МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ТАЛАССКИЙ АГРАРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

«Утверждаю»

Заместитель директора

по учебной работе

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С. Ж. Садырова

УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Учебный модуль 3

**Электроснабжение сельскохозяйственного предприятия**

**Специальность** 110302 **«Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»**

Учебный материал состоит из **9** кредитов, всего **270** часов: из них лекции **92** часов, практические (семинарские) занятия **74** часов, самостоятельная работа студентов **104** часов.

Учебный материал рассмотрена и утверждена на заседании цикловой комиссии по техническим дисциплинам, протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_­2023 года.

Председатель цикловой комиссии: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.Т. Шаршенова

Количество часов соответствуют учебному плану, утвержденного приказом Таласского аграрно-экономического колледжа № 13-1 от 29.08.2022 г.

Заведующий отделением: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ О.Т. Шаршенова

Одобрено методическим кабинетом колледжа.

Заведующая методическим кабинетом: \_\_­­­­­­\_\_\_\_\_\_\_\_ М. Ө. Джуматаева

Составили преподаватели: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_А.Б. Айдарова

\_\_\_\_­­­­\_\_\_\_\_\_\_\_О.Т. Шаршенова

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Адамкалый у.М.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_Н.М. Мератахунова

**Содержание**

**Профессиональная результаты обучения З. Способен обеспечить электроснабжение сельскохозяйственного предприятия.**

**Глава первая**

**1. Коллекторные машины постоянного тока.**

Тема 1.1. Принцип действия, устройство, область применения машины постоянного тока.

Тема 1.1.1. Принцип действия и устройство коллекторных машин постоянного тока.

СРС 1.1. Принцип действия двигателя постоянного тока.

Тема 1.2. Образование обмоток машины постоянного тока.

Тема 1.2.1. Обмотки якоря машин постоянного тока.

СРС 1.2. Волновые обмотки якоря.

Тема 1.2.2. Магнитное поле машин постоянного тока.

Тема 1.3. Коммутация в машине постоянного тока.

Тема 1.3.1. Коммутация машин постоянного тока.

Тема 1.3.2. Способы улучшения коммутации.

СРС 1.3. Криволинейная коммутация.

Тема 1.4. Генераторы постоянного тока.

Тема 1.4.1. Коллекторные генераторы постоянного тока.

ЛПЗ 1.4.2. Исследование ГПТ независимого возбуждения.

ЛПЗ 1.4.3. Исследование ГПТ параллельного, смешанного возбуждения.

Тема 1.4.4. Исследование ГПТ параллельного, смешанного возбуждения.

СРС 1.4. Генераторы параллельного возбуждения

СРС 1.5. Генераторы смешанного возбуждения.

Тема 1.5. Двигатели постоянного тока.

Тема 1.5.1. Коллекторные двигатели.

ЛПЗ 1.5.2. Исследование ДПТ параллельного возбуждения.

СРС 1.6. Двигателя параллельного возбуждения.

Тема 1.5.3. Режим работы машин постоянного тока.

ЛПЗ 1.5.4. Исследование ДПТ последовательного, смешанного возбуждения.

ЛПЗ 1.5.5. Определение КПД машины постоянного тока методом х.х.

СРС 1.7. Торможение двигателей постоянного тока.

СРС 1.8. Потери и КПД коллекторной машины постоянного тока.

Тема 1.6. Специальные машины постоянного тока.

Тема 1.6.1. Машины постоянного тока специального применения.

ЛПЗ 1.6.2. Исследование ЭМУ поперечного поля.

ЛПЗ 1.6.3. Исследование исполнительного двигателя постоянного тока.

СРС 1.9. Опытное определение параметров асинхронных двигателей.

Тема 1.7. Общие сведения о трансформаторах.

Тема 1.7.1. Рабочий процесс трансформатора.

ЛПЗ 1.7.2. Влияние схемы соединения обмоток на работу трехфазных трансформаторов в режиме х.х.

СРС 1.10. Устройство трансформаторов.

ЛПЗ 1.7.3. Исследование силового двухобмоточного трансформатора методом х.х. и к.з.

ЛПЗ 1.7.4. Потери и КПД трансформатора.

ЛПЗ 1.7.5. Регулирование напряжения трансформаторов.

СРС 1.11. Работа трансформаторов при симметричной нагрузке.

СРС 1.12. Работа трансформатора под нагрузкой.

Тема 1.8. Параллельная работа и трехфазные трансформаторы.

Тема 1.8.1. Групп соединения обмоток и параллельная работа трансформаторов.

СРС 1.13. Трансформирование трехфазного тока и схемы соединения обмоток трехфазных

трансформаторов.

ЛПЗ 1.8.2. Исследование параллельной работы трехфазных двухобмоточных трансформаторов.

Тема 1.8.3. Трехобмоточные трансформаторы и автотрансформаторы.

ЛПЗ 1.8.4. Исследование однофазного автотрансформатора.

СРС 1.14. Переходные процессы при включении и при внезапном коротком замыкании трансформаторов.

Тема 1.8.5. Трансформаторы специального применения.

СРС 1.15. Сварочные трансформаторы.

Тема 1.9. Общие сведения о машинах переменного тока.

Тема 1.9.1. Принцип действия бесколлекторных машин переменного тока.

ЛПЗ 1.9.2. Основные типы обмоток статора.

Тема 1.9.3. Способы возбуждения и устройство синхронных машин.

ЛПЗ 1.9.2. Характеристики синхронного генератора.

СРС 1.16. Включение генераторов на параллельную работу.

Тема 1.10. Параллельная работа синхронного генератора с сетью.

Тема 1.10.1. Назначения трехфазного генератора.

ЛПЗ 1.10.2. Параллельная работа генераторов.

ЛПЗ 1.10.3. Исследование трехфазного синхронного генератора, включенного на параллельную работу с сетью.

ЛПЗ 1.10.4. Пуск синхронных двигателей.

ЛПЗ 1.10.5. Исследование трехфазного двигателя.

Тема 1.10.6. Назначения трехфазного генератора.

СРС 1.17. Возбуждение синхронных машин.

СРС 1.18. Магнитное поле якоря.

Тема 1.11. Машины переменного тока специального назначения.

Тема 1.11.1 Синхронные машины специального применения.

Тема 1.11.2. Режим работы и устройство асинхронной машины.

Тема 1.11.3. Электромагнитный момент а/двигателя.

СРС 1.19. Синхронные машины с постоянными магнитами.

СРС 1.20. Электромагнитная индукция.

ЛПЗ 1.11.4. Исследование реактивного конденсаторного двигателя.

ЛПЗ 1.11.5. Рабочий процесс трехфазного а/двигателя.

СРС 1.21. Электродвижущая сила синхронных машин.

ЛПЗ 1.11.6. Рабочие характеристики а/двигателя.

ЛПЗ 1.11.7. Исследование трехфазного а/двигателя с фазным ротором методом х.х. и к.з.

СРС 1.22. Режим работы асинхронной машины.

СРС 1.23. Роль зубцов сердечника в наведении ЭДС и создании электромагнитного момента.

Тема 1.12. Пуск и регулирование частоты вращения асинхронного двигателя.

Тема 1.12.1. Пуск и регулирование частоты вращения трехфазных а/двигателей.

СРС 1.24. Характеристика режима работы ЭМП.

СРС 1.25. Принцип действия синхронного генератора.

ЛПЗ 1.12.2 Короткозамкнутые а/двигатели с улучшенными пусковыми характеристиками.

Тема 1.12.3. Круговая диаграмма асинхронного двигателя.

СРС 1.26. Исполнительные двигатели.

СРС 1.27. Принцип действия и конструктивная структура машин постоянного тока.

Тема 1.12.4. Трехфазный асинхронный двигатель.

Тема 1.12.5. Однофазные и конденсаторные а/двигатели.

ЛПЗ 1.12.6. Исследование трехфазного а/двигателя в однофазном и конденсаторном режимах.

СРС 1.28. Приведение параметров обмотки ротора и векторная диаграмма асинхронного двигателя.

СРС 2.29. Охлаждение крупных электрических машин.

Тема 1.12.7. Работа трехфазного а/двигателя от однофазной сети.

СРС 1.30. Включение генераторов на параллельную работу.

Тема 1.12.8. Асинхронные машины специального применения.

ЛПЗ 1.12.9. Асинхронные машины синхронной связи.

СРС 1.31. Уравнений напряжений асинхронного двигателя.

СРС 1.32. Режим работы ЭМП.

Тема 1.12.10. Основные типы серийно выпускаемых а/двигателей.

ЛПЗ 1.12.11. Расчет обмоток статора а/двигателей, не имеющих паспортных данных.

СРС 1.33. Уравнения МДС и токов асинхронного двигателя.

СРС 1.34. Короткое замыкания асинхронного двигателя.

**Глава вторая**

**2. Общие сведения о производстве и потреблении и распределении электрической энергии.**

Тема 2.1. Общие сведения о производстве электрической энергии.

Тема 2.1.1. Технологический процесс производства и потребления электрической энергии.

ЛПЗ 2.1.2. Передача и распределение электроэнергии.

Тема 2.1.3. Воздушные и кабельные линии электропередачи.

СРС 2.1. Общие сведения об электроснабжении сельского хозяйства.

СРС 2.2. Качество электрической энергии.

СРС 2.3. Опоры воздушной лини.

Тема 2. 2. Изолированные провода и кабели. Внутренняя электропроводка.

Тема 2.2.1. Виды и особенности электропроводок, выбор марок проводов и кабелей.

ЛПЗ 2.2.2. Согласование характеристик защитной аппаратуры с допустимыми по нагреву нагрузками внутренних сетей.

Тема 2.2.3. Характеристика производства и приемников электрической энергии.

ЛПЗ 2.2.4. Конструкция и монтаж внутренних проводов.

ЛПЗ 2.2.5. Устройство кабельных линий.

СРС 2.4. Надежность электроснабжения и средства для повышения уровня.

СРС 2.5. Снижение потерь электроэнергии ее рациональное использование.

СРС 2.6. Виды и особенности электропроводов.

СРС 2.7. Методика технико-экономической оценки эффективности систем электроснабжения.

СРС 2.8. Конструкция и монтаж внутренних проводок.

Тема 2. 3. Неизолированные провода. Устройство и строительство воздушных линий электропередач.

Тема 2.3.1. Конструкция воздушных линий электропередачи.

СРС 2.9. Режимы нейтралы электрических сетей

Тема 2.3.2. Изоляторы воздушных линий.

Тема 2.3.3. Опоры воздушных линий.

ЛПЗ 2.3.4. Активное и индуктивное сопротивления проводов

ЛПЗ 2.3.5. Особенности выполнения воздушных линий.

ЛПЗ 2.3.6. Изучение устройства проводов, кабелей, опор, изоляторов, арматуры.

СРС 2.10. Кабель.

СРС 2.11. Потери мощности и энергии в электрических сетях.

СРС 2.12. Понятие о качестве электроэнергии.

Тема 2.3.7. Проектирование схемы электроснабжения предприятия и цеха.

Тема 2.3.8. Расчет электрических нагрузок проектируемого цеха и предприятия.

**Глава третья**

**3. Эксплуатация рапределительных устройств напряжением выше 1000 В и**

**измерительных приборов.**

Тема 3.1. Ремонт РУ напряжением выше 1000 В

Тема 3.1.1. Технология проведения ремонта и испытания РУ.

ЛПЗ 3.1.2. Ремонт оборудования РУ напряжением выше 1000 В.

СРС 3.1. Системы и классификация ремонтов.

СРС 3.2. Структура электроремонтного цеха и состав его оборудования.

Тема 3.2. Эксплуатация РУ напряжением выше 1000 В.

Тема 3.2.1. Эксплуатация и ремонт резервных электростанций.

ЛПЗ 3.2.2. Эксплуатация силовых трансформаторов.

ЛПЗ 3.2.3. Осмотры, текущие ремонты трансформаторов.

Тема 3.2.4. Контроль изоляции и сушка трансформаторов.

СРС 3.3. Планирование ремонтных работ.

Тема 3.2.5. Требования к трансформаторному маслу.

Тема 3.2.6. Параллельная работа трансформаторов.

Тема 3.2.7. Неисправности трансформаторов, их признаки, причины.

ЛПЗ 3.2.8. Прием трансформатора в ремонт.

СРС 3.4. Магнитопроводы силовых трансформаторов.

СРС 3.5. Обмотки силовых трансформаторов.

**Глава вторая**

**2. Общие сведения о производстве и потреблении и распределении электрической энергии.**

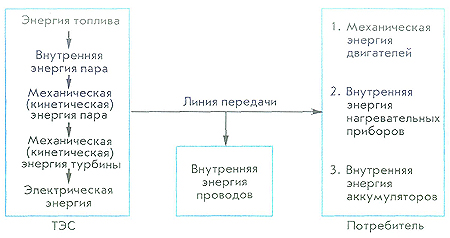
Тема 2.1. Общие сведения о производстве электрической энергии.

**Тема 1.1. Общи сведение о производстве и распределения электрической энергии.**

**Тема 1.1.1 Технологический процесс производства и распределение электрической энергии.**

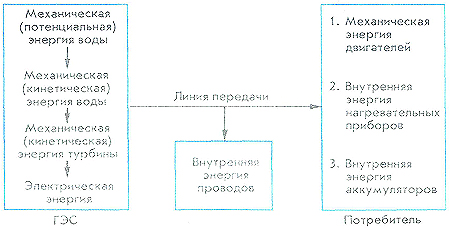
1. Технологический процесс производства эл. энергии.
2. Распределение электрической энергии.

**1. Производится электроэнергия** на больших и малых электрических станциях в основном с помощью электромеханических индукционных генераторов. Существует два основных типа электростанций: тепловые и гидроэлектрические. Различаются эти электростанции двигателями, вращающими роторы генераторов.  
На тепловых электростанциях источником энергии служит топливо: уголь, газ, нефть, мазут, горючие сланцы. Роторы электрических генераторов приводятся во вращение паровыми и газовыми турбинами или двигателями внутреннего сгорания. Наиболее экономичными являются крупные тепловые паротурбинные электростанции (сокращенно: ТЭС). Большинство ТЭС нашей страны использует в качестве топлива угольную пыль. Для выработки 1 кВт\*ч электроэнергии затрачивается несколько сот граммов угля. В паровом котле свыше 90% выделяемой топливом энергии передается пару. В турбине кинетическая энергия струй пара передается ротору. Вал турбины жестко соединен с валом генератора. Паровые турбогенераторы весьма быстроходны: число оборотов составляет несколько тысяч в минуту.  
Из курса физики X класса известно, что КПД тепловых двигателей увеличивается с повышением начальной температуры рабочего тела. Поэтому поступающий в турбину пар доводят до высоких параметров: температуру - почти до 550 °С и давление - до 25 МПа. Коэффициент полезного действия ТЭС достигает 40%. Большая часть энергии теряется вместе с горячим отработанным паром.



Превращения энергии на **ТЭЦ** показаны на схеме (рис. 1).

Тепловые электростанции - так называемые теплоэлектроцентрали ([ТЭЦ](http://dom-en.ru/teplo/)) - позволяют значительную часть энергии отработанного пара использовать на промышленных предприятиях и для бытовых нужд (для отопления и горячего водоснабжения). В результате КПД ТЭЦ достигает 60—70%. В настоящее время в нашей стране ТЭЦ дают около 40% всей электроэнергии и снабжают электроэнергией и теплом несколько сот городов.  
 На гидроэлектростанциях ([ГЭС](http://dom-en.ru/gydro/)) используется для вра¬щения роторов генераторов потенциальная энергия воды. Роторы электрических генераторов приводятся во враще-ние гидравлическими турбинами. Мощность станции зависит от создаваемой плотиной разности уровней воды (напор) и от массы воды, проходящей через турбину в секунду (расход воды). Превращения энергии на ГЭС показаны на схеме, приведенной на рисунке 2



Превращения энергии на **ГЭС** показаны на схеме (рис. 2).

Гидроэлектростанции дают около 20% всей вырабатываемой в нашей стране электроэнергии. Значительную роль в энергетике играют атомные электростанции ([АЭС](http://dom-en.ru/atom/)). В настоящее время АЭС нашей страны дают около 10% электроэнергии.

2. **Распределение электрической энергии** —конечная ступень [передачи электроэнергии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B0_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8) от генератора к потребителю. Первичные [распределительные подстанции](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F), подсоединённые к [линиям электропередачи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B8), преобразуют высоковольтное напряжение до среднего уровня (от 2 до 35 кВ) и передают его на вторичные подстанции для дальнейшего понижения до уровня, требуемого потребителю (в России — 380 В трёхфазного тока).

Распределительные сети делятся на два типа: замкнутые и незамкнутые. Замкнутые сети имеют преимущество перед незамкнутыми, поскольку позволяют осуществлять передачу электроэнергии при выходе из строя единичного распределительного устройства, однако требуют более сложных систем защиты. Использование замкнутых систем оправдано при большой стоимости перерывов электроснабжения.

* *Герасименко А. А., Федин В. Т.* Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие. — 2-е. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2008. — 715 с. — (Высшее образование).

**Контрольные вопросы:**

1. Что понимают под электрификацией?  
2. Что называют электроэнергетической системой?  
3. Какие типы электростанций существуют?  
4. С какой целью электростанции объединяют в электроэнергетическую систему? Что представляет собой ЕЭС?  
5. Поясните принцип получения электроэнергии на конденсационной электростанции (КЭС) и ТЭЦ.  
6. Поясните процесс получения электроэнергии на атомных электростанциях (АЭС) и каковы преимущества атомных электростанций перед тепловыми?  
7. В чем состоит принцип получения электроэнергии на гидроэлектростанции (ГЭС)?  
8. Составьте схему передачи электроэнергии на расстояние.  
9. Каково назначение трансформаторных подстанций? Какое оборудование включает в себя трансформаторная подстанция?  
10. Что называется коэффициентом мощности? Назовите способы его улучшения.  
11. Проанализируйте и сравните потребление энергии различными потребителями в течение суток. Какие вы знаете пути экономии электроэнергии на производстве? в быту?  
12. Что понимают в электроэнергетике под экономией энергии и теплоты? Назовите пути уменьшения потерь электроэнергии на вашем рабочем месте.  
13. Почему процессы производства, распределения и потребления электроэнергии совершаются одновременно?  
14. Каковы особенности электроснабжения строительства?  
15. Как подразделяются приемники электроэнергии по надежности питания?  
16. Как обеспечиваются электроэнергией приемники в зависимости от категории надежности электроснабжения?  
17. Что понимается под качеством электроэнергии и как оно влияет на работу приемников?  
18. Какими параметрами характеризуются основные источники электрического освещения?  
19. Какие виды освещения вы знаете?  
20. Что представляют собой источники электроснабжения, применяемые в стройиндустрии и строительстве?  
21. В чем заключаются достоинства и недостатки передвижных электростанций?  
22. Какие требования предъявляются к схемам электроснабжения?  
23. В чем заключаются достоинства и недостатки магистральных и радиальных схем?

**Тема 1.1.2 Типы и основные характеристики потребителей электрической энергии.**

Все потребители электроэнергии согласно правилам устройства электроустановок делятся на три категории.

**Первая категория** - потребители электроэнергии, перерыв в электроснабжении которых опасен для жизни людей, сохранности оборудования или связан с нанесением большого ущерба народному хозяйству. Эти потребители должны получать электроэнергию от двух независимых источников питания. Перерыв в электроснабжении допускается только на время автоматического ввода резервного питания.



**Вторая категория** - потребители электроэнергии, для которых перерыв в электроснабжении связан со значительным ущербом вследствие простоев рабочих, механизмов и транспорта. В данном случае желательно иметь электроснабжение от двух линий, двух независимых источников питания или от различных секций шин одной подстанции. Допускается также питание по одной воздушной линии напряжением 6 кВ и выше или двум кабелям, присоединенным через самостоятельные разъединители. Перерыв в электроснабжении допускается на время включения резервного питания, которое осуществляет дежурный персонал или выездная оперативная бригада.

**Третья категория** - потребители электроэнергии, для которых перерыв в электроснабжении допустим на время, необходимое для ремонта или замены поврежденного элемента системы электроснабжения (вспомогательные цехи и здания, а также жилые дома).

**Тема 1.1.3 Качество электрической энергии.**

Системы электроснабжения и электроприемники выполняют такими, чтобы наилучшее функционирование достигалось при питании их от однофазной или симметричной трехфазной системы напряжением заданной амплитуды и синусоидальной формы частотой 50 Гц. Однако в реальных электрических сетях по известным причинам возникают отклонения от идеальных параметров, что приводит к ухудшению работы установок потребителей электроэнергии, проявляющемуся в технико-экономическом ущербе.

Невнимание к качеству электроэнергии в процессе эксплуатации ЭС приводит к прогрессирующему расстройству электроснабжения и нарушениям работы электроприемников. Отклонение показателей качества электроэнергии является и результатом воздействия на ЭС электроустановок потребителей. Показатели качества электроэнергии можно разделить на две группы.

К первой группе относятся отклонения частоты и напряжения от номинальных, устраняемые системами электроснабжения.

Ко второй — колебания частоты и напряжения, несимметрия и искажение формы кривых напряжения и тока, проявляющиеся главным образом в зонах, на которые влияют особые, вызывающие эти искажения электроприемники. Степень этого влияния определяется соотношением мощности этих электроприемников и параметров ЭС. Кроме того, имеются электроприемники, чувствительные к различного рода помехам. Условия, в которых возникают эти помехи, не постоянны, так как ЭС в сочетании с установками потребителей непрерывно развиваются: изменяются параметры систем, состав и мощность электроприемников. Поэтому качество электроэнергии является объектом контроля.

Соблюдение качества электроэнергии связано с использованием:

* рациональной системы показателей качества, определяющих ограничения отклонений и электромагнитной совместимости оборудования, подключенного к общей сети;
* средств измерения, позволяющих без больших затрат труда оценивать качество электроэнергии и намечать обоснованные меры по его улучшению;
* технических средств повышения качества электроэнергии;
* методов оптимального управления качеством электроэнергии в ЭС.

Отклонения от идеальных показателей должны ограничиваться. Поэтому существуют нормы на допустимые отклонения, зафиксированные в государственных стандартах на качество электроэнергии. Эти нормы приняты во всех развитых странах, и учитывая опыт и развитие систем электроснабжения и электропотребления, постепенно изменяются применительно к реальным условиям.

Отклонения показателей качества электроэнергии от идеальных подразделяют на нормально- и максимально допустимые. В течение 95% времени суток (22,8 ч) показатели качества электроэнергии не должны выходить за пределы нормально допустимых значений и в течение всего времени, включая послеаварийные режимы, они должны находиться в пределах максимально допустимых значений. При аварийных ситуациях в ЭС допускается выход показателей качества за установленные пределы, в том числе снижение напряжения до нулевого уровня и отклонение частоты до ±5 Гц с последующим их восстановлением до допустимых для послеаварийных режимов максимальных значений.

# КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Электроприборы и оборудование предназначены для работы в определённой электромагнитной среде. Электромагнитной средой принято считать систему электроснабжения и присоединенные к ней электрические аппараты и оборудование, связанные кондуктивно и создающие в той или иной мере помехи, отрицательно влияющие на работу друг друга. При возможности нормальной работы оборудования в существующей электромагнитной среде говорят об электромагнитной совместимости технических средств.

Единые требования к электромагнитной среде закрепляют стандартами, что позволяет создавать оборудование и гарантировать его работоспособность в условиях, соответствующих этим требованиям. Стандарты устанавливают допустимые уровни помех в электрической сети, которые характеризуют качество электроэнергии (КЭ) и называются показателями качества электроэнергии (ПКЭ).

Показатели качества электрической энергии, методы их оценки и нормы определяет Межгосударственный стандарт: «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения» ГОСТ 13109-97.

 Показатели качества электрической энергии

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Отклонение напряжения | Наименование ПКЭ | Наиболее вероятная причина |
| DU | установившееся отклонение напряжения | график нагрузки потребителя |
| Колебания напряжения |  |  |
| DUt | размах изменения напряжения | потребитель с резкопеременной нагрузкой |
| Pt | доза фликера |  |
| Несимметрия напряжений в трёхфазной системе |  |  |
| K2U | коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности | потребитель с несимметричной нагрузкой |
| K0U | коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности |  |
| Несинусоидальность формы кривой напряжения |  |  |
| KU | коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения | потребитель с нелинейной нагрузкой |
| KU(n) | коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения |  |
| Прочие |  |  |
| Δf | отклонение частоты | особенности работы сети, климатические условия или природные явления |
| ΔtП | длительность провала напряжения |  |
| Uимп | импульсное напряжение |  |
| KперU | коэффициент временного перенапряжения |  |

Большинство явлений, происходящих в электрических сетях и ухудшающих качество электрической энергии, происходят в связи с особенностями совместной работы электроприёмников и электрической сети. Семь ПКЭ в основном обусловлены потерями (падением) напряжения на участке электрической сети, от которой питаются потребители.

Потери напряжения на n-м участке электрической сети определяются выраже-нием

**http://ok-t.ru/helpiksorg/baza5/183787952282.files/image050.gif**

Здесь активное R и реактивное X сопротивление n-го участка сети, практически постоянны, а активная P и реактивная Q мощность, протекающая по n-му участку сети, переменны и характер этих изменений может быть различным:

- медленное изменение нагрузки в соответствии с её графиком Þ отклонение напряжения;

- резкопеременный характер нагрузки Þ колебания напряжения;

- несимметричное распределение нагрузки по фазам электрической сети Þ несимметрия напряжений в трёхфазной системе;

- нелинейная нагрузка Þ несинусоидальность формы кривой напряжения.

В отношении этих явлений потребители электрической энергии имеют возможность тем или иным образом влиять на её качество.

Всё прочее, ухудшающее качество электрической энергии, зависит от особенностей работы сети, климатических условий или природных явлений. Поэтому возможности влиять на это потребитель электрической энергии не имеет, он может только защищать своё оборудование специальными средствами, например устройствами быстродействующих защит или устройствами гарантированного питания.

Контроль качества электрической энергии подразумевает оценку соответствия показателей установленным нормам, а дальнейший анализ качества электроэнергии – определение стороны, виновной в ухудшении этих показателей.

Определение показателей качества электрической энергии задача – нетривиальная. Это оттого, что большинство процессов, протекающих в электрических сетях быстротекущие, все нормируемые показатели качества электрической энергии не могут быть измерены напрямую – их необходимо рассчитывать, а окончательное заключение можно дать только по статистически обработанным результатам. Поэтому для определения показателей качества электрической энергии необходимо выполнить большой объём измерений с высокой скоростью и одновременной математической и статистической обработкой измеренных значений.

Контролировать качество электрической энергии следует с применением сертифицированных приборов обеспечивающих измерение и расчёт всех необходимых параметров, для определения и анализа качества электрической энергии.

Местом контроля качества электрической энергии являются точки общего присоединения потребителей к сетям общего назначения. В них выполняют измерения энергоснабжающие организации. Потребители проводят измерения в собственных сетях в местах, ближайших к этим точкам.

ГОСТом установлена периодичность контроля качества электроэнергии – один раз в два года для всех ПКЭ, и два раза в год для отклонения напряжения.

Требования к качеству электрической энергии определяет Межгосударственный стандарт: ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Взаимоотношения юридических лиц с энергоснабжающими организациями должны регулироваться договорами энергоснабжения, в которых указываются пределы допустимых величин показателей качества электрической энергии на границе балансовой принадлежности или в точках общего присоединения потребителей и ответственность сторон при их нарушении.

Важнейшая роль в обеспечении качества электрической энергии отводится её потребителям. Но до тех пор, пока они не будут знать, что происходит с качеством потребляемой ими электроэнергии и сколько средств они при этом теряют, ждать реальных изменений в лучшую сторону не приходится. Поэтому следует ещё раз отметить необходимость и важность проведения энергетических обследований предприятий и органи

Классификация электрических сетей может осуществляться по роду тока, номинальному напряжению, выполняемым функциям, характеру потребителя, конфигурации схемы сети и т. д. По роду тока различаются сети переменного и постоянного тока; по напряжению: сверхвысокого напряжения —Uном.>330 кВ, высокого напряжения — Uном.= 3/220 кВ, низкого напряжения— Uном.<1кВ. По конфигурации схемы сети делятся на замкнутые и разомкнутые.

По выполняемым функциям будем различать системообразующие, питающие и распределительные сети. Системообразующие сети напряжением 330—1150 кВ осуществляют функции формирования объединенных энергосистем, объединяя мощные электростанции и обеспечивая их функционирование как единого объекта управления, и одновременно обеспечивают передачу электроэнергии от мощных электростанций. Системообразующие сети осуществляют системные связи, т. е. связи очень большой длины между энергосистемами. Режимом системообразующих сетей управляет диспетчер объединенного диспетчерского управления (ОДУ). В ОДУ входит несколько районных энергосистем — районных энергетических управлений (РЭУ).

Питающие сети предназначены для передачи электроэнергии от подстанций системообразующей сети и частично от шин 110—220 кВ электростанций к центрам питания (ЦП) распределительных сетей — районным подстанциям. Питающие сети обычно замкнутые. Как правило, напряжение этих сетей ранее было 110—220 кВ. По мере роста плотности нагрузок, мощности электростанций и протяженности электрических сетей увеличивается напряжение распределительных сетей. Так, в последнее время напряжение питающих сетей иногда бывает 330—500 кВ.

Районная подстанция имеет обычно высшее напряжение 110—220 кВ и низшее напряжение 6—35 кВ. На этой подстанции устанавливают трансформаторы, позволяющие регулировать под нагрузкой напряжение на шинах низшего напряжения. Эти шины — ЦП распределительной сети, которая присоединена к ним.

Сети 110—220 кВ обычно административно подчиняются РЭУ. Их режимом управляет диспетчер РЭУ.

Распределительная сеть предназначена для передачи электроэнергии на небольшие расстояния от шин низшего напряжения районных подстанций к промышленным, городским, сельским потребителям. Такие распределительные сети обычно разомкнутые или работают в разомкнутом режиме. Различают распределительные сети высокого (Uном.>1 кв) и низкого (Uном.<1 кВ) напряжения. В свою очередь по характеру потребителя распределительные сети подразделяются на промышленные, городские и сельскохозяйственного назначения. Ранее такие распределительные сети выполнялись с напряжением 35 кВ и ниже, а в настоящее время — до 110 и даже 220 кВ. Преимущественное распространение в распределительных сетях имеет напряжение 10 кВ, сети 6 кВ применяются при наличии на предприятиях значительной нагрузки электродвигателей с номинальным напряжением 6 кВ. Электрические сети 20 кВ применяются только в Латвийской энергосистеме. Напряжение 35 кВ широко используется для создания центров питания сетей 6 и 10 кВ в основном в сельской местности. Передача электроэнергии на напряжении 35 кВ непосредственно потребителям, т. е. трансформация 35/0,4 кВ, используется реже.

Для [электроснабжения](http://xn----8sbnaarbiedfksmiphlmncm1d9b0i.xn--p1ai/kachestvo-elektroenergii.html) больших промышленных предприятий и крупных городов осуществляется глубокий ввод высокого напряжения, т. е. сооружение подстанций с первичным напряжением 110—500 кВ вблизи центров нагрузок. Сети внутреннего электроснабжения крупных городов — это   сети   110кВ,   а   в. отдельных   случаях   к   ним  относятся глубокие вводы 220/10 кВ.

**Контрольные вопросы:**

1. Назовите основные показатели качества электроэнергии.
2. причины возникновения отклонения напряжения.
3. Причины возникновения отклонения и колебания частоты.
4. допустимые нормы по отклонению напряжения и частоты.
5. Что такое коэффициент несимметрии?
6. что такое коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения?
7. Что такое доза фликера?
8. Влияние нессиметрии напряжения на работу электроприемников.

**Тема 1.1.4 Технические средства повышения надежности сельского электроснабжения.**

Надежность электроснабжения оказывает непосредственное влияние на качество электроэнергии, так же, как, в свою очередь, показатели качества электроэнергии оказывают влияние на надежность электрооборудования не только потребителей, но и систем электроснабжения. Общеизвестен основной принцип рассматриваемой взаимосвязи (взаимозависимости): при низкой надежности системы электроснабжения обеспечение требуемого качества электрической энергии на шинах потребителей проблематично. В этом плане надежность является первичным фактором, а качество - вторичным. В то же время низкое качество электроэнергии на шинах электроприемников есть причина снижения надежности электроснабжения. В этом плане качество первично, а надежность вторично. Системы электроснабжения сельских районов всегда отличались более низким уровнем надежности снабжения электропотребителей электроэнергией и более низким качеством электроэнергии.

В связи с серьезными количественными и качественными изменениями сельскохозяйственных потребителей электроэнергии значительно возросла актуальность задачи обеспечения надежного электроснабжения. Это связано с появлением сельскохозяйственных предприятий промышленного типа, в первую очередь животноводческих комплексов.В таблице 2.1 приведены некоторые данные по средним удельным ущербам на различных сельскохозяйственных предприятиях от перерывов в электроснабжении.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) все электроприемники делят на три категории в отношении обеспечения надежности электроснабжения.

К I категории относят электроприемники, перерыв в электроснабжении которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего основного оборудования (для сельского хозяйства — болезнь и гибель животных), массовый брак (порчу) сельскохозяйственной продукции, нарушение сложных технологических процессов и т.

Электроприемники I категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно резервирующих источников питания. Перерыв в электроснабжении этих электроприемников от одного из источников допускается только на время автоматического восстановления питания.

Ко II категории относят электроприемники, перерыв в электроснабжении которых приводит к массовым недоотпускам продукции, простоям рабочих и механизмов, нарушению нормальной деятельности значительного числа городских и сельских жителей.

Электроприемники II категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух источников питания. При нарушении электроснабжения от одного из них допустимы перерывы в подаче электроэнергии на время, необходимое для включения резервного питания дежурным персоналом или выездной оперативной бригадой. Допускается питание электроприемников II категории по одной линии и от одного трансформатора, если возможны проведение аварийного ремонта линии или замена повредившегося трансформатора за время не более одних суток.

К III категории относят все остальные электроприемники. Для них электроснабжение может выполняться от одного источника питания при условии, что перерывы в электроснабжении не превышают одни сутки.

Для повышения надежности электроснабжения могут быть использованы различные средства. Это связано, с одной стороны, с получением экономического эффекта, в первую очередь за счет уменьшения ущерба от перерывов в электроснабжении, с другой — с дополнительными затратами на сами средства. Поэтому повышение надежности электроснабжения наиболее целесообразно до определенного оптимального уровня, при котором достигается максимальный суммарный экономический эффект с учетом обеих составляющих.

Различные средства и мероприятия по повышению надежности электроснабжения можно разделить на две группы — организационно-технические и технические.

К организационно-техническим мероприятиям относят следующие:

1. Повышение требований к эксплуатационному персоналу, в том числе трудовой и производственной дисциплине, а также повышение квалификации персонала.

2. Рациональная организация текущих капитальных ремонтов и профилактических испытаний, в том числе совершенствование планирования ремонтов и профилактических работ, механизация ремонтных работ, ремонт линий под напряжением.

В сельских электрических сетях линии под напряжением практически не ремонтировали. В то же время в сетях другого назначения, в том числе напряжением выше 110 кВ, линии ремонтируют, так как значительно уменьшаются перерывы в электроснабжении, в первую очередь при планово-предупредительных и профилактических работах. Это объясняется меньшей эффективностью ремонта под напряжением в сельских распределительных сетях 10 кВ, чем, например, в сетях более высоких напряжений, и недостаточной квалификацией обслуживающего персонала. Однако следует предполагать, что в дальнейшем такой ремонт найдет применение и в сельских электрических сетях.

3. Рациональная организация отыскания и ликвидации повреждений, в том числе совершенствование поиска повреждений, в частности с использованием специальной аппаратуры; применение необходимого автотранспорта; диспетчеризация, телемеханизация, радиосвязь и др.; механизация работ по восстановлению линий.

4. Обеспечение аварийных запасов материалов и оборудования. Следует стремиться к оптимальному объему этих запасов, так как их излишек связан с потерей капиталовложений, а недостаток может привести к увеличению срока восстановительных работ.

К техническим средствам и мероприятиям по повышению надежности электроснабжения относят следующие:

1. Повышение надежности отдельных элементов сетей, в том числе опор, проводов, изоляторов, различного линейного и подстанционного оборудования.

2. Сокращение радиуса действия электрических сетей. Воздушные электрические линии — наиболее повреждаемые элементы системы сельского электроснабжения. Число повреждений растет примерно пропорционально увеличению длины линий.

В системе сельского электроснабжения проведена значительная работа по разукрупнению трансформаторных подстанций и сокращению радиуса действия сетей, который для линий напряжением 10 кВ должен быть повсеместно снижен до 15 км, а в дальнейшем — примерно до 7 км, как это принято во многих зарубежных странах.

3. Применение подземных кабельных сетей. Значительные преимущества перед воздушными линиями имеют подземные кабельные. Они короче воздушных, так как их не нужно прокладывать по обочинам полей севооборотов, а можно вести по кратчайшему расстоянию. При этом полностью устраняются помехи сельскохозяйственному производству. Основное же преимущество кабельных линий — их высокая надежность в эксплуатации. Полностью исключаются повреждения линий от гололеда и сильных ветров, существенно снижаются аварии от атмосферных перенапряжений. Число аварийных отключений снижается в 8... 10 раз. Однако продолжительность ликвидации аварий на кабельных линиях при современном уровне эксплуатации примерно в 3 раза больше, так как сложнее найти место повреждения и приходится проводить земляные работы по вскрытию траншеи. С помощью специальных приборов можно ускорить отыскание повреждений.

Особенно существенно, что капиталовложения на кабельные линии при прокладке кабелеукладчиками оказываются практически одинаковыми по сравнению с капиталовложениями на воздушные.

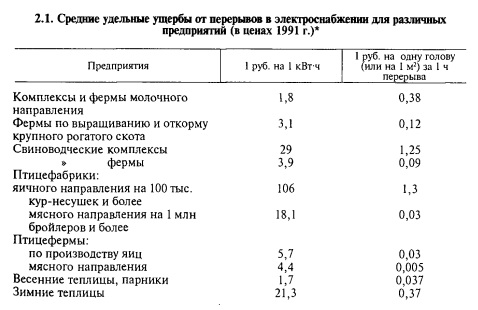
Благодаря этим преимуществам кабельные линии напряжением 10 кВ весьма перспективны для развития сельских электрических сетей и в будущем по мере роста выпуска кабеля электропромышленностью все большее число линий будут кабельными, а воздушные линии 0,38 кВ будут выполняться с использованием изолированных проводов.

4. Сетевое и местное резервирование. Сельские электрические сети работают в основном в разомкнутом режиме, т. е. они обеспечивают одностороннее питание потребителей. При таком режиме можно снизить значения токов короткого замыкания, применить более дешевую аппаратуру, в частности выключатели, разъединители и др., снизить потери мощности в сетях, облегчить поддержание требуемых уровней напряжения на подстанциях и т. п. При этих условиях надежность электроснабжения потребителей значительно ниже, чем при замкнутом режиме, т. е. при двухстороннем питании потребителей. В качестве резервного источника может быть использована вторая линия электропередачи от другой подстанции (или от другой секции шин двухтрансформаторной подстанции). Такое резервирование называют сетевым. Однако особенно в районах с повышенными гололедно-ветровыми нагрузками возможно повреждение обеих линий и прекращение подачи энергии. Более независимым источником служит резервная электростанция (местное резервирование). В системе сельского электроснабжения для питания наиболее ответственных потребителей в период аварии основной линии чаще всего в качестве резервной используют дизельные электростанции небольшой мощности, применение которых намечается значительно расширить.

5. Автоматизация сельских электрических сетей, в том числе совершенствование релейной защиты, использование автоматического повторного включения (АПВ), автоматического включения резерва (АВР), автоматического секционирования, устройств автоматизации поиска повреждений, автоматического контроля ненормальных и аварийных режимов, телемеханики.

Широкое внедрение большинства рассмотренных ранее технических средств связано с большими капитальными вложениями, учитывая, что протяженность сельских электрических сетей достигла 2,2 млн км. При автоматизации сетей как средства повышения надежности электроснабжения требуются относительно малые затраты при широких возможностях использования в эксплуатируемых сетях без их серьезной реконструкции. Автоматизация — одно из основных и наиболее эффективных средств повышения надежности электроснабжения.

Следует отметить, что максимальный эффект от повышения надежности электроснабжения может быть получен при комплексном использовании различных мероприятий и средств. Их оптимальные сочетания определяются конкретными условиями. Разрабатывают целую комплексную программу повышения надежности электроснабжения сельскохозяйственных потребителей, которая будет включать в себя рекомендации по оптимальным комплексам средств для различных условий.



**И. А. Будзко, Т. Б. Лещинская, В. И. Сукманов, Электроснабжение сельского хозяйства, М., Колос, 2000**

**Тема 1.1.5. Устройство ЗРУ и ОРУ электрических сетей.**

**Распределительным устройством (РУ)** называют электроустановку, служащую для приема и распределения электроэнергии и содержащую коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства зашиты, автоматики и измерительные приборы.

Распределительные устройства электроустановок предназначены для приема и распределения электричества одного напряжения для дальнейшей передачи потребителям, а также для питания оборудования в пределах электроустановки.

Если все или основное оборудование РУ расположено на открытом воздухе., оно называется открытым (ОРУ): при его расположении в здании — закрытым (ЗРУ). Распределительное устройство, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов и блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде называют комплектным и обозначают для внутренней установки КРУ, для наружной — КРУН.

**Центр питания** — распределительное устройство генераторного напряжения или распределительное устройство вторичного напряжения понизительной подстанции, к которые присоединены распределительные сети данного района.

Распределительные устройства (РУ) классифицируют по нескольким критериям, ниже приведем их виды и особенности конструкции.

**Распределительные устройства до 1000 В**

Распределительные устройства до 1000 В выполняются, как правило, в помещениях в специальных шкафах (щитах). В зависимости от назначения распределительные устройства 220/380 В (класс напряжения 0,4кВ) могут быть выполнены для питания потребителей либо исключительно для собственных нужд электроустановки.

Конструктивно **распределительные устройства 0,4 кВ** имеют защитные аппараты (автоматические выключатели, плавкие предохранители), рубильники, выключатели-разъединители и соединяющие их сборные шины, а также клеммные колодки для подключения кабельных линий потребителей.

Помимо силовых цепей в низковольтных щитах может быть установлен ряд дополнительных устройств и вспомогательных цепей, а именно:

* приборы учета электроэнергии и трансформаторы тока;
* цепи индикации и сигнализации положения коммутационных аппаратов;
* измерительные приборы для контроля напряжения и тока в различных точках распределительного устройства;
* устройства сигнализации и защиты от замыканий на землю (для сетей конфигурации IT);
* устройства автоматического ввода резерва;
* цепи дистанционного управления коммутационными аппаратами с моторными приводами.

К низковольтным распределительным устройствам можно также отнести щиты постоянного тока, осуществляющие распределение постоянного тока от преобразователей, аккумуляторных батарей для питания оперативных цепей электрического оборудования и устройств релейной защиты и автоматики.



**Высоковольтные распределительные устройства**

Распределительные устройства класса напряжения выше 1000 В могут быть выполнены, как вне помещений – **открытого типа (ОРУ)**, так и внутри помещений – **закрытого типа (ЗРУ)**.

В закрытых распределительных устройствах оборудование размещается **в сборных камерах одностороннего обслуживания КСО** либо в **комплектных распределительных устройствах типа КРУ**.

Камеры типа КСО более предпочтительны для помещений ограниченной площади, так как они могут устанавливаться вплотную к стене либо друг к другу задними стенками. Камеры КСО имеют несколько отсеков, закрытых сетчатыми ограждениями либо сплошными дверцами.

КСО комплектуются различным оборудованием, в зависимости от их назначения. Для питания отходящих линий в камеру устанавливается высоковольтный выключатель, два разъединителя (со стороны шин и со стороны линии), трансформаторы тока, на лицевой стороне размещаются рычаги управления разъединителями, привод выключателя, а также низковольтные цепи и устройства защиты, реализованные для защиты и управления данной линией.

Камеры данного типа могут быть укомплектованы трансформаторами напряжения, разрядниками (ограничителями перенапряжения), предохранителями.

Распределительные устройства типа КРУ представляют собой шкаф, разделенный на несколько отсеков: трансформаторов тока и отходящего кабеля, сборных шин, выкатная часть и отсек вторичных цепей.

Каждый отсек изолирован друг от друга для обеспечения безопасности при обслуживании и эксплуатации оборудования шкафов КРУ. Выкатная часть шкафа, в зависимости от назначения присоединения может быть укомплектована выключателем, трансформатором напряжения, разрядниками (ОПН), трансформатором собственных нужд.

Комплектные устройства могут иметь различную конструкцию, например, с элегазовой изоляций – **КРУЭ либо предусмотренные для наружной установки – КРУН**, которые можно монтировать вне помещений.

Распределительные устройства открытого типа предусматривают установку электрического оборудования на металлических конструкциях, на бетонных фундаментах, без дополнительной защиты от внешних воздействий. Вспомогательные цепи оборудования ОРУ монтируют в специальных шкафах, имеющих защиту от механических воздействий и влаги.

Распределительные устройства, как закрытого, так и открытого типов классифицируются по нескольким критериям, в зависимости от их конструктивного исполнения (схемы).

**Первый критерий – способ выполнения секционирования**. Различают распределительные устройства с секциями шин и системами шин. Секции шин предусматривают питание каждого отдельного потребителя от одной секции, а системы шин позволяют переключать одного потребителя между несколькими секциями. Секции шин соединяются секционными выключателями, а системы шин – шиносоеденительными. Данные выключатели позволяют запитывать секции (системы) друг от друга в случае потери питания на одной из секций (систем).

**Второй критерий – наличие обходных устройств** – одной или нескольких обходных систем шин, которые позволяют выводить в ремонт элементы оборудования без необходимости обесточения потребителей.

**Третий критерий – схема питания оборудования (для открытых РУ)**. В данном случае возможно два варианта схемы – радиальная и кольцевая. Первая схема упрощенная и предусматривает питание потребителей через один выключатель и разъединители от сборных шин. При кольцевой схеме питание каждого потребителя осуществляется от двух-трех выключателей. Кольцевая схема более надежная и практичная в плане обслуживания и эксплуатации оборудования.

**ЛПЗ 1.1.6. Шкафы КРУ 10/0.4 кВ внутренней установки**.

**Цель работы:** Изучить работу элементов трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ в рабочих и аварийных режимах. Порядок выполнения работы:

1.Изучить принципиальную схему комплектной трансформаторной подстан-ции 10/0,4 кВ (КТП).

2.Найти все элементы принципиальной схемы на макете.

3. Разобраться с работой устройства регулирования напряжения.

3.Разобраться с работой схемы автоматического управления наружным осве-щением.

4.По схемам и на макете разобрать работу элементов схемы в различных ре-жимах работы.

6.1 Общие сведения о трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВДля питания сельскохозяйственных потребителей проектируют и мон-тируют потребительские подстанции. На них устанавливают один или два трехфазных трансформатора 10/0,4 кВ и реже однофазные трансформаторами с напряжением 10/20,22 кВ. Однофазные трансформаторы предназначены для питания однофазных потребителей мощностью до 10 кВА. Вторичная обмотка однофазного трансформатора разделена на две секции по 0,22 кВ со средней точкой. На ТП 10/0,4 кВ устанавливают трансформаторы со схемой соединения «звезда - звезда с нулем» -12 группа. При необходимости симметрирования напряженй в ТП до 160 кВА могут применяться трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда – зигзаг с нулем»- 11 группа. К сетям 6 кВ под-ключают КТП с трансформаторами 6/0,4 кВ – 11 группа соединений обмоток.Потребительские подстанции выполняются мачтовыми, комплектными или закрытыми и называются трансформаторными пунктами (ТП). На мачтовых ТП электрооборудование 10 кВ размещается в верхней части на опоре, на втором уровне монтируется силовой трансформатор, а щит низкого напря-жения размещен на первом уровне для удобства обслуживания.

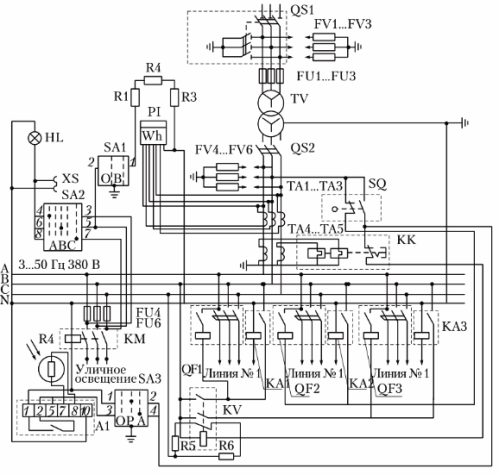
Подстанции 10/0,4 кВ имеют распределительные устройства (РУ) 10 кВ и 0,4 кВ и один или два силовых трансформатора. Наиболее сложными явля-ются ТП проходного типа с трансформаторами мощностью 250...630 кВА. К этим ТП заходят транзитом чаще всего две линии 10 кВ через выключатели нагрузки. В качестве секционирующих аппаратов на 10 кВ используют также два выключателя нагрузки (рис. 6.1). Использование двух секционирующих выключателей позволяет производить их поочередный ремонт без перерыва питания потребителей от двухтрансформаторной подстанции. Выключатели нагрузки позволяют оперировать линиями и трансформаторами под нагрузкой. Наибольшее распространение получили тупиковые комплектные ТП.КТП называется такая подстанция, которая состоит из трансформатора и бло-ков, поставляемых в собранном или подготовленном для монтажа виде. КТП мощностью 25...250 кВА для наружной установки поставляются в виде трех блоков: -силового трансформатора типа ТМ25/10...ТМ160/10;-шкафа высокого напряжения (ВН);-шкафа низкого напряжения (НН).В дополнение к этим блокам необходимо установить и подключить разъединитель и заземляющее устройство.Шкафы ВН и НН жестко соединены между собой. Для питания такой КТП используют одну линию ВЛ-10 кВ.Рисунок 6.1 - Схема распредустройства 10 кВ на ТП проходного типа.КТП мощностью до 250 кВА монтируется на двух железобетонных фундаментах - стойках, устанавливаемых в сверленые котлованы (рис.6.2).6.2 Конструктивное исполнение элементов КТП6.2.1 Силовой трансформатор и трансформатор имеют шихтованный магнитопровод с расположением стержней в одной плоскости. В некоторых конструкциях магнитопровод выполняется витым, тогда при виде сверху стержни магнитопровода располагаются по треугольнику. Соответственно крышка бака выполняется в виде овального треугольника. На крышке бака располагаются три проходных изолятора высокого напряжения и четыре - низкого. Все трансформаторы 10/0,4 кВ имеют устройство регулирования напряжения без возбуждения (ПБВ), которое управляется переключателем анцапф, рукоятка переключателя выведена на верхнюю крышку трансформатора. Регулирование напряжения осуществляется изменением числа витков обмотки высокого напряжения, при этом изменяется коэффициент трансформации. Такую операцию можно выполнять на отключенном трансформаторе только после выполнения всех организационных и технических мероприятий, обеспечивающих безопасное выполнение работ. Наблюдение за уровнем масла в расширителе осуществляется по масломерному стеклу без отключения трансформатора. Периодический отбор масла из трансформатора осуществляется из крана специальной конструкции, установленном в нижней части бака. В этой части бака собирается самое увлажненное масло, так как влага тяжелее масла. 1-концевая опора 10 кВ; 2 - разъединитель 10 кВ; 3 - проходной изолятор; 4 - вентильный разрядник 10 кВ; 5 - вводное (распределительное) устройство 10 кВ; 6 - силовой трансформатор; 7 - распределительное устройство 0,4 кВ; 8 - концевая опора 0,38 кВ.Рисунок 6.2 - Установка КТП 10/0,4 кВ мощностью 25...250 кВАДля контроля за температурой верхних слоев масла предусмотрена установка термометров в специальное гнездо.В некоторых КТП устанавливают трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда - зигзаг» с 11 группой соединений. Это соединение обмоток симметрирует напряжения при несимметричной нагрузке, но такой трансформатор стоит дороже обычного со схемой соединения обмоток «звезда - звезда с нулем».

На подстанции тупикового типа для включения и отключения трансформатора на холостом ходу на концевой опоре линии электропередачи 10 кВ устанавливают разъединитель для наружной установки типа РЛНДА1-10 с приводом ПРНЗ-10. Привод расположен на уровне, доступном для ручного управления. Этот разъединитель создает видимый разрыв в цепи высокого напряжения, когда необходимо выполнять ремонтные работы. Он позволяет управлять токами холостого хода трансформаторов мощностью до 400 кВА. Чтобы исключить оперирование разъединителем под нагрузкой, устанавливается блокировка между рубильником в шкафу 0,4 кВ и разъединителем 10 кВ. Только в отключенном положении рубильника можно снять ключ блокировочного замка, которым открывается привод разъединителя. А рубильник отключается после отключения автоматов в цепях линий 0,4 кВ.На ТП с трансформаторами мощностью 630 кВА и выше для управления со стороны 10 кВ используют выключатели нагрузки, а не разъединители.6.2.3 Шкаф высокого напряжения В шкафу ВН располагаются предохранители с заполнением кварцевым песком. Предохранители FU1...FU3 (рис. 6.3) защищают обмотку трансформатора от токов перегрузки, превышающих двухкратное значение, а также срабатывают при коротких замыканиях внутри корпуса трансформатора. В верхней части шкафа ВН закреплены траверсы для подключения проводов воздушных линий 0,4 кВ. Количество отходящих от ТП линий определяется мощностью трансформатора. В КТП мощностью до 160 кВА предусмотрено до трех отходящих линий 0,4 кВ. На шкафу ВН закреплены также разрядни-ки, защищающие ТП от набегающих волн перенапряжений со стороны линии 10 кВ.Дверца шкафа ВН сблокирована с заземляющими ножами разъединителя. После отключения разъединителя секторная блокировка приводов позволяет оперировать приводом заземляющих ножей. При включении заземляю-щих ножей можно повернуть ключ второго блокировочного замка, снять этот ключ и открыть шкаф ВН. Таким образом плавкие вставки предохранителей можно заменить только после включения заземляющих ножей.6.2.4 Шкаф низкого напряженияВ шкафу НН расположены:- приборы учета переданной электроэнергии;- устройство контроля исправности линии 10 кВ;- управление отходящими линиями 0,4 кВ;- управление уличным освещением.

1). Апотр-е количество электроэнергии, переданной потребителям; Анач , Акон- показания счетчика на начало и на конец периода измерения, например, месяца;КТА- коэффициент трансформации трансформаторов тока. По счетчику активной энергии можно определить активную мощность, передаваемую через силовой трансформатор потребителям. Для этого следует зафиксировать количество оборотов диска за определенное время. Во время эксплуатации необходимо следить за целостью вторичных цепей трансформаторов тока. Нарушение их целости приводит к нагреванию железа магнитопровода и обугливанию изоляции обмоток трансформаторов тока. В холодное время года, при температуре окружающего воздуха 00 и ниже вы-ключателем SA1 необходимо вручную включать подогрев счетчика с помо-щью резисторов R1 и R2, расположенных вблизи поверхности счетчика.

2) Устройство контроля исправности линии 10 кВВ процессе эксплуатации, особенно при возникновении неполнофазных режимов потребителей, на ТП проверяют наличие трех фазных напряжений. Для этого в щите НН установлен переключатель SA3 на три положения. На выходе этого переключателя установлена лампа EL1 через предохранитель FU7 и розетка XS1. Лампа EL1 используется для освещения шкафа НН в темное время суток, но одновременно по ее накалу судят о симметрии поступающих фазных напряжений. При необходимости для контроля симметрии напряжений можно использовать вольтметр, подключаемый к розетке XS1. 3)Управление отходящими линиями 0,4 кВ Шины 0,4 кВ запитываются от силового трансформатора через разъе-динитель QS3 и трансформаторы тока. От шин 0,4 кВ отходят три линии 380/220 В 1ВЛ-0,38, 2ВЛ-0,38, 3ВЛ-0,38 к потребителям. Для оперативного управления на каждой ВЛ установлены автоматические выключатели QF1, QF2, QF3. Номинальные токи автоматов выбираются в зависимости от мощности ТП. Автоматы электромагнитными расцепителями без выдержки вре-мени отключают близкие к ТП короткие замыкания. Удаленные к.з. и токи перегрузки линий отключаются полупроводниковой защитой ЗТИ-0,4. Эта защита воздействует на отключающую катушку автомата через выдержку времени после появления повреждения. Токи срабатывания ЗТИ-0,4 можно изменять ступенчато. При междуфазных к.з. токи срабатывания могут быть установлены 100, 160 и 250 А, а при однофазных к.з. 40, 80 и 120 А. Предель-ное время отключения автомата при междуфазных и однофазных к.з. не пре-вышает 15 с. В случае падения фазного провода ВЛ на влажную почву, когда через место повреждения будет протекать ток 3...8 А отключение произойдет через 0,1...0,2 с.В связи с введением новых ГОСТов по электробезопасности линии 0,38 кВ выполняют из 6-ти проводов: три фазных провода, один нулевой ра-бочий, один нулевой защитный и провод наружного освещения. В такой сети однофазные приемники подключаются между фазными и нулевым рабочим проводом, а все корпуса электрооборудования соединяются с нулевым защитным проводом.

4)Управление уличным освещениемВ щите НН смонтирована схема автоматического управления уличным освещение. Схема включает: -пробочные предохранители FU4...FU6; - магнитный пускатель КМ; - фотосопротивление VR, установленное в боковой стенке шкафа НН; - полупроводниковый усилитель VK; - выключатель ручного и автоматического управления SA2.От силовых контактов магнитного пускателя КМ отходят три провода, по одному на каждую линию. Эти провода являются пятыми в пятипроводной уличной сети. К пятому проводу и к нулевому проводу линии подключаются лампы уличного освещения. Питание на усилитель VK и КМ подается через предохранитель FU6. Во включенном положении SA2 питание непосредственно подается на катушку магнитного пускателя, от которого загораются лампы уличного освещения. Это используют при замене перегоревших ламп в дневное время суток. В отключенном положении выключателя SA2 катуш-ка КМ управляется от фотореле. Между клеммами 1-2 подводится фазное на-пряжение, одна полуволна которого обрезается однополупериодным выпря-мителем –



диодом VD2 и сглаживается конденсатором

Комплектное распределительное устройство внутренней установки малогабаритное серии ВМ-1 предназначено для приема и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока частоты 50 и 60 Гц напряжением 6-10 кВ для систем с изолированной или заземленной через дугогасящий реактор нейтралью. Может устанавливаться в капитальном здании или быстромонтируемом здании модульного типа

**ОСОБЕННОСТИ**

* опорные и проходные изоляторы изготовлены из композитной керамики на основе эпоксидной смолы;
* корпус изготовлен из оцинкованной стали горячего цинкования;
* ячейка состоит из 4-х сплошных отсеков (отсек сборных шин, релейный отсек, отсек трансформаторов тока, отсек выключателя), каждый из которыхимеет свой выхлопной клапан для сброса избыточного давления;
* контактная часть выключателя изолирована (замыкание втычных силовых разъемов выкатногоэлемента происходит в изоляционной трубе), что полностью исключает межфазное замыкание;
* глубина шкафов постоянна для всех первичных схем, разного количества силовых кабелей и не зависит от номинального тока ячейки и тока отключения;
* щиты кабельного отсека быстросъемные, крепятся к ячейке на пазах и снимаются движением вверх. В отличие от поворотных щитов на петлях не перегораживают узкий проход сзади ячеек;
* предусмотрена блокировка снятия щита кабельного отсека при неналоженных заземляющих ножах;
* заземляющий разъединитель стреляющего типа срабатывает при достижении «мертвой точки» независимо от дальнейших действий персонала;
* дверь отсека выключателя при закрытии фиксируется в десяти точках, обеспечивая надежную защиту от взрыва при КЗ;
* мотопривод заземляющих ножей и перемещения выкатного элемента позволяет организовать полностью дистанционное управление подстанцией с диспетчерского пункта, тем самым обеспечивая повышенную безопасность обслуживающего персонала.

Возможно исполнение шкафов с изолированными сборными шинами.

**ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ**

|  |  |
| --- | --- |
| Номинальное напряжение, кВ | 6, 10 |
| Наибольшее рабочее напряжение, кВ | 7,2; 12 |
| Номинальный ток главных цепей, А | 630, 1250, 1600, 2000; 2500, 3150, 4000 |
| Номинальный ток сборных шин, А | 630, 1250, 1600; 2000; 2500, 3150, 4000 |
| Номинальный ток отключения:                           - выключателя, кА                           - контактора, кА | 20; 31,5; 40  4,5; 8; 10 |
| Ток термической стойкости (Зс), кА | 20; 25; 31,5; 40 |
| Ток электродинамической стойкости, кА | 26; 51; 81; 102 |
| Номинальное напряжение вспомогательных цепей:  - постоянного тока, В  - переменного тока, В | 110, 220  110, 220 |
| Коммутационный ресурс выключателя, циклов "ВО" | 30000 |
| Номинальная мощность встраиваемых в шкаф трансформаторов собственных нужд, кВА | 25, 40 |
| Уровень изоляции по ГОСТ 1516.1 | нормальная |
| Вид изоляции | воздушная, комбинированная |
| Наличие изоляции токоведущих частей | с неизолированными шинами;  с частично изолированными шинами |
| Вид линейных высоковольтных присоединений | кабельный, шинный |
| Условия обслуживания | одностороннее/двухстороннее |
| Степень защиты по ГОСТ 14254 | IР40 |
| Максимальное количество высоковольтных кабелей, шт.  -  для шкафов на 750 мм  -  для шкафов на 900 мм | 34  34 |
| Наибольшее сечение кабелей высокого напряжения, мм2 | 3х240 |
| Тип выключателя | [ВБ4-П](http://abm-amper.com/prod/vb4-p-10-viklyuchatel-106-kv-vakuumniy-s-prujinno-motornim-privodom.php) (ООО «АВМ АМПЕР») |
| Тип трансформатора тока | [ТОЛА-10](http://abm-amper.com/prod/tola10-transformatori-toka.php) (ООО «Ампер-Интра») |
| Тип трансформаторов напряжения | VTS («KPBIntra») |
| Тип силового трансформатора | ТМГ-25; ТС-25; ТС-40 |
| Тип ограничителя перенапряжения | 3ЕК («Siemens») |
| Тип контактора | V7, V12 («ABB») |
| Габаритные размеры, мм  - ширина  - глубина  - высота | 750; 900; 1100  1350  2140 |
| Масса, кг | 670÷910 |

в стандартной комплектации возможны изменения

**УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

* высота установки над уровнем моря не более 1000 м;
* климатическое исполнение УЗ, Т3;
* верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха:

- плюс 40°С для исполнения У3;

- плюс 45°С для исполнения Т3.

* окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая агрессивных газов и испарений, химических отложений, не насыщенная токопроводящей пылью и водяными парами;
* тип атмосферы II по ГОСТ 15150.

**Контрольные вопросы.**

1.Для чего используется разъединитель на ТП со стороны 10 кВ?

2. Какие блокировки предусмотрены на КТП?

3. Какое соотношение напряжений и токов на выводах обмоток низкого и высокого напряжения?

4. Каким образом регулируется напряжение у потребителей?

5. Когда устанавливают выключатели нагрузки со стороны 10 кВ?

6. Как вычислить количество электроэнергии, переданной потребителям?

7. Как вычислить мощность, потребляемую от трансформатора?

8. Как работает усилитель в схеме уличного освещения?

9. Как осуществляется управление уличным освещением?

10. Как формируется пятипроводная воздушная линия 380 В?

11. Как формируется шестипроводная воздушная линия 380 В?

12. Для чего используется переключатель SA3?

13. Как защищается ТП от перенапряжений?

14. Какие условия необходимо выполнить для включения трансформаторов на параллельную работу?

15. Как выполняется заземляющее устройство ТП и для чего оно предназна-чено?

16. Что сработает на ТП при к.з. на отходящей линии 0,38 кВ?

17. Что сработает на ТП при замыкании в лампе уличного освещения?

18. Каким образом можно определить загрузку ТП?

19. Как осуществляется блокировка между низковольтным щитом и разъеди-нителем?

20. Как изменить коэффициент трансформации силового трансформатора на ТП?

<http://docplayer.ru/27560151-Laboratornaya-rabota-6-transformatornye-podstancii-10-0-4.html>

**Тема 1.1.7. Схемы и классификация электрических сетей.**

Классификация электрических сетей может осуществляться по роду тока, номинальному напряжению, выполняемым функциям, характеру потребителя, конфигурации схемы сети и т. д. По роду тока различаются сети переменного и постоянного тока; по напряжению: сверхвысокого напряжения —Uном.>330 кВ, высокого напряжения — Uном.= 3/220 кВ, низкого напряжения— Uном.<1кВ. По конфигурации схемы сети делятся на замкнутые и разомкнутые.По выполняемым функциям будем различать системообразующие, питающие и распределительные сети. Системообразующие сети напряжением 330—1150 кВ осуществляют функции формирования объединенных энергосистем, объединяя мощные электростанции и обеспечивая их функционирование как единого объекта управления, и одновременно обеспечивают передачу электроэнергии от мощных электростанций. Системообразующие сети осуществляют системные связи, т. е. связи очень большой длины между энергосистемами. Режимом системообразующих сетей управляет диспетчер объединенного диспетчерского управления (ОДУ). В ОДУ входит несколько районных энергосистем — районных энергетических управлений (РЭУ).

Питающие сети предназначены для передачи электроэнергии от подстанций системообразующей сети и частично от шин 110—220 кВ электростанций к центрам питания (ЦП) распределительных сетей — районным подстанциям. Питающие сети обычно замкнутые. Как правило, напряжение этих сетей ранее было 110—220 кВ. По мере роста плотности нагрузок, мощности электростанций и протяженности электрических сетей увеличивается напряжение распределительных сетей. Так, в последнее время напряжение питающих сетей иногда бывает 330—500 кВ.

Районная подстанция имеет обычно высшее напряжение 110—220 кВ и низшее напряжение 6—35 кВ. На этой подстанции устанавливают трансформаторы, позволяющие регулировать под нагрузкой напряжение на шинах низшего напряжения. Эти шины — ЦП распределительной сети, которая присоединена к ним.

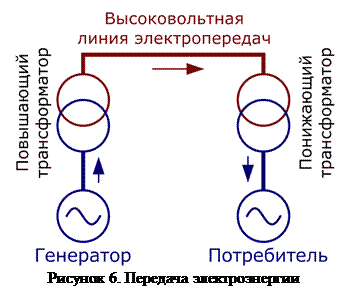
Сети 110—220 кВ обычно административно подчиняются РЭУ. Их режимом управляет диспетчер РЭУ.

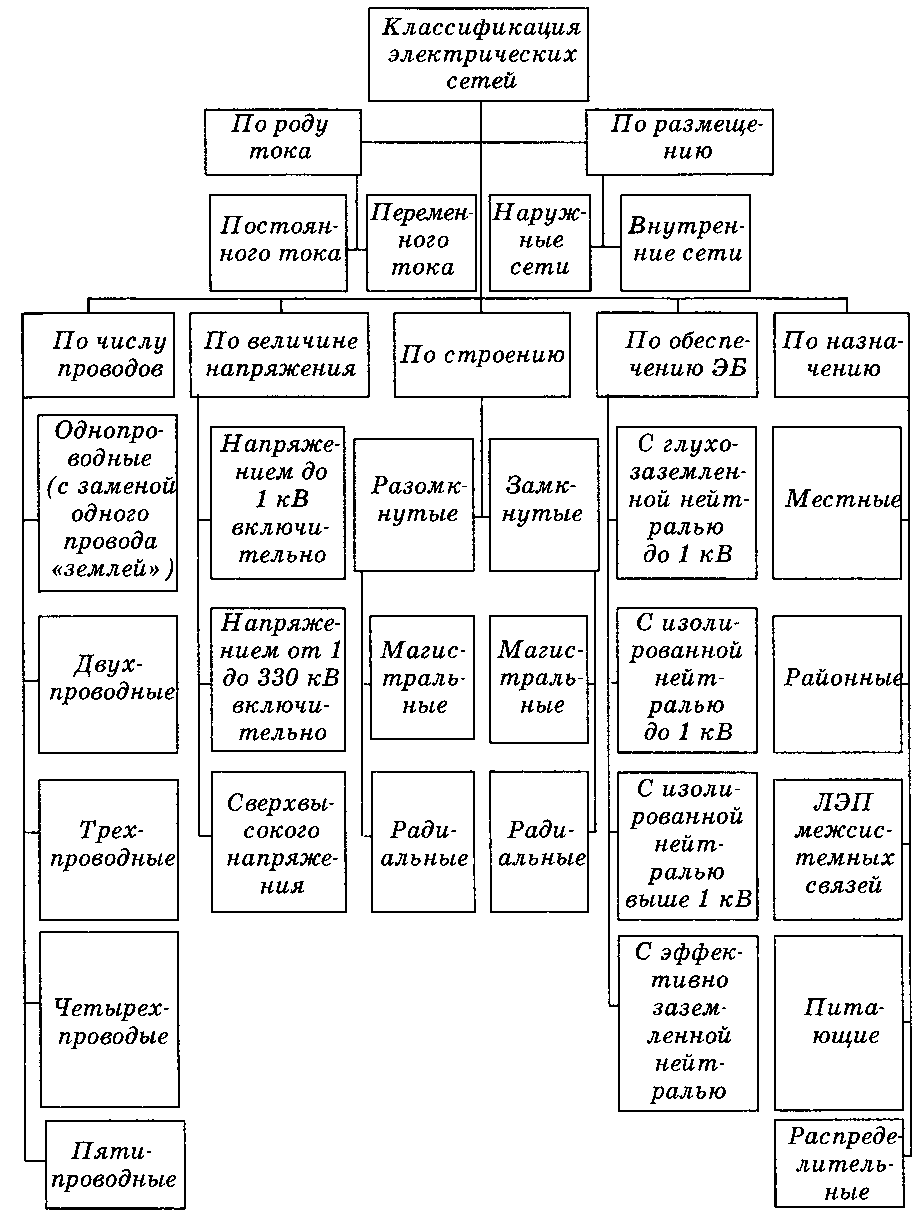
Распределительная сеть предназначена для передачи электроэнергии на небольшие расстояния от шин низшего напряжения районных подстанций к промышленным, городским, сельским потребителям. Такие распределительные сети обычно разомкнутые или работают в разомкнутом режиме. Различают распределительные сети высокого (Uном.>1 кв) и низкого (Uном.<1 кВ) напряжения. В свою очередь по характеру потребителя распределительные сети подразделяются на промышленные, городские и сельскохозяйственного назначения. Ранее такие распределительные сети выполнялись с напряжением 35 кВ и ниже, а в настоящее время — до 110 и даже 220 кВ. Преимущественное распространение в распределительных сетях имеет напряжение 10 кВ, сети 6 кВ применяются при наличии на предприятиях значительной нагрузки электродвигателей с номинальным напряжением 6 кВ. Электрические сети 20 кВ применяются только в Латвийской энергосистеме. Напряжение 35 кВ широко используется для создания центров питания сетей 6 и 10 кВ в основном в сельской местности. Передача электроэнергии на напряжении 35 кВ непосредственно потребителям, т. е. трансформация 35/0,4 кВ, используется реже.

Для [электроснабжения](http://xn----8sbnaarbiedfksmiphlmncm1d9b0i.xn--p1ai/kachestvo-elektroenergii.html) больших промышленных предприятий и крупных городов осуществляется глубокий ввод высокого напряжения, т. е. сооружение подстанций с первичным напряжением 110—500 кВ вблизи центров нагрузок. Сети внутреннего электроснабжения крупных городов — это   сети   110кВ,   а   в. отдельных   случаях   к   ним  относятся глубокие вводы 220/10 кВ. Сети сельскохозяйственного назначения в настоящее время выполняют на напряжение 0,4—110 кВ, а также на 220 кВ при большой протяженности сельских линий в районах Сибири или Дальнего Востока.

Электрические сети делятся на системообразующие и распределительные. Кроме того, в выделяются промышленные, городские и сельские сети. Назначением распределительных сетей в соответствии .с является дальнейшее распределение электроэнергии от подстанций системообразующей сети (частично также от шин распределительного напряжения электростанции) до центров питания промышленных, городских и сельских электросетей. Первой ступенью распределительных сетей общего пользования являются сети 220, 330, 500 кВ, второй ступенью — 110 и 220 кВ; затем электроэнергия распределяется по сети электроснабжения отдельных потребителей.

Электрические сети подразделяются на местные и районные и, кроме того, на питающие и распределительные. К местным относят сети с номинальным напряжением 35 кВ и ниже, к районным — с номинальным напряжением, превышающим 35 кВ. Питающей линией называется линия, идущая от ЦП к РП или непосредственно к подстанции, без распределения электроэнергии по ее длине. Распределительной линией называется такая, к которой вдоль ее длины присоединено несколько трансформаторных подстанций или вводов к электроустановкам потребителей. Понятия «местная»  и «распределительная» сети (так же как «районная» и «питающая» в) близки, но не совпадают, так как в последнее время напряжение распределительных сетей может быть 110кВ и даже 220кВ. Эти сети нельзя различать только по напряжению.





**Характеристика электрических сетей**

**1) по размещению:**

а) наружные воздушные и кабельные сети. При их выполнении применяются неизолированные (голые) провода, кабели и шинопроводы;

б) внутренние сети - это сети, проложенные внутри технологических помещений. При их выполнении используются изолированные и неизолированные провода, кабели и шинопроводы;

**2) по назначению:**

а)местные электрические сети - это сети напряжением до 35 кВ включительно;

б) районные электрические сети - это сети, к которым относятся изолированные одиночные районные сети с одной электростанцией и сети электрических систем с несколькими электростанциями напряжением, как правило, 110 кВ и выше;

в) линии электропередачи (ЛЭП) межсистемных связей - это линии напряжением выше 220 кВ, служащие для связей отдельных энергетических систем напряжением до 1150 кВ;

г) питающие линии - это линии, которые служат для передачи энергии от источника питания к группам потребителей;

д) распределительные электрические сети - это сети, служащие для распределения электроэнергии от распределительных пунктов к потребительским трансформаторным подстанциям (ТП) или непосредственно к потребителям;

**3) по роду тока:**

а) электрические сети постоянного тока;

б) электрические сети переменного тока;

**4) по величине напряжения**

По напряжению электрические сети в соответствии с ПУЭ делят на два вида – до 1000 В и выше 1000 В.

Шкала номинальных напряжений до 1000 В

127 В, 220 В, 380 В, 660 В.

Шкала номинальных напряжений до 1000 В

3 кВ, 6 кВ, 10 кВ, 20 кВ, 35 кВ, 110 кВ, 150 кВ, 220 кВ, 330 кВ, 500 кВ, 750 кВ; 1150 кВ.

По условиям нормальной эксплуатации электроприемники, в зависимости от назначения, допускают строго ограниченные отклонения напряжения от его номинального значения. Для поддержания напряжений на заданном уровне нужно компенсировать его потерю в трансформаторах и ЛЭП. Именно для этой цели номинальные напряжения генераторов, а также вторичных обмоток трансформаторов имеют номиналы на 5 - 10% больше чем электроприемники.

Для сетей местного освещения могут применять малые напряжения, а именно 12 В, 24 В, 36 В.

1. **Характеристика электрических сетей по количеству проводов (рис.1, 2):**

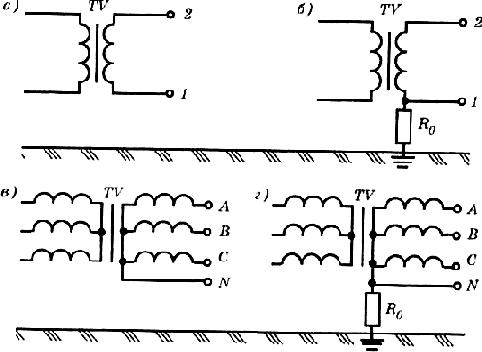


Рис.1. Виды электрических сетей по числу проводов (двухпроводные

и четырехпроводные):

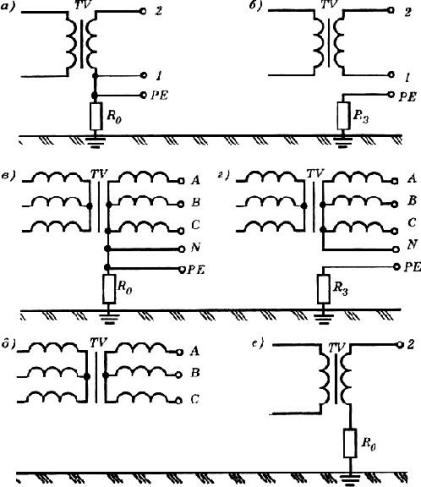


Рис.2. Виды электрических сетей по числу проводов (однопроводные, трехпроводные и пятипроводные):

а, б - трехпроводные однофазные; в, г - пятипроводные; д - трехпроводная (трехфазная); е - однопроводная (с заменой одного провода "землей");

а) двухпроводные электрические сети - это сети постоянного тока и однофазного переменного тока с изолированным выводом источника тока (рис.2, а, б) и с заземленным выводом источника тока;

б) трехпроводные электрические сети - это сети однофазного тока; в отличие от двухпроводных у них имеется нулевой защитный проводник, соединенный с заземленным выводом источника тока или соединенный с защитным заземляющим устройством в сетях с изолированным выводом источника тока, а также трехфазные сети без нейтрального провода (рис.3);

в) четырехпроводные электрические сети - это сети трехфазного тока с нейтральным проводом (в сетях с изолированной от земли нейтралью) или с нулевым проводом (в сетях с глухо-заземленной нейтралью источника тока) (рис.2, в, г);

г) сети с заменой одного провода "землей" - это сети однофазного переменного тока, когда роль второго провода играет "земля" (рельс);

**Частота электрической сети.**

Другой важный параметр электросети - это **частота** тока. В большинстве стран, в том числе и в Кыргызстане, стандартной считается частота 50 Гц. В США, Канаде и некоторых других странах используется 60 Гц. На данный момент, считается, что для современного уровня технологического развития, наиболее эффективно было бы использовать электроэнергию, подаваемую с частотой 170-240 Гц. Однако, применение таких параметров тока потребует значительных расходов для реконструкции существующих электросетей. Номинальная частота в сети должна всё время оставаться постоянной, допускается лишь незначительное отклонение в пределах 0,4 Гц.

Мощность электросети важна при подключении новых потребителей, поскольку нельзя, чтобы совокупная потребляемая мощность превышала возможности источника ЭДС.

Общие параметры сети определяются совокупностью свойств всех элементов, входящих в неё. Каждый элемент, в свою очередь, обладает своим набором параметров, среди которых активное и реактивное сопротивление, активная и реактивная проводимость, коэффициент трансформации.

**Контрольные вопросы:**

1. По каким параметрам классифицируются электрические сети?
2. Что такое наружные и внутренние сети?
3. Какие сети относятся к местным?
4. Какие сети относятся к районным?
5. Как электрические сети классифицируются по роду тока?
6. Назовите шкалу номинальных напряжений до 1000 В? Выше 1000 В?
7. Чем отличаются двухпроводные сети от трехпроводных и четырехпроводных?
8. Чему равна номинальная частота электрического тока в Кыргызстане? В каких пределах допускается ее отклонение?

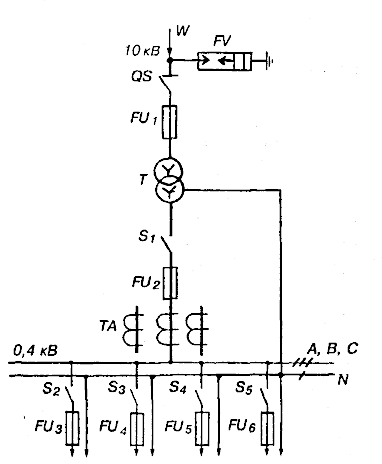
**ЛПЗ 1.1.8. Главные схемы потребительских ТП 10/0,4 кВ**

В современных условиях для обеспечения надежности и экономичности электроснабжения потребителей необходима совместная работа большого числа электростанций, подстанций и связывающих их электрических сетей разных напряжений. Однако при этом электрические схемы станций и подстанций должны обеспечивать соединение их отдельных элементов достаточно просто, надежно и удобно. В условиях эксплуатации подстанций возникает необходимость изменения схемы при выводе оборудования в ремонт, ликвидации аварий. Чтобы можно было производить эти изменения электрических схем, их элементы — трансформаторы, шины распределительных устройств (РУ), воздушные и кабельные линии — соединяют друг с другом посредством коммутационных аппаратов.  
 Главной схемой электрических соединений или схемой первичной коммутации называется схема электрических соединений основного электрооборудования, к которому относятся трансформаторы силовые и измерительные, реакторы, коммутационные аппараты и соединяющие их проводники. Для главных схем подстанций определяющими факторами являются местоположение подстанции в энергосистеме и ее назначение, мощность, перерабатываемая на подстанции и проходящая через нее транзитом, количество и мощность трансформаторов и отходящих линий, уровни их напряжений, категории потребителей, которые питаются по этим линиям.  
По способу начертания главные схемы подстанций подразделяются на многолинейные, на которых показываются все фазы электроустановки и нулевой провод, и однолинейные, на которых изображается только одна фаза, остальные ввиду их аналогичности не показываются. Графическое изображение однолинейных схем значительно проще, повышается наглядность и запоминаемость таких схем. Однолинейные схемы составляют для всей электроустановки, те участки, схемы, где по фазам есть отличия имеют многолинейное изображение.  
 Выбранная схема при выполнении электроустановки должна обеспечивать ряд условий:

* обеспечивать надежность электроснабжения потребителей;
* осуществлять эксплуатацию с минимальными затратами средств и расходом материалов;
* обеспечивать безопасность и удобство обслуживания;
* исключать возможность ошибочных операций персоналом в процессе срочных переключений.

Выполнение последнего условия затрудняется при очень сложной схеме электроустановки, однако значительное упрощение схемы может вызвать трудности для выполнения первого условия в отношении надежности электроснабжения. Железнодорожные потребители в основном относятся к первой и второй категориям, и для их питания используют чаще трансформаторные подстанции с двумя трансформаторами, один из которых может быть резервным. Для электроснабжения потребителей третьей категории применяют схемы однотрансформаторных подстанций.

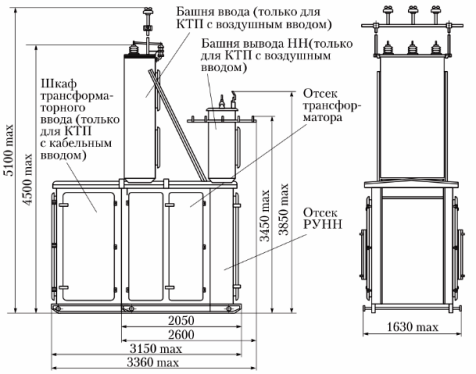
Рис. 1. Схема однотрансформаторной подстанции с первичным напряжением 10 кВ  
 Однолинейная схема однотрансформаторной подстанции с первичным напряжением 10 кВ и вторичным напряжением 0,4 кВ. Подстанция (рис. 1) получает питание по воздушной линии 10 кВ. На вводе подстанции W установлен разъединитель QS и предохранитель FUX, который защищает трансформатор Т от токов КЗ, длительных перегрузок, опасных для трансформатора. От атмосферных перенапряжений, набегающих на подстанцию по воздушной линии, она защищается разрядником FV. РУ-0,4 кВ имеет одинарную систему сборных шин, на которую напряжение подается от трансформатора Т по вводу. На вводе установлен рубильник S{, предохранитель FU2 и трансформатор тока ТА. Так как трансформаторы тока могут устанавливаться не на всех фазах, то эта часть схемы показана в трехфазном изображении во избежание неясностей. Нулевой провод от нейтрали трансформатора до нейтральной шины N показывается отдельно. От сборных шин 0,4 кВ отходят линии потребителей, на которых установлены рубильники (пакетные выключатели) S2-S5 и предохранители FU1-FU6. Конструкция такой подстанции показана на рис. Как видно на рис. 1, схема подстанции очень проста, ее элементы не резервируются, и в случае отказа или повреждения любого из них часть потребителей или все (при повреждении трансформатора) остаются без электроэнергии. Такой недостаток в значительной степени устраняется при использовании подстанций с двумя трансформаторами.



<http://forca.com.ua/info/spravka/glavnye-shemy-elektricheskih-soedinenii-podstancii.html>

**ЛПЗ 1.1.8. Главные схемы потребительских ТП 10-/0,4 кВ.**

**Комплектная трансформаторная подстанция** - подстанция, состоящая из трансформаторов и блоков (КРУ или КРУН и других элементов), поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Комплектные трансформаторные подстанции (далее — КТП) или их части, устанавливаемые в закрытом помещении, относятся к внутренним установкам, устанавливаемые па открытом воздухе, — к наружным.



КТП мощностью 63 - 400 кВА тупикового типа с воздушным (кабельным) вводом ВН и воздушно-кабельными выводами НН и напряжением 6(10) кВ

В конструкцию КТП входят силовой трансформатор и шкаф высоковольтного и низковольтного оборудования (0,38/0,22 кВ).

Цеховые КТП, как правило, не имеют распределительного устройства на стороне ВН, питающий кабель присоединяется к трансформатору через шкаф высоковольтного ввода, который может содержать высоковольтный коммутационный аппарат (выключатель нагрузки или разъединитель), аппарат зашиты (предохранитель), и блок шинных накладок, которыми формируется схема электроснабжения выше 1 кВ.

Глухое подключение (без коммутационного аппарата) возможно только для радиальных схем питания КТП, когда коммутация высоковольтного выключателя на питающем РУ приводит к отключению/включению только одного трансформатора. При магистральной и смешанной схемах питания КТП коммутационный аппарат на вводе КТП обязателен. Назначение этого коммутационного аппарата — снятие напряжения для вывода в ремонт трансформатора и других элементов схемы, относящихся к данной секции шин.

РУ НН формируется из набора шкафов: шкаф/шкафы низковольтного ввода, секционный шкаф (для двухтрансформаторных КТП), линейные шкафы, которые содержат соответствующие коммутационные аппараты (вводные, секционный, линейные) — автоматические выключатели или предохранители с рубильниками.

Электрические соединения оборудования подстанции и подсоединение к нему отходящих линий представлены на рис. 1.

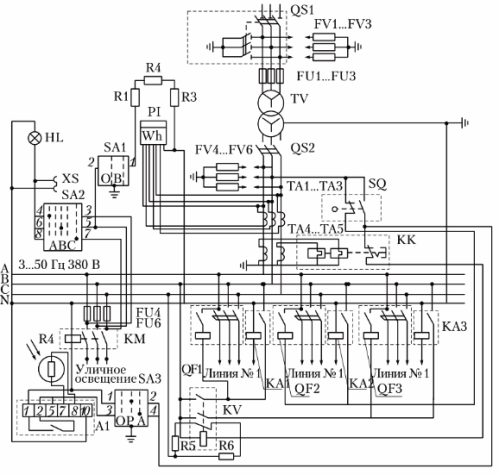


Схема КТП

В таблице приведены наименование и функциональное назначение оборудования КТП.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обозначение на схеме | Наименование и тип оборудования | Назначение |
| QS1 | Разъединительный пункт РП IV | Включение и отключение КТП |
| TV | Трансформатор ТМ-160/10 | Преобразование напряжения 10 кВ в напряжение 0.38/0,22 кВ |
| FU1 - FU3 | Предохранитель ПК-10 | Защита трансформатора от токов короткого замыкания |
| FV1 - FV3 | Разрядники РВО-10, РВН-0,5 | Защита КТП от атмосферных перенапряжений на линиях напряжением 10 и 0,38 кВ |
| QS2 | Рубильник Р-3243 | Отключение низковольтного шкафа |
| ТА1 - ТА5 | Трансформатор тока ТК-20У3 | Снижение тока для подключения счетчика энергии и реле защиты от перегрузок |
| FU4 - FU6 | Предохранитель Е-27 | Защита линий уличного освещения от тока короткого замыкания |
| КМ | Магнитный пускатель ПМЕ-200 | Автоматическое включение и отключение уличного освещения |
| Р1 | Счетчик СА4У | Учет потребления активной энергии |
| R1 - R3 | Резистор ПЭ-50 | Подогрев счетчика в холодное время |
| SA1 | Переключатель ПКП-10 | Включение подогрева счетчика |
| SA2 | Переключатель ПКП-10 | С для проверки наличия напряжения и освещения шкафа |
| HL | Лампа накаливания | Сигнализация наличия напряжения на фазах и освещение шкафа |
| SA3 | Переключатель ПКП-10 | Переключение на автоматическое или ручное управление уличным освещением |
| XS | Штемпельная розетка | Подключение приборов и электроинструмента |
| SQ | Конечный выключатель ВПК-2110 | Отключение линий напряжением 0,38 кВ при открывании дверцы шкафа |
| КК | Тепловое реле ТРН-10 | Защита трансформатора от токов перегрузок |
| QF1 - QF3 | Автоматические выключатели А3700 | Включение и выключение линий напряжением 0,38 кВ |
| КА1 - КА3 | Токовое реле РЭ-571Т | Защита линий напряжением 0,38 кВ от однофазных замыканий проводов на землю |

Комплектная трансформаторная подстанция столбовая (КТПС) предназначена для приема, преобразования и распределения электрической энергии трехфазного переменного тока частотой 50 Гц в системах с глухозаземденной нейтралью трансформатора па стороне низшего напряжения в сельских электрических сетях.

**ЛПЗ 1.1.9. Изучению схем собственных нужд электростанций.**

Схемы собственных нужд электростанций различного типа имеют общие черты. Потребители единичной мощностью выше 200 кВт работают на напряжении 6,3 кВ. Потребители единичной мощностью ниже 200 кВт работают на напряжении 0,4 кВ. Секции и выключатели напряжением 6,3 кВ конструктивно скомпонованы в виде комплектного распределительного устройства. Секции и автоматические выключатели 0,4 кВ собраны в низковольтное комплектное устройство (НКУ). От секций КРУ и НКУ отходят многочисленные кабельные линии к электродвигателям и прочим устройствам.

В нормальном режиме потребители СН 6,3 кВ питаются от рабочих трансформаторов собственных нужд (ТСН), подключенных отпайкой к генераторному токопроводу соответствующего генератора напряжением 10,5-24 кВ. В том случае, когда напряжение генератора составляет 6,3 кВ, то есть равно напряжению на секциях СН первой ступени, вместо трансформатора применяют токоограничивающий реактор. Рабочий ТСН или рабочий токоограничивающий реактор СН подключаются между генераторным выключателем и блочным повышающим трансформатором. Такое подключение даёт возможность запитать собственные нужды от энергосистемы при отключенном генераторе. Исключение составляют агрегатные собственные нужды ГЭС и ГАЭС (где отпайка к СН расположена между генераторным выключателем и генератором), а также собственные нужды АЭС с присоединением двух генераторов к одному блочному трансформатору (где отпайка к СН расположена между двумя генераторными выключателями – например, реактор РБМК-1000).

При нарушении питания от ТСН происходит автоматическое переключение на резервный трансформатор собственных нужд (РТСН), подключенный к одному из РУ повышенного напряжения (110, 220 или 330 кВ). Гораздо реже РТСН подключают к третичной обмотке автотрансформатора связи. Таким образом, резервирование на напряжении 6,3 кВ – явное, то есть имеется специально предусмотренный РТСН, который в нормальном режиме работает на холостом ходу. Электроэнергия поступает к секциям СН от РТСН по специальной магистрали резервного питания (МРП). Мощность РТСН, как правило, либо равна мощности ТСН, либо на одну ступень превышает мощность ТСН. Это сделано для того, чтобы обеспечить уверенный самозапуск агрегатов собственных нужд при исчезновении питания рабочего ТСН.

Трансформаторы ТСН и РТСН с номинальной мощностью до 16 МВА выполняются нерасщеплёнными, а при мощности 25 МВА и выше имеют расщеплённую обмотку низшего напряжения. Эти трансформаторы имеют устройство регулирования напряжения под нагрузкой (РПН). Описанные ТСН и РТСН с низшим напряжением 6,3 кВ называются трансформаторами первой ступени трансформации.

Потребители напряжением 0,4 кВ питаются от трансформаторов второй ступени трансформации с высшим напряжением 6,3 кВ и низшим напряжением 0,4 кВ. Указанные трансформаторы подключены к секциям собственных нужд 6,3 кВ. Резервирование собственных нужд 0,4 кВ – неявное, то есть специальный резервный ТСН отсутствует, а при выходе из строя трансформатора 6,3/0,4 кВ происходит автоматическое переключение на аналогичный трансформатор соседней секции, который в нормальном режиме загружен.

На рис. 1.1 показан фрагмент схемы СН, который является общим для электростанции любого типа. Нормально отключенные выключатели здесь и далее зачернены.

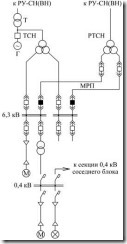


Рис. 1.1. Типовая схема собственных нужд

Далее рассмотрим специфику построения схем СН для электростанций различного типа.

**1.1. Схемы собственных нужд конденсационных электростанций**

Рабочее питание потребителей СН организуется от рабочего ТСН, подключенного к отпайке от генераторного токопровода. На один генератор приходится один ТСН. В большинстве случаев ТСН и РТСН на КЭС выполняются расщеплёнными. Поэтому на каждый блок приходится по две секции СН, а МРП имеет две шины – рис. 11.2. На каждые четыре блока принимается один РТСН. Магистраль МРП секционируется через каждые два-три блока, причём во избежание параллельной работы двух РТСН секционные выключатели нормально отключены. Иначе токи КЗ будут вдвое выше.

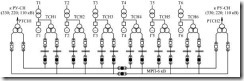


Рис. 1.2. Схема собственных нужд КЭС

1.2. Схемы собственных нужд теплоэлектроцентралей

Если схема ТЭЦ имеет ГРУ, то возможно два варианта.

1. Напряжение ГРУ 6,3 кВ. В этом случае СН питаются от ГРУ через рабочий и резервный токоограничивающие реакторы – рис. 1.3.

2. Напряжение ГРУ 10,5 кВ. В этом случае СН питаются от ГРУ через рабочий и резервный трансформаторы собственных нужд – рис. 1.4.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рис. 1.3. Схема питания СН при  напряжении ГРУ 6,3 кВ | Рис. 1.4. Схема питания СН при напряжении ГРУ 10,5 кВ |

Если ТЭЦ с ПТУ построена по блочному принципу и не имеет ГРУ, то схема собственных нужд аналогична соответствующей схеме КЭС с той лишь разницей, что при напряжении генератора 6,3 кВ вместо ТСН и РТСН применяются токоограничивающие реакторы.

Если ТЭЦ с ПГУ построена по блочному принципу и не имеет ГРУ, то схема собственных нужд аналогична соответствующей схеме КЭС с той лишь разницей, что трансформаторы СН газовой части менее мощные по сравнению с ТСН паровой части. Так, например, на Северо-Западной ТЭЦ блок состоит из двух ГТУ и одной ПТУ. На рис. 11.5 видно, что ТСН газовых установок являются нерасщеплёнными, а обмотка низшего напряжения ТСН паровой установки расщеплена.

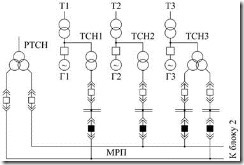
[](http://kursak.net/wp-content/uploads/2017/03/clip_image010181.jpg)

Рис. 1.5. Схема собственных нужд одного блока Северо-Западной ТЭЦ

**Схема собственных нужд атомных электростанций**

Как указано в разделе 10.2, схемы СН АЭС гораздо сложнее схем других станций из-за того, что кроме секций нормальной эксплуатации (н.э.), имеющихся на станции любого типа, на АЭС имеются дополнительные секции – надежного питания (н.п.) с дизель-генераторами и аварийного электроснабжения (а.э.) с агрегатами бесперебойного питания.

На рис. 1.6 показана схема СН АЭС с реакторами ВВЭР-440 и с бессальниковыми ГЦН с малой инерционной массой.

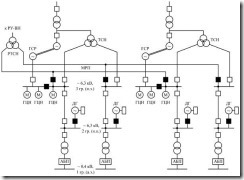


Рис. 1.6. Схема СН АЭС с реакторами ВВЭР-440 и с ГЦН с малой инерционной массой

Для предотвращения быстрой остановки ГЦН такого типа при полном обесточивании используются генераторы собственного расхода (ГСР). Электродвигатели двух ГЦН из трёх подключены к отдельной секции, источником электроэнергии для них является ГСР, ротор которого вращается на одном валу с ротором основного турбогенератора. При полном обесточивании ротор по инерции продолжит некоторое время вращаться. Этого времени хватит для запуска дизель-генераторов. В последующих проектах ВВЭР-440 предусмотрены высокоинерционные ГЦН с массивными маховиками, которые подключаются по традиционной схеме, без использования ГСР. В схеме СН АЭС с ВВЭР-440 на каждый генератор приходится один ТСН мощностью 25 МВА, на каждые два генератора (то есть на один реактор) приходится один РТСН мощностью 32 МВА.

На рис. 1.7 изображена детализированная схема СН энергоблока ВВЭР-1000. Особенностью схемы является наличие расщеплённого генераторного токопровода. Рабочие ТСН присоединяются по одному к каждой половине этого токопровода. Другой особенностью схемы является тот факт, что дизель-генераторы используются и в системе н.п., и в системе а.э. В схеме СН АЭС с ВВЭР-1000 на каждый генератор приходится два ТСН мощностью по 63 МВА и два РТСН мощностью также по 63 МВА. Такое равенство мощностей – специфика реактора ВВЭР-1000. На АЭС с другими реакторами число РТСН меньше числа ТСН.

**1.4. Схемы собственных нужд гидравлических электростанций**

Электрическая схема собственных нужд ГЭС может выполняться либо с одним напряжением 0,4 кВ, либо с двумя напряжениями – 6(10) и 0,4 кВ. Несмотря на отсутствие в системе СН ГЭС мощных (200 кВт и более) электродвигателей на напряжении 6 кВ, наличие напряжения и соответствующего распределительного устройства 6(10) кВ определяется общей мощностью потребителей, значительной удаленностью общестанционных потребителей от источников питания. В соответствии с [12], для электроснабжения собственных нужд ГЭС необходимо предусматривать не менее двух независимых источников питания.

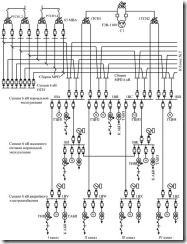


Рис. 1.7. Схема СН АЭС с реакторами ВВЭР-1000 (подробная)

Распределение электроэнергии на напряжении 0,4 кВ организуется, как правило, с помощью комплектных трансформаторных подстанций 6(10)/0,4 кВ (КТП СН), понижающие трансформаторы которых подключаются к различным секциям КРУ 6(10) кВ или к другим независимым источникам питания.

Рабочий трансформатор агрегатных СН присоединяется на участке между генератором и его выключателем (или выключателем нагрузки). В этом состоит отличие от общепринятого подключения ТСН на ТЭС и АЭС. Рабочий трансформатор общестанционных СН присоединяется на участке между блочным повышающим трансформатором и генераторным выключателем (или выключателем нагрузки).

Такое раздельное питание агрегатных и общестанционных СН имеет место на Саяно-Шушенской ГЭС – рис. 1.8. Схема отражает состояние ГЭС до аварии 17.08.2009. Здесь два главных рабочих трансформатора СН мощностью по 16 МВА подключены к токопроводам генераторов Г1, Г5 на участке между выключателем нагрузки, выполненным в виде комплекса аппаратного генераторного КАГ-15,75-28500, и расщепленной обмоткой повышающего трансформатора блока. Благодаря такому подключению трансформаторы СН (1) могут использоваться при пуске и останове гидроагрегатов, включая электроснабжение СН полностью остановленной электростанции. Трансформаторы (1) питают две системы шин РУСН-6 кВ, секционированные выключателями на две части.

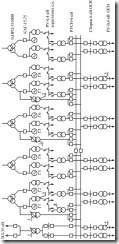
Резервирование главных рабочих ТСН выполнено двумя резервными трансформаторами (2) мощностью также 16 МВА. Один из них подключен к токопроводу генератора Г7, а второй получает питание от соседнего распределительного устройства напряжением 35 кВ по двум ВЛ-35 кВ. Каждый из четырех главных трансформаторов СН может питать любую из систем шин РУСН-6 кВ с помощью развилки из двух выключателей. Отметим, что применение двух систем шин и двух выключателей на присоиденние связано[](http://kursak.net/wp-content/uploads/2017/03/clip_image016114.jpg)

Рис. 1.8. Схема СН Саяно-Шушенской АЭС

1– главные рабочие трансформаторы с.н.; 2 – главные резервные трансформаторы с.н.; 3 – рабочие трансформаторы 15,75/0,4 кВ агрегатных с.н.; 4 – резервные трансформаторы 6,3/0,4 кВ агрегатных с.н.; 5 – трансформаторы с.н. 6,3/0,4 кВ общестанционной нагрузки.

Рабочие трансформаторы агрегатных СН (3) мощностью по 630 кВА подключены к генераторному токопроводу на участке между гидрогенератором и КАГ. Предусмотрено стопроцентное резервирование каждого агрегатного трансформатора СН такими же по мощности РТСН (4), подключенными к двум системам шин РУ собственных нужд 6 кВ с помощью развилки из двух выключателей.

В связи с подключением из соображений бесперебойности электроснабжения трансформаторов (1) на участке между генератором и КАГ, пуск и останов гидрогенераторов осуществляется от резервных трансформаторов агрегатных СН. На этот короткий промежуток времени имеет место объединенное питание агрегатных и общестанционных нагрузок СН.

От РУСН-6 кВ, но уже с использованием одного выключателя на присоединение, питаются сборки 6 кВ общестанционной нагрузки, к которым подключены двухтрансформаторные подстанции 6/0,4 кВ соответствующих потребителей.

На ГЭС относительно небольшой мощности используется объединённое питание агрегатных и общестанционных СН.

**1.5. Схемы собственных нужд гидроаккумулирующих электростанций**

Особенности схем СН ГЭАС рассмотрим на примере проекта Ленинградской ГАЭС, пуск которой намечен на 2014 год – рис. 1.9. Главная схема данной ГАЭС изображена на рис. 1.5.

Здесь, в отличие от схемы рис. 1.8, применено объединённое питание агрегатных и общестанционных СН. Принцип объединения питания СН применяется на ГАЭС в связи с необходимостью включения в генераторный токопровод отдельных выключателей для генераторного и двигательного режимов, а также присоединения третьего выключателя от пусковой системы шин для осуществления частотного пуска в насосном режиме – рис.

|  |  |
| --- | --- |
|  | Рис. 1.9. Схема СН Ленинградской ГАЭС  1 – главные рабочие ТСН; 2 – главные РТСН; 3 – выпрямительный трансформатор СПЧР; 4 – управляемый выпрямитель и автономный инвертор частотного преобразователя для пуска агрегатов в насосном режиме; 5, 6 – рабочие и резервные ТСН 6/0,4 кВ; 7 – ТСН 6/0,4 кВ общестанционной нагрузки; 8 – трансформаторы 6/0,4 кВ электрокотельной |

1.9.

Другими словами, генераторный токопровод имеет достаточно много выключателей, что составляет определённые неудобства с точки зрения компоновки оборудования в стеснённых условиях здания ГЭС. Объединённое питание агрегатных и общестанционных СН позволяет отказаться от установки дополнительных выключателей на генераторном напряжении.

На схеме рис. 1.9 главные рабочие трансформаторы СН (1) подсоединены к генераторным токопроводам двух блоков из восьми и питают двухсекционное КРУ-6 кВ. Благодаря наличию генераторных выключателей имеется возможность электроснабжения секций СН 6 кВ через повышающие трансформаторы блоков от станционного ОРУ-220 кВ даже при неработающих гидрогенераторах. Предусмотрены резервные вводы на секции СН 6 кВ от соседней подстанции энергосистемы.

При объединенном питании рабочие трансформаторы агрегатных СН (2) подключаются не к генераторному токопроводу, а к секциям РУСН-6 кВ. Туда же подключены и резервные трансформаторы агрегатных СН (3), и трансформаторы общестанционных СН (4).

Двухсекционное распределительное устройство СН 6 кВ является общим для подключения как рабочих (5) и резервных (6) трансформаторов агрегатных СН, так и трансформаторов (7) общестанционной нагрузки. Резервирование агрегатных СН не является стопроцентным (один резервный на четыре рабочих).

Особенностью схем СН ГАЭС является наличие системы частотного пуска гидроагрегатов в насосном режиме. На ГЭС такая система отсутствует, т. к. разворот гидрогенераторов осуществляется за счёт потока воды. На ГАЭС гидроагрегаты могут работать не только в режиме генератора, но и в режиме двигателя, пуск которых за счёт потока воды невозможен.

Как правило, пуск в двигательный режим генератора-двигателя осуществляется с помощью регулируемого статического преобразователя частоты (СПЧР) или от другого агрегата с плавным увеличением частоты вращения и частоты и модуля питающего напряжения.

На рис.1.9 реализация частотного пуска в двигательном (насосном) режиме осуществляется с помощью статического преобразователя частоты регулируемого (СПЧР) – позиции (3), (4). Благодаря использованию частотного метода запуска и отжатию сжатым воздухом воды из камеры рабочего колеса на период до синхронизации агрегата с сетью энергосистемы, пуск обратимой машины ВГДС-1025/245-40 мощностью 220 МВт в двигательном режиме (табл. 2.2 справочника [1]) удается осуществить при мощности выпрямительного трансформатора (3) СПЧР 16 МВА. Питание последнего осуществляется от подстанции энергосистемы через трансформаторы (2), но может быть осуществлено и через трансформаторы (1) от ОРУ-330 кВ станции.

На восемь агрегатов используется два комплекта СПЧР, каждый из которых подключен к своей секции пусковой системы шин. От последней трехфазное напряжение, регулируемое по модулю и частоте, может быть подано с помощью пусковых выключателей на любой агрегат.

Обратимые агрегаты ГАЭС обладают высокой маневренностью с суммарным временем перехода из генераторного режима в двигательный или наоборот, не превышающим 10 минут.

**Контрольные вопросы**

1. Как осуществляется рабочее питание потребителей собственных нужд электростанций?

2. Какая схема применяется в РУ собственных нужд?

3. Уровни напряжений в системе собственных нужд электростанций?

4. Как осуществляется резервирование питания потребителей собственных нужд?

5. Какие потребители наиболее мощные на ТЭС?

6. Как осуществляется ограничение уровня токов короткого замыкания в системе собственных нужд?

7. Почему число механизмов с.н. на ГЭС значительно меньше, чем на ТЭС?

8. Какие потребители с.н. на ГЭС относятся к общестанционным?

9. Какие потребители системы с.н. на подстанции относятся к наиболее ответственным?

**Контрольный тест к разделу**

**1. Повышение технико-экономических показателей и развития теплоэнергетики происходит при:**

А) энергосбережении систем производства;

В) оптимизации систем производства;

С) энергосбережении и оптимизации;

D) эффективности работы оборудования;

Е) рационального распределения энергоресурсов.

**2. В силовых процессах «полезная энергия» определяется по:**

А) световому потоку ламп;

В) количеству теплоты, полученной потребителями или пользователями;

С) рабочему моменту на валу двигателя, расходу энергии, необходимой в соответствии с теоретическим расчетом проведения заданных усилий;

D) расходу энергии, необходимой для проведения заданных условий;

Е) теоретическому расходу энергии на нагрев, кипение, плавку, испарение материала и проведение эндотермических реакций.

**3. Удельное потребление энергии в СССР в среднем выше, чем в развитых странах:**

А) в 3-4 раза;

В) в 5-6 раз;

С) в 3-5 раз;

D) в 2 раза;

Е) в 4-5 раз.

**4. В системы электроснабжения предприятии входят:**

А) электрические сети напряжением 0,4 кВ, 6 или 10 кВ;

В) понижающие трансформаторы и электродвигатели;

С) электропривод и осветительные комплексы;

D) электрические сети напряжением 0,4 кВ, 6 или 10 кВ и системы автоматизации;

Е) все перечисленное.

**5. Прирост мирового потребления, ожидаемого в течение следующих нескольких десятилетий, составит:**

А) 85 %;

B) 90 %;

C) 65 %;

D) 70 %;

E) 50 %.

**6. В 1990 году на традиционную биомассу от всего количества возобновляемых энергоресурсов приходилось около:**

А) 60 %;

B) 50 %;

C) 40 %;

D) 70 %;

E) 55 %.

**7. Удельное потребление электроэнергии в расчете на одного жителя мира составляет:**

А) 2500 кВт·ч;

B) 1500 кВт·ч;

C) 2190 кВт·ч;

D) 1190 кВт·ч;

E) 3190 кВт·ч.

**8. В Республике Кргызстан установленная мощность ГЭС составляет:**

А) 15,9 ГВт;

B) 2,2 ГВт;

C) 3,03 ГВт;

D) 18,1 ГВт;

E) 15,54 ГВт.

9. **Энергетическая цепочка – это:**

А) поток энергии от добычи (производства) первичного энергоресурса до конечного использования энергии;

B) движение энергоресурсов в энергохозяйстве в направлении от источников к потребляемой энергии;

C) запас энергии, необходимые для реализации мер по экономии единицы энергии в год без нежелательного изменения количества или качества выпускаемой продукции;

D) количество энергии, которая была потреблена при производстве продукции или выполнении работы;

E) количество энергии, сохраненная при производстве продукции или выполнении работы.

**10. К активной экономии энергии применительно к действующим энергетическим и энергопотребляющим установкам относится:**

А) теплоизоляция, теплопроводность, запрограммированное управление отоплением и кондиционированием воздуха, регулирование нагрузки;

B) запрограммированное управление отоплением и кондиционированием воздуха, регулирование нагрузки;

C) теплоизоляция, теплопроводность, теплопередача, побочная термодинамическая эффективность;

D) теплоизоляция, теплопроводность, теплопередача, побочная термодинамическая эффективность, энергоэкономическое здание;

E) запрограммированное управление отоплением и кондиционированием воздуха, регулирование нагрузки, возврат конденсата.

**11. Источники энергии должны обладать свойствами:**

А) быть возобновляемыми;

В) экологически чистыми;

С) не приводить к потере тепловой энергии в окружающую среду;

D) быть возобновляемыми и экологически чистыми;

Е) все перечисленное.

**12. В системах освещения «полезная энергия» определяется по:**

А) световому потоку ламп;

В) рабочему моменту на валу двигателя;

С) расходу энергии, необходимой в соответствии с теоретическим расчетом проведения заданных усилий;

D) расходу энергии, необходимой для проведения заданных условий;

Е) теоретическому расходу энергии на нагрев, кипение, плавку, испарение материала и проведение эндотермических реакций.

**13. Энергосбережение — это:**

А) сохранение на заданном уровне потребления энергии;

В) уменьшение потребления топлива, тепловой и электрической энергии за счет их наиболее полного и рационального использования во всех сферах деятельности человека;

С) уменьшение потребления топлива, тепловой и электрической энергии за счет их наиболее неполного и иррационального использования во всех сферах деятельности человека;

D) повышение выработки тепловой и электрической энергии любыми путями;

Е) определение оптимальных расходов топливно-энергетических ресурсов для обеспечения потребителей тепловой и электрической энергией.

**14. Запасов угля для обеспечения энергетической потребности в течение следующих нескольких десятилетий хватит на:**

А) 100 лет;

B) 200 лет;

C) 250 лет;

D) 150 лет;

E) 300 лет.

**15. В 1990 году «новые» возобновляемые источники энергии составляли:**

А) 5 %;

B) 10 %;

C) 2 %;

D) 3 %;

E) 12 %.

**16. Модель мировой экономики является средством анализа:**

А) перспектив мировой энергетики;

B) перспектив мировой энергетики и влияния на окружающую среду использования энергетических ресурсов;

C) перспектив мировой энергетики, влияния на окружающую среду использования энергетических ресурсов и политических мер или изменений технологий;

D) влияния на окружающую среду использования энергетических ресурсов и политических мер или изменений технологий;

E) перспектив мировой энергетики, влияния на окружающую среду использования вторичных, альтернативных энергетических ресурсов и политических мер или изменений технологий.

**17. Из установленной мощности Единой энергетической системы Республики Кыргызстан на ТЭС приходится:**

А) 716 МВт;

B) 124 МВт;

C) 3,18 ГВт;

D) 18,1 ГВт;

E) 15,54 ГВт.

**18. Источники энергии должны обладать свойствами:**

А) быть возобновляемыми;

В) экологически чистыми;

С) не приводить к потере тепловой энергии в окружающую среду;

D) быть возобновляемыми и экологически чистыми;

Е) все перечисленное.

**19. К общим закономерностям энергосбережения относятся:**

А) энергосбережение и экономичность при создании систем транспортировки, ремонтопригодность конструкции, позволяющая быстро обнаружить и устранить неполадки и отказы в надежной работе;

В) эффективная теплоизоляция канала, надежно и долговечно работающая при условиях эксплуатации;

С) малое гидравлическое сопротивление канала, по которому проходит транспортировка теплоносителя, что обеспечивает малую мощность, затрачиваемую на прокачку теплоносителя;

D) герметичность систем транспортировки, что обеспечивает энергосбережение на воспроизводство теплоносителя;

Е) все перечисленное.

**20. С уменьшением нагрузки ниже номинальной температура уходящих газов:**

А) уменьшается;

В) увеличивается;

С) уменьшается, а затем резко увеличивается;

D) увеличивается, а затем резко уменьшается;

Е) остается неизменной.

**21. Спрос на услуги, которые представляет энергетика – это:**

А) отопление, охлаждение, освещение, бытовые приборы, транспорт;

B) отопление, освещение, горячее водоснабжение;

C) отопление, горячее водоснабжение, вентиляция;

D) бытовые приборы, отопление, освещение, транспорт;

E) отопление, охлаждение, горячее водоснабжение, вентиляция, освещение, бытовые приборы, транспорт.

**Ответы на тесты**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| С | С | С | Е | А | А | С |
| 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| С | А | В | А | А | В | С |
| 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| С | С | А | А | Е | В | А |

**Библиографический список**

1. **Неклепаев, Б. Н.** Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 608 c.

2. **Черновец, А. К.** Проектирование электрической части атомных электростанций : учеб. пособие / А. К. Черновец, Ю. М. Шаргин. – Л. : Изд-во ЛПИ, 1984. – 80 с.

3. **Алексеева, О. Н.** Электрическая часть атомных и гидравлических станций : учеб. пособие / О. Н. Алексеева, А. К. Черновец, Ю. М. Шаргин. – СПб. : Изд-во СПбГТУ, 1998. – 108 с.

4. **Черновец, А. К.** Режимы работы электрооборудования станций и подстанций: Учеб. пособие / А. А. Лапидус, А. К. Черновец. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2005. – 248 с. – 100 экз. – ISBN 5-7422-1037-Х.

5. **Рожкова, Л. Д.** Электрооборудование станций и подстанций: учебник / Рожкова Л. Д., Козулин В. С. – М. : Изд. центр «Академия», 2009. – 448 с.

6. Системный оператор Единой электроэнергетической системы России [Электронный ресурс] / Официальный сайт СО ЕЭС, 2006. – Режим доступа: http://so-ups.ru.

7. ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», 1999. – 33 с.

8. ABB Product Guide / High Voltage Products [Электронный ресурс]. – Zurich, Switzerland, 2005. – Режим доступа: http://www.abb.com.

9. **Черновец, А. К.**Электрическая часть систем электроснабжения станций и подстанций : учеб. пособие / А. А. Лапидус, А. К. Черновец. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – 255 с.

10. Нормы технологического проектирования тепловых электростанций. ВНТП-81. – М. : Министерство электроэнергетики СССР, 1981. – 80 с.

11. Правила технологического проектирования атомных электростанций. РД 210.006-90. – М. : Изд. МАЭиП, 1990. – 120 с.

12. Нормы проектирования технологической части ГЭС и ГАЭС. ВНТП-41-94. – М. : Изд. РАО ЕЭС России, 1994. – 108 с.

13. Завод «Электропульт» [Электронный ресурс] / Официальный сайт ОАО «Завод Электропульт», 2006. – Режим доступа: http://www.electropult.ru.

14. Подольская Н.Н., Ибраев А.В. Внедрение микропроцессорных устройств защиты и автоматики управления на Бурейской ГЭС / Журнал «Гидротехническое строительство», 2008, №2. – С. 20-24.

15. Костерин Н.В., Васильев А.В. Бурейская ГЭС выходит на проектную мощность / Журнал «Гидротехническое строительство», 2008, №2. – С. 2-4.

Митрофанов А.Н. Опыт эксплуатации основного оборудования Саяно-Шушенской ГЭС / Журнал «Гидротехническое строительство», 2008, №11. – С. 25-31.

<http://kursak.net/sxemy-sobstvennyx-nuzhd-elektrostancij/>