

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 новой общеобразовательной школы на 1100 мест в г. Санкт-Петербург

Обучающийся

О.А. Мартынов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

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

Тольятти 2024

Аннотация

В бакалаврской работе спроектирована система электроснабжения нового здания школы.

Основной категорией по надежности электропитания является вторая, при этом имеются электроприемники, относящиеся к первой категории, такие как система пожаротушения и аварийное освещение. Питание электроприемников осуществляется от двух ВРУ, каждое из которых получает питание по двум взаиморезервируемым линиям. Электроприёмники противопожарной защиты питаются от отдельного ВРУ-ППУ.

Определены расчётные электрические нагрузки для каждого ВРУ.

Произведён выбор защитных аппаратов и кабельных линий. Определены параметры системы заземления здания. В соответствии с руководящим документом молниезащита школы не выполняется.

Определены параметры рабочего и аварийного освещения. Для помещений здания школы в качестве источников света приняты светодиодные светильники. Произведён выбор типа и необходимого количества установленных светильников в каждом помещении. Рассмотрены вопросы автоматизации управления системой освещения с использованием протокола DALI.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 61 страница текста и графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

Содержание

Введение	4
1 Характеристика внешних источников электроснабжения и выбор внутренней схемы электроснабжения новой общеобразовательной школы на 1100 мест	8
2 Определение расчетной нагрузки по зданию новой общеобразовательной школы на 1100 мест	13
3 Требования к надежности электроснабжения и качеству поставляемой электроэнергии для здания новой общеобразовательной школы на 1100 мест	22
4 Заземление и молниезащита здания новой общеобразовательной школы на 1100 мест	31
5 Выбор проводников и осветительной арматуры для новой общеобразовательной школы на 1100 мест.....	38
6 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения в здании новой общеобразовательной школы на 1100 мест.....	42
Заключение	55
Список используемой литературы	58

Введение

В 2025 году планируется строительство трехэтажного здания с техподпольем, с учетом размещения всех необходимых по требованию школьного образовательного процесса помещений.

Территория, отведенная под строительство здания школы, расположена в Пушкинском районе города Санкт-Петербург и ограничена:

- с северо-западной стороны – существующей жилой застройкой, прилегающей к ул. Олеко Дундича;
- с северо-восточной стороны – существующей жилой застройкой, прилегающей к Загребскому бульвару;
- с юго-западной стороны - существующей жилой застройкой, прилегающей к ул. Будапештская;
- с юго-восточной стороны – существующей жилой застройкой, прилегающей к ул. Малая Балканская.

На нормативном расстоянии от здания школы со всех сторон (северная, восточная, западная) предусмотрен проезд шириной 4,20 м.

«Здание представляет собой единый комплекс, состоящий из трех связанных между собой блоков, заключенных композиционно и функционально в единый объем, вписывающийся в прямоугольную форму, с организацией двух внутренних дворов.

В соответствии с требованиями санитарно-гигиенических норм по разделению разновозрастных групп школьников, главный тамбур разделен на два тамбура, изолированных друг от друга и ведущих в разные просторные вестибюли, с отдельными гардеробными, самостоятельными лестницами, ведущими на верхние этажи и с общим помещением поста охраны. Здесь формируются основные потоки школьников (младших и старших), учительского и обслуживающего персонала по горизонтали и вертикали с учетом кратчайших внутренних функциональных связей. Всего в здании шесть лестниц, являющихся эвакуационными, и обеспечивающих удобную

взаимосвязь в каждом учебном блоке между основными учебными группами помещений и группами общешкольных помещений.

Школа запроектирована с учетом размещения всех необходимых помещений для общеобразовательного процесса обучения детей I, II, III ступеней.

Одним из важных принципов планировочной структуры является выделение обособленной (непроходной) зоны для младших школьников (1-4 классов) относительно других возрастных групп учащихся, с созданием условий для учебно-воспитательного процесса и организацией удобной взаимосвязи с общешкольными помещениями.

Для средних и старших классов оборудовано 25 универсальных учебных кабинетов и 16 кабинетов специализированной направленности (кабинеты физики, химии, биологии, естествознания с лаборантскими и лабораториями, кабинеты трудового обучения, иностранного языка, технического черчения, кабинет по изучению основ безопасности жизнедеятельности (ОБЖ)» [17].

Наполняемость классов 25 и 13 детей (раздельные кабинеты иностранных языков и кабинетов технологии) [16].

Общая численность персонала школы составляет 105 человек, численность максимальной смены - 100 человек.

Важной составляющей школьной программы являются практические занятия, где преподаются основы практических знаний. Для этих целей запроектированы кабинеты трудового обучения, которые находятся на первом этаже. Для девочек трудовое обучение заключается в познании секретов кулинарии и обработки ткани (швейного дела). Для этих целей организованы два кабинета. Для мальчиков предусмотрены две отдельные мастерские по обработке металла и древесины, где дети овладевают теоретическими и практическими навыками столярного и слесарного дела. При мастерских оборудованы инструментальные. Для безопасности работы предусмотрен дополнительный выход из мастерских непосредственно на улицу.

«Здание школы обеспечено тремя лифтами, к которым предъявляются

аналогичные требования как к лифтам для транспортировки подразделений пожарной охраны. Эти лифты в данном проекте используются для обслуживания и спасения маломобильных категорий учащихся с ограниченными возможностями передвижения во время пожара. Все лифты рассредоточены по зданию для наиболее удобного их использования» [17].

Для эксплуатации осветительных установок в актовом зале и спортивных залах здания школы предусмотрено передвижное подъемное устройство - подъемник телескопический, позволяющий обслуживать светильники, установленные на высоте более 5м.

Столярная мастерская оборудуется столярными одноместными верстаками, расставленными в два ряда перпендикулярно светонесущей стене. Слесарная мастерская оборудуется слесарными двухместными верстаками. Слесарные верстаки, сверлильные, точильные и другие станки оснащены предохранительной сеткой высотой 0,7 м. Слесарная и столярная мастерские оборудуются умывальными раковинами с электросушителями.

Кабинет кулинарии оборудован электроплитами.

Кабинет по обработке тканей оборудован универсальными рабочими столами со встроенными швейными машинами и гладильными принадлежностями.

Каждый кабинет оборудован проектором и проекционным экраном.

Кабинет физики на третьем этаже проектируемой школы оборудован комплексом потолочной системы электроснабжения с автоматическим управлением лифт-модулями (6 выдвижных лифт-модулей) с распределительными шкафами и подвесными металлическими каналами для коммуникаций.

Административные кабинеты: завучи начального, среднего и старшего звеньев, заместитель директора по УВР, приемная, кабинет директора, заместитель директора по административно- хозяйственной работе, бухгалтерия, методические - учительские для начального, среднего и старшего звеньев оборудованы автоматизированными рабочими местами.

На втором этаже расположен актовый зал на 430 человек со сценой, оборудованный экраном большого размера с проектором и автоматизированным рабочим местом оператора.

На третьем этаже оборудуется библиотека с медиатекой.

Система видеонаблюдения позволяет осуществлять круглосуточное видеонаблюдение школы. Дежурный пункт видеонаблюдения оборудуется в помещении охраны на 1 этаже здания.

Предусмотрена система контроля и управления доступом турникетов, которые установлены на двух основных входах в школу. Информация со считывателей и турникетов передается на контроллеры доступа, далее на персональные компьютеры через сетевые шкафы.

Также входные зоны оборудованы арочными металлодетекторами.

Для объекта предусмотрена интегрированная (комплексная) система безопасности - аппаратно-программный комплекс, предоставляющий возможность контроля и управления системой пожарной автоматики, системами, не входящими в систему пожарной автоматики, но связанными с обеспечением безопасности при пожаре, а также системами безопасности объекта.

Звонковая сигнализация выполняется электрическими звонками, устанавливаемыми в вестибюлях, рекреациях и коридорах школы. Управление звонковой сигнализацией осуществляется от устройства управления школьными звонками «Звонок-5М», расположенного в помещении охраны.

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

1 Характеристика внешних источников электроснабжения и выбор внутренней схемы электроснабжения новой общеобразовательной школы на 1100 мест

Категория надежности электроснабжения – II.

Уровень напряжения – 400 В.

Основной источник питания: ПС 110/10 кВ, ТП-4729, ТП-4819, ТП-4820, ТП-3 (стр.) РУ-10 кВ 1 с.ш., проектируемая ТП - 10/0,4 кВ РУ-0,4 КвВ 1 с.ш., проектируемые КЛ-0,4 кВ. Резервный источник питания: ПС 110/10 кВ, ТП-4729, ТП-4819, ТП-4820, ТП-3 (стр.) РУ-10 кВ 2 с.ш., проектируемая ТП - 10/0,4 кВ РУ-0,4 КвВ 2 с.ш., проектируемые КЛ- 0,4 кВ.

Данная схема электроснабжения потребителей принята для обеспечения питания и требуемой надежности электроснабжения потребителей, удобства в эксплуатации.

Электроснабжение потребителей школы выполняется от двух вводно-распределительных устройств ВРУ1 и ВРУ2.

В здании школы имеются потребители первой категории надежности электроснабжения, поэтому согласно СП256.1325800.2016 и техническим условиям заказчика ВРУ1 и ВРУ2 одинаковые, и каждое из них состоит из вводного устройства с автоматическим включением резерва АВР, и двух секций распределения (1 с.ш. и 2 с.ш.). Каждое из ВРУ1 и ВРУ2 получает питание по двум независимым взаиморезервируемым вводам 0,4 кВ.

Для питания электрооборудования системы противопожарной защиты предусмотрено ВРУ-ППУ. ВРУ-ППУ получают питание по двум вводам, подключенным к ВРУ2 после аппаратов управления и до аппаратов защиты.

ВРУ1, ВРУ2, ВРУ-ППУ устанавливаются в электрощитовой на 1 этаже.

На рисунке 1 приведен опросный лист для ВРУ1.

На рисунке 2 приведен опросный лист для ВРУ2.

На рисунке 3 приведен опросный лист для ВРУ-ППУ.

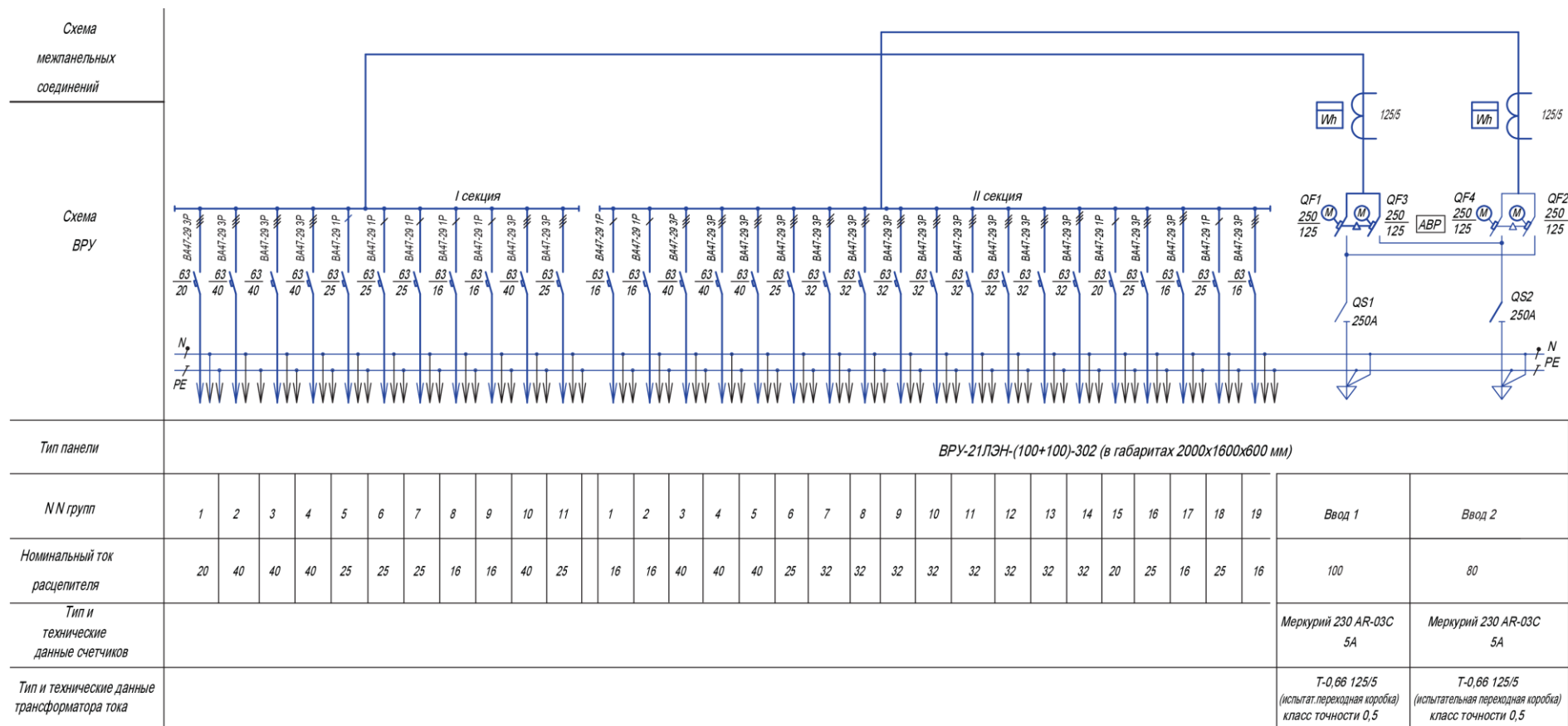


Рисунок 1 - Опросный лист для ВРУ1

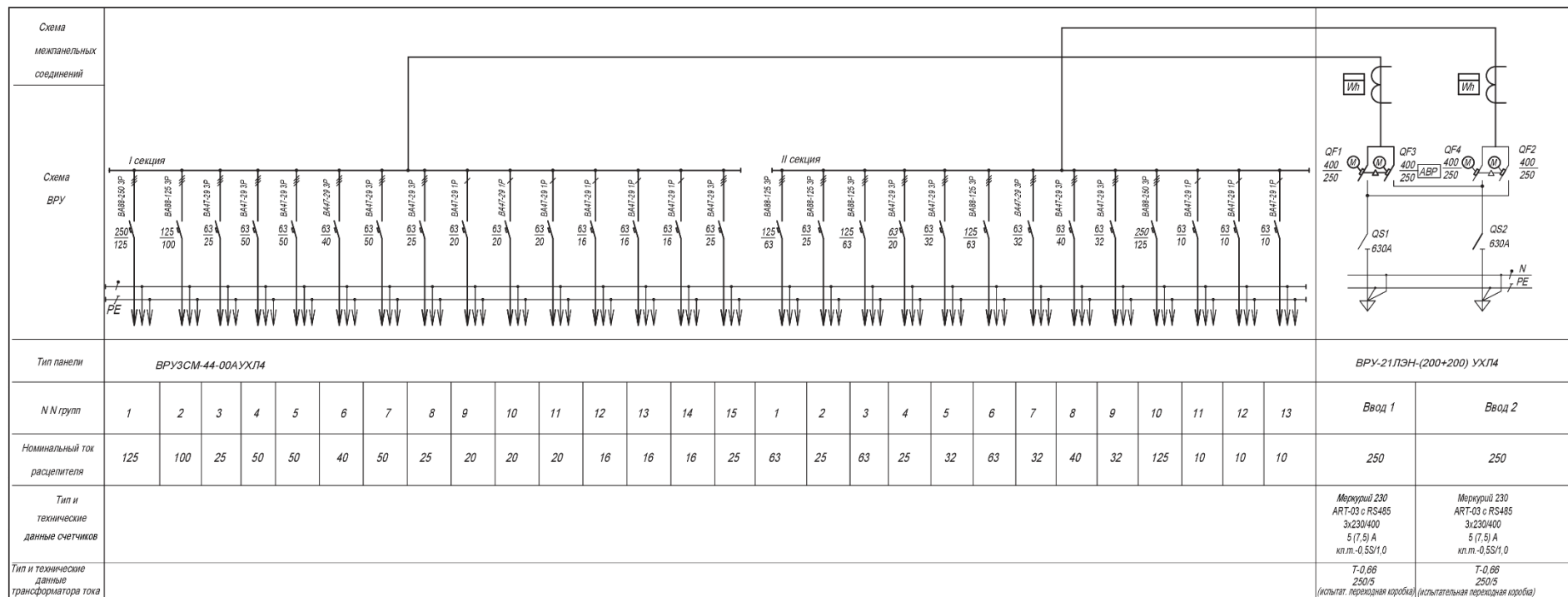


Рисунок 2 - Опросный лист для ВРУ2

Схема межпанельных соединений																	
Схема ВРУ																	
Тип панели	ВРУЗСМ-44-00АУХЛ4															ВРУ-21ЛЭН-(250+250) УХЛ4	
N N групп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	14		10	11	12	13	Ввод 1	Ввод 2
Номинальный ток расцепителя	200	25	63	25	63	32	16	16	16	25		63	63	63	25	320	320
Тип и технические данные счетчиков																Меркурий 230 ART-03 с RS485 3x230/400 5 (7,5) А кл.т.-0,5S/1,0	
Тип и технические данные трансформатора тока																Т-0,66 300/5 (испытательная переходная коробка)	

Рисунок 3 - Опросный лист для ВРУ-ППУ

«В нормальном режиме - каждая секция распределения получает питание от своего ввода. При нарушении питания на одном из вводов происходит автоматическое переключение на питание от исправного ввода (аварийный режим)» [1].

При восстановлении питания на вводе секция распределения автоматически подключается к своему вводу. Контроль напряжения ведется по каждой фазе. Управление АВР ведется контроллером. В режиме АВР предусмотрены режимы работы: автоматический и ручной.

Выводы по разделу.

Поскольку основные электроприемники здания школы относятся ко второй категории по надежности электроснабжения, то питание осуществляется от новой двухтрансформаторной подстанции с разных секций шин.

В здании школы имеются потребители первой категории надежности электроснабжения, поэтому согласно СП256.1325800.2016 и техническим условиям заказчика ВРУ1 и ВРУ2 одинаковые, и каждое из них состоит из вводного устройства с автоматическим включением резерва АВР, и двух секций распределения (1 с.ш. и 2 с.ш.). Каждое из ВРУ1 и ВРУ2 получает питание по двум независимым взаиморезервируемым вводам 0,4 кВ.

Для питания электрооборудования системы противопожарной защиты предусмотрено ВРУ-ППУ. ВРУ-ППУ получают питание по двум вводам, подключенным к ВРУ2 после аппаратов управления и до аппаратов защиты.

2 Определение расчетной нагрузки по зданию новой общеобразовательной школы на 1100 мест

Потребители электроэнергии подразделяются на:

- работающие в нормальном режиме - внутреннее и наружное электрическое освещение, общеобменная вентиляция, ИТП, технологическое оборудование для пищеблока, розеточные сети для оборудования организации процесса обучения и персонала учебного заведения, оборудование связи, лифты, отопление, водоснабжение;
- работающие в аварийном режиме «Пожар» - система автоматической пожарной сигнализации и все сети связи, относящиеся к ней, аварийное освещение, противодымная вентиляция, клапаны дымоудаления и огнезадерживающие, пассажирские лифты, используемые пожарными подразделениями, питьевая насосная установка.

Расчет электрических нагрузок выполнен по удельным показателям и расчетным коэффициентам, приведенным в СП 256.1325800.2016 [23].

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [23]:

$$P_{p.p} = K_{c.p} \cdot P_{y.p} \cdot n, \quad (1)$$

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» [23]:

$$P_{p.o} = P'_{p.o} + P_{p.p}, \quad (2)$$

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

$P_{p.p}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [20].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, следует определять по формуле» [23]:

$$P_{p.c} = K_c \cdot P_{y.c}, \quad (3)$$

где « K_c - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$ - установленная мощность электроприемников (кроме противопожарных устройств и резервных)» [23].

«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» [23]:

$$P_p = K(P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}), \quad (4)$$

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» [23].

В таблице 1 приведены результаты расчета нагрузок для ВРУ-ППУ.

Таблица 1 - Результаты расчета нагрузок для ВРУ-ППУ

Исходные данные							Расчетные величины			п _э	K _р	Расчетная мощность			I _р , А
По заданию технологов				Справочные данные			k _с · P _{ном} = P _с , кВт	k _с · P _{ном} · tgφ =Q _с , квар	n·P _{ном} ²			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	
Наименование узлов СЭС и ЭП	п	Длит, режим		k _с	cos φ	tgφ									
1	2	3	4				5	6	7	8	9	10	11	12	13
ВРУ-ППУ Секция 1 (Руст.)															
СУЛ1	3	9,50	28,50	1	0,85	0,62	28,50	17,66	270,75	-	-	-	-	-	-
Кан.э/нагреватель	9	1,80	16,20	1	0,98	0,20	16,20	3,29	29,16	-	-	-	-	-	-
Модули управления клапанами ДУ	1	2,30	2,30	1	0,90	0,48	2,30	1,11	5,29	-	-	-	-	-	-
Итого	13	13,60	47,00	1	0,83	0,66	47,00	31,1	305,20	7,238	1	47,00	31,07	56,34	85,60
ВРУ-ППУ Секция 2 (Руст.)															
Средства связи	1	3,50	3,50	1	0,98	0,20	3,50	0,7	12,25	-	-	-	-	-	-
ЩОА-1	1	3,88	3,88	1	0,98	0,20	3,88	0,79	15,07	-	-	-	-	-	-
ЩОА-2	1	2,24	2,24	1	0,98	0,20	2,24	0,5	5,04	-	-	-	-	-	-
ЩОА-3	1	2,04	2,04	1	0,98	0,20	2,04	0,4	4,15	-	-	-	-	-	-
ЩОА-4	1	1,64	1,64	1	0,98	0,20	1,64	0,3	2,70	-	-	-	-	-	-
ЩОА-5	1	1,10	1,10	1	0,98	0,20	1,10	0,2	1,21	-	-	-	-	-	-
ЩОА-6	1	1,48	1,48	1	0,98	0,20	1,48	0,3	2,18	-	-	-	-	-	-
ЩОА-7	1	2,32	2,32	1	0,98	0,20	2,32	0,5	5,36	-	-	-	-	-	-
ЩОА-8	1	1,08	1,08	1	0,98	0,20	1,08	0,22	1,17	-	-	-	-	-	-
П7	1	5,50	8,30	1	0,85	0,62	8,30	5,1	30,25	-	-	-	-	-	-
П8	1	4,00	4,00	1	0,85	0,62	4,00	2,5	16,00	-	-	-	-	-	-
ВД1	1	7,50	7,50	1	0,85	0,62	7,50	4,6	56,25	-	-	-	-	-	-
ВД2	1	5,50	5,50	1	0,85	0,62	5,50	3,4	30,25	-	-	-	-	-	-
ВД3	1	3,00	3,00	1	0,85	0,62	3,00	1,9	9,00	-	-	-	-	-	-
ВД4	1	7,50	7,50	1	0,85	0,62	7,50	4,6	56,25	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ВД5	1	7,50	7,50	1	0,85	0,62	7,50	4,6	56,25	-	-	-	-	-	-
ПД1	1	4,00	4,00	1	0,85	0,62	4,00	2,5	16,00	-	-	-	-	-	-
ПД2	1	1,10	1,10	1	0,85	0,62	1,10	0,7	1,21	-	-	-	-	-	-
ПД3	1	4,00	4,00	1	0,85	0,62	4,00	2,5	16,00	-	-	-	-	-	-
ПД4	1	1,10	1,10	1	0,85	0,62	1,10	0,7	1,21	-	-	-	-	-	-
ПД5	1	4,00	4,00	1	0,85	0,62	4,00	2,5	16,00	-	-	-	-	-	-
ПД6	1	1,10	1,10	1	0,85	0,62	1,10	0,7	1,21	-	-	-	-	-	-
Итого	22	75,08	77,88	1	0,89	0,52	77,88	40,2	355,02	17,09	1	77,88	40,23	87,66	133,19
Нормальный режим ВРУ-ППУ Секция 1 (Рр)															
СУЛ1	3	9,50	28,50	1	0,85	0,62	28,50	177	270,75	-	-	-	-	-	-
Кан.э/нагреватель	9	1,80	16,20	1	0,98	0,20	16,20	-	29,16	-	-	-	-	-	-
Модули управления клапанами ДУ	0	2,30	0,00	1	0,85	0,62	0,00	0,0	0,00	-	-	-	-	-	-
Итого	12	13,60	44,70	1	0,59	1,38	44,70	61,9	299,91	6,662	1	44,7	61,87	76,33	115,96
Нормальный режим ВРУ-ППУ Секция 2 (Рр.)															
Средства связи	1	3,50	3,50	1	0,98	0,20	3,50	0,7	12,25	-	-	-	-	-	-
ЩОА-1	1	3,88	3,88	1	0,98	0,20	3,88	0,8	15,07	-	-	-	-	-	-
ЩОА-2	1	2,24	2,24	1	0,98	0,20	2,24	0,5	5,04	-	-	-	-	-	-
ЩОА-3	1	2,037	2,04	1	0,98	0,20	2,04	0,4	4,15	-	-	-	-	-	-
ЩОА-4	1	1,64	1,64	1	0,98	0,20	1,64	0,3	2,70	-	-	-	-	-	-
ЩОА-5	1	1,10	1,10	1	0,98	0,20	1,10	0,2	1,21	-	-	-	-	-	-
ЩОА-6	1	1,48	1,48	1	0,98	0,20	1,48	0,3	2,18	-	-	-	-	-	-
ЩОА-7	1	2,32	2,32	1	0,98	0,20	2,32	0,5	5,36	-	-	-	-	-	-
ЩОА-8	1	1,08	1,08	1	0,98	0,20	1,08	0,2	1,17	-	-	-	-	-	-
П7	1	5,50	8,30	1	0,85	0,62	8,30	5,1	30,25	-	-	-	-	-	-
П8	1	4,00	4,00	1	0,85	0,62	4,00	2,5	16,00	-	-	-	-	-	-
ВД1	0	7,50	0,00	1	0,85	0,62	0,00	0,0	0,00	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ВД2	0	5,50	0,00	1	0,85	0,62	0,00	0,0	0,00	-	-	-	-	-	-
ВД3	0	3,00	0,00	1	0,85	0,62	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
ВД4	0	7,50	0,00	1	0,85	0,62	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
ВД5	0	7,50	0,00	1	0,85	0,62	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
ПД1	0	4,00	0,00	1	0,85	0,62	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
ПД2	0	1,10	0,00	1	0,85	0,62	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
ПД3	0	4,00	0,00	1	0,85	0,62	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
ПД4	0	1,10	0,00	1	0,85	0,62	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
ПД5	0	4,00	0,00	1	0,85	0,62	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
ПД6	0	1,10	0,00	1	0,85	0,62	0,00	0,00	0,00	-	-	-	-	-	-
Итого	11	75,08	31,58	1,00	0,94	0,37	31,58	12	95,4	10,46	1	31,59	11,54	33,63	51,09
Режим «Пожар» ВРУ-ППУ Секция 1 (Рр.)															
СУЛ1	3	9,5	28,5	1	0,85	0,62	28,5	17,7	270,8	-	-	-	-	-	-
Кан.э/нагреватель	9	1,8	16,2	1	0,98	0,2	16,2	3,3	29,2	-	-	-	-	-	-
Модули управления клапанами ДУ	1	2,3	2,3	1	0,85	0,62	2,3	1,4	5,3	-	-	-	-	-	-
Итого	13	13,6	47	1	0,81	0,72	47,0	33,9	305,2	7,238	1,0	47	33,92	57,96	88,06
Режим «Пожар» Отсек I. ВРУ-ППУ Секция 2 (Рр)															
Средства связи	1	3,5	3,5	1	0,98	0,2	3,5	0,7	12,3	-	-	-	-	-	-
ЩОА-1	1	3,882	3,882	1	0,98	0,2	3,9	0,8	15,1	-	-	-	-	-	-
ЩОА-2	1	2,244	2,244	1	0,98	0,2	2,2	0,5	5,0	-	-	-	-	-	-
ЩОА-3	1	2,037	2,037	1	0,98	0,2	2,0	0,4	4,1	-	-	-	-	-	-
ЩОА-4	1	1,644	1,644	1	0,98	0,2	1,6	0,3	2,7	-	-	-	-	-	-
ЩОА-5	1	1,101	1,101	1	0,98	0,2	1,1	0,2	1,2	-	-	-	-	-	-
ЩОА-6	1	1,478	1,478	1	0,98	0,2	1,5	0,5	2,2	-	-	-	-	-	-
ЩОА-7	1	2,316	2,316	1	0,98	0,20 3	2,3	0,5	5,4	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ЩОА-8	1	1,082	1,082	1	0,98	0,20 3	1,1	0,2	1,2	-	-	-	-	-	-
П7	1	5,5	8,3	1	0,85	0,62	8,3	5,1	30,3	-	-	-	-	-	-
П8	1	4	4	1	0,85	0,62	4,0	2,5	16,0	-	-	-	-	-	-
ВД1	1	7,5	7,5	1	0,85	0,62	7,5	4,6	56,3	-	-	-	-	-	-
ВД2	1	5,5	5,5	1	0,85	0,62	5,5	3,4	30,3	-	-	-	-	-	-
ВД3	1	3	3	1	0,85	0,62	3,0	1,9	9,0	-	-	-	-	-	-
ВД4	0	7,5	0	1	0,85	0,62	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
ВД5	0	7,5	0	1	0,85	0,62	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
ПД1	1	4	4	1	0,85	0,62	4,0	2,5	16,0	-	-	-	-	-	-
ПД2	1	1,1	1,1	1	0,85	0,62	1,1	0,7	1,2	-	-	-	-	-	-
ПД3	0	4	0	1	0,85	0,62	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
ПД4	0	1,1	0	1	0,85	0,62	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
ПД5	0	4	0	1	0,85	0,62	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
ПД6	0	1,1	0	1	0,85	0,62	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
Итого	16	75,084	52,68 4	1	0,90 6	0,46 7	52,7	24,6	208,1	13,34	1,0	52,68 4	24,615	58,15 1	88,351
Режим «Пожар» Отсек II. ВРУ-ППУ Секция 2 (Рр)															
Средства связи	1	3,5	3,5	1	0,98	0,20 3	3,5	0,7	12,3	-	-	-	-	-	-
ЩОА-1	1	3,882	3,882	1	0,98	0,20 3	3,9	0,8	15,1	-	-	-	-	-	-
ЩОА-2	1	2,244	2,244	1	0,98	0,20 3	2,2	0,5	5,0	-	-	-	-	-	-
ЩОА-3	1	2,037	2,037	1	0,98	0,20 3	2,0	0,4	4,1	-	-	-	-	-	-
ЩОА-4	1	1,644	1,644	1	0,98	0,20 3	1,6	0,3	2,7	-	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ЩОА-5	1	1,101	1,101	1	0,98	0,20 3	1,1	0,2	1,2	-	-	-	-	-	-
ЩОА-6	1	1,478	1,478	1	0,98	0,20 3	1,5	0,3	2,2	-	-	-	-	-	-
ЩОА-7	1	2,316	2,316	1	0,98	0,20 3	2,3	0,5	5,4	-	-	-	-	-	-
ЩОА-8	1	1,082	1,082	1	0,98	0,20 3	1,1	0,2	1,2	-	-	-	-	-	-
П7	0	5,5	8,3	1	0,85	0,62	8,3	5,1	0,0	-	-	-	-	-	-
П8	0	4	0	1	0,85	0,62	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
ВД1	0	7,5	0	1	0,85	0,62	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
ВД2	0	5,5	0	1	0,85	0,62	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
ВД3	0	3	0	1	0,85	0,62	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
ВД4	1	7,5	7,5	1	0,85	0,62	7,5	4,6	56,3	-	-	-	-	-	-
ВД5	1	7,5	7,5	1	0,85	0,62	7,5	4,6	56,3	-	-	-	-	-	-
ПД1	0	4	0	1	0,85	0,62	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
ПД2	0	1,1	0	1	0,85	0,62	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
ПД3	1	4	4	1	0,85	0,62	4,0	2,5	16,0	-	-	-	-	-	-
ПД4	1	1,1	1,1	1	0,85	0,62	1,1	0,7	1,2	-	-	-	-	-	-
ПД5	1	4	4	1	0,85	0,62	4,0	2,5	16,0	-	-	-	-	-	-
ПД6	1	1,1	1,1	1	0,85	0,62	1,1	0,7	1,2	-	-	-	-	-	-
Итого	15	75,084	52,78 4	1	0,90 6	0,46 8	52,8	24,7	196,1	14,21	1,0	52,78 4	24,677	58,26 8	88,528

В таблице 2 приведены данные потребителей электрических нагрузок в аварийном режиме работы «Пожар» для расчета нагрузки питающих линий.

Таблица 2 - Данные потребителей электрических нагрузок в аварийном режиме работы «Пожар» для расчета нагрузки питающих линий

Группа электроприемников	$P_{уст}, \text{кВт}$	K_c	$\cos\varphi$	$P_p, \text{кВт}$	$K_{н.м}$	$S_p, \text{кВА}$
Аварийное освещение	24,67	1	0,95	24,7	-	26,0
Клапаны дымоудаления и огнезадерживающие	0,05	46	0,98	2,3	-	2,3
Вентиляция дымоудаления ВД	31,00	1	0,85	31,0	-	36,5
Вентиляция дымоудаления ПД	5,50	3	0,85	16,5	-	19,4
Вентиляция приточная П7, П8	6,90	1	0,85	6,9	-	8,1
Система оповещения	2,00	1	0,98	2,0	-	2,0
Автом. пожарная сигнализация	1,50	1	1,00	1,5	-	1,5

В таблице 3 приведены данные потребителей электрических нагрузок в нормальном режиме работы для расчета нагрузки питающих линий.

Таблица 3 - Данные потребителей электрических нагрузок в нормальном режиме работы для расчета нагрузки питающих линий

Группа электроприемников	$P_{уст}, \text{кВт}$	K_c	$\cos\varphi$	$P_p, \text{кВт}$	$K_{н.м}$	$S_p, \text{кВА}$
Рабочее освещение	52,96	0,79	1,00	41,84	-	41,8
Наружное освещение	11,10	1	0,96	11,1	-	11,6
Технологическое оборудование для организации учебного процесса	146,80	1	0,95	146,8	-	154,5
Пищеблок технологическое оборудование	316,59	0,3	0,98	95,0	-	96,9
Лифты	28,50	0,8	0,65	22,8	-	35,1
Вентиляция общеобменная	68,15	0,45	0,85	30,7	-	36,1
Аварийное освещение	15,55	1	1,00	15,6	-	15,6
Тепловые завесы, э/калориферы	51,80	0,5	0,85	25,9	-	30,5
Пищеблок – посудомоечные машины	56,40	0,85	0,95	47,9	-	50,5
Уборочная техника	18,00	0,2	0,95	3,6	-	3,8
Сети связи	20,75	0,5	0,95	10,375	-	10,9
ИТП	4,60	0,8	0,95	3,7	-	3,9
Оборудование ВК	10,35	0,8	0,75	8,28	-	11,0
Рукосушители	237,60	0,15	-	35,64	-	-
Итого	1039,15	-	-	424,28	0,85	446,6

Выводы по разделу.

Расчетная мощность для определения защитной аппаратуры и выбора кабелей составляет:

ВРУ№1.

Нормальный режим:

- ввод №1: $P_p=156\text{кВт}$, $I_p=249\text{А}$;
- ввод №2: $P_p=151,6\text{кВт}$, $I_p=242\text{А}$.

Аварийный режим: $P_p=298,3\text{кВт}$, $I_p=475\text{А}$, $\cos\varphi = 0,95$.

ВРУ№2:

Нормальный режим:

- ввод №3: $P_p=171,31\text{ кВт}$, $I_p=265,9\text{ А}$;
- ввод №4: $P_p=155,9\text{ кВт}$, $I_p=242,0\text{ А}$.

Аварийный режим (работа на одном вводе): $P_p=294,5\text{ кВт}$, $I_p=457,1\text{ А}$, $\cos\varphi=0,93$.

3 Требования к надежности электроснабжения и качеству поставляемой электроэнергии для здания новой общеобразовательной школы на 1100 мест

Категория электроснабжения объекта определена согласно СП 256.1325800.2016 таблица 6.1 [23]. Для здания образования, воспитания и подготовки кадров: электроприемники противопожарных устройств и охранной сигнализации относятся к 1-й категории, комплекс остальных электроприемников относится ко 2-й категории электроснабжения.

«Потребляемая электроэнергия по качеству должна соответствовать Межгосударственному стандарту: Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» ГОСТ 32144-2013» [6]. Отпускаемая электроэнергия подлежит обязательной сертификации (по отклонению напряжения и отклонению частоты) на основании Постановления Правительства Российской Федерации №1013 от 13.08.97г. аккредитованными при Госстандарте РФ соответствующими органами по сертификации и испытательными лабораториями по определению показателей качества электрической энергии.

На вводе в здание школы в электрощитовой установлены вводно-распределительные устройства ~400/230 В - ВРУ№1, ВРУ№2 для электроснабжения потребителей школы [4].

Схемы вводных ВРУ предусматривают питание электроприемников по двум независимым взаиморезервируемым вводам от двухтрансформаторной подстанции.

Для питания электрооборудования системы противопожарной защиты предусмотрено ВРУ-ППУ.

Все вводные устройства приняты по типу ВРУ-21ЛЭН-(250+250) УХЛ4 с АВР. К ВРУ1 и ВРУ2 подключаются распределительные ВРУ3 и ВРУ4, которые приняты по типу ВРУ3СМ-44-00АУХЛ4 [2].

В качестве распределительной и защитной аппаратуры приняты наборные щитки распределительные навесного и встраиваемого исполнения с соответствующими степенями защиты, укомплектованные автоматическими и дифференциальными автоматами Российского производства. У всех щитков - запираемые на замок дверцы.

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

- по номинальному напряжению» [19]

$$U_n \geq U_{nc};, \quad (5)$$

- «по номинальному току» [19]

$$I_{np} \geq I_{pa};, \quad (6)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [19]:

$$I_{отк} \geq I_{KЗ}^{(3)},, \quad (7)$$

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

«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» [19]:

$$k_{pn} \cdot I_y > k_n \cdot I_{пуск},, \quad (8)$$

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» [19].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [19]:

$$t_i > t_{ni},, \quad (9)$$

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

t_{ni} – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [19].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [19]:

$$t_{cp} > t_{дон},, \quad (10)$$

где « t_{cp} – время срабатывания расцепителя;

$t_{дон}$ – допустимое время отключения в соответствие с ПУЭ» [19].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать

двум условиям» [19]:

$$I_{pa} \leq I_{np} \leq I_{дон},, \quad (11)$$

$$I_2 \leq 1,45 I_{дон},, \quad (12)$$

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» [19].

«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].

Электрооборудование выбрано в соответствии с характеристикой и назначением помещения.

В нормальном рабочем режиме потребители получают питание согласно принципиальным схемам. Каждая распределительная секция запитана от своего ввода.

В аварийном режиме - при исчезновении питания на одном из вводов, происходит автоматическое переключение на питание от исправного ввода. Это предусматривается для всех ВРУ.

При восстановлении питания на вводе секция распределения автоматически подключается к своему вводу.

В аварийном режиме «Пожар» все электропотребители отключаются за исключением электрооборудования противопожарной защиты, подключенное к ВРУ-ППУ.

Управление внутренним освещением в коридорах, лестничных клетках,

вестибюлях, рекреациях, учебных кабинетах, лаборантских, мастерских, читальных залах, медиатеках – автоматическое по схеме. В остальных помещениях - клавишными выключателями, установленными на входах в помещение.

Для приточных систем и для вентиляции дымоудаления выполняется подвод питания к блокам управления, поставляемым комплектно.

Управление приточными установками:

- в местном режиме - с кнопок на щите управления, находящихся в помещении венткамеры;
- в дистанционном режиме - с пультов дистанционного управления, находящихся около помещения, на которые работает система;
- в случае поступления сигнала «Пожар» - автоматическое, от станции пожарной сигнализации.

Управление вентиляцией дымоудаления - автоматическое, от станции пожарной сигнализации.

Выполняется подвод питания к модулям управления противопожарных клапанов и клапанов дымоудаления. Модули находятся рядом с клапанами.

Управление клапанами:

- местное - от модулей управления;
- автоматическое, от приборов пожарной сигнализации.

Вентиляторы вытяжной системы подключены к щитам силовым вентляции ЩСВ1...ЩСВ7. Управление вентиляторами выполняется через блоки автоматики, поставляемыми комплектно (щит управления или регулятор).

Принципиальная схема распределительной сети ЩСВ2 приведена на рисунке 4.

«Распределительные линии питания электроприемников систем противопожарной защиты выполнены самостоятельными для каждого электроприёмника, начиная от панели противопожарных устройств ППУ» [20].

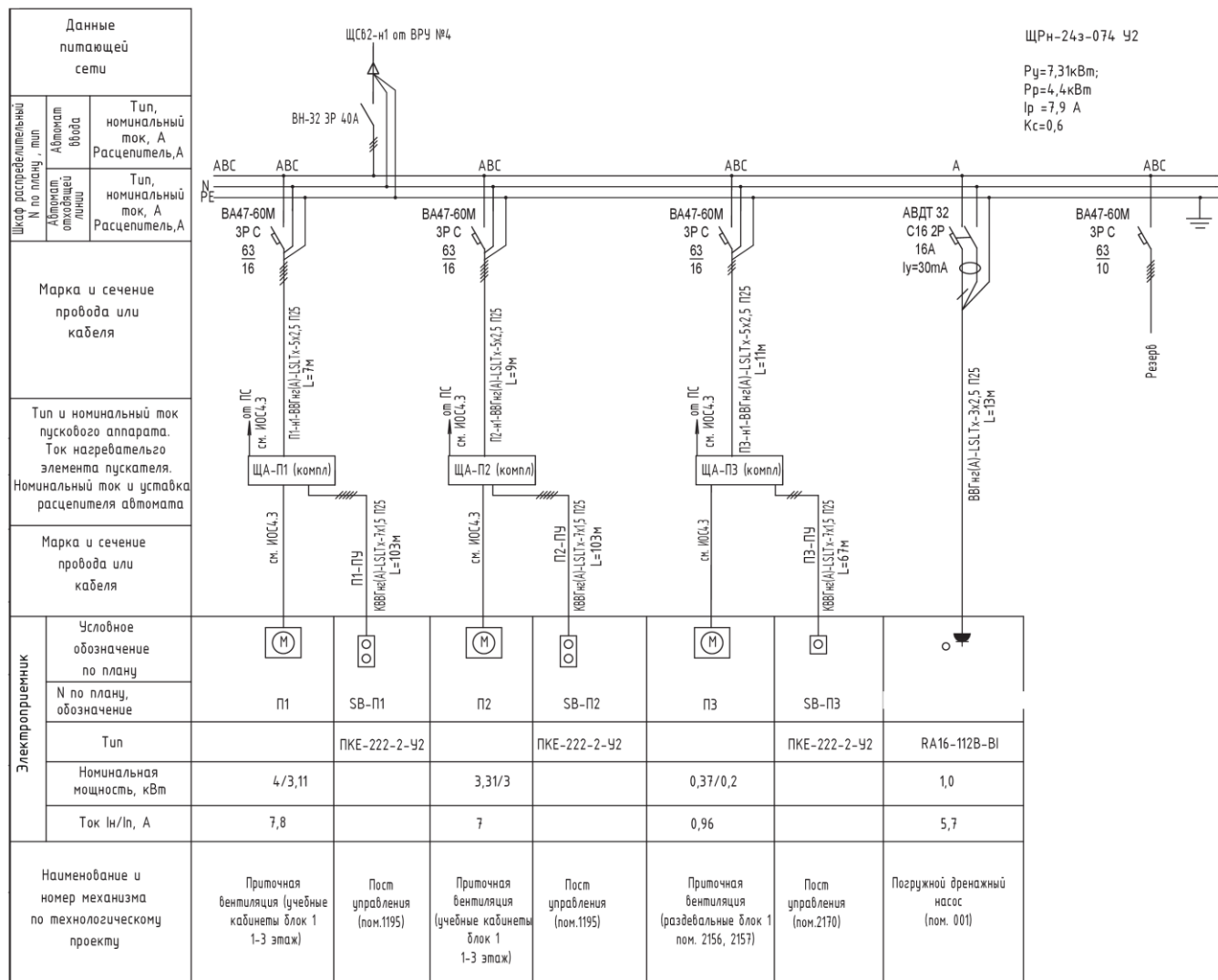


Рисунок 4 - Принципиальная схема распределительной сети ЩСВ2

Электроснабжение лифтов предусматривается от ВРУ-ППУ, поскольку лифты используются для обслуживания и спасения маломобильных категорий учащихся с ограниченными возможностями передвижения во время пожара.

Для подключения оборудования для приготовления пищи предусмотрено два силовых щита, устанавливаемых в коридоре пищеблока.

В кабинетах информатики, учебных кабинетах, где на партах установлены розетки, в мастерских, кабинетах домоводства предусмотрены отдельные щитки для подключения розеток. Щитки устанавливаются внутри кабинета. Для безопасности на столе учителя устанавливается кнопочный пост для быстрого снятия напряжения при необходимости.

Высота установки постов управления и электромагнитных пускателей в местах пребывания детей - 1,8 м от пола. Высота установки ящиков управления и силовых щитов – 1,8м (до верха) от пола.

В соответствии с СП256.1325800.2016, п.7.3.1 для электроприемников школы компенсация реактивной мощности не предусматривается, так как расчетная нагрузка потребителей на вводах не превышает 250 кВт.

Релейная защита, управление, автоматизация и диспетчеризация системы электроснабжения не предусматривается.

В проектируемом здании школы применены схемы, использовано оборудование и кабельная продукция, обеспечивающие рациональное использование электроэнергии.

Установленные на вводах в здание приборы учета электроэнергии позволяет исключить нерациональный расход электроэнергии.

«Предусматриваются следующие мероприятия по экономии электроэнергии:

- равномерное распределение нагрузок по фазам;
- снижение уровня потерь электроэнергии при выборе кабельных линий;
- автоматическое управление внутренним и наружным освещением;
- применение светодиодных энергоэффективных светильников» [29].

«Рекомендуются мероприятия:

- рациональное использование электроэнергии;
- проведение периодических испытаний электрооборудования для выявления его состояний, влияющих на потери электроэнергии;
- поддержание в порядке контактов электрической сети и исключение их чрезмерного нагрева» [30].

Учет электрической энергии предусмотрен электронными 3-х фазными счетчиками типа «Меркурий-230АМ-03», трансформаторного включения, $3 \times 230/400\text{В}$, класс точности 0,5s/1,0, с RS485. Учет предусмотрен для каждой секции шин на ВРУ1, ВРУ2, ВРУ-ППУ в электрощитовой.

На рисунке 5 показан внешний вид 3-х фазного счетчика типа «Меркурий-230АМ-03».



Рисунок 5 - Внешний вид 3-х фазного счетчика типа «Меркурий-230АМ-03»

Стандартный телеметрический выход у счетчиков позволяет эксплуатировать его как автономно, так и в составе АСКУЭ, имеющей возможность приёма учётной информации в импульсах телеметрии.

Выводы по разделу.

Все вводные устройства приняты по типу ВРУ-21ЛЭН с АВР. К ВРУ1 и ВРУ2 подключаются распределительные ВРУ3 и ВРУ4 соответственно, которые приняты по типу ВРУ3СМ.

В качестве распределительной и защитной аппаратуры приняты наборные щитки распределительные навесного и встраиваемого исполнения с соответствующими степенями защиты, укомплектованные автоматическими и дифференциальными автоматами Российского производства.

В аварийном режиме «Пожар» все электропотребители отключаются за исключением электрооборудования противопожарной защиты, подключенное к ВРУ-ППУ.

Электроснабжение лифтов предусматривается от ВРУ-ППУ, поскольку лифты используются для обслуживания и спасения маломобильных категорий учащихся с ограниченными возможностями передвижения во время пожара.

Учет электрической энергии предусмотрен электронными 3-х фазными счетчиками типа «Меркурий-230АМ-03», трансформаторного включения, 3×230/400В, класс точности 0,5s/1,0, с RS485.

4 Заземление и молниезащита здания новой общеобразовательной школы на 1100 мест

Защитные меры по электробезопасности приняты в объеме системы заземления типа TN- C-S [7].

Все сети запроектированы пяти- и трех – проводными. Провод заземления по всей длине должен быть изолирован от нулевого проводника. По всей длине проводники должны иметь легкое распознавание по цветам в соответствии с ПУЭ п.2.2.31 [13].

Для защиты от поражения электрическим током, при косвенном прикосновении, в работе предусматривается автоматическое отключение питания и уравнивание потенциалов. Время срабатывания защиты не превышают: в групповых сетях не более 0,4с; в питающих и распределительных сетях не более 5с.

Открытые проводящие части электроустановок, стальные трубы и металлические коробки электропроводки подлежат защитному занулению, путем присоединения к защитному проводнику «РЕ».

Распределительная и групповая сеть выбрана по токам нагрузки и защищена от токов короткого замыкания и перегрузки при помощи автоматических выключателей. Розеточные сети дополнительно защищены дифференциальными выключателями на ток срабатывания 30 мА.

В работе выполнена основная и дополнительная система уравнивания потенциалов. В качестве ГЗШ предусмотрена шина РЕ, установленная во ВРУ №1, выполненная Cu-30×4. Для удобства присоединения к шине РЕ коммуникаций, входящих в здание и заземления оборудования в техподполье предусмотрена магистраль заземления, продолжение ГЗШ, выполненная стальной полосой 80×5 мм.

Схема основной системы уравнивания потенциалов приведена на рисунке 6.

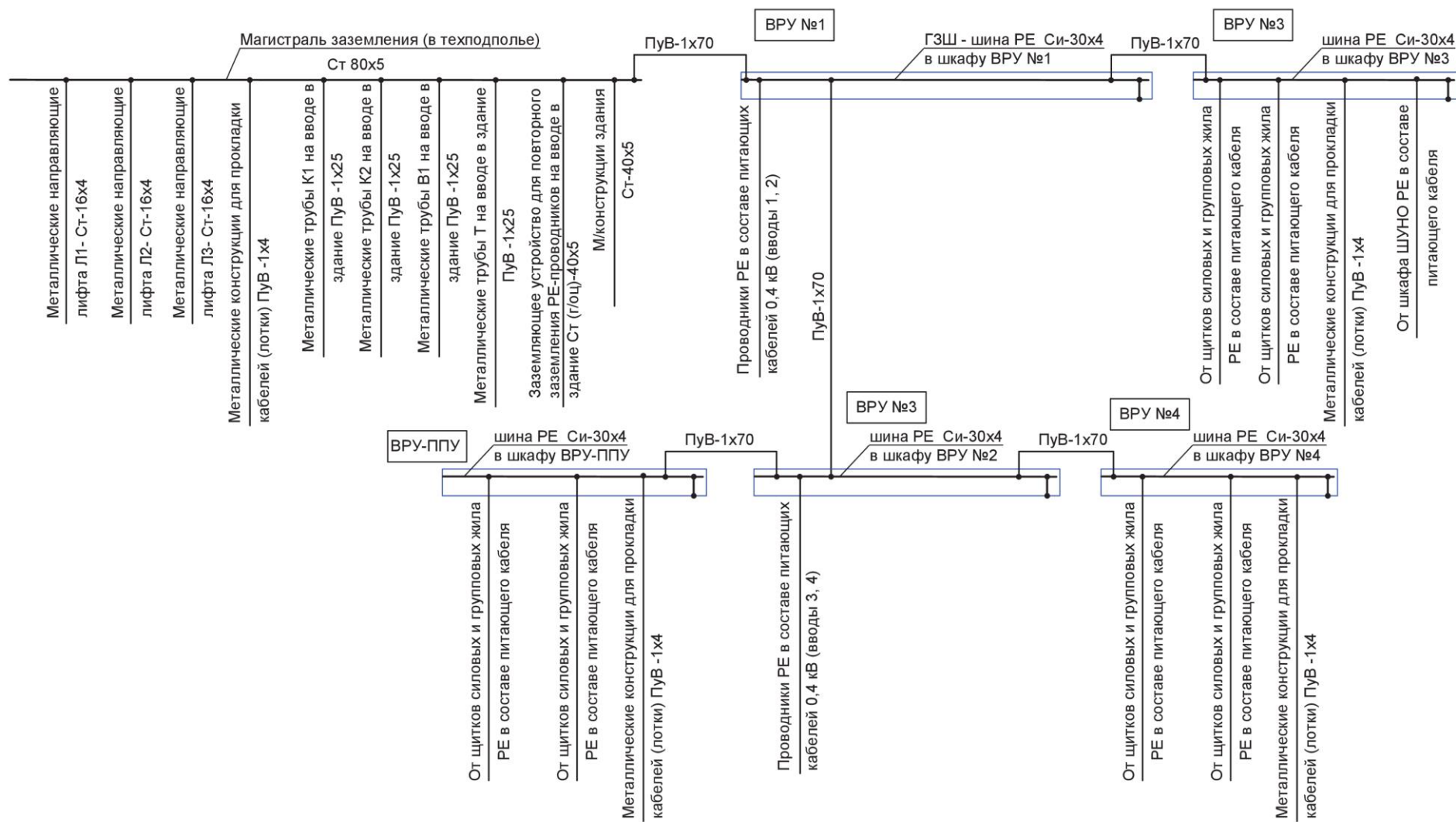


Рисунок 6 - Схема основной системы уравнивания потенциалов

К ГЗШ на вводе должны быть присоединены:

- РЕ – проводники питающих кабелей – вводы № 1 и №2, №3 и №4;
- РЕ – проводники в составе кабелей, питающих шкафы и щитки;
- шина РЕ щита ВРУ-ППУ;
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание (К1, К2, В1, Т);
- заземляющее устройство повторного заземления PEN-проводника;
- металлоконструкции здания;
- металлические лотки электропроводки;
- металлические направляющие лифта.

Шины «РЕ» вводных устройств ВРУ№1, ВРУ№2, ВРУ№3, ВРУ№4 и ВРУ-ППУ соединяются между собой проводниками уравнивания потенциалов $\text{ПуВ-1} \times 70 \text{ мм}^2$.

Система дополнительного уравнивания потенциалов соединяет между собой все одновременно доступные к прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части.

На рисунке 7 приведена схема дополнительной системы уравнивания потенциалов в помещении КУИ.

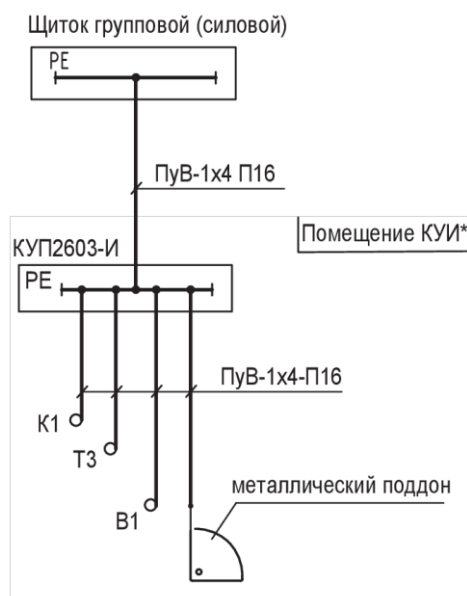


Рисунок 7 - Схема дополнительной системы уравнивания потенциалов в помещении КУИ

На рисунке 8 приведена схема дополнительной системы уравнивания потенциалов в помещении 1140.

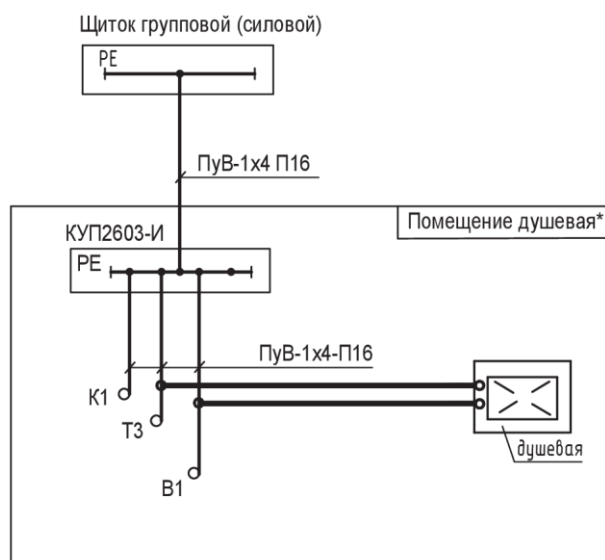


Рисунок 8 - Схема дополнительной системы уравнивания потенциалов в помещении 1140

Для выполнения дополнительной системы уравнивания потенциалов в КУИ, помещениях с душевой установлены коробки с шиной дополнительного уравнивания потенциалов КУП 2603-И. К коробке, с одной стороны, присоединить РЕ-шину группового щитка, с другой стороны сторонние проводящие части (металлические трубы водопровода, канализации, отопления, корпус поддона или душа). Проводку выполнить проводом ПуВ-1×4. Способ прокладки - как у групповых сетей: скрыто в гладкой трубе ПВХ в подготовке пола, за подвесным потолком, скрыто в штрабах под штукатуркой.

«Сопротивление одного вертикального электрода из угловой стали» [15]:

$$R_{eo} = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.в}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t' + l}{4t' - l} \right), \quad (13)$$

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

l – длина вертикального заземлителя;

b – ширина полки уголка;

t' – глубина заложения верха заземлителя» [15];

«Находим глубину заложения верха заземлителя» [15]:

$$t' = t_0 + \frac{1}{2}l, \quad (14)$$

где « t_0 – глубина заложения вершины вертикального заземлителя» [15];

«Сопротивление вертикальных электродов при коэффициенте использования нормативном коэффициенте использования» [15]:

$$R_{\epsilon} = \frac{R_{\epsilon 0}}{\eta_{\epsilon} \cdot n_{\epsilon}}, \quad (15)$$

где « η_{ϵ} – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [15];

«Сопротивление горизонтального электрода из оцинкованной полосы для 2-ой климатической зоны» [15]:

$$R_z = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.з}}{l_z} \cdot \lg \frac{2l_z^2}{b \cdot t_0}, \quad (16)$$

где « l_z – длина горизонтального заземлителя;

b – ширина полосы горизонтального заземлителя;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя» [15];

«Расчетное результирующее сопротивление R_u заземляющего устройства» [15]:

$$R_u = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z + R_g}, \quad (17)$$

В качестве заземляющего устройства для повторного заземления на вводе РЕ-проводников применить контур, состоящий из 2-х вертикальных заземлителей (сталь угловая 50×50×5 мм, L=3м), соединенных горизонтальным заземлителем (сталь полосовая 40×5 мм), проложенной на глубине не менее 0,5 м от земли и на расстоянии от стены здания не менее 1,0 м. Заземлители должны быть из горячеоцинкованной стали. Заземляющее устройство присоединить к ГЗШ стальной полосой 40×5.

Кабельные лотки присоединить к дополнительной системе потенциалов проводом ПуВ-1×4. Металлические воздуховоды систем вентиляции присоединить к РЕ-шинам щитов вентиляции проводом ПуВ-1×4.

В здании предусмотрены помещения для медицинского обслуживания:

- кабинет врача для осмотра, определения веса, роста;
- процедурный кабинет (уколы);
- прививочный кабинет (прививки).

В этих помещениях не предполагается применять контактирующие части относительно пациента. Согласно ГОСТ Р 50571.21-2006 «Требования к специальным электроустановкам. Электроустановки медицинских помещений» [8] медицинские помещения относятся к группе медицинских помещений – 0. Класс безопасности медицинских помещений «Класс>15» (таблица А1), автоматическое переключение аварийного освещения на резервный источник, с временем переключения более 15с. Характеристики проектируемого здания:

- степень огнестойкости – I;
- класс конструктивной пожарной опасности – СО;

– класс функциональной пожарной опасности - Ф4.1.

Согласно РД34.21.122-87 таблица 1 п.4, 13, п.1.5 молниезащита здания школы не выполняется [14], [21].

На вводе в здание выполнено повторное заземление нулевого защитного проводника. Заземлитель выполнен из угловой стали $50 \times 50 \times 5$ мм, длиной 2,5 м, соединенной стальной полосой 5×40 мм.

Заземление выполняется согласно СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства» [28].

Выводы по разделу.

Защитные меры по электробезопасности приняты в объеме системы заземления типа TN- C-S.

Открытые проводящие части электроустановок, стальные трубы и металлические коробки электропроводки подлежат защитному занулению, путем присоединения к защитному проводнику «РЕ».

В работе выполнена основная и дополнительная система уравнивания потенциалов. В качестве ГЗШ предусмотрена шина РЕ, установленная во ВРУ.

В качестве заземляющего устройства для повторного заземления на вводе РЕ-проводников применяется контур, состоящий из 2-х вертикальных заземлителей (сталь угловая $50 \times 50 \times 5$ мм, $L=3$ м), соединенных горизонтальным заземлителем (сталь полосовая 40×5 мм), проложенной на глубине не менее 0,5 м от земли и на расстоянии от стены здания не менее 1,0 м.

Согласно РД34.21.122-87 п.1.5 молниезащита здания школы не выполняется.

5 Выбор проводников и осветительной арматуры для новой общеобразовательной школы на 1100 мест

Типы и класс проводов (кабелей) и осветительной арматуры приняты в соответствии с назначением помещений, а также с условиями среды.

Для электропитания всех электроприемников (кроме потребителей противопожарных устройств) здания приняты кабели, не распространяющие горение, с низким дымо- и газовыделением, с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнг(А)-LSLTx.

«Для потребителей противопожарных устройств приняты кабели огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке с пониженным дымом и газовыделением марки ВВГнг(А)-FRLSLTx» [5].

В санузлах и душевых устанавливаются светильники влагозащищенного исполнения.

Согласно ПУЭ все электрические сети выбираются по условиям допустимого нагрева, потерь напряжения, соответствия принятых сечений токам аппаратов защиты.

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

$$I_{\text{до}} = I_{\text{ном.до}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (18)$$

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]:

$$U = \frac{I_{расч} \cdot L \cdot R_{уд}}{S}, \quad (19)$$

где « $I_{расч}$ - расчетный ток, А;

L - длина линии, м;

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

S - сечение провода, мм» [12].

На рисунке 9 приведена принципиальная схема ЩОА-2 с указанием типа и сечения выбранных проводников.

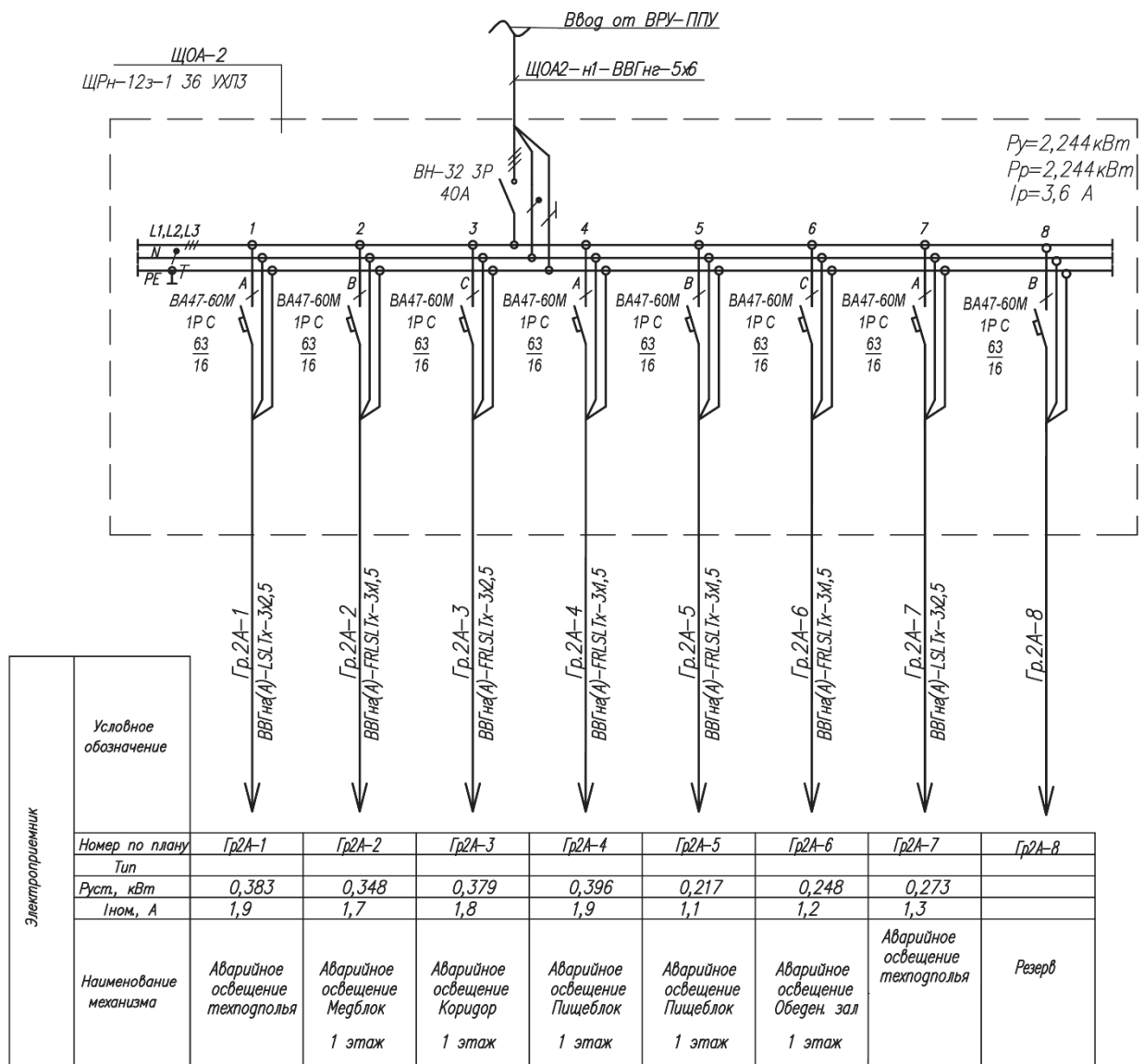


Рисунок 9 - Принципиальная схема ЩОА-2

Питающие кабели на вводах в здание проложены в ПНД/ПВД трубах. Трубы заложены и учтены в строительной части проекта.

Распределительные сети выполняются кабелем марки ВВГнг(А)-LSLSLTx.

- на кабельных конструкциях в неперфорированном лотке с крышкой и в стальной трубе в техподполье (защита кабеля от механических повреждений);
- на кабельных конструкциях за подвесным потолком из слабогорючего материала Г1;
- по лоткам вертикально (стояки) в запираемых нишах строительных конструкций.

Групповые линии выполняется кабелем марки ВВГнг(А)-LSLTx:

- на кабельных конструкциях за подвесным потолком из слабогорючего материала Г1;
- по лоткам вертикально (стояки) в запираемых нишах строительных конструкций;
- открыто в кабель канале при обходе ригелей и колон;
- скрыто в гофрированной трубе из самозатухающего ПВХ пластиката в конструкции перегородок из ГВЛ (спуски к выключателям и розеткам);
- в пустотах плит перекрытия;

Групповые линии выполняется кабелем марки ВВГнг(А):

- скрыто в стальной трубе в полу.

«Кабельные линии систем противопожарной защиты прокладываются отдельно от кабельных линий прочих инженерных сетей здания» [26]. Совместная прокладка кабелей и проводов средств противопожарной защиты с кабелями и проводами иного назначения, а также кабелей питания и кабелей линий связи средств противопожарной защиты в одном коробе, трубе, жгуте, замкнутом канале строительной конструкции не допускается.

Разделение силовых и слаботочных, рабочих и аварийных линий

осуществляется путем раздельной прокладки этих трасс, по отдельным кабельным конструкциям, с установкой разделительных огнезадерживающих перегородок.

Штепсельные розетки, устанавливаемые в сырых помещениях, имеют степень защиты IP44, в помещениях с нормальными условиями среды – IP20. Штепсельные розетки имеют защитные шторки. Электроустановочные изделия располагаются на расстоянии не менее 0,5м от трубопроводов отопления. Высота установки электроустановочных изделий от уровня чистого пола: выключателей, штепсельных розеток в помещениях для пребывания детей – 1,8м; штепсельные розетки в прочих помещениях - по заданию технологов и по месту назначения.

«При проходе электропроводки через этажные перекрытия (стояки) используются стальные гильзы с уплотнением, обеспечивающим ту же огнестойкость, что и соответствующие элементы конструкции здания» [27]. Для всех вертикальных и горизонтальных трасс кабелей, проходящих через межэтажные перекрытия и стены выполнить заделку проемов и отверстий противопожарным герметиком или мастикой.

Электрооборудование, электроустановочные изделия, кабельная продукция, входящие в «Номенклатуру продукции и услуг подлежащей обязательной сертификации», должны иметь сертификат безопасности.

Выводы по разделу. Для электропитания всех электроприемников (кроме потребителей противопожарных устройств) здания приняты кабели, не распространяющие горение, с низким дымо- и газовыделением, с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнг(A)-LSLTx.

«Для потребителей противопожарных устройств приняты кабели огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке с пониженным дымом и газовыделением марки ВВГнг(A)-FRLSLTx» [5].

Согласно ПУЭ все электрические сети выбираются по условиям допустимого нагрева, потерь напряжения, соответствия принятых сечений токам аппаратов защиты.

6 Определение параметров систем рабочего и аварийного освещения в здании новой общеобразовательной школы на 1100 мест

В помещениях здания школы предусмотрено рабочее, аварийное (эвакуационное освещение путей эвакуации и антипаническое) и резервное освещение.

Выбор величин освещенности и коэффициентов запаса выполнен согласно СП 52.13330.2016 [25], СП 2.4.3648-20 [22], СанПин 1.2.3685-21 [18].

Основные данные по освещению и выбранным типам светильников представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Основные данные по освещению и выбранным типам светильников

Наименование помещения	Категория помещения по пожароопасности	Нормируемая средняя освещенность, лк	Тип светильника	Степень защиты светильника	Управление по протоколу DALI
1	2	3	4	5	6
Учебные кабинеты. Кабинет информатики	-	300-500	OPL ECO LED 595 HFD 26Вт	IP20	да
Кабинеты черчения и рисования	-	500	OPL ECO LED 595 HFD 26Вт	IP20	да
Спортивный зал	-	200	80 3000K CRI90 72Вт	IP20 с заш. решеткой	нет
Актный зал	-	200	OPL ECO LED 595 HFD CRI90 26Вт	IP20, диммированное	да
Рекреация	-	150	OPL ECO LED 595 HFD GRILIATO 26Вт	IP20	да
Коридор	-	100	OPL ECO LED 595 3000K SAFARI DL LED G2 WH 40Вт	IP20, IP54	да
Тамбур	-	100	OPL ECO LED 300 18Вт	IP20	нет

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
Вестибюль	-	200	DL LED G2 41Вт	IP54	да
Лифтовой холл	-	100	OPL ECO LED 595 GRILIATO 26Вт	IP20	нет
Лестничная клетка	-	100	OPL ECO LED 595 26Вт	IP20	да
КУИ	В4. П-Па	50	OWP LED 595 IP54 IP54 3000K mat	IP54, с матовым силикатным темперируемым стеклом	нет
С/узлы, комнаты личной гигиены	-	100	DL LED 20Вт	IP44, класс защиты -IP	нет
Кухня (горячий цех. холодный, заготовительные цехи)	-	300	OWP LED 595 IP54/IP54 33Вт	IP54	нет
Склады, кладовые, хоз. помещения, относящиеся к пищеблоку	В3. П-Па	200	DL LED G2 41Вт. OWP OPTIMA LED 595IP54 33Вт	IP54	нет
Склады, кладовые, хоз. помещения, не относящиеся к пищеблоку	В3. П-Па	75	OWP LED 595 IP54 32Вт	IP54	нет
Моечные посуды	-	200	OWP LED 595 BP54IP54 3000K 33Вт	IP54	нет
Раздаточная	-	300	DL LED G2 41Вт	IP54	нет
Кабинет врача	-	400	OPL ECO LED 595 26Вт	IP54	нет
Процедурный кабинет	-	500	OWP LED 595 IP54 33Вт	IP54	нет
Кабинеты и комнаты преподавателей	-	300	OPL ECO LED 595 26Вт	IP20	нет
Кабинет по обработке ткани	П-Па	500	OWP LED 595 IP54 32Вт	IP54	да
Инструментальный, комната инструктора	Д	300	OWP LED 595 IP54 32Вт	IP54	нет
Кабинет кулинарии	-	500	OWP LED 595IP54TP54 HFD 32Вт	IP54, диммированное	да

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
Лаборатории	В4, П-Па	400	OWP LED 595 IP54 32Вт	IP54	да
Гримерная, помещение и склад для хранения декорации	ВЗ. П-Па	400/75	OWP LED 595 IP54 mat 32Вт	IP54, с матовым силикатным , темпериров анным стеклом	нет
Учебный кабинет химии, биологии	-	300-500	OPL ECO LED 595 HFD CRI90 26Вт	IP20, диммирован не	да
Венткамера, ИТП, водомерный узел	Д	50	OPL ECO LED 1200 TH 32 Вт	IP65, кл. защ. - П	нет
Технические помещения техподполья	-	20	C LED 360 14Вт	IP54. кл. защиты - П	нет
Помещение охраны	-	300	CD LED 18Вт	IP54. кл. защиты - П	нет
Электрощитовая	В4	200	OPL ECO LED 1200 TH 32Вт	IP65, кл. защ. - П	нет
Серверная	-	500	OWT LED 595 IP54 33Вт	IP54	нет
Гардероб учеников	П-Па	200	QUO IP65ЯР20 13 WHD45 15Вт	IP44. кл. защ. - П	нет
Гардероб преподавателей	П-Па	200	OWPLED 595 IP54 32Вт	IP54	нет
Обеденный зал	-	400	DL LEDG2 41Вт	IP54	нет
Вход в здание	-	15	NBTLED 18 black 17Вт	IP65 УХЛ1, вандалозащ ищенный	нет

Типы светильников выбраны согласно технологического назначения помещений, условий окружающей среды и спецификой эксплуатации электрооборудования.

Для освещения помещений с повышенной опасностью применены светильники класса защиты II.

Уровни освещенности общего освещения принимаются с учетом характера выполняемых работ. В помещениях без естественного освещения

освещенность повышена на одну ступень.

«Индекс помещения i определяется по выражению» [25]:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p \cdot (A + B)}, \quad (20)$$

где « A и B - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [25].

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [25]:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \Phi_l \cdot \eta}, \quad (21)$$

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;

Φ_l - световой поток лампы;

η - коэффициент использования;

k - коэффициент запаса;

S - площадь помещения» [25].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .

Определяется суммарная установленная мощность ламп» [25]:

$$P_{n\Sigma} = N \cdot n \cdot P_{nl}, \quad (22)$$

где « P_{nl} - мощность одной лампы» [25].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B » [25]:

$$N_B = \sqrt{N_p \frac{B}{A}}; \quad (23)$$

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A » [25]:

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

«Определяем расстояние между светильниками L и расстояние от крайнего ряда светильников до стены l » [25]:

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

В качестве групповых щитков освещения приняты наборные щиты навесного исполнения. Щиты освещения установлены в нишах строительных конструкций с запирающимися дверцами и в электрощитовой.

«Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников общего освещения, обозначаются буквой «А» красного цвета и запитаны от отдельных щитов аварийного освещения, постоянного действия, включенными одновременно со светильниками рабочего освещения» [24].

Эвакуационное освещение выполнено на путях эвакуации: в коридорах, на лестницах, спортзалах, актовом и читальном залах. Светильники, установленные у входов в здание, также присоединяются к сети эвакуационного освещения.

Аварийные светильники на путях эвакуации (коридоры, лестничные клетки, лифтовые холлы) приняты со встроенными блоками аварийного питания (на планах условно отмечены).

Для подключения переносных светильников ремонтного освещения в ИТП, венткамерах, водомерном узле предусматривается сеть ремонтного

освещения напряжением 36 В с установкой ящиков ЯТПР 220/36 В.

Световые указатели «Выход» установлены на путях эвакуации из здания школы, у выходов из обеденного, читального, спортивных залов, запитаны по 1 категории надежности электроснабжения через источник бесперебойного питания СОУЭ. Продолжительность работы световых указателей - не менее 1 ч [9].

Для обозначения мест размещения первичных средств пожаротушения применяются световые указатели, которые должны быть постоянно включенными.

В качестве источников света приняты светодиодные светильники.

Классные доски оборудуются местным освещением - светильниками, предназначенными для освещения классных досок для школы.

Рекомендуется светильники размещать выше верхнего края доски на 0,3м и на 0,6м в сторону класса перед доской.

Санузлы для МГН оборудованы аварийным освещением.

Управление внутренним освещением в коридорах, на лестничных клетках, вестибюлях, рекреациях, учебных кабинетах, лаборантских, мастерских, читальных залах, медиатеках - автоматическое по заданной программе, по датчикам освещенности и движения, по протоколу DALI.

Схема подключения и диммирования светильников по интерфейсу DALI приведена на рисунке 10.

Для остальных помещений - ручное, от клавишных выключателей у дверей. Основа построения интеллектуальной системы управления является центральный контроллер NC-2. Функции и опции системы реализуются через подключения к центральному процессорному модулю NC2-МС, модулей расширения.

Для построения системы используются модули (NC2-DALI). «Система управления представляет собой двухпроводную шину, которую можно прокладывать вместе с силовыми и выполняется кабелем ВВГнг (А)-LSLTx-2×1,5 кв.мм. DALI не является системой безопасного сверхнизкого напряжения. Рабочее напряжение шины лежит в диапазоне 9,5-22,5 В, обычно 16 В, ток не должен превышать 250 мА. Устройства подключаются параллельно. При подключении устройств нет необходимости соблюдать полярность. Одновременно могут быть подключены 64 подчиненных устройства (балласты, драйверы).

Допускается любая смешанная кабельная топология сети, кроме кольцевой.

Системы управления освещением можно легко интегрировать в другие системы автоматизации и управления зданиями (САиУЗ).

Длина кабеля зависит от падения напряжения вдоль линии DALI. Длина кабеля 300 м при площади сечения 1.5 мм²» [10].

Состав системы с описанием мест установки:

- щиты управления освещением по протоколу устанавливаются на стену в электрощитовой и в специально предусмотренных нишах для щитков. На каждом этаже - по 2 шкафа;
- датчики движения и освещенности МЕб, на лестничных клетках - МЕб устанавливаются на потолок.

Панели управления (8 кнопок), устанавливаются на стену, вместо клавишных выключателей. От клавишной панели, устанавливаемой у входа в помещение, можно управлять принудительно как светильниками рабочего, так и аварийного освещения.

Система управления освещением работает в нескольких режимах:

- ручное управление, а именно принудительное включение/выключение;
- диммирование (задание определенного уровня яркости светильников);

- групповое и индивидуальное управление светильниками;
- автоматический режим работы освещения по показаниям датчиков движения. Передача информации между модулями управления светильников и серверной частью осуществляется по каналам.

Передача информации между шкафами управления и компьютером охраны осуществляется по локальной сети.

Архитектура программного обеспечения построена по клиент-серверной архитектуре, при этом серверная часть разворачивается локально, сервер установлен в шкафу управления освещением в электрощитовой.

Графический интерфейс предоставлять возможность визуализации светильников на планах здания с отображением на них унифицированных графических элементов, визуализирующих параметры и методы управления.

Интерфейс системы управления представляет возможность визуализации и управления, как группами светильников, так и каждым отдельным управляемым светильником для сети освещения.

В пожароопасных помещениях применены светильники с рассеивателями в виде сплошного силикатного стекла.

«Управление освещением спортзалов выполняется через кнопочные посты управления. Высота установки розеток и выключателей в местах пребывания детей - 1,8м от пола, в остальных помещениях по заданию технологов.

Для обслуживания светильников, установленных на высоте до 5м от пола, используются стремянки, для светильников, установленных на высоте выше 5м от пола – телескопический подъемник» [11].

В таблице 5 приведен перечень светильников и их количество.

Таблица 5 – Перечень выбранных светильников и их количество

Индекс на плане	Название артикула	Номер артикула	Комплектация	Световой поток, лм	К-т экспл.	Потребляемая мощность, Вт	Число	В том числе с БАП, шт.
Перечень светильников (Входные группы)								
1	-	1418000220	1×LED	1500	0,75	17	7	-
Перечень светильников (Строение 1, Этаж 1)								
1	OPTIMA.OPL ECO LED 595 HFD 3000K CRI90	-	1×LED	3400	0,75	26	192	-
2	OWP OPTIMA LED 595 IP54/IP54 3000K	1372000400	1×LED	3300	0,75	33	81	-
3	OWP OPTIMA LED 595 IP54/IP54 HFD 3000K CRI90	-	1×LED	3600	0,75	32	33	-
4	OWP OPTIMA LED 595 IP54/IP54 HFD 3000K mat CRI90	-	1×LED	3600	0,75	32	60	-
5	OPTIMA.OPL ECO LED 595 3000K GRILIATO	1166002290	1×LED	3400	0,75	26	64+2	23
6	OPTIMA.OPL ECO LED 595 HFD 3000K GRILIATO	-	1×LED	3400	0,75	26	32	-
7	OPTIMA.OPL ECO LED 300 3000K	1166000380	1×LED	2000	0,75	18	10	-
8	OWP OPTIMA LED 595 IP54/IP54 3000K mat	1372000610	1×LED	3100	0,75	32	49	-
9	OPTIMA.OPL ECO LED 595 3000K	1166000410	1×LED	3400	0,75	26	115-2	9
10	SAFARI DL LED 20 3000K	1170002610	1×LED	1900	0,75	20	65+2	-
11	SAFARI DL LED G2 40W 830 WH	-	1×LED	3800	0,75	41	120	5

Продолжение таблицы 5

Индекс на плане	Название артикула	Номер артикула	Комплектац ия	Световой поток, лм	К-т экспл.	Потребляемая мощность, Вт	Число	В том числе с БАП, шт.
12	QUO IP65/IP20 13 WH D45 3000K (with driver)	1507000100	1×LED	1500	0,75	15	39-1	-
13	ARCTIC.OPL ECO LED 1200 TH 3000K	1088001180	1×LED	3300	0,75	32	4	
14	CD LED 18 3000K	1134000100	1×LED	2000	0,75	18	6+10	
Перечень светильников (Строение 1, Этаж 2)								
1	OPTIMA.OPL ECO LED 595 HFD 3000K CRI90	-	1×LED	3400	0,75	26	400+3	-
2	OPTIMA.OPL ECO LED 595 3000K GRILIATO	1166002290	1×LED	3400	0,75	26	65	24
3	OPTIMA.OPL ECO LED 595 HFD 3000K GRILIATO	-	1×LED	3400	0,75	26	28-2	-
4	SAFARI DL LED G2 40W 830 WH	-	1×LED	3800	0,75	41	39+3	8
5	OPTIMA.OPL ECO LED 595 3000K	1166000410	1×LED	3400	0,75	26	39	7
6	OWP OPTIMA LED 595 IP54/IP54 3000K mat	1372000610	1×LED	3100	0,75	32	48-4	-
7	SAFARI DL LED 20 3000K	1170002610	1×LED	1900	0,75	20	68+18	
8	OWP OPTIMA LED 595 IP54/IP54 3000K	1372000400	1×LED	3300	0,75	33	6	
9	OWP OPTIMA LED 595 IP54/IP54 HFD 3000K mat CRI90	-	1×LED	3600	0,75	32	24	
10	OLYMPIC LED 80 3000K CRI90	1322000230	1×LED	8000	0,75	72	46	

Продолжение таблицы 5

Индекс на плане	Название артикула	Номер артикула	Комплектация	Световой поток, лм	К-т экспл.	Потребляемая мощность, Вт	Число	В том числе с БАП, шт.
11	SAFARI DL LED G2 40W 830 WH DALI	-	1×LED	3800	0,75	41	4	-
Перечень светильников (Строение 1, Этаж 3)								
1	OPTIMA.OPL ECO LED 595 3000K GRILIATO	1166002290	1×LED	3400	0,75	26	56	22
2	OPTIMA.OPL ECO LED 595 HFD 3000K GRILIATO	-	1×LED	3400	0,75	26	24	-
3	OPTIMA.OPL ECO LED 595 3000K	1166000410	1×LED	3400	0,75	26	101	7
4	SAFARI DL LED 20 3000K	1170002610	1×LED	1900	0,75	20	44	-
5	OWP OPTIMA LED 595 IP54/IP54 3000K mat	1372000610	1×LED	3100	0,75	32	41	
6	OPTIMA.OPL ECO LED 595 HFD 3000K CRI90	-	1×LED	3400	0,75	26	333	
7	SAFARI DL LED G2 40W 830 WH	-	1×LED	3800	0,75	41	9	5
8	OWP OPTIMA LED 595 IP54/IP54 HFD 3000K mat CRI90	-	1×LED	3600	0,75	32	30	-
9	OWP OPTIMA LED 595 IP54/IP54 3000K	1372000400	1×LED	3300	0,75	33	11	-
10	SAFARI DL LED G2 40W 830 WH DALI	-	1×LED	3800	0,75	41	4	-
11	С LED 360 3000K (помещение техническое)	1443000080	1×LED	1500	0,75	14	1	-

Выводы по разделу.

В помещениях здания школы предусмотрено рабочее, аварийное (эвакуационное освещение путей эвакуации и антипаническое) и резервное освещение.

В качестве источников света приняты светодиодные светильники.

Выполнен выбор величин освещенности и коэффициентов запаса в соответствии с которыми было определено необходимое количество светильников каждого типа.

«Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников общего освещения, обозначаются буквой «А» красного цвета и запитаны от отдельных щитов аварийного освещения, постоянного действия, включенными одновременно со светильниками рабочего освещения» [24].

Управление внутренним освещением в коридорах, на лестничных клетках, вестибюлях, рекреациях, учебных кабинетах, лаборантских, мастерских, читальных залах, медиатеках - автоматическое по заданной программе, по датчикам освещенности и движения, по протоколу DALI.

Заключение

Цель бакалаврской работы заключалась в проектировании надежной и экономической системы электроснабжения здания школы.

Поскольку основные электроприемники здания школы относятся ко второй категории по надежности электроснабжения, то питание осуществляется от новой двухтрансформаторной подстанции с разных секций шин.

В здании школы имеются потребители первой категории надежности электроснабжения, поэтому согласно СП256.1325800.2016 и техническим условиям заказчика ВРУ1 и ВРУ2 одинаковые, и каждое из них состоит из вводного устройства с автоматическим включением резерва АВР, и двух секций распределения (1 с.ш. и 2 с.ш.). Каждое из ВРУ1 и ВРУ2 получает питание по двум независимым взаиморезервируемым вводам 0,4 кВ.

Для питания электрооборудования системы противопожарной защиты предусмотрено ВРУ-ППУ. ВРУ-ППУ получают питание по двум вводам, подключенным к ВРУ2 после аппаратов управления и до аппаратов защиты.

Расчетная мощность для определения защитной аппаратуры и выбора кабелей составляет:

ВРУ№1.

Нормальный режим:

- ввод №1: $P_p=156\text{кВт}$, $I_p=249\text{А}$;
- ввод №2: $P_p=151,6\text{кВт}$, $I_p=242\text{А}$.

Аварийный режим: $P_p=298,3\text{кВт}$, $I_p=475\text{А}$, $\cos\varphi = 0,95$.

ВРУ№2:

Нормальный режим:

- ввод №3: $P_p=171,31\text{ кВт}$, $I_p=265,9\text{ А}$;
- ввод №4: $P_p=155,9\text{ кВт}$, $I_p=242,0\text{ А}$.

Аварийный режим (работа на одном вводе): $P_p=294,5\text{ кВт}$, $I_p=457,1\text{ А}$, $\cos\varphi = 0,93$.

Все вводные устройства приняты по типу ВРУ-21ЛЭН с АВР. К ВРУ1 и ВРУ2 подключаются распределительные ВРУ3 и ВРУ4 соответственно, которые приняты по типу ВРУ3СМ.

В качестве распределительной и защитной аппаратуры приняты наборные щитки распределительные навесного и встраиваемого исполнения с соответствующими степенями защиты, укомплектованные автоматическими и дифференциальными автоматами Российского производства.

В аварийном режиме «Пожар» все электропотребители отключаются за исключением электрооборудования противопожарной защиты, подключенное к ВРУ-ППУ.

Электроснабжение лифтов предусматривается от ВРУ-ППУ, поскольку лифты используются для обслуживания и спасения маломобильных категорий учащихся с ограниченными возможностями передвижения во время пожара.

Учет электрической энергии предусмотрен электронными 3-х фазными счетчиками типа «Меркурий-230АМ-03», трансформаторного включения, 3×230/400В, класс точности 0,5s/1,0, с RS485.

Защитные меры по электробезопасности приняты в объеме системы заземления типа TN- C-S.

Открытые проводящие части электроустановок, стальные трубы и металлические коробки электропроводки подлежат защитному занулению, путем присоединения к защитному проводнику «РЕ».

В работе выполнена основная и дополнительная система уравнивания потенциалов. В качестве ГЗШ предусмотрена шина РЕ, установленная во ВРУ.

В качестве заземляющего устройства для повторного заземления на вводе РЕ-проводников применяется контур, состоящий из 2-х вертикальных заземлителей (сталь угловая 50×50×5 мм, L=3м), соединенных горизонтальным заземлителем (сталь полосовая 40×5 мм), проложенной на глубине не менее 0,5 м от земли и на расстоянии от стены здания не менее 1,0 м.

Согласно РД34.21.122-87 п.1.5 молниезащита здания школы не

выполняется.

Для электропитания всех электроприемников (кроме потребителей противопожарных устройств) здания приняты кабели, не распространяющие горение, с низким дымо- и газовыделением, с низкой токсичностью продуктов горения марки ВВГнг(А)-LSLTx.

«Для потребителей противопожарных устройств приняты кабели огнестойкие, не распространяющие горение при групповой прокладке с пониженным дымом и газовыделением марки ВВГнг(А)-FRLSLTx» [5].

Согласно ПУЭ все электрические сети выбираются по условиям допустимого нагрева, потерь напряжения, соответствия принятых сечений токам аппаратов защиты.

В помещениях здания школы предусмотрено рабочее, аварийное (эвакуационное освещение путей эвакуации и антипаническое) и резервное освещение.

В качестве источников света приняты светодиодные светильники.

Выполнен выбор величин освещенности и коэффициентов запаса в соответствии с которыми было определено необходимое количество светильников каждого типа.

«Светильники аварийного освещения выделяются из числа светильников общего освещения, обозначаются буквой «А» красного цвета и запитаны от отдельных щитов аварийного освещения, постоянного действия, включенными одновременно со светильниками рабочего освещения» [24].

Управление внутренним освещением в коридорах, на лестничных клетках, вестибюлях, рекреациях, учебных кабинетах, лаборантских, мастерских, читальных залах, медиатеках - автоматическое по заданной программе, по датчикам освещенности и движения, по протоколу DALI.

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 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003320> (дата обращения 14.07.2024).
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 08.06.2024).
4. ГОСТ 29322-2014 (IEC 60038:2009) Напряжения стандартные [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115397> (дата обращения 30.05.2024).
5. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения 26.05.2024).
6. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 13.06.2024).
7. 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 06.06.2024).
8. ГОСТ Р 50571.28-2006 (МЭК 60364-7-710:2002) Электроустановки зданий. Часть 7-710. Требования к специальным

электроустановкам. Электроустановки медицинских помещений [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200050064> (дата обращения 02.06.2024).

9. 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 25.07.2024).

10. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2015. 368с.

11. 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: 26.08.2024).

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 16.05.2024).

14. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 03.07.2024).

15. Рожин А.Н., Бакшаева Н.С. Внутрицеховое электроснабжение: учеб. пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. 258с.

16. 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 16.07.2024).

17. 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 23.05.2024).

18. 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 02.06.2024).

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

20. Синенко Л.С., Электроснабжение. Версия 1.0. [Электронный ресурс]: учеб. пособие к практ. занятиям. URL: <https://docviewer.yandex.ru/view/122353214> (дата обращения 26.01.2024).

21. 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 22.07.2024).

22. 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&&nid=102955243> (дата обращения 26.06.2024).

23. 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 26.06.2024).

24. 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 08.07.2024).

25. 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 03.06.2024).

26. 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 26.07.2024).

27. СП 6.13130.2021 Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 06.05.2024).

28. СП 76.13330.2016 Электротехнические устройства [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456050591> (дата обращения 06.05.2024).

29. 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 17.07.2024).

30. Хорольский В.Я., Таранов М.А., Петров Д.В. Технико-экономические расчеты распределительных электрических сетей: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 96 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1839652> (дата обращения 15.06.2024).