

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

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение
(направленность (профиль))

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Электроснабжение фермерского хозяйства»

Студент(ка)

В.А. Своекошинов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.И. Платов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина _____

« ____ » _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Аннотация

Целью бакалаврской работы является разработка системы электроснабжения фермерского хозяйства, основным потребителем которой является хлебопекарня.

В работе выполнены необходимые расчеты по определению электрических нагрузок; расчет потерь мощности и электроэнергии; компенсация реактивной мощности; поддержание требуемого качества напряжения; выбор числа и мощности трансформаторов; выбор защитных аппаратов и сечений проводников.

Выполнен расчет токов короткого замыкания с проверкой автоматических выключателей на способность противостоять воздействию ударных токов КЗ, расчет питающих линий, выбор коммутационной литературы.

Проект выполнен в соответствии с требованиями методических и руководящих материалов по проектированию электроснабжения промышленных предприятий, требований правил ПУЭ, ПТБ и ПТЭ в электроустановках, другой справочной, нормативной и методической литературой.

В графической части работы на шести форматах А1 представлены планы электроосвещения, принципиальные электрические схемы электроснабжения, планы магистральных электрических цепей.

Пояснительная записка содержит 52 страницы, 6 рисунков, 7 таблиц.

Содержание

Введение.....	5
1 Характеристика объекта проектирования	8
1.1 Общие сведения об объекте проектирования.....	8
1.2 Выбор способа выполнения силовой сети.....	12
2 Расчет электрических нагрузок.....	15
3 Расчет освещения	25
3.1 Выбор источника света.....	25
3.2 Выбор расположения и установки светильников	25
4 Выбор мощности силового трансформатора.....	32
5 Расчет токов короткого замыкания	399
6 Выбор аппаратов защиты и силовых сетей	46
6.1 Выбор автоматических выключателей и распределительных щитов.....	46
6.2 Расчет питающих линий	47
6.3 Расчет заземления.....	48
Заключение	49
Список используемых источников.....	50

Введение

Самой важной задачей для электроэнергетической отрасли Российской Федерации большинство экспертов считают выбор правильных стратегических решения по модернизации системы, структурные элементы управления. Наличие имеющейся ресурсной базы позволяет не только обеспечить энергетическую безопасность государства, но и способствовать непрерывному развитию электроэнергетики. Основным вектором развития в этом случае является внедрение в отрасль новых, современных, соответствующих лучшим зарубежным электроэнергетических технологий. [1]

Основными задачами российского сектора электроэнергетики на ближайшие годы являются:

- применение новейших, в том числе зарубежных технологий, на всех стадиях производства и потребления электроэнергии;
- разработка новейших технологий, превосходящих по ключевым параметрам передовые зарубежные технологии;
- совершенствовать и создавать новые методики создания электроэнергетических технологий;
- модернизация отдельных компонентов и оборудования электростанций и электрических сетей;
- оптимизация структуры производственных мощностей, в том числе увеличение доли газовых турбин;
- модернизация ЕЭС России с целью снижения издержек, что положительно скажется на итоговых тарифах за оказанные услуги.

Широкое применение электрической энергии обусловлено простотой её получения, преобразования и передачи потребителям на практически любые расстояния в любые точки на земле.

Для снижения затрат при передаче энергии используют высоковольтные линии электропередач, связывающие между собой трансформаторные подстанции: повышающие напряжения – со стороны генераторов,

производящих энергию и понижающих – со стороны приемников энергии. [2]

Генерирующие электростанции, высоковольтные линии электропередач, трансформаторные подстанции, приемники электрической энергии образуют систему, называемую энергетической (ЭЭС). [3]

Требования, предъявляемые к ЭЭС следующие:

- низкие издержки и высокая эксплуатационная надежность;
- электробезопасность;
- высокое качество электрической энергии;
- уровни напряжения, соответствующие нормам и т.д.

Для объединения региональных электроэнергетических систем в единую энергетическую систему России, а также для передачи значительных объемов электроэнергии за границу применяются ЛЭП сверхвысокого напряжения – от 330 до 1150 кВ. Их функционирование и конструкция имеют некоторые особенности.

Как правило, пропускная способность таких линий весьма велика и сечение используемых проводов находится в пределах от 1 до 4 тысяч квадратных миллиметров. Транспортировка и монтаж настолько толстых проводов связаны с большими технологическими трудностями. Но это лишь одна сторона проблемы. Другая состоит в том, что при высоких напряжениях и токах на ЛЭП возникает коронный разряд, что влечет за собой дополнительные потери, а в сырую погоду может привести к электрическому пробое.

Для защиты от описанных нежелательных эффектов применяют расщепление фазы, то есть вместо одного толстого провода используют несколько более тонких, равномерно удаленных друг от друга с помощью распорок. Количество проводов зависит от напряжения и может быть от 2-х до восьми.

Расщепление фазы целесообразно и с точки зрения поверхностного эффекта, так как группа тонких проводов обладает большей поверхностью., чем один толстый и, следовательно, меньшими потерями. [4]

Возможная принятая схема распределения электрической энергии среди конечных потребителей электрической энергии влияет на число используемых секций, но в большинстве случаев их число не превышает двух, при этом они работают отдельно друг от друга, в том числе питаются от отдельных линий. При отсутствии аварийного режима работы, коммутационный аппарат (выключатель, разъединитель) находится в положении отключен.

Использование автоматического воздушного выключателя позволяет использовать данную схему для снабжения электрической энергией потребителей любой категории. [5,6]

Для снижения реактивной мощности промышленных предприятий в подстанциях применяют компенсирующие устройства.

Из цеховых трансформаторных подстанций наиболее предпочтительны комплексные трансформаторным подстанциям (КТП), полностью изготовленные на заводах. [7]

Целью бакалаврской работы является разработка системы электроснабжения хлебопекарни фермерского хозяйства.

Проект выполнен в соответствии с требованиями методических и руководящих материалов по проектированию электроснабжения промышленных предприятий, требований правил ПУЭ, ПТБ и ПТЭ в электроустановках, другой справочной, нормативной и методической литературой.

1 Характеристика объекта проектирования

1.1 Общие сведения об объекте проектирования

Фермерское хозяйство занимается выращиванием зерновых культур и производством хлебо-булочных изделий, причем производство муки из зерна осуществляется на соседнем агропромышленном производстве.

Мощность производства - до пяти тонн хлеба и батонообразных изделий в сутки.

Пекарня размещена в помещении, ранее используемое под сельскохозяйственные нужды.

Реконструкция помещения предусматривает выделение в отдельные помещения (см. рис. 1.1):

- склада готовой продукции;
- помещения экспедитора;
- погрузочной камеры;
- отделения для мойки и ремонта дежей;
- помещения инженера-технолога производственных процессов;
- лаборатории;
- гардеробных и душевых ;
- комнаты отдыха (приема пищи).

Расположение помещений показано на рисунке 1.1.

Высота помещений от пола:

- склад хлебопекарных материалов – 7,2 м;
- производственные помещения (весовое, просеивательное, тесто-приготовительное, таторазделочное, пекарное) - 3,45 м
- лаборатория, бытовые и административные помещения: 3,15м.

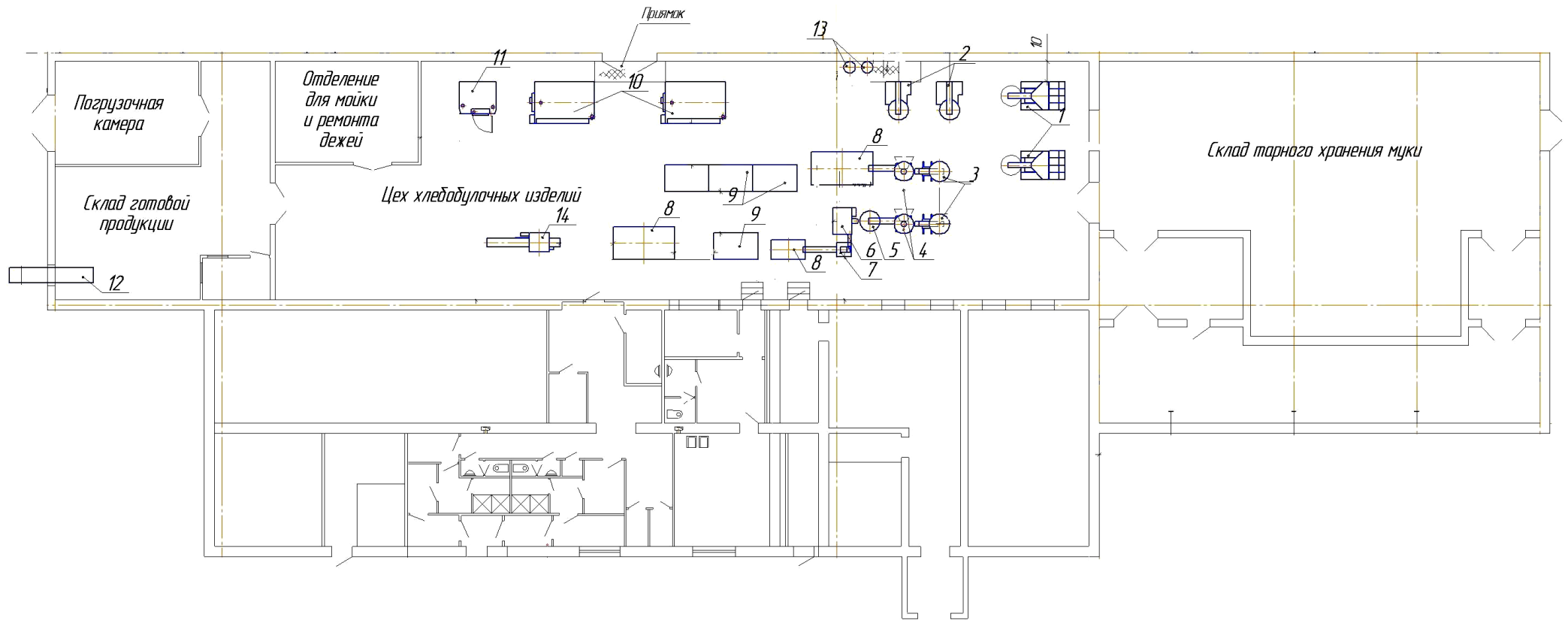


Рисунок 1.1- План помещений хлебопекарни с указанием основного оборудования

Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности:

- склад тарного хранения муки: категория помещения - В, класс пожаро-взрывоопасности по ПУЭ - П-И;
- весовое, просеивательное, тосторазделочное, тестоприготовительное, пекарное: категория помещения - В, класс пожаро-взрывоопасности по ПУЭ - П-И;
- лаборатория: категория помещения - В, класс пожаро-взрывоопасности по ПУЭ - П-Иа;
- помещения для хранения хлебобулочных изделий, мойки деревянных лотков: категория помещения - В, класс пожаро-взрывоопасности по ПУЭ - П-И;

При отделке помещений использованы следующие материалы:

- пол: бетонный,
- стены: штукатурка по кирпичным стенам и перегородкам, отделка панелями МДФ на высоту 1,8м
- потолок: бетонные плиты перекрытия с затиркой швов, подвесные из огнестойких гипсоволокнистых плит, с окраской силикатной краской, по металлокаркасу; под световым фонарем - подвесные светопрозрачные

Здание одноэтажное, площадь 966,98 м².

Так как планируемая в офисном здании деятельность не может повлечь за собой при отключении электроэнергии опасность для жизни человека или расстройство сложного технологического процесса и т.п. (что относится к 1 категории надежности электроснабжения), не скажется на нормальной жизнедеятельности большого количества граждан и т.п. (что относится ко 2 категории надежности электроснабжения), выбираем для проектируемого здания 3 категорию надежности электроснабжения (срок прекращения подачи электричества - не более 24 часов подряд и не более 72 часов за год суммарно). [8]. Перечень технологического оборудования сведен в таблицу 1.1. По роду тока в проектируемом здании применяются электроприемники, работающие от сети переменного тока нормальной промышленной частоты (50 Гц).

Таблица 1.1- Потребители электроэнергии

№ позиции на рис. 1.1	Наименование оборудования	Количество	Установленная мощность Руст, кВт	Cos φ	Категория надежности электро-снабжения
1	2	3	4	5	6
1	Мукопросеиватель ПМ-900М	2	1,8	0,75	III
2	Тестосмесительная машина «Прима-300»	2	17,6	0,75	III
3	Опрокидыватель дежи «Восход ДО-4»	2	1,9	0,7	III
4	Тестоделитель «Восток ТД-2»	2	1,44	0,8	III
5	Округлитель «Восход ТО-2»	1	2,3	0,75	III
6	Шкаф предварительной расстройки «Бриз плюс»	1	1,25	0,85	III
7	Установка тестозакаточная «Восток ТЗ-3М»	1	1,5	0,75	III
8	Стол	2	-	-	-
9	Шкаф окончательной расстройки «Бриз ТМ»	2	6,8	0,85	III

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6
10	Печь хлебопекарная «Циклон-ротор- 216»	2	1,4	0,8	Ш
11	Печь хлебопе- карная «Муссон- ротор-77»	1	2,5	0,8	Ш
12	Конвейер ленточный	1	1,5	0,8	Ш
13	Водонагреватель настенный емкостной	2	1,8	0,8	Ш
14	Машина упаковочная горизонтальная	1	2,1	0,65	Ш

Внутреннее электроснабжение здания будет выполнено на трехфазное напряжение 0,4 кВ.

1.2 Выбор способа выполнения силовой сети

Внутренние сети выполним по радиальной схеме (см. рисунок 1.1).

Выбор радиальной схемы обусловлен наличием отдельных узлов достаточно больших по величине сосредоточенных нагрузок, по отношению к которым подстанция занимает более или менее центральное местоположение. В нашем случае узлов восемь: вводное распределительное устройство, главный распределительный щит, щит освещения (3 шт), щит силовой (2 шт).

Данные питающей сети	
Централь распределительный пункт	Тип И,я
	Распределитель,я
	Тип, Напряжение, Расчетный ток, я
	Устойчивость, кВт
Аппарат отходящей линии	Тип И,я
	Распределитель или плиточная установка, я
Номер и сечение проводников	Нормировано или вдоль участка сети
	Тип И,я
Номер и сечение проводников	Нормировано или вдоль участка сети
	УГО Электроприемного
Номер по плану	
Тип	
Ср. кВт	
И, я	
Электроприемный	
№ объекта	

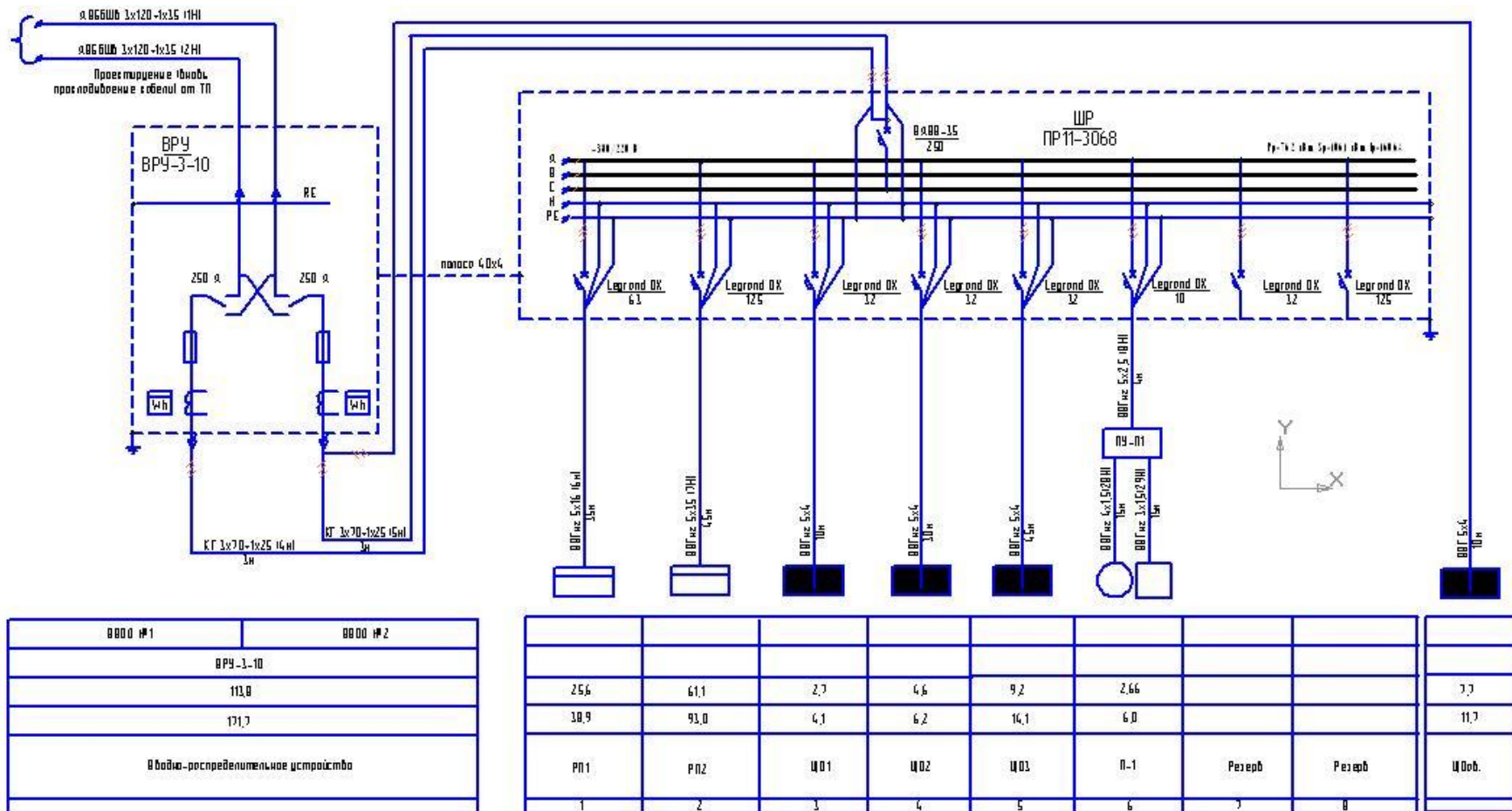


Рисунок 1.2- Радиальная схема питания хлебопекарни

К достоинствам выбранной радиальной схемы электроснабжения отнесли высокую надежность (авария на одной линии не влияет на работу приемников, получающих питание по другой линии) и удобство автоматизации. К недостаткам- малую экономичность из-за значительного расхода проводникового материала.

2 Расчет электрических нагрузок

Общие положения определения расчетной нагрузки на различных ступенях системы электроснабжения рекомендуется проводить по методу упорядоченных диаграмм. Расчетная активная нагрузка группы силовых трехфазных электроприемников на всех степенях питающих и распределительных сетей находится по средней нагрузке и коэффициенту максимума.

При приведенном числе электроприемников и числе фактических электроприемников, также рекомендуется использовать упрощенные методы расчета. Информация о коэффициентах использования K и коэффициентах мощности $\cos\phi$ для отдельных электроприемников приводится в справочниках. Из-за большого многообразия наименований электроприемников, не для всех можно найти справочные данные. В этом случае они принимаются равными соответствующим данным для электроприемников, схожих по режиму работы. Выбор освещения помещений, выбор мощности светильников производится в соответствии с нормами проектирования искусственного освещения. Метод коэффициента использования является базовым методом ручного расчета освещения и широко применяется в проектной практике, позволяя быстро оценить предлагаемое решение.

Основными допущениями метода являются: однородность (т.е. равномерное распределение) светимости отражающих поверхностей (как вторичных излучателей), окружающих освещаемое помещение; диффузность (т.е. ламбертовский характер) светимости этих поверхностей; усреднение коэффициентов отражения по отражающим поверхностям.

В ходе расчета ожидаемых нагрузок найдём суммарную мощность и ток по всему зданию, на основании этого выберем комплектную трансформаторную подстанцию. Для нахождения суммарной мощности используем формулу (2.1)

$$P_{H\Sigma} = P_H \cdot n, \quad (2.1)$$

где: $P_{H\Sigma}$ - мощность потребляемая группой одинаковых

электроприёмников;

P_H - паспортная мощность одного электроприёмника;

n - количество электроприёмников.

Отношение максимальной паспортной мощности электроприёмника к минимальной паспортной мощности электроприёмника m , определяется по формуле (2.2)

$$m = \frac{P_{Hmax}}{P_{Hmin}}, \quad (2.2)$$

Групповой коэффициент использования электроприёмника k_u определяется по формуле (2.3)

$$k_u = \frac{\sum P_c}{\sum P_H} \quad (2.3)$$

где $\sum P_c$ - сумма среднесменных мощностей,

$\sum P_H$ - сумма паспортных мощностей.

Среднесменная мощность электроприёмника P_c , Вт, определяется по формуле (2.4)

$$P_c = k_u \cdot \sum P_H, \quad (2.4)$$

Реактивная среднесменная мощность электроприёмника Q_c , вар, определяется по формуле (2.5)

$$Q_c = tg\varphi \cdot P_c, \quad (2.5)$$

где $tg\varphi$ - отношение реактивной мощности к активной мощности электроприёмника.

Средний тангенс угла между током и напряжением электроприёмников $tg\varphi_{cp}$ определяется по формуле (2.6)

$$tg\varphi_{cp} = \frac{\sum Q_c}{\sum P_c}, \quad (2.6)$$

где $\sum Q_c$ - суммарная реактивная мощность электроприёмников,

$\sum P_c$ - суммарная активная мощность электроприёмников.

Эффективное число электроприёмников n_{ε} , определяется по формуле (2.7)

$$n_{\varepsilon} = \frac{2 \cdot \sum P_H}{P_{H.наиб}}, \quad (2.7)$$

Расчетная мощность электроприёмников P_p , Вт, определяется по формуле (2.8)

$$P_p = \sum P_c \cdot \kappa_M, \quad (2.8)$$

где κ_M - коэффициент максимума, выбирается из таблицы, исходя из данных n_{ε} и m .

Реактивная расчётная мощность Q_p , вар, для случая когда число эффективных электроприёмников меньше 10 определяется по формуле (2.9)

$$Q_p = 1,1 \cdot \sum P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cp} \quad (2.9)$$

Реактивная расчётная мощность Q_p , вар, для случая когда число эффективных электроприёмников больше 10 определяется по формуле (2.9)

$$Q_p = \sum P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cp} \quad (2.9)$$

Полная расчетная мощность всех электроприёмников S_p , ВА, определяется по формуле (2.10)

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \quad (2.10)$$

где U_H - номинальное напряжение равное 0,4 кВ;

I_p - расчетный ток (2.11)

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (2.11)$$

Если устройства однофазные, то необходимо разместить все устройства распределенно по фазам, чтобы создать равномерную нагрузку по фазам, используя формулы (2.12, 2.13, 2.14):

$$P_A = \frac{P_{AB} + P_{AC}}{2} \quad (2.12)$$

$$P_B = \frac{P_{BC} + P_{AB}}{2} \quad (2.13)$$

$$P_C = \frac{P_{BC} + P_{AC}}{2} \quad (2.14)$$

где А,В,С – названия фаз.

После необходимо рассчитать коэффициент неравномерности (2.15)

$$H = \frac{P_{\phi_наиб} - P_{\phi_наим}}{P_{\phi_наим}} \cdot 100, \quad (2.15)$$

Если коэффициент неравномерности больше 0,15, то используют формулу (2.16), если коэффициент неравномерности меньше 0,15, то используют формулу (2.17)

$$P_{усл} = 3 \cdot P_{\phi_наиб}, \quad (2.16)$$

$$P_{усл} = P_A + P_B + P_C. \quad (2.17)$$

Подключение вводного распределительного устройства пекарни выполнено двумя новыми кабелями марки АВБбШв 3х120+1х35 от ТП. В качестве распределительного устройства принят шкаф ШР, который запитан от ВРУ двумя кабелями марки КГ 3х70+1х25. Питание технологического и вспомогательного электрооборудования пекарни выполняется от групповых шкафов РП1 и РП2, которые подключены от ШР кабелями ВВГнг 4х16+1х6 и ВВГнг 4х35+1х16 соответственно. Линии штепсельных розеток, водонагреватели и электрополотенце, для защиты от дифференциального тока, подключены через УЗО (Legrand DX Lexic с уставкой 30mA), для водонагревателя расположенного перед душевой применено УЗО с уставкой 10mA. Тестокруглитель "Восход ТО-2", тестозакоточную установку "Восход-ТЗ-3М" и шкаф предварительной расстойки "Бриз плюс" объединены в тесторазделочную линию, для чего тестокруглитель и тестозакоточная установка подключена от шкафа предварительной расстойки, через имеющиеся для этой цели разъемы.

Результаты расчета для РП-1, РП-2 и ШР для приведены в таблицах 2.1, 2.2, 2.3. Также в таблицу 2.3 вносятся результаты расчета освещения, выполненные в разделе 3.

Таблица 2.1- Расчет электрических нагрузок РП-1

№ п/п	Наименование групп электро- приемников (ЭП)	Кол- во ЭП, N	Установленная мощность P_n , кВт приведен- ная к ПВ=100%		K_u	m	$\frac{\cos\varphi}{\text{tg}\varphi}$	Средняя нагрузка		n_3	K_p	K_a	Расчетная нагрузка			I_p , А
			Одно- го ЭП	Всех ЭП				P_c , кВт	Q_c , квар				P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Трехфазные электроприемники															
1	Мукопросеиватель ПМ-900М	1	1,8	1,8	0,5	3	0,75/ 0,88	0,9	0,79	5	1,1	1,5				
2	Опрокидыватель дежи «Восход ДО- 4»	1	1,9	1,9	0,2	3	0,7/ 1,02	0,38	0,38	5	1,1	1,5				
3	Тестоделитель «Восток ТД-2»	1	1,44	1,44	0,6	3	0,8/ 0,75	0,86	0,64	5	1,1	1,5				
4	Округлитель «Восход ТО-2»	1	2,3	2,3	0,6	3	0,75/ 0,88	1,38	1,21	5	1,1	1,5				

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5	Шкаф предварительной расстройки «Бриз плюс»	1	1,25	1,25	0,65	3	0,85/ 0,62	0,81	0,5	5	1,1	1,5				
6	Установка тестозакаточная «Восток ТЗ-ЗМ»	1	1,5	1,5	0,6	3	0,75/ 0,88	0,9	0,79	5	1,1	1,5				
7	Шкаф окончательной расстройки «Бриз ТМ»	1	6,8	6,8	0,65	3	0,85/ 0,88	4,42	3,88	5	1,1	1,5				
8	Конвейер ленточный	1	1,5	1,5	0,5	3	0,8/ 0,75	0,75	0,56	5	1,1	1,5				
	Итого 3-х фазные электроприемники			18,49	0,56			10,4	8,75				11,4	13,12	17,3	26,4
	Однофазные электроприемники															
9	Машина упаковочная	1	2,1	2,1	0,65	1	0,65/ 0,88	1,36	1,19	10	1	1,5				

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10	Розетка	1	1,0	1,0	0,3	1	0,8/ 0,75	0,3	0,22	10	1	1,5				
11	Сушилка для рук	1	2,2	2,2	0,2	1	0,7/ 1,02	0,44	0,44	10	1	1,5				
12	Розетка	1	2,0	2,0	0,3	1	0,8 /0,75	0,6	0,45	10	1	1,5				
13	Насос циркуляционный для системы отопления	2	0,9	1,8	0,95	1	0,7 /1,02	0,85	0,86	10	1	1,5				
14	Вентиляция	4	0,076	0,3	0,65	1	0,85 /0,88	0,19	0,17							
15	Водонагреватель накопительный	1	3,0	3,0	0,7	1	0,8 /0,75	2,1	1,57							
	Итого одно фазные электроприемники			12,4	0,47			5,84	4,9				5,84	6,61	8,82	40,0
	Итого на РП1			27,98									17,24	19,73	26,12	39,7

Таблица 2.2- Расчет электрических нагрузок РП-2

№ п/п	Наименование групп электро- приемников (ЭП)	Кол- во ЭП, N	Установленная мощность P _н , кВт приведен- ная к ПВ=100%		K _и	m	Cosφ/ tgφ	Средняя нагрузка		n _э	K _р	K _а	Расчетная нагрузка			I _р , А
			Одно- го ЭП	Всех ЭП				P _с , кВт	Q _с , квар				P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Трехфазные электроприемники															
1	Мукопросеиватель ПМ-900М	1	1,8	1,8	0,5	3	0,75/ 0,88	0,9	0,79	8	1,1	1,32				
2	Машина тестосмесительная Прима-300	2	17,6	35,2	0,5	3	0,75/ 0,88	17,6	15,5	8	1,1	1,32				
3	Опрокидыватель дежи «Восход ДО- 4»	1	1,9	1,9	0,2	3	0,7/ 1,02	0,38	0,38	8	1,1	1,32				
4	Тестоделитель «Восток ТД-2»	1	1,44	1,44	0,6	3	0,8/ 0,75	0,86	0,64	8	1,1	1,32				

Продолжение таблицы 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
5	Печь хлебопекарная «Циклон-ротор 216»	2	1,4	2,8	0,65	3	0,8/ 0,75	1,82	1,36	8	1,1	1,32				
6	Печь хлебопекарная «Циклон-ротор 77»	1	2,5	2,5	0,65	3	0,8/ 0,75	1,62	1,21	8	1,1	1,32				
7	Шкаф окончательной расстройки «Бриз ТМ»	3	6,8	20,4	0,65	3	0,85/ 0,88	13,2	11,6	8	1,1	1,32				
	Итого 3-х фазные электроприемники			66,0	0,55	36,38		31,48					40,0	41,55	57,67	87,77
	Однофазные электроприемники															
8	Водонагреватель электрический	2	1,8	3,6	0,7	1	0,8/ 0,75	2,5	1,87	2	1,1	1,16	2,75	2,17	3,5	16,0
	Итого на РП-2			69,6									42,75	43,72	61,17	93,0

Таблица 2.3- Сводная таблица электрических нагрузок ШР

№ п/п	Наименование групп электроприемников	Pp	Qp	Sp	Ip
1	2	3	4	5	6
	Трехфазные электроприемники				
1	РП-1	17,24	19,73	26,12	39,7
2	РП-2	42,75	43,72	61,71	93,0
3	ЩО-1	2,43		2,7	4,1
4	ЩО-2	3,67		4,59	6,2
5	ЩО-3	8,35		9,27	14,10
6	П-1	1,73		2,3	3,5
	Итого	76,17		106,1	160,6
7	ЩОавт	6,9		7,7	11,7
	Итого с ЩОавт	83,0		113,80	171,7

3 Расчет освещения

3.1 Выбор источника света

Выбор источника света определяется комплексом факторов, основные из которых - характер работы (световая отдача, срок службы, спектральные характеристики), условия среды и размеры помещения.

При выборе между различными типами ламп освещения учитываются также требования к качеству освещения.

3.2 Выбор расположения и установки светильников

Рассчитаем электрическое освещение одного из помещений хлебопекарни - № 9 «Лаборатория», площадью $27,7 \text{ м}^2$ (рисунок 3.1). Освещенность данного помещения по нормам не должна превышать 300 лк.

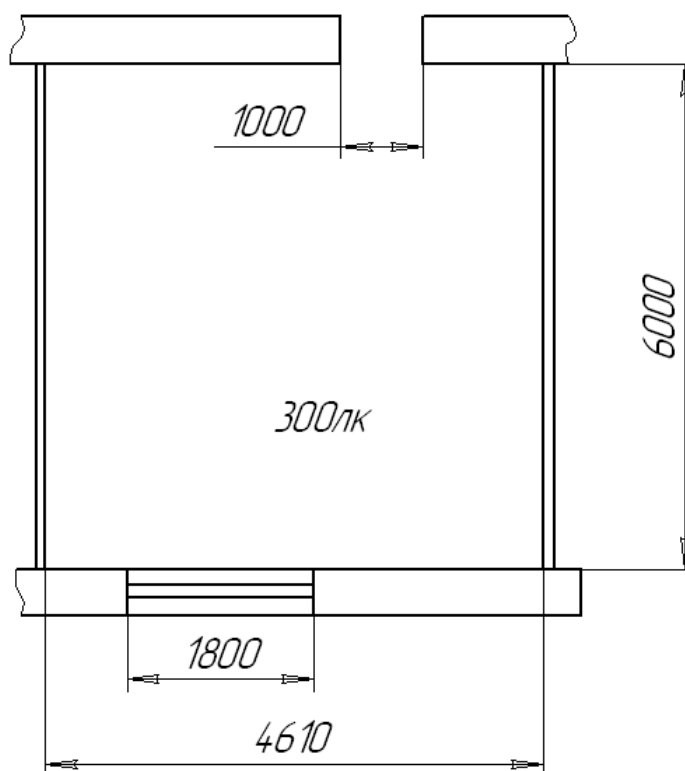


Рисунок 3.1- Лаборатория площадью $27,7 \text{ м}^2$

Вычисляем значение расчетной высоты светильника H_p , м, по формуле (3.1)

$$H_p = H - h_n - h_p, \quad (3.1)$$

где h_c - расстояние светильников от перекрытия (“свес”). Принимаем $h_c = 0$ м (при установке светильника на потолке);

h_p - высота расчетной поверхности над полом. Принимаем равной высоте столешницы офисного стола $h_p = 0,8$ м.

$H = 3,15$ м - высота помещения

$$H_p = 3,15 - 0 - 0,8 = 2,35 \text{ м.}$$

Согласно рекомендациям по выбору расстояния между рядами светильников, для светильника этого типа $L : h = 1,4$.

Отсюда требуемое расстояние между рядами светильников L , м, определяется по формуле (3.2)

$$L = H_p \times 1,4 = 2,35 \times 1,4 = 3,29 \text{ м.} \quad (3.2)$$

Расстояние от стены до крайнего светильника l , м, принимаем в соответствии с рекомендациями для помещений лабораторий в размере $1/3$ от L (3.3)

$$l = \frac{1}{3} \cdot L = \frac{1}{3} \cdot 3,29 = 1,09 \text{ м} \quad (3.3)$$

Примем для освещения помещения 4 ряда светильников с расстоянием между рядами 1 м, а расстояние от крайнего ряда до стен – 1 м.

Определим индекс помещения i по формуле (3.4)

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A + B)} \quad (3.4)$$

где A - длина помещения, $A = 6,000$ м;

B - ширина помещения, $B = 4,610$ м.

$$i = \frac{6,0 \cdot 4,61}{2,35(6,0 + 4,61)} = 1,109$$

Из таблицы 11 приложения [10] находим коэффициент использования светового потока $\eta = 0,45$.

Определим световой поток светильников одного ряда Φ , лм, по формуле (3.5):

$$\Phi = \frac{E * K_{зап} * S * z}{N * \eta} \quad (3.5)$$

где $E=300$ лк - заданная минимальная освещенность;

$K_{зап}=1,5$ - коэффициент запаса;

z - коэффициент минимальной освещенности (приблизительно можно принимать $z = 1,1$ – для люминесцентных ламп);

$S=27,7$ м² - освещаемая площадь;

$N=2$ - число светильников в одном ряду (намечается до расчета),

$\eta=0,45$ - коэффициент использования светового потока источника света, доли единиц.

$$\Phi = \frac{300 * 1,5 * 27,7 * 1,1}{2 * 0,45} = 15235 \text{ лм}$$

Световой поток лампы типа ЛБ – 40 равен $\Phi_{л} = 3200$ лм, световой поток светильника $\Phi_{с} = 6400$ лм.

Определим количество светильников в ряду n , шт, по формуле (3.6)

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_{с}} = \frac{15235}{6400} = 2,38 \text{ шт} \quad (3.6)$$

Сопоставим длину ряда светильников с длиной помещения (3.7)

$$L_p = n * l = 2,38 * 1,325 = 3,15 \text{ м} \quad (3.7)$$

где $l = 1,325$ м длина светильника с лампами мощностью 40 Вт.

Длина ряда светильников получилась меньше длины помещения ($A = 6,0$ м). Скомпонуем ряд с равномерно распределенными разрывами между светильниками.

Определим величину промежутка между светильниками $l_{пр}$, м, по формуле (3.8):

$$l_{пр} = \frac{A - L_p}{n - 1} = \frac{6,0 - 3,15}{2,38 - 1,325} = 2,7 \text{ м}$$

Окончательно принимаем к установке в помещении 8 светильников общей мощностью всех ламп $36 \times 2 \times 8 = 576$ Вт. (рисунок 3.2).

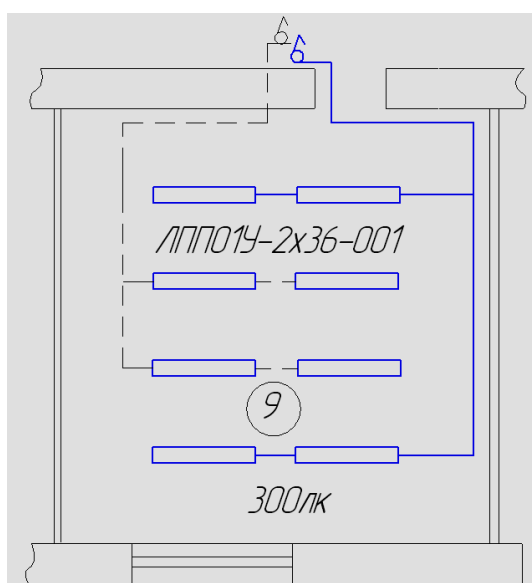


Рисунок 3.2- План расположения светильников в Лаборатории

Аналогично проведен расчет освещения в других помещениях офисного здания, результаты представлены в графической части проекта и в таблицах 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1- Выбор источников света

Наименование помещения	Требуемая освещенность, лк	Площадь помещения, м ²	Тип светильника	Количество светильников	Примечание
1	2	3	4	5	6
1. Цех приготовления хлеба	200	427,03	ЛПП01У-2x36-001	48	
2. Отделение для мойки и ремонта дежей	150	35,0	ЛПП01У-2x36-001	6	

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
3. Склад готовой продукции	75	80,4	ЛПП01У-2х36-001	10	
4. Погрузочная камера	100	35,0	ЛПП01У-2х36-001	4	
5. Помещение экспедитора	300	6,4	ЛПП01У-2х36-001	3	
6. Склад муки	50	53,15	ЛПП01У-2х36-001	6	
7. Разгрузочная камера	100	176,9	ЛПП01У-2х36-001	15	
8. Венткамера	50	9,3	ЛПП01У-2х36-001	1	
9. Лаборатория	300	27,7	ЛПП01У-2х36-001	8	
10. Тамбур	150	3,0	Feron-1х60	1	
11. Гардеробная верхней одежды	75	3,9	ЛПП01У-2х36-001	1	
12. Гардеробная домашней одежды	75	3,4	ЛПП01У-2х36-001	1	
13. Коридор	75	3,4	ЛПП01У-2х36-001	1	
14. Душевая	50	3,1	Feron (с реш)-1х60	1	
15. Гардеробная рабочей одежды	75	3,5	ЛПП01У-2х36-001	1	
16. Санузел	50	1,9	Feron-1х60	1	

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6
17. Гардеробная верхней одежды	75	3,4	ЛПП01У-2х36-001	1	
18. Гардеробная домашней одежды	75	5,2	ЛПП01У-2х36-001	1	
19. Коридор	75	3,4	ЛПП01У-2х36-001	1	
20. Душевая	50	3,1	Feron (с реш)-1х60	1	
21. Гардеробная рабочей одежды	75	5,1	ЛПП01У-2х36-001	2	
22. Санузел	50	1,9	Feron-1х60	2	
23. Комната для инвентаря	50	0,8	Feron-1х60	1	
24. Коридор	75	52,4	ЛПП01У-2х36-001	12	
25. Кладовая чистой рабочей одежды	50	2,0	Feron-1х60	1	
26. Кладовая грязной рабочей одежды	50	2,0	Feron-1х60	1	
27. Комната приема пищи	150	6,5	ЛПП01У-2х36-001	2	
28. Санузел	50	4,5	Feron-1х60	2	
29. Электро-щитовая	50	4,3	Feron-1х60	1	

Применили:

1) светильники ЛПП01У-2х36-001: светильник с эргономичными люминесцентными лампами предназначен для общего освещения помещений производственных зданий в условиях воздействия на них пыли и водяных струй;

2) Feron-1x60: светильник пылевлагозащищенный накладной.

Таблица 3.2- Характеристики светильников

Тип светильника	Тип лампы	Общее количество ламп	Cos φ	Расчетная нагрузка	
				P _p , Вт	Q _p , вар
ЛПП01У-2х36-001	ЛБ-36	2	0,85	36	22,3
Feron-1x60	Лампа накаливания цоколь E27	1	-	60	-

4 Выбор мощности силового трансформатора

Выбор трансформаторов является важным этапом проектирования, существенно влияющим на основные технико-экономические показатели разрабатываемой схемы электроснабжения. В общем случае выбор трансформаторов представляет собой достаточно сложную задачу, которая может иметь не одно, а несколько решений, из которых следует выбрать наилучшее. Основой расчетов при этом служит, как правило, технико-экономическое сравнение вариантов.

Мощность трансформаторов зависит от величины нагрузки электроприемников, их категории по надежности электроснабжения, от размеров площади цеха и т.п.

Поскольку электропотребители офисного здания относятся к III группе по категории надёжности выбираем однострансформаторную подстанцию.

Рекомендуемое общее количество трансформаторов N_o , шт, определяется по формуле (4.1)

$$N_o = \frac{P_p}{K_z * S_{ном. \text{ эп}}} = \frac{83,0}{0,95 * 113,8} = 0,77 \text{ шт}, \quad (4.1)$$

где $P_p=83,0$ кВт – расчетная активная нагрузка от низковольтных потребителей здания;

$K_z=0,9...0,95$ – допустимый коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме работы при питании потребителей III категории;

$S_{ном. \text{ эп}}=113,8$ кВА – полная номинальная мощность потребителей в здании.

Полученное значение округляем до ближайшего целого числа. Принимаем к установке 1 трансформатор.

Номинальная мощность трансформатора $S_{ном. т}$, кВА, приближенно определяется с учетом перегрузки в нормальном режиме на 30% и допустимой перегрузки на 15% из-за неравномерности годового графика нагрузки по формуле (4.2)

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{S_{p.\text{эп}} * K_{\text{зап}}}{0,7} = \frac{113,8 * 0,85}{0,7} = 138,18 \text{кВА}, \quad (4.2)$$

где $S_{p.\text{эп}}=113,8$ кВА – полная номинальная мощность потребителей в здании;

$K_{\text{зап}}= 0,85$ - коэффициент заполнения графика нагрузки здания.

Рассмотрим 2 варианта: вариант А – используем 1 трансформатор, вариант Б – используем 2 трансформатора.

Вариант А.

Выбираем трансформатор ТСЗ-160/0,66.

Исходными данными являются:

$P_p=83$ кВт, $Q_p=63,45$ квар, $S_p=113,8$ кВА

Параметры трансформатора ТСЗ-160/0,66:

$P_{xx}=0,5$ кВт, $P_{k3}=1,95$ кВт, $U_{k3}=3,8\%$, $i_{xx}=4\%$, $K_3=0,95$

Принятое число трансформаторов $N_m=1$.

Активные $\Delta P_{T\Sigma}$, кВт, и реактивные $\Delta Q_{T\Sigma}$, квар, потери в трансформаторе определяются по формулам (4.3 и 4.4)

$$\Delta P_{T\Sigma} = N_T (P_{xx} + k_3^2 * P_{k3}) = 1 * (0,5 + 0,95^2 * 1,95) = 2,25 \text{кВт} \quad (4.3)$$

$$\Delta Q_{T\Sigma} = N_T \left[\frac{S_{\text{ном}}}{100} (i_{xx} + k_3^2 * U_{k3}) \right] = 1 * \left[\frac{160}{100} (4 + 0,95^2 * 3,8) \right] = 11,88 \text{квар} \quad (4.4)$$

Расчётная нагрузка с учётом потерь в трансформаторе (4.5 и 4.6)

$$P_p = P_p + \Delta P_{T\Sigma} = 83,0 + 2,25 = 85,25 \text{ кВт} \quad (4.5)$$

$$Q_p = Q_p + \Delta Q_{T\Sigma} = 63,45 + 11,88 = 75,33 \text{ квар} \quad (4.6)$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки (4.7)

$$Q_{\text{min}} = 0,5 * Q_p = 0,5 * 75,33 = 37,66 \text{ квар} \quad (4.7)$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы (4.8 и 4.9)

$$Q'_{\text{эл}} = Q_p - 0,7 * Q_{\text{сд}} = 75,33 - 0,7 * 75,33 = 22,59 \text{ квар} \quad (4.8)$$

$$Q''_{\text{эл}} = \alpha * P_p = 0,28 * 85,25 = 23,87 \text{ квар} \quad (4.9)$$

где $Q_{cd}=75,33$ – располагаемая реактивная мощность;

$\alpha=0,28$ – коэффициент влияния нагрузки.

Из-за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок принимаем меньшее из значений: $Q_{\rho 1}=22,59$ квар.

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок (4.10 и 4.11)

$$Q'_{\rho 2} = Q_{\min} + Q_k = 37,66 + 0 = 37,66 \text{ квар} \quad (4.10)$$

$$Q''_{\rho 2} = Q_{\min} - (Q_p - Q_{\rho 1}) = 37,66 - (75,33 - 22,59) = -15,08 \text{ квар} \quad (4.11)$$

Из-за повышенного значения напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем значение мощности $Q_{\rho 2}=37,66$ квар.

Суммарная мощность компенсирующих устройств (КУ) (4.12 и 4.13)

$$Q_{KV_МАКС} = 1,1 * Q_p - Q_{\rho 1} = 1,1 * 75,33 - 22,59 = 60,27 \text{ квар} \quad (4.12)$$

$$Q_{KV_МИН} = Q_{\min} - Q_{\rho 2} = 37,66 - 37,66 = 0 \text{ квар} \quad (4.13)$$

Следовательно, все КУ должны быть регулируемыми.

Компенсация реактивной мощности, стоимость затрат на компенсирующие установки и трансформатор.

Реактивная мощность, которая должна быть передана из сети 6/10 кВ в сеть с напряжением до 1 кВ (4.14)

$$Q_T = \sqrt{(N_T * \kappa_3 * S_T)^2 - P_P^2} = \sqrt{(1 * 0,95 * 160)^2 - 85,25^2} = 123,84 \text{ квар} \quad (4.14)$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне до 1кВ (4.15)

$$Q_{KV.H} = Q_p - Q_T = 75,33 - 123,84 = -48,51 \text{ квар} \quad (4.15)$$

Так как мощность КУ меньше 50 квар, то установка не целесообразна.

Мощность КУ, которые могут быть установлены на стороне 6/10 кВ (4.16)

$$Q_{KV.B} = Q_{KV.MAKC} - Q_{KV.H} = 60,27 - (-48,51) = 108,78 \text{ квар} \quad (4.16)$$

Если мощность КУ меньше 800 квар, то установка КУ не целесообразна.

Приведённые затраты на трансформатор (4.17)

$$Z_{ktt} = E * K_{tt} * N_T + C * \Delta P_T * N_T, \quad (4.17)$$

где $E=0,160$ – нормативный коэффициент экономической эффективности;
 K_{mn} – полные капитальные затраты с учетом стоимости оборудования и монтажных работ, руб (формула 4.18);

$N_m=1$ количество трансформаторов;

$\Delta P_m=0,972$ кВт – активные потери в трансформаторе;

C – затраты на энергию, руб/кВт*год (формула 4.19).

$$K_{mn} = C_0(1 + \sigma_T + \sigma_C + \sigma_M) = 265000 * (1 + 0,005 + 0,020 + 0,100) = 298125 \text{ руб} \quad (4.18)$$

где $C_0 = 265000$ руб – оптовая цена оборудования (отпускная цена с НДС предприятия-производителя сухих трансформаторов ООО «Электропроект»);

$\sigma_T = 0,005$ – коэффициент, учитывающий транспортно – заготовительные расходы, связанные с приобретением оборудования;

$\sigma_C = 0,020$ – коэффициент, учитывающий затраты на строительные работы;

$\sigma_M = 0,100$ – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж и отладку оборудования.

$$C = \left(\frac{\alpha}{T_m} + \beta * 10^{-2}\right) * \tau = \left(\frac{36}{4000} + 0,9 * 10^{-2}\right) * 2405 = 43,29 \text{ руб/кВт*ч}, \quad (4.19)$$

где $\alpha=36$ руб/кВт*ч - основная ставка двухставочного тарифа;

$\beta= 0,9$ руб/кВт*ч - дополнительная плата за 1 кВт*час потреблённой электроэнергии;

$T_m=4000$ ч - время использования максимальной нагрузки предприятия в год;

τ – время максимальных потерь, ч. (формула 4.20)

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_m}{10000}\right)^2 \cdot T_p = \left(0,124 + \frac{4000}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 2405 \text{ ч} \quad (4.20)$$

где $T_p= 8760$ ч – время работы трансформатора в году, ч.

Таким образом

$$Z_{knn} = 0,16 * 298125 * 1 + 43,29 * 0,972 * 1 = 47742,07 \text{ руб}$$

Вариант Б.

Берем 2 трансформатора ТСЗ 80/0,6.

Исходными данными являются:

$P_p=83$ кВт, $Q_p=63,45$ квар, $S_p=113,8$ кВА

Параметры трансформатора ТСЗ-80/0,66:

$P_{xx}=0,30$ кВт, $P_{k3}=1,3$ кВт, $U_{k3}=3,8\%$, $i_{xx}=4\%$, $K_3=0,95$

Принятое число трансформаторов $Nm=2$.

Активные $\Delta P_{T\Sigma}$, кВт, и реактивные $\Delta Q_{T\Sigma}$, квар, потери в трансформаторе определяются по формулам (4.3 и 4.4)

$$\Delta P_{T\Sigma} = N_T (P_{xx} + k_3^2 * P_{k3}) = 2 * (0,3 + 0,95^2 * 1,3) = 2,94 \text{ кВт} \quad (4.3)$$

$$\Delta Q_{T\Sigma} = N_T \left[\frac{S_{НОМ}}{100} (i_{xx} + k_3^2 * U_{k3}) \right] = 2 * \left[\frac{80}{100} (4 + 0,95^2 * 3,8) \right] = 11,88 \text{ квар} \quad (4.4)$$

Расчётная нагрузка с учётом потерь в трансформаторе (4.5 и 4.6)

$$P_p = P_p + \Delta P_{T\Sigma} = 83,0 + 2,94 = 85,94 \text{ кВт} \quad (4.5)$$

$$Q_p = Q_p + \Delta Q_{T\Sigma} = 63,45 + 11,88 = 75,33 \text{ квар} \quad (4.6)$$

Реактивная мощность в часы минимума нагрузки (4.7)

$$Q_{\min} = 0,5 * Q_p = 0,5 * 75,33 = 37,66 \text{ квар} \quad (4.7)$$

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в часы максимума энергосистемы (4.8 и 4.9)

$$Q'_{\text{Э1}} = Q_p - 0,7 * Q_{\text{сд}} = 75,33 - 0,7 * 75,33 = 22,59 \text{ квар} \quad (4.8)$$

$$Q''_{\text{Э1}} = \alpha * P_p = 0,28 * 85,94 = 24,06 \text{ квар} \quad (4.9)$$

где $Q_{\text{сд}}=75,33$ – располагаемая реактивная мощность;

$\alpha=0,28$ – коэффициент влияния нагрузки.

Из-за пониженного напряжения в часы максимальных нагрузок принимаем меньшее из значений: $Q_{\text{Э1}}=22,59$ квар.

Экономически обоснованные значения реактивной мощности в режиме наименьших нагрузок (4.10 и 4.11)

$$Q'_{\text{Э2}} = Q_{\min} + Q_k = 37,66 + 0 = 37,66 \text{ квар} \quad (4.10)$$

$$Q''_{\text{Э2}} = Q_{\min} - (Q_p - Q_{\text{Э1}}) = 37,66 - (75,33 - 22,59) = -15,08 \text{ квар} \quad (4.11)$$

Из-за повышенного значения напряжения в часы минимальных нагрузок принимаем значение мощности $Q_{\text{Э2}}=37,66$ квар.

Суммарная мощность компенсирующих устройств (КУ) (4.12 и 4.13)

$$Q_{\text{КУ_МАКС}} = 1,1 * Q_p - Q_{\text{Э1}} = 1,1 * 75,33 - 24,08 = 58,78 \text{ квар} \quad (4.12)$$

$$Q_{KV_МИН} = Q_{МИН} - Q_{Э2} = 37,66 - 37,66 = 0 \text{ квар} \quad (4.13)$$

Следовательно, все КУ должны быть регулируемые.

Компенсация реактивной мощности, стоимость затрат на компенсирующие установки и трансформатор.

Реактивная мощность, которая должна быть передана из сети 6/10 кВ в сеть с напряжением до 1 кВ (4.14)

$$Q_T = \sqrt{(N_T * K_3 * S_T)^2 - P_P^2} = \sqrt{(2 * 0,95 * 80)^2 - 85,94^2} = 122,37 \text{ квар} \quad (4.14)$$

Мощность КУ, устанавливаемых на стороне до 1кВ (4.15)

$$Q_{KV.H} = Q_P - Q_T = 75,33 - 122,37 = -47,04 \text{ квар} \quad (4.15)$$

Так как мощность КУ меньше 50 квар, то установка не целесообразна.

Мощность КУ, которые могут быть установлены на стороне 6/10 кВ (4.16)

$$Q_{KV.B} = Q_{KV.МАКС} - Q_{KV.H} = 58,78 - (-47,04) = 105,82 \text{ квар} \quad (4.16)$$

Если мощность КУ меньше 800 квар, то установка КУ не целесообразна.

Приведённые затраты на трансформатор (4.17)

$$Z_{KTM} = E * K_{TM} * N_T + C * \Delta P_T * N_T, \quad (4.17)$$

где $E=0,160$ – нормативный коэффициент экономической эффективности;

K_{TM} – полные капитальные затраты с учетом стоимости оборудования и монтажных работ, руб (формула 4.18);

$N_T=1$ количество трансформаторов;

$\Delta P_T=0,972$ кВт – активные потери в трансформаторе;

C - затраты на энергию, руб/кВт*год (формула 4.19).

$$K_{TM} = C_0(1 + \sigma_T + \sigma_C + \sigma_M) = 148000 * (1 + 0,005 + 0,020 + 0,100) = 166500 \text{ руб} \quad (4.18)$$

где $C_0 = 148000$ руб– оптовая цена оборудования (отпускная цена с НДС предприятия-производителя сухих трансформаторов ООО «Электропроект»);

$\sigma_T=0,005$ – коэффициент, учитывающий транспортно – заготовительные расходы, связанные с приобретением оборудования;

$\sigma_C = 0,020$ – коэффициент, учитывающий затраты на строительные работы;

$\sigma_M = 0,100$ – коэффициент, учитывающий затраты на монтаж и отладку оборудования.

$$C = \left(\frac{\alpha}{T_M} + \beta \cdot 10^{-2}\right) \cdot \tau = \left(\frac{36}{4000} + 0,9 \cdot 10^{-2}\right) \cdot 2405 = 43,29 \text{ руб/кВт} \cdot \text{ч}, \quad (4.19)$$

где $\alpha=36$ руб/кВт*ч - основная ставка двухставочного тарифа;

$\beta= 0,9$ руб/кВт*ч - дополнительная плата за 1 кВт·час потреблённой электроэнергии;

$T_M=4000$ ч - время использования максимальной нагрузки предприятия в год;

τ – время максимальных потерь, ч. (формула 4.20)

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000}\right)^2 \cdot T_p = \left(0,124 + \frac{4000}{10000}\right)^2 \cdot 8760 = 2405 \text{ ч} \quad (4.20)$$

где $T_p= 8760$ ч – время работы трансформатора в году, ч.

Таким образом

$$З_{клт} = 0,16 \cdot 166500 \cdot 2 + 43,29 \cdot 0,972 \cdot 2 = 53364,15 \text{ руб}$$

Так как затраты на вариант А (47742,07 руб) меньше чем затраты на вариант Б (53364,15 руб), то выгоднее использовать вариант А.

5 Расчет токов короткого замыкания

Основной причиной нарушения нормального режима работы системы электроснабжения является возникновение короткого замыкания (КЗ) в сети элементах электрооборудования в следствие повреждении изоляции или неправильных действий обслуживающего персонала. Для снижения ущерба, обусловленного выходом из строя электрооборудования при протекании тока в КЗ, а также для быстрого восстановления нормального режима работы схемы электроснабжения необходимо правильно определять токи КЗ и по ним выбирать электрооборудование, защитную аппаратуру и средства ограничения тока в КЗ.

Расчетным видом КЗ для выбора или проверки параметров электрооборудования обычно считают трехфазное КЗ. Однако для выбора или проверки уставок релейной защиты и автоматики требуется определение и несимметричных токов в КЗ.

В зависимости от назначения расчета токов КЗ выбирают расчетную схему сети, определяют вид КЗ, местоположения точек КЗ на схеме и сопротивления элементов схемы замещения.

В данной работе необходимо провести анализ трехфазного КЗ в сети 0,4 кВ питания электропотребителей хлебопекарни. Расчетная схема представлена на рисунке 5.1. Для расчета воспользуемся методикой, изложенной в [11, с. 58].

Расчеты выполним в соответствии с методикой рекомендованной ГОСТ 28249-93 на расчеты токов КЗ в сетях напряжением до 1 кВ. Короткие замыкания рассчитываются на шинах 0,4 кВ РУ (точка К1) и на самом мощном потребителе за кабелем КЛ1 (точка К2).

Расчет дуговых коротких замыканий выполним с использованием снижающего коэффициента K_c , поэтому переходные сопротивления контактов контактных соединений кабелей и шинопроводов в расчетных выражениях определения суммарного активного сопротивления R_{Σ} не учитываются, эти

сопротивления учтены при построении характеристик зависимости коэффициента K_c от полного суммарного сопротивления до места КЗ, $K_c=f(Z_\Sigma)$, полученных экспериментальным путем.

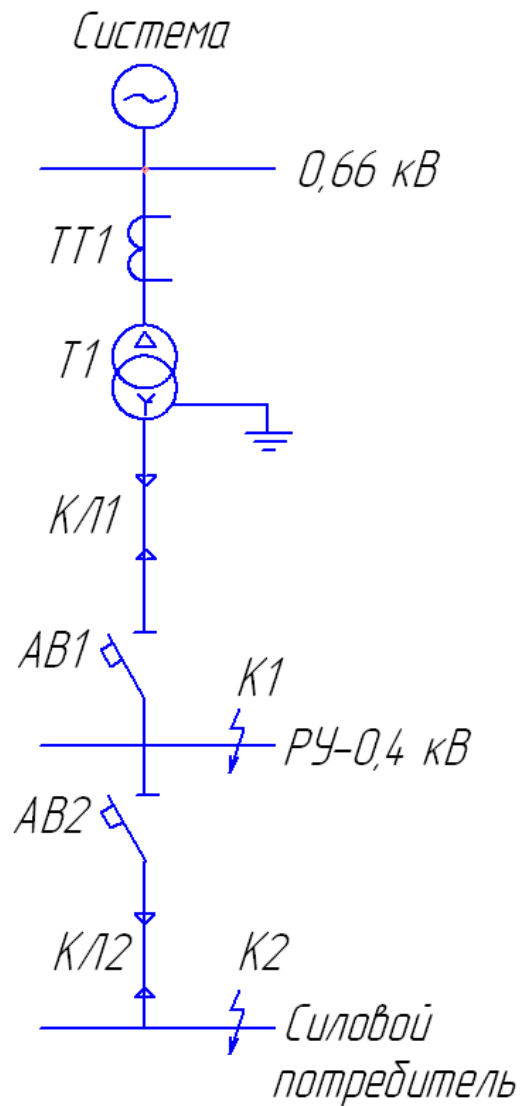


Рисунок 5.1 – Расчетная схема КЗ

Параметры расчетной схемы.

Система.

Мощность короткого замыкания:

- $S_K=4$ мВА;

- $U_{н.вн}=0,66$ кВ.

Трансформатор тока ТТ1:

- $K_{ТТ}=150/5$;

- $K_{ТТ}=0,33$ мОм;

- $X_{ТТ}=0,3$ мОм.

Трансформатор Т1:

- тип ТСЗ-160/0,66 схема соединения обмоток Δ/Y_0 ;

- $S_{НОМ}=160$ кВА, $U_{Н.ВН}=0,66$ кВ, $U_{Н.НН}=0,4$ кВ, $P_{хх}=0,5$ кВт, $P_{кз}=1,95$ кВт,

$U_{кз}=3,8\%$, $i_{хх}=4\%$, $Kз=0,95$, $R_{ТТ}=9,4$ мОм, $X_{ТТ}=27,2$ мОм.

Кабельная линия КЛ1:

- АВББШв 3х120+1х35, длина $l=2$ м;

- $R_{уд}=1,84$ Ом/км= $1,84 \cdot 10^{-3}$ Ом/м;

- $X_{уд}=0,099$ Ом/км= $99 \cdot 10^{-6}$ Ом/м.

Автоматический выключатель АВ1:

- тип ВА88-35-250А-2500-690АС-УХЛЗ, $I_{н}=250$ А

- $R_{кв}=0,12$ мОм;

- $X_{кв}=0,05$ мОм

Кабельная линия КЛ2:

- ВВГ-5х4,0 длина $l=30$ м;

- $R_{уд}=1,79$ Ом/км= $1,79 \cdot 10^{-3}$ Ом/м;

- $X_{уд}=0,073$ Ом/км= $73 \cdot 10^{-6}$ Ом/м.

Автоматический выключатель АВ2:

- тип Legrand DX, $I_{н}=125$ А

- $R_{кв}=0,09$ мОм;

- $X_{кв}=0,03$ мОм.

Расчет параметров схемы замещения (прямая последовательность).

Все сопротивления расчетной схемы приводятся к $U_{баз}=0,4$ кВ.

Система.

Сопротивление системы учитывается индуктивным сопротивлением в схеме замещения:

$$X_c = \frac{U_{Н.НН}^2}{S_k} 10^3 = \frac{0,4^2}{4} 10^3 = 40 \text{ мОм} \quad (5.1)$$

Трансформатор тока.

Активные и индуктивные сопротивления обмоток трансформатора тока:

- $R_{TT}=0,33$ мОм;

- $X_{TT}=0,3$ мОм.

Трансформатор.

Активные и индуктивные сопротивления обмоток трансформатора:

- $R_T=9,4$ мОм,

- $X_T= 27,2$ мОм.

Активные и индуктивные сопротивления первой кабельной линии КЛ1 определяется по известным удельным сопротивлениям КЛ1 и его длине:

$$R_{1КЛ1} = R_{уд1} * l_1 = 1,84 * 10^{-3} * 2 = 3,68 * 10^{-3} \text{ Ом} \quad (5.2)$$

$$X_{1КЛ1} = X_{уд1} * l_1 = 99 * 10^{-6} * 2 = 0,198 * 10^{-3} \text{ Ом} \quad (5.3)$$

Активные и индуктивные сопротивления автоматического выключателя АВ1:

- $R_{КВ}=0,12$ мОм;

- $X_{КВ}=0,05$ мОм.

Активные и индуктивные сопротивления второй кабельной линии КЛ2 определяется по известным удельным сопротивлениям КЛ2 и его длине:

$$R_{2КЛ2} = R_{уд2} * l_2 = 1,79 * 10^{-3} * 30 = 53,7 * 10^{-3} \text{ Ом} \quad (5.4)$$

$$X_{2КЛ2} = X_{уд2} * l_2 = 73 * 10^{-6} * 30 = 2,19 * 10^{-3} \text{ Ом} \quad (5.5)$$

Активные и индуктивные сопротивления автоматического выключателя АВ2:

- $R_{КВ}=0,09$ мОм;

- $X_{КВ}=0,03$ мОм.

Схема замещения прямой последовательности представлена на рисунке 5.2. По схеме замещения прямой последовательности суммарные сопротивления $R_{1\Sigma}$ и $X_{1\Sigma}$ определяется арифметическим суммированием сопротивлений до точки КЗ (К1):

$$R_{1\Sigma} = 0,33 + 9,4 + 0,00368 + 0,12 = 9,85 \text{ мОм} \quad (5.6)$$

$$X_{1\Sigma} = 40 + 0,3 + 27,2 + 0,000198 + 0,05 = 67,55 \text{ мОм} \quad (5.7)$$

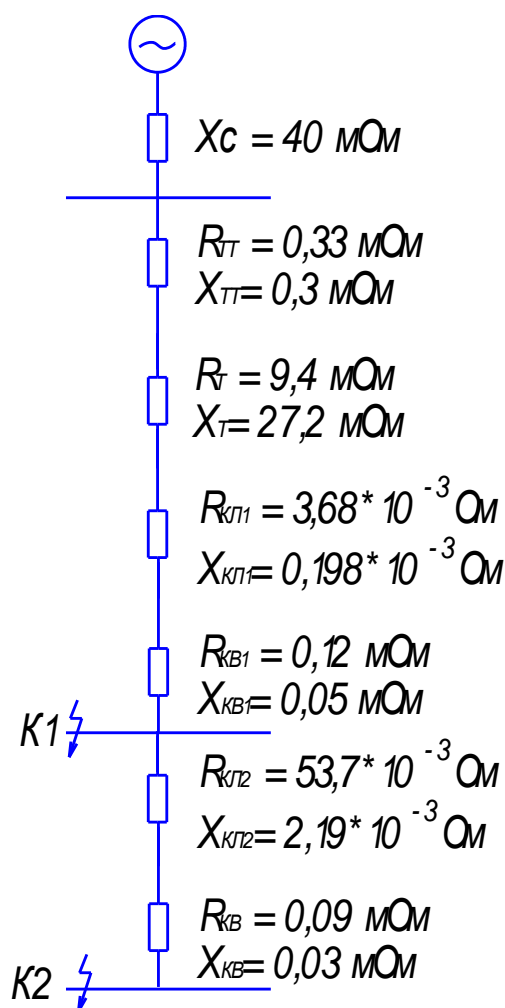


Рисунок 5.2 – Схема замещения прямой последовательности

Полное суммарное сопротивление до точки К1:

$$Z_{\Sigma}^{(3)} = \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{2\Sigma}^2} = \sqrt{9,85^2 + 67,55^2} = 68,26 \text{ МОм} \quad (5.8)$$

Ток трехфазного металлического КЗ:

$$I_{KM}^{(3)} = \frac{U_{н.нн}}{\sqrt{3} * Z_{\Sigma}^{(3)}} = \frac{400}{\sqrt{3} * 68,26} = 3,38 \text{ кА} \quad (5.9)$$

Ток трехфазного дугового КЗ определяем с использованием снижающего коэффициента Кс.

Расчет дугового трехфазного КЗ выполняется в следующей последовательности.

1. Определяются значение снижающего коэффициента для начального момента КЗ (K_{C1}) и для установившегося КЗ (K_{C2}) по кривым 1, 2 [11, рис. 4.8].

При $Z_{\Sigma}^{(3)}=68,26 \text{ МОм}$, $K_{C1}=0,84$, а $K_{C2}=0,75$.

2. Ток трехфазного дугового КЗ для начала дугового процесса и его установившегося процесса определяется по формулам

$$I_{КД}^{(3)} = I_{КМ}^{(3)} * K_{C1} = 3,38 * 0,84 = 2,83 \text{ кА}; t_{КЗ} < 0,05 \text{ с} \quad (5.10)$$

$$I_{КД}^{(3)} = I_{КМ}^{(3)} * K_{C2} = 3,38 * 0,75 = 2,53 \text{ кА}; t_{КЗ} > 0,05 \text{ с} \quad (5.11)$$

Для того чтобы определить ударный коэффициент K_u по [11, рис. 4.6] найдем постоянную времени:

$$\tau = \frac{X_{1\Sigma}}{R_{1\Sigma}} = \frac{67,55}{9,85} = 6,85 \quad (5.12)$$

Этой постоянной времени соответствует $K_u=1,61$

Ударный ток КЗ определяется по формуле:

$$i_y = K_u * \sqrt{2} * I_{КМ}^{(3)} = 1,61 * \sqrt{2} * 3,38 = 7,69 \text{ кА} \quad (5.13)$$

Расчет показал, что полученные при расчете ток трехфазного дугового КЗ равный 2,83 кА и ударный ток равный 7,69 кА меньше предельной коммутационная способность переменного тока $I_{сн} = 18 \text{ кА}$ для выбранного мною автомата ВА88-35-250А-2500-690АС-УХЛ3.

По формулам (5.6-5.13) выполним расчет токов короткого замыкания для точки K_2 .

$$R_{1\Sigma} = 0,09 + 0,0537 = 0,14 \text{ мОм}$$

$$X_{1\Sigma} = 0,03 + 0,00219 = 0,03 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma}^{(3)} = \sqrt{0,14^2 + 0,03^2} = 0,146 \text{ мОм}$$

$$I_{КМ}^{(3)} = \frac{U_{H.HH}}{\sqrt{3} * Z_{\Sigma}^{(3)}} = \frac{400}{\sqrt{3} * 0,146} = 1,58 \text{ кА}$$

При $Z_{\Sigma}^{(3)}=0,146 \text{ мОм}$, $K_{C1}=0,55$, а $K_{C2}=0,45$.

$$I_{КД}^{(3)} = I_{КМ}^{(3)} * K_{C1} = 1,58 * 0,55 = 0,87 \text{ кА}; t_{КЗ} < 0,05 \text{ с}$$

$$I_{КД}^{(3)} = I_{КМ}^{(3)} * K_{C2} = 1,58 * 0,45 = 0,71 \text{ кА}; t_{КЗ} > 0,05 \text{ с}$$

$$\tau = \frac{X_{1\Sigma}}{R_{1\Sigma}} = \frac{0,03}{0,14} = 0,21$$

Этой постоянной времени соответствует $K_u=1,0$

$$i_y = K_u * \sqrt{2} * I_{КМ}^{(3)} = 1,0 * \sqrt{2} * 1,58 = 2,23 \text{ кА}$$

Расчет показал, что полученные при расчете ток трехфазного дугового КЗ равный 1,58 кА и ударный ток равный 2,23 кА меньше предельной коммутационная способность переменного тока $I_{cu} = 6$ кА для выбранного мною автомата Legrand DX, $I_n = 125$ А.

6 Выбор аппаратов защиты и силовых сетей

6.1 Выбор автоматических выключателей и распределительных щитов

Выбор автоматических выключателей производится по следующим параметрам [12]:

- напряжению уставки $U_{уст} \leq U_{ном}$;
- рабочему току $I_{раб} \leq I_{ном}$;
- конструктивному исполнению;
- предельному отключаемому току.

При выборе распределительных щитов дополнительно учитывается количество и номенклатура размещаемого в нем оборудования.

Выбираем для распределительного щита РП1 щит с монтажной панелью навесной IP54 ЩПМ-2 содержащий:

- выключатель автоматический трехполосный модульный Legrand DX на $I_n=63A$ – 1 шт, на $I_n=25A$ – 3 шт, на $I_n=16A$ – 1 шт, на $I_n=10A$ – 4 шт;
- выключатель автоматический однополосный модульный Legrand DX на $I_n=25A$ – 4 шт, на $I_n=16A$ – 2 шт, на $I_n=2A$ – 5 шт, на $I_n=10A$ – 4 шт;
- устройство защитного отключения Legrand двухполюсный, модульный DX Lexic:

- 3 шт. на $I_n=25A$ $I_{диф}=30$ мА;
- 1 шт. на $I_n=25A$ $I_{диф}=10$ мА;
- 1 шт. на $I_n=16A$ $I_{диф}=10$ мА.

Выбираем для распределительного щита РП2 щит с монтажной панелью навесной IP54 ЩПМ-2 содержащий:

- выключатель автоматический трехполосный модульный Legrand DX на $I_n=63A$ – 1 шт, на $I_n=25A$ – 3 шт, на $I_n=16A$ – 1 шт, на $I_n=10A$ – 4 шт;

- выключатель автоматический однополюсный модульный Legrand DX на $I_n=125A$ – 1 шт, на $I_n=50A$ – 3 шт, на $I_n=25A$ – 4 шт, на $I_n=16A$ – 3 шт, на $I_n=10A$ – 3 шт;

- устройство защитного отключения Legrand двухполюсный, модульный DX Lexic на $I_n=25A$ $I_{диф}=30$ мА – 1 шт.

6.2 Расчет питающих линий

Выбор сечений кабельных линий S , мм², производится по экономической плотности тока по формуле (6.1)

$$S = \frac{I_{\text{РАБ.НОМ.}}}{j_{\text{ЭК}}}, \quad (6.1)$$

где $I_{\text{раб.ном}}$ – номинальный рабочий ток в данной кабельной линии;

$j_{\text{ЭК}}$ – экономическая плотность тока, зависящая от типа кабеля и продолжительности использования максимума нагрузки. [17]

Согласно ПУЭ для кабелей с резиновой и пластмассовой изоляцией с медными жилами, для продолжительности использования максимума нагрузки 1000-3000 ч., предельная экономическая плотность тока составляет 3,5 А/мм².

Результаты расчета представим в виде таблицы 6.1.

Таблица 6.1- Таблица соединений силовых кабелей

Трасса		Длина, м	Тип кабеля
Конец	Начало		
1	2	3	4
ВРУ 1	ТП РУ 0,4 кВ	50	АВБбШв 3x120+1x35
ВРУ 2	ТП РУ 0,4 кВ	50	АВБбШв 3x120+1x35
ШР (ввод)	ВРУ 1 с.ш.	3	КГ 3x70+1x25
ШР (ввод)	ВРУ 2 с.ш.	3	КГ 3x70+1x25
РП1 (ввод)	ШР ф.1	35	ВВГнг 5x16
РП2 (ввод)	ШР ф.2	45	ВВГнг 5x35

1	2	3	4
Муссон-ротор-77	РП-2	30	ВВГнг 5х2,5
Циклон-ротор-216	РП-2	25	ВВГнг 5х2,5
Бриз-ТМ	РП-2	12	ВВГнг 5х2,5
Восход-ТД-2	РП-2	14	ВВГнг 5х2,5
Восход ДО-4	РП-2	14	ВВГнг 5х2,5
Водонагреватель накопительный	РП-2	14	ВВГнг 5х2,5
Прима-300	РП-2	20	ВВГнг 5х10
ПМ-900М	РП-1	12	ВВГнг 5х1,5
Упаковочная машина	РП-1	35	ВВГнг 3х1,5
Конвейер ленточный	РП-1	55	ВВГнг 5х1,5
Насос циркуляционный	РП-1	23	ВВГнг 3х1,5
Вентилятор В-1	РП-1	50	ВВГнг 3х1,5

6.4 Расчет заземления

Тип системы заземления, согласно ГОСТ Р 50571.2-94 ч.3 - TN-C-S. В части сети нулевой рабочий и защитный проводник объединены. Для защиты от поражения электрическим током металлические части электрооборудования соединить с корпусами РП1, РП2 и ШР и с главным заземляющим зажимом в ВРУ с помощью защитных проводников "РЕ" в качестве которого использовать дополнительную жилу кабеля, сечением равным фазному. Главный заземляющий зажим соединить с металлическим стояком водопровода металлосвязью (полоса 40х4 - главный провод системы уравнивания потенциалов).

Заключение

В результате выполнения бакалаврской работы разработан проект системы электроснабжения вновь проектируемого отдельно стоящего торгово-офисного здания.

В работе выполнены необходимые расчеты по определению электрических нагрузок; расчет потерь мощности и электроэнергии; компенсация реактивной мощности; поддержание требуемого качества напряжения; выбор числа и мощности трансформаторов; выбор защитных аппаратов и сечений проводников. Применена радиальная схема электроснабжения, общий расчетный ток нагрузки 84,47 А.

Выполнен расчет токов короткого замыкания с проверкой автоматических выключателей на способность противостоять воздействию ударных токов КЗ, расчет высоковольтного кабеля, расчет заземления.

Проект выполнен в соответствии с требованиями методических и руководящих материалов по проектированию электроснабжения промышленных предприятий, требований правил ПУЭ, ПТБ и ПТЭ в электроустановках, другой справочной, нормативной и методической литературой.

Список используемых источников

1. В.А. Баринов. Перспективы развития электроэнергетики России на период до 2030 года. Открытый семинар «Экономические проблемы энергетического комплекса». Издательство ИНП РАН, Москва, 2013 [Электронный ресурс] режим доступа: <http://www.ecfor.ru/pdf.php?id=seminar/energo/z133>
2. Вахнина В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учебно-методическое пособие для практических занятий и курсового проектирования / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. - Тольятти: ТГУ, 2007.
3. Вахнина В.В. Проектирование осветительных установок: учебное пособие / В.В. Вахнина, О.В. Самолина, А.Н. Черненко. - Тольятти: ТГУ, 2008.
4. Вахнина В.В. Проектирование системы электроснабжения цеха предприятия: методические указания по курсовому проектированию / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. - Тольятти: ТГУ, 2008.
5. Вахнина В.В. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / В.В. Вахнина. - Тольятти : ТГУ, 2006.
6. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 марта 2007 г. - М.: КНОРУС, 2007.
7. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. Обязательны для всех потребителей электроэнергии независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности. 4-е издание, переработанное и дополненное, с изменениями. Источник: <http://www.gosthelp.ru/text/PPBSPravilatexnikibezopas.html>
8. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – Энергосервис.- Москва, 2003 г.

9. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. М.: Изд-во ЭНАС, 2003.-87с.
10. Вахнина, В.В., Проектирование осветительных установок: учебное пособие / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко, Т.А. Рыбалко, О.В. Самолина. – Тольятти: ТГУ, 2014. - 117 с.
11. В.В. Вахнина, В.Л. Горячева, Ю.В. Степкина. Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования.- Тольятти.: ТГУ, 2004.- с.90
12. Анчарова Т. В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2012. - 416 с.
13. Суворин, А. В. Электротехнологические установки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. В. Суворин. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 376 с.
14. Щербаков Е.Ф. Электроснабжение и электропотребление на предприятиях: учебное пособие / Е.Ф. Щербаков, Д.С. Александров, А.Л. Дубов. - М.: Форум, 2010. - 496 с.
15. Колесник, Г.П. Электрическое освещение: основы проектирования: учебное пособие/Г.П. Колесник.- ВлГУ, 2006 г.-123 с
16. Ополева, Н.Г. Схемы и подстанции электроснабжения / Н.Г. Ополева // Справочник: учеб. пособие. – М.:ИД «ФОРУМ» ИНФА-М, 2008. – 408 с
17. Электромонтажные работы [Электронный ресурс]/ справочная энциклопедия. Электрон. дан. – режим доступа: <http://www.electro-sila.ru/st8.htm> – Загл. с экрана.
18. Заземление и зануление электроустановок [Электронный ресурс]/ электрон. дан. – режим доступа: <http://remont220.ru/zazemleniye-i-zanuleniye-elektrostanovok.php> – Загл. с экрана.

19. Электроснабжение административных зданий [Электронный ресурс]/ форум для электриков. Электрон. дан. – режим доступа: http://projectsdevelop.com/power_supply_of_office_buildings – Загл. с экрана
20. Рабочий проект электроснабжения офисного здания. [Электронный ресурс]/ блоги для инженеров-электриков. Электрон. дан. – режим доступа: <http://enginer-electric.ru/rabochie-proekty/vnutrennie-el-seti/386-rabochij-proekt-elektrosnabzheniya-administrativnogo-zdaniya.html> – Загл. с экрана
21. Tan, Z. Day-Ahead Electricity Price Forecasting Using Wavelet Transform Combined With Arima And Garch Models / Z. Tan, J. Zhang, J. Xu, J.Wang // Applied Energy. –2010. –Т. 87. No 11. –Р. 3606–3610.
22. Ocana, C. Regulatory Reform in the Electricity Supply Industry: An Overview: working papers / C. Ocana; International Energy Agency, Energy Diversification Division. – [S.l.]: IEA, 2002. –36 p
23. European SmartGrids Technology Platform. Vision and Strategy for Europe’s Electricity Networks of the Future. – Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006
21. Martin, Robert F., Harmonic Currents, Compliance Engineering—1999 Annual Resources Guide, Cannon Communications, LLC.
24. P. Ngai and P. Boyce “The Effect of Over head Glare on Visual Discomfort” Journal of the Illuminating Engineering Society Volume 29 Number 2 Summer 2000
25. Delmar's Standard Textbook of Electricity, 5th Edition by Stephen L. Herman. ISBN-13: 978-1111539153
26. Energy .gov. Office of Electricity Delivery & Energy Reliability: site. – URL: <http://www.oe.energy.gov/smartgrid.htm> (дата обращения: 10.05.2016).
27. SmartGrid.ru [Электронный ресурс]. –URL: <http://www.smartgrid.ru/smartgrid/pointofview/2012/pointofview41.html> (Дата обращения: 12.05.2016).