

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Электроснабжение общеобразовательной школы на 1200 мест в г. Казани

Обучающийся

А.С. Романов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент, А.Н. Черненко

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

Консультант

к.п.н., доцент, А.В. Егорова

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

Тольятти 2024

Аннотация

В бакалаврской работе рассмотрены вопросы проектирования системы электроснабжения здания школы.

Основные потребители объекта относятся ко второй категории по надежности электроснабжения. К потребителям первой категории относятся противопожарная и противодымная защита, слаботочное оборудование и смесительные узлы приточных систем, а также аварийное освещение.

В работе был выполнен выбор типов, номинальных токов и токов расцепителей для устанавливаемых в щитах автоматических выключателей. Произведено определение ожидаемых расчётных нагрузок по электроприемникам ВРУ 1, 2 и 3. Выбраны конденсаторные батареи для установки во ВРУ 1 и 2 для распределительных групповых сетей. Выполнен расчёт кабелей с медными жилами и не распространяющей горения изоляцией. Сечения кабелей выбраны по длительно допустимым токам и проверены по потерям напряжения. Произведен расчет системы заземления здания. Выбраны горизонтальные и вертикальные землители. В качестве молниеприёмника использована горячеоцинкованная стальная сетка с проводниками диаметром 8 мм, уложенными на кровле.

Произведён расчёт систем освещения в здании школы. Для каждого из помещений школы определённо требуемое количество светильников. Для обеспечения нормируемого уровня освещённости система освещения выполнена на автоматических осветительных приборах Svetomatic. Для наружного освещения также выбраны светодиодные светильники.

Бакалаврская работа состоит из пояснительной записки объемом 51 страница текста и графической части, выполненной на 6 листах формата А1.

Abstract

The bachelor's thesis examines the design of the power supply system for a school building.

The main consumers of the facility belong to the second category in terms of power supply reliability. Consumers of the first category include fire and smoke protection, low-current equipment and mixing units of supply systems, as well as emergency lighting.

The work involved selecting the types, rated currents and currents of releases for circuit breakers installed in switchboards. The expected design loads on electrical receivers ASU 1, 2 and 3 were determined. Capacitor banks were selected for installation in ASU 1 and 2 for group distribution networks. Calculation of cables with copper conductors and flame retardant insulation has been carried out. Cable cross-sections are selected according to long-term permissible currents and checked for voltage losses. The building's grounding system has been calculated. Horizontal and vertical earthers were selected. Hot-dip galvanized steel mesh with conductors with a diameter of 8 mm laid on the roof was used as a lightning rod.

The lighting systems in the school building were calculated. For each of the school premises there is a specific required number of lamps. To ensure a standardized level of illumination, the lighting system is made using Svetomatic automatic lighting devices. LED lamps have also been selected for outdoor lighting.

The bachelor's thesis consists of an explanatory note of 51 pages of text and a graphic part, made on 6 sheets of A1 format.

Содержание

Введение.....	5
1 Выбор схемы электроснабжения.....	8
2 Определение ожидаемой электрической нагрузки по зданию школы	12
3 Описание решений по электроснабжению потребителей и экономии электрической энергии	18
4 Заземление и молниезащита здания школы	22
5 Определение параметров системы электрического освещения здания школы	29
5.1 Внутреннее освещение	29
5.2 Наружное освещение	40
Заключение	45
Список используемой литературы и используемых источников.....	48

Введение

Планируемое к строительству здание - трехэтажное (с подвалом). Вместимость школы - 1224 учащихся.

Школа без профилирования по отдельным предметам.

Исходными данными задана структура образования по формуле 5.5.3 т.е. другими словами:

- I ступень образования (1-4 классы) по 5 классов в параллели – всего 20 учебных групп;
- II ступень образования (5-9 классы) по 5 классов в параллели - всего 25 учебных групп;
- III ступень образования (10–11 классы) по 3 класса в параллели - всего 6 учебных групп.

Всего школа имеет 51 учебную группу. Наполняемость одного класса 24 человека.

Итого $51 \times 24 = 1224$ ученика.

«С 1-го по 2-й этажи в южной части здания выделен блок начальных классов, обособленный и непроходной для учащихся других возрастных групп, с отдельной лестничной клеткой, приспособленной для I ступени обучения.

Вход в блок запроектирован из общественного вестибюля 1-го этажа. Предусмотрен дополнительный отдельный вход, только для учащихся начальных классов.

На первом этаже для блока начальных классов размещен гардероб. В блоке начальных классов предусмотрены учебные классы: 4 языковых класса, 5 игровых комнат, кабинет психолога, кабинет логопеда, рекреации и туалеты для учащихся, в том числе для МГН и преподавателей, в необходимом количестве для каждого этажа.

Обучение основным предметам предусмотрено в одном кабинете, закрепленном за каждым классом» [23].

Для обеспечения дифференцированного профилированного обучения по направлениям в старшей ступени школы с использованием практических работ в лабораториях и мастерских в работе предусмотрены:

- кабинет русского языка (7 × 24 чел.);
- кабинет литературы (2 × 24 чел.);
- кабинет математики (7 × 24 чел.);
- кабинет истории (2 × 24 чел.);
- кабинет обществознания (2 × 24 чел.);
- кабинет географии (1 × 24 чел.);
- кабинет естествознания (1 × 24 чел.);
- кабинет физики (2 × 24 чел.);
- кабинет химии (2 × 24 чел.);
- кабинет биологии (2 × 24 чел.);
- мастерские трудового обучения мальчиков (2 × 12 чел.);
- кабинет обслуживающих видов труда для девочек (2 × 12 чел.);
- кабинет ОБЖ на (1 × 24 чел.);
- кабинет информатики (4 × 12 чел.);
- класс музыки и пения (1 × 24 чел.);
- два спортивных зала пропускной способностью по 24 чел.;
- бассейн с двумя ваннами малой и большой;
- кабинет иностранного языка (6 × 12 чел.);
- кабинет татарского языка (10 × 12 чел.).

В школьной библиотеке предусмотрен информационный центр на 6 человек, который оснащен компьютерной техникой, многофункциональными устройствами и различными мультимедийными устройствами.

Двухсветное пространство первого этажа спортблока занято комплексом, состоящим из 2-х детских оздоровительных плавательных бассейнов для детей 7 лет и старше.

В каждой раздевальной бассейна установлены по 2 фена для сушки

волос и электросушилка для рук.

Обеззараживание воды в бассейне осуществляется комбинированным методом с использованием ультрафиолетового облучения (ультрафиолетовая установка Electro Engineering UV-C E PP-110).

В помещения школьной столовой входят среднетемпературные и низкотемпературные холодильные камеры для хранения мясных и скоропортящихся продуктов.

Над тепловым оборудованием (плиты, мармиты, печи и т.д.) и моечными ваннами в моечных установлены местные вентиляционные отсосы. Во всех производственных цехах предусмотрены бактерицидные облучатели воздуха.

Целью бакалаврской работы является проектирование системы электроснабжения здания школы, отвечающей требованиям надежности и экономичности.

1 Выбор схемы электроснабжения

«Класс напряжения электрических сетей, к которым осуществляется технологическое присоединение - 10 кВ» [15]. Центр питания: ЗРУ-10 кВ ПС «Константиновка». Источник питания: новая БКТП.

Объект относится ко 2 категории надежности электроснабжения.

Электроснабжение осуществляется на напряжении 380/220В по системе TN-C-S.

Потребителями I категории являются электроприемники систем противопожарной и противодымной защиты, слаботочное оборудование, лифтовое оборудование, смесительные узлы приточных систем. Для систем противопожарной и противодымной защиты предусматривается отдельная панель АВР [25].

Вводные и распределительные щиты размещаются в электрощитовой, групповые щиты размещаются в нишах на этажах. От всех щитов в свою очередь запитаны непосредственно электроприемники.

Класс функциональной пожарной опасности здания школы – Ф4.1. В соответствии с этим для предупреждения и защиты электрических сетей от пожара на однофазные электроприемники устанавливаются защитные устройства от искрения и дугового пробоя (УЗДП) при их возникновении в групповых сетях и электрооборудовании [15].

Также в щитах устанавливаются автоматические выключатели с комбинированными расцепителями и устройствами защитного отключения, обеспечивающими электро- и пожаробезопасность.

«Автоматические выключатели выбираются и проверяются на соблюдение ряда условий.

По условиям нормального режима работы:

– по номинальному напряжению» [18]

$$U_n \geq U_{нс}; \quad (1)$$

– «по номинальному току» [18]

$$I_{np} \geq I_{pa}; \quad (2)$$

«Выбор выключателя по наибольшей отключающей способности» [18]:

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

где « $I_{КЗ}^{(3)}$ – периодическая составляющая трехфазного тока КЗ» [18].

«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» [18]:

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

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» [18].

«При тяжелых и продолжительных пусках необходимо для нескольких точек проверить условие» [18]:

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

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

t_{ni} – время, определяемое по пусковой характеристике двигателя» [18].

«Проверка по допустимому времени отключения записывается в виде» [18]:

$$t_{cp} > t_{дон}, \quad (6)$$

где « t_{cp} – время срабатывания расцепителя;

$t_{дон}$ – допустимое время отключения в соответствии с ПУЭ» [18].

«Проверка на термическую и электродинамическую стойкость.

Проверка соответствий допустимого тока проводников и параметров защитных аппаратов, характеристика срабатывания РМТ должна отвечать двум условиям» [18]:

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

$$I_2 \leq 1,45I_{дон}, \quad (8)$$

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

$I_{нр}$ – номинальный ток расцепителя;

$I_{дон}$ – допустимый ток кабеля;

I_2 – ток, обеспечивающий надежное срабатывания устройств защиты» [18].

«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» [18].

Выводы по разделу.

Объект относится ко 2 категории надежности электроснабжения.

Потребителями I категории являются электроприемники систем противопожарной и противодымной защиты, слаботочное оборудование, лифтовое оборудование, смесительные узлы приточных систем. Для систем противопожарной и противодымной защиты предусматривается отдельная панель АВР.

Поскольку здание школы относится к классу функциональной пожарной опасности Ф4.1, то для предупреждения и защиты электрических сетей от пожара устанавливаются защитные устройства от искрения и дугового пробоя (УЗДП) при их возникновении в групповых сетях и электрооборудовании.

Был произведен выбор типов, номинальных токов и токов расцепителей для устанавливаемых в щитах автоматических выключателей с комбинированными расцепителями и устройствами защитного отключения, обеспечивающими электро- и пожаробезопасность.

2 Определение ожидаемой электрической нагрузки по зданию школы

Расчет электрических нагрузок выполнен по удельным показателям и расчетным коэффициентам, приведенным в СП 256.1325800.2016 [21].

«Расчетную электрическую нагрузку линий, питающих розетки $P_{p.p}$, следует определять по формуле» [21]:

$$P_{p.p} = K_{c.p} \cdot P_{y.p} \cdot n, \quad (9)$$

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» [21].

«При смешанном питании общего освещения и розеточной сети расчетную нагрузку $P_{p.o}$, следует определять по формуле» [21]:

$$P_{p.o} = P'_{p.o} + P_{p.p}, \quad (10)$$

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

$P_{p.p}$ - расчетная нагрузка розеточной сети» [21].

«Расчетную нагрузку силовых питающих линий и вводов $P_{p.c}$, следует определять по формуле» [21]:

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

где « K_c - расчетный коэффициент спроса;

$P_{y.c}$ - установленная мощность электроприемников (кроме

противопожарных устройств и резервных)» [21].

«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» [21]:

$$P_p = K(P_{p.o} + P_{p.c} + K_1 \cdot P_{p.x.c}), \quad (12)$$

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» [29].

Результаты определения расчетных нагрузок по ВРУ-1 – ВРУ-3 заносим в таблицы 1-3 соответственно.

Таблица 1 - Результаты определения расчетных нагрузок по ВРУ-1 с АВР-1 и АВР-1ППУ

Наименование потребителя	Р _y , кВт	K _c	Р _p , кВт	cosφ/tgφ	Q _p , кВАр	S _p , кВА	I _p , А	Примечание
Рабочее освещение	51,2	0,8	40,9	0,95/0,33	13,497	-	-	-
Аварийное освещение	21,4	1	21,4	0,95/0,33	7,062	-	-	-
Наружное освещение	13,6	1	13,6	0,95/0,33	4,488	-	-	-
Учебное оборудование	123,3	0,4	49,3	0,9/0,48	23,664	-	-	-
Медицинское оборудование	16,4	0,45	7,4	0,9/0,48	3,552	-	-	-
КПП	14,1	0,9	12,7	0,77/0,83	10,541	-	-	-
Водоподготовка	57,5	0,8	46	0,85/0,62	28,52	-	-	-
Водонагреватели	3	1	3	0,98/0,2	0,6	-	-	-
Кондиционирование серверных	5	1	5	0,63/1,23	6,15	-	-	-
Сантехническое оборудование	55,4	0,8	44,4	0,94/0,36	15,984	-	-	откл. при пожаре
Оборудование ИТП	12	1	12	0,85/0,62	7,44	-	-	-
Технологическое оборудование	54,4	0,5	27,2	0,85/0,62	16,864	-	-	-
Рукосушители	112	0,15	16,8	0,95/0,33	5,544	-	-	-
Фен	14,4	0,3	4,3	0,95/0,33	1,419	-	-	-
Слаботочное оборудование	2	1	2	0,9/0,48	0,96	-	-	-
Компьютеры	7,5	0,9	6,8	0,95/0,33	2,244	-	-	-
Лифтовое оборудование	9,5	1	9,5	0,65/1,17	11,115	-	-	-
Слаботочное оборудование	28,8	1	28,8	0,9/0,48	13,824	-	-	-
Автоматика	6,5	1	6,5	0,9/0,48	3,12	-	-	-
Противопожарная вентиляция (max 1 п.о.)	103,5	1	103,5	0,85/0,62	64,17	-	-	при пожаре
Итого с K _{нм} =0,85	279	-	304	0,9/0,48	145,9	337,2	513	-
Итого с K _{нм} =0,85 после КРМ	279	-	304	0,94/0,36	109,5	323,1	491,1	-

Таблица 2 - Результаты определения расчетных нагрузок по ВРУ-2 с АВР-2 и АВР-2ППУ

Наименование потребителя	$P_u, \text{кВт}$	K_c	$P_p, \text{кВт}$	$\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	$Q_p, \text{кВАр}$	$S_p, \text{кВА}$	$I_p, \text{А}$	Примечание
Рабочее освещение	37,5	0,82	30,9	0,95/0,33	10,197	-	-	-
Аварийное освещение	19,7	1	19,7	0,95/0,33	6,501	-	-	-
Учебное оборудование	62,8	0,3	18,8	0,9/0,48	9,024	-	-	-
Технологическое оборудование	56,1	0,4	22,4	0,85/0,62	13,888	-	-	-
Рукошутители	54	0,15	8,1	0,95/0,33	2,673	-	-	-
Компьютеры	66	0,5	33	0,95/0,33	10,89	-	-	-
Оборудование сцены	164,3	0,3	49,1	0,88/0,54	26,514	-	-	-
Слаботочное оборудование	10,46	0,7	7,7	0,9/0,48	3,696	-	-	-
Вентиляционное оборудование	352,1	0,55	193,7	0,83/0,67	129,779	-	-	откл. при пожаре
Лифтовое оборудование	9,5	1	9,5	0,65/1,17	11,115	-	-	-
Слаботочное оборудование	16,2	0,9	14,6	0,9/0,48	7,008	-	-	-
Автоматика	6	1	6	0,9/0,48	2,88	-	-	-
Противопожарная вентиляция (max 1 п.о.)	90,9	1	90,9	0,88/0,55	49,995	-	-	при пожаре
Итого с $K_{нм}=0,85$	843,7	-	351,5	0,87/0,57	200,4	404,6	614	-
Итого с $K_{нм}=0,85$ после КРМ	843,7	-	351,5	0,95/0,33	116	370,1	562,3	-

Таблица 3 - Результаты определения расчетных нагрузок по ВРУ-3 (пищеблок)

Наименование потребителя	P_u , кВт	K_c	P_p , кВт	$\cos\varphi/\operatorname{tg}\varphi$	Q_p , кВАр	S_p , кВА	I_p , А	Примечание
Рабочее освещение	4,2	1	4,2	0,95/0,33	1,386	-	-	-
Холодильное оборудование пищеблока	14	0,75	10,7	0,65/1,17	12,519	-	-	-
Механическое оборудование пищеблока	22,5	0,65	14,6	0,85/0,62	9,052	-	-	-
Тепловое оборудование пищеблока	262,1	0,6	157,3	0,98/0,2	31,46	-	-	-
Водонагреватели	18	0,68	12,3	0,98/0,2	2,46	-	-	-
Посудомоечная машина	34,3	1	34,3	0,85/0,62	21,266	-	-	в максимуме нагрузок не учитывается
Итого по ВРУ-3	320,8	-	199,1	0,96/0,29	57,7	207,3	315	-

Выводы по разделу.

Выполнено определение ожидаемых расчетных нагрузок по электроприемникам ВРУ-1 с АВР-1 и АВР-1ППУ, ВРУ-2 с АВР-2 и АВР-2ППУ, ВРУ-3 (пищеблок).

Расчетная нагрузка общеобразовательной школы на 1224 места составляет 854,6 кВт (в рабочем режиме), в том числе:

- ВРУ-1 – 304,0 кВт;
- ВРУ-2 – 351,5 кВт;
- ВРУ-3 – 199,1 кВт.

В работе предусматривается компенсация реактивной мощности на ВРУ-1 на распределительной панели ПР-5 и на ВРУ-2 – на ПР-1, ПР-2. Значение коэффициента реактивной мощности после установки конденсаторных батарей составляет 0,94.

При этом полная мощность с учетом установки средств компенсации реактивной мощности на ВРУ-1 и ВРУ-2 составила 900 кВА.

Средний годовой расход электрической энергии зданием школы составляет – 4914,0МВт·ч/год.

3 Описание решений по электроснабжению потребителей и экономии электрической энергии

Подключение ВРУ общеобразовательной школы на 1224 места выполняется от разных секций шин взаиморезервируемыми линиями. В случае выхода из строя одной питающей кабельной линии или одной из секций шин трансформаторной подстанции переключение на секцию с напряжением осуществляется вручную переключающими рубильниками во ВРУ (аналог - щиты серии ВРУ1А).

Для электроснабжения потребителей первой категории предусмотрен шкаф управления ввода электроэнергии с АВР на два ввода с рубильником серии ЯУ-К-8200 [1].

Типы групповых щитков, пусковая аппаратура, марка и сечения проводов и кабелей, способы их прокладки указаны в принципиальных схемах распределительных сетей, расположение - на планах силового оборудования.

Распределительные и групповые сети выполняются медными кабелями:

- «не распространяющими горение при групповой прокладке по категории «А» по ГОСТ ИЕС 60332-3-22, с низким дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения, марки ВВГнг(А)-LSLTx;
- огнестойкими, не распространяющими горение при групповой прокладке по категории «А» по ГОСТ ИЕС 60332-3-22, с низким дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения, марки ВВГнг(А)-FRLSLTx» [9].

Монтаж кабелей предусматривается выполнить:

- «открыто на лотках в электрощитовой;
- скрыто на лотках за подвесным потолком в коридорах;
- открыто с креплением скобками по стенам и потолкам в технических помещениях;
- скрыто под штукатуркой по кирпичным стенам;

- скрыто в ПНД трубах в стяжке пола;
- скрыто в стальных трубах с локализационной способностью по кровле» [2];
- скрыто в ПВХ трубах (при наличии пожарного сертификата) за ГКЛ, необслуживаемыми подвесными потолками, сквозь стены и перекрытия.

«Длительно допустимые токи нагрузки для кабелей определены с учетом условий прокладки по формуле» [11]:

$$I_{\text{до}} = I_{\text{ном.до}} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4, \quad (13)$$

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» [11].

«Проверка сети по потере напряжения в КЛ-0,4 выполнена по формуле» [11]:

$$U = \frac{I_{\text{расч}} \cdot L \cdot R_{\text{уд}}}{S}, \quad (14)$$

где « $I_{\text{расч}}$ - расчетный ток, А;
 L - длина линии, м;
 $R_{\text{уд}}$ - удельное сопротивление проводника, Ом/м;
 S - сечение провода, мм» [11].

Качество подаваемой электроэнергии соответствует ГОСТ 32144-2013 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» [5].

В работе предусматривается компенсация реактивной мощности на ВРУ-1 на распределительной панели ПР-5 и на ВРУ-2 – на ПР-1, ПР-2. Значение коэффициента реактивной мощности после установки конденсаторных батарей составляет 0,94.

В работе предусматриваются автономные средства пожаротушения с микрокапсульным огнетушащим веществом (ПироСтикеры АСТ, ПироКорды), которыми оснащается все электрооборудование.

Вводно-распределительные щиты, установленные в помещении электрощитовой, оборудуются системами автоматического обнаружения перегрева контактных соединений с формированием и передачей извещения.

Для визуального обнаружения перегрева контактных соединений с формированием цветовой индикации в распределительных и групповых щитках устанавливаются термоактивируемые наклейки.

Для обеспечения энергосбережения в электроустановке предусмотрено:

- «трехфазный ввод с максимально равномерным распределением нагрузок по фазам;
- выбор сечения кабелей и проводов, обеспечивающих минимальные потери в линиях с учетом экономической плотности тока;
- устанавливается современное осветительное оборудование, конструкция которого позволяет увеличить световую отдачу осветительного оборудования, что способствует уменьшению их количества» [26].

Для учета электрической энергии в работе предусматривается комплектация ВРУ1А трансформаторами тока, а также счетчиками активной и реактивной энергии марки «Меркурий- 234 ART-0X P», класса точности 0,5S/1,0 с профилем мощности P. Приборы учета монтируются в специальные отсеки ВРУ1А [28].

«Защитные аппараты выбираются согласно требованиям главы 3 ПУЭ, т.е. по своей отключающей способности соответствуют максимальному значению тока короткого замыкания в начале защищаемого участка;

номинальные токи уставок приняты с учетом селективной работы автоматических выключателей» [3].

Выводы по разделу.

Подключение ВРУ общеобразовательной школы выполняется от разных секций шин взаиморезервируемыми линиями. В случае выхода из строя одной питающей кабельной линии или одной из секций шин трансформаторной подстанции переключение на секцию с напряжением осуществляется вручную переключающими рубильниками во ВРУ (щиты серии ВРУ1А).

Для электроснабжения потребителей первой категории предусмотрен шкаф управления ввода электроэнергии с АВР на два ввода.

Распределительные и групповые сети выполняются медными кабелями, не распространяющими горение марок марки ВВГнг(А)-LSLTx и ВВГнг(А)-FRLSLTx.

Сечения кабеле были выбраны по длительно допустимым токам и проверены по потерям напряжения.

Для визуального обнаружения перегрева контактных соединений с формированием цветовой индикации в распределительных и групповых щитках устанавливаются термоактивируемые наклейки.

4 Заземление и молниезащита здания школы

Система заземления - TN-C-S.

«Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током все металлические части силового электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением, подлежат заземлению путем соединения с защитным проводом питающей сети.

В соответствии с ГОСТ Р 50571.5.54-2013 в работе предусматриваются основная и дополнительная системы уравнивания потенциалов. Основная система уравнивания потенциалов предусматривает установку главных заземляющих шин, к которым необходимо присоединить РЕ-шины вводных устройств, металлические трубопроводы коммуникаций на вводе, металлические системы вентиляции, металлические оболочки телекоммуникационных кабелей, РЕ-проводники питающих кабелей, заземляющее устройство» [6].

В работе предусмотрено выполнение повторного контура защитного заземления, которое подключается к трем ГЗШ в каждой электрощитовой.

К ГЗШ должны быть подключены: заземляющие проводники, защитные проводники, проводники основной системы уравнивания потенциалов, проводники дополнительной системы уравнивания потенциалов [31].

«На вводе в здание должна быть выполнена система уравнивания потенциалов путем объединения следующих проводящих частей:

- основной (магистральный) защитный проводник питающей линии PEN;
- заземляющий проводник повторного заземления на вводе в здание;
- металлические трубы коммуникаций, входящих в здание;
- металлические части централизованных систем вентиляции.

Защитные проводники системы уравнивания потенциалов выполняются кабелем 2- ВВГнг(А)-LSLTx сечением 240 кв. мм, проводники основной системы уравнивания потенциалов - кабелем ВВГнг(А)-LSLTx сечением 25

кв. мм. Главная заземляющая шина на обоих концах должна быть обозначена продольными или поперечными полосами желто-зеленого цвета одинаковой ширины» [7].

На рисунке 1 представлена схема основной и дополнительной системы уравнивания потенциалов.

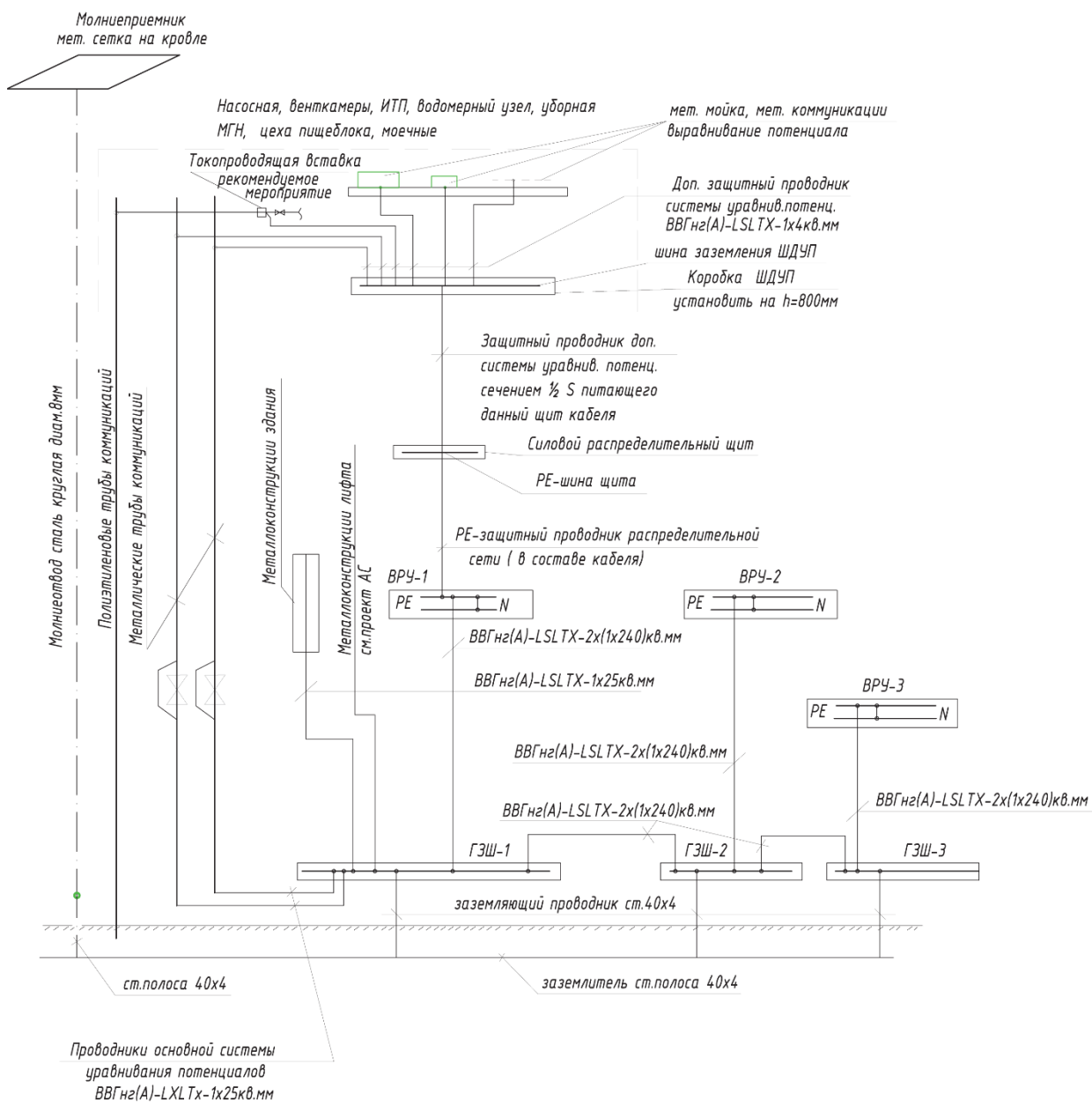


Рисунок 1 - Схема основной и дополнительной системы уравнивания потенциалов

Для дополнительного уравнивания потенциалов в санузлах для МГН,

производственных цехах пищеблока, коммутационных, залах бассейна, в технических помещениях с инженерным оборудованием установить шины дополнительного уравнивания потенциалов (ШДУП), которые соединить с РЕ-шиной ближайшего силового щитка РЕ-проводником (кабелем марки ВВГнг(А)-LSLTx сечением 1/2 S питающего данный щит кабеля) [4].

ГЗШ присоединяется в двух местах полосовой сталью горячего оцинкования сечением 40×4мм к наружному контуру заземления.

«Сопротивление одного вертикального электрода из угловой стали» [11]:

$$R_{\text{го}} = \frac{0,366 \cdot \rho_{\text{расч.г}}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{0,95b} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4t' + l}{4t' - l} \right), \quad (15)$$

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

l – длина вертикального заземлителя;

b – ширина полки уголка;

t' – глубина заложения верха заземлителя» [11];

«Находим глубину заложения верха заземлителя» [11]:

$$t' = t_0 + \frac{1}{2}l, \quad (16)$$

где « t_0 – глубина заложения вершины вертикального заземлителя» [11];

«Сопротивление вертикальных электродов при коэффициенте использования нормативном коэффициенте использования» [11]:

$$R_{\text{г}} = \frac{R_{\text{го}}}{\eta_{\text{г}} \cdot n_{\text{г}}}, \quad (17)$$

где « $\eta_{\text{г}}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей» [11];

«Сопротивление горизонтального электрода из оцинкованной полосы для 2-ой климатической зоны» [11]:

$$R_z = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч.з}}{l_z} \cdot \lg \frac{2l_z^2}{b \cdot t_0}, \quad (18)$$

где « l_z – длина горизонтального заземлителя;

b – ширина полосы горизонтального заземлителя;

t_0 – глубина заложения горизонтального заземлителя» [11];

«Расчетное результирующее сопротивление R_u заземляющего устройства» [11]:

$$R_u = \frac{R_z \cdot R_g}{R_z + R_g}, \quad (19)$$

В качестве заземлителя используется стальная оцинкованная полоса 40×4мм, проложенная в земле на глубине 0,7 м. Соединение токоотвода и заземлителя производится в чугунном люке для измерения сопротивлений со встроенной разделительной клеммой. В местах соединения токоотвода и горизонтального заземлителя предусматривается установка вертикального стального оцинкованного заземлителя $L=6$ м (принимается 4 стальных оцинкованных стержня с длиной $L_0=1,5$ м каждый). Заземлитель располагается на расстоянии не менее 1,0 м от фундамента здания [30].

Молниезащита предусматривается в соответствии с «Инструкцией по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» СО 153-34.21.122-2003» [20]. Категория молниезащиты III.

На рисунках 2 и 3 приведены планы кровли здания школы с элементами системы молниезащиты.

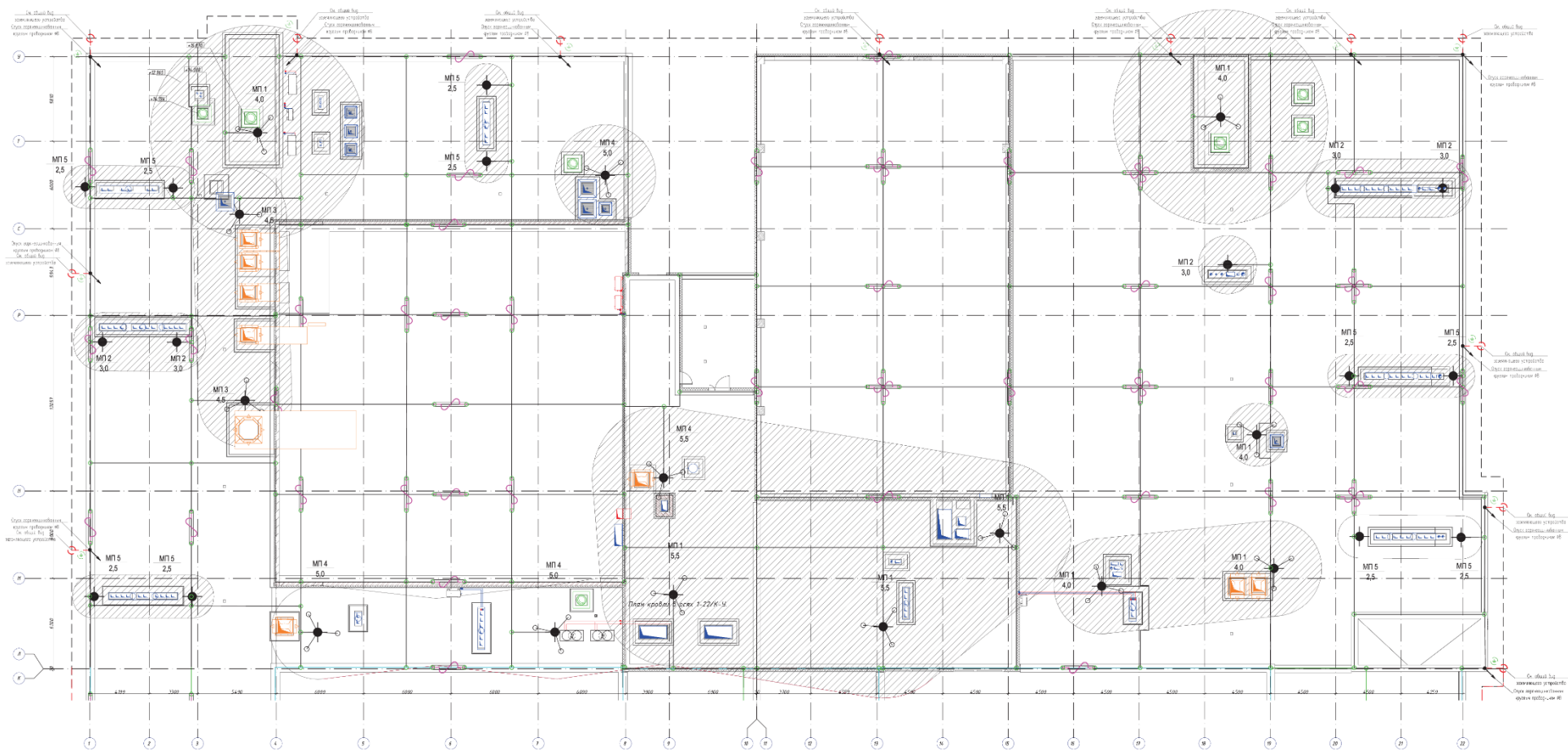


Рисунок 2 – План кровли в осях 1-22/К-У. Молниезащита

В качестве молниеприемника используется горячеоцинкованный стальной проводник диаметром 8 мм, уложенный на кровле (битумная) в виде молниеприемной сетки на безопасном (10см) расстоянии от горючей кровли. К сетке присоединяются наружные токоотводы с шагом не реже чем 20м. Токоотводы должны быть присоединены к наружному заземлителю от прямых ударов молнии, который выполняется в виде горизонтального контура по периметру объекта [14].

Выводы по разделу.

«Система заземления принята TN-C-S. Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током все металлические части силового электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением, подлежат заземлению путем соединения с защитным проводом питающей сети» [6].

В качестве заземлителя используется стальная оцинкованная полоса 40×4мм, проложенная в земле на глубине 0,7 м и вертикальные стальные оцинкованные заземлители.

Категория молниезащиты здания III. В качестве молниеприемника используется горячеоцинкованный стальной проводник диаметром 8 мм, уложенный на кровле в виде молниеприемной сетки.

5 Определение параметров системы электрического освещения здания школы

5.1 Внутреннее освещение

Электроснабжение щитов рабочего и аварийного освещения осуществляется от ВРУ-1, ВРУ-2, расположенных соответственно в электрощитовых №1 и №2 на первом этаже школы. Рабочее освещение (ЩО-1) пищеблока осуществляется от ВРУ-3.

В данном разделе рассматривается электроснабжение установок электроосвещения от групповых щитков. Место установки щитов, трассировка кабельных линий выбраны оптимально с учетом минимальных потерь электроэнергии и увеличения пропускной способности [10].

«Защитные аппараты в осветительных щитах выбираются согласно требованиям главы 3 ПУЭ, т.е. по своей отключающей способности соответствуют максимальному значению тока короткого замыкания в начале защищаемого участка; номинальные токи уставок приняты наименьшими по расчетным токам на участках цепи или по номинальным токам электроприемников, а также с учетом селективной работы автоматических выключателей» [13]. Во всех щитах предусматриваются резервные автоматические выключатели с соблюдением требований п. 3.1.14 ПУЭ, 7 изд.

На рисунке 4 приведена однолинейная схема щита рабочего освещения ЩО-1.1.

«Категория надежности электроснабжения I-я и II-я, особая группа первой категории. К I-й категории электроприемников по надежности электроснабжения относится аварийное освещение» [8].

К потребителям особой группы первой категории относится световые указатели «Выход».

Остальные электроприемники здания относятся ко II-й категории по надежности электроснабжения.

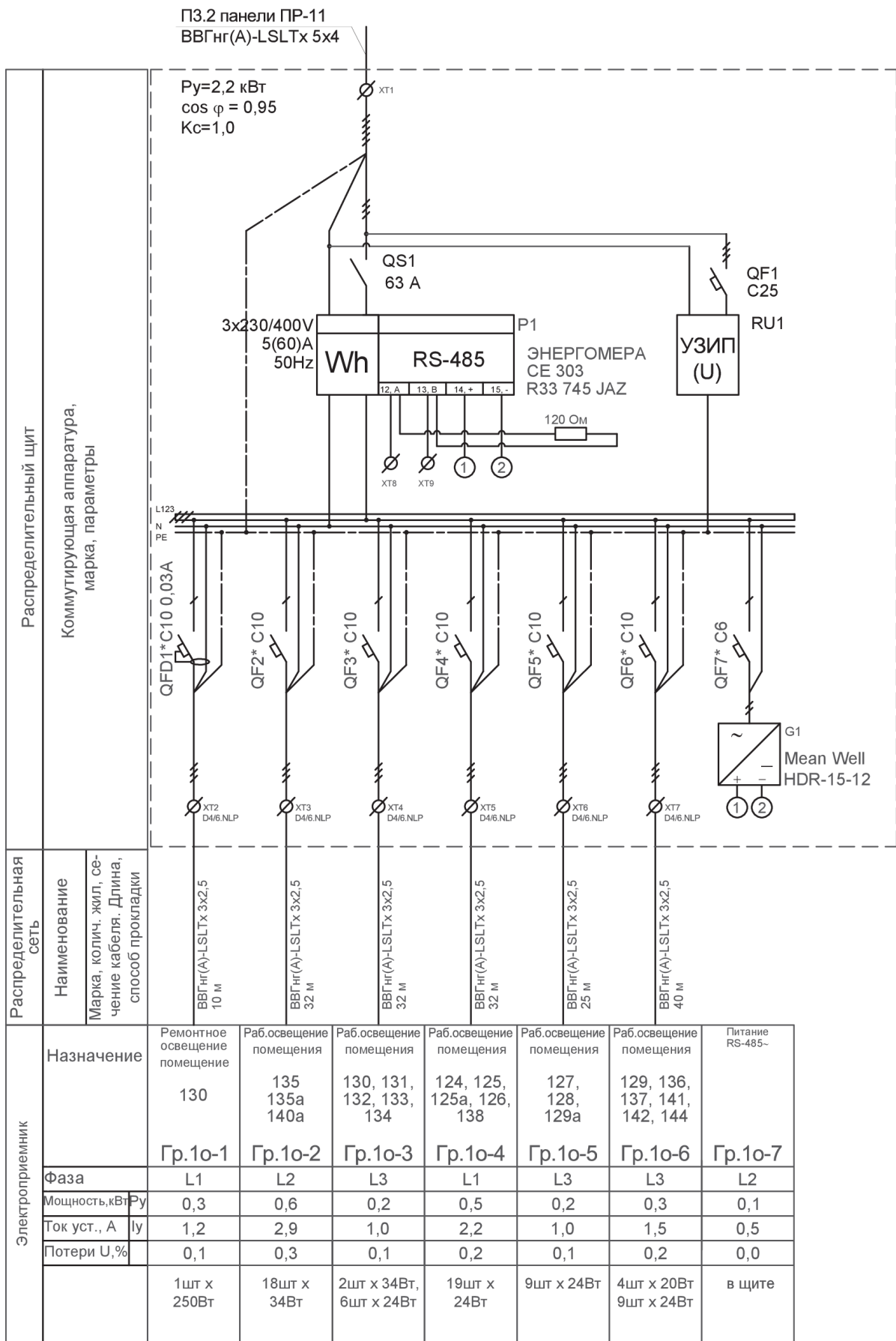


Рисунок 4 - Однолинейная схема щита рабочего освещения ЩО-1.1

Падение напряжения между пунктом питания и наиболее удаленным светильником не превышает 10% номинального напряжения сети для светодиодных светильников согласно п.7.6.7 СП 323.1325800.2017 [22].

Для снижения влияния импульсных помех на автоматические системы управления и безусловного обеспечения гарантийного срока и срока эксплуатации светильников с ней, предусмотрена установка устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) 2 класса в каждый щит освещения [19].

Электроснабжение потребителей II-й категории предусматривается с вводно-распределительного устройства на два ввода с перекидным разъединителем и автоматическим выключателем на вводе серии ВРУ1А.

Для электроснабжения потребителей первой категории предусмотрен шкаф управления ввода электроэнергии с АВР на два ввода с рубильником серии ЯУ-К-8200 или аналог.

Для потребителей особой группы I категории электроснабжения предусматриваются АКБ с временем работы в аварийном режиме не менее 3 часов [32].

Типы групповых щитков, пусковая аппаратура, марка и сечения проводов и кабелей, способы их прокладки указаны в принципиальных схемах распределительных сетей, расположение оборудования - на планах.

Освещение всех помещений автоматическое, децентрализованное и не требует ручного управления кроме актового, спортивного залов и бассейнов. В актовом, спортивном залах и бассейнах предусмотрена возможность ручного управления по месту с учетом проводимых мероприятий. Алгоритмы автоматического управления предусматривают возможность как полного, так и частичного включения осветительных приборов с учетом особенностей эксплуатации конкретного помещения.

Для обеспечения энергосбережения в электроустановке предусмотрено [27]:

- трехфазный ввод с максимально равномерным распределением

- нагрузок по фазам;
- применение кабелей с медными жилами;
- выбор сечения кабелей и проводов, обеспечивающих минимальные потери в линиях с учетом экономической плотности тока;
- выбор энергосберегающих светодиодных светильников с высокой световой отдачей при низком потреблении электроэнергии.

В целях повышения энергосбережения все световые приборы оборудованы датчиками освещенности и датчиками движения. Система управления обеспечивает автоматическое включение освещения, основанное на оценке движения/присутствия людей в помещении, поддержание заданного уровня освещенности с учетом изменения естественного света. В светильники, устанавливаемые над уличными входами, для управления включением интегрирован сумеречный датчик.

Светильники, относящиеся к классу защиты 1 по ГОСТ Р 58698-2019 (МЭК 61140:2016), нормально не находящиеся под напряжением, необходимо заземлить. Для заземления следует применять отдельный нулевой защитный проводник (РЕ). Использование для этой цели нулевого рабочего проводника (N) запрещается [7].

Для светильников класса защиты 2 групповая сеть выполняется двухпроводной: фазный и нулевой (N) рабочий проводники. Последовательное соединение корпусов светильников не допускается [23].

Противопожарная безопасность обеспечивается:

- применением устройств защиты от сверхтока с уставками, обеспечивающими автоматическое отключение аварийных участков линий за минимальное время согласно п.17.79 ПУЭ 7изд.;
- использованием установочных изделий и материалов, соответствующих в противопожарном отношении условиям эксплуатации;
- установка электрооборудования в соответствии с классом пожароопасности помещений;

- материалов для монтажа, не создающих вредных выделений и загрязнений окружающей среды.

Распределительные и групповые сети спроектированы согласно ГОСТ 31565-2012 медными кабелями [4]:

- «не распространяющими горение при групповой прокладке по категории «А» по ГОСТ ИЕС 60332-3-22, с низким дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения, марки ВВГнг(А)-LSLTx;
- огнестойкими, не распространяющими горение при групповой прокладке по категории «А» по ГОСТ ИЕС 60332-3-22, с низким дымо- и газовыделением и с низкой токсичностью продуктов горения, марки ВВГнг(А)-FRLSLTx» [9].

В работе предусмотрены три вида освещения: рабочее освещение, аварийное и ремонтное.

«Напряжение сети рабочего и аварийного освещения принято 380/220 В, в групповой сети и у ламп – 220 В, напряжение сети ремонтного освещения – 36 В» [1].

Аварийное освещение включает в себя светильники аварийного и антипанического освещения в составе рабочего освещения, световые указатели «Выход», направление эвакуации, которые устанавливаются на путях эвакуации и работают в составе аварийного освещения. В антипаническое освещение предусмотрено во всех учебных классах и в помещениях площадью более 60м² (СП 52.13330.2016 п. 7.6.4). Количество эвакуационных знаков выбрано в соответствии с требованием п. 7.6.9 СП 52.13330.2016.

Ремонтное освещение предусмотрено от ящиков с понижающими трансформаторами ЯТП- 0,25-220/36В в помещениях с повышенной опасностью.

В соответствии с Постановлением правительства РФ №2255 от 24.12.2020 качестве основных источников света выбраны светодиодные светильники со

следующими характеристиками [12]:

- световой поток (лм) – 2100-5100;
- тип организации светового потока – «Д»;
- типичная цветовая температура (К°) – 4000 ± 200 ;
- качество воспроизведения белого, не ниже (CRI) - 85;
- габаритная яркость при номинальной мощности, не более (Кд) – 5000;
- коэффициент пульсаций светового потока во всех режимах, не более (%) – 5;
- коэффициент мощности, не ниже – 0,9.

Выбор типов светильников соответствует нормативам искусственного освещения СанПиН 1.2.3685-21 (таблица 5.54), цветовой температуре (п. 152), габаритной яркости (п. 155), допустимой неравномерности (п. 153) [16].

Расчет освещения выполняется по методу удельной мощности и коэффициента использования.

«Индекс помещения i определяется по выражению» [24]:

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

где « A и B - длина и ширина помещения;

H_p - расчетная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью» [24].

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

Определяется расчетное число светильников по формуле» [24]:

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

где « N - число светильников;

n - число ламп в светильнике;
 $\Phi_{л}$ - световой поток лампы;
 η - коэффициент использования;
 k - коэффициент запаса;
 S - площадь помещения» [24].

«Значение N округляется до ближайшего целого числа N_p .
Определяется суммарная установленная мощность ламп» [24]:

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

где « $P_{нл}$ - мощность одной лампы» [24].

«Определяем число рядов светильников по ширине здания N_B » [24]:

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

«Определяем число светильников в каждом ряду N_A » [24]:

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

«Определяем расстояние между светильниками L и расстояние от крайнего ряда светильников до стены l » [24]:

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

Расчетная нагрузка освещения школы без учета работы автоматики составляет 104,1 кВт, в том числе:

- рабочее освещение – 74,7 кВт;
- аварийное освещение – 29,5 кВт.

В работе предусмотрена система технического учета потребления электроэнергии системой освещения. Реализована на основе электрических счетчиков электроэнергии прямого включения Энергомера СЕ 303 R33 745 JAZ с передачей накопленной информации через цифровой интерфейс RS485 в систему диспетчеризации.

На рисунке 5 приедана схема подключения счетчиков учета в рамках консолидации системы приборов учета электроэнергии.

Средний годовой расход электроэнергии составляет – 598,8 МВт·ч/год.

Расчет нагрузок рабочего и аварийного освещения сведен в таблицы 4 и 5 соответственно.

Таблица 4 - Расчет нагрузки рабочего освещения

Наименование потребителя	Источник	Р _у , кВт	К _с	Р _р , кВт	Примечание
ЩО-1.1	ПР-11 ВРУ-3	2,2	0,8	1,8	-
ЩО-1.2	ПР-1 ВРУ-2	8,8	0,8	7,0	-
ЩО-1.3	ПР-5 ВРУ-1	9,1	0,8	7,3	-
ЩО-1.4	ПР-1 ВРУ-2	9,0	0,8	7,2	-
ЩО-1.5	ПР-5 ВРУ-1	6,7	0,8	5,4	-
ЩО-2.6	ПР-1 ВРУ-2	6,1	0,8	4,9	-
ЩО-2.7	ПР-5 ВРУ-1	9,7	0,8	7,8	-
ЩО-2.8	ПР-1 ВРУ-2	7,8	0,8	6,2	-
ЩО-2.9	ПР-5 ВРУ-1	6,7	0,8	5,4	-
ЩО-3.10	ПР-1 ВРУ-2	7,6	0,8	6,1	-
ЩО-3.11	ПР-5 ВРУ-1	9,1	0,8	7,3	-
ЩО-3.12	ПР-1 ВРУ-2	8,1	0,8	6,5	-
ЩО-3.13	ПР-5 ВРУ-1	6,4	0,8	5,1	-
Итого	-	97,3	-	78,0	-

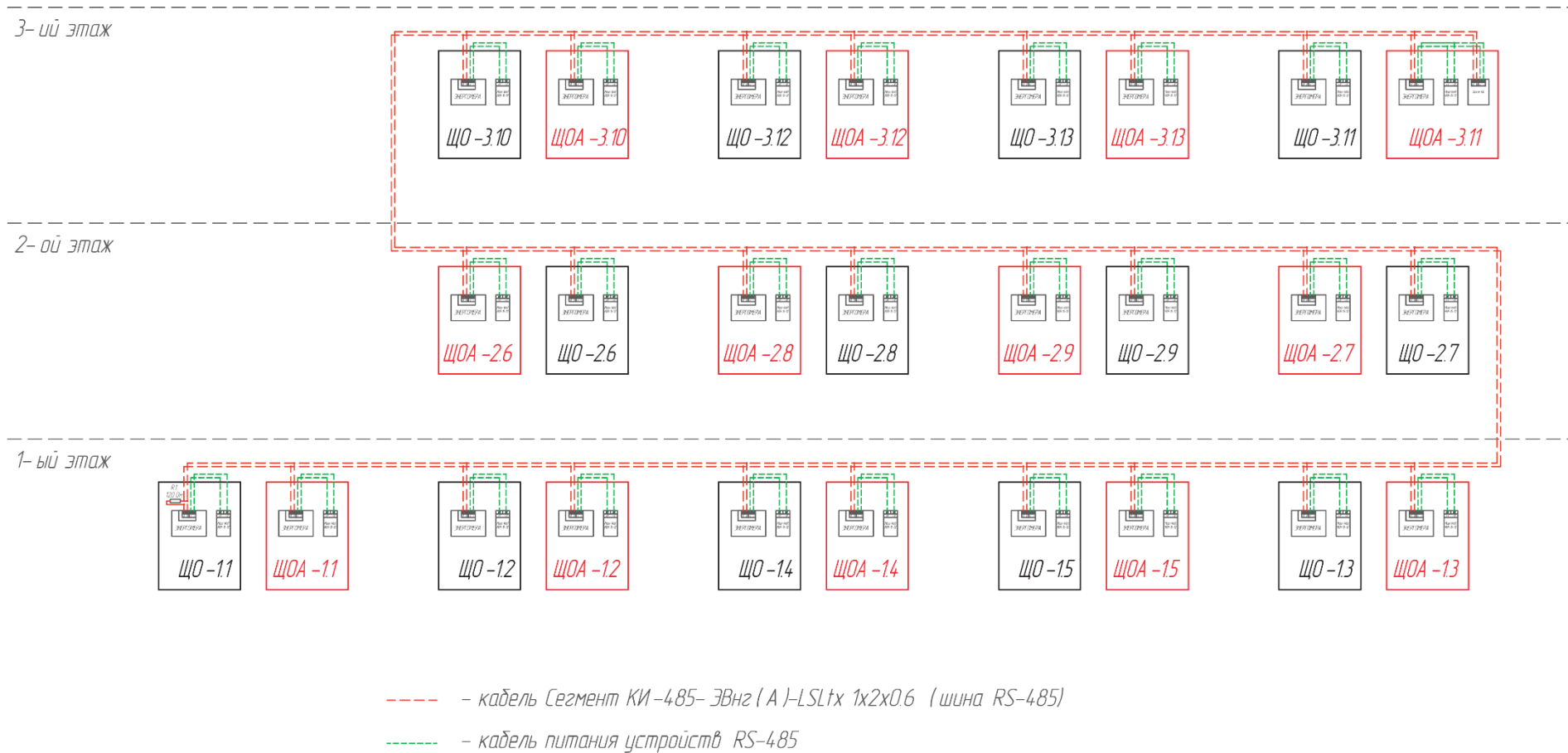


Рисунок 5 - Схема подключения счетчиков учета в рамках консолидации системы приборов учета электроэнергии

Таблица 5 - Расчет нагрузки аварийного освещения

Наименование потребителя	Источник	Р _у , кВт	К _с	Р _р , кВт	Примечание
ЩОА-1.1	ПР-3 АВР-2ППУ	0,9	1,0	0,9	-
ЩОА-1.2	ПР-3 АВР-2ППУ	2,3	1,0	2,3	-
ЩОА-1.3	ПР-8 АВР-1ППУ	2,9	1,0	2,9	-
ЩОА-1.4	ПР-3 АВР-2ППУ	3,2	1,0	3,2	-
ЩОА-1.5	ПР-8 АВР-1ППУ	2,1	1,0	2,1	-
ЩОА-2.6	ПР-3 АВР-2ППУ	1,9	1,0	1,9	-
ЩОА-2.7	ПР-8 АВР-1ППУ	3,3	1,0	3,3	-
ЩОА-2.8	ПР-3 АВР-2ППУ	2,3	1,0	2,3	-
ЩОА-2.9	ПР-8 АВР-1ППУ	1,9	1,0	1,9	-
ЩОА-3.10	ПР-3 АВР-2ППУ	2,2	1,0	2,2	-
ЩОА-3.11	ПР-8 АВР-1ППУ	3,0	1,0	3,0	-
ЩОА-3.12	ПР-3 АВР-2ППУ	1,9	1,0	1,9	-
ЩОА-3.13	ПР-8 АВР-1ППУ	2,1	1,0	2,1	-
Итого	-	30,0	-	30,0	-

Управление светильниками выполнено тремя способами:

- автоматическое управление освещением;
- ручное с помощью цифровой шины управления;
- ручное по месту установленными выключателями.

Автоматическое управление выполнено во всех помещениях школы за исключением актового и спортивного зала, бассейна и лифтовых шахт [17].

Автоматическое управление выполнено на основе встроенной в светильники системы управления с датчиками освещенности и движения.

Освещение всех помещений автоматическое, децентрализованное и не требует ручного управления. Система освещения выполнена на автоматических осветительных приборах Svetomatic (производство ООО «АмбиПауэр» г. Москва). В работе выбраны светильники с индексами AES и АВТ. Светильники с индексом AES оснащены средствами управления с встроенными датчиками освещенности, движения и присутствия. Осветительные приборы с индексом АВТ, кроме того, содержат программно-аппаратные средства обмена информацией, накопления статистики и

машинного обучения, оптимизирующие работу освещения под условия деятельности обслуживаемого помещения.

В учебных классах и кабинетах, библиотеке, коридорах и рекреациях освещение автоматически включается датчиком движения, а присутствия поддерживается все время, пока в помещении находятся люди. Датчики имеют широкую зону обнаружения и обеспечивают гарантированное покрытие всей площади помещения. Требуемый уровень освещенности поддерживается по всей площади помещения, с автоматической корректировкой освещенности индивидуально для каждого осветительного прибора. По мере повышения уровня естественного света яркость электрического освещения соразмерно понижается.

Осветительные приборы взаимодействуют друг с другом, обмениваясь и накапливая информацию о характере активности в помещении. Накопленная в системе освещения информация используется для оптимизации алгоритмов работы системы освещения с учетом прогнозирования возможных событий (предиктивное управление, когда реакция на изменение наступает до того, как оно произойдет).

В учебных классах, освещение классной доски увязано с общим освещением и при демонстрации медиа и иных материалов, требующих снижения яркости или выключения электрического освещения, предусмотрена возможность активирования световых сцен с беспроводной панели управления освещением.

Автоматическое управление освещением в помещениях с длительным пребыванием людей, а также в холлах, рекреациях и коридорах. Система освещения обеспечивает поддержание заданного уровня освещенности с учетом изменения естественного света, и автоматическое включение освещения, основанное на оценке движения/присутствия людей в помещении. Свойства датчиков движения и способ их размещения обеспечивают сплошное покрытие помещений с учетом возможных препятствий. Темп изменения яркости от минимального до номинального уровня, не более 25% в

секунду; от номинального до минимального не более 12% в секунду.

Предусмотрено автоматическое управление освещением в помещениях с кратковременным пребыванием людей. Автоматическое управление обеспечивает автоматическое включение освещения, основанное на оценке движения/присутствия людей если естественное освещение ниже установленного порога.

В актовом зале применены светильник с цифровой системой управление, основанной на протоколе DALI, с реализацией общего, группового и индивидуального управления осветительными приборами с возможностью плавного регулирования яркостью, созданию зонального освещения и формирования световых сцен, соответствующих характеру проводимых мероприятий. Управление сценами осуществляется посредством панелей управления, установленных при входах и на режиссёрском месте.

В спортивном зале и бассейнах предусмотрено аналогичное цифровое управление освещением с изменением яркости и функциональным зонированием посредством панелей управления, установленных в обслуживаемых помещениях.

В светильники, устанавливаемыми над уличными входами интегрирован сумеречный датчик, имеющий возможность регулировки.

Для управления светильниками при обслуживании лифта предусмотрено ручное управление от выключателей, установленных по месту выполнения работ.

5.2 Наружное освещение

Наружное освещение территории, прилегающей к общеобразовательной школе, предусматривается от щитов ЩНО. Щиты ЩНО-1, ЩНО-2 устанавливаются в электрощитовой школы и запитываются от распределительного устройства.

ЩНО обеспечивают:

- автоматическое управление наружным освещением при помощи фотодатчика, реле времени;
- дистанционное управление из комнаты охраны посредством включения пускателей для освещения;
- контроль доступа к оборудованию системы.

Категория надежности электроснабжения наружного освещения- III. Электроснабжение КПП школы, также осуществляется от ВРУ здания, с питанием от двух распределительных панелей.

Потребляемая мощность наружного освещения составляет 11 кВт.

Годовой расход потребления электроэнергии составляет 25,41 МВт·ч/год согласно таблице 8.1 СП 323.1325800.2017.

Наружное освещение территории школы выполнено на 42 опорах 7, 11 и 16 метровые, с однорожковыми и т-образными кронштейнами. В качестве источников света приняты консольные светодиодные светильники.

Расстановка опор выполнена согласно расчетам, в программе DiaLux с учетом рекомендации с учетом СП 323.1325800.2017. На рисунке 6 приведен план территории с расчетным распределением уровней освещенности.

Распределительные сети наружного освещения выполнены кабелем с алюминиевыми жилами марки АВБШв сечением 16мм².

До первой опоры выполняется прокладка резервного кабеля.

Опоры фланцевые устанавливаются на металлический фундамент. Ответвление выполняется кабелем ВВГ-3×1,5мм² с разделкой через ответвительные сжимы.

Сети наружного освещения прокладываются согласно типовому проекту А5-92 в земляных траншеях на глубине 0,7м планировочной отметки земли с устройством «постели» из песка (под проездом- 1м).

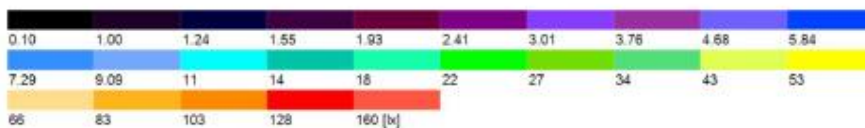
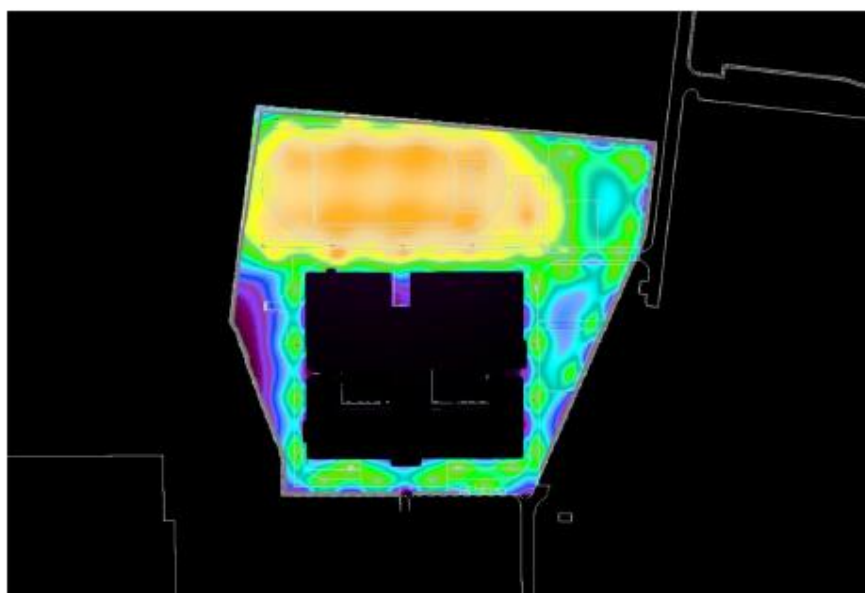


Рисунок 6 - План территории с расчетным распределением уровней освещенности в программе DiaLux

Питание и управление наружным освещением территории школы предусматривается от щита ЩНО, типа ЯУО с возможностью

автоматического (от фотодатчика, реле времени) и ручного управления освещением. Для ручного управления освещением в помещении охраны предусмотрен кнопочный пост управления.

Фотодатчик монтируется с наружной стороны здания таким образом, чтобы на него не попадали прямые солнечные лучи или свет от посторонних источников.

Наружное освещение площадок футбольного поля, площадки для игр в большой теннис управляется принудительно пускателями из комнаты охраны.

Выводы по разделу.

В работе предусмотрены три вида освещения: рабочее освещение, аварийное и ремонтное.

Аварийное освещение относится к I-й категории электроприемников по надежности электроснабжения. К потребителям особой группы первой категории относятся световые указатели «Выход».

Для снижения влияния импульсных помех на автоматические системы управления предусмотрена установка устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) 2 класса в каждый щит освещения.

Освещение всех помещений автоматическое, децентрализованное и не требует ручного управления кроме актового, спортивного залов и бассейнов. Все световые приборы оборудованы датчиками освещенности и датчиками движения. Система управления обеспечивает автоматическое включение освещения, основанное на оценке движения/присутствия людей в помещении, поддержание заданного уровня освещенности с учетом изменения естественного света. Система освещения выполнена на автоматических осветительных приборах Svetomatic с индексами AES и АВТ. Светильники с индексом AES оснащены средствами управления с встроенными датчиками освещенности, движения и присутствия. Осветительные приборы с индексом АВТ, кроме того, содержат программно-аппаратные средства обмена информацией, накопления статистики и машинного обучения, оптимизирующие работу освещения под условия деятельности

обслуживаемого помещения.

Для каждого из помещений школы определено требуемое количество светильников для обеспечения нормируемого уровня освещенности.

Наружное освещение территории школы выполнено на 42 опорах 7, 11 и 16 метровых, с однорожковыми и т-образными кронштейнами. В качестве источников света приняты консольные светодиодные светильники.

Питание и управление наружным освещением территории школы предусматривается от щита ЩНО, типа ЯУО с возможностью автоматического (от фотодатчика, реле времени) и ручного управления освещением.

Наружное освещение площадок футбольного поля, площадки для игр в большой теннис управляется принудительно пускателями из комнаты охраны.

Заключение

Целью бакалаврской работы являлось проектирование системы электроснабжения здания школы, отвечающей требованиям надежности и экономичности.

Объект относится ко 2 категории надежности электроснабжения.

Потребителями I категории являются электроприемники систем противопожарной и противодымной защиты, слаботочное оборудование, лифтовое оборудование, смесительные узлы приточных систем. Для систем противопожарной и противодымной защиты предусматривается отдельная панель АВР.

Поскольку здание школы относится к классу функциональной пожарной опасности Ф4.1, то для предупреждения и защиты электрических сетей от пожара устанавливаются защитные устройства от искрения и дугового пробоя (УЗДП) при их возникновении в групповых сетях и электрооборудовании.

Был произведен выбор типов, номинальных токов и токов расцепителей для устанавливаемых в щитах автоматических выключателей с комбинированными расцепителями и устройствами защитного отключения, обеспечивающими электро- и пожаробезопасность.

Выполнено определение ожидаемых расчетных нагрузок по электроприемникам ВРУ-1 с АВР-1 и АВР-1ППУ, ВРУ-2 с АВР-2 и АВР-2ППУ, ВРУ-3 (пищеблок).

Расчетная нагрузка общеобразовательной школы на 1224 места составляет 854,6 кВт (в рабочем режиме), в том числе:

- ВРУ-1 – 304,0 кВт;
- ВРУ-2 – 351,5 кВт;
- ВРУ-3 – 199,1 кВт.

В работе предусматривается компенсация реактивной мощности на ВРУ-1 на распределительной панели ПР-5 и на ВРУ-2 – на ПР-1, ПР-2. Значение коэффициента реактивной мощности после установки

конденсаторных батарей составляет 0,94.

При этом полная мощность с учетом установки средств компенсации реактивной мощности на ВРУ-1 и ВРУ-2 составила 900 кВА.

Средний годовой расход электрической энергии зданием школы составляет – 4914,0МВт·ч/год.

Подключение ВРУ общеобразовательной школы выполняется от разных секций шин взаиморезервируемыми линиями. В случае выхода из строя одной питающей кабельной линии или одной из секций шин трансформаторной подстанции переключение на секцию с напряжением осуществляется вручную переключающими рубильниками во ВРУ (щиты серии ВРУ1А).

Для электроснабжения потребителей первой категории предусмотрен шкаф управления ввода электроэнергии с АВР на два ввода.

Распределительные и групповые сети выполняются медными кабелями, не распространяющими горение марок марки ВВГнг(А)-LSLTx и ВВГнг(А)-FRLSLTx.

Сечения кабелей были выбраны по длительно допустимым токам и проверены по потерям напряжения.

Для визуального обнаружения перегрева контактных соединений с формированием цветовой индикации в распределительных и групповых щитках устанавливаются термоактивируемые наклейки.

«Система заземления принята TN-C-S. Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током все металлические части силового электрооборудования, нормально не находящиеся под напряжением, подлежат заземлению путем соединения с защитным проводом питающей сети» [6].

В качестве заземлителя используется стальная оцинкованная полоса 40×4мм, проложенная в земле на глубине 0,7 м и вертикальные стальные оцинкованные заземлители.

Категория молниезащиты здания III. В качестве молниеприемника используется горячеоцинкованный стальной проводник диаметром 8 мм,

уложенный на кровле в виде молниеприемной сетки.

В работе предусмотрены три вида освещения: рабочее освещение, аварийное и ремонтное.

Аварийное освещение относится к I-й категории электроприемников по надежности электроснабжения. К потребителям особой группы первой категории относятся световые указатели «Выход».

Для снижения влияния импульсных помех на автоматические системы управления предусмотрена установка устройств защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) 2 класса в каждый щит освещения.

Освещение всех помещений автоматическое, децентрализованное и не требует ручного управления кроме актового, спортивного залов и бассейнов. Все световые приборы оборудованы датчиками освещенности и датчиками движения. Система управления обеспечивает автоматическое включение освещения, основанное на оценке движения/присутствия людей в помещении, поддержание заданного уровня освещенности с учетом изменения естественного света. Система освещения выполнена на автоматических осветительных приборах Svetomatic с индексами AES и АВТ. Светильники с индексом AES оснащены средствами управления с встроенными датчиками освещенности, движения и присутствия. Осветительные приборы с индексом АВТ, кроме того, содержат программно-аппаратные средства обмена информацией, накопления статистики и машинного обучения, оптимизирующие работу освещения под условия деятельности обслуживаемого помещения.

Для каждого из помещений школы определено требуемое количество светильников для обеспечения нормируемого уровня освещенности.

Наружное освещение территории школы выполнено на 42 опорах 7, 11 и 16 метровых, с однорожковыми и т-образными кронштейнами. В качестве источников света приняты консольные светодиодные светильники.

Список используемой литературы и используемых источников

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 30.12.2023).
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 08.01.2024).
4. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения 30.12.2023).
5. ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 30.12.2023).
6. 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 17.01.2024).
7. ГОСТ Р 58698-2019 (МЭК 61140:2016). Защита от поражения электрическим током. Общие положения для электроустановок и электрооборудования. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170001> (дата обращения 21.01.2024).

8. 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 15.12.2023).
9. ГОСТ ИЕС 60332-3-22-2011. Испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени. Часть 3-22. Распространение пламени по вертикально расположенным пучкам проводов или кабелей. Категория А [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101503> (дата обращения 21.01.2024).
10. 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: 15.11.2023).
11. Ополева Г.Н. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебное пособие. Москва: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2022. 416 с.
12. Постановление правительства РФ №2255 от 24.12.2020. Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам, используемым в цепях переменного тока в целях освещения. [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/400149914/> (дата обращения 21.01.2024).
13. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). [Электронный ресурс]: URL: <http://pue7.ru/pue7/sod.php> (дата обращения 23.01.2024).
14. РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений [Электронный ресурс]: URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200003090> (дата обращения 13.08.2023).
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 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 21.01.2024).

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 30.12.2023).

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

19. 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).

20. 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 15.12.2023).

21. 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 30.12.2023).

22. СП 323.1325800.2017. Территории селитебные. Правила проектирования наружного освещения. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/556794135> (дата обращения 21.01.2024).

23. 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 08.01.2024).

24. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]: Свод правил от 05.08.2017. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения 16.12.2023).

25. СП 6.13130.2021 Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения 30.12.2023).

26. 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 30.12.2023).

27. 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 12.01.2024).

28. Banerjee G. K. Electrical and electronics engineering materials. PHI Learning Pvt. Ltd., 2014. 360 p.

29. Bobby Rauf S. Electrical Engineering for Non-electrical Engineers. Lulu Press. Inc, 2015. 235 p.

30. Maria Louis M. Elements of electrical engineering. PHI Learning Pvt. Ltd., 2014. 992 p.

31. Rajendra P. Fundamentals of electrical engineering. PHI Learning Pvt. Ltd., 2014. 1064 p.

32. Roman K. The Digital Information Age: An Introduction to Electrical Engineering. Cengage Learning, 2014. 400 p.