

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 Проектирование системы электроснабжения кафе «Росинка» г. Уфа

Обучающийся

А.Р. Нечаев

(И. О. Фамилия)


(личная подпись)

Руководитель

д.т.н. П.А. Николаев

(ученая степень, звание, И. О. Фамилия)

Аннотация

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является проектирование системы электроснабжения кафе «Росинка» г. Уфа.

Цель выпускной квалификационной работы – спроектировать систему электроснабжения кафе.

Задачей выпускной квалификационной работы является разработка проекта электрической сети кафе «Росинка».

Результаты выполнения работы:

- рассчитаны электрические нагрузки кафе «Росинка»;
- выбрана схема электрической сети кафе «Росинка»;
- произведен расчет токов короткого замыкания электрической сети кафе «Росинка»;
- выбраны кабели и электрические аппараты, вспомогательное оборудование для электрической сети кафе «Росинка»;
- рассчитаны контуры заземления.

Текстовая часть работы выполнена на 62 страницах, включает 10 таблиц, 15 рисунков, 20 литературных источников.

Графическая часть работы состоит из шести чертежей формата А1.

Содержание

| | |
|---|-----------|
| Введение | 4 |
| 1 Краткая характеристика кафе «Росинка» | 6 |
| 2 Расчет электрических нагрузок кафе «Росинка» | 10 |
| 3 Расчет освещения кафе «Росинка» | 17 |
| 4 Расчет системы компенсации реактивной мощности | 27 |
| 5 Выбор электрической схемы кафе «Росинка» | 29 |
| 6 Расчет токов короткого замыкания | 32 |
| 7 Выбор кабелей | 37 |
| 8 Выбор электрических аппаратов и вспомогательного оборудования .. | 45 |
| 9 Расчет заземления | 55 |
| Заключение | 60 |
| Список используемой литературы и используемых источников | 61 |

Введение

Согласно ПУЭ, система электроснабжения должна соответствовать техническим и экономическим требованиям [12]:

- наименьшая стоимость,
- необходимая надежность,
- простота эксплуатации,
- безопасное техническое обслуживание.

В то же время даже небольшие перебои в электроснабжении могут привести к:

- экономическим потерям,
- простоем работников,
- транспортному коллапсу,
- представлять угрозу национальной безопасности,
- жизни и здоровью людей.

В последние годы кафе в основном оснащаются электрическим оборудованием, которое является самой энергозатратной.

Во время их эксплуатации важно как можно быстрее довести горелку до рабочего состояния.

Существенным недостатком при работе с плитой является неполное использование поверхности для жарки.

Важным этапом в разработке проектов электроснабжения является выбор и монтаж необходимого электрооборудования и кабелей.

Кабельная линия должна соответствовать требованиям к пропускной способности, выдерживать необходимое напряжение и обеспечивать надежную изоляцию. Кроме того, необходимо уделить особое внимание вопросам энергосбережения и эффективности - это позволяет снизить энергопотребление и эксплуатационные расходы на электроснабжение.

Таким образом, целью в выпускной квалификационной работе является разработка проекта электроснабжения кафе «Росинка».

Задачи, которые необходимо решить:

- определить электрические нагрузки кафе «Росинка»;
- выполнить светотехнический расчет кафе «Росинка»;
- определить конфигурацию схемы электрической сети кафе «Росинка»;
- рассчитать токи короткого замыкания в электрической сети кафе «Росинка»;
- выбрать кабели для электропроводки кафе «Росинка»;
- выбрать электрические аппараты для электрической сети кафе «Росинка»;
- рассчитать контур заземления электрической сети кафе «Росинка».

1 Краткая характеристика кафе «Росинка»

Рассматриваемое в работе кафе «Росинка» территориально расположено в Уфе.

Данное кафе относится к объектам ресторанного бизнеса сети быстрого питания.

Кафе «Росинка» состоит из следующих помещений:

- администрация,
- вестибюль,
- бытовое помещение,
- зал,
- горячий цех,
- производственный цех,
- женский туалет для посетителей,
- мужской туалет для посетителей,
- туалет для персонала,
- коридор.

На рисунке 1 приведена планировка кафе «Росинка».

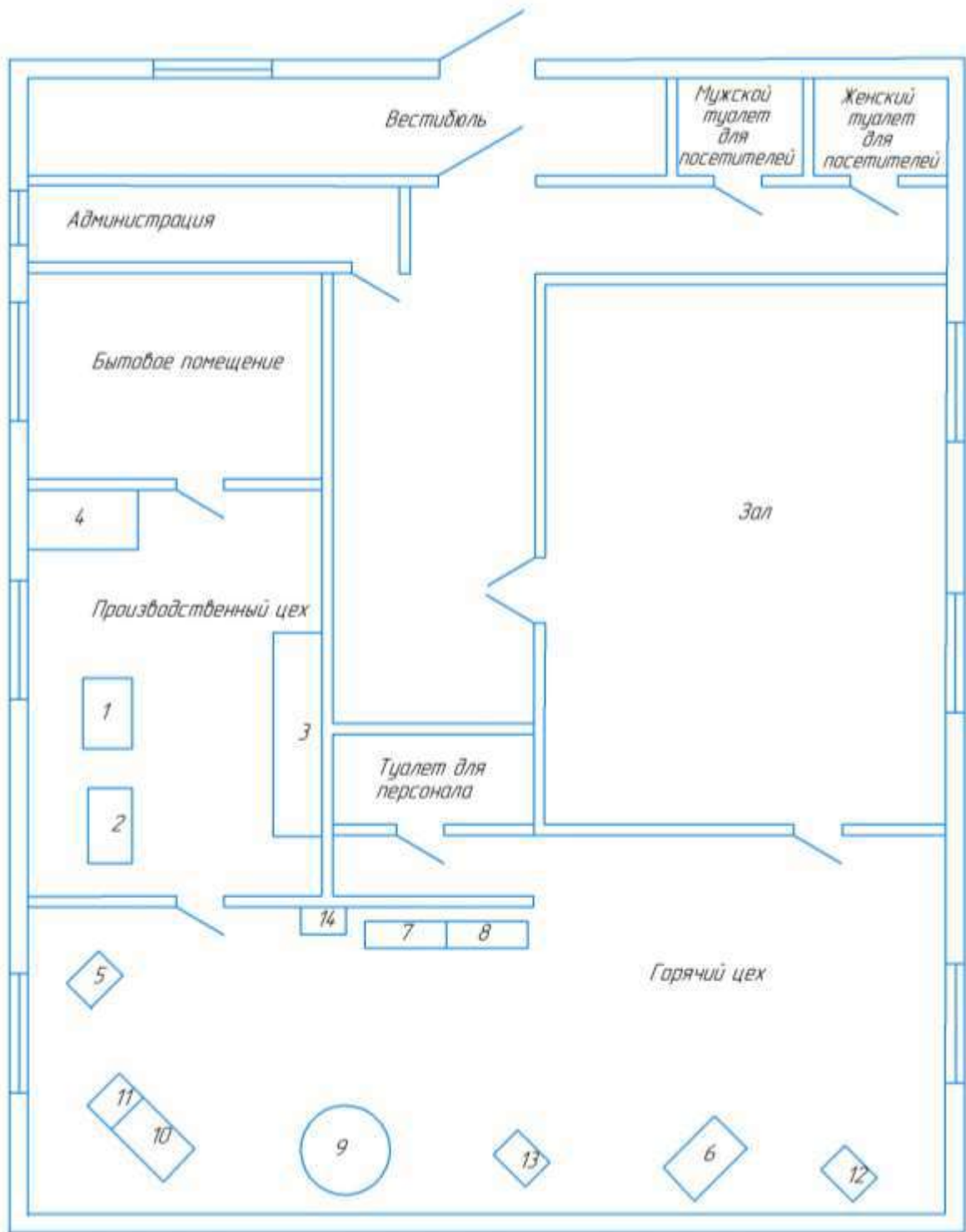


Рисунок 1 –Планировка кафе «Росинка»

Характеристика электроприемников кафе «Росинка» приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика электроприемников кафе «Росинка»

| № на плане | Наименование электроприемника | Установленная мощность электроприемника, кВт | Коэффициент использования | Коэффициент мощности | Класс напряжения, кВ |
|------------|-------------------------------|--|---------------------------|----------------------|----------------------|
| 1 | посудомоечная машина | 4,0 | 0,82 | 0,72 | 0,22 |
| 2 | кухонный процессор | 1,5 | 0,72 | 0,72 | |
| 3 | холодильная камера | 1,8 | 0,7 | 0,75 | |
| 4 | приточная вентиляция | 3,2 | 0,8 | 0,78 | 0,4 |
| 5 | гриль | 1,8 | 0,32 | 0,9 | 0,22 |
| 6 | пароконвектомат | 11,0 | 0,45 | 0,9 | |
| 7 | мармит для первых блюд | 7,5 | 0,72 | 0,9 | |
| 8 | мармит для вторых блюд | 5,0 | 0,72 | 0,9 | |
| 9 | котел | 13,5 | 0,32 | 0,9 | |
| 10 | плита | 15,0 | 0,66 | 0,9 | |
| 11 | сковорода | 7,5 | 0,57 | 0,9 | |
| 12 | электрокипятильник | 10,0 | 0,32 | 0,9 | |
| 13 | фритюрница | 4,5 | 0,8 | 0,75 | |
| 14 | вытяжная вентиляция | 7,5 | 0,8 | 0,75 | |

Наибольшее количество силовых электроприемников расположено в горячем и производственных цехах.

В остальных помещениях кафе «Росинка» предполагается проектирование осветительной сети.

Сведения, приведенные в таблице 1, необходимы для расчета электрических нагрузок кафе.

Выводы по разделу

В этом разделе приведена общая информация об кафе «Росинка»:

– определен состав силовых электроприемников кафе с указанием их установленной мощности, класса напряжения, коэффициента мощности и коэффициента использования;

– представлена планировка кафе, а также перечень помещений.

2 Расчет электрических нагрузок кафе «Росинка»

«Расчет электрических нагрузок выполняется с целью правильного выбора сечений линий и распределительных устройств, коммутационных и защитных аппаратов, числа и мощности трансформаторов по РТМ 36.18.32.4-92» [16].

«Используя данные таблицы 1, нужно определить расчетную мощность каждой группы электроприемников (ЭП) по РТМ 36.18.32.4-92» [16] с применением выражения (1):

$$P_{ЭП} = n \cdot p_{ЭП} \quad (1)$$

где « n – число ЭП;

$p_{ЭП}$ – установленная мощность одного ЭП, кВт по РТМ 36.18.32.4-92» [16].

Определим расчетную мощность электродвигателя вытяжной вентиляции, применяя формулу (1):

$$P_{ЭП} = 1 \cdot 7,5 = 7,5 \text{ кВт.}$$

Далее определим «среднесменную активную мощность рассматриваемого ЭП по РТМ 36.18.32.4-92» [16] по выражению (2):

$$P_c = K_{И} \cdot P_{ЭП} \quad (2)$$

где « $K_{И}$ – коэффициент использования по РТМ 36.18.32.4-92» [16].

Тогда

$$P_c = 0,8 \cdot 7,5 = 6 \text{ кВт.}$$

Далее определяем «реактивную нагрузку ЭП по РТМ 36.18.32.4-92» [16], применяя выражение (3):

$$Q_c = K_{II} \cdot P_{ЭП} \cdot \operatorname{tg}\varphi \quad (3)$$

где « $\operatorname{tg}\varphi$ – коэффициент реактивной мощности по РТМ 36.18.32.4-92» [16].

Применяем выражение (3):

$$Q_c = 0,8 \cdot 7,5 \cdot 0,88 = 5,28 \text{ квар.}$$

«Предварительно необходимо распределить однофазные электроприемники по разным фазам, а затем определить коэффициент асимметрии по РТМ 36.18.32.4-92» [16], применяя выражение (4):

$$H = \frac{P_{\text{ф.нб}} - P_{\text{ф.нм}}}{P_{\text{ф.нб}}} \cdot 100\% \quad (4)$$

где « $P_{\text{ф.нб}}$ – мощность наиболее загруженной фазы, кВт;

$P_{\text{ф.нм}}$ – мощность наименее загруженной фазы, кВт по РТМ 36.18.32.4-92» [16].

«В случае, если асимметрия имеет значение более 15 %, то для определения расчетных мощностей однофазных ЭП по РТМ 36.18.32.4-92» [16] правомерно использование выражения (5):

$$P_{\text{офЭП}} = 3 \cdot P_{\text{ф.нб}} \quad (5)$$

Тогда

$$H = \frac{4-1,8}{4} \cdot 100\% = 55 \%$$

Тогда

$$P_{\text{офЭП}} = 3 \cdot 4 = 12 \text{ кВт.}$$

Расчет остальных ЭП ведется в аналогичном порядке.

«Для определения среднесменных активной и реактивной нагрузок на шинах источника питания по РТМ 36.18.32.4-92» [16] используем выражения (6) и (7):

$$P_p = \Sigma K_M \cdot P_c \quad (6)$$

$$Q_p = \Sigma K_M \cdot Q_c \quad (7)$$

где « K_M – коэффициент совпадения максимумов по РТМ 36.18.32.4-92» [16].

Применяем выражения (6) и (7): среднесменные активная и реактивная нагрузки на шинах источника питания ЩС-1:

$$P_p = 0,95 \cdot 19,42 = 18,5 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = 1,1 \cdot 0,95 \cdot 18 = 18,8 \text{ квар.}$$

Далее необходимо «определить расчетную полную мощность на шинах источника питания по РТМ 36.18.32.4-92» [16], применяя выражение (8):

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (8)$$

Применяем выражение (8):

$$S_p = \sqrt{18,5^2 + 18,8^2} = 26,3 \text{ кВА.}$$

Далее «определяем расчетный ток на шинах источника питания по РТМ 36.18.32.4-92» [16], применяя выражение (9):

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} \quad (9)$$

где « U – напряжение на источнике питания, кВ по РТМ 36.18.32.4-92» [16].

Применяем выражение (9):

$$I_p = \frac{26,3}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 38,1 \text{ А.}$$

Далее расчет ведется аналогичным образом.

Результаты расчета электрических нагрузок сведены в таблицу 2.

Выводы по разделу

В этом разделе определены электрические нагрузки электроприемников, расчетная полная нагрузка составляет 164,1 кВА, расчетный ток – 237,1 А.

Таблица 2 – Результаты расчета электрических нагрузок

| Исходные данные | | | | | Расчетные величины | | К _р | Расчетная мощность | | | I _р , А | |
|----------------------|-----------------------|---|----------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|------|
| По заданию | | | По справочным данным | | К _и P _н | К _и P _н tgφ | | P _р , кВт | Q _р , квар | S _р , кВА | | |
| Наименование ЭП | п _{ЭП} , шт. | P _{ном} (P _{уст}), кВт | | K _и | | | cosφ | | | | | |
| | | одного ЭП | общая | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| ЩС-1 | | | | | | | | | | | | |
| посудомоечная машина | 1 | 12 | 12 | 0,82 | 0,72 | 9,84 | 9,5 | 0,95 | 18,5 | 18,8 | 26,3 | 38,1 |
| кухонный процессор | 1 | 4,5 | 4,5 | 0,72 | 0,72 | 3,24 | 3,1 | | | | | |
| холодильная камера | 1 | 5,4 | 5,4 | 0,7 | 0,75 | 3,78 | 3,3 | | | | | |
| приточная вентиляция | 1 | 3,2 | 3,2 | 0,8 | 0,78 | 2,56 | 2,05 | | | | | |
| ЩС-2 | | | | | | | | | | | | |
| гриль | 1 | 5,4 | 5,4 | 0,32 | 0,9 | 1,7 | 0,84 | | | | | |

Продолжение таблицы 2

| Исходные данные | | | | | Расчетные величины | | K _p | Расчетная мощность | | | I _p , А | |
|------------------------|---------|---|----------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|-------|
| По заданию | | | По справочным данным | | K _{иP_H} | K _{иP_Htgφ} | | P _p , кВт | Q _p , квар | S _p , кВА | | |
| Наименование ЭП | пЭП, шт | P _{ном} (P _{уст}), кВт | | K _и | | | | | | | | cosφ |
| | | одного ЭП | общая | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| вытяжная вентиляция | 1 | 7,5 | 7,5 | 0,8 | 0,75 | 6 | 5,28 | 0,95 | 73,4 | 41,6 | 84,4 | 121,9 |
| мармит для первых блюд | 1 | 22,5 | 22,5 | 0,72 | 0,9 | 16,2 | 7,9 | | | | | |
| мармит для вторых блюд | 1 | 15,0 | 15,0 | 0,72 | 0,9 | 10,8 | 5,23 | | | | | |
| плита | 1 | 45,0 | 45,0 | 0,66 | 0,9 | 29,7 | 14,4 | | | | | |
| сковорода | 1 | 22,5 | 22,5 | 0,57 | 0,9 | 12,83 | 6,2 | | | | | |
| ЩС-3 | | | | | | | | | | | | |
| пароконвектомат | 1 | 11,0 | 11,0 | 0,45 | 0,9 | 14,85 | 7,2 | | | | | |

Продолжение таблицы 2

| Исходные данные | | | | | Расчетные величины | | K _p | Расчетная мощность | | | I _p , А | |
|---------------------|------------|---|----------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|-------|
| По заданию | | | По справочным данным | | K _{иP_H} | K _{иP_Htgφ} | | P _p , кВт | Q _p , квар | S _p , кВА | | |
| Наименование ЭП | пЭП, шт | P _{ном} (P _{уст}), кВт | | K _и | | | | | | | | cosφ |
| | | одного ЭП | общая | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| котел | 1 | 13,5 | 13,5 | 0,32 | 0,9 | 12,96 | 6,3 | 0,95 | 45,8 | 28,9 | 54,1 | 78,3 |
| электрокипятель-ник | 1 | 10,0 | 10,0 | 0,32 | 0,9 | 9,6 | 4,7 | | | | | |
| фритюрница | 1 | 4,5 | 4,5 | 0,8 | 0,75 | 10,8 | 9,5 | | | | | |
| ГРП | | | | | | | | | | | | |
| ЩС-1 | 4 | - | 25,1 | 0,77 | 0,734 | 19,42 | 18,0 | 0,95 | 137,6 | 89,3 | 164,1 | 237,1 |
| ЩС-2 | 6 | - | 117,9 | 0,66 | 0,89 | 77,25 | 39,8 | | | | | |
| ЩС-3 | 4 | - | 117,0 | 0,41 | 0,87 | 48,21 | 27,7 | | | | | |

3 Расчет освещения кафе «Росинка»

«Из всех видов энергии, которую люди могут использовать, свет является самой важной. Большую часть информации, которую получает человек через свои органы чувств, поступает через свет – примерно 80 %. Душевное состояние и степень усталости зависят от освещения и цвета окружающих предметов. С точки зрения безопасности труда зрительная способность и зрительный комфорт чрезвычайно важны. Это объясняется тем, что очень много несчастных случаев происходит из-за неудовлетворительного освещения или из-за ошибок, сделанных рабочим потому, что ему было трудно распознать тот или иной предмет или осознать степень риска, связанного с обслуживанием станков, транспортных средств и так далее по СНиП 23-05-95» [19].

«Для того чтобы обеспечить условия, необходимые для зрительного комфорта, в системе освещения должны быть реализованы следующие предварительные требования:

- однородное освещение;
- оптимальная яркость;
- отсутствие бликов;
- соответствующая контрастность;
- правильная цветовая гамма;
- отсутствие стробоскопического эффекта или мерцания света» [12].

«Светотехнический расчет нужен для определения необходимого количества светильников, суммарный световой поток которых способен обеспечить нормируемую освещенность по СНиП 23-05-95» [19].

«Распространенным методом расчета освещения выступает метод коэффициента использования светового потока, в силу того, что он наиболее точен и наименее трудоемок. В связи с этим, в ВКР используется этот метод расчета» [8].

«Перед расчетом необходимо определиться с источником света. Наиболее прогрессивным типом светильников выступают светодиодные светильники в силу ряда преимуществ:

- Светодиодные светильники имеют малую потребляемую мощность;
- Светодиодные светильники не содержат токсичных веществ;
- Светодиодные светильники имеют значительно больший ресурс относительно других видов источников света;
- Светодиодные светильники имеют большую механическую прочность в сравнении с другими видами светильников» [8].

«Очень важным преимуществом светодиодных светильников сравнительно с газоразрядными источниками света и лампами накаливания – это отсутствие пульсаций светового потока» [8].

«Пульсации светового потока негативно сказываются на зрении и работоспособности людей, а у светодиодных светильников эти пульсации отсутствуют» [8].

«Для определения числа светильников в помещении нужно использовать выражение» [8] (10):

$$N = \frac{E_n \cdot K_3 \cdot F \cdot z}{\Phi_l \cdot \eta_{oy}} \quad (10)$$

где E_n – нормируемое значение освещенности, лк;

K_3 – коэффициент запаса, принимается равным 1,1;

F – освещаемая площадь, м²;

z – отношение средней освещенности к минимальной, для светодиодных светильников принимается равным 1,05;

Φ_l – световой поток одной лампы, лм;

η_{oy} – коэффициент использования светового потока осветительной установки, о.е» [8].

«Для определения коэффициента использования светового потока осветительной установки необходимо знать индекс помещения, который можно определить» [8] по выражению (11):

$$i_n = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} \quad (11)$$

где « A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

H_p – высота рабочей поверхности, м» [8].

«Совместно с индексом помещения для определения коэффициента использования светового потока осветительной установки нужно знать коэффициенты:

- ρ_n – коэффициент отражения света от потолка,

- ρ_c – коэффициент отражения света от стен,

- ρ_p – коэффициент отражения от рабочей поверхности» [8].

Выполним светотехнический расчет для зала.

Современные led технологии позволяют по-новому подходить к вопросу создания комфортной и эффективной системы освещения.

Их преимуществом является минимальный расход электроэнергии и простота обслуживания.

Светодиоды приятно воспринимаются человеческим глазом, а, кроме этого, они практически не излучают вредного мерцания.

Светодиоды идеально подходят для создания всех типов освещения, в том числе акцентного, декоративного, общего и рабочего.

Небольшие по площади и объему помещения нуждаются в визуальном увеличении пространства.

Поэтому неплохим решением считается использование потолочных светодиодных светильников для контурного освещения.

Исключение опасности пиковой перегрузки электросетей в момент включения светодиодных устройств.

Очевидно, что при низком напряжении не требуется применять провода большого сечения с сильной изоляцией.

Для расчета необходимы данные, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для светотехнического расчет

| E_n , лк | A, м | B, м | H_p , м | Φ_l , лм | $\rho_{\text{п}}$ | $\rho_{\text{с}}$ | $\rho_{\text{р}}$ |
|------------|------|------|-----------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 300 | 15 | 20 | 1,95 | 2390 | 0,6 | 0,7 | 0,1 |

«Для того что бы определить коэффициент использования светового потока осветительной установки необходимо рассчитать индекс помещения» [8] по выражению (11):

$$i_n = \frac{15 \cdot 20}{1,95 \cdot (15 + 20)} = 4,4.$$

«По справочным таблицам, заданным коэффициентам отражения и индексу помещения выбирается значение коэффициента использования светового потока осветительной установки равное 0,95» [8].

Далее «определяем число светильников» [8] в зале с помощью (10):

$$N = \frac{300 \cdot 1,1 \cdot 15 \cdot 20 \cdot 1,05}{2390 \cdot 0,95} \approx 45.$$

Для остальных помещений кафе «Росинка» расчет аналогичен. Результаты расчета сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты светотехнического расчета кафе «Росинка»

| Наименование помещения | Тип светильника | Количество светильников |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| администрация | OFLEDSL 66 | 8 |
| вестибюль | OFLEDSL 66 | 12 |
| бытовое помещение | OFLEDSL 66 | 12 |
| зал | Favourite Pendenti 1964-1P | 45 |
| горячий цех | OFLEDSL 66 | 64 |
| производственный цех | OFLEDSL 66 | 24 |
| женский туалет для посетителей | OFLEDSL 66 | 2 |
| мужской туалет для посетителей | OFLEDSL 66 | 2 |
| туалет для персонала | OFLEDSL 66 | 2 |
| коридор | OFLEDSL 66 | 30 |
| итого | | 201 |

Для освещения помещения зала принимается светильник типа Favourite Pendenti 1964-1P (рисунок 2).



Рисунок 2 – Светодиодный светильник типа Favourite Pendent

На рисунке 3 показан план расположения светильников в кафе «Росинка».

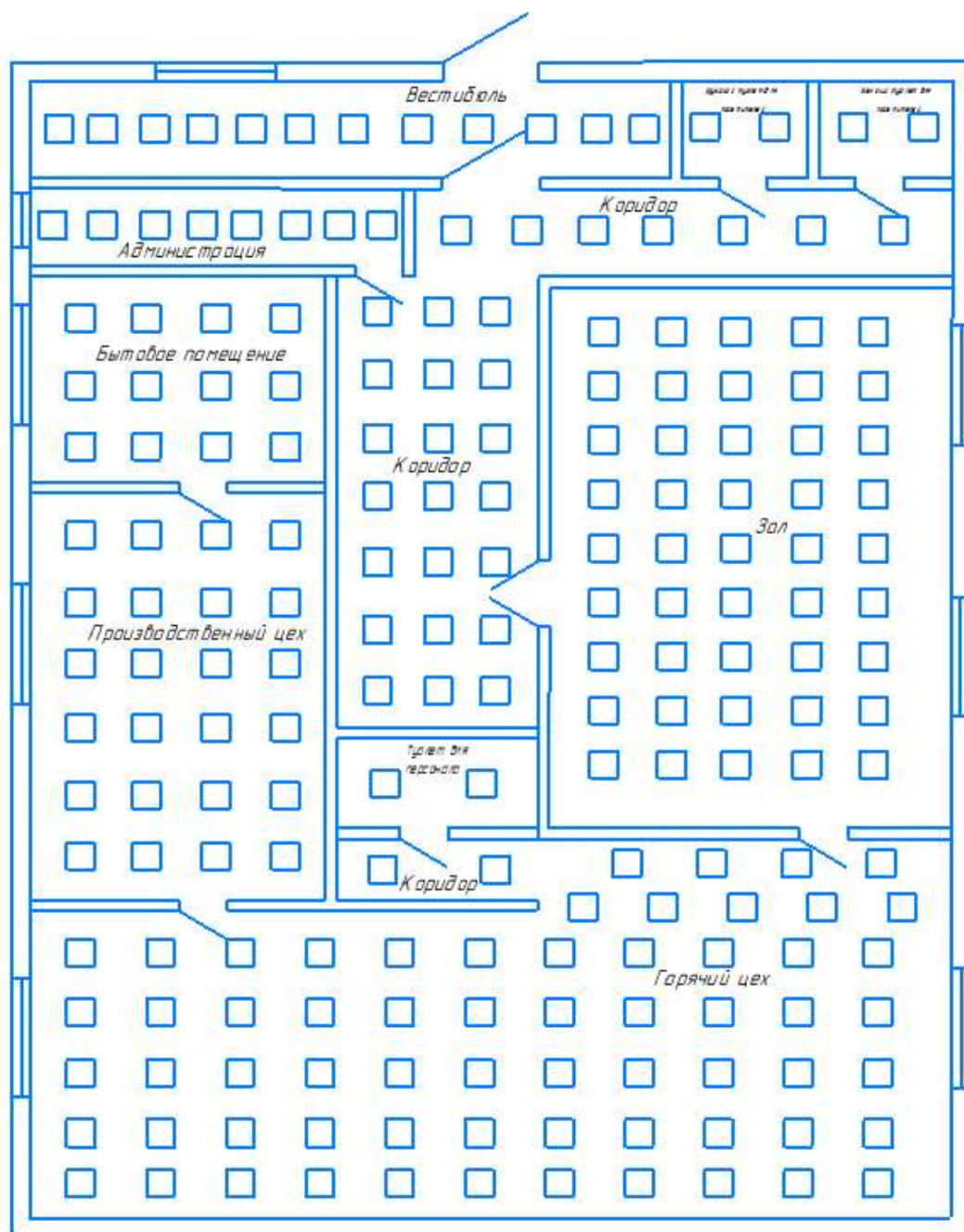


Рисунок 3 – План расположения светильников в кафе «Росинка»

«С целью удостоверения в правильности светотехнического расчета выполнен поверочный светотехнический расчет в ПО «DIALUXEvo» [8].

«Крайне удобным в этом ПО является возможность светотехнического расчета, как в трехмерном пространстве, так и в двухмерном.

Как говорилось выше, в ВКР выполняется поверочный светотехнический расчет с применением ПО «DIALUXEvo», цель расчета – удостоверение в адекватности результатов светотехнического расчета» [8].

В рассматриваемой программе произведем расчет производственного цеха, результат которого представлен на рисунке 4.

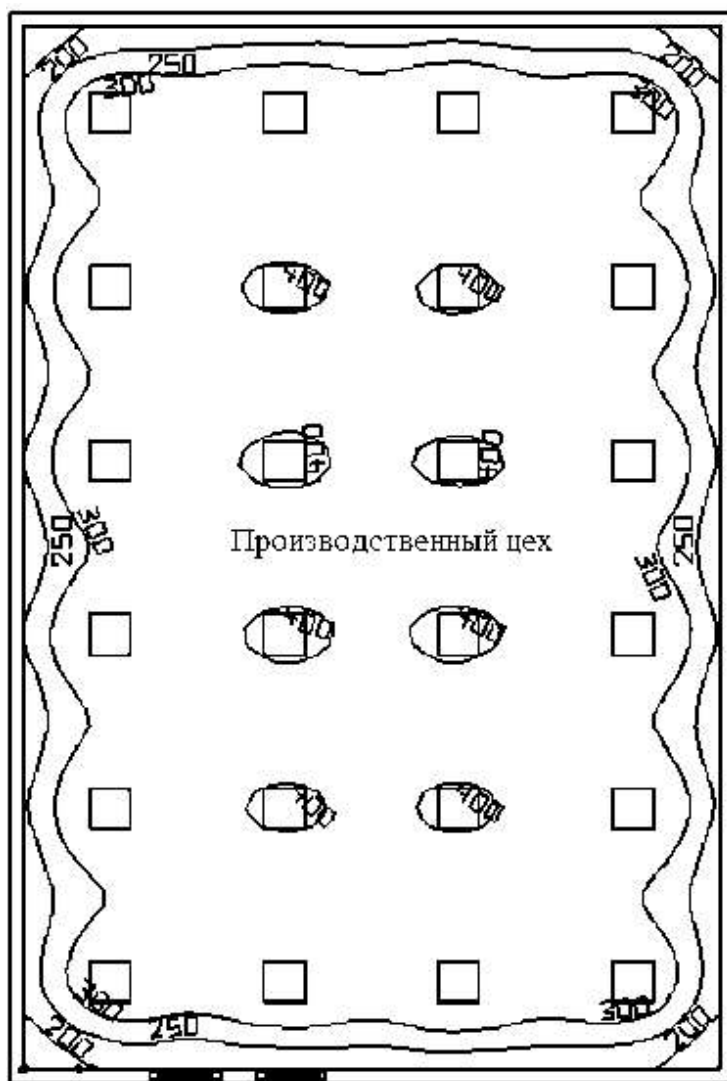


Рисунок 4 – Результаты расчета

Порядок поверочного светотехнического расчета:

«Вначале выполняется эскиз рассчитываемого помещения путем указания параметров длины, ширины и высоты помещения в соответствующих графах ПО.

Затем по каталогу нужно выбрать подходящий светильник.

После выбора светильника необходимо задать расчетное число светильников по осям X и Y.

В поверочном расчете было задано 4 светильников по оси X и 6 светильников по оси Y, в соответствии с результатами, полученными в ходе светотехнического расчета.

Затем, нужно расположить светильники на пространстве эскиза, после чего можно запустить расчет» [8].

«Результатом расчета становятся освещенности в помещении, значения которых указываются на эскизе» [8].

Далее необходимо «определить мощность системы освещения кафе» [8].
Используем формулу (12):

$$P_{pc} = P_c \cdot n \cdot K_c \quad (12)$$

где « P_c – установленная мощность одного светильника, кВт;

n – число светильников;

K_c – коэффициент спроса» [8].

Применяя формулу (12):

$$P_{pc} = 0,026 \cdot 201 \cdot 0,7 = 3,66 \text{ кВт.}$$

«Для определения тока осветительной сети» [8], применяя выражение (13):

$$I_{pc} = \frac{P_{pc}}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (13)$$

Применяем выражение (13):

$$I_{pc} = \frac{3,66}{\sqrt{3} \cdot 0,22} = 9,6 \text{ А.}$$

Выводы по разделу

Были определены параметры сети освещения кафе «Росинка».

В результате чего в помещениях кафе «Росинка» необходима установка 201 светодиодного светильника.

Было применено ПО «DIALUXEvo» – мощный программный пакет, для расчетов освещенности как внутреннего, так и наружного освещения зданий и сооружений.

Расчетная нагрузка сети освещения кафе «Росинка» – 3,66 кВт.

4 Расчет системы компенсации реактивной мощности

«Компенсация реактивной мощности – мероприятие, направленное на повышение качества электроэнергии в системах электроснабжения и электрических сетях предприятий, организаций, учреждений» [2].

«При подключении конденсаторов, производящих реактивную энергию со знаком, противоположным знаку энергии, потребляемой нагрузками, создаем источник реактивной энергии на стороне нагрузки для предотвращения ненужной циркуляции энергии в сети. Это позволит корректировать коэффициент мощности по РТМ 36.18.32.6-92 [17]».

«При этом, у линий снижается пропускная способность по активной мощности. По этой причине целесообразно генерировать реактивную мощность по месту ее потребления» [2].

«Необходимо определить нужную мощность конденсаторной батареи» [7] с применением формулу (14):

$$Q_c = P_p \cdot (tg\varphi_1 - tg\varphi_2) \quad (14)$$

где « $tg\varphi_1$ – существующий коэффициент реактивной мощности;
 $tg\varphi_2$ – требуемый коэффициент реактивной мощности» [7].

Применяем формулу (14):

$$Q_c = 137,6 \cdot (0,59 - 0,33) = 35,8 \text{ квар.}$$

Выбираем батарею УКРМ-40 с номинальной мощностью 40 квар.

Батарея УКРМ-40 показана на рисунке 5.



Рисунок 5 – УКРМ-40

«Выбранная конденсаторная установка автоматическая с пошаговым (ступенчатым) регулированием реактивной мощности, предназначены для автоматического и ручного регулирования коэффициента мощности нагрузки ($\cos \phi$) с широким диапазоном изменения потребления реактивной мощности в распределительных сетях трехфазного переменного тока» [12].

Выводы по разделу

Выполнен расчет компенсации реактивной мощности электрической сети кафе «Росинка».

По результатам расчета выбрана одна конденсаторная батарея мощностью 40 квар марки УКРМ-40.

5 Выбор электрической схемы кафе «Росинка»

«Выбор электрической схемы является ответственным этапом при проектировании электрических сетей предприятий, организаций и учреждений. От выбранной электрической схемы зависят простота конфигурации электрической сети, стоимость ее монтажа, и главным образом, параметры ее надежности» [11].

Объекты общественного питания имеют смешанный состав ЭП: силовые ЭП и сеть освещения.

«Силовые ЭП, которые сконцентрированы в горячем и производственном цехах, целесообразно запитать от отдельных силовых щитов радиальными линиями» [9].

«Систему освещения целесообразно запитать от отдельного щита, групповыми линиями» [9].

«Такое решение имеет ряд преимуществ:

- питание мощных силовых ЭП от отдельного щита радиальными линиями позволяет повысить надежность работы всей электрической сети кафе;
- питание сети освещения от отдельного щита групповыми линиями позволяет снизить стоимость монтажа этой электрической сети» [9].

Схема электрической сети кафе «Росинка» показана на рисунке 6.

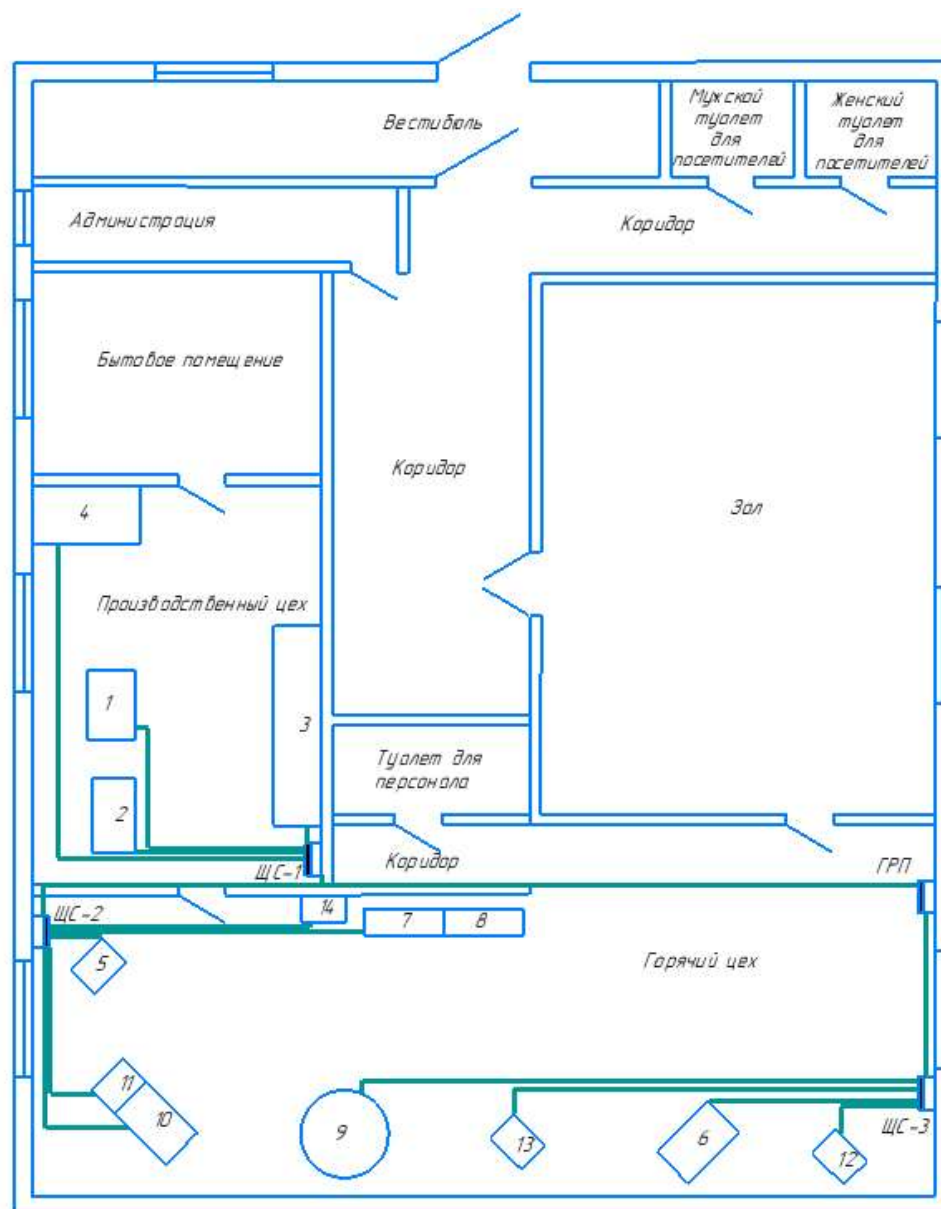


Рисунок 6 – Конфигурация электрической схемы кафе «Росинка»

Обоснования принятой схемы электроснабжения

«Категория электроприемников здания по надежности электроснабжения – вторая, частично – первая (электроприемники систем противопожарной защиты, охранной сигнализации, а также систем связи, технических средств охраны и систем пожарной безопасности)» [12].

«К оборудованию системам противопожарной защиты (СПЗ) относятся следующие электроприемники:

- огнезадерживающие клапаны в системах общеобменной вентиляции;
- установки пожаротушения всех видов;
- оборудование автоматизации противопожарных систем;
- вентиляция дымоудаления и подпора воздуха;
- эвакуационное освещение по РД 153-34.0-03.301-00» [14].

«Для удовлетворения требованиям по созданию первой категории надежности электроснабжения в ГРЩ (ВРУ), предусматривается третья отдельная секция с устройством АВР (автоматический ввод резерва), которая при пропадании питания одному из вводов ГРЩ автоматически переключается на второй, рабочий ввод по ГОСТ 32144-2013» [4].

«Для создания схемы, удовлетворяющей требованиям по созданию второй категории надежности электроснабжения, ГРЩ питается по двум взаиморезервируемым кабельным вводам от разных шин РУ-0,4 ТП. ГРЩ выполняется с двумя независимыми вводами; в ГРЩ предусматривается возможность в случае пропадания напряжения на одном из вводов переключения на второй, рабочий ввод. Для обеспечения переключений на вводе ГРЩ предусмотрена схема с секционным автоматическим выключателем» [6].

Выводы по разделу

В этом разделе определены параметры электрической схемы кафе. В итоге принята радиальная схема, как наиболее надежная. Сеть освещения кафе запитана от отдельного щита.

6 Расчет токов короткого замыкания

«Расчет токов короткого замыкания необходим для определения значений токов трехфазного короткого замыкания, по значениям этих токов выполняется выбор электрических аппаратов по ГОСТ 28249-93» [3].

«Расчет токов короткого замыкания (ТКЗ) проводится по рекомендациям РД 153.34.0-20.527-98» [13] и по ГОСТ 28249-93 [3].

«Перед началом расчета составляется схема замещения, в которой все элементы рассматриваемого участка рассматриваются как эквивалентные активные сопротивления по РД 153.34.0-20.527-98» [13].

Схема замещения для расчета ТКЗ линии питающей силовые ЭП кафе «Росинка» показана на рисунке 7.

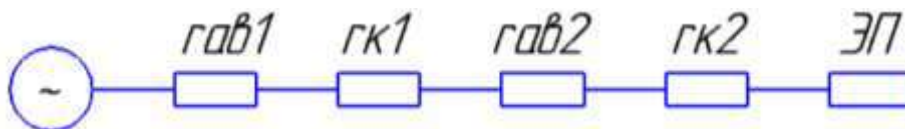


Рисунок 7 – Схема замещения для расчета ТКЗ

«Расчет ТКЗ начинается с определения сопротивлений элементов схемы замещения. Сначала нужно определить активное сопротивление кабеля соединяющего автоматический выключатель главного распределительного пункта (ГРП) с силовым щитом по РД 153.34.0-20.527-98» [13] с применением выражения (15):

$$r_k = c_0 \cdot r_{кном} \quad (15)$$

где « c_0 – коэффициент, учитывающий увеличение активного сопротивления кабеля при нагреве ТКЗ, принимается равным 1,5; $r_{кном}$ – активное сопротивление кабеля при нормальных условиях, Ом по РД 153.34.0-20.527-98» [13].

«Такие параметры как активное сопротивление контактов автоматического выключателя определяются по таблицам по РД 153.34.0-20.527-98» [13].

«Для расчета номинального сопротивления кабеля по РД 153.34.0-20.527-98» [13] нужно использовать выражение (16):

$$r_{\text{кном}} = r_{\text{нк}} \cdot l_{\text{к}} \quad (16)$$

где « $r_{\text{нк}}$ – погонное активное сопротивление кабеля, Ом/км;

$l_{\text{к}}$ – длина кабеля, км» [12].

Тогда, номинальное активное сопротивление кабеля соединяющего ГРП с силовым щитом №1:

$$r_{\text{кном}} = 1,79 \cdot 0,022 = 0,04 \text{ Ом.}$$

Теперь нужно «определить сопротивление этого же кабеля» [12] с применением выражения (16):

$$r_{\text{к}} = 1,5 \cdot 0,04 = 0,06 \text{ Ом.}$$

Сопротивление кабеля от силового щита №1 до остальных электроприемников определяется аналогичным образом.

«Суммарное активное сопротивление рассматриваемого участка» [12] определяется по выражению (17):

$$r_{\Sigma} = r_{\text{ав1}} + r_{\text{к1}} + r_{\text{ав2}} + r_{\text{к2}} \quad (17)$$

где « $r_{ав}$ – активное сопротивление контактов автоматического выключателя, Ом» [12].

Тогда

$$r_{\Sigma} = 0,001 + 0,04 + 0,001 + 0,02 = 0,062 \text{ Ом.}$$

Теперь нужно «определить периодическую составляющую ТКЗ» [12] по выражению (18):

$$I_{n0} = \frac{U_{cp}}{\sqrt{3} \cdot r_{\Sigma}} \quad (18)$$

где « U_{cp} – среднее номинальное напряжение сети, кВ» [12].

Тогда

$$I_{n0} = \frac{0,22}{\sqrt{3} \cdot 0,062} = 2,1 \text{ кА.}$$

Далее «определяется аperiodическая составляющая ТКЗ» [12] по выражению (19):

$$i_{\alpha 0} = \sqrt{2} \cdot I_{n0} \quad (19)$$

Тогда

$$i_{\alpha 0} = \sqrt{2} \cdot 2,1 = 3 \text{ кА.}$$

Теперь нужно «определить ударный ТКЗ» [12] по выражению (20):

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot I_{n0} \cdot K_{y\partial} \quad (20)$$

где « $K_{y\partial}$ – ударный коэффициент, принимается равным 1,1 в соответствии с кривой по РД 153-34.0-20.527-98» [18] на рисунке 8.

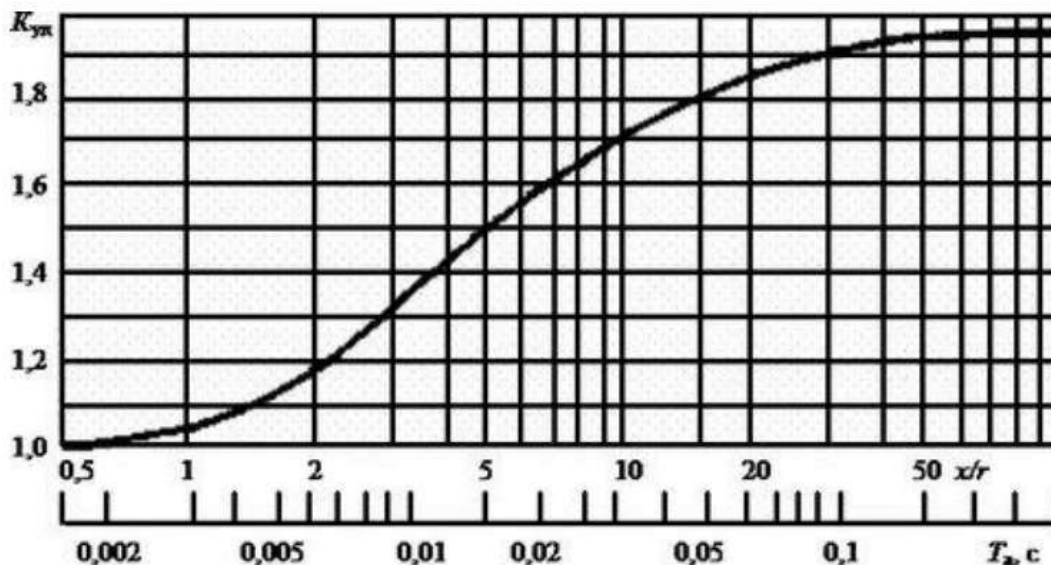


Рисунок 8 – Кривая для определения ударного коэффициента

Тогда

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 2,1 \cdot 1,1 = 3,3 \text{ кА.}$$

Расчет ТКЗ остальных участков электрической сети кафе «Росинка» ведется аналогичным образом.

Результаты расчета сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты расчета ТКЗ электрической сети кафе «Росинка»

| Щит | Электроприемник | $I_{п0}$, кА | $i_{\alpha 0}$, кА | $i_{уд}$, кА |
|------|--------------------------------------|------------------|------------------------|------------------|
| ЩС-1 | посудомоечная машина | 1,61 | 2,27 | 2,5 |
| | кухонный процессор | 1,52 | 2,14 | 2,4 |
| | холодильная камера | 1,48 | 2,09 | 2,3 |
| | приточная вентиляция | 1,55 | 2,19 | 2,40 |
| ЩС-2 | гриль | 1,41 | 1,99 | 2,19 |
| | вытяжная вентиляция | 1,45 | 2,05 | 2,25 |
| | мармит для первых блюд | 1,51 | 2,13 | 2,34 |
| | мармит для вторых блюд | 1,65 | 2,33 | 2,6 |
| | плита | 1,63 | 2,3 | 2,53 |
| | сковорода | 1,62 | 2,28 | 2,51 |
| ЩС-3 | пароконвектомат | 1,52 | 2,14 | 2,36 |
| | котел | 1,51 | 2,13 | 2,34 |
| | электрокипятильник | 1,62 | 2,28 | 2,51 |
| | фритюрница | 1,6 | 2,26 | 2,48 |
| ЩО-1 | электрощитовая, производственный цех | 0,2 | 0,28 | 0,31 |
| ЩО-2 | администрация, бытовое помещение | 0,22 | 0,31 | 0,34 |
| ЩО-3 | горячий цех | 0,24 | 0,34 | 0,37 |
| ЩО-4 | зал, вестибюль | 0,2 | 0,28 | 0,31 |

Выводы по разделу

Таким образом, по результатам расчета токов короткого замыкания в электрической сети кафе «Росинка» – не выходят за пределы шкалы значений токов отключения современных автоматических выключателей – принято решение: использование специальных мер для ограничения токов короткого замыкания не требуется.

Наибольшее значение ударного тока короткого замыкания относится к линии питающей мармит для вторых блюд и равно 2,6 кА.

7 Выбор кабелей

«Проектирование электропроводки зданий и сооружений достаточно ответственный этап» [1].

«Грамотный выбор типа кабелей и способа прокладки влияет на множество факторов, начиная от экономичности заканчивая пожаробезопасностью» [10].

«На проектирование электропроводки влияет ряд факторов:

- расчетные токи нагрузки проектируемой электропроводки;
- класс напряжения электропроводки;
- тип здания, сооружения для которого предназначается электропроводка;
- класс пожароопасности, взрывоопасности здания, сооружения» [1].

«Выбор кабелей для электропроводки осуществляется по двум методам: методом экономической плотности тока (применяется для оголенных проводников) и по методу нагрева (применяется для изолированных проводников)» [9].

«Электропроводка зданий и сооружений, как правило, выполняется изолированными проводниками» [9].

«Выбор электропроводки для электрической сети осуществляется по методу нагрева» [1].

«Для этого нужно сопоставить расчетное значение тока с предельно допустимым» [1] для выбираемого кабеля (21):

$$I_{\text{доп}} \geq I_p \quad (21)$$

где « $I_{\text{доп}}$ – предельно допустимый ток кабеля, А» [9].

Для примера выполняется выбор кабеля для холодильной камеры с использованием выражения (21).

Известно, что расчетный ток линии от ЩС-1 до холодильной камеры составляет 7,2 А. Теперь по таблицам [9] нужно найти кабель с близким предельно допустимым током.

«По значению предельно допустимого тока подходит кабель с сечением токоведущей жилы 1,5 мм², допустимый ток такого кабеля ВВГ-нг-LS-3-1,5 (рисунок 9) составляет 21 А» [1].



Рисунок 9 – Кабель ВВГ-нг-LS-3-1,5

ПВХ-пластикат для кабеля медного силового ВВГнг-LS является синтетическим и достаточно сложным материалом.

В качестве основы для его создания используется поливинилхлоридная смола, полученная путем полимеризации хлористого винила.

К этой смоле примешиваются различные специальные компоненты:

- стабилизаторы,
- пластификаторы,
- наполнители и прочее.

Они как раз и отвечают за технические, эксплуатационные и диэлектрические характеристики материала.

В зависимости от конкретного соотношения этих добавок, получившаяся композиция попадает в одну из трех категорий по общепринятой классификации:

- изоляционные пластикаты (отличаются особо высокими диэлектрическими параметрами);
- шланговые (отличаются повышенной прочностью, используются для защиты кабеля от внешних механических воздействий);
- полупроводящие (по своим техническим характеристикам являются чем-то средним между двумя предыдущими категориями).

Стоит отметить, что поливинилхлорид сам по себе обладает отличной устойчивостью к кислотам, щелочам и горению. А специальные добавки делают его еще менее горючим.

Расчет и выбор кабелей для остальных ЭП и светильников выполняется по аналогии, результаты расчетов сведены в таблицу 6.

«Далее определим потери мощности и напряжения в выбранных кабелях» [1]. Для примера определяются потери в кабели от ЩС-№1 до холодильной камеры.

«Для определения потерь мощности в кабелях» [1] используется выражение (22)

$$\Delta P = \frac{P_p^2 + jQ_p^2}{U_{ном}^2} \cdot r \quad (22)$$

где « Q_p – потребляемая ЭП реактивная мощность, квар;

r – активное сопротивление жил кабеля, Ом» [1].

«Определяются потери мощности в линии от силового щита» [1] до холодильной камеры с применением выражения (21):

$$\Delta P = \frac{3,6^2 + j3,5^2}{0,4^2} \cdot 0,179 = 5,6 \text{ кВт.}$$

«Далее нужно определить потерю напряжения в кабельной линии от силового щита до ЭП» [1] с применением формулы (23):

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot r + Q_p \cdot x}{U_{ном}} \cdot l \quad (23)$$

Тогда:

$$\Delta U = \frac{3,6 \cdot 0,179 + 3,6 \cdot 0,006}{0,4} \cdot 0,02 = 0,03 \text{ В.}$$

По результатам: потеря напряжения незначительна.

«Также нужно проверить выбранный кабель по условию термической стойкости к току КЗ» [1].

Условие (24):

$$S_{mc} \leq S_k \quad (24)$$

где « S_{tc} – сечение кабеля необходимое по условиям термической стойкости, мм²;

S_k – выбранное сечение кабеля, мм²» [1].

«Для определения сечения кабеля необходимого по условиям термической стойкости» [1] нужно применить выражение (25):

$$S_{mc} = \frac{I_{п0} \cdot \sqrt{t_3}}{c} \quad (25)$$

где « t_3 – время срабатывания защитного аппарата, с;

C – термический коэффициент, Ас²/мм²» [1].

Применяем выражения (25):

$$s_{mc} = \frac{1,48 \cdot \sqrt{0,5}}{141} = 0,007 \text{ мм}^2.$$

«Теперь нужно сравнить выбранное сечение кабеля с сечением кабеля необходимого по условиям термической стойкости» [1] применяя условие (24):

$$0,007 \text{ мм}^2 \leq 1,5 \text{ мм}^2.$$

По результатам расчета видно: выбранное сечение соответствует параметрам термической стойкости.

Расчет по остальным ЭП и светильникам ведется аналогично, результаты сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты расчета и выбора кабелей для электрической сети кафе

| Щит | Электроприемник | Кабель | Сечение, мм ² | Потеря мощности, кВт | Потеря напряжения, В |
|------|----------------------|-----------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
| ЩС-1 | посудомоечная машина | ВВГ-нг LS-3-2,5 | 2,5 | 15,2 | 0,09 |
| | кухонный процессор | ВВГ-нг LS-3-1,5 | 1,5 | 5 | 0,03 |

Продолжение таблицы 6

| Щит | Электроприемник | Кабель | Сечение, мм ² | Потеря мощности, кВт | Потеря напряжения, В |
|------|--|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | холодильная камера | | | 5,6 | 0,03 |
| | приточная вентиляция | | | 3,6 | 0,02 |
| | гриль | | | 2,1 | 0,015 |
| | вытяжная вентиляция | | | 8,9 | 0,05 |
| ЩС-2 | мармит для первых блюд | ВВГ-нг- LS- 3- 2,5 | 2,5 | 19,5 | 0,14 |
| | мармит для вторых блюд | ВВГ-нг- LS- 3- 1,5 | 1,5 | 13 | 0,09 |
| | плита | ВВГ-нг- LS- 3-10 | 2,5 | 35,8 | 0,26 |
| | сковорода | ВВГ-нг- LS -3- 2,5 | 2,5 | 15,4 | 0,11 |
| ЩС-3 | пароконвектомат | | | 17,9 | 0,13 |
| | котел | | | 15,6 | 0,11 |
| | электрокипятильник | | | 11,56 | 0,08 |
| | фритюрница | | | 16,0 | 0,065 |
| ЩО-1 | электрощитовая, производственный цех | ВВГ-нг-LS- 3-1,5 | 1,5 | 0,24 | 0,4 |
| ЩО-2 | администрация, бытовое помещение | | | 0,4 | 0,85 |
| ЩО-3 | горячий цех | | | 0,35 | 0,6 |
| ЩО-4 | зал, вестибюль | | | 0,38 | 0,42 |

Результаты проверки кабелей по термической стойкости сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты проверки кабелей по параметрам термической стойкости к токам КЗ

| Щит | Электроприемник | Кабель | Сечение, мм ² | Сечение по условиям термической стойкости, мм ² |
|------|--------------------------------------|-------------------|--------------------------|--|
| ЩС-1 | посудомоечная машина | ВВГ-нг LS-3-2,5 | 2,5 | 0,008 |
| | кухонный процессор | ВВГ-нг LS-3-1,5 | 1,5 | 0,0076 |
| | холодильная камера | | | 0,007 |
| | приточная вентиляция | | | 0,0077 |
| ЩС-2 | гриль | | | 0,007 |
| | вытяжная вентиляция | 0,0072 | | |
| ЩС-2 | мармит для первых блюд | ВВГ-нг- LS- 3-2,5 | 2,5 | 0,0075 |
| | мармит для вторых блюд | ВВГ-нг- LS- 3-1,5 | 1,5 | 0,0082 |
| | плита | ВВГ-нг- LS- 3-10 | 2,5 | 0,0081 |
| | сковорода | ВВГ-нг- LS-3-2,5 | 2,5 | 0,008 |
| ЩС-3 | пароконвектомат | ВВГ-нг-LS-3-1,5 | 1,5 | 0,0076 |
| | котел | | | 0,0075 |
| | электрокипятильник | | | 0,008 |
| | фритюрница | | | 0,008 |
| ЩО-1 | электрощитовая, производственный цех | ВВГ-нг-LS-3-1,5 | 1,5 | 0,001 |
| ЩО-2 | администрация, бытовое помещение | | | |
| ЩО-3 | горячий цех | | | |
| ЩО-4 | зал, вестибюль | | | |

Выводы по разделу

Способ прокладки кабелей электропроводки кафе «Росинка» принимается прокладка кабелей марки ВВГ-нг-LS в гофрированных трубах над потолком в перекрытии.

Выбранный кабель характеризуется пониженной горючестью и дымовыделением, что соответствует категории А по нераспространению горения при групповой прокладке.

Добавление в состав оболочки антисептических примесей позволяет выдерживать воздействие коррозионно-активных микроорганизмов и грибков.

Такое решение позволяет сэкономить средства на электромонтажных работах, а также на материалах.

8 Выбор электрических аппаратов и вспомогательного оборудования

«Коммутационный аппарат — аппарат, предназначенный для включения или отключения тока в одной или более электрических цепях. Коммутационные аппараты используются для формирования необходимых схем передачи энергии от ее источника к потребителю» [12].

«Коммутационные аппараты – важная составляющая любой системы электроснабжения, т.к. они выполняют операции включения и отключения в системах электроснабжения, а также на отдельные виды коммутационных аппаратов также налагаются функции защиты систем электроснабжения» [15].

«В системах электроснабжения до 1 кВ широкое применение нашли автоматические выключатели, которые практически полностью вытеснили плавкие предохранители» [15].

«В отличие от плавких предохранителей, автоматический выключатель является многократным коммутационным аппаратом, к тому же, оперирование автоматическим выключателем значительно более безопасно, в сравнении с плавкими предохранителями, что говорит в пользу автоматических выключателей» [15].

«Стоит также отметить развитие автоматических выключателей с микропроцессорным расцепителем» [12].

«Выбор автоматических выключателей осуществляется с учетом ряда факторов:

- класс напряжения защищаемой сети;
- расчетный ток нагрузки;
- расчетный ударный ток короткого замыкания; – число фаз в системе электроснабжения» [12].

«Выбор коммутационных аппаратов осуществляется с применением с учетом результатов расчета электрических нагрузок и токов короткого замыкания» [15].

«Главными условиями выбора коммутационных аппаратов выступают следующие соотношения» [15] (26), (27):

$$I_{ном.КА} \geq I_p \quad (26)$$

где « $I_{ном.КА}$ – номинальный ток коммутационного аппарата, А;

I_p – расчетный ток защищаемого участка, А» [15].

$$I_{откл.КА} \geq i_{уд} \quad (27)$$

где « $I_{откл.КА}$ – ток отключения КЗ коммутационным аппаратом, кА;

$i_{уд}$ – расчетный ударный ТКЗ, кА» [15].

Выполним выбор коммутационного аппарата для холодильной камеры с применением выражений (26) и (27).

«Автоматические выключатели выполняют функции автоматического отключения электроустановки при появлении сверхтоков (перегрузки или короткого замыкания) и оперативного управления участками электрических цепей по ГОСТ Р 50030.2-99» [5].

Выбранный автоматический выключатель приведен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Автоматический выключатель ВА47-29

С помощью (26) и (27):

$$10 \text{ A} \geq 7,2 \text{ A};$$

$$4 \text{ кА} \geq 2,3 \text{ кА.}$$

Характеристики аппарата:

– $I_{\text{ном}}$ 10 А,

– допустимый отключаемый ТКЗ 4 кА,

– $i_{\text{уд}}$ ТКЗ 2,3 кА.

«Выбранный автоматический выключатель необходимо проверить по параметрам термической стойкости к току КЗ с применением соотношения» [15] (28):

$$B_{\text{ТСН}} \geq B_{\text{ТСР}} \quad (28)$$

где « $B_{\text{тсн}}$ – номинальное значение термической стойкости АВ, Ас²;

$B_{\text{тср}}$ – расчетное значение термической стойкости АВ, Ас²» [15].

«Расчетное значение параметра термической стойкости АВ определяется выражением» [15] (29):

$$B_{\text{тср}} = I_{\text{п0}}^2 \cdot t_3 \quad (29)$$

Применяем выражение (29):

$$B_{\text{тср}} = 1,48^2 \cdot 0,5 = 1,1$$

По результатам выбора: аппарат защиты соответствует по параметру термической стойкости.

Выбор остальных аппаратов выполняется аналогично. Результаты выбора аппаратов приведены в таблице 8.

«Для защиты персонала кафе от поражения током в результате прикосновения к металлическим частям электрооборудования, в электрической сети должно быть предусмотрено устройство защитного отключения (УЗО)» [15].

«По условию зависимости от напряжения УЗО делятся на два типа:

- 1) УЗО, функционально не зависящие от напряжения питания (электромеханические);
- 2) УЗО, функционально зависящие от напряжения питания (электронные)» [15].

«Их механизм для выполнения операции отключения нуждается в энергии, получаемой либо от контролируемой сети, либо от внешнего источника» [12].

«Электронные УЗО отличает невысокая цена, но они менее надежны в эксплуатации» [12].

«Электронные схемы подобных устройств сильно подвержены воздействию внешних факторов — электромагнитных полей, импульсов тока и др.» [12].

«Кроме того, при обрыве нулевого проводника они не срабатывают, и опасность поражения человека током остается» [12].

«Напротив, электромеханические УЗО в рассмотренном аварийном режиме сохраняют работоспособность и при возникновении тока утечки размыкают электрическую цепь, обеспечивая надежную защиту человека от поражения электрическим током по СП 31-110-2003» [20].

«Для выбора УЗО нужно определить значение дифференциального отключающего тока, которое определяется выражением» [15] (30):

$$I_{\Delta} = 0,4 \cdot I_p + 0,01 \cdot l \quad (30)$$

Тогда

$$I_{\Delta_p} = 0,4 \cdot 7,2 + 0,01 \cdot 0,03 = 2,88 \text{ А.}$$

«При выборе УЗО должно соблюдаться следующее условие, согласно соотношению» [15] (31):

$$I_{\Delta_n} > 3 \cdot \Delta I_p \quad (31)$$

«Т.е., значение дифференциального тока устройства УЗО должно быть не менее чем в три раза больше, чем расчетное значение дифференциального тока по СП 31-110-2003» [20].

Тогда

$$45 \text{ A} > 8,64 \text{ A.}$$

По результатам расчета выбирается УЗО типа ЭРА ProNO-902.

Выбранное УЗО ЭРА ProNO-902 показано на рисунке 11.



Рисунок 11 – УЗО

Далее выбор аппаратов аналогичен, результаты которого представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты выбора коммутационных аппаратов электрической сети кафе

| Щит | Электроприемник | $I_{\text{ном.КА}}$, А | $I_{\text{откл.КА}}$, кА | $B_{\text{тсн}}$, Ас ² | $I_{\Delta n}$, А | Тип УЗО | Тип АВ |
|------|----------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------|-----------------|
| ЩС-1 | посудомоечная машина | 20 | 4 | 2,5 | 45 | ЭРА ProNO-902 | IEK BA47- 29 1P |
| | кухонный процессор | 10 | | | | | |
| | холодильная камера | 10 | | | | | |
| | приточная вентиляция | 10 | | | | | |

Продолжение таблицы 8

| Щит | Электроприемник | $I_{\text{ном.КА}},$ А | $I_{\text{откл.КА}},$ кА | $B_{\text{тсн}},$ Ac^2 | $I\Delta_n,$ А | Тип УЗО | Тип АВ |
|------|--|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|---------|--------|
| ЩС-2 | гриль | 10 | | | | | |
| | вытяжная вентиляция | 16 | | | | | |
| | мармит для первых блюд | 31,5 | | | | | |
| | мармит для вторых блюд | 20 | | | | | |
| | плита | 50 | | | | | |
| | сковорода | 25 | | | | | |
| ЩС-3 | пароконвектомат | 25 | | | | | |
| | котел | 25 | | | | | |
| | электрокипятильник | 16 | | | | | |
| | фритюрница | 25 | | | | | |
| ЩО-1 | электрощитовая, производственный цех | 10 | | | | | |
| ЩО-2 | администрация, бытовое помещение | 10 | | | | | |
| ЩО-3 | горячий цех | 10 | | | | | |
| ЩО-4 | зал, вестибюль | 10 | | | | | |

Также осуществлен выбор вспомогательного оборудования электрической сети кафе «Росинка»: корпуса силовых и осветительных щитов.

Данные для выбранного оборудования кафе «Росинка» приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Выбранные щиты для электрической сети кафе «Росинка»

| Щит | Марка щита |
|------|-----------------|
| ЩС-1 | ЕКФ mb22-1 |
| ЩС-2 | |
| ЩС-3 | |
| ЩО-1 | ПЕК УКМ40-03-54 |
| ЩО-2 | |
| ЩО-3 | |
| ЩО-4 | |

Внешний вид щитов представлены на рисунках 12 и 13 соответственно.



Рисунок 12 – Щит ЕКФmb22-1



Рисунок 13 – Щит УКМ40-03-54

Способ прокладки кабеля: гофрированная труба – ЭРА GOFR-50-20 (рисунок 14).



Рисунок 14 – Гофрированная труба

«Гофра – это специальная труба особой формы, которая отличается повышенной гибкостью и может быть изготовлена из полимерного ПВХ-пластиката, полипропилена, полиэтилена, полиамидов или же металла. Для

изготовления изделий применяются металлические сплавы либо полимерные составы» [12].

«Основная функция гофры состоит в обеспечении защиты электропроводки в любом другом месте монтажа кабельно-проводных изделий от механических воздействий, влияния атмосферных осадков, влаги, УФ-излучения и прочих негативных факторов. Обладая способностью самозатухания, гофра принимает на себя первый "удар", если возникает воспламенение электролинии» [12].

Выводы по разделу

По результатам расчета выбраны коммутационные аппараты: автоматические выключатели и устройства защитного отключения.

Аппараты могут выдержать расчетный ток нагрузки силовых электроприемников подключенных к электрической сети кафе «Росинка».

9 Расчет заземления

«Заземление является важным актом электробезопасности, эксплуатация электроустановок с неисправной системой заземления не допускается» [12].

«В связи с этим, к расчету заземления электроустановок нужно подходить максимально ответственно» [12].

«При типе заземления системы TN-S заземлена одна из токоведущих частей источника питания, обычно, нейтраль трансформатора» [12].

«Открытые проводящие части электроустановки здания имеют электрическую связь с заземлённой токоведущей частью источника питания. Для обеспечения этой связи во всей системе распределения электроэнергии – и в низковольтной распределительной электрической сети, и в электроустановке здания – используют защитные проводники» [12].

«При применении типа заземления системы TN-S в электроустановках зданий можно обеспечить более высокий уровень электробезопасности, чем при использовании системы TN-C» [12].

«Прежде всего, больший уровень электробезопасности достигается вследствие использования отдельного защитного проводника, по которому в нормальном режиме электроустановки здания протекает электрический ток, величина которого приблизительно равна суммарному току утечки электрооборудования класса I, работающего в данный момент. Ток утечки на несколько порядков меньше тока нагрузки, который обычно протекает по PEN-проводнику. Поэтому вероятность потери непрерывности электрической цепи у защитного проводника существенно меньше, чем у PEN-проводника» [12].

«Для таких объектов как кафе обычно применяется система заземления типа TN-S» [12] (рисунок 15).

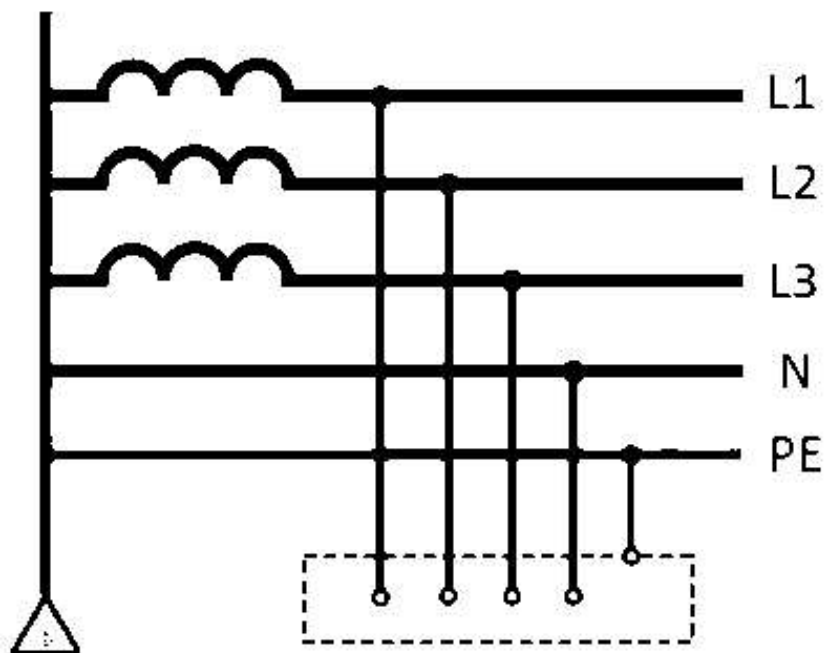


Рисунок 15 – Система заземления TN-S

«В этой системе заземления используется отдельный проводник для подключения корпусов электрооборудования к контуру заземления, часто именуемый как защитный нулевой проводник» [12].

Для примера выполняется расчет контура заземления в помещении производственного цеха.

«Расчет заземления начинается с определения сопротивления растеканию тока» [12].

Применяя (32):

$$R_p = 0,9 \cdot \frac{\rho}{l_3} \quad (32)$$

где « ρ – сопротивление грунта, Ом/м;

l_3 – длина полосы заземлителя, м» [12].

Применяем выражение (32):

$$R_p = 0,9 \cdot \frac{55}{2} = 24,75 \text{ Ом.}$$

«Далее нужно определить число заземлителей с применением выражения» [12] (33):

$$n = \frac{R_p}{r} \quad (33)$$

где « r – нормируемое сопротивление одного заземлителя, Ом» [12].

Применяем выражение (33):

$$n = \frac{24,75}{4} = 6,2.$$

Применяем $n=6$.

«Теперь определяется длина соединительной полосы заземлителей с применением выражения» [12] (34):

$$l_n = n \cdot a \quad (34)$$

где « a – расстояние между заземлителями, м» [12].

Применяем выражение (34):

$$l_n = 6 \cdot 2 = 12 \text{ м.}$$

«Теперь определяется сопротивление растеканию тока соединительной полосы с применением выражения» [12] (35):

$$R_n = 2,1 \cdot \frac{\rho}{l_n} \quad (35)$$

Применяем выражение (35):

$$R_n = 2,1 \cdot \frac{55}{12} = 9,6 \text{ Ом.}$$

«Теперь нужно определить результирующее значение сопротивления растеканию тока всего контура заземления с применением выражения» [12] (36):

$$R_{\Sigma} = \frac{R_p \cdot R_n}{\eta_p \cdot R_p + \eta_n \cdot R_n} \quad (36)$$

где « η_p – коэффициент экранирования заземлителей;

η_n – коэффициент экранирования соединительной полосы» [12].

Применяем выражение (36):

$$R_{\Sigma} = \frac{24,75 \cdot 9,6}{0,45 \cdot 24,75 + 0,34 \cdot 9,6} = 16,5 \text{ Ом.}$$

Расчет контуров заземления в других помещениях ведется аналогично, результаты сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Результаты расчета контуров заземления кафе «Росинка»

| Помещение | R_p , Ом | $R_{п}$, Ом | R_{Σ} , Ом | n | $l_{п}$, м |
|---|------------|--------------|-------------------|-----|-------------|
| производственный цех | 24,75 | 9,6 | 16,5 | 6 | 12 |
| администрация | 19,8 | 7,7 | 13,2 | 5 | 10 |
| бытовое помещение | 16,5 | 6,4 | 11,0 | 4 | 8 |
| горячий цех | 33,0 | 11,55 | 20,3 | 8 | 16 |
| зал | 24,75 | 9,6 | 16,5 | 6 | 12 |
| вестибюль | 16,5 | 6,4 | 11,0 | 4 | 8 |
| мужской туалет для посетителей | 12,4 | 5,8 | 9,5 | 3 | 6 |
| женский туалет для посетителей | 12,4 | 5,8 | 9,5 | 3 | 6 |
| туалет для персонала | 12,4 | 5,8 | 9,5 | 3 | 6 |
| коридор | 19,8 | 7,7 | 13,2 | 5 | 10 |

Выводы по разделу

Таким образом, для организации контуров заземления в электрической сети кафе необходимо 47 вертикальных заземлителей, совокупная длина соединительной полосы составляет 94 м.

Заключение

В выпускной квалификационной работе достигнута цель и решены задачи проектирования системы электроснабжения кафе «Росинка».

На первом этапе проектирования системы электроснабжения кафе «Росинка» с использованием нормативной документации определены электрические нагрузки кафе, по результатам расчета нагрузка составляет 137,6 кВт.

Далее выполнен светотехнический расчет помещений кафе «Росинка», основанный на методе коэффициента использования светового потока, в результате, для достижения нормируемой освещенности в помещениях кафе необходимо 68 светодиодных светильников. Результаты светотехнического расчета помещений кафе «Росинка» были проверены на адекватность с применением программного обеспечения. В проекте электроснабжения кафе приняты светодиодные светильники типа OFLED-SL 66 и Favourite Pendent 1964-1P.

Третья решенная задача – выбор электрической схемы кафе «Росинка», в результате которого принята радиальная схема электрической сети, как одна из наиболее надежных.

На следующем этапе определены токи короткого замыкания в системе электроснабжения кафе «Росинка», используя значения которых выбраны электрические аппараты для электрической сети кафе.

На предпоследнем этапе рассчитан контур заземления электрической сети кафе: определено необходимое число вертикальных заземлителей и длины соединительных полос.

Таким образом, спроектированная система электроснабжения кафе «Росинка» отвечает современным нормам проектирования, требованиям электробезопасности и энергоэффективности.

Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Белорусов Н.И. Электрические кабели, провода и шнуры. Москва: Энергоатомиздат, 1988. 536 с.
- 2 Вахнина, В. В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий: учеб. пособие для вузов / В. В. Вахнина. –Тольятти: ТГУ, 2011. - 68 с.
- 3 ГОСТ 28249-93 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ. М: Стандартиформ, 2006. 47 с.
- 4 ГОСТ 32144-2013 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартиформ, 2014. – 19 с.
- 5 ГОСТ Р 50030.2-99 Автоматические выключатели. М.: Стандартиформ, 2010. – 108 с.
- 6 Дрозд, В.В. Справочник по электрическим сетям 0,4-35 кВ и 110- 1150 кВ в 16-ти т. / В.В. Дрозд. – М.: Изд-во Альвис, 2012. – Т.13.
- 7 Кабышев А.В. Компенсация реактивной мощности в электроустановках промышленных предприятий. Томск: ТПУ, 2012. 234 с.
- 8 Козловская В.Б. Электрическое освещение. Минск: Техноперспектива, 2008. – 277 с.
- 9 Костин В.Н. Электропитающие системы и электрические сети. СПб: Издательство СЗГЗТУ, 2007. – 255 с.
- 10 Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для вузов / Б.И. Кудрин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2007. – 670.
- 11 Лыкин, А.В. Электрические системы и сети / А.В. Лыкин. – М.: Логос, 2008. – 253.
- 12 Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Норматика, 2016. – 464 с. 55

13 РД 153.34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. М: ОАО РАО ЕЭС России, 1998. 131 с.

14 РД 153-34.0-03.301-00. Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий (3-е издание с изменениями и дополнениями) – М. : Издательство НЦ ЭНАС, 2004. – 77 с.

15 Родштейн Л.А. Электрические аппараты: учебное пособие. Москва: Энергоиздат, 1981. 304 с.

16 РТМ 36.18.32.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок. М: Тяжпромэлектропроект, 1992. – 17 с.

17 РТМ 36.18.32.6-92 Указания по проектированию установок компенсации реактивной мощности в электрических сетях общего назначения промышленных предприятий. М.: Тяжпромэлектропроект, 1992. – 32 с.

18 РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования / Под ред. Б.Н. Неклепаева. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.- 152 с.

19 СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. М.: Стандартинформ, 2004. – 59 с.

20 СП 31-110-2003 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. М.: Стандартинформ, 2015. – 78 с.