

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 здания школы на 1200 учеников

Обучающийся

Д.В. Назаров

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

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

Тольятти 2023

Аннотация

В бакалаврской работе рассматривались технические аспекты электроснабжения здания общеобразовательной школы на 1200 мест.

Были определены параметры здания, имеющиеся источники питания и характерные электроприемники.

Определены расчетным путем сечения кабельных линий. Выбраны номинальные токи и расцепители для автоматических выключателей. Произведен расчет нагрузок по каждому вводному распределительному устройству школы в нормальном и аварийном режимах, определены суммарные нагрузки по школе и котельной. Рассмотрены вопросы энергосбережения, компенсации реактивной мощности, учёта электрической энергии и обеспечения надёжного электроснабжения потребителей в зависимости от их категории.

Определены параметры системы заземления и молниезащиты здания школы.

Произведён выбор типов светильников, определено их количество в зависимости от требуемого уровня освещённости как внутри здания школы, так и для освещения окружающей территории. Выбраны проводники для питания светильников рабочего, аварийного и наружного освещения.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки объемом 46 страниц текста и графической части, выполненной на шести листах формата А1.

Содержание

Введение.....	4
1 Обоснование принятой схемы электроснабжения, выбора конструктивных и инженерно-технических решений.....	7
2 Расчет нагрузок электроприемников школы.....	16
3 Разработка технических решений по обеспечению электроэнергией электроприемников в нормальном и аварийном режимах	25
4 Разработка мероприятий по заземлению (занулению) и молниезащите здания школы.....	29
5 Выбор типов светильников и расчет уровня освещенности в помещениях школы	32
Заключение	41
Список используемой литературы	44

Введение

Здание школы представляет собой 4-х этажное отдельно стоящее здание с подвалом.

Связь между этажами осуществляется по семи маршевым лестницам и при помощи лифта.

Здание школы имеет два основных центральных входа и дополнительные эвакуационные входы (выходы).

На первом этаже здания школы располагаются: учебная секция-блок 1 классов; два кабинета химии; мастерская по обработке тканей и технологии; кабинет кулинарии и домоводства; мастерская по обработке металла и технологии; мастерская по обработке дерева и технологии; комната мастера; кабинет заместителя директора по административно-хозяйственной работе; спортивный зал размерами в плане 30,0×18,0м; зал для гимнастики и подвижных игр размерами в плане 24,0×12,0м; зал с ванной для обучения плаванию детей; медицинский блок; вестибюльная группа помещений; школьный пищеблок; помещение охраны, пожарный пост.

Пищеблок обеспечен самостоятельным входом и дополнительными эвакуационными входами (выходами).

Большой спортивный зал для школы имеет отдельный вход с улицы. Спортивные залы сообщаются с основной школой через коридоры, по маршевой лестнице и лифту.

На втором этаже предусмотрены: учебная секция-блок 2-3 классов; учебная секция-блок 3-4 классов; 2 кабинета иностранного языка для начальных классов, 4 учебных кабинета основного общего и среднего общего образования, включая кабинет географии, 2 кабинета истории и обществознания, кабинет математики; учительская; методический кабинет; кабинет заместителя директора по учебно-воспитательной работе; кабинет организатора внеклассной и внешкольной воспитательной работы; кабинет учителя-логопеда; помещения зрительного (актового) зала; гардероб верхней

одежды персонала.

На 2 этаже проектируемого здания школы расположен актовый зал. Актовый зал предназначен для проведения организационных и досуговых мероприятий, проведения собраний, концертных программ, а также проведения праздников. Актовый зал оборудован местами для зрителей. Ширина прохода между рядами в соответствии с СП 1.13130.2009 п.п. 6.1.24 не менее 0.45 м.

На третьем этаже запроектированы: 21 учебный кабинет: 3 кабинета русского языка и литературы, 2 кабинета информатики и вычислительной техники; 2 кабинета физики; кабинет изобразительного искусства; класс музыки; 3 кабинета иностранного языка; лингафонный класс; кабинет ОБЖ, 3 кабинета математики, кабинет биологии и экологии, 2 кабинета истории и обществознания, кабинет географии, кабинет директора; канцелярия; бухгалтерия; библиотека; школьный музей; зал хореографии, помещение кружковой работы.

Четвёртый этаж отдан для размещения: 13 учебных кабинетов: 2 кабинета информатики и вычислительной техники; 3 кабинета русского языка и литературы, 2 кабинета иностранного языка, кабинет биологии и экологии, кабинет математики, кабинет естествознания, 2 кабинета истории и обществознания, кабинет географии, кабинета социального работника; кабинета педагога - психолога; помещения кружковой работы; кабинет общественных организаций.

Далее приводится характеристика отдельных электроприемников, установленных в помещениях школы.

Взаимосвязь между помещениями на этажах осуществляется по коридорам, поэтажная связь - по маршевым лестницам и при помощи лифта.

Для обеззараживания воздуха и поверхностей помещений в учебных помещениях и классах, при необходимости, предусмотрена установка бактерицидная передвижная с закрытым облучением.

В кабинетах физики для демонстрации опытов, сопровождающихся

выделением токсичных газов, установлены вытяжные шкафы демонстрационные.

Для демонстрации опытов, сопровождающихся выделением токсичных газов во время уроков химии, в кабинетах химии и биологии установлены вытяжные шкафы демонстрационные.

Все рабочие места учащихся оборудованы столами ученическими лабораторными химическими с подводом холодной воды и канализации. На левой стороне стола имеется электророзетка.

В кабинетах информатики и вычислительной техники, согласно гигиеническим требованиям к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, запроектировано 13 рабочих мест для учащихся с использованием персональных компьютеров.

Для углубленного изучения иностранных языков лингафонный кабинет оснащен лингафонной системой.

Для обучения учащихся используются следующие станки: станок токарный, станок токарно-винторезный, станок настольный горизонтально-фрезерный, станок настольно-сверлильный. Электропитание станков в мастерских осуществляется через комплекты электропитания станков КЭС-1 с общим отключением.

Комната мастера оборудуется следующим оборудованием: станком настольным деревообрабатывающим, электроточилом, электроклееваркой. Работа на данном оборудовании производится во внеурочное время. Мастерская по обработке тканей и технологии оборудуется швейными машинами, оверлоком.

Цель бакалаврской работы заключается в проектировании надежной и экономичной системы электроснабжения здания школы на 1200 мест.

1 Обоснование принятой схемы электроснабжения, выбора конструктивных и инженерно-технических решений

Основным источником питания для здания школы является ПС 110кВ Советская, МВ ф629, РП50 ВВ Ф617, РП 55 ВВ ф601, проектируемая 2КТП (1 с.ш.).

Точки присоединения:

- шины измерительных трансформаторов тока в измерительном комплексе, установленном во ВРУ-0,4кВ котельной (1 секция шин) - 65 кВт;
- шины измерительных трансформаторов тока в измерительном комплексе, установленном во ВРУ-0,4кВ №1.1 (1 секция шин) - 135,02 кВт;
- шины измерительных трансформаторов тока в измерительном комплексе, установленном во ВРУ-0,4кВ №2.1 (1 секция шин) - 177,07 кВт;
- шины измерительных трансформаторов тока в измерительном комплексе, установленном во ВРУ-0,4кВ №3.1 (1 секция шин) - 195,51 кВт;
- шины измерительных трансформаторов тока в измерительном комплексе, установленном во ВРУ-0,4кВ №3.4 (1 секция шин) - 264,95 кВт;
- шины измерительных трансформаторов тока в измерительном комплексе, установленном во ВРУ-0,4кВ котельной (1 секция шин) - 65 кВт;
- шины измерительных трансформаторов тока в измерительном комплексе, установленном во ВРУ-0,4кВ №1.1 (1 секция шин) - 135,02 кВт;
- шины измерительных трансформаторов тока в измерительном комплексе, установленном во ВРУ-0,4кВ №2.1 (1 секция шин) -

177,07 кВт;

- шины измерительных трансформаторов тока в измерительном комплексе, установленном во ВРУ-0,4кВ №3.1 (1 секция шин) - 195,51 кВт;
- шины измерительных трансформаторов тока в измерительном комплексе, установленном во ВРУ-0,4кВ №3.4 (1 секция шин) - 264,95 кВт.

Максимальная присоединяемая мощность составляет 837,55 кВт.

На рисунке 1 приведена принципиальная схема внутримплощадочных сетей.

Строительство кабельных линий от РУ-0,4 кВ 2КТП до точки присоединения во ВРУ-0,4 кВ выполняет сетевая организация.

Вынос существующей кабельной линии 6 кВ, попадающей в зону застройки, выполняется в подготовительный период силами сетевой организации.

Напряжение сети для системы электроснабжения школы - 380/220 В с системой заземления TN-C-S.

Электроснабжение электроприемников осуществляется от двух независимых источников питания – от РУ-0,4 кВ двух секций 2КТП.

Для приёма и распределения электроэнергии проектом предусмотрены три электрощитовые, расположенные на 1 этаже (электрощитовая №1 – для потребителей столовой; электрощитовая №2 и №3 – для подключения электроприемников школы). В электрощитовых школы устанавливаются вводные панели с двумя вводами для потребителей II категории надежности электроснабжения и вводные панели с устройством АВР - для потребителей I категории надежности электроснабжения.

Применяемое в электроустановках электрооборудование, электротехнические изделия и материалы соответствуют требованиям государственных стандартов или технических условий, утвержденных в установленном порядке.

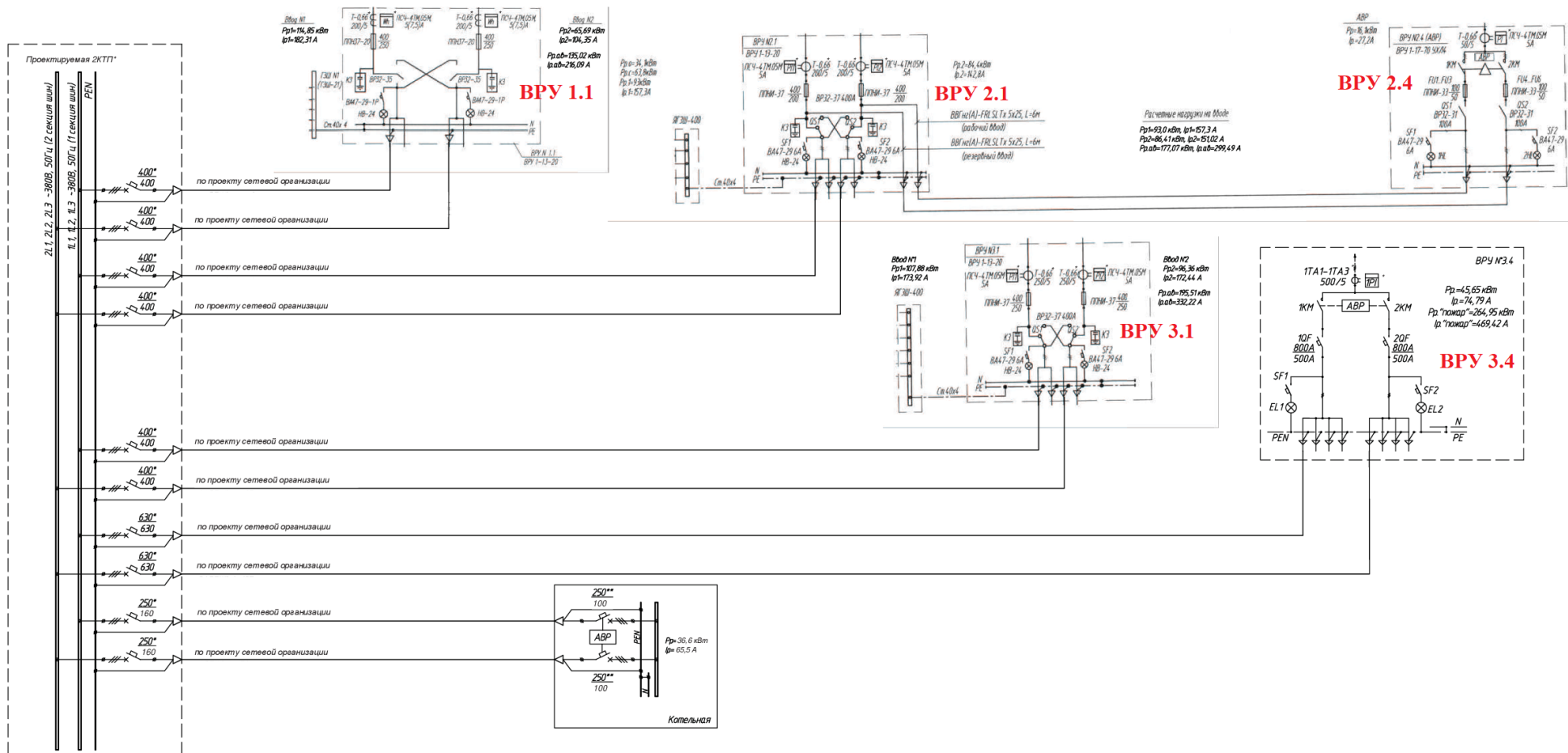


Рисунок 1 - Принципиальная схема внутриплощадочных сетей

Принятая схема электроснабжения обусловлена:

- назначением объекта;
- вида строительства;
- категории надёжности электроснабжения – II.

Электроснабжения школы выполнено исходя из категорий надёжности электроприемников:

- автоматическая пожарная и охранная сигнализация, противопожарное оборудование, оповещение о пожаре, аварийное освещение, телекоммуникационные шкафы, система охранного теленаблюдения, оборудование ИТП - I категория надёжности;
- остальные электроприемники, не указанные выше – II категория надёжности.

Основные показатели электроснабжения приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные показатели электроснабжения

Наименование показателей	Единица измерения	Показатели
Напряжение первичное	кВ	0,4
Напряжение распределительных сетей	кВ	0,4
Напряжение электроприемников	В	380/220
Установленная мощность электроприемников (в т.ч. резервных)	кВт	1305,65
Общая расчётная мощность электроприемников	кВт	809,15
- расчётная мощность электроприемников школы	кВт	771,45
- расчётная мощность электроприемников теплицы	кВт	1,1
- расчётная мощность электроприемников котельной	кВт	36,6
Мощность компенсирующих устройств	квар	установка не требуется
Коэффициент мощности	$\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	0,95/0,33

Исполнение применяемого в работе электрооборудования в части воздействия климатических факторов внешней среды соответствует требованиям ГОСТ 15150-69.

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

- по номинальному напряжению» [4]

$$U_n \geq U_{нс};, \quad (1)$$

- «по номинальному току» [4]

$$I_{нр} \geq I_{ра};, \quad (2)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [4]:

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

где « $I_{КЗ}^{(3)}$ – периодическая составляющая трехфазного тока КЗ» [4].

«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 обратно зависимой от тока характеристикой.

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

Определяют ток уставки расцепителя с независимой от тока характеристикой» [4]:

$$k_{pn} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск},, \quad (4)$$

где « I_y – паспортное значение токов уставки;

$I_{пуск}$ – пусковой ток двигателя;

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

k_n - принимается равным 1,1 - 1,5» [4].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [4]:

$$t_i > t_{ni},, \quad (5)$$

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

t_{ni} – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [4].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [4]

$$t_{cp} > t_{дон},, \quad (6)$$

где « t_{cp} – время срабатывания расцепителя;

$t_{дон}$ – допустимое время отключения в соответствие с ПУЭ» [4].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [4]:

$$I_{pa} \leq I_{np} \leq I_{дон},, \quad (7)$$

$$I_2 \leq 1,45I_{дон},, \quad (8)$$

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

I_{np} – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$ – допустимы ток кабеля;

I_2 – ток, обеспечивающий надежное срабатывания устройств защиты» [4].

«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 соответствие с ПУЭ защита в низковольтных сетях должна быть селективной» [4].

Результаты выбора АВ представлены на листах графического материала.

Применяемые в работе типы кабелей соответствуют требованиям ГОСТ Р 31565-2012. Сечение проектируемых кабелей выбрано в соответствии с ПУЭ и проверено по потере напряжения, по времени срабатывания при однофазном коротком замыкании в соответствии с ПУЭ, п.1.7.57, п.1.7.79, п.1.7.78.

Распределительные сети электроснабжения электроприемников в здании выполняются кабелями ВВГнг(А)-LSLTx и ВВГнг(А)-FRLSLTx соответствующего сечения с прокладкой:

- в лотках за подвесным потолком по коридору;
- в гофрированных трубах за подвесным потолком;
- в гофрированных трубах по стенам и потолку.

На рисунке 2 приведен внешний вид выбранного кабеля ВВГнг(А)-LSLTx.

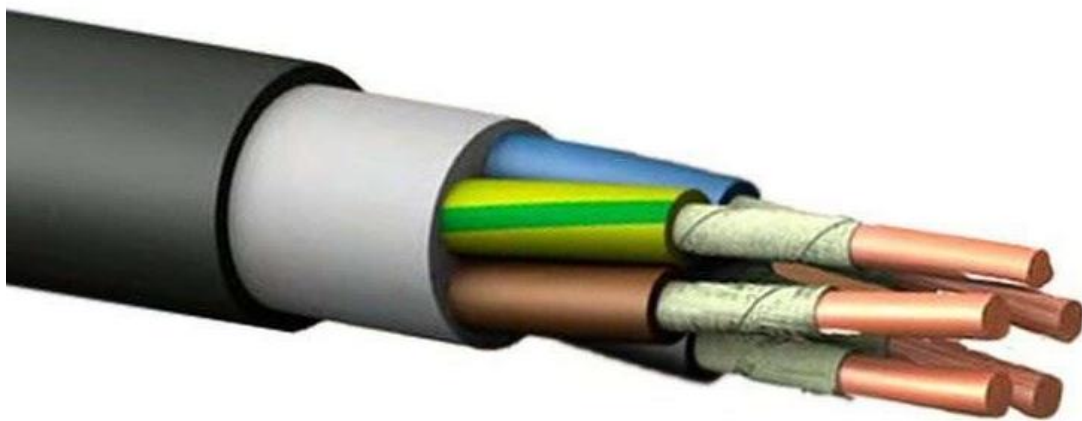


Рисунок 2 - Внешний вид выбранного кабеля ВВГнг(А)-LSLTx

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [15]:

$$I_{\text{дд}} = I_{\text{ном.дд}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (9)$$

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» [15].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле» [15]:

$$U = \frac{I_{\text{расч}} \cdot L \cdot R_{\text{уд}}}{S}, \quad (10)$$

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

L - длина линии, м;

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

S - сечение провода, мм² [15].

Проход кабелей через стены, перегородки здания выполняются в отрезках пластмассовых труб, заложенных в проеме или через открытые проемы и отверстия. Зазоры в отрезках труб, отверстиях и проемах после прокладки кабелей заделываются легко удаляемой массой из негорючего материала по всей толщине стены или перекрытия, обеспечивая огнестойкость, соответствующую огнестойкости строительной конструкции.

Применяемые для электропроводок ПВХ трубы удовлетворяют требованиям пожарной безопасности в соответствии с ГОСТ Р 53313-2009 и имеют сертификат соответствия требованиям пожарной безопасности.

Выводы по разделу.

Определены источники питания для здания школы. Электроснабжение электроприемников осуществляется от двух независимых источников питания – от РУ-0,4 кВ двух секций 2КТП. Напряжение сети для системы электроснабжения школы - 380/220 В с системой заземления TN-C-S.

Для приёма и распределения электроэнергии проектом предусмотрены три электрощитовые, расположенные на 1 этаже (электрощитовая №1 – для потребителей столовой; электрощитовая №2 и №3 – для подключения электроприемников школы). В электрощитовых шкафах устанавливаются вводные панели с двумя вводами для потребителей II категории надежности электроснабжения и вводные панели с устройством АВР - для потребителей I категории надежности электроснабжения (пожарная и охранная сигнализация, противопожарное оборудование, оповещение о пожаре, аварийное освещение, телекоммуникационные шкафы, система охранного видеонаблюдения, оборудование ИТП). Выбраны номинальные токи и токи расцепителей автоматических выключателей. Распределительные сети электроснабжения электроприемников в здании выполняются кабелями ВВГнг(А)-LSLTx и ВВГнг(А)-FRLSLTx определенного расчетным путем сечения.

2 Расчет нагрузок электроприемников школы

Основными электроприемниками являются:

- освещение;
- вентиляционное оборудование;
- технологическое оборудование.

Расчёт электрических нагрузок выполнен на основании утверждённых методических рекомендаций по определению расчётных электрических нагрузок с использованием коэффициента спроса и коэффициента совмещения расчётных максимумов по характерным группам электроприемников.

Расчет нагрузок выполнен методом коэффициентов спроса согласно СП256.1325800.2016.

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [1]:

$$P_{p.p} = K_{c.p} \cdot P_{y.p} \cdot n, \quad (11)$$

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» [1].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{p.o}$, следует определять по формуле» [1]:

$$P_{p.o} = P'_{p.o} + P_{p.p}, \quad (12)$$

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

$P_{p.p}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [1].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, следует определять по формуле» [1]:

$$P_{p.c} = K_c \cdot P_{y.c}, \quad (13)$$

где « K_c - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [1].

«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» [1]:

$$P_p = K(P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}), \quad (14)$$

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» [1].

Расчетные данные электрических нагрузок ВРУ1 в электрощитовой №1 приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Расчетные данные электрических нагрузок ВРУ1 в электрощитовой №1

Наименование групп потребителей	Уст. мощность, кВт	Количество электроприемников, п шт	К-т спроса, Кс	К-т мощность и, cos φ	Расч. мощн., Рр, кВт	Расч. ток, Iр, А
Ввод №1						
Рабочее освещение	5,20	-	1,00	0,94	5,20	-
Технологическое оборудование пищеблока	94,60	5	0,75	0,98	70,95	-
Машина посудомоечная	38,70	1	1,00	0,92	38,70	-
Итого по Вводу №1	138,50	6	0,83	0,96	114,85	182,31
Ввод №2						
Технологическое оборудование пищеблока	147,60	56	0,32	0,98	47,23	-
Сантехническое, вентиляционное и холодильное оборудование	29,34	28	0,62	0,90	18,19	-
Рукосушители	1,80	9	0,15	0,98	0,27	-
Итого по Вводу №2	178,74	93	0,37	0,96	65,69	104,35
Аварийный режим (питание по одному вводу)						
Рабочее освещение	5,20	-	1,00	0,94	5,20	-
Технологическое оборудование пищеблока	242,20	61	0,30	0,98	72,66	-
Машина посудомоечная	38,70	1	1,00	0,92	38,70	-
Сантехническое, вентиляционное и холодильное оборудование	29,34	28	0,62	0,90	18,19	-
Рукосушители	1,80	9	0,15	0,98	0,27	-
Итого по «Аварийному режиму»	317,24	99	0,43	0,95	135,02	216,09

Расчетные данные электрических нагрузок ВРУ2.1, ВРУ2.4 в электрощитовой №2 приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Расчетные данные электрических нагрузок ВРУ2.1, ВРУ2.4 в электрощитовой №2»

Наименование групп потребителей	Уст. мощность, кВт	Количество электроприемников, п шт	К-т спроса, Кс	К-т мощност и, cos φ	Расч. мощн., Рр, кВт	Расч. ток, Iр, А
Ввод №1						
Рабочее освещение	41,50	-	0,82	0,94	34,03	-
Технологическое оборудование здания общеобразовательной школы	86,38	157	0,52	0,90	44,92	-
Сантехническое и вентиляционное оборудование (с обогревом кровли)	4,92	12	0,85	0,85	4,18	-
Рукосушители	6,00	30	0,15	0,95	0,90	-
Компьютерная техника	3,60	11	0,80	0,65	2,88	-
Уборочная техника	16,00	-	0,00	0,85	0,00	-
Наружное освещение	5,88	-	1,00	0,95	5,88	-
Итого по Вводу №1	164,28	210	0,56	0,90	92,79	157,3
Ввод №2						
Аварийное освещение	11,80	-	1,00	0,94	11,80	-
Оборудование сетей связи	4,30	-	1,00	0,90	4,30	-
Сантехническое и вентиляционное оборудование (с обогревом кровли)	80,90	48	0,56	0,85	45,30	-
Технологическое оборудование здания общеобразовательной школы	35,45	68	0,55	0,95	19,50	-
Рукосушители	3,20	16	0,15	0,95	0,48	-

Продолжение таблицы 3

Наименование групп потребителей	Уст. мощность, кВт	Количество электроприемников, п шт	К-т спроса, Кс	К-т мощност и, cos φ	Расч. мощн., Рр, кВт	Расч. ток, Iр, А
Компьютерное оборудование	6,29	20	0,80	0,65	5,03	-
Уборочная техника	6,00	-	0,00	0,85	0,00	-
Итого по Вводу №2	147,94	152	0,58	0,87	86,41	151,02
Аварийный режим (питание по одному вводу)						
Рабочее освещение	41,50	-	0,82	0,94	34,03	-
Аварийное освещение	11,80	-	1,00	0,94	11,80	-
Наружное освещение	5,88	-	1,00	0,91	5,88	-
Технологическое оборудование здания общеобразовательной школы	121,83	225	0,53	0,95	64,57	-
Рукосушители	9,20	46	0,15	0,95	1,38	-
Компьютерное оборудование	9,89	31	0,80	0,65	7,91	-
Сантехническое и вентиляционное оборудование	85,82	60	0,55	0,85	47,20	-
Уборочная техника	22,00	-	0,00	0,85	0,00	-
Оборудование сетей связи	4,30	-	1,00	0,90	4,30	-
Итого по «Аварийному режиму»	312,22	362	0,57	0,90	177,07	299,49

Расчетные данные электрических нагрузок ВРУ3.1 в электрощитовой №3 сведены в таблицу 4.

Таблица 4 - Расчетные данные электрических нагрузок ВРУ3.1 в электрощитовой №3

Наименование групп потребителей	Уст. мощность, кВт	Количество электроприемников, п шт	К-т спроса, Кс	К-т мощность и, cos φ	Расч. мощн., Рр, кВт	Расч. ток, Iр,А
Ввод №1						
Рабочее освещение	38,00	-	0,82	0,94	31,16	-
Технологическое оборудование здания общеобразовательной школы	108,15	147	0,53	0,95	57,32	-
Технологическое оборудование пищеблока школы	11,60	2	0,90	0,98	10,44	-
Сантехническое и вентиляционное оборудование	3,00	3	0,90	0,85	2,70	-
Обогрев кровли	0,08	5	0,80	0,95	0,06	-
Рукосушители	4,00	20	0,15	0,95	0,60	-
Компьютерная техника	1,45	2	0,80	0,65	1,16	-
Уборочная техника	10,00	-	0,00	0,85	0,00	-
Наружное освещение	4,44	-	1,00	0,95	4,44	-
Итого по Вводу №1	180,72	179	0,60	0,94	107,88	173,92
Ввод №2						
Сантехническое и вентиляционное оборудование	88,39	28	0,61	0,85	53,92	-
Обогрев кровли	0,08	5	0,80	0,95	0,06	-
Технологическое оборудование здания общеобразовательной школы	55,28	95	0,55	0,95	30,40	-
Рукосушители	5,80	29	0,15	0,95	0,87	-
Компьютерное оборудование	13,88	42	0,80	0,65	11,10	-
Уборочная техника	8,00	-	0,00	0,85	0,00	-
Итого по Вводу №2	171,43	199	0,56	0,85	96,36	172,44

Продолжение таблицы 4

Наименование групп потребителей	Уст. мощность, кВт	Количество электроприемников, п шт	К-т спроса, Кс	К-т мощност и, cos φ	Расч. мощн., Рр, кВт	Расч. ток, Iр, А
Аварийный режим (питание по одному вводу)						
Рабочее освещение	38,00	-	0,82	0,94	31,16	-
Наружное освещение	4,44	-	1,00	0,91	4,44	-
Технологическое оборудование здания общеобразовательной школы	163,43	242	0,50	0,95	81,72	-
Технологическое оборудование пищеблока школы	11,60	2	0,90	0,98	10,44	-
Рукосушители	9,80	49	0,15	0,95	1,47	-
Компьютерное оборудование	15,33	44	0,80	0,65	12,26	-
Сантехническое и вентиляционное оборудование	91,39	31	0,59	0,85	53,92	-
Обогрев кровли	0,15	10	0,70	0,95	0,11	-
Уборочная техника	18,00	-	0,00	0,85	0,00	-
Итого по «Аварийному режиму»	352,14	378	0,56	0,89	195,51	332,22

Расчетные данные электрических нагрузок ВРУ3.4 в электрощитовой №3 сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчетные данные электрических нагрузок ВРУ3.4 в электрощитовой №3

Наименование групп потребителей	Уст. мощность, кВт	Количество электроприемников, п шт	К-т спроса, Кс	К-т мощность и, cos φ	Расч. мощн., Рр, кВт	Расч. ток, Iр, А
Аварийный режим						
Аварийное освещение	13,70	-	1,00	0,94	13,70	-
Оборудование сетей связи	7,35	12	1,00	0,90	7,35	-
Оборудование ИТП	6,00	5	0,80	0,85	4,80	-
Системы противопожарной защиты (кроме дымоудаления)	5,80	67	0,31	0,95	1,80	-
Системы противопожарной защиты - дымоудаление	233,30	31	0,00	0,85	0,00	-
Электрообогрев противопожарных клапанов	18,00	30	1,00	0,95	18,00	28,79
Итого по «Аварийному режиму»	284,15	145	0,16	0,93	45,65	74,79
Режим «Пожар»						
Аварийное освещение	13,70	-	1,00	0,94	13,70	-
Оборудование сетей связи	7,35	12	1,00	0,90	7,35	-
Оборудование ИТП	6,00	5	0,80	0,85	4,80	-
Системы противопожарной защиты (кроме дымоудаления)	5,80	67	1,00	0,95	5,80	-
Системы противопожарной защиты - дымоудаление	233,30	31	1,00	0,85	233,30	-
Итого по «Режиму Пожар»	266,15	115	1,00	0,86	264,95	469,42

Расчетные данные электрических нагрузок всего учебного комплекса занесем в таблицу 6.

Таблица 6 - Расчетные данные электрических нагрузок всего комплекса

Наименование групп потребителей	Уст. мощность, кВт	Количество электроприемников, п шт	К-т спроса, Кс	К-т мощност и, cos φ	Расч. мощн., Рр, кВт	Расч. ток, Iр, А
ВРУ1						
Ввод №1	138,50	6	0,83	0,96	114,85	182,31
Ввод №2	178,74	93	0,37	0,96	65,69	104,35
Аварийный режим	317,24	99	0,43	0,95	135,02	216,09
ВРУ2.1, 2.4						
Ввод №1	164,28	210	0,56	0,90	92,79	157,3
Ввод №2	147,94	152	0,58	0,87	86,41	151,02
Аварийный режим	312,22	362	0,57	0,90	177,07	299,49
ВРУ3.1						
Ввод №1	180,72	179	0,60	0,94	107,88	173,92
Ввод №2	171,43	199	0,56	0,85	96,36	172,44
Аварийный режим	352,14	378	0,56	0,89	195,51	332,22
ВРУ3.4						
Аварийный режим	284,15	145	0,16	0,93	45,65	74,79
Режим «Пожар»	266,15	115	1,00	0,86	264,95	469,42
Итого по школе:	1247,75	954	-	0,95	772,55	1237
Котельная	57,9	-	-	0,85	36,6	65,5
Итого школа и котельная	1305,65	-	-	0,95	809,15	1295,7

Выводы по разделу.

Выполнен расчет электрических нагрузок по вводам ВРУ1, ВРУ2.1, 2.4, ВРУ3.1 и ВРУ3.4 в нормальном и аварийном режимах работы при отключении одного из вводов. Определены итоговые нагрузки по школе, котельной и общие по школе и котельной вместе.

3 Разработка технических решений по обеспечению электроэнергией электроприемников в нормальном и аварийном режимах

В соответствии с требованиями нормативных документов электроснабжение предусматривается по II категории надежности.

Надёжность электроснабжения электроприемников II категории обеспечивается наличием двух независимых источников электроснабжения.

Электроснабжение потребителей I категории предусматривается от панели ВРУ, имеющей встроенный АВР и от источников бесперебойного питания.

Принятое построение системы электроснабжения обеспечивает на всех ступенях схемы электроснабжения отклонение напряжения на выводах электроприемников в нормальном и послеаварийном режимах не более 5% U_n , что соответствует требованиям ГОСТ Р 50571.5.52- 2011.

Принятые проектные решения в части построения системы электроснабжения и в части применяемого в проекте электрооборудования обеспечивают нормируемые значения показателей качества электроэнергии, которые обеспечивают допустимые показатели и нормы качества электроэнергии, в части электромагнитной совместимости электрических сетей систем электроснабжения общего назначения и электрических сетей потребителей электрической энергии в соответствии с ГОСТ 32144-2013.

Контроль качества электроэнергии осуществляется переносными измерительно - вычислительными приборами при подключении объекта к сетям электроснабжения и при плановых контрольных проверках.

Проектом не предусматриваются электроустановки, отрицательно влияющие на качество электроэнергии.

В системах электроснабжения проектируемого объекта применяются распределительные устройства низкого напряжения, коммутационная, пусковая и защитная электроаппаратура, приборы контроля и учёта,

представляющие собой в совокупности электротехническое оборудование. Данное электрооборудование является промышленными изделиями, выпускаемыми в соответствии с государственными стандартами или техническими условиями, определяющими их надёжность и качество.

Электроснабжение проектируемых электроприемников осуществляется от РУ-0,4 кВ проектируемой двухсекционной трансформаторной подстанции 2КТП.

В рабочем режиме электроснабжение электроприемников школы и котельной осуществляется по двум вводам от РУ-0,4 кВ 2КТП. В аварийном режиме (при отсутствии напряжения на одном из вводов) электроснабжение электроприемников осуществляется по одному из вводов.

В распределительных щитах вентиляции (ЩВ) групповые автоматические выключатели имеют независимые расцепители, обеспечивающий отключение систем вентиляции по сигналу от системы пожарной сигнализации при возникновении пожара.

Реактивная мощность здания составляет 276,4 квар. Коэффициент мощности $\cos\varphi=0,95$, $\operatorname{tg}\varphi=0,33$.

Согласно СП 256.1325800.2016 п.7.3.2 компенсация реактивной мощности не требуется.

Автоматизации и диспетчеризации системы электроснабжения в данной работе не предусматривается, управление выключателями происходит вручную.

Снижение потерь электрической энергии достигается за счёт применения следующих мероприятий:

- выбор рациональной схемы электроснабжения и оптимальных сечений кабелей с целью уменьшения потерь электроэнергии в питающих и распределительных сетях;
- равномерная загрузка фаз с целью снижения коэффициента дополнительных потерь;
- применение светодиодных светильников для освещения;

- организация учета потребляемой электрической энергии с применением современных технических средств учета с повышенным классом точности, повышающих достоверность измерений в электрических сетях;
- применением качественных коммутационных аппаратов нового поколения.

Коммерческий учет электрической энергии предусмотрен во ВРУ-0,4 кВ котельной, №1.1, №2.1, №3.1, №3.4. Установку приборов учёта, с применением средства коммерческого учёта электрической энергии (мощности) с трехфазным измерительным комплексом полукосвенного включения, отвечающим требованиям постановления Правительства РФ от 19.06.2020 №890 осуществляет сетевая организация. Технический учёт электроэнергии на данном объекте не предусматривается.

Резервное электроснабжение приборов пожарной и охранной сигнализации, оповещения о пожаре осуществляется от блоков аварийного питания и малогабаритных источников бесперебойного питания. Расчётное временем работы при отсутствии основного питания составляет не менее 24 часов.

Для потребителей I категории надежности электроснабжения предусматривается панель ВРУ с устройством АВР. При нарушении электроснабжения предусмотрено автоматическое переключение на резервный источник с помощью устройства АВР.

В соответствии с Правилами полного и (или) частичного ограничения режима потребления электрической энергии утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 4 мая 2012 года N 442 проектной документацией предусматривается технологическая и аварийная бронь.

Всё оборудование относится к основному технологическому оборудованию и участвует в непрерывном технологическом (образовательном) процессе.

Технологическая бронь по зданию школы и котельной составляет

809,15кВт, в том числе по котельной 36,6кВт.

Аварийная бронь – противопожарное оборудование, аварийное освещение, системы безопасности здания – составляют для школы - 264,95 кВт, для котельной - 36,6 кВт.

Выводы по разделу.

Электроснабжение потребителей I категории предусматривается от панели ВРУ, имеющей встроенный АВР и от источников бесперебойного питания. Резервное электроснабжение приборов пожарной и охранной сигнализации, оповещения о пожаре осуществляется от блоков аварийного питания, рассчитанных на работу в течении 24 часов. В распределительных щитах вентиляции (ЩВ) групповые автоматические выключатели имеют независимые расцепители, обеспечивающий отключение систем вентиляции по сигналу от системы пожарной сигнализации при возникновении пожара.

Согласно СП 256.1325800.2016 п.7.3.2 компенсация реактивной мощности не требуется.

Основными мерами по снижению потерь электрической энергии являются: выбор рациональной схемы электроснабжения и оптимальных сечений кабелей; равномерная загрузка фаз; применение светодиодных светильников для освещения.

4 Разработка мероприятий по заземлению (занулению) и молниезащите здания школы

Заземление электроустановок выполняется в соответствии с требованиями ПУЭ.

В трёх электрощитовых предусмотрена установка ГЗШ (шина РЕ вводно-распределительного устройства ВРУ). Эти шины соединены проводником уравнивания потенциалов, сечение которого должно быть не менее половины сечения РЕ (PEN)-проводника той линии среди отходящих от щитов низкого напряжения подстанций, которая имеет наибольшее сечение.

Выполнена основная система уравнивания потенциалов, соединяющая между собой следующие проводящие части:

- защитный проводник (PEN - проводник) питающей линии;
- заземляющий проводник, присоединенный к искусственному заземлителю;
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание.

Проводники основной системы уравнивания потенциалов предусмотрено выполнить стальной полосой сечением 25×4 мм, проложенными открыто.

Сечение проводников совмещенного заземляющего устройства принято в соответствии с требованиями ПУЭ (п. 1.7.4), технических циркуляров ассоциации «Росэлектромонтаж» № 11/2006, № 6/2004, ГОСТ Р 50571-10.

Молниезащита выполняется в соответствии с РД 34.21.122-87 и СО 153-34.21.122–2003. По степени защиты от прямых ударов молнии здание относится к «Обычным объектам» III уровня и подлежит защите от прямых ударов молнии и от заноса высокого потенциала по внешним наземным (надземным) металлическим коммуникациям. Надежность защиты от ПУМ $R_z=0,9$.

В качестве молниеприемника используется металлическая сетка, выполненная из оцинкованной круглой стали диаметром 8 мм, укладываемая

на кровлю здания.

Молниеприемники присоединяются к заземлителю токоотводами, в качестве которых служит оцинкованная проволочная сталь диаметром 8 мм, соединяющаяся с заземляющим устройством через 20 м по периметру здания.

Выступающие над крышей металлические элементы присоединены к металлической сетке на кровле.

Заземлитель системы молниезащиты здания школы выполняется из полосовой оцинкованной стали сечением 40×4 мм, проложенной в траншее на глубине 0,5 м по периметру здания и на расстоянии от фундамента не менее 1 м.

Заземлителем системы молниезащиты здания теплицы и котельной выполняется вертикальными заземлителями, выполненными из оцинкованного уголка 50×50×5, соединённых между собой оцинкованной стальной полосой сечением 4×40 мм, проложенной на глубине 0,5 м и на расстоянии от фундамента не менее 1 м.

Сопротивление заземляющего устройства растеканию тока промышленной частоты должно быть не более 10 Ом.

Соединения проводников системы молниезащиты выполнить сваркой. Сварка нестандартных швов ручная электродуговая. Все соединения обеспечивают надежный и долговечный электрический контакт, и электрическую непрерывность цепи между соседними частями конструкций.

Открыто прокладываемые заземляющие и защитные проводники, а также при входе в грунт до глубины 150 мм для защиты от коррозии окрашиваются со всех сторон в два слоя краской по металлу для наружных работ желтого и зеленого цветов чередующимися полосами шириной 100 мм.

В местах ввода заземляющих проводников в здание и в местах присоединения заземляющих проводников к оборудованию и металлоконструкциям предусматривается опознавательный знак по ГОСТ 21130-75.

Непосредственное присоединение заземляющих проводников к

металлическим строительным конструкциям и другим частям неэлектрических систем выполняют организации, производящими монтаж и установку этих систем, оборудования и трубопроводов.

Выводы по разделу.

В трёх электрощитовых предусмотрена установка ГЗШ (шина РЕ вводно-распределительного устройства ВРУ). Эти шины соединены проводником уравнивания потенциалов, сечение которого должно быть не менее половины сечения РЕ (PEN)-проводника той линии среди отходящих от щитов низкого напряжения подстанций, которая имеет наибольшее сечение.

Выполнена основная система уравнивания потенциалов.

В качестве молниеприемника используется металлическая сетка, выполненная из оцинкованной круглой стали диаметром 8 мм, укладываемая на кровлю здания.

Молниеприемники присоединяются к заземлителю токоотводами, в качестве которых служит оцинкованная проволочная сталь диаметром 8 мм, соединяющаяся с заземляющим устройством через 20 м по периметру здания.

5 Выбор типов светильников и расчет уровня освещенности в помещениях школы

Для освещения помещений здания школы и теплицы используются накладные и встраиваемые светодиодные светильники.

Светильники и осветительная арматура выбраны в зависимости от условий среды в них и назначения помещений.

В здании для школы применены светильники следующих типов:

- ОПТИМА.ОPL ECO LED 1200×600 4000К CRI90 (76 Вт, 4000 К, 8800 лм, 116 лм/Вт, CRI>90, IP 20) – в актовом зале, в кабинете изобразительного искусства (внешний вид светильника и соответствующая ему кривая силы света представлены на рисунке 3);



Рисунок 3 - Внешний вид светильника ОПТИМА.ОPL ECO LED 1200×600 и соответствующая ему кривая силы света представлены

- ОПТИМА.ОPL ECO LED 595 4000К CRI90 (26 Вт, 4000 К, 3400 лм, 138 лм/Вт, CRI>90, IP 20) – в учебных кабинетах, лаборантских, помещений кружковой работы, спальных помещений первых классов, помещении библиотеки с читальным залом, помещении школьного музея, кабинетах учителей, учительской, обеденном зале, административных кабинетах, помещении пожарного поста и охраны, рекреации, коридорах, лифтовых холлах, вестибюлях и

тамбурах;

- OPTIMA.PRS ECO LED 595 4000K CRI90 (26 Вт, 4000 К, 3600 лм, 131 лм/Вт, CRI>90, IP 20) – в учебных кабинетах информатики и вычислительной техники;
- OWP OPTIMA LED 595 IP54/IP54 4000K mat CRI90 (36 Вт, 4000 К, 3600 лм, 113 лм/Вт, CRI>90, IP 54) – в учебных кабинетах химии и лаборантских, кабинете кулинарии и домоводства, учебных мастерских, медицинских помещениях, гардеробах, раздевальных (внешний вид светильника и соответствующая ему кривая силы света представлены на рисунке 4);

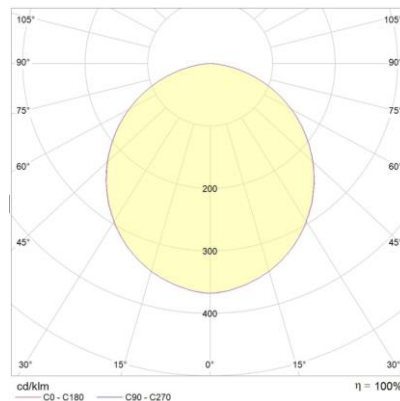


Рисунок 4 - Внешний вид светильника OWP OPTIMA LED 595 и соответствующая ему кривая силы света представлены

- ALD UNI LED 600 4000K (24 Вт, 4000 К, 2000 лм, 83 лм/Вт, CRI>80, IP 54) – в санузлах;
- LB/S C ECO LED75 4000K CRI90 (74 Вт, 4000 К, 10000 лм, 114 лм/Вт, CRI>90, IP 54) – в зале с ванной для плавания;
- OLYMPIC LED 80 4000K CRI90 (72 Вт, 4000 К, 8000 лм, 111 лм/Вт, CRI>90, IP 20) – в спортивных залах;
- ALS.OPL UNI LED 1200 4000K CRI90 (32 Вт, 4000 К, 3600 лм, 113 лм/Вт, CRI>90, IP 54) – в лестничных клетках;
- LZ.OPL ECO LED 1200 4000K (48 Вт, 4000 К, 6000 лм, 125 лм/Вт,

- CRI>80, IP 54) – в помещении водоподготовки бассейна, помещении насосной, ИТП, венткамерах, мастерской по обслуживанию зданий, цехах приготовления пищи, кладовых хранения продуктов, моечных, электрощитовых, машинного отделения лифта;
- LZ.OPL ECO LED 1200 4000K TH (30 Вт, 4000 К, 3200 лм, 107 лм/Вт, CRI>80, IP 54) – в помещении фонда закрытого хранения (внешний вид светильника и соответствующая ему кривая силы света представлены на рисунке 5);



Рисунок 5 - Внешний вид светильника LZ.OPL ECO LED 1200 и соответствующая ему кривая силы света представлены

- CD LED 18 (18Вт, 4000 К, 1900 лм, 106 лм/Вт, CRI>80, IP 65) – в душевых, над входами в здание;
- НПП 1401 (7 Вт, IP 54) – в шахте лифта;
- НПП 1101 (15 Вт, IP 54) – в подвале, помещении хранения светильников, снаряжных, инвентарных, материальных, помещении для хранения уборочного инвентаря и приготовления дезинфицирующих и моющих растворов, помещении прокладки воздуховодов.

В спальнях для первых классов принят встраиваемый светодиодный светильник дежурного освещения DS LED (9Вт, 3000 К, 300 лм,

33 лм/Вт, CRI>80, IP 54).

В медицинских помещениях для осмотра больного возле кушеток принят настенный светильник типа ВАТ UNI LED 600 (12Вт, 4000 К, 1200 лм, 100 лм/Вт, CRI>80, IP 20).

Для местного (ремонтного) электроосвещения в электрощитовых, венкамерах, помещении водоподготовки бассейна, насосной, ИТП, машинного отделения лифта предусматривается установка ящика с понижающим трансформатором на напряжение 36 В.

Для рабочего освещения проектом предусмотрено применение кабелей с медными жилами, не распространяющими горение, с низким газо- и дымовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнг(А)-LSLTx. Для аварийного освещения - кабелей с медными жилами, огнестойкими, с низким газо- и дымовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнг(А)-FRLSLTx. Кабели по пределу распространения горения относятся к классу ПРГП1.

Кабели рабочего и аварийного освещения прокладываются:

- в лотках за подвесным потолком по коридору;
- скрыто под штукатуркой;
- в гофрированных трубах за подвесным потолком;
- в гофрированных трубах по стенам и потолку;
- в стояках в жёстких ПВХ трубах.

Архитектурное освещение школы выполняется светодиодными светильниками марки: TUBUS LED 2×8 (12) 3000К (20Вт, 3000 К, 1900 лм, 95 лм/Вт, CRI>70, IP 65), устанавливается на фасаде здания.

Наружное освещение территории школы выполняется светодиодными светильниками консольного и торшерного типа с рассеивателем из поликарбоната марок:

- «Тюльпан LED-40-СПШ/Т60» (40 Вт, 4000 К, 4400 лм, 110 лм/Вт, CRI>80, IP 54), устанавливается непосредственно на декоративную опору марки «ОД-1-3,6-75 «Сокол-1»» высотой 3,6 м;

- «Волна M LED-80-ШО1А-IP66-УХЛ1» (80 Вт, 4000 К, 12000 лм, 150 лм/Вт, CRI>80, IP 66), устанавливается с помощью кронштейна марки «1.К1-1,0-1,0-Ф1-ц» непосредственно на фланцевую гранёную опору марки «НФГ-8,0-05-ц» высотой 8 м;
- «Волна M LED-140-ШБ1-IP66-УХЛ1» (140 Вт, 4000 К, 21000 лм, 150 лм/Вт, CRI>80, IP 66), устанавливается с помощью кронштейна марки «1.К1-1,0-1,0-Ф1-ц» непосредственно на фланцевую гранёную опору марки «НФГ-8,0-05-ц» высотой 8 м;
- «Волна LED-200-ШБ1/У50» (200 Вт, 4000 К, 24000 лм, 120 лм/Вт, CRI>80, IP 65), устанавливаются с помощью кронштейнов марок «1.К1-1,0-1,0-Ф1-ц», «1.К2-1,0-1,5-/90-Ф2-ц», «2.К4-1,0-1,5-/90-Ф3-ц» непосредственно на фланцевые гранёные опоры марок «НФГ-8,0-05-ц» высотой 8 м и «НФГ-9,0-05-ц» высотой 9 м.

Для управления и питания архитектурным и наружным освещением применены шкафы управления наружным освещением (ШУНО). Наружное освещение управляется в двух режимах: местное, от кнопок управления на кнопочном посту установленном в помещении пожарного поста и охраны и на лицевой панели шкафа управления, а также автоматическое, от фотореле с фотодатчиком в зависимости от уровня естественной освещенности на объекте.

Для наружного освещения проектом предусмотрено применение кабеля с алюминиевыми жилами с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката с броней из двух стальных оцинкованных лент марки АВБШв. Кабель по пределу распространения горения относится к классу О1.8.2.5.4.

Сети наружного освещения прокладываются в траншее в земле на глубине 0,7 м от планировочной отметки земли. При пересечении с подземными коммуникациями кабель прокладывается в гибкой хризотилцементной трубе. Над кабелем, при прокладке в траншее вне труб, предусматривается укладка сигнальной ленты для сигнализации о наличии кабеля в земле и предупреждения от механических повреждений при ведении

ремонтно- строительных работ.

Броня силового кабеля присоединяется к системе уравнивания потенциалов на каждом конце кабеля, используя провод из набора деталей для заземления брони, входящего в комплект концевых кабельных муфт.

Питание рабочего освещения предусмотрено от щитов рабочего освещения ЩО, аварийного освещения - от щитов аварийного освещения ЩАО, расположенных в коридорах.

Напряжение сети электроосвещения - 380/220 В, 50 Гц, напряжение на лампах - 220 В. Ремонтное освещение - на напряжение 36 В.

В соответствии с СП 52.13330.2016 проектом предусматриваются следующие виды электрического освещения:

- общее рабочее;
- аварийное (эвакуационное - освещение путей эвакуации);
- аварийное (эвакуационное - освещение зон повышенной опасности);
- аварийное (эвакуационное - антипаническое);
- дежурное;
- местное;
- ремонтное.

Рабочее освещение предусмотрено во всех помещениях.

Аварийное, дежурное, местное и ремонтное освещение предусмотрено в следующих помещениях:

- аварийное освещение (эвакуационное – освещение путей эвакуации)
 - в коридорах, рекреациях, весибюлях, тамбурах, лестничных клетках;
- аварийное (эвакуационное - освещение зон повышенной опасности)
 - помещениях для приготовления пищи, зал с ванной для плавания;
- аварийное (эвакуационное - антипаническое) - спортзалы, столовая, актовый зал, помещение библиотеки с читальным залом, помещении школьного музея, учительская;
- аварийное освещение (резервное) - в электрощитовых, на пожарном

посту с охраной, гардеробах, спальнях помещениях для первых классов, машинном отделении лифта;

- ремонтное освещение - в помещении водоподготовки бассейна, помещении насосной, ИТП, венткамерах, электрощитовых, машинном отделении лифта;
- дежурное освещение - в спальнях помещениях для первых классов;
- местное освещение - в медицинских помещениях.

Типы светильников, их количество выбраны в зависимости от уровня нормируемой освещённости, назначения помещений, характера среды в них.

Освещение помещений выполнено светодиодными светильниками. Освещении путей эвакуации выполнено в соответствии с ГОСТ Р 55842-2013.

Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования [14].

«Индекс помещения i определяется по выражению» [3]:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (15)$$

где « A и B - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [3].

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [3]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot \eta}, \quad (16)$$

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

Φ_l - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [4].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [3]:

$$P_{n\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{nl}, \quad (17)$$

где « P_{nl} - мощность одной лампы» [13].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B » [3]:

$$N_B = \sqrt{N_p \frac{B}{A}}; \quad (18)$$

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A » [3]:

$$N_A = \sqrt{N_p \frac{A}{B}}; \quad (19)$$

«Определяем расстояние между светильниками L и расстояние от крайнего ряда светильников до стены l » [3]:

$$L \geq \frac{A}{N_A}, l = (0,25 - 0,5)L. \quad (20)$$

Результаты расчета освещения и выбора количества светильников для каждого помещения представлены в графической части работы.

Управление рабочим и аварийным освещением предусмотрено выключателями, установленными у входов в помещения, дежурным

освещением - автоматическими выключателями, установленным в щите ЩАО.

В качестве осветительного щита приняты щиты распределения электроэнергии серии ЩРн – металлический шкаф с замком навесного (IP31) исполнения с автоматическими выключателями типа ВА 47-29 на отходящих линиях.

Выводы по разделу.

Для освещения помещений здания школы и теплицы используются накладные и встраиваемые светодиодные светильники.

Светильники и осветительная арматура выбраны в зависимости от условий среды в них и назначения помещений. Для каждого помещения исходя из требований к освещенности произведен выбор количества светильников.

Для рабочего освещения проектом предусмотрено применение кабелей с медными жилами, не распространяющими горение, с низким газо- и дымовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнг(А)-LSLTx. Для аварийного освещения - кабелей с медными жилами, огнестойкими, с низким газо- и дымовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.

Наружное освещение территории школы выполняется светодиодными светильниками консольного и торшерного типа. Для управления и питания применены шкафы управления наружным освещением (ШУНО). Наружное освещение управляется в двух режимах: местное, от кнопок управления, а также автоматическое, от фотореле с фотодатчиком. Питание наружных сетей освещения выполняется кабелем марки АВВШв.

Заключение

Цель бакалаврской работы заключалась в проектировании надежной и экономичной системы электроснабжения здания школы на 1200 мест.

Определены источники питания для здания школы. Электроснабжение электроприемников осуществляется от двух независимых источников питания – от РУ-0,4 кВ двух секций 2КТП. Напряжение сети для системы электроснабжения школы - 380/220 В с системой заземления TN-C-S.

Для приёма и распределения электроэнергии проектом предусмотрены три электрощитовые, расположенные на 1 этаже (электрощитовая №1 – для потребителей столовой; электрощитовая №2 и №3 – для подключения электроприемников школы). В электрощитовых школы устанавливаются вводные панели с двумя вводами для потребителей II категории надежности электроснабжения и вводные панели с устройством АВР - для потребителей I категории надежности электроснабжения (пожарная и охранная сигнализация, противопожарное оборудование, оповещение о пожаре, аварийное освещение, телекоммуникационные шкафы, система охранного теленаблюдения, оборудование ИТП).

Выбраны номинальные токи и токи расцепителей автоматических выключателей.

Распределительные сети электроснабжения электроприемников в здании выполняются кабелями ВВГнг(А)-LSLTx и ВВГнг(А)-FRLSLTx определенного расчетным путем сечения.

Выполнен расчет электрических нагрузок по вводам ВРУ1, ВРУ2.1, 2.4, ВРУ3.1 и ВРУ3.4 в нормальном и аварийном режимах работы при отключении одного из вводов. Определены итоговые нагрузки по школе, котельной и общие по школе и котельной вместе.

Электроснабжение потребителей I категории предусматривается от панели ВРУ, имеющей встроенный АВР и от источников бесперебойного питания. Резервное электроснабжение приборов пожарной и охранной

сигнализации, оповещения о пожаре осуществляется от блоков аварийного питания, рассчитанных на работу в течении 24 часов.

В распределительных щитах вентиляции (ЩВ) групповые автоматические выключатели имеют независимые расцепители, обеспечивающий отключение систем вентиляции по сигналу от системы пожарной сигнализации при возникновении пожара.

Согласно СП 256.1325800.2016 п.7.3.2 компенсация реактивной мощности не требуется.

Основными мерами по снижению потерь электрической энергии являются: выбор рациональной схемы электроснабжения и оптимальных сечений кабелей; равномерная загрузка фаз; применение светодиодных светильников для освещения.

В трёх электрощитовых предусмотрена установка ГЗШ (шина РЕ вводно-распределительного устройства ВРУ). Эти шины соединены проводником уравнивания потенциалов, сечение которого должно быть не менее половины сечения РЕ (PEN)-проводника той линии среди отходящих от щитов низкого напряжения подстанций, которая имеет наибольшее сечение.

Выполнена основная система уравнивания потенциалов.

В качестве молниеприемника используется металлическая сетка, выполненная из оцинкованной круглой стали диаметром 8 мм, укладываемая на кровлю здания.

Молниеприемники присоединяются к заземлителю токоотводами, в качестве которых служит оцинкованная проволочная сталь диаметром 8 мм, соединяющаяся с заземляющим устройством через 20 м по периметру здания.

Для освещения помещений здания школы и теплицы используются накладные и встраиваемые светодиодные светильники.

Светильники и осветительная арматура выбраны в зависимости от условий среды в них и назначения помещений. Для каждого помещения исходя из требований к освещенности произведен выбор количества светильников.

Для рабочего освещения проектом предусмотрено применение кабелей с медными жилами, не распространяющими горение, с низким газо- и дымовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнг(А)-LSLTx. Для аварийного освещения - кабелей с медными жилами, огнестойкими, с низким газо- и дымовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнг(А)-FRLSLTx.

Наружное освещение территории школы выполняется светодиодными светильниками консольного и торшерного типа. Для управления и питания применены шкафы управления наружным освещением (ШУНО). Наружное освещение управляется в двух режимах: местное, от кнопок управления, а также автоматическое, от фотореле с фотодатчиком. Питание наружных сетей освещения выполняется кабелем марки АВБШв.

Список используемой литературы

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В. Электроснабжение промышленных и гражданских объектов: учебное пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 204 с.
2. Вахнина В.В., Черненко А.Н. Проектирование систем электроснабжения: электронное учебно-методическое пособие. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. 86 с.
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 15.08.2023).
4. 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 03.09.2023).
5. 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 03.06.2023).
6. Киреева Э.А., Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2015. 368с.
7. Миронова А.Н., Миронов Ю.М. Электрооборудование и электроснабжение электротехнологических установок: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2023. 470 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1996313> (дата обращения: 27.06.2023).
8. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 416 с.

9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 15.07.2023).
10. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 13.08.2023).
11. Рожин А.Н., Бакшаева Н.С. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. 258с.
12. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Электроснабжение: учебное пособие. 2-е изд., стер. Москва: ИНФРА-М, 2023. 328 с.
13. Синенко Л.С., Электроснабжение. Версия 1.0. [Электронный ресурс]: учеб. пособие к практ. занятиям. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/122353214> (дата обращения 17.08.2023).
14. 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 07.07.2023).
15. Соколов Л.И. Инженерные системы высотных и большепролетных зданий и сооружений: учеб. пособие. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. 604 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1053274> (дата обращения 08.09.2023).
16. СП 31-110-2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]: Свод правил по проектированию и строительству от 01.01.2004. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035252> (дата обращения 05.08.2023).
17. СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87 (с Поправкой, с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Свод правил от 20.05.2011. URL: docs.cntd.ru/document/1200084087 (дата обращения 14.09.2023).
18. 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 08.07.2023).

19. СП 56.13330.2011 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001 (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]: Свод правил от 20.05.2011. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200085105> (дата обращения 07.05.2023).

20. Хорольский В.Я., Таранов М.А., Петров Д.В. Техно-экономические расчеты распределительных электрических сетей: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 96 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1839652> (дата обращения 08.06.2023).