющие в кратчайшие сроки локализовать место повреждения и обеспечить нормальное функционирование остальных электроприёмников. Для снижения потерь электрической энергии и уменьшения протяжённости кабельных линий, «низковольтные распределительные устройства максимально приближались к запитанным от них электроприёмникам и по возможности размещались в центрах питаемых от них электрических нагрузок» [22].

Для питания основных электроприёмников, относящихся ко второй категории по надёжности электроснабжения в здании школы установлено три стандартных вводно-распределительных устройства. К каждому подходит по две питающие линии, обеспечивающие взаимный резерв в случае аварийной ситуации, так же каждое ВРУ содержит две секции шин на напряжение 0,4 кВ. На вводе ВРУ устанавливаются переключатели и автоматические выключатели, позволяющие в ручном режиме запитать обе секции шин от одного из вводов. В нормальном режиме обе секции функционируют отдельно и питают каждая свою выделенную нагрузку.

Для обеспечения требований к бесперебойности электроснабжения электроприёмников первой категории и автоматического ввода резерва в каждом ВРУ устанавливаются противопожарные панели, к которым подключаются все электроприёмники первой категории.

«Выбранные в работе схемы электроснабжения позволяют обеспечить электроэнергией все электроприёмники здания школы в соответствии с

установленными для них требованиями к надёжности электроснабжения, вместе с тем обеспечивая соблюдение требований к экономичности и снижению протяженности кабельных линий и затрат на них» [12].

В результате сбора исходной информации и произведенных расчетов были определены следующие показатели системы электроснабжения комплекса объектов на территории новой школы на 800 учащихся:

- категория обеспечения надежности снабжения электрической энергией для основной группы электроприемников – II;
- номинальное значение напряжения питания для трехфазной системы – 0,4 кВ;
- максимальное значение разрешенной активной мощности подключения согласно ТУ, выданным электроснабжающей организацией – 550,0 кВт;
- суммарное значение установленной мощности по всем объектам строительства на территории школы (на шинах ГРЩ) – $P_u = 1022,79$ кВт;
- суммарное значение расчетной мощности по всем объектам строительства на территории школы (на шинах ГРЩ) – $P_p = 544,81$ кВт (что не превышает разрешенного значения);
- значение годового потребления электрической энергии по всем объектам строительства на территории школы – $W = 1130,872$ тыс. кВт·ч.

Для передачи электрической энергии от главного распределительного щита до вводных распределительных устройств зданий используются бронированные кабели с алюминиевыми жилами типа АВБШв, проложенные в земляной траншее с учетом требований к прокладке взаиморезервирующих линий.

Для электроприёмников относящихся к первой категории в электрощитовой основного здания школы устанавливается отдельная панель с устройством автоматического ввода резерва, стенки которой окрашиваются

краской красного цвета. Для прокладки к устройству автоматического ввода резерва используются специальные кабели с медной токопроводящей жилой и изоляцией стойкой к горению, низким выделением газов и дыма при горении и пониженной токсичностью продуктов сгорания ВВГнг(A)-FRLSLTx. Указанные кабели прокладываются по разным трассам.

Для всех питающих линий 0,4 кВ были определены сечения кабелей по длительно допустимым токам с учетом числа проложенных кабелей, способа прокладки и снижающих коэффициентов, обусловленных этим. Каждая линия была проверена на допустимые потери напряжения. Защитно-коммутационные аппараты были проверены на способность отключения минимальных значений токов однофазного КЗ в конце линии.

«Для обеспечения требуемого уровня потребления реактивной мощности из сети, были выбраны автоматические установки компенсации реактивной мощности, которые устанавливаются в каждом ВРУ и на каждой секции шин для исключения перетоков реактивной мощности через сеть высокого напряжения» [22]. Выбранные значения реактивной мощности приведены в таблицах по определению расчетных нагрузок. С учетом мощности, вырабатываемой КУ значение коэффициента мощности на шинах ВРУ не превышает $\text{tg } \varphi \leq 0,35$. Разработан перечень мероприятий по экономии электрической энергии в соответствии с требованиями закона 261-ФЗ.

Внешний контур заземления выполняется при помощи оцинкованных стержней диаметром 18 мм, которые прокладываются вдоль всего здания на расстоянии не ближе 1 м от фундамента в земляной траншее на глубине не менее 0,5 м от нижней отметки земляного покрова для избегания сезонных и температурных колебаний.

Магистральная линия основной системы уравнивания потенциалов выполняется из стали прямоугольного сечения с размерами 40 мм по длинной стороне на 5 мм по короткой стороне. Для защиты здания и находящихся в нем электроприемников от поражения молниевыми разрядами используется молниеприемная сетка, укладываемая на крышу защищаемого здания, при

этом сетка выполняется из стальных прутков круглого сечения диаметром 8 мм и с шагом ячеек не более 10 метров на 10 метров.

Для подключения электроприемников и светильников в работе выбраны кабели с медными жилами в негорючем исполнении и с низкими показателями по выделению газов и дыма при горении типа ВВГнг(А)-LSLTx-0,66 кВ. Для электроприемников относящихся к первой категории выбраны кабели с заявленной устойчивостью к воздействию огня не менее 3 часов, о чем свидетельствуют буквы FR в маркировке кабеля ВВГнг(А)-FRLSLTx-0,66 кВ.

В помещениях с нормальной средой и отсутствием опасных сред, действующих разрушающе на оболочки и материал жил кабелей используется скрытая прокладка линий под штукатуркой. Если в помещения планируются установка подвесных потолков, то проводники размещаются за ним на лотках, а ответвления выполняются в гофротрубе. При необходимости для прокладки могут быть использованы кабель-каналы.

Для общего и местного искусственного освещения выбраны светильники со светодиодными источниками освещения. Цветовая коррелированная температура светодиодов белого света 4000°К. Количество светильников необходимое для обеспечения требуемого уровня освещенности определено в программном продукте Dialux. Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников рабочего освещения и работают с ними совместно в нормальном режиме работы. Конструкция светильника аварийного освещения обеспечивает постоянную зарядку встроенного аккумулятора и его готовность мгновенно обеспечить питание при пропадании основного источника электроснабжения. Сеть наружного освещения территории школы запитана от шкафа наружного освещения, который расположен в одном помещении с вводным распределительным устройством №1. Для питания светодиодных светильников наружного освещения КИАНИТ-ФЛ выбран бронированный кабель с алюминиевыми жилами АВБШв-1 кВ 5×16 мм², для которого выбран траншейный способ прокладки.

Список используемой литературы

1. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: электронное учебно-методическое пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. 86 с.
2. ГОСТ 10434-82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200007235> (дата обращения 16.09.2024).
3. ГОСТ 28249-93 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ [Электронный ресурс]: Межгосударственный стандарт от 01.01.1995. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004630> (дата обращения 10.09.2024).
4. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения 15.09.2024).
5. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 09.09.2024).
6. ГОСТ Р 12.4.026-2015 Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические характеристики. Методы испытаний [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136061> (дата обращения 13.09.2024).
7. ГОСТ Р 50571.5.52-2011/МЭК 60364-5-52:2009 Электроустановки низковольтные. Часть 5-52. Выбор и монтаж электрооборудования. Электропроводки [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200092622> (дата обращения 13.09.2024).
8. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов [Электронный ресурс]: Национальный

стандарт Российской Федерации 01.01.2015. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108284> (дата обращения 11.09.2024).

9. ГОСТ Р 50571.7.701-2013 Электроустановки низковольтные. Часть 7-701: требования к специальным установкам или местам расположения. Помещения для ванных и душевых комнат [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200105244> (дата обращения 16.10.2024).

10. ГОСТ Р 53310-2009 Проходки кабельные, вводы герметичные и проходы шинопроводов. Требования пожарной безопасности. Методы испытаний на огнестойкость [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071876> (дата обращения 21.09.2024).

11. ГОСТ Р 55842-2013 (ИСО 30061:2007) Освещение аварийное. Классификация и нормы [Электронный ресурс]: Национальный стандарт Российской Федерации от 01.01.2015. URL: docs.cntd.ru/document/1200107497 (дата обращения 06.09.2024).

12. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 416 с.

13. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 29.09.2024).

14. РД 34.20.185-94 Инструкции по проектированию городских электрических сетей [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004921> (дата обращения 16.10.2024).

15. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 12.09.2024).

16. РМ 78.36.001-99 Справочник инженерно-технических работников и электромонтеров технических средств охранно-пожарной сигнализации [Электронный ресурс]. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294849/4294849900.htm> (дата обращения 16.10.2024).

17. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения 16.10.2024).

18. СанПиН 2.4.2.576-96 Санитарные правила и нормы. 2.4.2. Школьные учреждения. Гигиенические требования к условиям обучения школьников в различных видах современных общеобразовательных учреждений [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003964> (дата обращения 09.09.2024).

19. СанПиН 2.4.2821-10 Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902256369> (дата обращения 13.09.2024).

20. Серии 5.905-26.08 Уплотнение вводов инженерных коммуникаций газифицированных зданий и сооружений [Электронный ресурс]. URL: <https://szzmk.ru/biblioteka/salniki/seriya-5-905-26-08-vyp-1.php> (дата обращения 16.10.2024).

21. Серия А5-92 Прокладка кабелей напряжением до 35 кВ в траншеях [Электронный ресурс]. URL: <https://iolitm.ru/library/62-kabelnye-linii/914-seriya-a5-92> (дата обращения 16.10.2024).

22. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2023. 328 с.

23. СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200034368> (дата обращения 07.09.2024).

24. СП 2.4.3648-20 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи [Электронный ресурс]. URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=602107773&backlink=1&&n d=102955243> (дата обращения 12.09.2024).

25. СП 6.13130.2021 Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 14.09.2024).

26. СП 31-115-2006 Открытые физкультурно-спортивные сооружения. Часть 1. Плоскостные физкультурно-спортивные сооружения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200050128> (дата обращения 19.09.2024).

27. СП 31.13330.2021 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/728474306> (дата обращения 19.09.2024).

28. СП 32.13330.2018 Канализация. Наружные сети и сооружения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/554820821> (дата обращения 19.09.2024).

29. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]: Свод правил от 05.08.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 16.09.2024).

30. СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456050591> (дата обращения 13.09.2024).

31. СП 89.13330.2016 Котельные установки [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054199> (дата обращения 23.09.2024).

32. СП 251.1325800.2016 Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139445> (дата обращения 23.09.2024).

33. СП 256.1325800.2016. Свод правил. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139957> (дата обращения 14.09.2024).

34. СП 332.1325800.2017 Спортивные сооружения. Правила проектирования [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/556793895> (дата обращения 23.09.2024).

35. Технический циркуляр № 11/2006 «О заземляющих электродах и заземляющих проводниках» [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293810/4293810879.htm> (дата обращения 23.09.2024).

36. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения 23.09.2024).

37. Федеральный закон от 23 ноября 2009г. № 261-ФЗ Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/ (дата обращения 06.09.2024).

38. Федеральная программа Российской Федерации «Развитие образования» (Постановление Правительства РФ от 26.12.2017 N 1642) [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_286474/cf742885e783e08d9387d7364e34f26f87ec138f/ (дата обращения 06.09.2024).