

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТВОРОЖНОГО ЦЕХА

Выпускная квалификационная работа бакалавра
по направлению подготовки 44.03.04. Профессиональное обучение
(по отраслям)
Профиль подготовки «Энергетика»
специализации «Энергохозяйство предприятий, организаций, учреждений,
энергосберегающие технологии»

Идентификационный код ВКР: 691

Екатеринбург 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра энергетики и транспорта

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующая кафедрой ЭТ
_____ А.О. Прокубовская
«_____» _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТВОРОЖНОГО
ЦЕХА

Исполнитель:
студент группы ДЗЭС-511

М. С. Лыжин

Руководитель:
старший преподаватель кафедры ЭТ

Ю. А. Юксеев

Нормоконтролер:
старший преподаватель кафедры ЭТ

Т.В. Лискова

Екатеринбург 2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 61 страницах, содержит 19 рисунков, 6 таблиц, 31 источник литературы, и содержит 2 приложения графического материала.

Ключевые слова: ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, ОСВЕЩЕНИЕ, ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, СОВРЕМЕННОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОР, ЦЕХ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ.

Лыжин М. С. Разработка проекта электроснабжения творожного цеха: выпускная квалификационная работа / М. С. Лыжин; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. энергетики и транспорта. – Екатеринбург, 2018. – 63 с.

Краткая характеристика содержания ВКР:

1. Тема выпускной квалификационной работы «Разработка проекта электроснабжения творожного цеха».

2. Цель работы – разработать проект электроснабжения творожного цеха.

3. В работе был выполнен анализ основного электрооборудования творожного цеха, выполнен расчет электрических нагрузок цеха, затем было выбрано, мощность и тип трансформаторов на ТП 10/0,4кВ. Выбраны основные коммутационные аппараты и аппараты защиты как на стороне высокого напряжения (ВН) 10кВ, так и на стороне низкого напряжения (НН) 0,4кВ.

4. В работе были изучены аспекты выбора трансформаторов и оборудования на ТП 10/0,4 кВ, проектирование сети.

- выполнен анализ мощностей потребителя;
- выполнен расчет токов короткого замыкания и выбрано электрооборудование;

- рассмотрена структура цеха и технология производства творожной продукции, характеристики потребителей электроэнергии, произведен расчет нагрузок 0,4кВ цеха и - выполнен расчет заземления ТП 10/0,4 кВ.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОПИСАНИЕ ПРОЕКТИРУЕМОГО ОБЪЕКТА	8
1.1 Описание технологического процесса творожного цеха	8
1.2 Линия для производства творога классического рассыпчатого, описание и характеристика оборудования.....	9
2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТВОРОЖНОГО ЦЕХА.....	14
2.1 Расчет электрических нагрузок объекта цеха	14
2.1.1 Расчет электрических нагрузок цеха.....	14
2.1.2 Определение расчетной нагрузки освещения	15
2.1.3 Расчет электрических нагрузок творожного цеха.....	18
2.2 Выбор числа и мощности трансформаторов на трансформаторной подстанции.....	19
2.3 Выбор схемы электроснабжения цеха	22
2.4 Расчёт токов короткого замыкания	25
2.5 Выбор питающей линии электроснабжения	28
2.6 Выбор основного электрооборудования трансформаторной подстанции цеха	33
2.7 Выбор компенсирующего устройства.....	43
2.8 Расчет заземляющего устройства трансформаторной подстанции	45
3 ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЮ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ.....	49
3.1 Область применения инструкции	49
3.2 Требования к устройству кабельных линий.....	49
3.3 Порядок эксплуатации	52
3.4 Объём и сроки регламентного обслуживания.....	55
3.5 Требования охраны труда в аварийных ситуациях	56
3.6 Требования охраны труда по окончанию работ.....	57
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	60
ПРИЛОЖЕНИЕ А.	62
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	63

ВВЕДЕНИЕ

Удельный вес промышленности и строительства в общем электробалансе нашей страны составляет около 68%, поэтому вопросам электроснабжения промышленных предприятий придается большое значение.

Для их успешного разрешения учеными, инженерами, научно-исследовательскими и проектно-монтажными организациями разработаны и практически осуществлены технически наиболее совершенные системы распределения электроэнергии, сконструированы комплектные распределительные устройства и трансформаторные подстанции, осуществлена система разукрупнения цеховых подстанций, максимально приближены высоковольтные распределительные пункты непосредственно к местам потребления электроэнергии.

Однако задачи развития промышленности предусматривают повышение уровня проектно-конструкторских разработок, внедрение и рациональную эксплуатацию высоконадежного оборудования, снижение непроизводительных расходов электроэнергии при её передаче, распределении и потреблении. Усложнение и развитие структуры систем электроснабжения, растущие требования к экономичности и надёжности их работы в сочетании с изменяющейся структурой и характером потребителей электроэнергии, широкое внедрение устройств управления распределением и потреблением электроэнергии на базе современной вычислительной техники ставят требования владения навыками и способами решения инженерных задач и практическим применением теоретических знаний.

Актуальность данной темы заключается в том, что данное производство нуждается в расширении, в данном случае отдельном твороженном цеху. А это значит, что новый цех нуждается в надёжном и бесперебойном электроснабжении.

Объект исследования – творожный цех.

Предмет исследования – система электроснабжения творожного цеха.

Таким образом, разработка рациональной системы электроснабжения промышленного предприятия является очень важным вопросом.

Цель данной выпускной квалификационной работы разработать проект электроснабжения творожного цеха.

Для достижения цели работы потребуется решить ряд *задач*:

- рассмотреть структуру цеха и технологию производства творожной продукции, характеристики потребителей электроэнергии, провести расчет нагрузок 0,4кВ цеха;

- провести выбор цеховых трансформаторов, выбрать по техническому обоснованию схему внешнего и внутреннего электроснабжения цеха;

- рассчитать токи короткого замыкания и выбрать электрооборудование;

- провести расчет заземления.

Система электроснабжения предназначена для обеспечения электрической энергией электроприемников, являющихся неотъемлемой частью технологического процесса или служащих для поддержания работоспособности предприятия. Для эффективного функционирования предприятия, схема электроснабжения должна обеспечивать установленные ГОСТ Р 54149— 2010 показатели качества электроэнергии, необходимый уровень надежности и безопасности.

В проекте рассмотрены вопросы расчета электрических нагрузок цеха; выбора числа и мощности цеховых трансформаторов; расчета токов короткого замыкания (КЗ); выбора оборудования трансформаторной подстанции (ТП) и сечения распределительных сетей напряжением выше 1000В; заземления ТП; разработки мероприятий по обслуживанию кабельных линий оборудования ТП 10/0,4кВ.

Проект охватывает вопросы комплексного проектирования системы электроснабжения творожного цеха, цеховых подстанций (ТП) на базе серийно выпускаемого электрооборудования.

1 ОПИСАНИЕ ПРОЕКТИРУЕМОГО ОБЪЕКТА

1.1 Описание технологического процесса творожного цеха

Технологический процесс производства творога состоит из следующих этапов (рисунок 1) [28].



Рисунок 1 – Этапы технологического процесса производства творога

Подготовка сырья. Молоко подвергается очищению и разделению на два продукта на сливки и обезжиренное молоко на сепараторах-молокоочистителях. В процессе производства творога обезжиренное молоко

направляется на пастеризацию при температуре 80°C в пластинчатых или трубчатых пастеризационно-охладительных установках.

Охлаждение молока. Далее молочную массу следует охладить до температуры заквашивания (около 30°C). Для получения кисломолочного творога требуется кислота, которая образуется биохимическим способом, а именно за счет влияния культуры микроорганизмов.

Закваска. После подогрева молочной массы в продукт добавляется закваска, далее следует образование сгустка. Сгусток разрезают на кубики, приблизительные размеры которых составляют 20x20x20 см.

Самопрессование. После этого их оставляют на 1 час для того, чтобы отделилась сыворотка (сливают из ванны) и возрос уровень кислотности. Сами кубики помещают в лавсановые мешки, причем заполняют их чуть больше половины. Завязывание и укладывание в ванну происходит с целью самопрессования.

Подобный процесс также можно осуществлять в пресс-тележке или же на установке УПТ для прессования и охлаждения творога. Или как на предоставленном оборудовании в прессе для отделения сыворотки.

Фасовка творога. Творог транспортируется на ленточном транспортере и подается на фасовочные автоматы [28].

1.2 Линия для производства творога классического рассыпчатого, описание и характеристика оборудования

Выбранная заказчиком линия для производства творога состоит из следующего оборудования:

Котёл варочный тип HPSS –2 шт [31]

Котёл для изготовления творога HPSS-12. Котёл предназначен для изготовления кислотного творога. Механизированный процесс обработки сгустка протекает в режиме автоматического управления. Котёл оборудован

боковой системой откачки сыворотки, водяной рубашкой и термической изоляцией (рисунок 2).



Рисунок 2 – Котёл варочный тип HPSS

Технические параметры котла [31]:

- объём: 12 000 л;
- установленная мощность: 8,5 кВт;
- элементы автоматики, управления, электрическая оснастка.

Система подогрева котла – 2 шт

Технические параметры:

Система подогрева котла предназначена для подготовки горячей воды используемой для обогрева содержимого котла, с целью правильного проведения технологического процесса:

- установленная мощность: 4 кВт.

Ёмкость тип ZB – 1 шт

Технические параметры:

Система фильтрации сыворотки. Резервуарная ёмкость сыворотки, объём около 400 л.

Насос сыворотки

Технические параметры:

- производительность 15 – 20 м³/час;
- мощность 2,2 кВт.

Насос сгустка

Технические параметры:

- кулачковый насос;
- производительность 1 000-5 000 л/ч;
- установленная мощность: 2,2 кВт.

Насос возврата мойки

Технические параметры:

- производительность: макс. 30 000 л/ч;
- мощность: 3,0 кВт.

Теплообменник WR/T трубчатый охладитель творожного сгустка

Технические параметры:

- охладитель построен по типу «труба в трубе»;
- хладагент – ледяная вода 2°С;
- производительность потока до 4 000 л/ч;
- система регулирования температуры охлаждения продукта (регулирующий клапан на входе ледяной воды);
- мощность 12,0 кВт.

Пресс для творога тип P/T

Технические параметры:

Система стандартизации творога, с прессовочным конвейером и отделением сыворотки. Оборудование закрытое, приспособленное для мойки в системе СИП.

Система приёма сыворотки

Технические параметры:

- ёмкость сыворотки;
- насос сыворотки;
- производительность 20 м³/час;

- мощность 4,4 кВт.

Прессовочный конвейер [31]

Ленточное прессовочное оборудование для непрерывного отделения сыворотки и прессовки творожного сгустка на ленте пропускающей сыворотку (рисунок 3). Оборудование изготовлено из нержавеющей стали.
Управление: система – Profinet - FESTO CPX MPA-S.

Технические параметры:

- производительность: 750,0 кг творога / час;
- скорость ленты: 0,86 – 8,6 м / мин.;
- общая мощность ~6,0 кВт (с насосом сыворотки).

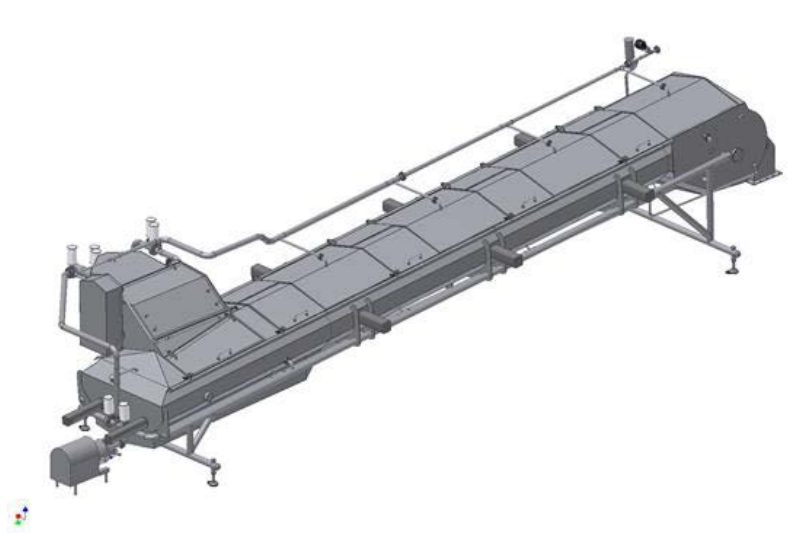


Рисунок 3 – Внешний вид пресса для творога тип Р/Т

Транспортёр тип TREL

Технические параметры:

Двухшнековый охладитель творога. Используется для охлаждения творога после прессования на прессовочной ленте.

- двухшнековый транспортёр с загрузкой около 1/3 общего объёма;
- производительность 800 кг/час;
- установленная мощность 1,5 кВт.

Установка охлаждения хладагентом «Chiller»

Технические параметры:

установленная мощность 17 кВт.

Система разделения творога

Технические параметры:

установленная мощность 4кВт.

Транспортер, подающий творог на упаковочную машину и сама машина.

Технические параметры:

- установленная мощность 11,5 кВт.

Насос творожной массы

Технические параметры:

Насос подающий творог до ванно- силоса и с ванно- силоса до упаковки:

- производительность 1 500 кг/ч;

- установленная мощность: 2,2 кВт.

Насос возврата мойки

Технические параметры:

- производительность: макс. 25 м³/ч;

- мощность: 3,0 кВт.

Станция мойки тип KSM

Технические параметры:

Контейнерная моечная станция двухфазного моечного процесса одноконтурная.

- установленная мощность: 13,5 кВт.

2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТВОРОЖНОГО ЦЕХА

2.1 Расчет электрических нагрузок объекта цеха

2.1.1 Расчет электрических нагрузок цеха

Таблица 1 - Электрические нагрузки электроприемников творожного цеха

Наименование объекта	Количество нный показатель, шт	Единичные расчетные нагрузки			
		P _{уст} , кВт	cosφ	Q, кВар	S _{уст} , кВА
Котёл варочный HPSS	2	8,5	0,92	7,24	18,47
Система подогрева котла	2	4,0	0,88	4,32	9,1
Насос сывортки	1	2,2	0,9	1,06	2,44
Насос сгустка	1	2,2	0,9	1,06	2,44
Насос возврата мойки	1	3,0	0,89	1,53	3,37
Теплообменник WR/T	1	12,0	0,88	6,48	13,64
Пресс для сыра	1	4,4	0,87	2,49	5,06
Прессовочный конвейер	1	6,0	0,88	3,24	6,82
Транспортёр тип TREL	1	1,5	0,91	0,68	1,65
Установка охлаждения хладагенда „Chiller”	1	17,0	0,87	9,63	19,54
Система разделения творога	1	4,0	0,9	1,93	4,44
Транспортер, подающий творог на упаковочную машину и сама машина	1	11,5	0,87	6,51	13,22
Насос творожной массы	1	2,2	0,89	1,12	2,47
Насос возврата мойки	1	3,0	0,89	1,53	3,37
Станция мойки тип KSM	1	13,5	0,87	7,65	15,52
Офис (кабинеты)	5	2,5	0,92	5,32	13,59
Сумма					135,14

Электрические нагрузки сетей 0,4 кВ будут определены путем суммирования расчетных нагрузок на вводе потребителей учитывая коэффициент одновременности, K_o , отдельно для вечернего и дневного максимума (таблица 1).

Расчетная нагрузка на один электроприемник можно определить по выражению:

$$\begin{cases} P_{Di} = K_{уд} \cdot P_{РЖД} \\ P_{Vi} = K_{уб} \cdot P_{РЖД} \end{cases}, \quad (1)$$

где $K_{уд}$, $K_{уб}$ - коэффициенты участия в вечернем и дневном максимуме соответственно для определяемой нагрузки на вводе на каждый электроприемник, $K_{уд}=0,4$ [5];

$P_{РЖД}$ - расчетная нагрузка потребителя, кВт.

2.1.2 Определение расчетной нагрузки освещения

На территории творожного цеха есть зона с тротуарами с переходными типами покрытий и с асфальтобетонными шириной проезжей части 4-5 м (средняя норма освещенности составляет 4 лк). Для освещения территории около цеха категории «В», будем использовать светодиодный светильник «Sveteco 96» (рисунок 4), которые будут питаться от сети напряжением 220В, рабочим током светодиодов 350мА, потребляемой мощностью 40 Вт.



Рисунок 4 – Светодиодный светильник «Sveteco 96»

Для освещения рабочих мест, лестничных площадок, холлов здания цеха категории «А», будут использованы светодиодные светильники «Sveteco 24» (рисунок 5), питающиеся от сети напряжением 220В, рабочим током светодиодов 150мА, потребляемая мощностью их составляет 24Вт. Для

освещения территории светильники будут расположены на фасаде здания цеха, а светильники которые внутри помещения, их монтаж будет произведен на потолке [30].

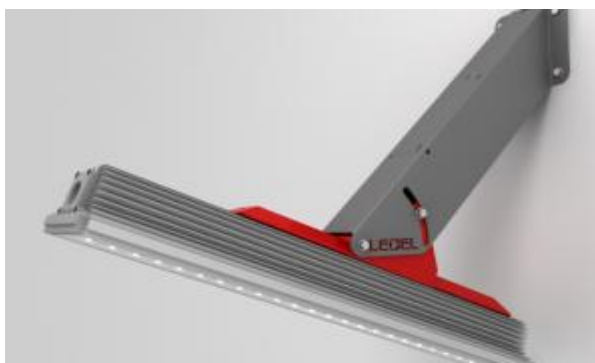


Рисунок 5 – Светодиодный светильник «Sveteco 24»

Активную расчетную нагрузку наружного и внутреннего освещения, находится используя формулу [3]:

$$P_{p.осв.у} = \sum_1^n P_{уд.осв.у} \cdot l_{ул.}, \text{ кВт}, \quad (2)$$

где $l_{ул.}$ - длина осветительной сети (суммарная), км:

$$l_{ул.} = 0,5 \text{ км},$$

n – количество светильников устанавливаемых на 1 км осветительной сети, шт;

$$P_{p.осв.у} = 24,0 \cdot 0,5 \cdot 400 + 40 \cdot 0,5 \cdot 20 = 5200 \text{ Вт} = 5,2 \text{ кВт}.$$

Расчетную реактивную нагрузку наружного и внутреннего освещения находится используя формулу [3]:

$$Q_{p.осв.у.} = P_{p.осв.о.} \cdot \text{tg}\varphi_{у.о} \text{ кВАр}, \quad (3)$$

$$Q_{p.осв.у.о.} = 5,2 \cdot 0,62 = 3,22 \text{ кВАр}.$$

Согласно [22] расчетная нагрузка освещения будем принимать по норме $0,5 \text{ Вт/м}^2$ площади

$$S_{осв.} = \sqrt{5,2^2 + 3,22^2} = 6,12 \text{ кВА}.$$

Расчет освещения производится методом коэффициента использования светового потока. При расчете по указанному методу необходимый световой поток одной лампы определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{min}} \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot h} \text{ лм,} \quad (4)$$

$$\phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{min}} \cdot k_{\text{з}} \cdot S_{\text{з}}}{N \cdot k_{\text{и}}} = \frac{50 \cdot 1,2 \cdot 660 \cdot 1,12}{1} = 420 \text{ лм}$$

и количество светильников:

$$N = \frac{E_{\text{min}} \cdot k \cdot S \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot h}, \text{ шт,} \quad (5)$$

где E_{min} - минимальная нормированная освещенность, лк;

k - коэффициент запаса (для светодиодных ламп $k=1,2$);

S - освещаемая площадь, 660 м^2 ;

Z - коэффициент минимальной освещенности (коэффициент неравномерности освещения) (при расчете освещения от светильников светодиодных $Z = 1,12$);

N - число светильников шт;

n - число ламп в светильнике шт;

h - коэффициент использования светового потока в долях единицы.

$$N = \frac{50 \cdot 1,2 \cdot 660 \cdot 1,12}{420 \cdot 1 \cdot 1} = 106 \text{ шт.}$$

Количество светильников установленных внутри цеха будет равно 106 штук.

Мощность осветительной установки P определяется из выражения:

$$P = n \cdot N \cdot P_i \text{ кВт,} \quad (6)$$

где P_i - потребляемая мощность одного светодиодного светильника равного $0,028 \text{ кВт}$.

$$P = 1,2 \cdot 106 \cdot 0,028 = 3,56 \text{ кВт.}$$

2.1.3 Расчет электрических нагрузок творожного цеха

Для участков линии 0,4 кВ к которым присоединены разнородные потребители, или же нагрузка на вводах у этих потребителей отличается более чем в 4 раза, то суммирование необходимо выполнять с использованием метода надбавок [11]:

$$P = P_{\text{наиб}} + \sum_{i=1}^{m-1} \Delta P_i \text{ кВт}, \quad (7)$$

где $P_{\text{наиб}}$ - максимальная активная нагрузка из числа всех сходящихся нагрузок потребителей, кВт;

ΔP_i - добавка к максимальной нагрузке от активной нагрузки, которая находится по таблице 4, промежуточные ее значения можно найти с использованием метода интерполяции.

Нагрузки основных электроприемников указана в таблице 1, расчет внутреннего и внешнего освещения цеха рассчитаны в подразделе 2.1.2, беря все эти данные, далее находится общая загрузка творожного цеха.

Сумма наибольшей нагрузки цеха с учетом уличного и внутреннего освещения в вечерний максимум, будет равна:

$$\begin{aligned} \Sigma S_{\text{MAX}} &= \Sigma S_{\text{веч}} + S_{\text{осв}}, \\ \Sigma S_{\text{MAX}} &= 135,14 + 6,12 + 3,56 / 0,97 = 144,76 \text{ кВА}, \end{aligned}$$

где $S_{\text{осв}}$ - общая нагрузка на освещение (внутреннего и наружного), кВА;

$S_{\text{веч}}$ – общая нагрузка на технологическое оборудование, кВА.

В данном подразделе произведен расчет электрических нагрузок творожного цеха, а также суммарная нагрузка всех электроприемников цеха которая согласно проведенным расчетам составила 144,76 кВА. Этот показатель мощности нужно учитывать при выборе защитных аппаратов проектируемой системы электроснабжения и распределительной сети 0,4 кВ. Для выбора силовых трансформаторов в ТП (трансформаторной подстанции) будет использоваться полную проектную мощность творожного цеха 144,76 кВА.

2.2 Выбор числа и мощности трансформаторов на трансформаторной подстанции

При выборе мощности и числа силовых трансформаторов установленных в ТП, этот выбор должен быть технически обоснован, так как этот выбор оказывает большое влияние на рациональное построение системы и схемы электроснабжения творожного цеха.

При выборе трансформаторов учитываются допустимая их перегрузка при аварии согласно ПУЭ (правила устройства электроустановок) и предшествовавшая недогрузка трансформатора до аварии, определенная по расчету или замеру для работающих трансформаторов.

Для каждой технологической группы трансформаторов на участке электропотребления одной и той же мощности минимальное их число, которое нужно для питания максимальной расчетной активной нагрузки находится по формуле [2]:

$$N_T = \frac{S_p}{k_3 \cdot S_{ном.}}, \text{шт}, \quad (8)$$

где k_3 - коэффициент загрузки трансформаторов, который равен: 0,65 – 0,7 при преобладании потребителей первой категории по надежности электроснабжения; 0,75 – 0,85 при преобладании потребителей второй и третьей категории по надежности электроснабжения; 0,9 – 0,95 при однострановых ТП и потребителей третьей по надежности электроснабжения;

$S_{т.ном}$ - номинальная мощность трансформаторов, кВА;

S_p – полная проектная мощность, кВА.

Значение числа трансформаторов, которое получено в результате расчетов, необходимо округлить до ближайшего целого числа и определить реальный коэффициент загрузки трансформаторов при нормальном режиме работы [2]:

$$k_{з.ф.} = \frac{S_p}{N_T \cdot S_{ном}} \quad (9)$$

Расчёт мощности трансформаторов на ТП творожного цеха производится по следующему выражению [13]:

$$S_{р.т} = \frac{S_p}{k_3 \cdot N_T} \quad (10)$$

Мощность трансформаторов для питания наибольшей расчетной активной нагрузки (при $k_3=0,8$ о.е., в цеху приемники и техпроцесс относится ко второй группе по надежности электроснабжения) и $N_T=2$ – это количество силовых трансформаторов в ТП:

$$S_{р.т} = \frac{144,76}{2 \cdot 0,8} = 90,48 \text{ кВА},$$

Приняв два трансформатора мощностью $S_{т.ном.}=100$ кВА.

Фактический коэффициент загрузки трансформатора [2]:

$$k_{з.ф.} = \frac{144,76}{2 \cdot 100} = 0,68 \leq 0,7 \text{ о.е.}$$

Для ТП творожного цеха применяются трансформаторы закрытого типа ТМЗ-100/10 (трансформатор масляный закрытый) второй категории. Поскольку в отделениях есть осветительная нагрузка (однофазная нагрузка), то схема соединения обмоток силового трансформатора Д/У_н, которая дает меньшие сопротивления нулевой последовательности (нейтраль может нагружаться до 75% номинального тока фазы против 25% при схеме У/У_н) и улучшает условия защиты от однофазных замыканий на землю.

Параметры выбранных трансформаторов на ТП укажем в таблице 2.

Таблица 2 – Технические данные трансформаторов на трансформаторной подстанции цеха

Тип трансформатора	$S_{ном.т}$, кВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	u_k , %	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	I_{xx} , %
ТМЗ-100/10	100	10	0,4	5,5	3,85	23,5	1,0

Расчёт потерь мощности в трансформаторах на ТП цеха

Для расчета потерь в трансформаторах используются их паспортные данные, которые указаны в таблице 2.

Потери активной мощности в трансформаторах на Т-1, и Т-2 творожного цеха ΔP_T , кВт [9]:

$$\Delta P_{\text{ТП}} = N_T \left(\Delta P_{\text{ХХ}} + k_{\text{з.ф}}^2 \cdot \Delta P_{\text{КЗ}} \right), \quad (11)$$

где $\Delta P_{\text{Х.Х.}}$ – потери ХХ (холостого хода) трансформатора, кВт;

$\Delta P_{\text{К.З.}}$ – потери КЗ трансформатора, кВт;

N_T – количество трансформаторов на ТП, шт;

$K_{\text{з.ф.}}$ – фактический коэффициент загрузки трансформатора, о.е.

Для ТП цеха:

$$\Delta P_T = 2 \cdot (3,85 + 0,59^2 \cdot 23,5) = 24,06 \text{ кВт.}$$

Потери реактивной мощности в трансформаторах ΔQ_T , кВар [12]:

$$\Delta Q_{\text{ТП}} = N_T \left(\sqrt{\left(\frac{I_X \% \cdot S_{\text{НОМ.Т}}}{100} \right)^2 - \Delta P_X^2} + k_{\text{з.ф}}^2 \cdot \frac{u_K \% \cdot S_{\text{НОМ.Т}}}{100} \right), \quad (12)$$

где i_0 – ток ХХ трансформатора, %;

u_K – напряжение КЗ трансформатора, %.

Результаты расчёта потерь мощности в трансформаторах на ТП творожного цеха сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчёта потерь мощности в трансформаторах на Т-1 и Т-2 творожного цеха

№ ТП	Тип тр-ра	$S_{\text{Т.НОМ}}$, кВА	$\Delta P_{\text{Х.Х.}}$, кВт	$\Delta P_{\text{К.З.}}$, кВт	u_K , %	i_0 , %	n , шт	$K_{\text{з.ф}}$	ΔP_T , кВт	ΔQ_T , кВар
Т-1	ТМЗ-100/10	100	3,85	23,5	5,5	1,0	2	0,49	23,43	135,64
Т-2	ТМЗ-100/10	100	3,85	23,5	5,5	1,0	2	0,5	24,06	145,12
Итого:									47,49	280,76

2.3 Выбор схемы электроснабжения цеха

При разработке принципиальной электрической схемы ТП необходимо учитывать общие правила, изложенные в учебной [2, 20] и справочной [8] литературе. Основными из них являются:

- отсутствие, как правило, сборных шин первичного 10кВ напряжения;
- глухое присоединение к линии 10 кВ при радиальной схеме питания;
- применение разъединителя или выключателя нагрузки в сочетании с предохранителем в случаях, если источник питания находится в ведении другой эксплуатирующей организации или подстанция значительно удалена от источника питания.

Подключение через разъединитель с плавкими предохранителями (наиболее дешёвый вариант защиты трансформатора) применяют в следующих случаях [3]:

- ток нагрузки трансформатора отключается аппаратами НН, разъединитель ВН способен отключить ток холостого хода трансформатора;
- номенклатура плавких предохранителей позволяет выбрать подходящие по номинальному току трансформатора с требуемой отключающей способностью токов короткого замыкания;
- включение и отключение трансформатора производится не более нескольких раз в месяц;
- не требуется дистанционное управление подстанцией, и у трансформатора нет защит, требующих в цепи ВН выключателя.

Когда необходимо отключение тока нагрузки со стороны ВН, вместо разъединителя применяют выключатель нагрузки (ежедневные коммутации цепи трансформатора, применение сложных защит).

При магистральном питании на вводе трансформатора устанавливают предохранитель и выключатель нагрузки при $S_{\text{ном}} \geq 630$ кВА; разъединитель и предохранитель при $S_{\text{ном}} \leq 400$ кВА. Для трансформаторов 25 – 100 кВА можно устанавливать лишь один разъединитель.

При магистральной схеме на напряжении 10кВ установка отключающего аппарата не обязательна в следующих случаях [4]:

- 1) магистраль выполнена воздушной линией и обеспечена достаточная чувствительность защиты на головном участке к повреждениям в трансформаторе;
- 2) обеспечена необходимая степень резервирования;
- 3) на двухтрансформаторной подстанции мощность одного трансформатора достаточна для питания потребителей первой и второй категории и установлена отключающая аппаратура на стороне НН;
- 4) секции шин ТП оборудованы устройством АВР.

Схема распределительного устройства НН должна учитывать собственные нужды: освещение, отопление, вентиляцию.

При составлении электрической схемы ТП (рисунок 6) целесообразно ориентироваться на схемы комплектных трансформаторных подстанций (КТП), выпускаемых различными производителями [1, 5] и широко применяемых в настоящее время. Соответствующая информация содержится в документах, размещённых на сайтах производителей.

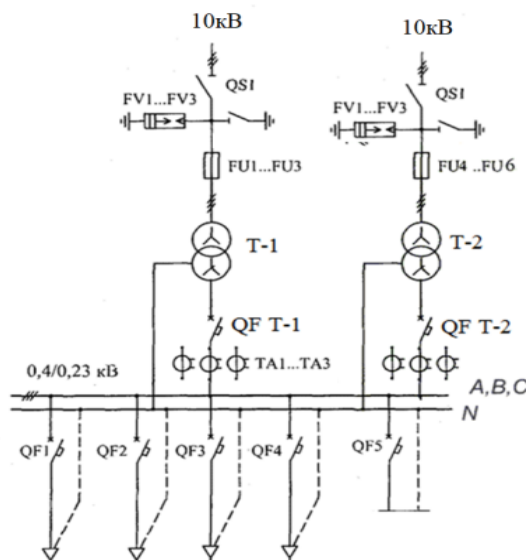


Рисунок 6 – Схема подключения трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ:

FV - разрядник; QS - разъединитель; FU1 - FU6 - предохранители; Т - понижающий трансформатор; QF T-1, T-2 - вводные автоматы; QF-1 - QF-4- автоматы отходящих линий; QF-5 - секционный автомат; ТА - трансформаторы тока; А, В, С и N - фазы и нейтраль РУ - 0,4кВ

Комплектная двухтрансформаторная подстанция тупиковая (КТП) (рисунок 7) с воздушным вводом 10кВ позволяет устанавливать трансформатор мощностью до 1000 кВА. Подстанция состоит из вводного устройства 10кВ, и РУ 0,4кВ. Силовой трансформатор монтируется на салазках рамы под шкафом предохранителей высокого напряжения. Изоляторы трансформатора закрываются кожухом, закрепленным за заднюю стенку РУ 10кВ. Разрядники напряжением 10кВ крепятся снаружи к верхней части шкафа. Рядом с силовым трансформатором устанавливается шкаф низкого напряжения. Разъединитель монтируется на концевой опоре питающей ВЛ. На стороне 10кВ предусмотрена блокировка, не позволяющая открыть двери шкафа высокого напряжения без отключения главного рубильника и включения заземляющих ножей разъединителя в сторону ТП.

Подстанция размещается на фундаменте, высота которого принимается из условий минимально допустимого расстояния до земли от вводов высшего напряжения. Согласно [17] это расстояние должно быть не менее 4 м.

На рисунке 8 приведена принципиальная схема ТП с трансформатором и указано комплектующее оборудование.

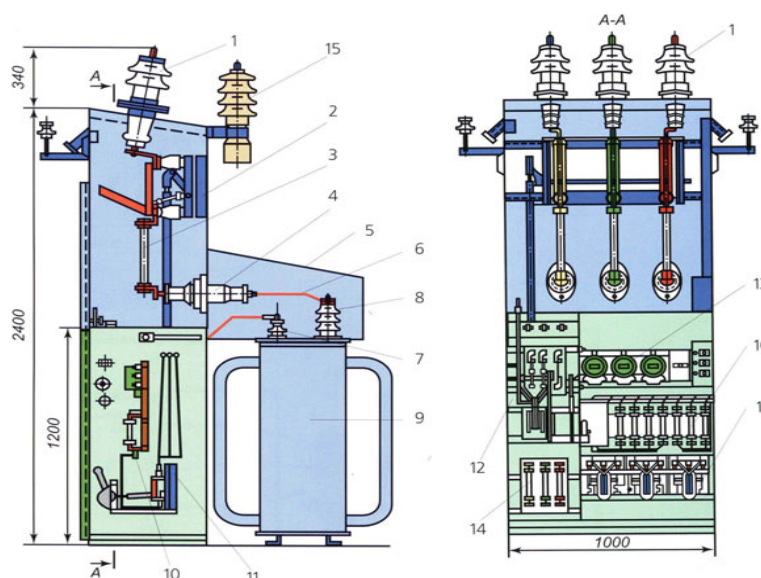


Рисунок 7 – Вид комплектной трансформаторной подстанции 10/0,4кВ:

1 - проходной изолятор ввода; 2 - разъединитель; 3 - трубчатый предохранитель; 4 - проходной изолятор; 5 - металлический кожух; 6 - шины КТП; 7 и 8 - вводы трансформатора; 9 - трансформатор; 10 - предохранители; 11 - рубильники отходящих линий; 12 - общий рубильник; 13 - электрические счетчики; 14 - общие предохранители; 15 - разрядники

Двухтрансформаторная ТП имеет два вводных устройства со стороны высокого напряжения, два силовых трансформатора с защитными кожухами и распределительное устройство со стороны низкого напряжения.

При работе двухтрансформаторных КТП. В ТП применяются трехфазные двухобмоточные силовые трансформаторы (ТСЗ, ТМЗ, ТМГ, ТМФ и др.), устройство и работа которых приведена в техническом описании и инструкции по эксплуатации на конкретный тип трансформатора.

2.4 Расчёт токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания производится с целью проверки защитной аппаратуры на термическую и динамическую стойкость, а так же чувствительность и селективность действия. Расчет токов КЗ производится в именованных единицах. Для расчета токов КЗ составим эквивалентную однолинейную схему и схему замещения (рисунок 8, 9).

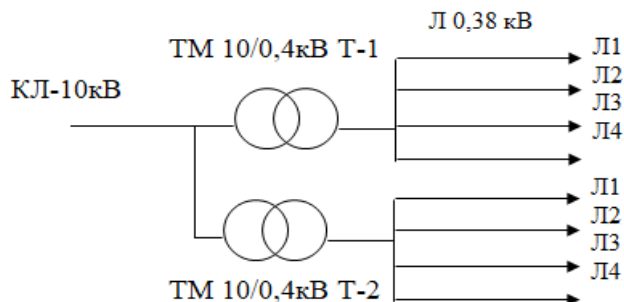


Рисунок 8 - Эквивалентная однолинейная схема

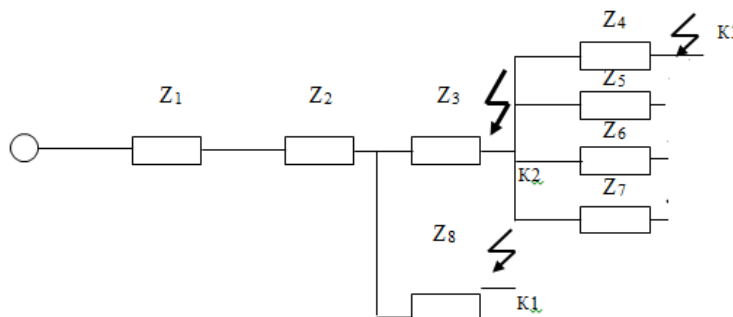


Рисунок 9 - Схема замещения:

Z_1 – сопротивление питающей сети; Z_2, Z_8 – сопротивление Л-10кВ; Z_3 – сопротивление трансформатора ТП 10/0,4кВ току КЗ; $Z_4 - Z_7$ – сопротивление отходящих линий 0,38кВ.

Приведенное сопротивление питающей сети определяется по формуле [9]:

$$Z_c = \frac{U_6^2}{S_{кз}}, \quad (13)$$

где U_6 – базисное напряжение, принимается 400 В;

$S_{кз}$ – мощность КЗ на линии 10кВ;

$$Z_c = 400^2 / 2 \cdot 10^6 = 8 \cdot 10^{-4} \text{ Ом.}$$

Для линий 10кВ приведенные сопротивления определяют по формулам [24]:

$$R_{ли} = 1,45 \cdot 10^{-3} \cdot R_y \cdot l_y, \quad ,$$

$$X_{ли} = 1,45 \cdot 10^{-3} \cdot X_y \cdot l_y,$$

где R_y и X_y – соответственно удельные активное и индуктивное сопротивления участков линий 10кВ, Ом/км.

Сопротивление участков линий 10кВ [25]:

$$Z_n = Z_{3-pmn} + Z_{1-3} + Z_{2-1},$$

$$R_{3-pmn} = 1,45 \cdot 10^{-3} \cdot 0,85 \cdot 2 = 0,00247 \text{ Ом},$$

$$X_{3-pmn} = 1,45 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 \cdot 2 = 0,00116 \text{ Ом},$$

$$Z_{3-pmn} = \sqrt{0,00247^2 + 0,00116^2} = 0,00273 \text{ Ом},$$

$$R_{1-3} = 1,45 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 \cdot 2,83 = 0,00451 \text{ Ом},$$

$$X_{1-3} = 1,45 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 \cdot 2,83 = 0,00164 \text{ Ом},$$

$$Z_{1-3} = \sqrt{0,00451^2 + 0,00164^2} = 0,0048 \text{ Ом},$$

$$R_{2-1} = 1,45 \cdot 10^{-3} \cdot 1,1 \cdot 3,16 = 0,00504 \text{ Ом},$$

$$X_{2-1} = 1,45 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4 \cdot 3,16 = 0,00183 \text{ Ом},$$

$$Z_{2-1} = \sqrt{0,00504^2 + 0,00183^2} = 0,00536 \text{ Ом},$$

$$Z_n = 0,00273 + 0,0048 + 0,00536 = 0,01289 \text{ Ом},$$

Сопротивление линий 0,38 кВ определяются по формулам [25]:

$$R_{ли} = R_y \cdot l_y, \quad (14)$$

$$X_{ли} = X_y \cdot l_y,$$

где R_y и X_y – соответственно удельные активное и индуктивное сопротивления участков линий 0,38 кВ, Ом/км.

Линия 1

$$R_{7-III} = 0,588 \cdot 0,056 = 0,0329 \text{ Ом},$$

$$R_{15-7} = 0,85 \cdot 0,108 = 0,0918 \text{ Ом},$$

$$R_{12-14-15} = 1,10 \cdot 0,090 = 0,099 \text{ Ом},$$

$$R_{Л1} = 0,0329 + 0,0918 + 0,099 = 0,2237 \text{ Ом},$$

$$X_{Л1} = 0,3 \cdot 0,254 = 0,0762 \text{ Ом},$$

$$Z_{Л1} = \sqrt{0,2237^2 + 0,0762^2} = 0,2363 \text{ Ом},$$

Ток трехфазного КЗ на элементах сети 10кВ определяется по формуле [8]:

$$I_{КЗ^3} = \frac{0,4}{6,3} \cdot \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} \text{ А}, \quad (15)$$

где Z_{Σ} суммарное сопротивление ВЛ до точки КЗ, Ом.

Ток трехфазного КЗ на элементах сети 0,4кВ определяется по формуле [8]:

$$I_{КЗ^3} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} \text{ А}. \quad (16)$$

Ток двухфазного КЗ определяется по формуле [20]:

$$I_{КЗ}^{(2)} = 0,87 I_{КЗ}^{(3)} \text{ А}.$$

Ток однофазного КЗ определяется по формуле [20]:

$$I_{КЗ}^{(1)} = \frac{230}{\frac{Z_{TP}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-0}} \text{ А}, \quad (17)$$

где: $Z_{TP}^{(1)} / 3$ – приведенное сопротивление трансформатора току однофазного КЗ, Ом;

$Z_{\phi-0}$ – сопротивление петли фаза – нуль, Ом.

Результаты расчета токов КЗ сведем в таблицу 4.

Таблица 4 - Расчетные токи короткого замыкания

Точка КЗ	Место КЗ	Токи КЗ, А		
		$I_{кз}^{(3)A}$	$I_{кз}^{(2)A}$	$I_{кз}^{(1)A}$
К1	Шина 10кВ удаленной ТП	643,40	559,76	-
К2	Шина 0,4 кВ проектируемой ТП	8460,08	7360,27	-
К3	В конце линии 1	-	-	1399,58
К4	В начале линии 1	-	-	1438,60

2.5 Выбор питающей линии электроснабжения

Выбор кабеля будем выполнять по экономической плотности тока.

Ток рабочего нормального режима для фидера к ТП творожного цеха [13]:

$$S_p = 144,76 \text{ кВА},$$

$$I_{\text{раб.}} = \frac{144,76}{\sqrt{3} \cdot 10} = 8,35 \text{ А}, \quad (18)$$

Выбор производим, учитывая условия прокладки кабеля.

Для кабеля с алюминиевыми жилами при $T_{\text{max}} = 4900$ часов находим экономическую плотность тока:

$$J_{\text{эк}} = 1,1 \text{ А/мм}^2 [5].$$

По экономической плотности тока $J_{\text{эк}}$ находим площадь сечения [29]:

$$S_{\text{э}} = I_{\text{раб.мак}} / J_{\text{эк}} = 8,35 / 1,1 = 7,9 \text{ мм}^2. \quad (19)$$

Выбрано стандартное сечение кабеля

$$S = 50 \text{ мм}^2.$$

Параметры выбранного питающего кабеля к трансформаторной подстанции цеха приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры выбранного питающего кабеля к трансформаторной подстанции цеха

АПвЭгаПу10 3х1х50(0Ж)-	Установки
$U_{\text{вн}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{уст.в}} = 10 \text{ кВ}$
$S = 50 \text{ мм}^2$	$S_{\text{э}} = 7,9 \text{ мм}^2$
$I_{\text{доп.н}} = 195 \text{ А}$	$I_{\text{раб.мак}} = 8,35 \text{ А}$

Производим проверку выбранного кабеля на выполнение условия [29]:

$$I_{\text{раб.мах}} < I_{\text{доп}},$$

где $I_{\text{раб.мах}}$ – максимальное значение тока при эксплуатации кабеля, А;

$$I_{\text{доп}} = K_1 \cdot K_2;$$

$I_{\text{доп.н}}$ – длительно допустимый ток с учетом поправки на число рядом проложенных кабелей K_1 и температуру окружающей среды K_2 , А;

$I_{\text{доп.н}}$ – длительно допустимый ток на один кабель при номинальной разности температур между кабелем и окружающей средой, А.

Поправочные коэффициенты K_1 и K_2 могут быть определены по [17]:

- K_1 для учета количества рядом проложенных кабелей: $K_1 = 1$;
- K_2 для учета температуры окружающей среды: $K_2 = 1,05$.

С учетом поправок получаем:

- $I_{\text{доп}} = 1 \cdot 1,05 \cdot 195 = 204,75 \text{ А}$.
- $I_{\text{раб.мах}} \leq I_{\text{доп}}$ – условие выполняется.

Для прокладки применяем кабель марки АПвЭгаПу-10 3х1х50 (ОЖ) [20] (рисунок 10).

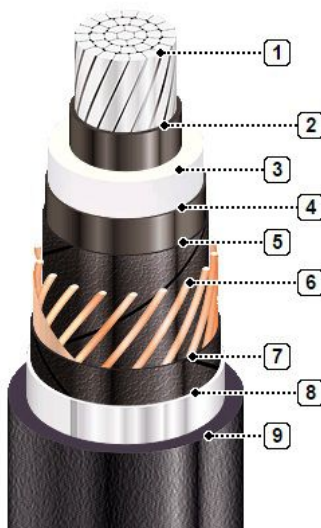


Рисунок 10 - Кабель марки АПвЭгаПу-10 3х1х50:

1 - алюминиевая многопроволочная уплотненная токопроводящая жила; 2 - внутренний экструдированный полупроводящий слой; 3 - изоляция из сшитого полиэтилена; 4 - внешний экструдированный полупроводящий слой; 5 - слой обмотки полупроводящей водонабухающей лентой; 6 - медный экран; 7 - слой обмотки водонабухающей лентой; 8 - алюмополимерная лента; 9 - усиленная наружная оболочка из полиэтилена.

Кабели силовые с алюминиевыми токопроводящими жилами (ТПЖ), изоляцией из сшитого полиэтилена, продольной и поперечной герметизацией экрана и усиленной наружной оболочкой из полиэтилена Кабелю этой марки соответствуют аналоги иностранного производства: АПвПу2г (RU) Технические требования к кабелям соответствуют IEC 60502-2.

Выбор сборных шин и распределительных устройств на подстанции.

На стороне напряжения 0,4кВ количество секций распределительного шинпровода, как правило, равно числу силовых трансформаторов. При этом для двухтрансформаторной подстанции обеспечивается возможность резервного питания электроприёмников при установке между секциями автоматического выключателя. Шинпровод выбирают по номинальному току и напряжению. Технические данные распределительных шинпроводов приведены в учебном пособии [2].

Выберем шины на 10 кВ. Шины располагаем по вершинам прямоугольного треугольника.

Сборные шины по экономической плотности тока не выбирают, поэтому сечение шины выбираем по допустимому току. Принимаем алюминиевые шины прямоугольного сечения 80×10 с $I_{доп} = 2080$ А.

Данные шины необходимо проверить на термическую стойкость.

Проверка производится по условию [23]:

$$q_{мин} \leq q_{расч},$$
$$q_{мин} = \frac{\sqrt{B_k}}{C}, \quad (20)$$

где B_k – термический импульс К.З.,

$C = 90$, постоянная для алюминия.

Термический импульс для шин равен термическому импульсу для выключателей:

$$B_k = 104,52 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Определим минимально возможное сечение [23]:

$$q_{MIN} = \frac{\sqrt{104,52}}{90} \cdot 10^3 = 113,59 \text{ мм}^2,$$

$$q_{MIN} = 113,59 \text{ мм}^2 \leq q_{РАСЧ} = 800 \text{ мм}^2,$$

На термическую стойкость шины проходят.

Проверка шин на электродинамическую стойкость осуществляется по формуле [8, стр.231]:

$$f_0 \leq 30, \quad f_0 \geq 200 \text{ Гц},$$

$$f_0 = \frac{173,2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{J}{q}}, \quad (21)$$

где l - длина пролета между изоляторами, м;

J - момент инерции поперечного сечения шины.

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{8 \cdot 1^3}{12} = 0,66 \text{ см}^3,$$

где b – толщина шины, см;

h – ширина шины, см;

q - поперечное сечение шины, см².

$$f_0 = \frac{173,2}{2^2} \cdot \sqrt{\frac{0,66}{8}} = 12,43 \text{ Гц}.$$

Т.к. $f_0 \leq 30$ Гц, то шины проходят по динамической стойкости.

Шины являются механически прочными при выполнении условия:

$$\sigma_{расч} \leq \sigma_{доп},$$

где $\sigma_{доп}$ – допустимое механическое напряжение в материале шин (для алюминиевых шин 82,3 МПа по [8,таблица 4-3]);

$\sigma_{расч}$ – расчетное напряжение в материале шин [8]:

$$\sigma_{расч} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{i_y^2 \cdot l^2}{W_a}, \quad (22)$$

где i_y – ударный ток, кА;

l – пролет между изоляторами, м;

W_a – момент сопротивления шины относительно оси, перпендикулярной действию силы, см.

При расположении шин плашмя:

$$W_a = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{8 \cdot 1^2}{6} = 1,33 \text{ см}^2;$$

$$\sigma_{расч} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{36260^2 \cdot 2^2}{1,33} = 68,49 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{расч} = 68,49 \leq \sigma_{доп} = 82,3.$$

Следовательно, шина механически прочна, окончательно принимаем
алюминиевые шины прямоугольного сечения 80×10 с $I_{доп} = 2080 \text{ А}$.

Выберем гибкие токопроводы для соединения комплектного распределительного устройства (КРУ) с силовыми трансформаторами. Гибкие токопроводы для соединения трансформаторов с 10кВ выполняются мачтовым методом.

Мощность, протекающая по шинам:

$$S_{\max} = 144,76 \text{ кВА}.$$

Тогда рабочий ток равен:

$$I_{\text{норм}} = 8,35 \text{ А},$$

Определяем расчетное (экономическое) сечение [29]:

$$F_s = \frac{I}{j_s} = \frac{8,35}{1,69} = 49,9 \text{ мм}^2.$$

Сечение несущего провода принимаем:

$$F_{\text{НЕС}} = 0,15 \cdot F_s = 0,15 \cdot 180,2 = 27,03 \text{ мм}^2$$

Принимаем два несущих провода типа АС-25 с $I_{доп} = 105 \text{ А}$.

Проверяем выбранный токопровод по допустимому току [29]:

$$I_{\max} = \frac{S_{\max} \cdot 1,4}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{144,76 \cdot 1,4}{\sqrt{3} \cdot 10} = 11,65 \text{ А};$$

$$I_{доп} = 105 \text{ А} > I_{ав} = 11,65 \text{ А}.$$

Условие выполняется, следовательно окончательно выбираем токопровод марки АС-25 мачтового типа.

2.6 Выбор основного электрооборудования трансформаторной подстанции цеха

Выбор аппаратуры ТП осуществляется по следующим параметрам [15]:

- по напряжению $U_{н.а.} \geq U_{сети}$;
- по току $I_{н.а.} \geq I_p$,

где I_p – расчетный ток сети.

Расчетный ток сети определяется по формуле [15]:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (23)$$

где S_p – расчетная мощность линии, ВА.

Аппараты защиты определяются на автоматическое срабатывание по формулам [15]:

- для предохранителей

$$I_{кз}^{(1)} \geq I_{пл\ вст},$$

где $I_{пл\ вст}$ – ток плавкой вставки предохранителя, А;

- для автоматов

$$I_{кз}^{(1)} \geq k_p I_{эмр},$$

где k_p – коэффициент разброса тока срабатывания электромагнитного расцепителя;

$I_{эмр}$ – ток срабатывания электромагнитного расцепителя, А.

Расчетные токи элементов сети представим в виде таблицы 6.

Таблица 6 - Расчетные токи элементов сети творожного цеха

Элемент сети	U_n , В	S_p , кВА	I_p , А
	U_n , В	P , кВт	I_n , А
КЛ 10 кВ	10000	144,76	8,37
Шина 10 кВ ТП 10/0,4 кВ	10000	144,76	8,37
Шина 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ	400	144,76	209,19
Линия 1	400	40,00	57,80
Линия 2	400	30,00	43,35
Линия 3	400	39,80	57,51
Линия 4	400	35,00	50,58

Разъединители, предохранители будем выбирать по номинальному напряжению, номинальному длительному току, а в режиме короткого замыкания проверяют термическую и электродинамическую стойкость [1].

Разъединители применяются для отключения и включения цепей без тока и создания видимого разрыва цепи в воздухе.

Выбор разъединителей сделаем с помощью таких условий [6]:

- по номинальному напряжению:

$$U_{уст.} \leq U_H,$$

где $U_{уст.}$ – номинальное напряжение электроустановки для использования коммутационного аппарата;

U_H – номинальное напряжение коммутационного аппарата,

- по рабочему току:

$$I_{p.max} \leq I_H,$$

где $I_{p.max}$ – максимальный ток протекающий через коммутационный аппарат в нормальном режиме работы;

I_H – номинальный ток коммутационного;

- по конструктивному исполнению;
- по условиям электродинамической устойчивости:

$$i_y \leq i_{дин.},$$

где i_y – расчетный ударный ток при трехфазном КЗ;

$i_{дин.}$ – ток динамической устойчивости коммутационного аппарата;

- по условиям термической устойчивости:

$$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T \text{ или } B_K \leq B_T,$$

Заземляющие ножи выбираются по тем же условиям.

Выбираем разъединитель на все присоединения 10кВ марки РВ-10/400-1 УЗ (QS), с такими параметрами (рисунок 11) [21]:

$$U_H = 10 \text{ кВ};$$

$$I_H = 400 \text{ А};$$

$$I_T = 22,5 \text{ кА};$$

$$i_{\text{дин}} = 51 \text{ кА};$$

$$t_T = 3 \text{ с};$$

$$t_{\text{відкл}} = 1 \text{ с};$$

$$U_{\text{уст.}} = U_H = 10 \text{ кВ};$$

$$I_{p.\text{max}} = 8,37 \text{ А} \leq I_H = 400 \text{ А};$$

$$i_y = 0,9 \leq i_{\text{дин.}} = 51;$$

$$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T \text{ или } B_K \leq B_T.$$

Расчетные данные:

$$B_{\text{кр}} = 19,32^2 \cdot 1 = 323,26 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Каталожные данные:

$$B_{\text{кк}} = 22,5^2 \cdot 3 = 1518,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

$$323,26 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} < 1518,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Следовательно, данный тип разъединителей РВ-10/400-1 УЗ соответствует всем необходимым требованиям, и могут быть использованы два разъединителя данной ТП.

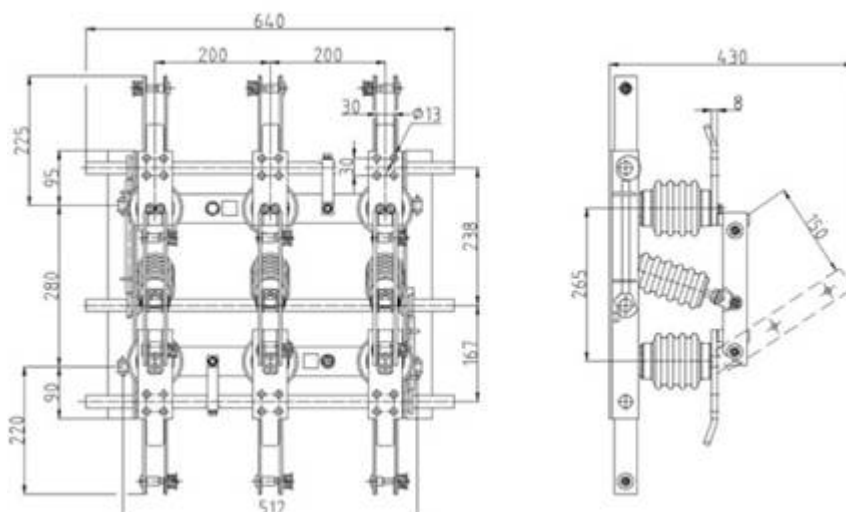


Рисунок 11 – Разъединитель типа РВ-10/400-1 УЗ

Номинальные токи плавких вставок предохранителей следует выбирать так, чтобы исключить его ложное срабатывание вследствие бросков тока при включении трансформатора на небольшую нагрузку, а также при включении электродвигателей или батарей конденсаторов. Для этого ток плавкой вставки должен быть в 1,4 – 2,5 раза больше номинального тока защищаемой цепи [1]. Применение предохранителей с номинальным напряжением, отличным (большим или меньшим) от номинального напряжения сети, не допускается.

Трансформаторы защищаются со стороны ВН 10кВ плавкими предохранителями типа ПКТ 101 -10 УЗ.

Выбор предохранителей на стороне 10кВ для защиты силовых трансформаторов и трансформаторов напряжения, выполним за следующими условиями [3]:

- 1) по номинальному напряжению;
- 2) по рабочему току;
- 3) по току отключения:

$$I'' \leq I_{откл},$$

где $I_{откл}$ – ток отключения, А.

Предохранители (F) выбираем на напряжение 10 кВ. Ток, который проходит через предохранитель, обусловленный мощностью трансформатора (ТП - Т-1, Т-2) на ТП (S=100 кВА), который равный [6]:

$$I_{ном} = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10^3} = 8,37 \text{ А}.$$

Выбираем шесть предохранителей типа ПКТ 101 -10 (рисунок 12) с такими параметрами:

- номинальное напряжение электроустановки – 10кВ;
- номинальный ток электроустановки – 16А;
- номинальный ток (максимальный) отключения – 4кА.

Начальные значения тока КЗ $I'' = 0,64 \text{ кА}$, номинальный ток отключения

$$I_{ном} = 4 \text{ кА}.$$

$0,64 < 4$ – условие по току отключения выполняется.



Рисунок 12 – Внешний вид предохранителя типа ПКТ 101 -10

Ограничители перенапряжений или разрядники выбирают по номинальному напряжению и ряду других параметров [12]. Технические характеристики данных аппаратов приведены в учебном пособии [2].

Выбор ограничителя перенапряжения (ОПН) на стороне 10кВ. выбираются по условиям [21]:

- 1) по номинальному напряжению;
- 2) по наибольшему рабочему напряжению:

$$U_{Н.Д.} \geq U_{Н.Р.},$$

где $U_{Н.Д.}$ – наибольшее допустимое напряжение ОПН;

$U_{Н.Р.}$ – наибольшее рабочее напряжение сети.

- 3) по степени временных перенапряжений:

$$T \cdot U_{Н.О.} \geq U_{пер},$$

где $T \cdot U_{Н.О.}$ – максимальное значение напряжения промышленной частоты, которое выдерживает ОПН;

$U_{пер}$ – уровень временных перенапряжений.

- 4) по координационному интервалу для грозовых перенапряжений:

$$K_{ГР} \geq 0,29,$$

где $K_{ГР} = \frac{U_{вит} - U_{осн}}{U_{вит}}$ – координационный интервал,

- 5) по координационному интервалу для внутренних перенапряжений:

$$K_{ВН} \geq 0,2,$$

б) по току КЗ:

$$I_{КЗ} \leq I_{кз.д.},$$

где $I_{кз.д.}$ – номинальный ток ОПН.

Далее выбираются ограничители перенапряжений А1 – А2 (6 штук) на номинальное напряжение 10кВ марки ОПНп-10/12,5/10/1(2) УХЛ2 (рисунок 13) с такими параметрами [20]:

- номинальное напряжение 10 кВ;
- номинальный разрядный ток 10 кА;
- постоянное рабочее напряжение 12,5 кВ;
- грозовое испытательное напряжение 39,6 кВ;
- остаточное напряжение 31,3 кВ;
- допустимое напряжение 34 кВ;
- устойчивость до токов КЗ 20 кА.

Проверим:

$12 > 6,3$ – условие выполняется.

$T=1,5$, $U_{н.о.}=12$ кВ, тогда $T \cdot U_{н.о.} = 20$ кВ, $U_{пер} = 15$ кВ.

$20 > 15$ – условие выполняется.

$U_{исп} = 39,6$ кВ, $U_{ост} = 31,3$ кВ, тогда

$$K_{ГР} = \frac{39,6 - 31,3}{39,6} = 0,22.$$

$0,22 > 0,2$ – условие выполняется.

$U_{доп} = 54$ кВ, $U_{осн} = 34$ кВ, тогда

$$K_{ВН} = \frac{54 - 34}{54} = 0,37.$$

$0,37 > 0,2$ – условие выполняется.

$I_{КЗ} = 6,56$ кА, $I_{кз.д.} = 20$ кА.

$6,56 < 20$ – условие выполняется.



Рисунок 13 – Внешний вид ограничителя перенапряжений ОПН-10/12,5/10/1(2) УХЛ2

При выборе аппаратов защиты отходящих линий, нагруженных асинхронными двигателями, необходимо учитывать пусковой режим.

Защита отходящих линий 0,4 кВ осуществляется автоматическими выключателями.

Номинальные токи автоматов определяются по условию [4]:

$$I_{н.а.} \geq I_p,$$

Номинальные токи расцепителей определяются по условию

$$I_{н.р.} \geq I_p,$$

Номинальные токи электромагнитных расцепителей определяются по выражению [4]:

$$I_{эмр} = (3 \text{ или } 12) I_{н.р.} .$$

Проверка электромагнитных расцепителей на автоматическое срабатывание осуществляется по условию:

$$I_{эмр} < I_{кз}^{(1)} .$$

Линия 1 QF-1

$$I_p = 57,8 \text{ А}; I_{кз}^{(1)} = 1399,58 \text{ А}.$$

Принимаем автомат Eaton (Moeller) типа PL4-C63/3.

$$I_{н.а.} = 63 \text{ А}; I_{н.р.} = 82,5 \text{ А}; I_{эмр} = 164 \text{ А}.$$

Линия 2 QF-2

$$I_p = 43,35 \text{ А}; I_{кз}^{(1)} = 1438,60 \text{ А}.$$

Принимаем автомат Eaton (Moeller) типа PL4-C50/3.

$I_{н.а} = 63 \text{ A}; I_{н.р.} = 82,5 \text{ A}; I_{эмр} = 164 \text{ A}.$

Линия 3 QF-3

$I_p = 57,51 \text{ A}; I_{кз}^{(1)} = 1438,60 \text{ A}.$

Принимаем автомат Eaton (Moeller) типа PL4-C63/3.

$I_{н.а} = 63 \text{ A}; I_{н.р.} = 82,5 \text{ A}; I_{эмр} = 164 \text{ A}.$

Линия 4 QF-4

$I_p = 50,58 \text{ A}; I_{кз}^{(1)} = 1347,89 \text{ A}.$

Принимаем автомат Eaton (Moeller) типа PL4-C63/3 (рисунок 14).

$I_{н.а} = 63 \text{ A}; I_{н.р.} = 82,5 \text{ A}; I_{эмр} = 164 \text{ A}.$



Рисунок 14 – Внешний вид автомата Eaton типа PL4-C63/3

Далее выберем вводные автоматы для (QF) Т-1 и Т-2, а также секционного выключателя СВ-0,4кВ (QF-5):

QF Т-1 и Т-2 и для СВ-0,4 кВ:

$I_p = 209,19 \text{ A}; I_{кз}^{(1)} = 1855,02 \text{ A},$

Принимаем вводные автоматы и СВ-0,4кВ типа ВА-СЭЦ-LBA-250 (рисунок 15)

$I_{н.а} = 250 \text{ A}; I_{н.р.} = 320 \text{ A}; I_{эмр} = 85 \text{ кА}.$



Рисунок 15 – Внешний вид автоматов ВА-СЭЦ-LVA-250

Номенклатура и технические данные низковольтных трансформаторов тока приведены в учебном пособии [2]. Поскольку предполагается применение трансформаторов тока для подключения средств коммерческого учёта электроэнергии, то их класс точности должен быть не хуже 0,5 [19].

Трансформаторы тока (ТТ) выбираются согласно требований [19]:

1) по номинальному напряжению:

$$U_{уст.} \leq U_H;$$

2) по рабочему току:

$$I_{р. max} \leq I_H;$$

3) по условиям термической устойчивости:

$$B_K \leq I_T^2 \cdot t_T \text{ или } B_K \leq B_T;$$

4) по условиям электродинамической устойчивости:

$$i_y \leq i_{дин.};$$

5) по сопротивлению нагрузки:

$$Z_2 \leq Z_{ном};$$

где $Z_{ном}$ – сопротивления вторичных цепей,

Z_2 – допустимое значение сопротивления вторичных цепей.

$$Z_{ном} = Z_{пров} + Z_{конт} + Z_{пр},$$

где $Z_{\text{пров}}$ – сопротивление проводов,
 $Z_{\text{конт}}$ – сопротивление контактов,
 $Z_{\text{пр}}$ – сопротивление приборов.

$$Z_2 = \frac{S_{TC}}{I_{\text{ном}}^2} \text{ Ом},$$

где S_{TC} – номинальная нагрузка ТС,
 $I_{\text{ном}}$ – номинальный ток вторичных цепей.

Выбираем ТТ которые стоят на вводах 0,4 кВ стороны НН, марки Т-0,66-1 250/5 (8 штук).

Выполним проверку ТТ:

$$U_{\text{уст}} = 0,4 \text{ кВ} \leq U_{\text{ном}} = 0,4 \text{ кВ},$$

$$I_{\text{р.мах}} = 209,19 \text{ А} \leq I_{\text{ном}} = 250 \text{ А},$$

$289,28 < 3120,2$ – условие по термической устойчивости выполняется.

$84,02 < 169$ – условие по электродинамической устойчивости выполняется.

$$Z_2 = \frac{30}{5^2} = 1,2 \text{ Ом}.$$

Амперметр ($Z=0,1 \text{ Ом}$), ваттметр ($Z=0,09 \text{ Ом}$) и прибор учета электроэнергии ($Z=0,07 \text{ Ом}$) подключен к ТТ.

Сопротивление всех приборов равно:

$$Z_{\text{прил}} = 0,1 + 0,09 + 0,07 = 0,26 \text{ Ом}.$$

Сопротивление контактов: $Z_{\text{конт}} = 0,1 \text{ Ом}$.

Длина проводов равна $L=10 \text{ м}$ (в одну сторону), провод алюминиевый $\rho=0,028 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, сечение $S=2,5 \text{ мм}^2$. Сопротивление провода:

$$Z = \rho \cdot \frac{1}{S} = 0,028 \cdot \frac{10 \cdot 2}{2,5} = 0,18 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{ном}} = 0,18 + 0,1 + 0,26 = 0,54 \text{ Ом}.$$

$0,54 < 1,2$ – условие по сопротивлению нагрузки выполняется.

2.7 Выбор компенсирующего устройства

Мощность конденсаторных установок при напряжении до 1000 В, по первому критерию, необходимо определить, исходя из целесообразности уменьшения количестве трансформаторов установленных в творожном цеху, или же уменьшение их номинальной мощности (при равном их количестве). Находится минимальное число трансформаторов цеха (ТП) [18]:

$$N_{\text{т.мин}} = \frac{P_{\text{р.цех}}}{k_3 \cdot S_{\text{НОМ.Т}}} + \Delta N, \quad (24)$$

где ΔN – величина добавки до кратного целого числа трансформаторов установленных на ТП творожного цеха.

Определим максимальную реактивную мощность, которую выгодно передавать в сеть 0,4 кВ из сети 10кВ через силовые трансформаторы:

$$Q_{\text{т}} = \sqrt{(N_{\text{т.э}} \cdot k_3 \cdot S_{\text{НОМ.Т}})^2 - P_{\text{р.центра}}^2}. \quad (25)$$

Определим номинальную мощность компенсирующих устройств по критерию №1 [18]:

$$Q_{\text{кн1}} = Q_{\text{р.ц}} - Q_{\text{т}}. \quad (26)$$

Если результат будет равен $Q_{\text{кн1}} \leq 0$, то по первому критерию конденсаторы не нужны и принимается результат $Q_{\text{кн1}} = 0$.

Далее определяется мощность компенсирующих устройств по второму критерию используя выражение [18]:

$$Q_{\text{кн2}} = Q_{\text{р.ц}} - Q_{\text{кн1}} - \gamma \cdot N_{\text{т.э}} \cdot S_{\text{НОМ.Т}}, \quad (27)$$

где γ – расчетный коэффициент, который определяется в зависимости от K_1 и K_2 и схемы питания трансформаторов установленных в цехе.

Коэффициент K_1 , K_2 и γ определяется по [18].

Если же $Q_{\text{кн2}} \leq 0$, применение компенсирующих устройств по критерию №2 не нужно и $Q_{\text{кн2}}$ принимаем = 0.

При числе трансформаторов установленных на ТП цеха - 2, разрешается определить мощность компенсирующих устройств по сокращенной методике, по формуле [18]:

$$Q_{\text{кн}} = P_{\text{р.ц}} (tg \varphi_{\text{р}} - tg \varphi_{\text{с}}), \quad (28)$$

где $P_{\text{р.ц}}$ – расчетная активная нагрузка цеха (участка), кВт;

$tg \varphi_{\text{р}}$ – расчетный коэффициент мощности участка, о.е.;

$tg \varphi_{\text{с}}$ – коэффициент мощности, который заданный энергосистемой, равен 0,35.

С учетом того, что число трансформаторов на всех подстанциях предприятия равно двум, расчёт УК2-0,4 в сети 0,4 кВ будем производить по способу №1

Источниками реактивной мощности возьмем комплектные конденсаторные установки типа УК2-0,4. Число конденсаторных установок должно быть не менее числа трансформаторов на ТП (рисунок 16).

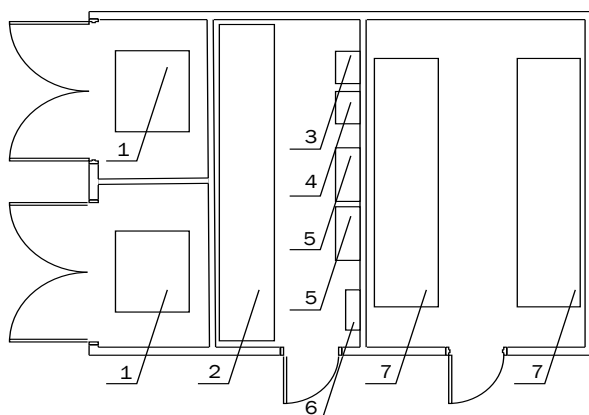


Рисунок 16 – План расположения оборудования:

1 – силовые трансформаторы; 2- РУ-10кВ, типа КСО-10-32; 3 – РУ-0,4 кВ; 4 – компенсирующее устройство УК2-0,4.

Произведем расчёт низковольтных компенсирующих устройств для 1 СШ-0,4 кВ.

Необходимая суммарная мощность компенсирующих устройств $Q_{\text{к.у}}$, кВар (по 28):

$$Q_{\text{к.у}} = (97,5 + 5,2 + 3,56) \cdot (0,88 - 0,36) = 55,25 \text{кВар}.$$

Источниками реактивной мощности, в творожном цехе, будем использовать две комплектных конденсаторных установки (по одной на каждую секцию 0,4 кВ) типа УК2-0,4-50-УХЛЗ ($U_{\text{ном}}=400\text{В}$, $Q_{\text{ном}}=50\text{кВар}$).

2.8 Расчет заземляющего устройства трансформаторной подстанции

Контур заземления на ТП должен иметь сопротивление не больше 10 Ом в любой период года. Вертикальные заземлители из стали мелкосортных марок длиной 3 м и диаметром 15 мм. В этом случае необходимо быть учтено 4 заземлителя с их расположением по периметру угла контура защитного устройства заземления. Сопротивление удельное земли при средней влажности по данным [5], равно: $\rho = 40\text{ Ом}\cdot\text{м}$.

По пункту 1.7.62 [17] сопротивление для ТП заземляющего устройства 0,4 кВ может быть не больше 4 Ом, с этого следует, что необходимое сопротивление заземляющего устройства должно соответствовать условию $R_3 \leq 4\text{ Ом}$.

Выполняется, как правило, заземляющее устройство на глубине 1,5 м, в виде контура из полосы 40x4 мм, вокруг ТП, и стержней длиной $l=2,5\text{ м}$, на расстоянии друг от друга 2,5 м, и диаметром $d=10\text{ мм}$. (рисунок 17).

Суммарная длина полосы 30 м. Приблизительное количество стержней принимаем равное 10 шт.

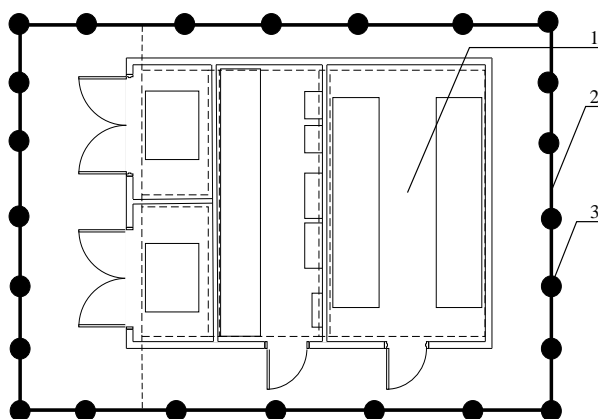


Рисунок 17 - Схема защитного заземления ТП 10/0,4кВ:
1 - ТП 10/0,4кВ; 2- электрод горизонтальный; 3- электрод вертикальный.

Сопротивление одного стержня, будет равно [14]:

$$r_{\sigma} = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{d} + 0,51 \lg \frac{4t+1}{4t-1} \right), \quad (30)$$

где $\rho_{расч}$ – сопротивление грунта расчетное, Ом·м;

l – длина металлического стержня, м;

d – диаметр металлического стержня, м;

t – глубина заложения, которая равна расстоянию от поверхности земли до середины заземления, м.

где $\rho_{расч} = k_c \cdot \rho = 1,65 \cdot 40 = 66$ Ом·м

$k_c = 1,65$ – коэффициент сезонности, находится по справочнику [23] приложение [19], для электродов вертикальных длиной 2,5 м;

$$r_{\sigma} = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч}}{l} \cdot \left(\lg \frac{2l}{d} + 0,51 \lg \frac{4t+1}{4t-1} \right) =$$

$$\frac{0,366 \cdot 66}{2,5} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 2,5}{0,01} + 0,51 \lg \frac{4 \cdot 1,5 + 2,5}{4 \cdot 1,5 - 2,5} \right) = 64,33 \text{ Ом}$$

Необходимое количество стержней, определяется по формуле [28]:

$$n_{\sigma} = \frac{r_{\sigma}}{R_3 \cdot \eta_{\sigma}}, \quad (31)$$

где η_{σ} – коэффициент использования вертикальных заземлений.

Находится по справочнику [3] приложение 22 для $A/l = 2,5/2,5 = 1$, где A – расстояние между заземлителями.

Далее для количества стержней $n = 10$ и $A/l = 1$ принимаем $\eta_{\sigma} = 0,54$.

Используя выражение (31):

$$n_{\sigma} = \frac{64,33}{4 \cdot 0,54} = 29,7;$$

Следовательно примем количество стержней $n_{\sigma} = 30$ шт, которые расположены по периметру трансформаторной подстанции.

Сопротивление заземляющей полосы, будет равно [28]:

$$r_2 = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч}}{l} \cdot \lg \left(\frac{2 \cdot l^2}{b \cdot t} \right), \quad (32)$$

где b – ширина полосы, м;

l – длина полосы, м.

$$\rho_{\text{расч.}} = \rho \cdot k_3 = 40 \cdot 3 = 120 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

где $k_3 = 3$ находится по справочнику [10].

Сопротивление полосы контура заземления из десяти электродов, будет равно [10]:

$$R_r = \frac{r_r}{\eta_r} = \frac{7,253}{0,34} = 21,33 \text{ Ом}, \quad (33)$$

где $\eta_r = 0,34$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей соединительной полосы в контуре, находится по справочнику [3] приложение 22 для $A/l=1$ и $n = 10$.

Нужное сопротивление вертикальных заземлителей, определяется по формуле [28]:

$$R'_e = \frac{R_r \cdot R_3}{R_r - R_3}; \quad (34)$$

$$R'_e = \frac{21,33 \cdot 4}{21,33 - 4} = 4,923;$$

Уточненное количество стержней будет равно:

$$r'_e = \frac{r_e}{R'_e \cdot \eta_e} = \frac{64,33}{4,923 \cdot 0,54} = 24,2 \text{ шт.}$$

Следовательно, в конечном итоге принимаем число стержней 24 шт.

Сопротивление, для уточнения, вертикальных заземлителей будет равно:

$$R'_e = \frac{r_e}{n \cdot \eta_e} = \frac{64,33}{24 \cdot 0,54} = 4,96 \text{ Ом.}$$

Сопротивление, для уточнения полосы в контуре из 24 электродов вертикальных найдем по формуле (34):

$$R'_r = \frac{r_r}{\eta_r} = \frac{7,253}{0,44} = 16,48 \text{ Ом},$$

где $\eta_r = 0,44$ по справочнику [29] приложение 22;

Далее сопротивление заземления будет равно:

$$R'_3 = \frac{R'_g \cdot R'_r}{R'_g + R'_r} = \frac{4,94 \cdot 16,48}{4,94 + 16,48} = 3,8 \text{ Ом.}$$

Следовательно, сопротивление земли равно $R'_3 = 3,8 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$, что соответствует заданному условию. Из этого следует, что к установке по периметру трансформаторной подстанции будет применено двадцать четыре штуки вертикальных электрода.

3 ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЮ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

3.1 Область применения инструкции

1.1. Настоящая инструкция разработана на основании «Правил эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», «Правил устройства электроустановок» с целью обеспечить надежную, безопасную и рациональную эксплуатацию кабельных линий и содержание их в исправном состоянии.

1.2. Действие настоящей инструкции распространяется на силовые кабельные линии напряжением до 10 кВ.

1.3. Каждый работник, если он сам не может принять меры к устранению нарушений Инструкции, обязан немедленно сообщить своему непосредственному руководителю, а в случае его отсутствия, вышестоящему руководителю, о всех замеченных им нарушениях Инструкций. А также о неисправностях оборудования и применяемых при работах машин, механизмов, инструмента и средств защиты, представляющих опасность для людей или для нормальной работы оборудования.

3.2 Требования к устройству кабельных линий

2.1 При монтаже и ремонтах кабельных линий должны соблюдаться правила устройства, изложенные в настоящем разделе.

2.2 Эксплуатационный персонал обязан соблюдать сам и контролировать соблюдение этих требований монтажными и ремонтными организациями, а также принимать меры к выявлению и устранению возникших в процессе эксплуатации нарушений.

2.3 Сооружение кабельных линий должно производиться с учетом развития сети, ответственности и назначения линии, характера трассы, способа

прокладки и т.п. При выборе трассы следует по возможности избегать участков с грунтами, агрессивными по отношению к металлическим оболочкам кабелей.

2.4 Над подземными кабельными линиями в соответствии с правилами охраны электрических сетей устанавливаются охранные зоны по 1 м с каждой стороны от крайних кабелей.

2.5 Кабели (в том числе бронированные), расположенные в местах, где возможны механические повреждения (передвижение механизмов, доступность для посторонних лиц), должны быть защищены на высоте 2м над уровнем пола или земли и на 0.3 м в земле.

2.6 При прокладке кабельных линий внутри кабельных сооружений, а также в производственных помещениях бронированные кабели не должны иметь поверх брони, а небронированные, поверх металлической оболочки защитных покровов из горючих материалов. Для открытой прокладки не допускается применять силовые и контрольные кабели с горючей полиэтиленовой изоляцией.

2.7 Прокладка кабелей в полу и междуэтажных перекрытиях должна производиться в каналах или трубах; заделка в них кабелей наглухо не допускается. Места прохода кабелей через проемы в стенах и перекрытиях заделываются легко пробиваемым негорючим материалом.

2.8 Запрещена прокладка кабелей в вентиляционных каналах и по лестничным клеткам зданий.

2.9 При параллельной прокладке кабельных линий расстояние по горизонтали между кабелями в свету должно быть не менее:

- 100 мм между силовыми кабелями до 10кВ, а так же между ними и контрольными кабелями;
- 500 мм между кабелями, эксплуатируемыми различными организациями, а так же между силовыми кабелями и кабелями связи.
- расстояние между контрольными кабелями не нормируется.

2.10 Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты должны быть снабжены стойкими к воздействию окружающей среды бирками. На

бирках кабелей в начале и конце линии должны быть указаны марка, напряжение, сечение, номер или наименование линии, длина. На бирках соединительных муфт - номер муфты, дата монтажа.

2.11 Бирки должны быть расположены по длине линии, через каждые 50 метров на открыто проложенных кабелях, а также на поворотах трассы и в местах прохода кабелей через огнестойкие перегородки и перекрытия с обеих сторон.

2.12 Эксплуатирующая организация должна вести технический надзор за прокладкой и монтажом КЛ всех напряжений, сооружаемых монтажными организациями.

2.13 При надзоре за прокладкой и при эксплуатации не бронированных кабелей со шланговым покрытием особое внимание должно быть уделено состоянию шлангов. Кабели со шлангами, имеющими сквозные порывы, задиры и трещины, должны быть отремонтированы или заменены.

2.14 Каждая КЛ должна иметь паспорт, включающий документацию:

- скорректированный проект КЛ;
- исполнительный чертеж трассы с указанием мест установки соединительных муфт, выполненный в масштабе 1:200 или 1:500 в зависимости от развития коммуникаций в данном районе трассы;
- чертеж профиля КЛ в местах пересечения с дорогами и другими коммуникациями для особо сложных трасс КЛ на напряжение 6 кВ;
- акты состояния кабелей на барабанах и ,в случае необходимости, протоколы разборки и осмотра образцов для импортных кабелей разборка обязательна;
- кабельный журнал;
- инвентарная опись всех элементов КЛ (для КЛ напряжением выше 1000В);
- акты строительных и скрытых работ с указанием пересечений и сближений кабелей со всеми подземными коммуникациями;
- акты на монтаж кабельных муфт;

- акты приемки траншей, блоков, труб, каналов, туннелей и коллекторов под монтаж;
- акты на монтаж устройств по защите КЛ от электрохимической коррозии, а также документы о результатах коррозионных испытаний в соответствии с проектом;
- протоколы испытания изоляции КЛ повышенным напряжением после прокладки;
- документы о результатах измерения сопротивления изоляции;
- акты осмотра кабелей, проложенных в траншеях и каналах перед закрытием;
- протокол прогрева кабелей на барабанах перед прокладкой при низких температурах.

3.3 Порядок эксплуатации

Для каждой КЛ при вводе в эксплуатацию должны быть установлены наибольшие допустимые токовые нагрузки. Нагрузки должны быть определены по участку трассы длиной не менее 10м с наихудшими тепловыми условиями. Повышение этих нагрузок допускается на основе тепловых испытаний при условии, что температура жил будет не выше длительно допустимой температуры, приведенной в государственных стандартах или технических условиях. При этом нагрев кабелей должен проверяться на участках трасс с наихудшими условиями охлаждения.

В кабельных сооружениях и других помещениях должен быть организован систематический контроль за тепловым режимом работы кабелей, температурой воздуха и работой вентиляционных устройств.

На период ликвидации аварии допускается перегрузка по току для кабелей с пропитанной бумажной изоляцией напряжением до 10кВ на 30% продолжительностью не более 6ч в сутки в течение 5сут, но не более 100ч в год, если в остальные периоды этих суток нагрузка не превышает длительно

допустимой. Для кабелей, находящихся в эксплуатации, более 15 лет, перегрузки должны быть снижены до 10%.

На период ликвидации аварии допускаются перегрузки по току для кабелей с изоляцией из полиэтилена и поливинилхлоридного пластика на 15% и для кабелей с изоляцией из резины и вулканизированного полиэтилена на 18% продолжительностью не более 6ч в сутки в течении 5сут, но не более 100ч в год, если в остальные периоды этих суток нагрузка не превышает длительно допустимой. Для кабелей находящихся в эксплуатации более 15 лет, перегрузки должны быть снижены до 10%.

При однофазном замыкании на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью персонал должен немедленно сообщить об этом административно-техническому персоналу или дежурному по сети электроснабжающей организации и в дальнейшем действовать по их указаниям.

Нагрузки КЛ должны измеряться ежегодно не менее 2раз, в т.ч. 1раз в период максимальной нагрузки линии. На основании данных этих измерений должны уточнить режим и схемы работы КЛ.

Туннели, коллекторы, каналы и другие кабельные сооружения должны содержаться в чистоте, металлическая не оцинкованная броня кабелей, проложенных в кабельных сооружениях, и металлические конструкции с не металлизированным покрытием, по которым проложены кабели, должны периодически покрываться негорючими антикоррозионными составами.

Хранение в кабельных каналах и сооружениях каких-либо материалов запрещается.

Кабельные сооружения, в которые попадает вода, должны быть оборудованы средствами для отвода почвенных и ливневых вод.

При обнаружении на КЛ опасности разрушения металлических оболочек из-за электрической, почвенной или химической коррозии должны быть приняты меры к ее предотвращению.

Раскопки кабельных трасс или земляные работы вблизи них должны производиться только с письменного разрешения организации эксплуатирующей

КЛ. При этом исполнитель должен обеспечить надзор за сохранностью кабелей на весь период работ, а вскрытые кабели укрепить для предотвращения их провисания и защиты от механических повреждений. На месте работы должны быть установлены сигнальные огни и предупреждающие плакаты.

При обнаружении во время разрытия земляной траншеи трубопроводов, неизвестных кабелей или других коммуникаций, не указанных в схеме, необходимо приостановить работы и поставить об этом в известность ответственного за электрохозяйство. Рыть траншеи и котлованы в местах нахождения кабелей и подземных сооружений следует с особой осторожностью, а на глубине 0,4м и более - только лопатами.

Зимой раскопки на глубине более 0,4м в местах прохождения кабелей должны выполняться с обогревом грунта. При этом необходимо следить за тем, чтобы от поверхности обогреваемого слоя до кабелей сохранялся слой грунта толщиной не менее 0,3м. Оттаявший грунт следует отбрасывать лопатами.

Применение ломов и тому подобных инструментов запрещается.

Производство раскопок землеройными машинами на расстоянии ближе 1м от кабеля, а также использование отбойных молотков, ломов и кирок для рыхления грунта над кабелями на глубину более 0,3м при нормальной глубине прокладки кабелей запрещается.

Применение ударных и вибропогружных механизмов разрешается на расстоянии не менее 5м от кабелей.

Перед началом работ должно быть проведено под надзором электротехнического персонала организации эксплуатирующей КЛ. Контрольное вскрытие трассы для уточнения расположения кабелей и глубины их прокладки.

Для производства взрывных работ должны быть выданы дополнительные технические условия.

Предприятие, в ведении которого находятся КЛ должно периодически оповещать организации и население района, где проходят кабельные трассы о порядке производства земляных работ вблизи этих трасс.

3.4 Объем и сроки регламентного обслуживания

Обслуживание кабельных линий заключается в своевременном и качественном проведении осмотров, испытаний и ремонтов.

Осмотры КЛ напряжением до 6кВ должны проводиться в следующие сроки:

- трасс кабелей, проложенных в земле - не реже 1 раза в 3 месяца;
- трасс кабелей, проложенных на эстакадах, в туннелях, блоках, каналах, галереях и по стенам зданий - не реже 1 раза в 6 мес;
- кабельных колодцев - не реже 1 раза в 2 года;
- подводных кабелей - по местным инструкциям в сроки, установленные ответственным за электрохозяйство предприятия.

В период паводков, после ливней и при отключении КЛ должны проводиться внеочередные осмотры.

Сведения об обнаруженных при осмотрах неисправностях должны заноситься в журнал дефектов и неполадок электрооборудования.

Неисправности должны устраняться в кратчайшие сроки.

Объем работ, выполняемый при осмотре:

- наружный осмотр всей трассы;
- определение температуры нагрева кабелей и нагрузки линий;
- проверка наличия защиты, и ее состояния кабелей от механических повреждений, состояния заземления кабелей и концевых муфт, исправности и состояния концевых муфт и сухих разделок, а так же их креплений;
- восстановление наружной маркировки кабелей, предупредительных надписей и плакатов;

Текущий ремонт кабельных линий производится в сроки, определенные системой ППР, но не реже 1 раза в год.

Объем работ при текущем ремонте - все операции осмотра и, кроме того:

- чистка кабельных каналов;
- ремонт и замена конструкций крепления кабелей;

- исправление их раскладки;
- рихтовка кабелей;
- ремонт кабельных каналов и траншей; замена отдельных плит перекрытия, засыпка и устранение завалов, просадок, подмывов;
- доливка кабельной мастики в кабельные муфты и воронки;
- окраска сухих разделок;
- измерение сопротивления изоляции кабелей напряжением до 1000В (производится мегаометром на 2500В в течение 1 минуты).

Необходимость внеочередных испытаний КЛ, например, после ремонтных работ или раскопок, связанных со вскрытием трасс, а также после автоматического отключения КЛ определяется руководством организации, в ведении которой находится линия.

3.5 Требования охраны труда в аварийных ситуациях

В аварийных ситуациях необходимо:

- При обнаружении неисправной работы кабельных линий необходимо отключить от питающей электросети и известить об этом своего непосредственного или вышестоящего руководителя.
- При травмировании, отравлении и внезапном заболевании работника оказать ему первую (доврачебную) помощь и, при необходимости, организовать доставку в учреждение здравоохранения.
- При поражении электрическим током работника принять меры к скорейшему освобождению пострадавшего от действия тока.

Работник, обнаруживший загорание (пожар) обязан:

- оценить обстановку;
- при пожаре немедленно сообщить в пожарную часть (тел. 01);
- сообщить о пожаре администрации, в аварийно-диспетчерскую службу фирмы по телефону;

- принять меры по эвакуации людей и спасению материальных ценностей;
- приступить к тушению пожара имеющимися на объекте или на рабочем месте первичными средствами пожаротушения;

3.6 Требования охраны труда по окончании работ

После окончания работ по наряду и приведения в порядок рабочего места производитель работ расписывается в наряде об окончании работы и сдает его оперативному персоналу. Закрытие наряда оформляется записью в оперативном журнале.

После окончания работ по распоряжению производитель работ сообщает об окончании работ оперативному персоналу, о чем также делается отметка в оперативном журнале.

Привести в порядок (протереть, сложить и убрать) инструмент, защитные и вспомогательные средства в отведенные места.

Передать ключи от помещений электроустановок сменщику или вернуть их на место постоянного хранения на пункте (щите) управления.

Тщательно вымыть лицо и руки. При необходимости принять душ и переодеться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрены вопросы электроснабжения творожного цеха и источника питания цеха трансформаторной подстанции 10кВ.

Актуальность работы заключалась в развитии энергетики, с учетом возрастания потребления электроэнергии в будущем, а также усовершенствование действующих сетей, приобретение навыков проектирования электроснабжения потребителей. Ведь качественное электроснабжение цехов и предприятий в целом влияет на качество жизни населения, своевременный и соответствующий требованиям норм выпуск продукции предприятий и многое другое.

В работе был произведен анализ основного электрооборудования творожного цеха, выполнен расчет электрических нагрузок цеха, затем было выбрано мощность и тип трансформаторов на ТП 10/0,4кВ. Выбраны основные коммутационные аппараты и аппараты защиты как на стороне ВН 10кВ, так и на стороне НН 0,4кВ.

В работе были решены следующие задачи:

- изучены аспекты выбора трансформаторов и оборудования на ТП 10/0,4 кВ, проектирование сети;
- выполнен анализ мощностей потребителя;
- выполнен расчет токов короткого замыкания и выбрать электрооборудование;
- рассмотрена структура цеха и технологию производства творожной продукции, характеристики потребителей электроэнергии, повести расчет нагрузок 0,4кВ цеха.
- выполнен расчет заземления и молниезащиты ТП 10/0,4кВ;
- выполнена оценка экономической эффективности проекта электроснабжения творожного цеха.

Таким образом, в результате проектирования приобретены навыки по разработке электроснабжения реального объекта (творожный цех), а также выбору и расчету пускозащитной аппаратуры, шинпроводов и кабелей. Все эти задачи являются важными для инженера-электрика и позволяют присвоить это звание.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белорусов, Н. И. Электрические кабели, провода и шнуры: справочник/ Н. И. Белорусов, А. Е. Саакян, А. И. Яковлева; под ред. Н. И. Белорусова. – Москва: Энергоатомиздат, 1987. – 536 с.
2. Будзко, И. А. Электроснабжение сельского хозяйства / И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов. – Москва: Колос, 2000. – 536 с.
3. Кабышев, А. В. Расчёт и проектирование систем электроснабжения объектов и установок: учеб. пособие/А. В. Кабышев, С. Г. Обухов. – Томск: ТПУ, 2006 – 248 с.
4. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. для вузов/ Б. И. Кудрин. – Москва: Интернет Инжиниринг, 2006. – 672 с.
5. Лещинская, Т. Б. Электроснабжение сельского хозяйства / Т. Б. Лещинская, И. В. Наумов. – М. : КолосС, 2008. – 655 с.
6. Маньков, В. Д. Основы проектирования систем электроснабжения: справочное пособие/ В. Д. Маньков. – Санкт-Петербург: НОУ ДПО «УМИТЦ «Электросервис», 2010 – 664 с.
7. Рожкова Л. Д. Электрооборудование станций и подстанций/ Л. Д. Рожкова, В. С. Козулин - Москва: Энергоатомиздат, 2010. - 648с Правила устройства электроустановок. Официальные тексты по состоянию на 01.03.2007. 7-е изд. – Москва: НЦ ЭНАС, 2011. – 552 с.
8. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение предприятий и установок нефтяной промышленности/ Ю.Д. Сибикин, В.И. Соколов, В.А. Яшков. Москва: Недра, 2001.
9. Солдаткина Л.А. Электрические сети и системы/ Л.А. Солдаткина.- Москва: Энергия, 1978.-216 с.
10. Шабад М.А. Защита трансформаторов распределительных сетей. – Ленинград: Энергоиздат. Ленинград Отделение, 1987. – 136с.
11. Шеховцов В.П., Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования, Москва: Форум; Инфра-

М 2005.

12. Вакуумные выключатели ВВ/TEL, ОПН/TEL. Таврида Электрик, Россия г. Москва, 2005.

13. Каталог трансформаторного оборудования и высоковольтной аппаратуры ОАО «УРАЛЭЛЕКТРОТЯЖМАШ-УРАЛГИДРОМАШ».

14. Каталог электроаппаратов ЗАО «Группа компаний «Электроцит» – ТМ Самара».

15. Каталог оборудования ОАО «Запорожский завод высоковольтной аппаратуры».

16. Каталог высоковольтного оборудования. «Методические указания по выбору ОПН». – Москва: АББ Лтд. 2008 – 112 с.

17. Правила устройства электроустановок. Официальные тексты по состоянию на 01.03.2007. 7-е изд. – Москва: НЦ ЭНАС, 2011. – 552 с.

18. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования : учеб. пособие / И.П. Крючков [и др.] ; Под ред. И.П. Крючкова.– Москва: Академия, 2005 .– 411 с.

19. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования/под ред. Б.Н. Неклепаева.- Москва:Изд-во НЦ ЭНАС, 2004.

20. Руководство по эксплуатации 1ГГ.761.163 РЭ Трансформаторы тока ТШЛ-0,66-II и ТШЛ-0,66-III. ISO 9001:2008. – 28 с.

21. Справочник по проектированию электросетей в сельской местности / Э. Я. Гричевский, П. А. Катков, А. М. Карпенко и др.; Под ред. П. А. Каткова, В. И. Франгуляна. – Москва: Энергия, 1980. – 352 с.

22. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д. Л. Файбисовича. – Москва: НЦ ЭНАС, 2005. – 320 с.

23. Справочник электрика. / Под ред. Э.А. Киреевой и С.А. Цырука. – Москва: Колос, 2015. – 470 с.

24. Справочник по проектированию электроэнергетических систем / В.В. Ершевич, А.Н. Зейлигер, Г.А, Илларионов, и др.; под ред. С. С. Рокотяна и И.

М. Шапиро. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 352с.

25. Техническая документация ЗАО ПФ «КТП-Урал», ISO 9001:2000, Россия, Екатеринбург, 2005.

26. Технический каталог на воздушный автоматический выключатель серии ВА56. Республика Беларусь, Минская область, ЭЛЕКТРОИНЖИНИРИНГ. 2013. – 30 с.

27. Файбисович Д. Л. Справочник по проектированию электрических сетей/ под ред. Д. Л. Файбисовича.- Москва: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006.-352с.

28. В производство. Журнал бизнес идей Молочный бизнес: организация мини-завода по производству творога [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://vproizvodstvo.ru/idei/organizaciya_minizavoda_po_proizvodstvu_tvoroga (дата обращения: 03.12.2018).

29. Локус. Высоковольтные изоляторы [Электронный ресурс]: [http://locus.ru/library/stati_po_energetike./](http://locus.ru/library/stati_po_energetike/) (дата обращения: 17.12.2018).

30. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009. [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/>. (дата обращения: 26.12.2018).

31. Thewes bis. Линии производства творога[Электронный ресурс]: <http://tewesbis.ru> (дата обращения: 05.12.2018).

32. Светодиодные технологии. Светодиодные светильники [Электронный ресурс]: <http://www.dankon.ru/> (дата обращения: 12.12.2018).

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

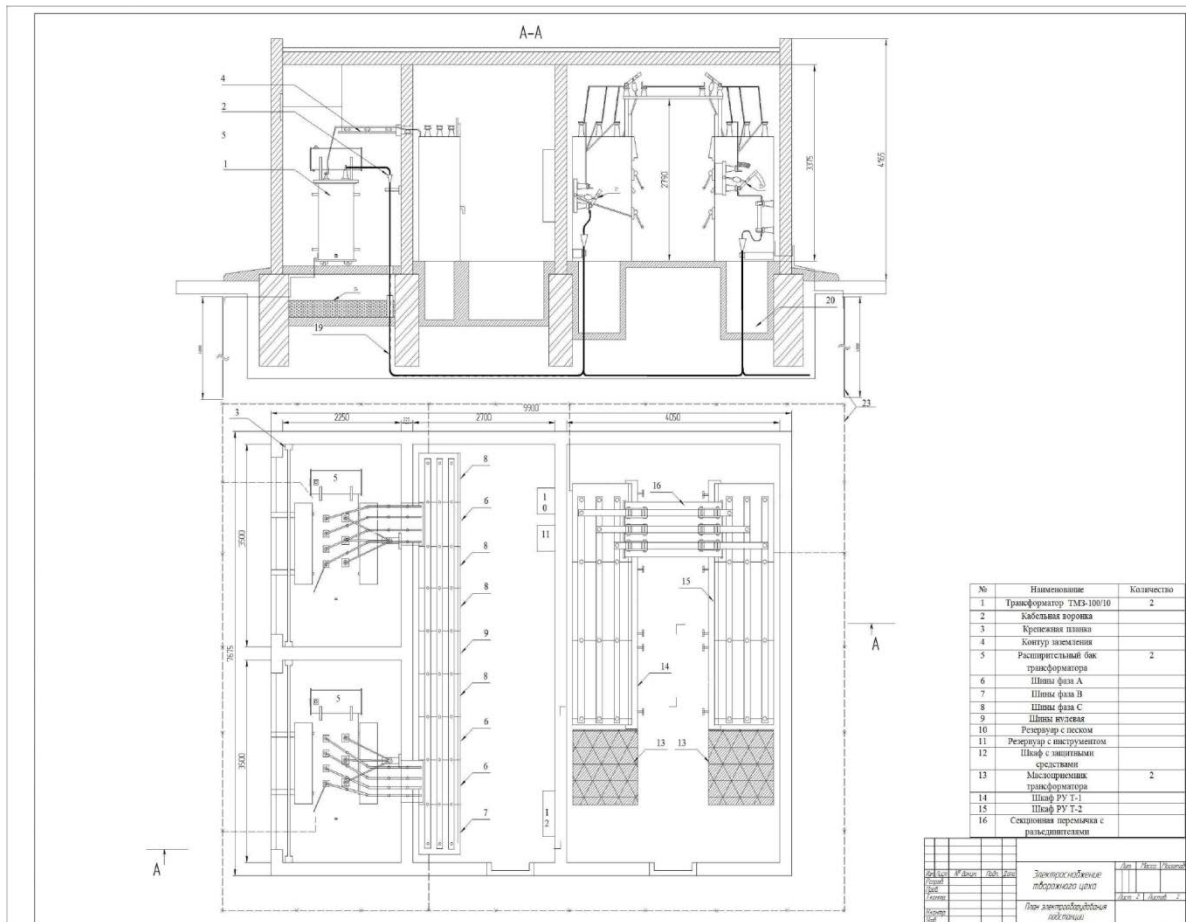


Рисунок – 18 общий план расположения электрооборудования ТП

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.

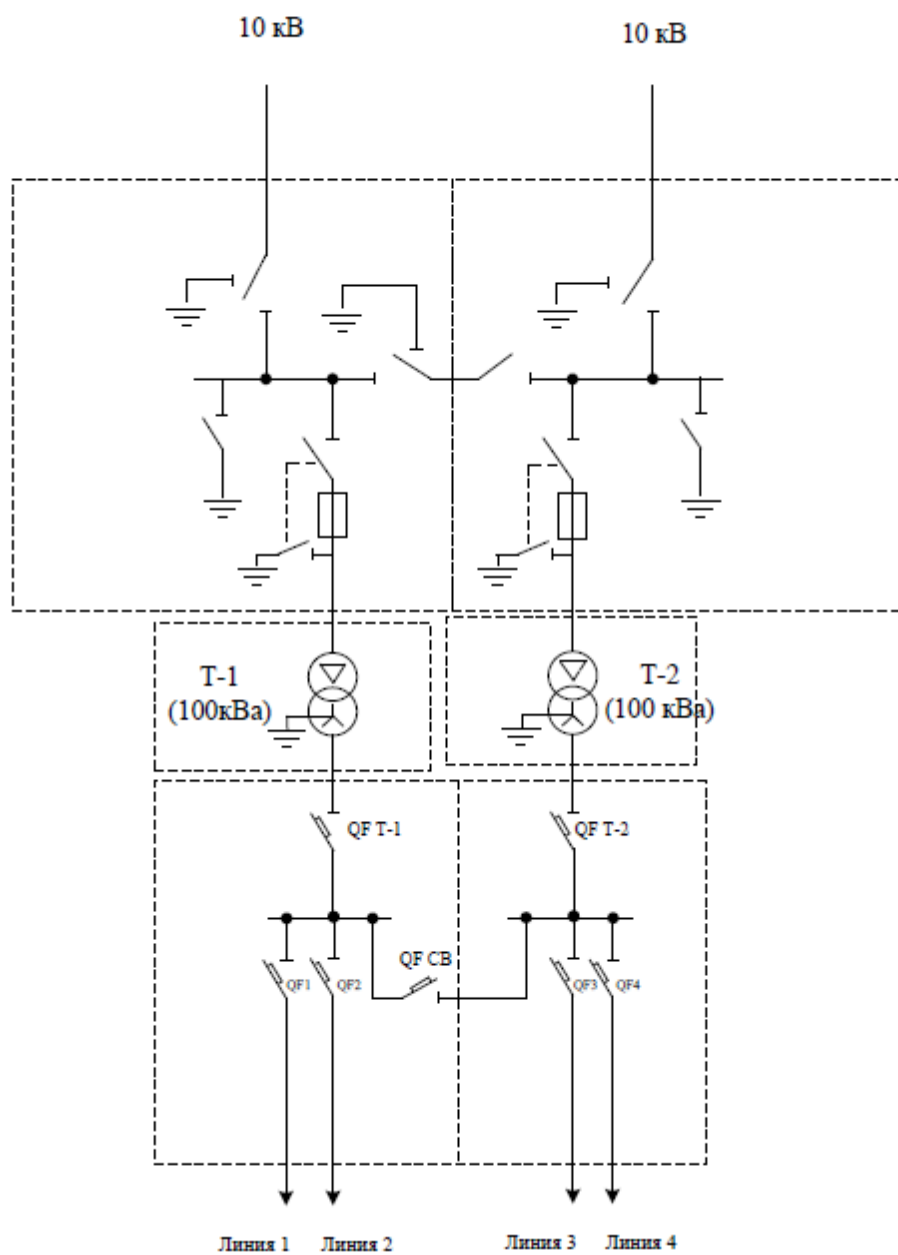


Рисунок – 19 Схема подключения ТП