

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АБУ РАЙХАНА БЕРУНИ**

Факультет Управление отраслями промышленности

Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

Курсовой проект

на тему: Выбор электрооборудования цеха по выпуску сока

Ташкент -2015

Утверждаю
Зав. кафедрой «БЖД»
_____ Петросова Л.И.
« ____ » _____ 2014г

Курсовой проект

по специальному курсу Охраны труда _____
Группа 32-11 Студент Абдурахимов А. А. Преподаватель: доц.Петросова Л.И.

Задание

1. Разрабатываемая тема: Выбор электрооборудования цеха по выпуску сока
Исходные данные по варианту: _____
2. Литература:
 - 1.
 2. Петросова Л.И..
 3. www.bjd.ru
4. Графическая часть:
 1. Графики
 2. Диаграммы
 3. Таблицы _____
5. Структура пояснительной записки:
 1. Содержание
 2. Введение
 3. Описание электрооборудования
 4. Схемы, графики,
 5. Меры безопасности
 6. Заключение
 7. Список литературы
6. Дополнительные консультации и рекомендации
7. Задание выдано _____
8. Дата сдачи курсового проекта

1	2	3	4	5	Защита
План					15.01.15.
Фактический					

Руководитель _____

Содержание

Введение

1. Общая часть

1.1 Краткая характеристика электрооборудования ТП

1.2 Ведомость электрических нагрузок

2. Расчетно-техническая часть

2.1 Определение расчетной электрической нагрузки от силовых электроприемников на шинах 0,38 кВ цеховых ТП

2.2 Расчет и выбор компенсирующего устройства

2.3 Выбор напряжения и схемы питания силовых и осветительных нагрузок цеха

2.4 Расчет и выбор числа мощности цеховых трансформаторов

2.5 Расчет и выбор распределительной сети 0,38 кВ

2.5.1 Расчет и выбор защитной аппаратуры

2.5.2 Расчет и выбор проводов и кабелей

2.5.3 Расчет и выбор распределительных шкафов и шинопроводов

2.6 Расчет токов короткого замыкания

2.7 Расчет и выбор питающей линии.

2.8 Расчет и выбор высоковольтного электрооборудования

2.9 Релейная защита

2.10 Учет и контроль электроэнергии

2.11 Расчет защитного заземления

3. Графическая часть

3.1 Принципиальная однолинейная схема электрических присоединений

3.2 План расположения электрооборудование комплекса томатного сока

Список используемой литературы

Введение

Создание энергосистем и объединение их между собой на огромных территориях стало основным направлением развития электроэнергетики мира в 20 веке. Это обусловлено отличительной особенностью отрасли, в которой производство и потребление продукции происходят практически одновременно. Невозможно накопление больших количеств электроэнергии, а устойчивая работа электростанции и сетей обеспечивается в очень узком диапазоне основных параметров режима. В этих условиях надежное электроснабжение от отдельных электростанций требует резервирование каждой станции, как по мощности, так и по распределительной сети.

Известно, что объединенная работа энергосистем позволяет уменьшить необходимую установленную мощность в основном за счет разновременности наступления максимумов электрической нагрузки объединения, включая и поясной сдвиг во времени, сокращения необходимых резервов мощности вследствие малой вероятности одновременной крупной аварии во всех объединяемых системах.

Кроме того, удешевляется строительство электростанций за счет укрупнения их агрегатов и увеличения дешевой мощности на ГЭС, используемой только в переменной части суточного графика электрической нагрузки. В объединении может быть обеспечено рациональное использование энерго мощностей и энергоресурсов за счет оптимизации режимов загрузки различных типов электростанций.

Но главным преимуществом энергообъединения является возможность широкого маневрирования мощностью и электроэнергией на огромных территориях в зависимости от реально складывающихся условий. Дополнительное электросетевое строительство, связанное с созданием энергообъединений, не требует больших затрат, так как при их формировании используются в основном линии электропередачи, необходимые для выдачи мощности электростанций, а затраты на них с

лихвой окупаются удешевлением строительства крупной электростанции по сравнению с несколькими станциями меньшей мощности. И, следовательно, только объединенная работа энергосистем позволяет обеспечить более экономичное, надежное и качественное электроснабжение потребителей.

Однако параллельная работа энергосистем на одной частоте требует создания соответствующих систем управления их функционированием, включая и противоаварийное управление, а также координации развития энергосистем. Это обусловлено тем, что системные аварии в большом объединении охватывают огромные территории и при современной «глубине» электрификации жизни общества приводят к тяжелейшим последствиям и огромным ущербам.

Поскольку электроэнергия «не складывается», при возникновении дефицита она не может быть свободно куплена на мировом рынке и доставлена в любое место, как и другие продукты и товары. Поэтому обеспечение надежного и экономичного электроснабжения требует заблаговременного начала строительства новых генерируемых источников и электрических сетей, так как энергетические объекты весьма дороги и трудоемки. При этом необходимо обеспечить рациональный состав этих источников по используемым энергоресурсам, их основным техническим характеристикам; их регулировочным возможностям в суточном, недельном и годовом разрезе, а также их размещение.

Для этого необходима координация развития энергосистем и энергообъединений путем прогнозирования, как на долгосрочную, так и на краткосрочную перспективу, которое должно периодически повторяться. Последнее обусловлено тем, что все исходные данные для прогнозирования весьма неопределенны даже в условиях плановой экономики страны. Очевидно, что в условиях рыночной экономики эта неопределенность многократно возрастает.

1. Общая часть

1.1 Краткая характеристика электрооборудования ТП

Комплекс томатного сока (КТС) предназначен для производства томатного сока из исходного сырья (томатов).

КТС имеет технологический участок, в котором установлены поточные линии, а также вспомогательные и бытовые помещения.

Электроснабжение (ЭСН) осуществляется от собственной комплектной трансформаторной подстанции (КТП) 10/0,4 кВ, которая подключена к приемному пункту предприятия.

Все электроприемники по бесперебойности ЭСН – 2 категории.

В проектируемом томатном цехе выбран один трансформатор с коэффициентом загрузки $K_z=0,7$ типа ТСЗ 160/10. Данный выбран обусловлен преобладанием нагрузок 2 категории и наибольшей экономичностью.

На стороне 10 кВ трансформатора установлены разъединитель РВЗ-10/400 IУЗ, предохранитель ПКТ 101–10–10–31,5 УЗ.

Защита от токов короткого замыкания на стороне 0,4 кВ выполнена автоматическим выключателем серии ВА51Г-25.

Распределительная сеть выполнена шинопроводом марки ШМА 73 УЗ, двумя распределительными шинопроводами марки ШРА-1 и ШРА-2, также распределительным шкафом серии ПР85. Соединение с электроприемниками осуществляется проводами марки АПРН. Соединение шинопроводов и распределительного шкафа осуществляется кабелем АВРГ.

1.2 Ведомость электрических нагрузок

Проект выполнен для электроснабжения ЭО комплекса томатного сока. Электроснабжение осуществляется от собственной ГПП, подключенного к подстанции глубокого ввода комплекса (ГВК). Комплектная трансформаторная подстанция 10/0,4 кВ расположена внутри цеха.

Таблица 2.1

Перечень электрооборудования комплекса сока

№ п/п	Наименование электроприемников	Кол-во ЭП, шт.	Мощ-ть одного ЭП, кВт	Общая уст-ая мощ-ть, кВт
1, 24	Конвейеры ленточные сортировочные	2	0,75	1,5
2, 3, 25, 26	Унифицированные вентиляторные моечные машины	4	4,1	16,4
4, 27	Конвейеры роликовые сортировочные	2	1,8	3,6
5	Станки токарные	1	8,5	8,5
6, 7	Станки шлифовальные	2	3,6	7,2
8	Станки сверлильные (1-фазный)	1	1,5	4,5
9, 10	Вентиляторы	2	4,5	9
11, 17, 23, 28	Электрические подъемники передвижные ПВ=25 %	4	3,2	10,24
12, 18	Элеваторы подачи томатов в дробилку	2	0,75	1,5
13, 19	Установки дробления томатов	2	4,5	9
14, 20	Подогреватели дробленой томатной пасты	2	6	12
15, 21	Установки экстракторные	2	9	18
16, 22	Установки разлива сока с подогревов	2	3	6
Всего:		28	21,2	107,44

2. Расчетно-техническая часть

2.1 Определение расчетной электрической нагрузки от силовых электроприемников на шинах 0,38 кВ цеховых ТП

1 Приводим мощности ЭП работающих повторно кратковременном режиме работы к длительным режимам работы при ПВ=100 %.

1.1 Электрические подъемники передвижные ПВ=25 %.

Ошибка! Закладка не определена. $P_{ном} = P_n \cdot \sqrt{ПВ}$

(2. 1)

P_n – паспортная мощность, кВт

ПВ – повторное включение, %

$$P_{ном} = 3,2 \cdot \sqrt{0,25} = 1,6 \text{ кВт}$$

1.2 Однофазные ЭП к 3-х фазным.

Сверлильный станок 1 фазный

$$P_{ном} = 3P_{ном.ф.} \quad P_{3ф} = 1,5 \cdot 3 = 4,5 \text{ кВт}$$

2 Определяем среднесменную активную мощность за максимально загруженную смену:

$$P_{см} = \sum P_{ном} k_u, \text{ кВт} \quad (2.2)$$

$$P_{см} = 0,5 \cdot 1,5 + 0,46 \cdot 16,4 + 0,75 \cdot 3,6 + 0,4(8,5 + 7,2 + 4,5) + 0,8 \cdot 9 + 0,95 \cdot 12 + 0,78 \cdot 18 + 0,78 \cdot 6 = 64,32 \text{ кВт}$$

3 Определяем суммарную полную мощность.

$$\sum P_{НОМ} = \sum_{j=1}^n P_{НОМ} \quad (2. 3)$$

$$\sum P_{НОМ} = 1,5 + 16,4 + 3,6 + 8,5 + 7,2 + 1,5 + 9 + 1,6 + 1,5 + 9 + 12 + 18 + 6 = 4,9 \text{ кВт.}$$

4 Определяем коэффициент силовой сборки m:

$$m = \frac{P_{НОМ. \max}}{P_{НОМ. \min}} \quad m = \frac{9}{0,75} = 12 \Rightarrow m > 3 \quad (2. 4)$$

5 Определяем средний коэффициент использования:

$$k_{u. \text{cp}} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{НОМ}} \quad (2. 5)$$

$$k_{u. \text{cp}} = \frac{64,32}{95,8} = 0,67$$

6 Определяем эффективное число ЭП, учитывая что $m > 3$, а

$$k_{u. \text{cp}} \geq 0,2 \quad \text{то}$$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum P_{НОМ}}{P_{НОМ. \max}} \quad (2. 6)$$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot 95,8}{9} = 21,29 \text{ шт.}$$

7 Определяем коэффициент максимума:

$$K_{\max} = 1,11 \quad [1., \text{ с. 55, таб. 2.15}]$$

8 Определяем максимальную активную мощность:

$$P_{\max} = K_{\max} \cdot \sum_{i=1}^{28} P_{cm} \quad (2.7)$$

$$P_{\max} = 1,11 \cdot 64,32 = 71,4 \text{ кВт}$$

9 Определяем среднесменную реактивную мощность:

$$Q_{cm} = \sum K_u P_{ном} \operatorname{tg} \varphi \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned} Q_{cm} = & 0,5 \cdot 0,88 \cdot 1,5 + 0,46 \cdot 1,17 \cdot 16,4 + 0,5 \cdot 0,88 \cdot 3,6 + 0,12 \cdot 2,29 \cdot 8,5 + \\ & 0,12 \cdot 2,29 \cdot 7,2 + 2,29 \cdot 0,12 \cdot 1,5 + 0,75 \cdot 0,6 \cdot 9 + 1,73 \cdot 0,05 \cdot 1,6 \cdot 0,88 + \\ & 0,56 \cdot 1,5 + 0,75 \cdot 0,44 \cdot 9 + 0,33 \cdot 0,5 \cdot 12 + 0,8 \cdot 0,6 \cdot 18 + 0,8 \cdot 0,6 \cdot 6 = 37,2 \text{ кВар}. \end{aligned}$$

10 Определяем максимальную реактивную мощность

$$n_{\Sigma} > 10, \text{ то } Q_{\max} = Q_{cm} \Rightarrow Q_{\max} = 37,2 \text{ кВар}.$$

11 Определяем полную максимальную мощность:

$$S_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + Q_{\max}^2} \quad (2.9)$$

$$S_{\max} = \sqrt{71,4^2 + 37,2^2} = 80,51 \text{ кВт} \cdot \text{А}.$$

12 Определяем максимальный ток нагрузки.

$$I_{\max} = \frac{S_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad I_{\max} = \frac{80,51}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 122,47 \text{ А}. \quad (2.10)$$

2.2 Расчет и выбор компенсирующего устройства

Активная энергия, потребляемая электроприемниками, преобразуется в другие виды энергии: механическую, тепловую, энергию сжатого воздуха и т. п. Определенный процент активной энергии расходуется на потери. Реактивная мощность Q не связана с полезной работой ЭП и расходуется на создание электромагнитных полей в электродвигателях, трансформаторах, линиях.

В цепи переменного тока, имеющей чисто активную нагрузку, ток совпадает по фазе с приложенным напряжением. Если в цепь включены электроприемники, обладающие активным и индуктивным сопротивлением (АД, сварочные и силовые трансформаторы), то ток будет отставать от напряжения на некоторый угол φ , называемый углом сдвига фаз (Рис. 2.1). Косинус этого угла называется коэффициентом мощности.

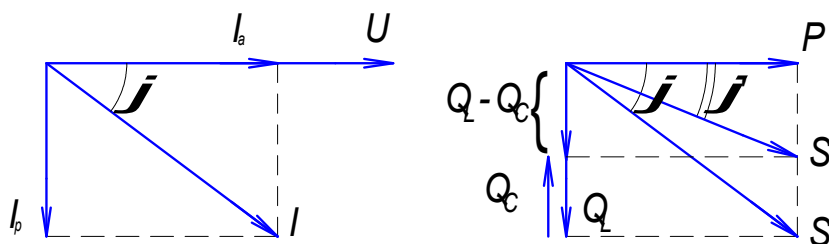


Рис. 2.1 Векторные диаграммы

Из рисунка 1 видно, что с увеличением активной составляющей тока I_a и при неизменной величине реактивной составляющей I_p , угол φ будет снижаться, следовательно, значение $\cos\varphi$ будет увеличиваться. Наоборот, при неизменной величине I_a с увеличением реактивной составляющей тока I_p , угол φ будет увеличиваться, а значение $\cos\varphi$ будет снижаться.

Генераторы переменного тока и трансформаторы характеризуются номинальной мощностью $S_{\text{ном}}$. Электроприемники характеризуются номинальной активной мощностью $P_{\text{ном}}$ и $\cos\varphi$. Полная мощность источника согласно векторной диаграмме

$$S_{ном} = \frac{P}{\cos \varphi} \quad (2.11)$$

Если нагрузка источника только активная, т. е. $\varphi=0$, а $\cos\varphi=1$, то $S=P$ и наибольшая активная мощность электроприемников может быть равна номинальной мощности источника. Если $\cos\varphi=0,8$, то $P=0,8S_{ном}$. Таким образом, величина $\cos\varphi$ характеризует степень использования мощности источника. Чем выше $\cos\varphi$ электроприемников, тем лучше используются генераторы электростанций и их первичные двигатели; наоборот, чем ниже $\cos\varphi$, тем хуже используются электрооборудование подстанций и электростанций и всех других элементов электроснабжения.

Компенсация реактивной мощности, или повышение $\cos\varphi$ электроустановок, имеет большое народно-хозяйственное значение и является частью общей проблемы КПД работы систем электроснабжения и улучшения качества отпускаемой потребителю электроэнергии.

Повышение $\cos\varphi$, или уменьшение потребления реактивной мощности элементами системы электроснабжения, снижает потери активной мощности и повышает напряжение; кроме того, увеличивается пропускная способность элементов электроснабжения.

Величина $\cos\varphi$ задается энергоснабжающей организацией и находится в пределах $\cos\varphi_3=0,92$

Для повышения коэффициента мощности потребителей электроэнергии предполагается провести следующие мероприятия, которые не требуют применения специальных компенсирующих устройств:

1. Упорядочение всего технологического процесса, что приводит к улучшению энергетического режима оборудования, а следовательно, и к повышению коэффициента мощности;
2. Переключение статорных обмоток асинхронных двигателей с треугольника на звезду, если их нагрузка составляет менее 40 %;

3. Устранение режима работы асинхронных двигателей без нагрузки (холостого хода) путем установки ограничителей холостого хода;

4. Замена малозагруженных двигателей меньшей мощности при условии, что изъятие избыточной мощности влечет за собой уменьшение суммарных потерь активной энергии в двигателе и энергосистеме;

5. Замена асинхронных двигателей синхронными двигателями той же мощности, где это возможно по технико-экономическим соображениям;

6. Повышение качества ремонта двигателей с сохранением их номинальных данных.

В качестве компенсирующего устройства в курсовом проекте применяется комплектная конденсаторная установка напряжением 0,38 кВ, что обусловлено следующими преимуществами:

1. Небольшие потери активной энергии в конденсаторах;
2. Простота монтажа и эксплуатации;
3. Возможность легкого изменения мощности комплектной конденсаторной установки в результате увеличения или уменьшения числа конденсаторов в фазе;

4. Возможность легкой замены поврежденного конденсатора;

Недостатки комплектной конденсаторной установки:

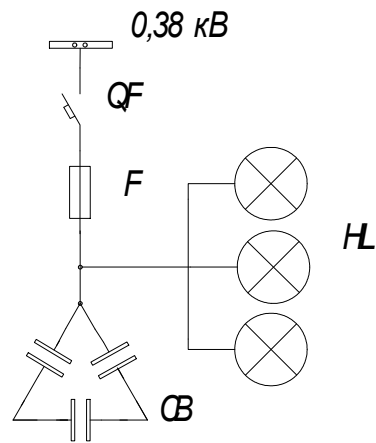
1. Конденсаторы неустойчивы к динамическим усилиям, возникающим при коротких замыканиях;

2. При включении конденсаторной установки возникают большие пусковые токи до $10I_{ном}$;

3. После отключения конденсаторной установки от сети на ее шинах остается заряд, который может быть опасен для обслуживающего персонала;

4. Конденсаторы весьма чувствительны к повышению напряжения (повышение напряжения допускается не более, чем на 10 % от номинального);

5. После пробоя диэлектрика конденсаторы довольно трудно ремонтировать, чаще всего их приходится заменять новыми.



где HL – лампа накаливания служит для разряда конденсаторных батареек

Рис 2.2 Присоединения конденсаторов к шинам на напряжение 0,38 кВ

1 Рассчитываем $\cos \varphi_{\max}$

$$\cos \varphi_{\max} = \frac{P_{\max}}{S_{\max}} \quad (2.12)$$

$$\cos \varphi_{\max} = \frac{71.4}{80.51} = 0.89 \leq 0.92$$

2 Рассчитываем мощность компенсирующего устройства

$$Q_k = P_{\max} (\operatorname{tg} \varphi_{\max} - \operatorname{tg} \varphi_{\text{э}}) \quad (2.13)$$

$$Q_k = 71,4 \cdot (0,52 - 0,4) = 8,57 \text{ кВАр}$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{\max} = \frac{Q_{\max}}{P_{\max}} \quad (2.14)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{\max} = \frac{37,2}{71.4} = 0,52$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{э}} = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{\text{э}}'}}{\cos \varphi_{\text{э}}}; \quad (2.15)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_3 = \frac{\sqrt{1-0,93^2}}{0,93} = 0,4$$

Подбираем стандартные значение мощности каждой батарее и тип ее по таблице:

$$\text{КЭ1-0,38-20-2У1 (ЗУ1)} \quad S_{\text{ном}}=20 \text{ кВАр.} \quad [2, \text{ с } 382, \text{ табл } 6,21]$$

3 Рассчитываем полную максимальную мощность с учетом мощности каждой батарее

$$Q_{\max} = \sqrt{P_{\max}^2 + (Q_{\max} - Q_{\text{конд}})^2} \quad (2,16)$$

$$Q_{\max} = \sqrt{71,4^2 + (37,2 - 20)^2} = 73,44 \text{ кВА}$$

4 Определяем коэффициент мощности $\cos \varphi'_{\max}$

$$\cos'_{\max} = \frac{P_{\max}}{S'_{\max}} \quad (2,17)$$

$$\cos'_{\max} = \frac{71,4}{73,44} = 0,97 \geq 0,92$$

2.3 Выбор напряжения и схемы питания силовых и осветительных нагрузок цеха

Питание линии осветительной сети присоединяют к групповым щиткам через установленные на них аппараты защиты и управления. Групповые щитки устанавливают в местах доступных для обслуживания. В отдельных производствах, где перегрев питания освещения недопустим, а также где требуется эвакуация рабочих, применяют питание групповых щитков аварийного освещения от двух источников.

Учитывая особенности радиальных и магистральных сетей, обычно применяют смешанные схемы электрических сетей в зависимости от характера производства, условий окружающей среды и т.д. Например, в механических цехах машиностроительной

промышленности при системе блока «трансформатор – магистраль» электроснабжение выполняют магистральным шинопроводом ШМА, к которому присоединяют распределительные шинопроводы ШРА. На некоторых участках цеха устанавливают распределительные пункты для питания электроприемников, которые присоединяют к ближайшим магистральным или распределительным шинопроводам.

Подключение ШМА к распределительным устройствам КТП (шкафам) подстанции производится «напрямую» или через присоединительные секции ШМА.

Присоединение распределительных шинопроводов к КТП производится кабелем или проводом, который подводится к вводной коробке ШРА.

Осветительные нагрузки цехов при радиальных схемах силовой сети питаются отдельными линиями от щитов подстанций; при магистральных схемах и схемах подстанций, выполненных по системе блока «трансформатор – магистраль», – от головных участков магистралей.

В крупных цехах при радиальной или магистральной схеме от щита подстанции до распределительного щита, установленного в цехе, прокладывают самостоятельную осветительную сеть, которую называют, так же как и в силовых сетях, питающей. От распределительных щитов осуществляется питание групповых щитков. В небольших цехах распределительные щиты можно не устанавливать, а питающую сеть от источника питания подводить непосредственно к групповым щиткам.

Выбор напряжения выше 1 кВ производится в зависимости от мощности электроустановок предприятия одновременно с выбором всей схемы электроснабжения. Для питания предприятия малой мощности и в распределительных сетях внутри предприятия используются напряжения 6–10 кВ. Причем напряжения 10 кВ большинстве случаев является более предпочтительным. Напряжение 6 кВ целесообразно тогда, когда нагрузки и ТП предприятия получают питание от шин генераторов промышленной ТЭЦ, а предприятие на минимальное напряжение.

При проектировании новых и реконструкций действующих промышленных предприятий следует стремиться к ликвидации напряжения 6 и 35 кВ путем перевода существующих сетей 6 кВ на напряжение 10 кВ и создание питающих сетей – напряжением 110–220 кВ вместо сетей 35 кВ.

Для внутрицеховых сетей наиболее распространение имеет напряжение 380/220 В, основным преимуществом которого является возможность совместного питания силовых и осветительных ЭП. Наибольшая единичная мощность трехфазных ЭП, получающих питание от системы напряжений 380/220 В, как правило, не должна превышать 220–250 кВт, допускающих применение компенсирующей аппаратуры на ток 630 А.

Исходя, из вышесказанного на высокой стороне трансформатора используется напряжение 10/0,4 кВ.

В данном курсовом проекте на стороне 10 кВ трансформатора установлены: разъединитель, предохранитель, трансформатор тока и напряжения. На стороне 0,4 кВ установлен автоматический выключатель.

Разъединитель – это коммутационный аппарат, предназначенный для коммутации цепи без тока; для создание надежного видимого разрыва цепи для обеспечения безопасного проведения ремонтных работ на оборудовании и токоведущих частях электроустановки.

Предохранитель – это коммутационный электрический аппарат, предназначенный для отключения защищаемой цепи разрушением специально предусмотренных для этого токоведущих частей под действием тока, превышающего определенное значение.

Трансформатор напряжения предназначен для отделения цепей измерения и релейной защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Трансформатор тока предназначен для понижения первичного тока до стандартной величины (5 или 1 А) и для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Автоматический выключатель – это контактный коммутационный аппарат (электротехническое или электроустановочное устройство), способный включать, проводить и отключать токи при нормальном состоянии электрической цепи, а также включать, проводить в течение определённого устанавливаемого времени и отключать токи в определённом аномальном состоянии цепи электрического тока. Автоматический выключатель предназначен для защиты кабелей, проводов и конечных потребителей от перегрузки и короткого замыкания.

2.4 Расчет и выбор числа мощности цеховых трансформаторов

Выбор типа, числа и схем питания подстанций должен быть обусловлен величиной и характером электрических нагрузок, размещением нагрузок на генеральном плане предприятия, а также производственными, архитектурно-строительными и эксплуатационными требованиями.

ТП должны размещаться как можно ближе к центру размещения потребителей. Для этого должны применяться внутрицеховые подстанции, а также встроенные в здание цеха или пристроенные к нему ТП, питающие отдельные цехи (корпуса) или части их.

ТП должны размещаться вне цеха только при невозможности размещения внутри его или при расположении части нагрузок вне цеха.

Однотрансформаторные цеховые подстанции применяются при питании нагрузок, допускающих перерыв электроснабжения на время доставки «складского» резерва, или при резервировании, осуществляемом по переключкам на вторичном напряжении.

Двухтрансформаторные цеховые подстанции применяются при преобладании потребителей 1-й и 2-й категорий, а также при наличии неравномерного суточного или годового графика нагрузки.

Цеховые подстанции с числом трансформаторов более двух используются лишь при надлежащем обосновании необходимости их применения, а также в случае установки отдельных трансформаторов для питания силовых и осветительных нагрузок.

Радиальное питание небольших однотрансформаторных подстанций (до 630 кВ • А) производят по одиночной радиальной линии без резервирования на стороне высшего напряжения при отсутствии нагрузок 1-й категории.

Взаимное резервирование в объеме 25–30 % на однотрансформаторных подстанциях следует осуществлять при помощи переключек на напряжении до 1000 В (при схеме «трансформатор–магистраль») для тех отдельных подстанций, где оно необходимо.

При выборе числа и мощности трансформаторов подстанций рекомендуется:

трансформаторы мощностью более 1000 кВ•А применять при наличии группы электроприемников большой мощности (например, электропечей) или значительного числа однофазных электроприемников, а также при

наличии электроприемников с частыми пиками нагрузки (например, электросварочных установок) и в цехах с высокой удельной плотностью;

стремиться к возможно большей однотипности трансформаторов цеховых подстанций;

при двухтрансформаторных подстанциях, а также при однострансформаторных подстанциях с магистральной схемой электроснабжения мощность каждого трансформатора выбирать с таким расчетом, чтобы при выходе из строя одного трансформатора оставшийся в работе трансформатор мог нести всю нагрузку потребителей 1-й и 2-й категорий (с учетом допустимых нормальных и аварийных нагрузок); при этом потребители 3-й категории могут временно отключаться.

Для этого номинальная мощность трансформаторов двухтрансформаторной подстанции принимается равной 70 % от общей расчетной нагрузки цеха. Тогда при выходе из строя одного из трансформаторов второй на время ликвидации аварии оказывается загруженным не более чем на 140 %, что допустимо в аварийных условиях.

Ориентировочно выбор числа и мощности трансформаторов может производиться по удельной плотности нагрузки (kVA/m^2) и полной расчетной нагрузке объекта (kVA).

Число и мощность трансформаторов выбираются с учетом перегрузочной способности трансформатора.

1. Задаемся количеством трансформаторов «n» в зависимости от мощности и категории ЭП.

$$U=10-0.4 \text{ кВ, II категория, } S'_{\text{max}}=73.44 \text{ кВА, } K_3=40 \text{ \%., } n=1.$$

2. В зависимости от этих же величин задаемся коэффициентом загрузки $K_3=0,7$.

3. Определяем расчетные значения мощности трансформатора

$$S_p = \frac{S'_{\max}}{n \cdot K_3} \quad (2.18)$$

$$S_p = \frac{73,44}{1 \cdot 0,7} = 104,91 \text{ кВА}$$

где S'_{\max} – мощность с учетом компенсации.

Находим стандартные значения номинальной мощности трансформатора и тип трансформатора в таблице

$$S_{\text{ном}} = 160 \text{ КВА ТС3160/10} \quad [2,]$$

4 Проверяем выбранный трансформатор по K_3

$$K_3 = \frac{S'_{\max}}{n \cdot S_{\text{ном}}} \quad (2,19)$$

$$K_3 = \frac{73,44}{1 \cdot 160} = 0,46$$

2.6 Расчет токов короткого замыкания

Коротким замыканием (КЗ) называют всякое случайное или преднамеренное, не предусмотренное нормальным режимом работы, электрическое соединение различных точек электроустановки между собой или землей, при котором токи в ветвях электроустановки резко возрастают, превышая наибольший допустимый ток продолжительного режима (ГОСТ 26522–85).

В системе трехфазного переменного тока могут быть замыкания между тремя фазами – трехфазные КЗ, между двумя фазами – двухфазные КЗ

Возможно двойное замыкание на землю в различных, но электрически связанных частях электроустановки в системах с незаземленными или резонансно-заземленными нейтралями.

Причинами коротких замыканий могут быть: механические повреждения изоляции – проколы и разрушение кабелей при земляных работах; поломка фарфоровых изоляторов; падение опор воздушных линий; старение, т. е. износ, изоляции, приводящее постепенно к ухудшению электрических свойств изоляции; увлажнение изоляции; перекрытие между фазами вследствие атмосферных перенапряжений.

Некоторые КЗ являются устойчивыми, условия возникновения их сохраняются во время бестоковой паузы коммутационного аппарата, т. е. после снятия напряжения с электроустановки. К ним относятся КЗ вследствие механических повреждений, старения и увлажнения изоляции.

Условия возникновения неустойчивых КЗ самоликвидируются во время бестоковой паузы коммутационного аппарата.

Последствиями коротких замыканий являются резкое увеличение тока в короткозамкнутой цепи и снижение напряжения в отдельных точках системы. Дуга, возникшая в месте КЗ, приводит к частичному или полному разрушению аппаратов, машин и других устройств. Увеличение тока в ветвях электроустановки, примыкающих к месту КЗ, приводит к значительным механическим воздействиям на токоведущие части и изоляторы, на обмотки электрических машин. Прохождение больших токов вызывает повышенный нагрев токоведущих частей и изоляции, что может привести к пожару в распределительных устройствах, в кабельных сетях и других элементах энергоснабжения.

Ток КЗ зависит от мощности генерирующего источника, напряжения и сопротивления короткозамкнутой цепи. В мощных энергосистемах токи КЗ достигают нескольких десятков тысяч ампер, поэтому последствия таких

ненормальных режимов оказывают существенное влияние на работу электрической установки.

Для уменьшения последствий коротких замыканий необходимо как можно быстрее отключить поврежденный участок, что достигается применением быстродействующих выключателей и релейной защиты с минимальной выдержкой времени. Немаловажную роль играют автоматическое регулирование и форсировка возбуждения генераторов, позволяющие поддерживать напряжение в аварийном режиме на необходимом уровне. Все электрические аппараты и токоведущие части электрических установок должны быть выбраны таким образом, чтобы исключалось их разрушение при прохождении по ним наибольших возможных токов КЗ, в связи с чем возникает необходимость расчета этих величин.

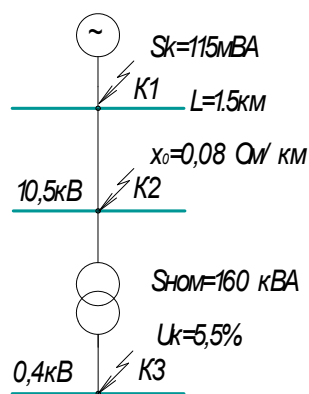


Рис. 2.2 Расчетная схема

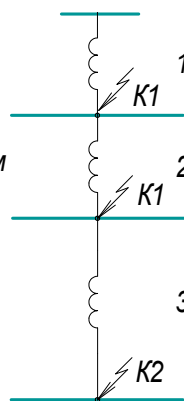


Рис. 2.3 Схема замещения

1 Определяем сопротивления элементов электрической цепи. Принимаем $S_6 = 100$ мВА.

$$1.1. X_{1*6} = \frac{S_6}{S_K} \quad (2,31)$$

$$X_{1*6} = \frac{100}{115} = 0.86$$

2.2 Кабельные линии

$$X_{2*\bar{0}} = x_0 l \frac{S_{\bar{0}}}{U_{ном}} \quad (2,32)$$

$$X_{2*\bar{0}} = 0.08 * 1.5 \frac{100}{100} = 0.12$$

2.3 Трансформаторы

$$X_{3*\bar{0}} = \frac{U_k \cdot S_{\bar{0}}}{100 \cdot S_{ном}} \quad (2,33)$$

$$X_{3*\bar{0}} = \frac{5,5 \cdot 100}{100 \cdot 160} = 0,03$$

2. Определяем токов КЗ в данном частке К₁:

$$I_{\kappa} = \frac{I_{\bar{0}k1}}{X_{\kappa 1*\bar{0}}} \quad (2,34)$$

$$I_{\bar{0}\kappa 1} = \frac{S_{\bar{0}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{0}\kappa 1}} \quad (2,35)$$

$$I_{\bar{0}\kappa 1} = \frac{100}{1,73 \cdot 10,5} = 5,5 A$$

$$I_{\kappa 1} = X_{1*\bar{0}} = 0,86 A$$

2.2 В точке К₂

$$I_{\bar{0}\kappa 2} = \frac{S_{\bar{0}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{0}\kappa 2}} ; I_{\bar{0}\kappa 2} = \frac{100}{1,73 \cdot 10,5} = 5,5 A \quad I_{\kappa 2} = \frac{I_{\bar{0}k2}}{X_{\kappa 2*\bar{0}}}$$

$$R_{TA}=0,2 \text{ МОм} \quad X_{TA}=0,3 \text{ МОм} \quad [4, \text{ с } 61, \text{ табл } 1,92]$$

$$R_T=16,6 \text{ МОм} \quad X_T=41,7 \text{ МОм} [3, \text{ с } 65, \text{ табл } 7,1]$$

$$R_M=0,475 \text{ МОм} \quad X_M=0,295 \text{ МОм} \quad [4, \text{ с } 155, \text{ табл } 7,2]$$

$$R_a=0,40 \text{ МОм} \quad X_a=0,5 \text{ МОм}$$

$$I_{ном} = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}; \quad I_{ном} = \frac{160}{1,73 \cdot 0,4} = 231 \text{ A}, \quad I_3=250 \text{ A}.$$

Выбираем автомат ВА51–35 [3, с 185, табл А6]

Шины (25х3) мм, $I_{ном}=265 \text{ A}$.

$$X_{к2} = X_{*бк2} \frac{U_{ном}}{S_{ном}} \quad (2,36)$$

$$X_{к2} = 0,26 \frac{10500}{160} = 2,44 \text{ МОм}$$

$$I_{к2} = \frac{I_{бк2}}{X_{к2*б}}; \quad I_{к2} = \frac{5,5}{2,44} = 2,25 \text{ A}$$

2.3 Сумма сопротивлений шин

$$r_{\Sigma k3} = R_{TA} + R_T + R_a + R_M \quad (2,37)$$

$$r_{\Sigma k3} = 0,2 + 16,6 + 0,475 + 0,4 = 17,675 \text{ МОм}$$

$$x_{\Sigma k3} = X_{TA} + X_T + X_a + X_M + X_{к2} \quad (2,38)$$

$$x_{\Sigma k3} = 0,3 + 41,7 + 0,295 + 0,5 + 2,44 = 59,045 \text{ МОм}$$

2.4 Находим полное сопротивление

$$z = \sqrt{X_{\Sigma k3}^2 + R_{\Sigma k3}^2} \quad (2,39)$$

$$z = \sqrt{17,675^2 + 59,045^2} = 62 \text{ мОм}$$

2.5 Определяем ток короткого замыкания:

$$I_{кз} = \frac{U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot z} \quad (2,40)$$

$$I_{кз} = \frac{400}{1,73 \cdot 62} = 3,73 \text{ А}$$

3 Определяем ударные токи в заданных точках

$$K_y = 1,8$$

$$i_{yk1} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k1} \quad (2,41)$$

$$i_{yk1} = 1,8 \cdot 1,4 \cdot 6,4 = 16,13 \text{ кА}$$

$$i_{yk2} = 1,8 \cdot 1,4 \cdot 5,61 = 14,14 \text{ кА}$$

$$K_y = 1,2; i_{yk3} = 1,2 \cdot 1,4 \cdot 3,73 = 6,27 \text{ кА}$$

4 Мощность короткого замыкания

$$S_{к1} = \sqrt{3} \cdot U_{бк1} \cdot I_{к1} \quad (2,42)$$

$$S_{к1} = 1,73 \cdot 10,5 \cdot 6,4 = 116,3 \text{ МВА}$$

$$S_{к2} = 1,73 \cdot 10,5 \cdot 6,4 = 116,3 \text{ МВА}$$

$$S_{к3} = 1,73 \cdot 0,4 \cdot 6,27 = 4,34 \text{ МВА}$$

2.8 Расчет и выбор высоковольтного электрооборудования

Разъединитель – это коммутационный аппарат, предназначенный для коммутации цепи без тока.

Основное назначение разъединителя – создание надежного видимого разрыва цепи для обеспечения безопасного проведения ремонтных работ на оборудовании и токоведущих частях электроустановки.

Контактная система разъединителей не имеет дугогасительных устройств, поэтому отключение необесточенной цепи приведет к образованию устойчивой дуги и последующей аварии в распределительном устройстве. Прежде чем оперировать разъединителем, цепь должна быть отключена выключателем.

Разъединители для внутренней установки могут быть одно- и трехполюсными. На металлической раме с помощью опорных изоляторов укреплены три полюса разъединителя, объединенные общим валом, связанным тягой с приводом.

Контактная система такого разъединителя имеет неподвижные контакты из медной изогнутой под прямым углом шины, закрепленной на опорном изоляторе, и подвижного контакта – двухполюсного ножа. Пружины, насаженные на стержень, нажимают на стальные пластины, которые своим выступом прижимают ножи к неподвижному контакту, уменьшая переходное сопротивление

Кроме главных ножей, разъединитель может быть снабжен заземляющими ножами (типа РВЗ), которые используют для заземления обесточенных токоведущих частей.

Главные и заземляющие ножи механически заблокированы так, что при включенных главных ножах нельзя включить заземляющие ножи.

Разъединители для наружной установки должны выполнять свои функции в неблагоприятных условиях окружающей среды (низкие температуры, гололед, осадки). В этих условиях надежно работают

разъединители горизонтально-поворотного типа РНД. В таких разъединителях нож состоит из двух частей, закрепленных на опорных колонках изоляторов, которые установлены на раме. Один полюс является ведущим и соединен с приводом тягой. При отключении ручным или электродвигательным приводом осуществляется поворот колонок вокруг своей оси в противоположных направлениях, и ножи перемещаются в горизонтальной плоскости, как бы «ломаясь» на две половинки. Такая конструкция ножей позволяет легко разрушить корку льда, которым могут быть покрыты контакты. Шины распределительного устройства присоединены к наконечникам, гибкая связь соединяет их с ножами. Разъединители могут иметь один или два заземляющих ножа.

Один главный нож разъединителя заканчивается контактом в виде лопатки, другой – в виде пружинящих ламелей. Давление в контакте создается пружинами. С помощью гибкой связи контакт соединен с ножом.

Трансформатор тока предназначен для понижения первичного тока до стандартной величины (5 или 1 А) и для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Трансформаторы тока для внутренней установки имеют сухую изоляцию с использованием фарфора или эпоксидной смолы. Трансформаторы с литой эпоксидной изоляцией имеют малые размеры и проще по технологии производства.

В КРУ применяются трансформаторы тока ТЛМ-6, ТЛМ-10 на первичные токи от 300 до 1500 А. При небольших первичных токах применяются катушечные трансформаторы тока, у которых первичная обмотка имеет много витков (ТПЛ, ТПЛК).

Для схем релейной защиты от замыкания на землю применяются трансформаторы тока ТЗЛ, которые устанавливаются на кабель и встраиваются в КРУ.

Трансформатор напряжения предназначен для отделения цепей измерения и релейной защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Так же как в трансформаторах тока, в трансформаторах напряжения имеется угловая погрешность.

Трансформаторы напряжения могут иметь классы точности 0,2; 0,5; 3, область применения которых такая же, как для трансформаторов тока.

Вторичная нагрузка измерительных приборов и реле не должна превышать номинальную мощность трансформатора напряжения, так как это приведет к увеличению погрешностей.

По конструкции различают трехфазные и однофазные трансформаторы напряжения. Трехфазные применяются на напряжения до 10 кВ, однофазные – на любые напряжения до 1150кВ

Предохранитель – это коммутационный электрический аппарат, предназначенный для отключения защищаемой цепи разрушением специально предусмотренных для этого токоведущих частей под действием тока, превышающего определенное значение.

1 Выбор трансформатора тока.

Они выбираются по номинальному току и напряжения и проверяется на термическую и динамическую стойкость токов КЗ. Таблица 2.3 Выбор трансформатора тока.

Табличные данные	Расчетные данные
$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ.}$ $I_{НОМ} = 9,25 \text{ А.}$ $I_K^2 t_{ПР} = 0,16 \text{ кА.}$ $I_Y = 14,14 \text{ кА.}$	$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ.}$ $I_{НОМ} = 10 \text{ А.}$ $I_t^2 t_t = 0,47^2 \cdot 3 = 0,66 \text{ кА.}$ $I_Y = 2,47 \text{ кА.}$ <p>Так как ТПЛК-10 с номинальным током $I_{НОМ} = 10 \text{ А.}$ не проходит по динамической стойкости, то выбираем ТПЛК-10</p> $I_{НОМ} = 100 \text{ А.}$ $I_{НОМ} = 10 \text{ А.}$ $I_t^2 t_t = 0,47^2 \cdot 3 = 0,66 \text{ кА.}$ $I_Y = 74,5 \text{ кА.}$

Выбираем трансформатор тока типа ТПЛК-10. [2, С 294, табл 5,9]

Выбираем разъединитель

Разъединитель выбирается по номинальному напряжению и тока и проверяется на термическую стойкость и на динамическую стойкость

$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ.}$ $I_{НОМ} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}$ $I_{НОМ} = \frac{160}{1,73 \cdot 10} = 9,25 \text{ А.}$ $I_K^2 t_{ПР} = 5,6^2 \cdot 0,005 = 0,16 \text{ кА} \cdot \text{с}^2$ $I_Y = 14,14 \text{ кА.}$	$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ.}$ $I_{НОМ} = 400 \text{ А.}$ $I_t^2 t_t = 16^2 \cdot 4 = 1024 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$ $i_Y = 41 \text{ кА.}$
---	---

Выбираем разъединитель РВЗ-10/400 IY3

Выбираем предохранитель

Они выбираются по номинальному току и напряжения и проверяется на отключающую способность токов КЗ

$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ.}$ $I_{НОМ} = \frac{S_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}$ $I_{НОМ} = \frac{160}{1,73 \cdot 10} = 9,25 \text{ А.}$ $I_K = 5,6 \text{ кА.}$ $S_K = \sqrt{3} U_{НОМ} I_K$ $S_K = 1,73 \cdot 10 \cdot 5,6 = 96,88 \text{ МВ} \cdot \text{А.}$	$U_{НОМ} = 10 \text{ кВ.}$ $I_{НОМ} = 10 \text{ А.}$ $I_{ОТК} = 31,5 \text{ кА.}$ $S_{ОТК} = \sqrt{3} U_{НОМ} I_{ОТК}$ $S_{ОТК} = 1,73 \cdot 10 \cdot 31,5 = 545 \text{ МВ} \cdot \text{А.}$
--	--

Выбираем предохранитель ПКТ-101–10–10–31,5 У3

Выбираем трансформатор напряжения.

TV выбирается по номинальному напряжению и проверяется на нагрузку вторичной цепи.

Выясним какие приборы подключаются к силовому трансформатору при $U=10 \text{ кВ}$ через трансформатор напряжения.

Силовой трансформатор на 10/0,4 кВ питает одну хозрасчетную единицу.

Выясним, какую мощность потребляет катушка напряжения счетчика активной энергии. $S_h = 8 \text{ ВА.}$

Проверяем и выбираем трансформатор напряжения по условию:

$$S_2 \geq S_{np}$$

$$S_h = 8 \text{ ВА.}; S_2 = 75 \text{ ВА}$$

Выбираем трансформатор напряжения для коммерческого учета типа НОМ-10–66 У2 [4]

2. Учет и контроль электроэнергии

Расчетным учетом электроэнергии называется учет выработанной, а также отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее. Счетчики, устанавливаемые для расчетного учета, называются расчетными счетчиками (класса 2), с классом точности измерительных трансформаторов – 0,5.

Техническим (контрольным) учетом электроэнергии называется учет для контроля расхода электроэнергии электростанций, подстанций, предприятий, зданий. Счетчики, устанавливаемые для технического учета, называются контрольными счетчиками (класса 2,5) с классом точности измерительных трансформаторов – 1.

При определении активной энергии необходимо учитывать энергию: выработанную генераторами электростанций; потребленную на собственные нужды электростанций и подстанций; выданную электростанциями в распределительные сети; переданную в другие энергосистемы или полученную от них; отпущенную потребителям и подлежащую оплате.

Расчетные счетчики активной электроэнергии на подстанции энергосистемы должны устанавливаться:

- 1) для каждой отходящей линии электропередачи, принадлежащей потребителям;
- 2) для межсистемных линий электропередачи – по два счетчика со стопорами, учитывающих полученную и отпущенную электроэнергию;
- 3) на трансформаторах собственных нужд;
- 4) для линий хозяйственных нужд или посторонних потребителей (поселок и т. п.), присоединенных к шинам собственных нужд.

Расчетные счетчики активной электроэнергии на подстанциях потребителей должны устанавливаться:

- 1) на вводе (приемном конце) линии электропередачи в подстанцию;

2) на стороне ВН трансформаторов при наличии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы;

Схема подключения счетчиков типа ПСЧ-4 к трехфазной сети.

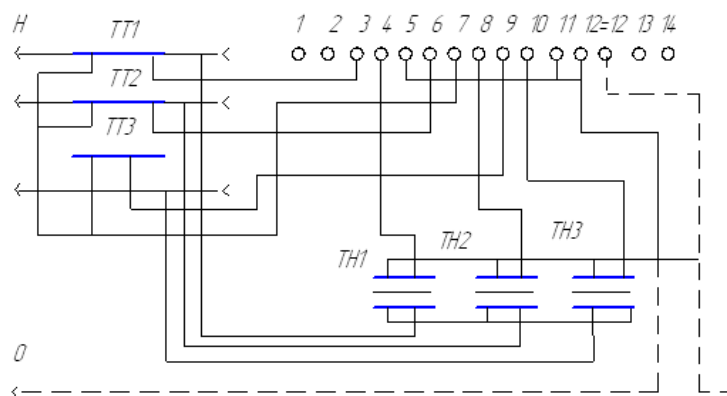


Рис. 2,4 Подключение счетчиков к трехфазной сети с помощью трех трансформаторов тока и трех трансформаторов напряжения (пунктиром показано цепь «0» для четырехпроводной сети.)

Счетчик электрической энергии статический, трехфазной, трехтрансформаторный, универсальный ПСЧ-4. Предназначен для учета прихода и расхода активной энергии в трех- и четырехпроводных сетях переменного тока номинальной частоты 50Гц, а также для передачи по линиям связи информационных данных на центральный пункт сбора информации энергосистемы.

Счетчик обеспечивает высокую точность измерения энергии в сетях со значительными отклонениями тока и напряжения.

При подаче сетевого напряжения и помещениях нагрузки, световой индуктор режима работы счетчика должен менять показания пропорционально величине потребляемой электрической энергии.

В курсовом проекте предполагается коммерческий учет активной энергии. Счетчик ПСЧ-4 устанавливают на линии отходящих от трансформаторной подстанции напряжением 0,38 кВ и питающей отдельные участки цеха.

Заключение

Курсовой проект выполнен на тему «**электроснаб**жение комплекса сока». В процессе выполнения проекта производился расчет электрических нагрузок комплекса томатного сока, с полученной при расчёте полной максимальной мощности $S_{\max} = 80,51$ кВА, и с компенсацией реактивной мощности $Q_{\max} = 8,57$ кВАр КЭ1–0,38–20–2У1 3У1 на основании которого выбран силовой трансформатор ТСЗ 160/10.

Также произведен расчёт токов короткого замыкания, с учётом которого выбрано высоковольтное электрооборудование. По расчётам на высокой стороне выбраны шины 25х3 мм, разъединитель РВЗ-10/400 IУЗ, высоковольтный предохранитель ПКТ-101–10–31,5 – УЗ, трансформатор тока типа ТПЛК-10 и, трансформатор напряжения TV НОМ-10–66-У2, на низкой стороне выбран автоматический выключатель серии ВА51–33. По потребляемым токам произведён расчёт питающей линии, распределительные шинопроводы ШРА73-УЗ, магистральные шинопроводы ШМА-1600, и распределительные пункты 0,4 кВт. На низкой стороне установлен распределительный пункты типа ПР-85, к которому выбран автоматический выключатель типа ВА51–31, прокладываемые к распределительным пунктам кабеля марки ААБ 25 мм². К электроприёмникам выбраны автоматы серии ВА51–31, и подводимые к электроприёмникам провода АПРН 10х3+1х6. Также в схеме на низкой стороне показан способ включения компенсирующего устройства к шинам 0,4 кВт.

В графической части представлены схемы электроснабжения и типы расположения электрооборудования комплекса сока.

Список используемой литературы

1. Безопасность жизнедеятельности. Под ред. С.В. Белова. 1999
2. Петросова Л.И. Методические пособие спец.курс Охраны труда.-ТашГТУ, 2012.
3. Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. М., Высшая школа, 1990.
4. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. М, Форум Инфра-М, 2004.
5. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов – М.: Издательство «Мастерство»; Высшая школа, 2001.
6. Петросова Л.И., Расулева М.А.,Расулев А.Х. Безопасность жизнедеятельности. Учебно-методическое пособие.-Т.ТашГТУ.2012.
7. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1987.