

Организация процесса оперативно-диспетчерского управления (ОДУ) в энергетике осуществляется таким образом, чтобы обеспечить распределение различных функций по нескольким уровням. При этом каждый уровень подчиняется вышестоящему.

Например, самый начальный уровень - оперативно-технический персонал, который осуществляет непосредственно операции с оборудованием в различных точках энергосистемы, подчиняется вышестоящему оперативному персоналу - дежурному диспетчеру подразделения энергоснабжающего предприятия, за которым закреплена электроустановка. Дежурный диспетчер подразделения, в свою очередь подчиняется диспетчерской службе предприятия и т.д. вплоть до центральной диспетчерской системы страны.

Процесс управления энергосистемой организован таким образом, чтобы обеспечить непрерывный контроль и управление всеми составляющими объединенной энергосистемы.

Для обеспечения нормальных условий работы как отдельных участков энергосистемы, так и энергосистемы в целом, для каждого объекта разрабатываются специальные режимы (схемы), которые следует обеспечивать в зависимости от режима работы того или иного участка электрической сети (нормальный, ремонтный, аварийный режимы).

Для обеспечения выполнения главных задач ОДУ в энергосистеме помимо оперативного управления существует такое понятие как оперативное ведение. Все операции с оборудованием на том или ином участке энергосистемы осуществляются по команде вышестоящего оперативного персонала - это процесс оперативного управления.

Выполнение операций с оборудованием в той или иной мере оказывает влияние на работу других объектов энергосистемы (изменение потребляемой или вырабатываемой мощности, снижение надежности электроснабжения, изменение значений напряжения). Следовательно, такие операции должны предварительно согласовываться, то есть выполняться с разрешения того диспетчера, который осуществляет оперативное обслуживание данных объектов.

То есть, в оперативном ведении диспетчера находится все оборудование, участки электрической сети, режим работы которых может измениться в результате операций на оборудовании смежных объектов.

Например, линия соединяет две подстанции А и Б, при этом подстанция Б получает питание от А. Отключение линии со стороны подстанции А осуществляется оперативным персоналом по команде диспетчера данной ПС. Но отключение данной линии должно производиться только по согласованию с диспетчером подстанции Б, так как данная линия

находится в оперативном ведении.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таким образом, при помощи двух основных категорий - оперативное управление и оперативное ведение, осуществляется организация оперативно-диспетчерского управления энергосистемой и ее отдельными участками.

Для организации процесса ОДУ разрабатываются и согласовываются между собой инструкции, указания и различная документация для каждого отдельного подразделения в соответствии с уровнем, к которому относится та или иная оперативная служба. Для каждого уровня системы ОДУ имеется свой индивидуальный перечень необходимой документации.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

На лабораторной стойке «Модель электростанции №1» собрать схему лабораторных испытаний, соответствующую режиму №1.

На лабораторной стойке «Модель электростанции №2» собрать схему лабораторных испытаний, соответствующую режиму №2.

Включить автоматы источников питания моделей электростанций №1 и №2.

На персональном компьютере централизованного комплекса диспетчерского управления (ЦКДУ) запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск – Программы – Лабораторный комплекс – DeltaProfi). Загрузить необходимую конфигурацию программы командой «Работы – ИЭС – Комплекс ДУ – ТСиТИ». Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление – Пуск» или горячей клавишей F5.

На персональном компьютере модели электростанции №1 запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск – Программы – Лабораторный комплекс – DeltaProfi). Загрузить необходимую конфигурацию программы командой «Работы – ИЭС – Электростанция №1 – ТСиТИ». Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление – Пуск» или горячей клавишей F5.

На персональном компьютере модели электростанции №2 запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск – Программы – Лабораторный комплекс – DeltaProfi). Загрузить необходимую конфигурацию программы командой «Работы – ИЭС – Электростанция

№2 – ТСиТИ». Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление – Пуск» или горячей клавишей F5.

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Исследовать работу электроэнергетической сети в режиме одностороннего питания. Для этого, дистанционно включить выключатели Q6 и Q7 электростанции №1 (щелчком левой кнопки мыши по изображению выключателя на мнемосхеме локального комплекса управления электростанции). Аналогичным образом включить выключатель Q6 на электростанции №2. На централизованном комплексе диспетчерского управления подать команды на включение выключателей линии электропередачи W1 со стороны электростанции №1 и №2. Записать текущие значения режимных параметров на электростанциях и ЦКДУ.

Включить выключатели линии электропередачи W2, подачей дистанционных команд с локальных комплексов управления станциями №1 и №2. Записать изменившиеся значения режимных параметров.

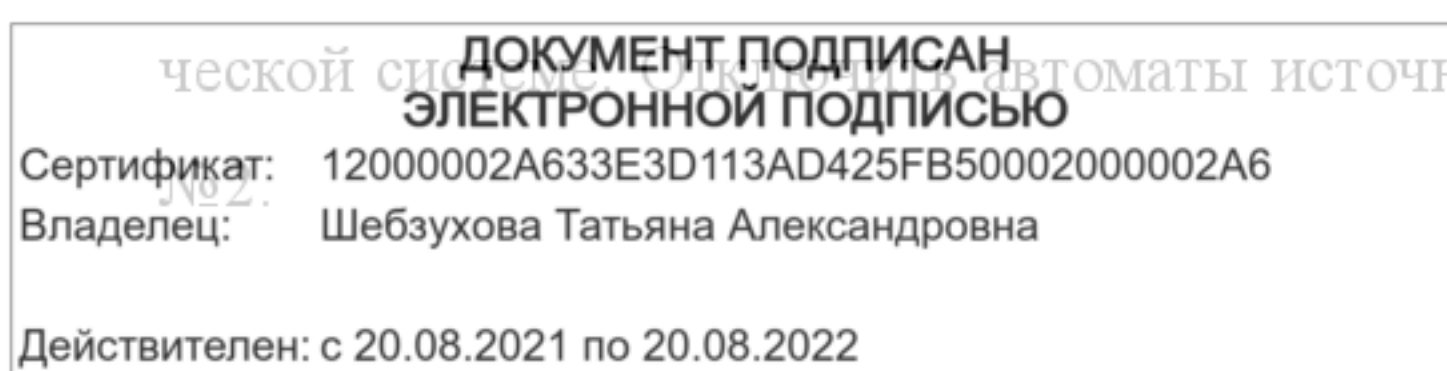
Исследовать работу электроэнергетической сети в режиме двухстороннего питания. Для этого, перевести тумблер SA1 разрешения работы частотного преобразователя в положение «Вперед». Изменяя положение потенциометра RP1 модуля преобразователя частоты, задать уставку по частоте 50Гц, соответствующую частоте вращения приводного двигателя 1500 об/мин. Подать дистанционную команду на включение генераторного выключателя Q3. Включить тумблер подачи питания «Сеть» модуля возбуждения. Плавное повышение сигнала задания потенциометром RP1, установить номинальный ток возбуждения генератора 0,8А. Увеличивая сигнал задания мощности приводного двигателя потенциометром RP1 перевести генератор в режим выдачи активной мощности 50 Вт. Записать текущие значения режимных параметров.

На ЦКДУ подать дистанционные команды на отключение одной из линий электропередач. Записать изменившиеся значения режимных параметров.

Внимание! При потере устойчивости синхронного генератора, вызванного отключением одной из ЛЭП, необходимо отключить генератор от сети выключателем Q3 (дистанционно, на мнемосхеме локального комплекса управления электростанции №2).

Отключить генератор электростанции №2 от сети дистанционной командой отключения выключателя Q3. Перевести потенциометр RP1 модуля возбуждения в крайнее левое положение. Перевести потенциометр RP1 модуля «Преобразователь частоты» в крайнее левое положение. Отключить переключатель «Сеть» источника возбуждения синхронного генератора. Переключатель SA1 разрешения работы частотного преобразователя перевести в среднее положение.

На ЦКДУ подать команды теле отключения всех выключателей в электроэнергетической системе, отключив автоматы источников питания моделей электростанций №1 и №2.



Остановить работу программ управления на электростанциях №1 и №2 кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление – Стоп» или горячей клавишей F6. Аналогичным образом, остановить работу программы управления на ЦКДУ. Внимание! При останове работы программ на локальных комплексах управления электростанциями, программное обеспечение на ЦКДУ выдает сообщение, о том, что один из клиентов информационной сети был отключен. Это не является ошибкой.

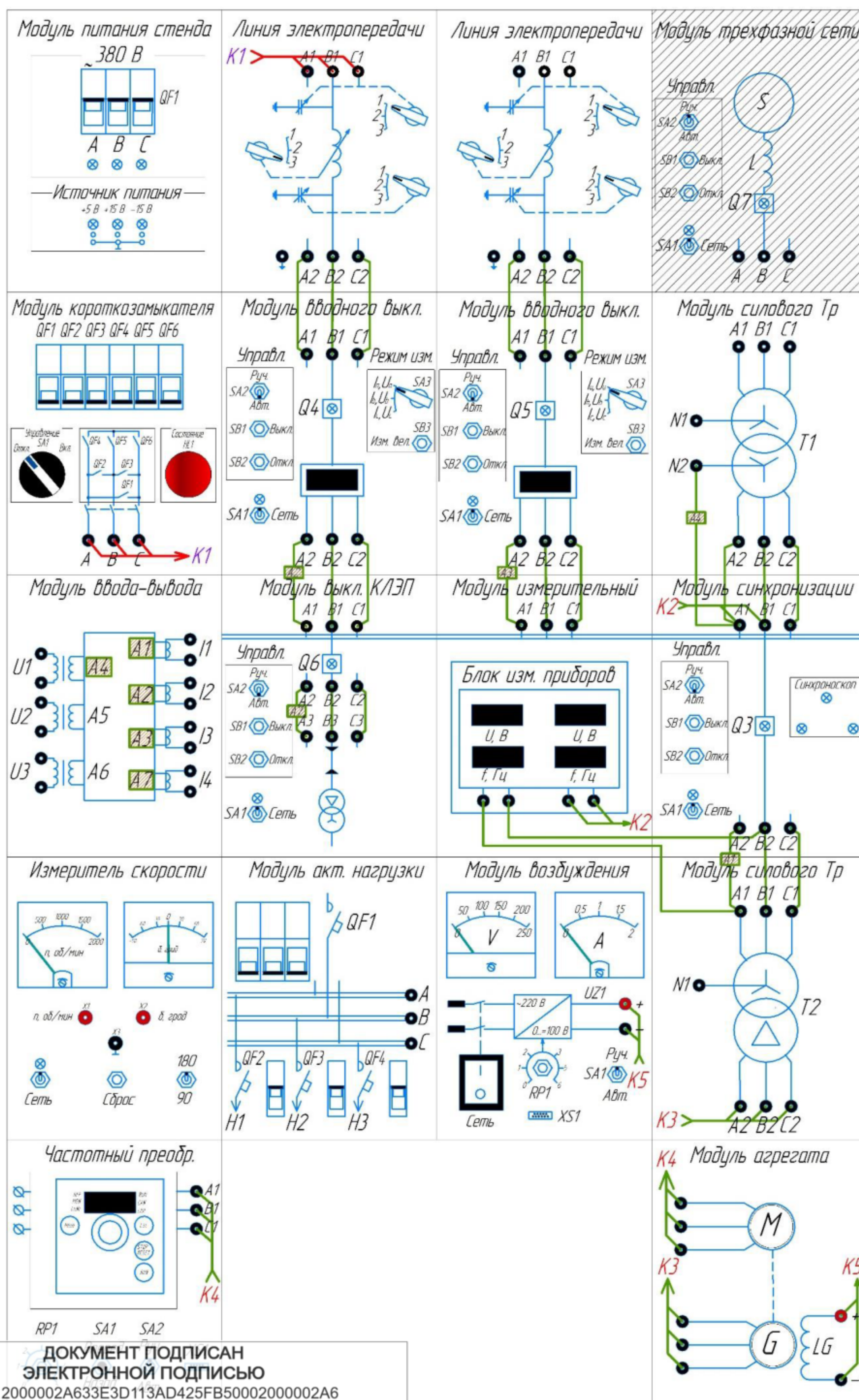
Проанализировать полученные данные, сделать выводы о влиянии параметров электроэнергетической сети на режим работы потребителей и статическую устойчивость синхронных генераторов. Оформить отчет по лабораторной работе. В отчете отразить, какие преимущества дает использование системы телеизмерений, теле сигнализации и телеуправления.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Рисунок 8.2 – Схема соединений лабораторной стойки №2

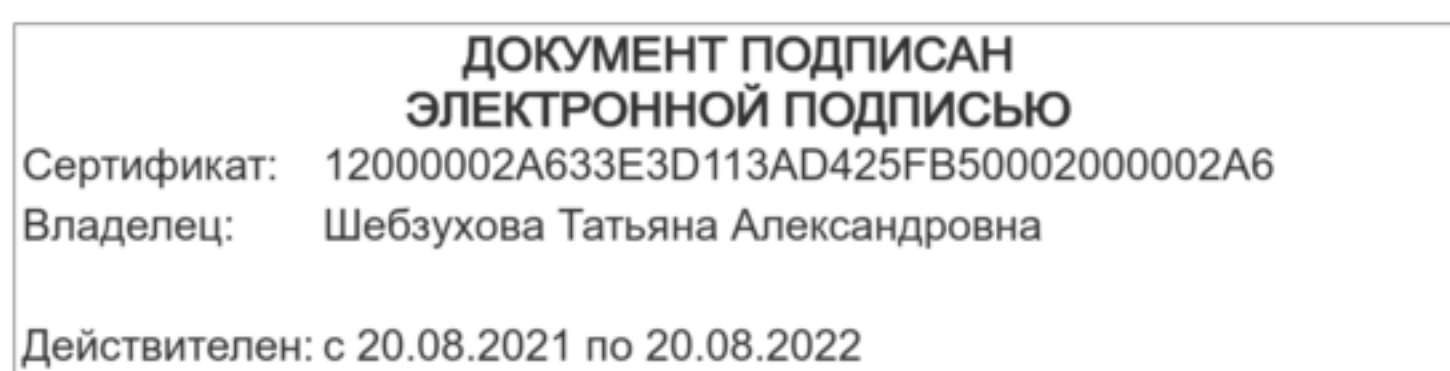
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Какие задачи оперативного контроля и управления?
2. Структура АСКУЭ, построенная с применением ПЭВМ.
3. Развитие систем автоматизации и диспетчеризации СЭС
4. Основные задачи АСДУ?



Лабораторная работа №9. Автоматизированная система контроля и учета электроэнергии в централизованных комплексах диспетчерского управления.

Цель работы: Изучить принципы реализации системы учета электроэнергии.

Основы теории:

В связи с переходом к рыночной экономике возникла необходимость повысить эффективность управления энергопотреблением, поскольку это отвечает экономическим интересам поставщиков и потребителей электроэнергии. Одними из направлений решения данной задачи являются точный контроль и учет электроэнергии. Именно это направление должно обеспечить значительную часть общего энергосбережения, потенциал которого составляет более 1/3 всего нынешнего объема энергопотребления.

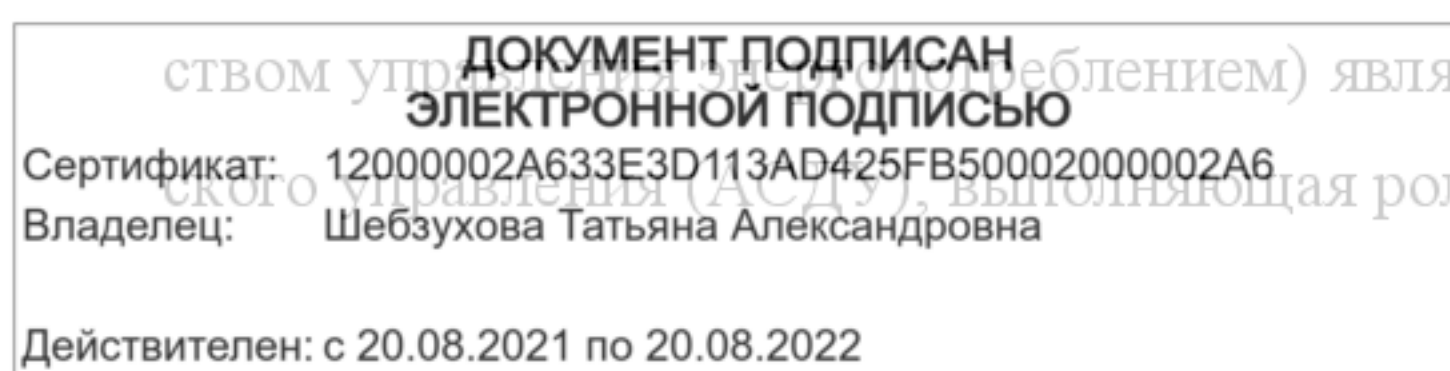
Новые экономические отношения в сфере управления энергопотреблением проявляются в формировании единого рынка электроэнергии. Исходя из вышесказанного, рынок электроэнергии должен представлять собой многокомпонентный механизм согласования экономических интересов поставщиков и потребителей электроэнергии. Одним из самых важных компонентов рынка электроэнергии является его инструментальное обеспечение, которое представляет собой совокупность систем, приборов, устройств, каналов связи, алгоритмов и т. п. для контроля и управления параметрами энергопотребления. Базой формирования и развития инструментального обеспечения являются автоматизированные системы контроля и учета потребления электроэнергии.

В условиях государственного централизованного планирования энергопотребления баланс экономических интересов производителей и потребителей электроэнергии сводился к уровню государственных планов,

при этом потребитель должен был получать запланированное количество

дешевой электроэнергии в удобное для него время. Поэтому основное назначение электроэнергетической отрасли состояло в надежном, бесперебойном энергоснабжении потребителей в запланированных объемах. Для достижения этой цели осуществлялось управление процессом производства, передачи и распределения электроэнергии. Нагрузка регулировалась методом прямого управления по требованию правительственных органов и энергокомпаний. В этих условиях электрическая энергия рассматривалась, прежде всего, как физическая субстанция, поэтому первоочередным (и единственно необходимым) сред-

ством управления (энергоснабжением) являлась автоматизированная система диспетчерского управления (АСДУ), выполняющая роль регулятора потоков электрической энергии



в процессе ее производства, передачи и распределения. Потребность в учете больших потоков электроэнергии при ее экспорте и при перетоках между энергосистемами, объединенными энергетическими системами и в масштабах Единой энергетической системы, обусловила необходимость создания локальных автоматизированных систем измерения (контроля) электроэнергии (АСИЭ). В период перехода к рыночной экономике электроэнергия становится полноценным товаром, объектом купли-продажи. Поскольку процесс купли-продажи завершается только после оплаты (реализации), электроэнергия как товар выражается не только количеством, но и стоимостью. При этом основными рыночными параметрами становятся количество полезно отпущенной энергии и ее оплаченная стоимость, а формирующиеся розничный и оптовый рынки электроэнергии представляют собой по сути рынок полезно потребленной электроэнергии.

Развитие рынка электроэнергии на основе экономического метода управления потребовало создания полномасштабных иерархических систем: автоматизированных систем измерения электроэнергии (АСИЭ), учета потребления и сбыта электроэнергии (АСУПСЭ), диспетчерского управления

(АСДУ), контроля и учета энергопотребления (АСКУЭ). Основная особенность экономического метода управления рассмотрение энергопотребления как главного звена, управляющего рынком электроэнергии, который в свою очередь представляется совокупностью собственно технологического процесса (производства, передачи, распределения и потребления электроэнергии), учетно-финансового процесса энергопотребления, а также политико-экономического (отражающего текущую политику в области энергоиспользования). Это и является предпосылкой для управления рынком электроэнергии посредством создания единой, интегрированной, системы управления энергопотреблением на базе систем АСИЭ, АСУПСЭ, АСДУ и АСКУЭ.

Организация общероссийского оптового и розничного рынков энергии и мощности обуславливает необходимость повышения точности и достоверности учета электроэнергии путем создания отраслевой иерархической системой АСКУЭ и ее интеграции с банковскими системами для контроля и ускорения платежей на оптовом и розничном рынках энергии и мощности.

Современное состояние технических средств учета электроэнергии и оснащение энергосистем средствами вычислительной техники создают предпосылки для создания АСКУЭ, обеспечивающей выдачу необходимой коммерческой информации в реальном мас-

штабе в реальном времени. **ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ** обслуживающие их банки.

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

На лабораторной стойке «Модель электростанции №1» собрать схему лабораторных испытаний, соответствующую режиму №1.

На лабораторной стойке «Модель электростанции №2» собрать схему лабораторных испытаний, соответствующую режиму №2.

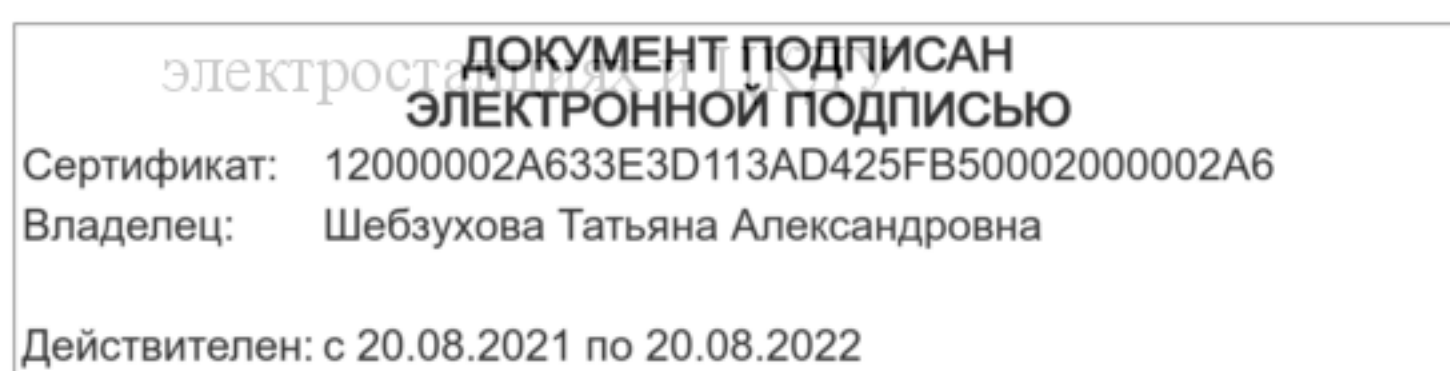
Включить автоматы источников питания моделей электростанций №1 и №2.

На персональном компьютере централизованного комплекса диспетчерского управления (ЦКДУ) запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск – Программы – Лабораторный комплекс – DeltaProfi). Загрузить необходимую конфигурацию программы командой «Работы – ИЭС – Комплекс ДУ – АСКУЭ». Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление – Пуск» или горячей клавишей F5.

На персональном компьютере модели электростанции №1 запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск – Программы – Лабораторный комплекс – DeltaProfi). Загрузить необходимую конфигурацию программы командой «Работы – ИЭС – Электростанция №1 – АСКУЭ». Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление – Пуск» или горячей клавишей F5.

На персональном компьютере модели электростанции №2 запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск – Программы – Лабораторный комплекс – DeltaProfi). Загрузить необходимую конфигурацию программы командой «Работы – ИЭС – Электростанция №2 – АСКУЭ». Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление – Пуск» или горячей клавишей F5.

Исследовать работу электроэнергетической сети в режиме одностороннего питания. Для этого, дистанционно включить выключатели Q6 и Q7 электростанции №1 (щелчком левой кнопки мыши по изображению выключателя на мнемосхеме локального комплекса управления электростанции). Аналогичным образом включить выключатель Q6 на электростанции №2. На централизованном комплексе диспетчерского управления подать команды на включение выключателей линий электропередач W1 и W2 со стороны электростанции №1 и №2. Через 10 минут записать текущие показания приборов учета электроэнергии на



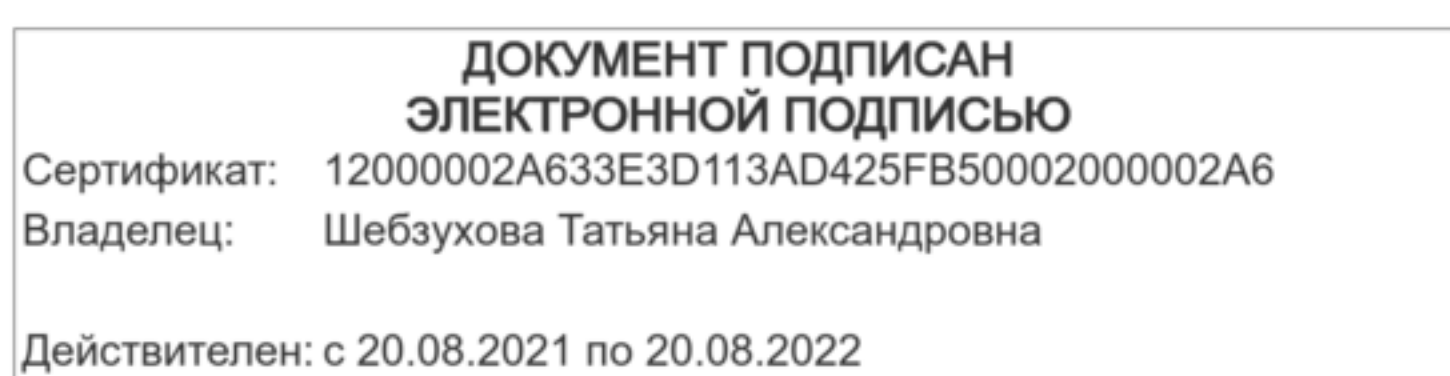
Включить в работу энергоблок электростанции №2. Для этого, перевести тумблер SA1 разрешения работы частотного преобразователя в положение «Вперед». Изменяя положение потенциометра RP1 модуля преобразователя частоты, задать уставку по частоте 50Гц, соответствующую частоте вращения приводного двигателя 1500 об/мин. Подать дистанционную команду на включение генераторного выключателя Q3. Включить тумблер подачи питания «Сеть» модуля возбуждения. Плавно повышая сигнал задания потенциометром RP1, установить _ номинальный ток возбуждения генератора 0,8А. Увеличивая сигнал задания мощности приводного двигателя потенциометром RP1 перевести генератор в режим выдачи активной мощности 50 Вт. Через 10 минут записать текущие показания приборов учета электроэнергии, определить расход электрической энергии по линиям электропередач и нагрузкам за данный интервал времени.

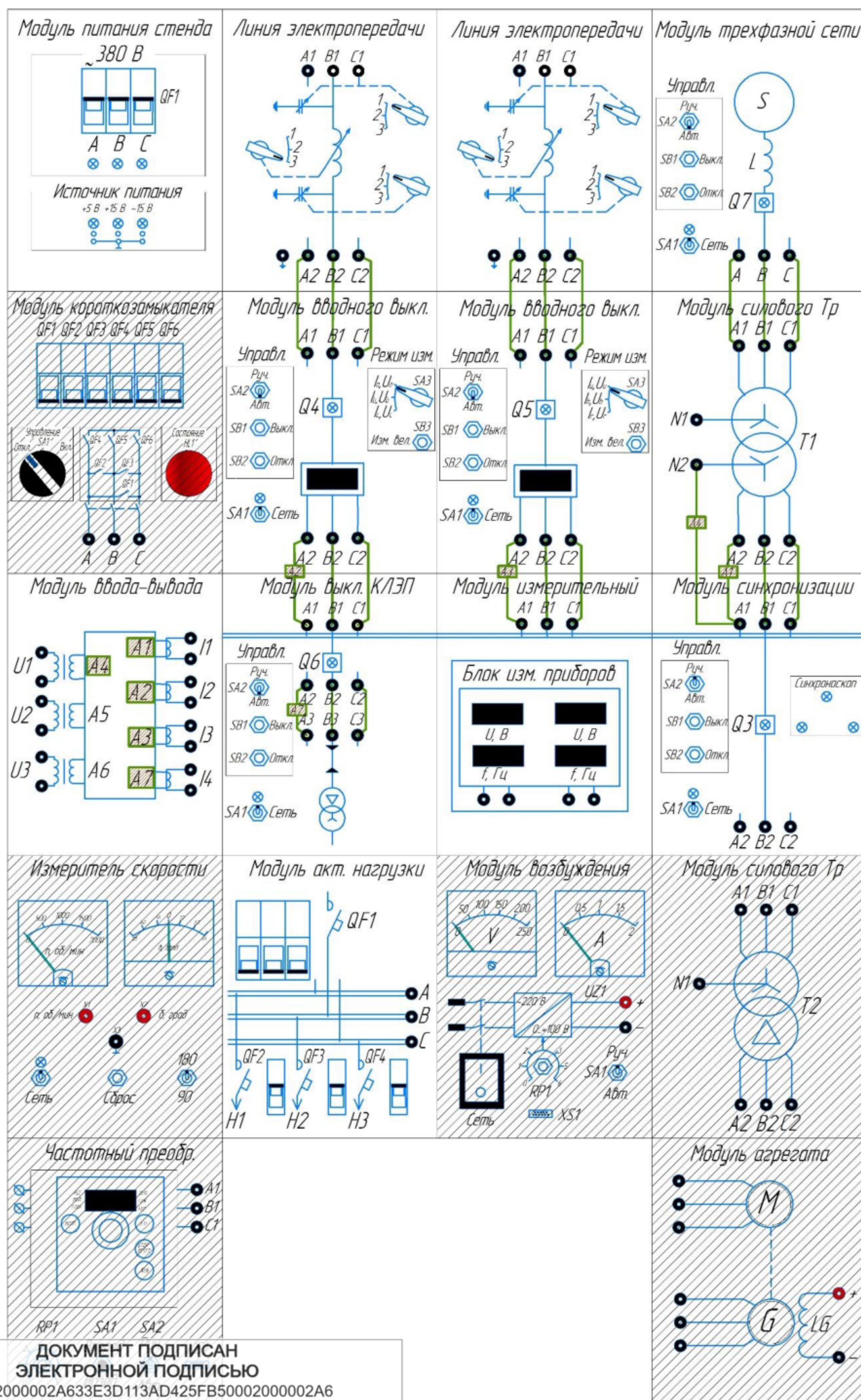
Отключить генератор электростанции №2 от сети дистанционной командой отключения выключателя Q3. Перевести потенциометры RP1 модуля возбуждения и модуля преобразователя частоты в крайнее левое положение. Отключить переключатель «Сеть» источника возбуждения синхронного генератора. Переключатель SA1 разрешения работы частотного преобразователя перевести в среднее положение.

На ЦКДУ подать команды теле отключения всех выключателей в электроэнергетической системе. Отключить автоматы источников питания моделей электростанций №1 и №2.

Остановить работу программ управления на электростанциях №1 и №2 кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление – Стоп» или горячей клавишей F6. Аналогичным образом, остановить работу программы управления на ЦКДУ. Внимание! При останове работы программ на локальных комплексах управления электростанциями, программное обеспечение на ЦКДУ выдает сообщение, о том, что один из клиентов информационной сети был отключен. Это не является ошибкой.

Проанализировать полученные данные, определить баланс по приборам учета электроэнергии, объяснить возможные расхождения. Оформить отчет по лабораторной работе. В отчете отразить, для чего необходим учет электроэнергии, в чем разница между коммерческим и техническим учетом электроэнергии, зачем необходим учет реактивной электрической энергии.





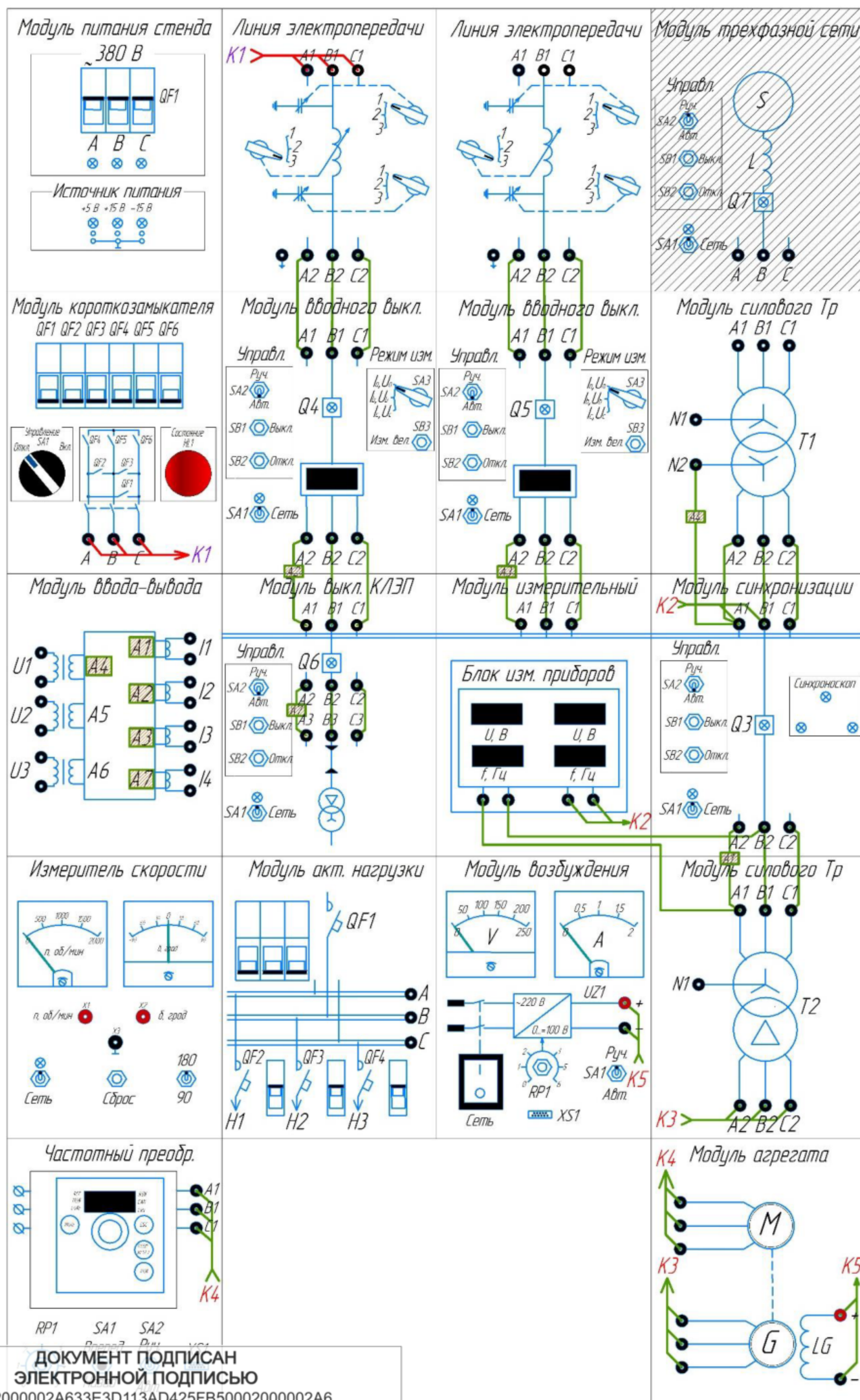
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Рисунок 9.1 – Схема соединений лабораторной стойки №1



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Рисунок 9.2 – Схема соединений лабораторной стойки №2

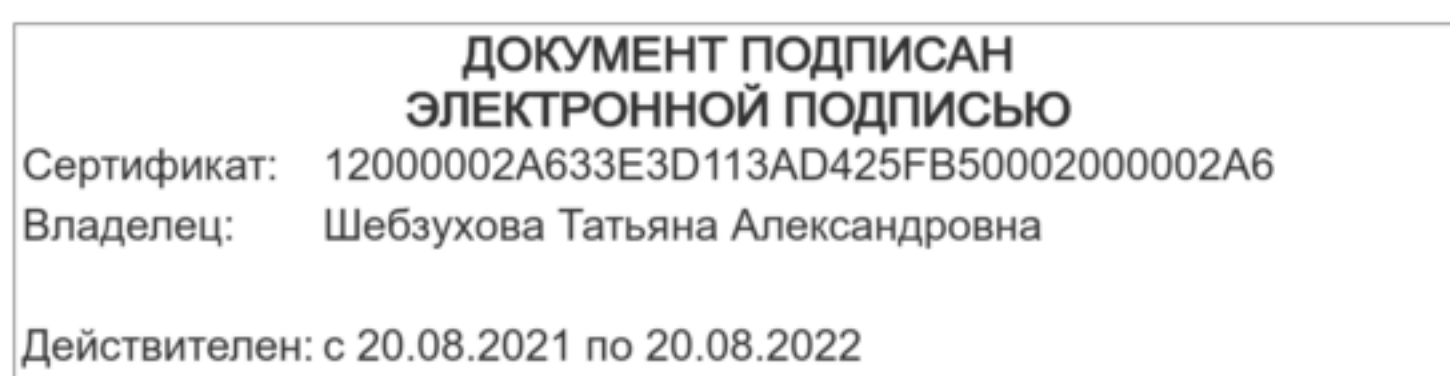
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Расшифровать аббревиатуру АСКУЭ.
2. Определить цели и задачи АСКУЭ.
3. Дать краткую характеристику уровням АСКУЭ.
4. Перечислить основные нормативно-правовые документы, определяющие направления и принципы в организации учета электроэнергии.
5. Определить основные способы организации АСКУЭ, раскрыть принцип построения и решаемые задачи.



5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1.2 Перечень основной литературы:

1. Сибикин, Ю.Д. Основы проектирования электроснабжения объектов : учебное пособие / Ю.Д. Сибикин. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 357 с. : ил., схем., табл. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-3979-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=469117>

2. Данилов, М.И. Инженерные системы зданий и сооружений (электроснабжение с основами электротехники) : учебное пособие / М.И. Данилов, И.Г. Романенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Северо-Кавказский федеральный университет». - Ставрополь : СКФУ, 2015. - 223 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457214>

5.1.3 Перечень дополнительной литературы:

1. Сибикин, Ю.Д. Основы проектирования электроснабжения промышленных и гражданских зданий: учебник / Ю.Д. Сибикин. - 6-е изд., перераб. - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2016. - 508 с. : схем., табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4475-8608-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459494>

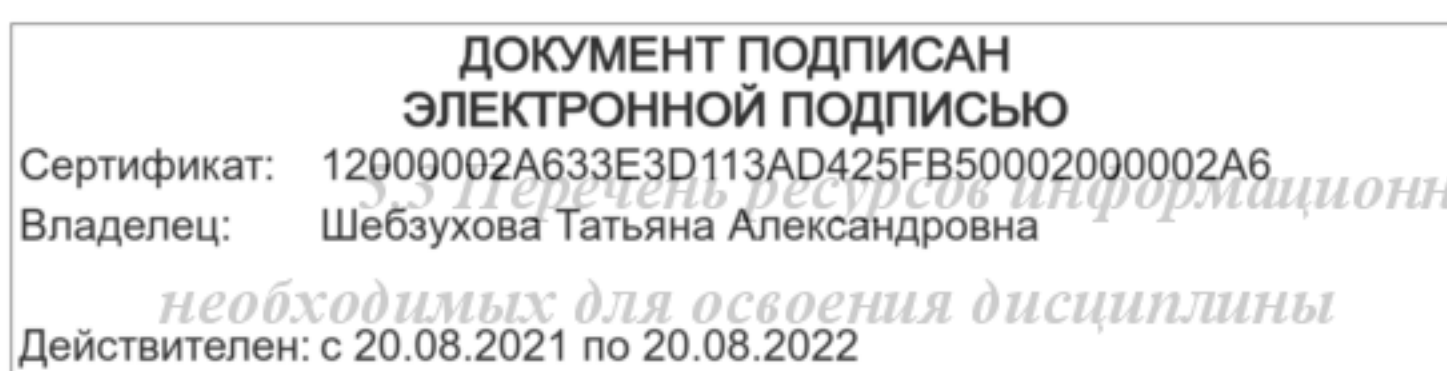
5.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Методические рекомендации для подготовки к практическим занятиям по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

2. Методические рекомендации для подготовки к лабораторным занятиям по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

3. Методические рекомендации для выполнения расчетно-графической работы по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».

4. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий».



о-телекоммуникационной сети Интернет,

необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.biblioclub.ru> -ЭБС "Университетская библиотека онлайн"
2. <http://www.iprbookshop.ru/> - Электронно- библиотечная система IPRbooks

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Указание по технике безопасности

До начала работы студенты обязаны изучить правила техники безопасности при работе с электроустановками. Об изучении правил техники безопасности и получении инструктажа студенты расписываются в специальном журнале. Студенты, не изучившие правила техники безопасности и не прошедшие инструктаж, к выполнению лабораторных работ не допускаются.

Учебная группа (или подгруппа) разбивается на бригады, число которых указывается преподавателем, а состав бригад комплектуется студентами на добровольных началах. Список группы (подгруппы), разбитой на бригады, староста предоставляет преподавателю, ведущему лабораторные занятия.

Каждая из бригад выполняет лабораторную работу в соответствии с графиком, находящемся в лаборатории.

Перед каждым занятием студент обязан подготовиться к выполнению лабораторной работы по данному методическому пособию и рекомендуемой литературе. Перед началом работы преподаватель проверяет знания студентов по содержанию выполняемой работы. Плохо подготовленные студенты к выполнению лабораторной работы не допускаются.

Работая в лаборатории, необходимо соблюдать следующие правила:

К выполнению лабораторной работы следует приступать только после полного уяснения ее содержания и получения допуска к ней.

2. Начинать работу следует с ознакомления с приборами и оборудованием, применяемыми в данной работе.

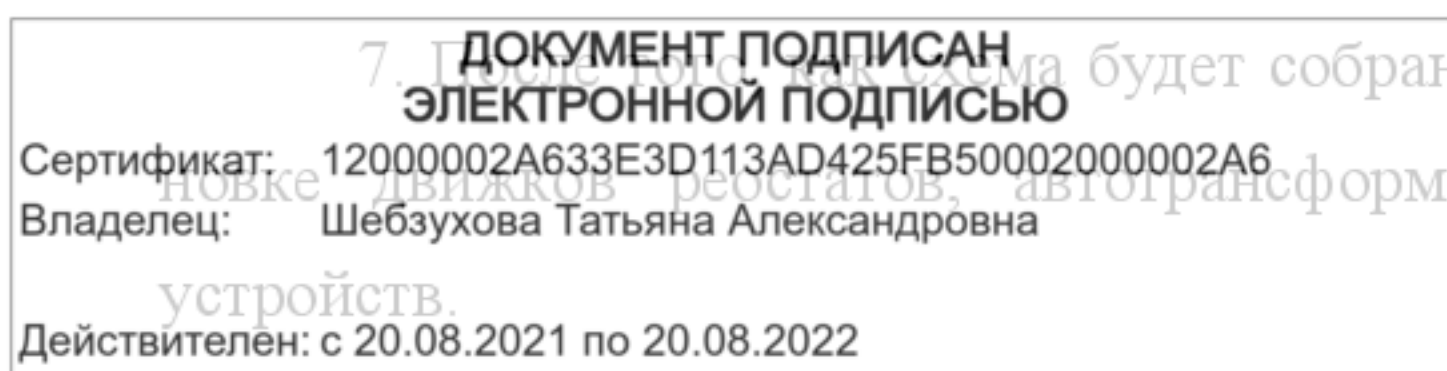
3. На лабораторном столе должны находиться только предметы, необходимые для выполнения данной работы.

4. Расположение аппаратуры на рабочем столе должно быть таким, чтобы схема соединений получилась наиболее простой, наглядной и работа с аппаратурой была удобной.

5. Желательно, чтобы схему собирал один из членов бригады, а другие контролировали.

6. При сборке сложных схем следует вначале соединить главную, последовательную цепь, начиная сборку от одного зажима источника тока и заканчивая на другом, а затем уже подключить параллельные цепи.

7. После того как схема будет собрана, необходимо убедиться в правильной установке движков реостатов, автотрансформаторов и рукояток других регулирующих устройств.



8. Собранный схема обязательно должна быть проверена преподавателем или старшим лаборантом и только с их разрешения может быть включена под напряжение.

9. При включении схемы особое внимание следует обратить на показания амперметров и других измерительных приборов. В случае резкого движения стрелки амперметра к концу шкалы схему необходимо немедленно отключить от источника напряжения.

10. Необходимо бережно относиться к аппаратуре, используемой в работе. Обо всех замеченных неисправностях или повреждениях студент должен немедленно сообщить преподавателю или лаборанту.

11. После выполнения работы студент обязан, не разбирая схемы показать полученные данные преподавателю. Если результаты измерений верны, то преподаватель их подписывает. Эксперимент с неправильными результатами следует повторить.

12. Схему следует разбирать только после ее отключения от сети.

13. Категорически запрещается:

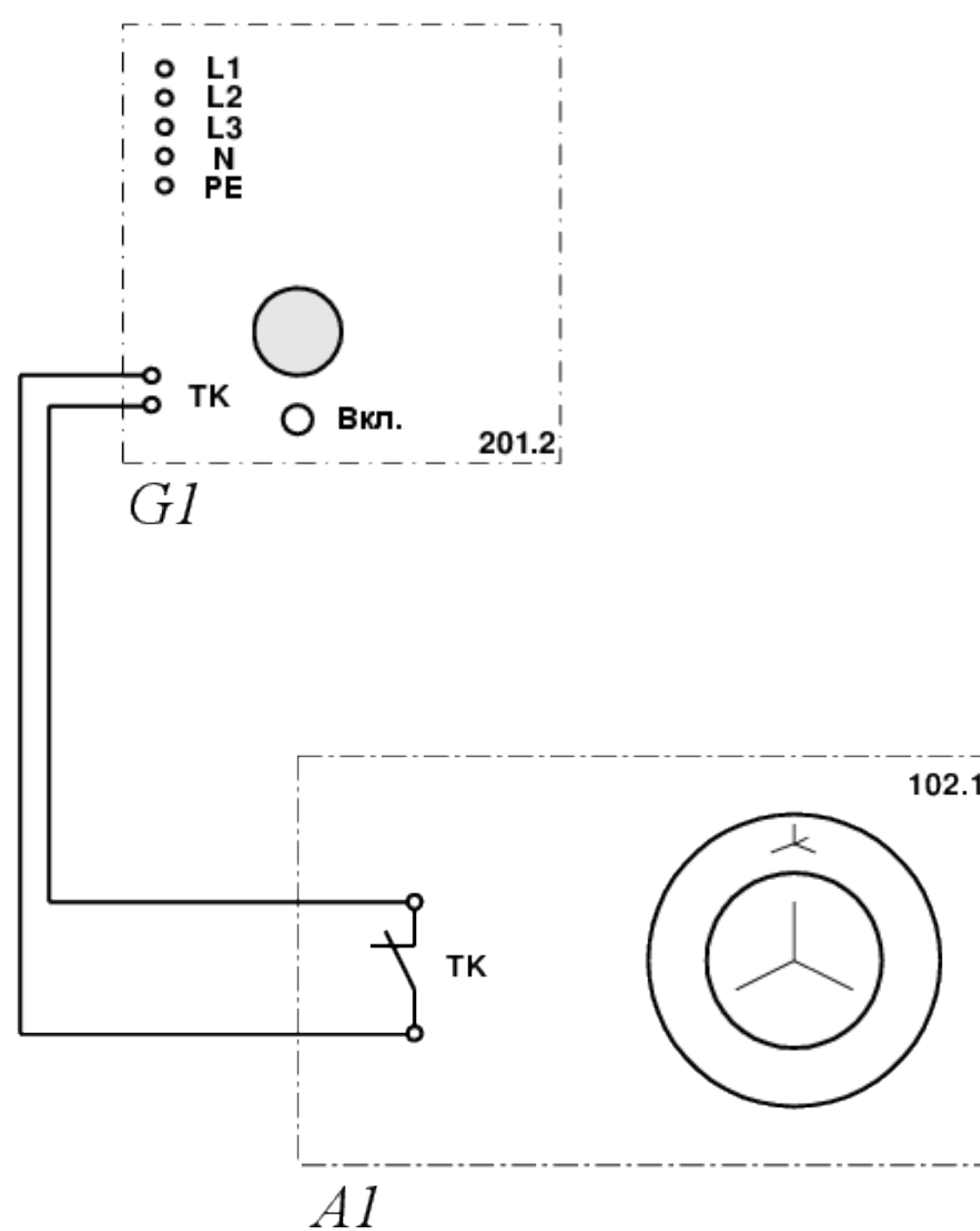
- трогать руками оголенные провода и части приборов, находящиеся под напряжением, даже если оно невелико;
- производить изменения в схеме при подключенном источнике питания;
- заменять или брать оборудование, или приборы с других рабочих мест
- без разрешения преподавателя или лаборанта;
- отходить от приборов и машин, находящихся под напряжением или оставлять схему под напряжением при обработке результатов измерений;
- перегружать приборы током или напряжением, превышающим номинальное значение.

Проверку наличия, подаваемого к схеме или элементам схемы напряжения необходимо производить только контрольной лампочкой или вольтметром, соблюдая правила техники безопасности.

При работе в лаборатории следует строго соблюдать меры предосторожности, так как электрический ток, проходящий через тело человека, величиной в 0,025 А уже является опасным для жизни.

Приложение Б

Электрическая схема соединений тепловой защиты машины переменного тока



Перечень аппаратуры:

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A1	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / 230 В ~ / 1500 мин ⁻¹
G1	Трехфазный источник питания	201.2	400 В ~ / 16 А

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

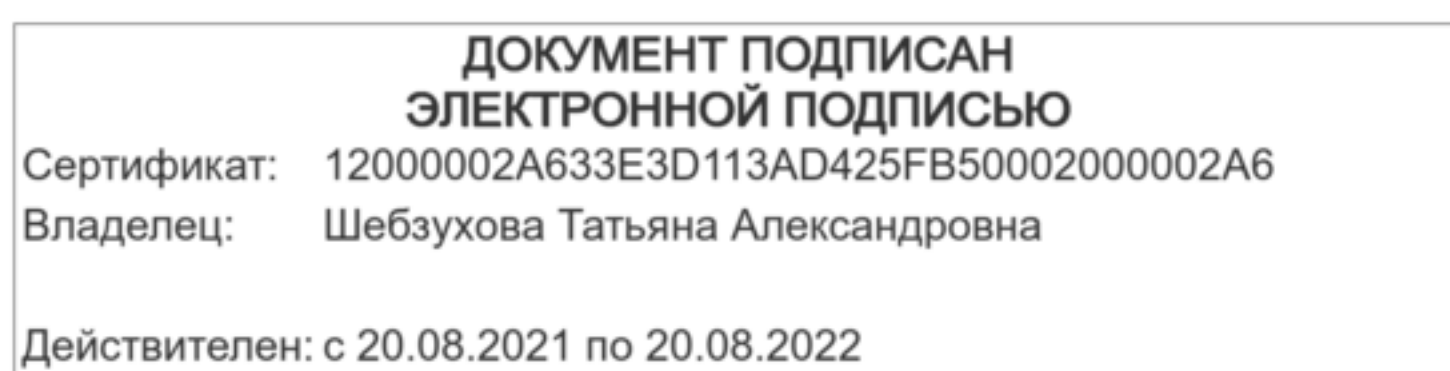
по выполнению практических работ
по дисциплине
«Электроснабжение промышленных предприятий»
направления подготовки
13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника

Пятигорск
2022

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Содержание

- Введение
1. Цель и задачи изучения дисциплины
 2. Оборудование и материалы
 3. Наименование практических работ
 4. Содержание практических работ
 - 4.1 Практическая работа №1 Электрические нагрузки промышленных предприятий.
 - 4.2 Практическая работа №2 Расчет освещения цеха.
 - 4.3. Практическая работа №3 Коммутационные и защитные аппараты до 1 кВ.
 - 4.4 Практическая работа №4 Внутрицеховые электрические сети напряжением до 1 кВ.
 - 4.5 Практическая работа №5 Питающая и распределительная сеть 6 – 10 кВ предприятий.
 - 4.6 Практическая работа №6 Силовые трансформаторы подстанций.
 - 4.7 Практическая работа №7 Потери мощности и энергии в элементах системы электроснабжения.
 - 4.8 Практическая работа №8 Компенсация реактивной мощности.
 - 4.9 Практическая работа №9 Определение местоположения цеховой подстанции.
 - 4.10 Практическая работа №10 Расчет контура заземления.
 - 4.11 Практическая работа №11 Расчет и выбор элементов релейной защиты цехового трансформатора.
 - 5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
 - 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины
 - 5.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
 - 5.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины
- Приложение



Введение

Практические занятия создают оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины. Практические занятия занимают преимущественное место при изучении общепрофессиональных и профессиональных дисциплин. Практические занятия проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью практических занятий является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Электроснабжение промышленных предприятий» состоит в получении знаний о построении и режимах работы систем электроснабжения промышленных и гражданских объектов, а также объектов сельского хозяйства и транспортных систем.

Задачей дисциплины является изучение физических основ формирования режимов электропотребления, освоение основных методов расчёта интегральных характеристик режимов и определения расчётных нагрузок, показателей качества электроснабжения, изучение методов достижения заданного уровня надежности оборудования и систем электроснабжения.

2. Оборудование и материалы

Аппаратные средства: переносной ноутбук, проектор, доска магнитно-маркерная.

Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения.

3. Наименование практических работ

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
8 семестр			
1	Практическая работа № 1. Электрические нагрузки промышленных предприятий. Приобрести навыки расчета электрических нагрузок промышленных предприятий.	3	
2	Практическая работа № 2. Расчет освещения цеха. Приобрести практические навыки по расчету освещения.	3	
3	Практическая работа №3. Коммутационные и защитные аппараты до 1 кВ. Изучить выбор и расчет коммутационных и защитных аппаратов до 1 кВ.	3	
4	Практическая работа №4. Внутрицеховые электрические сети напряжением до 1 кВ. Изучить основные внутрицеховые электриче-	1,5	1,5
	Практическая работа №5. Питающая и распределительная сеть 6 – 10 кВ предприятий.	3	

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

	Изучить основные схемы питающих и распределительных сетей 6 – 10 кВ предприятия.		
6	Практическая работа №6. Силовые трансформаторы подстанций. Познакомиться с конструкцией силовых трансформаторов и их выбором на подстанцию.	3	
7	Практическая работа № 7. Потери мощности и энергии в элементах системы электроснабжения. Изучить расчет потерь мощности в системах электроснабжения промышленного предприятия.	1,5	1,5
8	Практическая работа № 8. Компенсация реактивной мощности. Изучить основные компенсирующие устройства реактивной мощности.	3	
9	Практическая работа № 9. Определение местоположения цеховой подстанции. Приобрести практические навыки по расчету и выбору местоположения цеховой подстанции.	1,5	
10	Практическая работа № 10. Расчет контура заземления. Приобрести практические навыки по определению количества заземлителей.	3	
11	Практическая работа № 11. Расчет и выбор элементов релейной защиты цехового трансформатора. Приобрести практические навыки по выбору элементов релейной защиты.	1,5	
	Итого за 8 семестр:	27	3
	Итого:	27	3

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

4. Содержание практических работ

Практическая работа №1. Электрические нагрузки промышленных предприятий.

Цель: Приобрести навыки расчета электрических нагрузок промышленных предприятий.

Основы теории:

Расчет электрических нагрузок производится для каждого электрического узла, от которого питаются электроприемники. В сетях напряжением до 1 кВ на различных ступенях распределения в качестве электрического узла могут рассматриваться распределительные пункты, шкафы, сборки, распределительные, троллейные, магистральные шинопроводы, цеховые трансформаторные подстанции. Нагрузки определяются по цеху, корпусу, предприятию в целом.

Метод коэффициента расчетной нагрузки. Согласно Указаниям по расчету электрических нагрузок расчетная активная нагрузка группы электроприемников, подключенных к электрическому узлу:

$$P_p = K_p \sum_{i=1}^n K_{Hi} P_{Hi}$$

где K_p - коэффициент расчетной нагрузки;

P_{Hi} и K_{Hi} - номинальная активная мощность и среднее значение коэффициента использования отдельного электроприемника; n - количество электроприемников в группе.

Эффективное число электроприемников

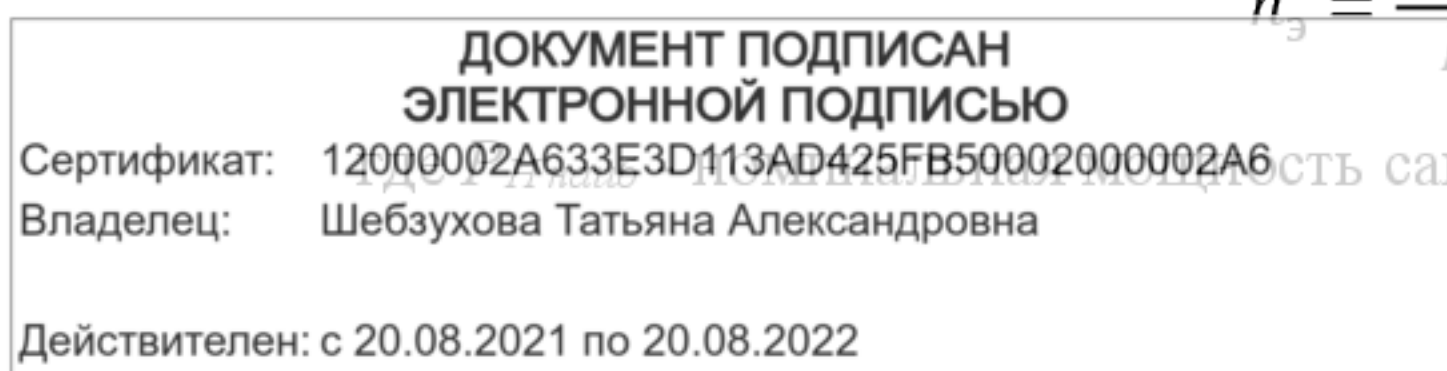
$$n_{\text{э}} = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{Hi})^2}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}^2}$$

где P_{Hi} - номинальная мощность отдельного электроприемника в группе.

Полученное расчетом округляется до ближайшего меньшего целого числа.

При большом количестве электроприемников в группе для магистральных шинопроводов, сборных шин цеховых трансформаторных подстанций (ТП цеха, корпуса, предприятия в целом величину $n_{\text{э}}$ можно определить также по упрощенному выражению:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{Hi}}{P_{H \text{ наиб}}}$$



$P_{H \text{ наиб}}$ - номинальная мощность самого мощного электроприемника в группе.

Если найденное по последнему выражению $n_э$ окажется больше n , то принимают $n_э = n$. Это же условие для $l_э$ сохраняется, если

$$\frac{P_{н\text{ наиб}}}{P_{н\text{ мин}}} \leq 3$$

Для группы, состоящей из электроприемников различных категорий (с различными $K_{и}$), средневзвешенный коэффициент использования

$$K_{и} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{иi} P_{Hi}}{\sum_{i=1}^m P_{Hi}}$$

а) для питающих сетей напряжением до 1 кВ в зависимости от $n_э$,
при $n_э \leq 10$

$$Q_p = 1.1 \sum_{i=1}^n K_{иi} P_{Hi} \tan \varphi$$

при $n_э > 10$

$$Q_p = \sum_{i=1}^n K_{иi} P_{Hi} \tan \varphi$$

б) для магистральных шинопроводов и на шинах цеховых ТП, а также при определении реактивной нагрузки по цеху, корпусу, предприятию

$$Q_p = K_p \sum_{i=1}^n K_{иi} P_{Hi} \tan \varphi = P_p \tan \varphi$$

К расчетным активной и реактивной нагрузкам силовых электроприемников до 1кВ должны быть добавлены при необходимости осветительные нагрузки $P_{ро}$ и $Q_{ро}$

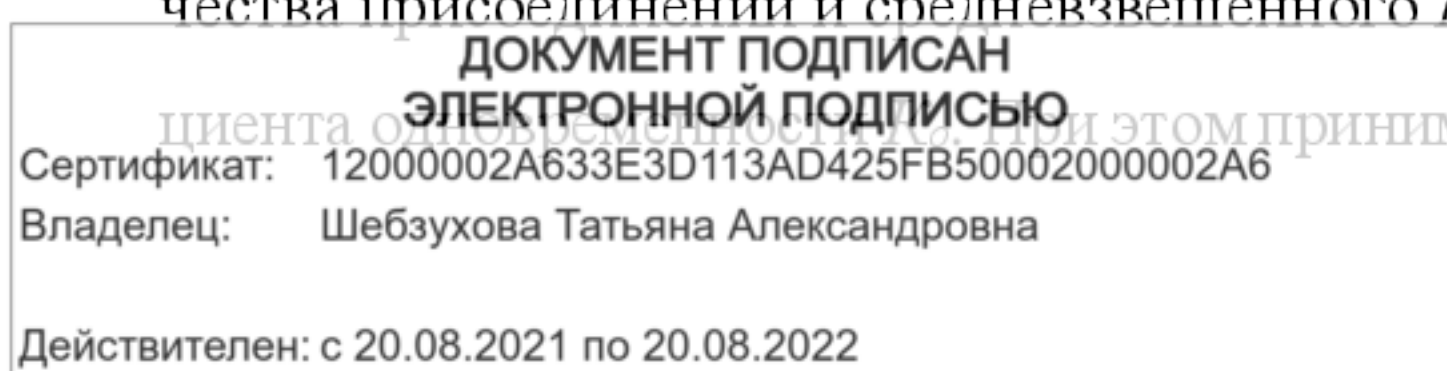
Расчет электрических нагрузок электроприемников напряжением выше 1 кВ осуществляется в целом аналогично расчету, приведенному для электроприемников напряжением до 1 кВ, с учетом некоторых особенностей. Для электродвигателей напряжением выше 1 кВ вместо $K_{и}$ принимается значение коэффициента загрузки $K_з$ и находится расчетная нагрузка

$$P_{рд} = K_з P_{нд}$$

где $P_{нд}$ - номинальная активная мощность высоковольтного электродвигателя.

При определении расчетной нагрузки предприятия подсчитывается количество присоединений к сборным шинам 6 - 10 кВ распределительного пункта (РП) или главной понизительной подстанции (ГПП), от которых питается предприятие. В зависимости от количества присоединений и средневзвешенного $K_{и}$ по табл. ПЗ определяется значение коэффи-

циента K_p . При этом принимается величина $K_p = 1$. Аналогичное значение



K_p принимается и в тех случаях, когда расчетная нагрузка определяется для выбора кабеля 6-10 кВ, питающего цеховую ТП.

Расчетная нагрузка силовых электроприемников до 1 кВ характерных групп, приведенная к вводу предприятия, определяется по формуле

$$P_p = K_o \sum_{i=1}^n K_{и} P_H$$

$$Q_p = K_o \sum_{i=1}^n K_{и} P_H \tan \varphi = P_p \tan \varphi$$

Результирующая нагрузка предприятия определяется с учетом осветительной и высоковольтной нагрузок, а также средств компенсации реактивной мощности Q и потерь мощности в трансформаторах.

Метод коэффициента спроса. На первой стадии проектирования системы электроснабжения могут быть неизвестными мощности отдельных электроприемников характерных групп и режим их работы. Расчетная максимальная нагрузка для таких групп электроприемников определяется следующим образом:

$$P_p = K_c P_H$$

$$Q_p = P_p \tan \varphi$$

Значения коэффициентов спроса $K_c \cos \varphi$ для указанных групп электроприемников определяются из.

Расчетная нагрузка узла системы электроснабжения определяется в этом случае с учетом коэффициента разновременности максимумов нагрузок отдельных групп электроприемников:

$$S_p = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{pi} \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{pi} \right)^2} K_{pm}$$

где n - количество характерных подгрупп электроприемников.

Значение K_{pm} можно приближенно принять равным 0,9.

Метод удельных плотностей нагрузки. Если имеются сведения о величинах производственных площадей отдельных цехов, например, машиностроительных предприятий, то расчетную активную нагрузку можно определить, используя выражение

$$P_p = p_{уд} \cdot F$$

где $p_{уд}$ - удельная нагрузка приемников группы, $м^2$;

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Значения удельных плотностей нагрузок $p_{уд}$ принимаются по справочной литературе.

Метод удельного расхода электроэнергии. При наличии данных по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции расчет нагрузок по отдельным цехам, предприятию в целом можно выполнить, используя выражение

$$P_p = \frac{M \cdot \mathcal{E}_{\text{ауд}}}{T}$$

где М - выпуск продукции в натуральном выражении за время ТЗ назначение удельных расходов электроэнергии на единицу продукции.

Электрические нагрузки однофазных электроприемников.

Однофазные электроприемники учитываются при определении суммарных нагрузок как трехфазные, если они равномерно распределены между фазами трехфазной сети. Считаются неравномерно распределенными те однофазные электроприемники, номинальная мощность которых составляет более 15 % суммарной мощности трехфазных и однофазных приемников, присоединенных к электрическому узлу. Для таких электроприемников определяется трехфазная номинальная условная мощность:

при включении однофазных электроприемников на фазное напряжение

$$P_{\text{ну}} = 3 \cdot P_{\text{нмф}}$$

$$P_{\text{ну}} = \sqrt{3} \cdot P_{\text{нл}}$$

Мощность отдельной фазы в этом случае определяется как полу сумма номинальных мощностей плеч, прилегающих к данной фазе.

При большом количестве однофазных электроприемников в группе, включенных на фазное и линейное напряжение и не распределенных равномерно, номинальная мощность отдельной фазы определяется с учетом коэффициентов приведения линейных нагрузок к данной фазе и фазному напряжению. Например, для фазы А

$$P_{H(a)} = P_{ab}p_{(ab)a} + P_{ca}p_{(ca)a} + P_{a0}$$

$$Q_{H(a)} = P_{ab}p_{(ab)a} + P_{ca}p_{(ca)a} + Q_{a0}$$

где p - однофазная нагрузка, включенная в плечо АВ трехфазной сети;

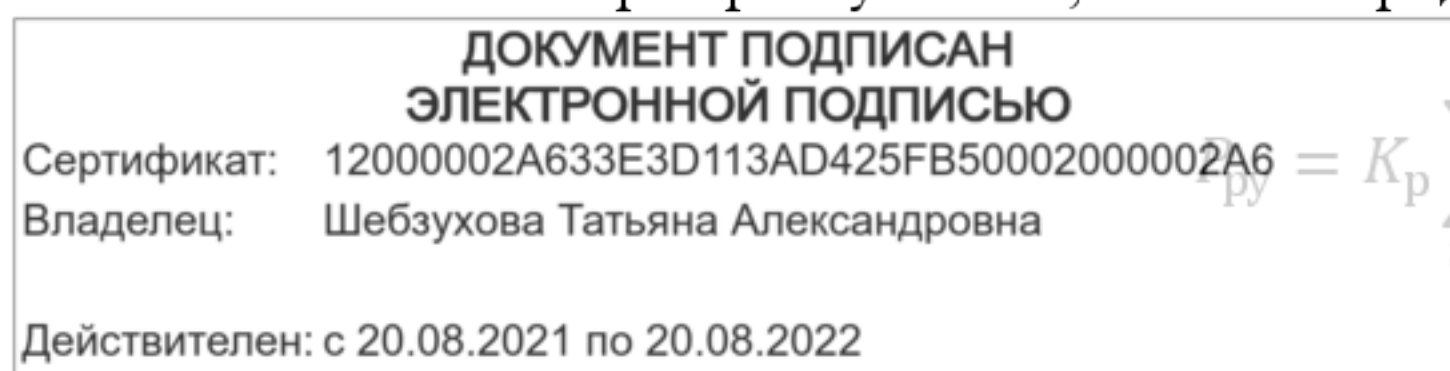
P_{ac} - то же в плечо АС;

P_{a0} и Q_{a0} - нагрузки, включенные на фазу А и нулевой провод;

$P_{(ab)a}$, $P_{(ca)a}$, $Q_{(ab)a}$ - коэффициенты приведения линейных

нагрузок, определяемые из справочных таблиц.

Расчетные активную и реактивную нагрузки для однофазных электроприёмников, включенных в трехфазную сеть, можно определить по формулам



$$P_{\text{ру}} = K_p \sum_{i=1}^n K_{\text{и}} P_{\text{ну}i}$$

при $n_3 \leq 10$

$$Q_{py} = 1.1 \sum_{i=1}^n K_{\text{и}} P_{\text{нyи}} \tan \varphi$$

при $n_3 > 10$

$$Q_{py} = \sum_{i=1}^n K_{\text{и}} P_{\text{нyи}} \tan \varphi$$

Для узла, подключенного к трехфазной электрической сети, имеющей трехфазные и однофазные электроприемники, расчетные активная и реактивная нагрузки определяются по формулам:

$$P_{p \text{ уз}} = K_p \left(\sum_{i=1}^{m1} K_{\text{и}} P_{\text{Hi}} + \sum_{i=1}^{m2} K_{\text{и}} P_{\text{нyи}} \right) + \sum_{i=1}^{m3} K_{\text{и}} P_{\text{Hi}} + \sum_{i=1}^{m4} K_{\text{и}} P_{\text{нyи}}$$

при $n_3 \leq 10$

$$Q_{p \text{ уз}} = 1.1 \left(\sum_{i=1}^{m1} K_{\text{и}} P_{\text{Hi}} \tan \varphi_i + \sum_{i=1}^{m2} K_{\text{и}} P_{\text{нyи}} \tan \varphi_i \right) + \sum_{i=1}^{m3} K_{\text{и}} P_{\text{Hi}} \tan \varphi_i + \sum_{i=1}^{m4} K_{\text{и}} P_{\text{нyи}} \tan \varphi_i$$

при $n_3 > 10$

$$Q_{p \text{ уз}} = \sum_{i=1}^{m1} K_{\text{и}} P_{\text{Hi}} \tan \varphi_i + \sum_{i=1}^{m2} K_{\text{и}} P_{\text{нyи}} \tan \varphi_i + \sum_{i=1}^{m3} K_{\text{и}} P_{\text{Hi}} \tan \varphi_i + \sum_{i=1}^{m4} K_{\text{и}} P_{\text{нyи}} \tan \varphi_i$$

где m_1 и m_2 – количество трёхфазных и однофазных электроприемников с переменным графиком нагрузок;

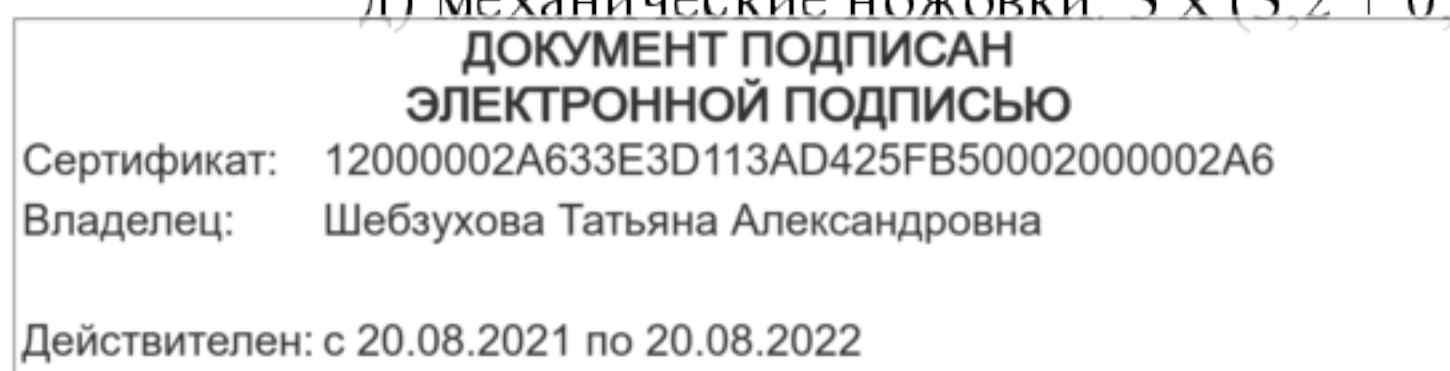
m_3 и m_4 - количество трёхфазных и однофазных электроприемников с мало меняющимся графиком нагрузок.

Задания:

Задание №1

Определить n_3 для электроприемников механического участка инструментального цеха со следующими данными:

- а) токарные станки: 4 х (7 + 1,1 + 0,25) кВт;
- б) строгальные станки: 2 х (4,5 + 0,5) кВт; 2 х (5,5 + 0,75) кВт;
- в) сверлильные станки: 3 х (7,5 + 0,25) кВт; 3 х (3 + 0,25) кВт;
- г) заточные станки: 2 х 2,8 кВт; 2 х 4,5 кВт;
- д) механические ножовки: 3 х (3,2 + 0,3) кВт.



Задание №2

В трехфазную электрическую сеть 380/220 В включены однофазные электроприемники:

а) печи сопротивления: $P_H = 12$ кВт, $\cos\varphi=0,95$, $n = 2$, $U_H= 220$ В;

б) сварочные трансформаторы: $S_{ca}= 75$ кВА, ПВ = 45 %, $\cos\varphi= 0,55$, $n= 1$, $U_H =380$ В;

Определить трехфазную условную номинальную мощность.

Задание №3

От шин вторичного напряжения цеховой ТП питаются следующие группы трехфазных электроприемников:

а) 35 электродвигателей продолжительного режима работы от 5,5 до 10 кВт суммарной мощностью $\Sigma P_H= 265$ кВт; $K_n = 0,18$; $\cos\varphi = 0,75$;

б) 8 электродвигателей повторно-кратковременного режима работы от 4,0 до 7 кВт; $\Sigma P_H = 42$ кВт; ПВ = 50 %; $K_n= 0,15$; $\cos\varphi= 0,55$;

в) 20 электродвигателей продолжительного режима работы от 3 до 15 кВт; $\Sigma P_H= 175$ кВт; $K_n = 0,2$; $\cos\varphi = 0,7$;

г) 15 электродвигателей продолжительного режима работы от 5 до 7,5 кВт; $\Sigma P_H = 100$ кВт; $K_n = 0,3$; $\cos\varphi= 0,65$.

Определить для них полную расчетную нагрузку.

Задание №4

Группа цехов тракторного завода имеет следующие установленные мощности электроприемников:

а) агрегатный цех $P_H= 3000$ кВт;

б) прессово-штамповочный цех $P_H=4000$ кВт;

в) механический цех $P_H = 3500$ кВт;

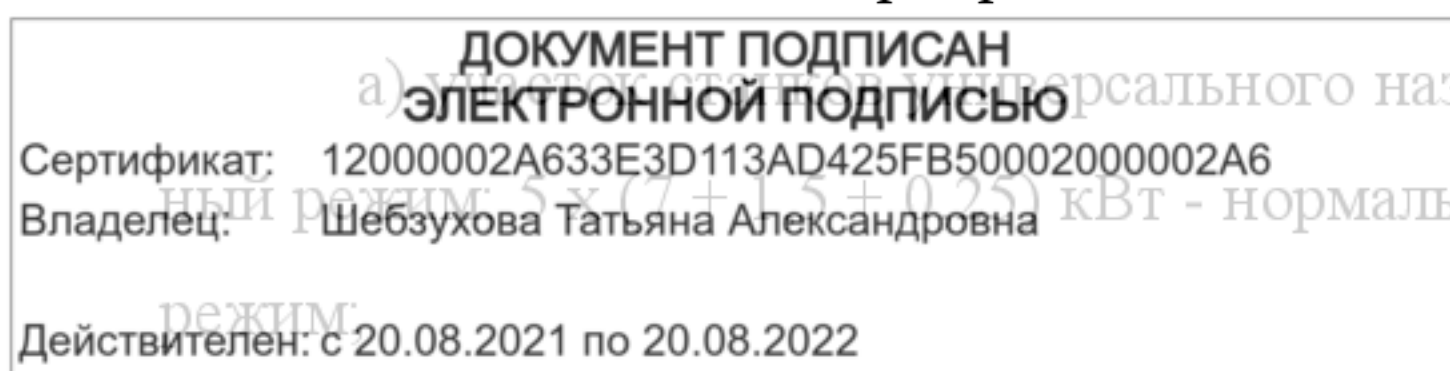
г) покрасочный цех $P_H = 1800$ кВт.

Определить для них полную расчетную нагрузку.

Задание №5

Технологические участки ремонтно-механического цеха имеют следующие номинальные мощности электроприемников:

а) универсальный станок универсального назначения: 6 х (4,5 + 1 + 0,25) кВт - нормальный режим; 5 х (7 + 1,5 + 0,25) кВт - нормальный режим; 5 х (14 + 2 + 0,75) кВт - тяжелый режим;



б) участок специализированных станков с электродвигателями от 0,25 до 5,5 кВт суммарной мощностью $P_{\alpha} = 87$ кВт;

в) электросварочный участок, сварочные трансформаторы:

$S_{\text{пасп1}} = 37$ кВА; ПВ = 40 %; $\cos\varphi = 0,5$; $U_n = 380$ В;

$S_{\text{пасп2}} = 32$ кВА; ПВ = 40 %; $\cos\varphi = 0,5$; $U_n = 380$ В;

$S_{\text{пасп3}} = 22$ кВА; ПВ = 60 %; $\cos\varphi = 0,5$; $U_n = 380$ В,

Определить полную расчетную нагрузку электроприемников цеха.

Задание №6

Группа цехов автомобильного завода питается от отдельного РП на напряжении 10 кВ и имеет следующие данные:

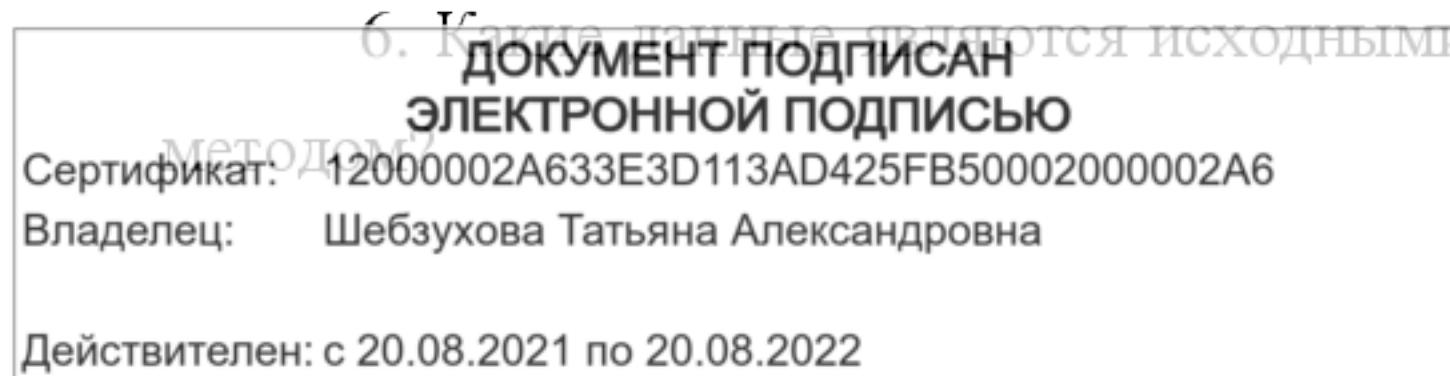
- сборочный цех; $P_p = 1800$ кВт; $\cos\varphi = 0,7$; $K_n = 0,2$;
- цех задних мостов: $P_n = 2900$ кВт; $\cos\varphi = 0,75$; $K_n = 0,25$;
- цех кабин: $P_n = 2300$ кВт; $\cos\varphi = 0,7$; $K_n = 0,3$;
- покрасочный цех: $P_n = 1500$ кВт; $\cos\varphi = 0,65$; $K_n = 0,4$;
- гальванический цех: $P_n = 1700$ кВт; $\cos\varphi = 0,8$; $K_n = 0,5$;
- компрессорная: электроприемники напряжением до 1 кВ: $P_n = 1300$ кВт; $\cos\varphi = 0,7$; $K_n = 0,35$, электродвигатели напряжением 10 кВ: $P_n = 4000$ кВт; $n = 3$; $\cos\varphi = 0,75$; $K_3 = 0,85$.

Количество присоединений к РП $n = 10$. Самый мощный электроприемников в группе напряжением 380 В - электродвигатель, у которого $P_n = 15$ кВт. Определить полную расчетную нагрузку на шинах РП.

Контрольные вопросы:

1. Каким образом связаны расчетные активная и реактивная мощности?
2. В каких случаях необходимо использовать систему общего освещения?
3. В каком случае необходимо провести корректировку расчетной активной мощности?
4. Как зависит нормируемая освещенность дорог и проездов от интенсивности движения автомобилей?
5. Охарактеризовать способы установки прожекторов для освещения открытых площадок.

6. Какие данные являются исходными при расчете уличного освещения точечным



Практическая работа №2. Расчет освещения цеха.

Цель: Приобрести практические навыки по расчету освещения.

Основы теории:

В соответствии со СНиП 2-4-79 для освещения производственных помещений, как правило, следует предусматривать газоразрядные лампы низкого и высокого давления. Для расчета общего равномерного освещения при горизонтальной поверхности основным является метод светового потока (коэффициента использования), учитывающий световой поток лампы при освещении дуговыми ртутными лампами.

Расчет по методу коэффициента использования ведется в следующем порядке:

1. Определяется требуемая нормами освещенность (табл.2.1). Выбор нормируемой освещенности осуществляется в зависимости от размера объекта различения, контраста объекта с фоном и коэффициента отражения рабочей поверхности.

2. Определяется группа и предварительное количество светильников при их выгодном расположении. Выгодное расстояние L между светильниками или рядами светильников выбирают исходя из отношения (L/h) для получения наименьшей неравномерности распределения освещенности, в зависимости от классификационных групп светильников (табл.2.2).

3. Определяется индекс помещения.

4. Определяется коэффициент использования светового потока. Значения КПД светильника выбирается из табл.2.

5. Определяется необходимый световой поток каждого ряда светильников и световой поток одной лампы. По полученному значению выбирается стандартная лампа (Приложение: табл.2.3).

6. Определяется общая мощность освещения.

Задания:

Задание №1

1. Произвести светотехнический и электрический расчет освещения цеха.
2. Определить тип, мощность и количество ламп для общего освещения цеха.
3. Начертить план размещения светильников.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Таблица 2.1 – Нормы освещенности рабочих поверхностей в производственных помещениях

Характер зрительной работы	Наименьший размер объекта различения	Разряд работ	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Норма освещенности Комб. Общ.	
Наивысшая точность	Менее 0,15 мм	1	Малый	Темный	5000	1500
				Средний	4000	1250
				Светлый	3000	1000
			Средний	Темный	2500	750
				Средний	2500	750
				Светлый	1500	400
			Большой	Темный	2500	400
				Средний	1500	300
				Светлый	1250	300
Очень высокая точность	От 0,15 до 0,3 мм	2	Малый	Темный	4000	1250
				Средний	3000	750
				Светлый	2000	500
			Средний	Темный	2000	500
				Средний	1500	500
				Светлый	1000	300
			Большой	Темный	1000	500
				Средний	750	300
				Светлый	750	200
Высокая точность	От 0,3 до 0,5 мм	3	Малый	Темный	2000	500
				Средний	1000	300
				Светлый	750	300
			Средний	Темный	1000	300
				Средний	750	200
				Светлый	400	200
			Большой	Темный	600	200
				Средний	400	200
				Светлый	400	150
Средняя точность			Малый	Темный	750	300
				Средний	600	200

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
 ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
 Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
 Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

			Средний	Светлый	400	150
				Темный	500	200
				Средний	400	150
			Большой	Светлый	300	100
				Темный	400	150
				Средний	300	100
				Светлый	200	100
Малая точность	От 1 до 5 мм	5	Малый	Темный	300	200
				Средний	200	150
				Светлый	-	150
				Темный	-	150
			Средний	Средний	-	100
				Светлый	-	75
				Темный	-	100
			Большой	Средний	-	100
				Светлый	-	75
Грубая работа	Более 5 мм	6	Не зависимо от характеристик фона и контраста		-	150
Работа в горячих цехах со светящимися материалами	Более 5 мм	7	Не зависимо от характеристик фона и контраста		-	200

Таблица 2.2 – Основные характеристики светильников

Группа светильников	L/h	КПД при индексе помещения i					
		0,6	0,8	1,25	2	3	5
Д1	1,3	36	48	57	66	76	85
Д2	0,96	42	51	65	71	85	90
Г1	0,91	45	56	65	76	78	84
Г2	0,77	55	66	80	92	98	99
Г3	0,66	63	72	83	91	96	99
Г4	0,57	68	73	81	87	91	94
К1	0,43	78	86	92	96	98	98
К2	0,43	80	91	96	99	99	99

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: К2 Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Таблица 2.3 – Основные характеристики ламп

Лампы накаливания			Люминисцентные лампы		
мощность	тип	световой поток	мощность	тип	световой поток
15	В	105	20	ЛДЦ	780
25	В	220	20	ЛД	870
40	БК	400	20	ЛБ	1120
40	БК	460	30	ЛДЦ	1375
60	Б	790	30	ЛД	1560
100	Г	1350	30	ЛБ	1995
150	Г	2000	40	ЛДЦ	1995
200	Г	2800	40	ЛД	2225
300	Г	4600	40	ЛБ	1850
500	Г	8300	80	ЛДЦ	3380
750	Г	13100	80	ЛД	3865
1000	Г	18600	80	ЛБ	4960

Контрольные вопросы:

1. Методы расчёта осветительных нагрузок.
2. Освещения производственных помещений.

Практическая работа №3. Коммутационные и защитные аппараты до 1 кВ.

Цель: Изучить выбор и расчет коммутационных и защитных аппаратов до 1 кВ.

Основы теории:

Управление режимами работы электроприемников напряжением до 1 кВ осуществляется коммутационными аппаратами: рубильниками, пакетными выключателями, магнитными пускателями. При этом, рубильники и пакетные выключатели обеспечивают только неавтоматическое (ручное) управление, а магнитные пускатели позволяют обеспечить и дистанционное управление.

Защита электрооборудования, элементов электрических сетей до 1 кВ от коротких замыканий осуществляется плавкими предохранителями и автоматическими выключателями (автоматами). Для защиты электрооборудования от перегрузок используются тепловые элементы магнитных пускателей или автоматов.

При выборе плавких предохранителей необходимо обеспечить выполнение следующих расчетных условий:

- номинальный ток плавкой вставки предохранителя $I_{вс}$ должен быть равным номинальному току электроприемника I_n или превышать его, т.е.

$$I_{вс} \geq I_n$$

- плавкий предохранитель не должен срабатывать при кратковременных увеличениях тока в защищенной цепи, например во время пуска электро-двигателя. В этом случае

$$I_{вс} \geq \frac{I_{кр}}{\alpha}$$

При защите предохранителем ответвления к одиночному электродвигателю кратковременный максимальный ток линии

$$I_{кр} = I_{пуск}$$

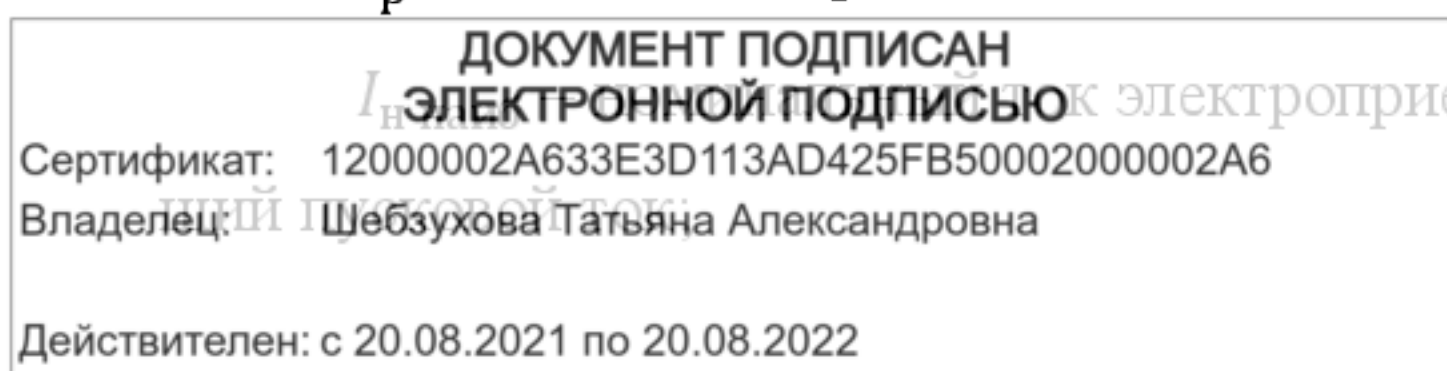
Если предохранителем защищается магистраль, питающая группу электроприемников, то

$$I_{кр} = I_{пик} = I_{пуск.наиб} + (I_p - k_{и} I_{н\text{ наиб}}),$$

где $I_{пуск.наиб}$ – пусковой ток одного или группы одновременно запускаемых электродвигателей, при включении которых в линии возникает наибольший пусковой ток;

I_p – длительный расчетный ток линии;

$I_{н\text{ наиб}}$ – номинальный ток электроприемника (при ПВ = 100%), имеющего наиболь-



k_n – коэффициент использования, характерный для электроприемников с $I_{\text{пуск.наиб}}$

Коэффициент кратковременной тепловой перегрузки $\alpha = 2,5$ – для легких условий;
 $\alpha = 1,6 \dots 2$ – для тяжелых условий пуска.

Из двух рассмотренных расчетных условий при выборе предохранителя принимается то из них, которое обеспечивает наибольшее значение $I_{\text{вс}}$.

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя, защищающего ответвление к сварочному аппарату:

$$I_{\text{вс}} \geq 1,2 I_{\text{нс}} \sqrt{ПВ}.$$

где $I_{\text{нс}}$ – номинальный ток сварочного аппарата при паспортной продолжительности включения.

Условия селективной работы предохранителей двух последовательно соединенных участков сети будут обеспечиваться, если номинальный ток вставки предохранителя предшествующего участка сети на две ступени превышает ток вставки предохранителя предшествующего участка сети на две ступени превышает ток вставки предохранителя, следующего за ним по направлению потока мощности участка сети.

Выбор автоматических выключателей и магнитных пускателей основан на выполнении следующих расчетных условий:

- номинальный ток расцепителя любого типа (теплого, электромагнитного) автомата, а также нагревательного элемента магнитного пускателя выбирается по длительному расчетному току линии:

$$I_n \geq I_{\text{дл}};$$

- ток срабатывания автомата с электромагнитным или комбинированным расцепителем проверяется по максимальному кратковременному току линии согласно условию

$$I_{\text{ср.з}} \geq 1,25 I_{\text{кр}}$$

где $I_{\text{кр}}$ – кратковременный максимальный ток линии.

Коэффициентом 1,25 учитывается неточность в определении тока $I_{\text{кр}}$ при разбросе характеристик электромагнитных расцепителей автоматов.

Задания:

Задание №1

Выбрать предохранители для защиты от коротких замыканий электродвигателей то-

карного станка с электродвигательным привод:

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022
 $P_{\text{н1}} = 7,5 \text{ кВт}; U_{\text{н}} = 380 \text{ В}; \cos \varphi = 0,8; \eta = 87\%; k_{\text{пуск}} = 7.$
 $P_{\text{н2}} = 4 \text{ кВт}; U_{\text{н}} = 380 \text{ В}; \cos \varphi = 0,78; \eta = 85\%; k_{\text{пуск}} = 6,5.$

$$P_{\text{нз}} = 0,75 \text{ кВт}; U_{\text{н}} = 380 \text{ В}; \cos\varphi = 0,75; \eta = 82\%; k_{\text{пуск}} = 6.$$

Задание №2

Выбрать магнитный пускатель для управления асинхронным двигателем, номинальные параметры которого следующие:

$$P_{\text{н}} = 11 \text{ кВт}; U_{\text{н}} = 380 \text{ В}; \cos\varphi = 0,85; \eta = 87\%;$$

Задание №3

Выбрать автоматический выключатель для защиты асинхронного двигателя с фазным ротором, номинальные параметры которого следующие:

$$P_{\text{н}} = 11 \text{ кВт}; U_{\text{н}} = 380 \text{ В}; \cos\varphi = 0,86; \eta = 88\%; k_{\text{пуск}} = 2,5.$$

Задание №4

Выбрать предохранитель, защищающий ответвление к сварочному аппарату, номинальные параметры которого следующие:

$$S_{\text{н}} = 32 \text{ кВ} \cdot \text{А}; U_{\text{н}} = 380 \text{ В}; \text{ПВ} = 45\%.$$

Задание №5

Выбрать предохранитель для защиты от токов короткого замыкания асинхронного электродвигателя с номинальными параметрами:

$$P_{\text{н}} = 22 \text{ кВт}; U_{\text{н}} = 380 \text{ В}; \cos\varphi = 0,85; \eta = 89\%; k_{\text{пуск}} = 6,5.$$

Задание №6

К распределительному щиту цеха напряжением 380 В, выполненному панелями серии П (табл. П7), подключены радиальными питающими линиями шинопровод ШРА-4 и шкаф ШР-11. Расчетные нагрузки присоединенных электродвигателей составляют:

$$\text{Для шинопровода: } S_{\text{р}} = 12 \text{ кВ} \cdot \text{А}; P_{\text{н наиб}} = 10 \text{ кВт}; k_{\text{пуск}} = 6,5; \cos\varphi = 0,76;$$

$$\eta = 85\%; \text{ для шкафа } S_{\text{р}} = 96 \text{ кВ} \cdot \text{А}; P_{\text{н наиб}} = 22 \text{ кВт}; k_{\text{пуск}} = 6; \cos\varphi = 0,78;$$

$$\eta = 86\%.$$

Расставить предохранители для защиты питающих линий, определить номинальные токи их плавких вставок.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Контрольные вопросы:

1. Условия выбора защитной аппаратуры в электрических цепях напряжением до 1кВ.
2. Режимы работы электротехнических устройств.
3. Классификация электрических аппаратов.
4. Токоведущие и контактные детали электрических аппаратов.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Практическая работа №4. Внутрицеховые электрические сети напряжением до 1 кВ.

Цель: Изучить основные внутрицеховые электрические сети напряжением до 1 кВ.

Основы теории:

Цеховые электроприемники напряжением до 1 кВ на большинстве промышленных предприятий являются основными потребителями электроэнергии. Передача и распределение ее между электроприемниками осуществляется с помощью внутрицеховых электрических сетей до 1 кВ различного назначения.

Электрооборудование многочисленных технологических установок подключается к силовым сетям цеха. Подъемно-транспортные устройства цеха питаются с помощью сетей передвижных установок (троллейных линий).

Осветительные электрические сети предназначены для передачи мощности к цеховым электроосветительным приборам. Наиболее распространенным напряжением внутрицеховых сетей всех назначений является 380/220 В, иногда 660 В. Конструктивное выполнение цеховых электрических сетей осуществляется в основном изолированными проводами, кабелями, комплектными шинопроводами. Расчет цеховых электрических сетей независимо от их назначения производится прежде всего по допустимому нагреву токовыми

Нагрузками продолжительных режимов работы присоединенных электро-приемников. Выбор сечений проводов и кабелей по этому показателю для силовых сетей напряжением до 1 кВ заключается в соблюдении расчетного условия

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{K_{\text{попр}}}$$

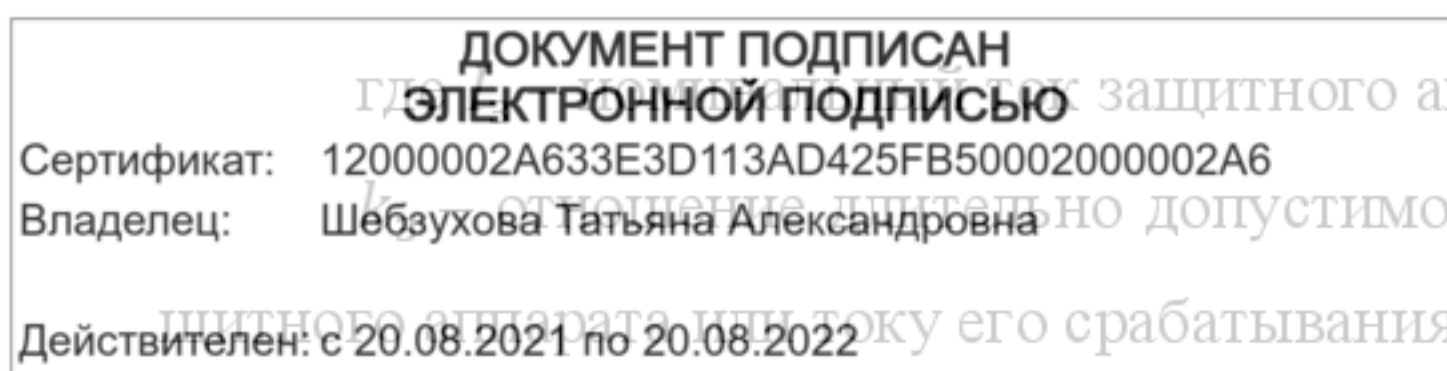
где I_p – длительный расчетный ток линии;

$I_{\text{доп}}$ – допустимый ток проводника;

$k_{\text{попр}}$ – коэффициент, учитывающий условия прокладки (при нормальных условиях $k_{\text{попр}} = 1$).

Выбранные сечения проводников необходимо привести в соответствие с токами их защитных аппаратов, используя следующее условие:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_z k_z}{k_{\text{попр}}},$$



где I_z – ток защитного аппарата или ток его срабатывания;

k_z – коэффициент, учитывающий отношение допустимого тока проводника к номинальному току за-

щитного аппарата или току его срабатывания, определяемое по табл. П10

Силовые сети до 1 кВ отдельных цехов могут выполняться комплектными распределительными и магистральными шинопроводами (табл. П11 и П12). Расчет таких сетевых элементов по допустимому нагреву током продолжительных режимов сводится к выполнению следующего условия:

$$I_n \geq I_p,$$

где I_n – номинальный ток шинопровода;

I_p – расчетный ток группы электроприемников, присоединенных к шинопроводу.

Для магистрального шинопровода в качестве I_p может быть принят номинальный ток цехового трансформатора, если к нему подключен только шинопровод. Распределительный шинопровод может иметь промежуточное место подключения к электрической сети по всей длине. В этом случае за I_p принимается ток наиболее нагруженного плеча, длина которого определяется от места присоединения питающей линии до конца шинопровода. Расчетный ток плеча шинопровода

$$I_{pp} = i_{pш} \ell_p,$$

где ℓ_p – длина расчетного участка шинопровода;

$i_{pш}$ – расчетная удельная токовая нагрузка на 1 м длины шинопровода.

Удельная токовая нагрузка шинопровода определяется из выражения

$$i_{pш} = \frac{S_{pш}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \ell_{ш}},$$

где $S_{pш}$ – полная расчетная мощность группы электроприемников, присоединенных к шинопроводу;

$\ell_{ш}$ – длина всего распределительного шинопровода.

Протяженные участки шинопроводов проверяются дополнительно на допустимую потерю напряжения. Для магистральных шинопроводов при одинаковых значениях $\cos\varphi$ ответвлений

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^2 \cdot \sum I_{pi} \cdot \ell_i}{U_n} (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi),$$

где $I_{pi} \cdot \ell_i$ – электрический момент отдельного участка шинопровода;

r_0 и x_0 – удельные активное и индуктивное сопротивления шинопровода;

$\cos\varphi$ – коэффициент активной мощности присоединенных нагрузок;

n – количество участков.

Полная потеря напряжения ΔU не должно превышать допустимых значений ΔU

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Для распределительных шинопроводов равномерно

распределенная нагрузка заменяется сосредоточенной и прикладывается в середине расчетного участка шинпровода. Выражение для определения ΔU шинпровода имеет следующий вид:

$$\Delta U = \frac{0,5 \cdot \sqrt{3} \cdot 10^2 \cdot I_p \cdot \ell_p}{U_n} (r_0 \cdot \cos \varphi + \sin \varphi)$$

Расчетная величина ΔU распределительного шинпровода сравнивается с допустимой ΔU доп = 2...2,5 %.

Электрические сети подъемно-транспортных устройств часто выполняются в виде троллейных линий из профильной стали или комплектными троллейными шинпроводами. Их расчет сводится к выбору размеров стальных уголков или троллейного комплектного моно шинпровода (ШМТ) по нагреву расчетным током и допустимой потере напряжения.

При выборе шинпровода по первому условию производится сравнение тридцатиминутной токовой нагрузки крановой установки I_{30} с допустимым током для определенного профиля угловой стали или шинпровода ШМТ. Значение I_{30} определяется из выражения

$$I_{30} = \frac{\sqrt{(P_{\text{потр}} \cdot k_{30})^2 + (P_{30} \cdot \operatorname{tg} \varphi)^2}}{\sqrt{3} \cdot U},$$

где $P_{\text{потр}}$ – потребляемая мощность крановой установки;

k_{30} – коэффициент спроса, определяемый по графикам.

Величина потребляемой мощности крановой установки

$$P_{\text{потр}} = \frac{P_n}{\eta},$$

где P_n – суммарная номинальная, приведенная к ПВ = 1 мощность электродвигателей крановой установки;

η – коэффициент полезного действия.

Выбранный шинпровод проверяется на допустимую потерю напряжения (для ШМТ) по формуле:

$$\Delta U = \sqrt{3}(R \cos \varphi + X \sin \varphi) I_{\text{пик}} L,$$

где L – длина расчетного участка троллея;

R и X – активное и реактивное сопротивление расчетного участка;

$I_{\text{пик}}$ – пиковый ток крановой установки.

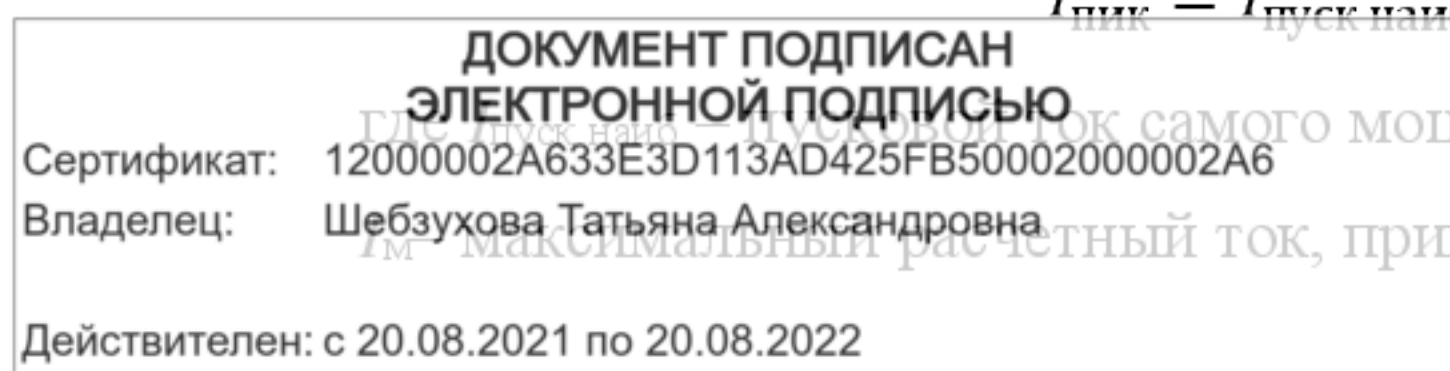
Величина пикового тока

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск наиб}} + (I_m - I_n k_n),$$

где $I_{\text{пуск наиб}}$ – пусковой ток самого мощного двигателя крановой установки;

I_m – максимальный расчетный ток, принимаемый равным I_{30} ;

I_n – номинальный ток.



I_n – номинальный, приведенный к ПВ = 1 ток самого мощного электродвигателя;
 $k_{и}$ – коэффициент использования.

При расчете троллеев рекомендуется принимать значение $\cos\varphi = 0,45 \dots 0,5$ для кранов малой грузоподъемности с асинхронными короткозамкнутыми двигателями. Для кранов большой грузоподъемности значение $\cos\varphi = 0,6$ при использовании двигателей с фазным ротором.

Расчет осветительных электрических сетей ведется по двум условиям: допустимому нагреву током продолжительного режима и допустимой потере напряжения. Отклонение напряжения в осветительных сетях согласно не должно превышать $2,5 \dots 5 \%$ номинального напряжения.

Расчетная мощность осветительных электроприемников

$$P_{po} = k_{co} \cdot P_{yo} \cdot k_{п},$$

где P_{yo} – суммарная установленная мощность ламп;

k_{co} – коэффициент спроса осветительной нагрузки;

$k_{п}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в пускорегулирующих устройствах (ПРА).

Величина коэффициента спроса осветительной нагрузки принимается равной от 0,6 до 0,95 в зависимости от назначения производственных помещений, в которых используются осветительные приборы. Коэффициент $k_{п}$ может иметь значения, равные:

- 1,1 – для ламп ДРЛ, ДРИ, ДНАТ;
- 1,2 – для люминесцентных ламп при стартерной схеме включения;
- 1,3 – для люминесцентных ламп при бесстартерной схеме включения.

Расчетный ток групповой сети определяется по формулам: для трехфазных линий:

$$I_{po} = \frac{P_{po} \cdot 10^3}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos\varphi};$$

для двухфазных линий с нулевым проводником

$$I_{po} = \frac{P_{po} \cdot 10^3}{2 \cdot U_{\phi} \cdot \cos\varphi};$$

для однофазных линий

$$I_{po} = \frac{P_{po} \cdot 10^3}{U_{\phi} \cdot \cos\varphi};$$

Рекомендуемые значения коэффициента активной мощности для люминесцентных

ламп и питающих их проводов $\cos\varphi = 0,95$; для ламп ДРЛ, ДРИ, ДНАТ – $0,5 \dots 0,6$.

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

если будет выполняться следующее расчетное условие:
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$I_{po} \leq I_{доп}.$$

Осветительная сеть, выбранная по условиям нагрева, проверяется на допустимую потерю напряжения, рассчитанную по формуле:

$$\Delta U_D = U_{xx} - U_{пит} - \Delta U_T,$$

где U_{xx} – вторичное напряжение холостого хода трансформатора, принимаемое равным 105 %;

$U_{пит}$ – напряжение у самой удаленной лампы, принимаемое по нормам 95 % от номинального напряжения лампы;

ΔU_T – потери напряжения в трансформаторе.

$$\Delta U_T = \beta_T (U_a \cos \varphi + U_p \sin \varphi) + \frac{\beta_T}{200} (U_p \cos \varphi + U_a \sin \varphi)^2,$$

где β_T – коэффициент загрузки трансформатора;

U_a и U_p – активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания трансформатора;

$\cos \varphi$ – коэффициент активной мощности нагрузки трансформатора.

При использовании трансформаторов, для которых $S_n \leq 1000$ кВА, формула приобретает более простой вид:

$$\Delta U_T = \beta_T (U_a \cos \varphi + U_p \sin \varphi).$$

$$U_a = \frac{\Delta P_k}{S_n} \quad \text{и} \quad U_p = \sqrt{U_k^2 - U_a^2},$$

где ΔP_k – потери короткого замыкания трансформатора;

S_n – номинальная мощность трансформатора.

Сечение проводов осветительных сетей определяется по формуле:

$$q = \frac{M}{C \Delta U_q},$$

где $M_{прив}$ – приведенный момент нагрузки.

Значение этого момента:

$$M_{прив} = \Sigma M + \Sigma \alpha \cdot t,$$

где ΣM – сумма моментов расчетного и всех последующих по направлению мощности участков с одинаковым числом проводов в линии;

$\Sigma \alpha \cdot t$ – сумма приведенных моментов участков с другим числом проводов в линии;

α – коэффициент приведения моментов, принимаемый по справочной литературе.

Сечение проводов осветительных сетей определяется по формуле, округляется до ближайшего стандарт-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Сеч. действительная потеря напряжения на расчетном

участке. Расчет последующих участков с меньшим количеством проводов производится аналогично по остаточной потере напряжения:

$$\Delta U_{до} = \Delta U_d - \Delta U_{\phi}.$$

Из двух расчетных условий основным становится то, при котором сечение проводов осветительной сети окажется большим.

Задания:

Задание №1

Два асинхронных электродвигателя, использующихся для привода вентиляторов, предполагается подключить к распределительному шкафу ШР-11. Выбрать номинальные токи их защитных аппаратов, встроенных в шкаф, сечение и марку проводов ответвлений к двигателю, определить способ и место их прокладки. Номинальные параметры двигателей: $P_{н1} = 11$ кВт; $U_n = 380$ В; $\eta = 87\%$; $\cos\varphi = 0,86$; $k_{пуск} = 7$; $P_{н2} = 15$ кВт; $\eta = 89\%$; $\cos\varphi = 0,88$; $k_{пуск} = 7$.

Задание №2

Асинхронный двигатель, используемый для привода производственного механизма повторно-кратковременного режима работы, предполагается подключить к распределительному шкафу ПР8501. Выбрать параметры защитного аппарата, встроенного в шкаф и предназначенного для защиты ответвления; сечение и марку проводов ответвления, и способ его прокладки в цехе.

Номинальные данные двигателя: $P_n = 7,5$ кВт; $U_n = 380$ В; $\eta = 87,5\%$; $\cos\varphi = 0,88$; $k_{пуск} = 7$; ПВ = 45 %.

Задание №3

Определить сечение проводников и способ прокладки линии, питающей распределительный шкаф ШР-11 от цеховой ТП. Расчетная токовая нагрузка присоединенных электроприемников к шкафу равна $I_p = 120,5$ А; $U_n = 380$ В. Линию предполагается подключить к сборным шинам цеховой ТП через автоматический выключатель ВА51-33; $I_n = 160$ А; $I_{срз} = 1600$ А.

Задание №4

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Группа электромонтеров с расчетной нагрузкой в 15 кВА предполагается подключить к распределительному шкафу ШР-А-4, $I_n = 250$ А, длина 75 м. Питание шинопроводу ШР-А-4, $I_n = 250$ А, длина 75 м. Питание шинопровода будет осуществляться от цеховой ТП мощностью 1х630 кВА на напряжении 380 В.

Наибольший пусковой ток одного из присоединенных электродвигателей равен 195 А. Выбрать сечение, марку и место присоединения питающего кабеля к шинопроводу, а также параметры автоматического выключателя, установленного в начале питающей линии (на ТП).

Задание №5

Электроприемники механического цеха подключены к пяти распределительным шинопроводам ШРА-4 длиной по 30 м каждый. Шинопроводы установлены поперек цеха на расстоянии 10 м друг от друга. Расчетная токовая нагрузка для первых двух шинопроводов по 350 А, для третьего – 220 А, для четвертого и пятого – по 110 А. Коэффициент мощности для всех групп электроприемников $\cos\varphi = 0,8$.

Питание распределительных шинопроводов предполагается осуществить через силовые ящики (табл. П18) от магистрального шинопровода ШМА-4, проложенного вдоль цеха на высоте 5 м от пола и подключенного к цеховому трансформатору мощностью $S_n = 1600$ кВА автоматическим выключателем.

Самым мощным электроприемниками цеха является электродвигатель ($P_n = 22$ кВт, $U_n = 380$ В, $\eta = 90\%$, $\cos\varphi = 0,79$, $k_{\text{пуск}} = 6,5$). Выбрать тип магистрального шинопровода и головной автомат к нему; типы распределительных шинопроводов и питающие их ответвления от ШМА. Проверить напряжение на выводах самого удаленного электродвигателя.

Задание №6

Выбрать троллеи из угловой стали для мостового крана, имеющего пять асинхронных электродвигателей с фазным ротором напряжением 380 В. Параметры двигателей при ПВ = 25 % приведены в табл. 3.1. Режим работы крана средний. Расчетная длина наиболее нагруженного плеча троллеев = 40 м от места подключения питающего ответвления. Расстояние между фазами троллеев составляет 250 мм, коэффициент мощности всех электродвигателей крана $\cos\varphi = 0,55$.

Таблица 3.1 – Параметры двигателя

Механизм крана	Паспортная мощность двигателей, кВт
Главный подъем	22

Вспомогательный документ

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Механизм передвижения моста

11
2x16

Механизм передвижения тележки	3,5
Всего	68,5

Задание №7

Выбрать троллейный шинопровод для мостового крана со средним режимом работы. На кране установлены асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, паспортные данные которых: подъем – 15 кВт, передвижение моста – 2х11 кВт, передвижение тележки – 2,2 кВт, ПВ = 30 %. Питание крана осуществляется на напряжении 380 В от цеховой ТП. Расчетная длина троллеев $\ell_{\text{расч}} = 50$ м.

Задание №8

Выбрать сечение проводов питающей линии длиной 25 м осветительной сети цеха на участке от РП до осветительного щитка(ЩО). Освещение предполагается выполнить лампами ДРЛ, суммарная установленная мощность которых $P_n = 15$ кВт. Допустимая потеря напряжения $\Delta U_{\text{доп}} = 2,5$ %.

Контрольные вопросы:

1. Элементы, входящие в системы внешнего электроснабжения, их назначение.
2. Виды схем внутризаводской сети СЭС, их преимущества и недостатки.
3. В чем заключается особенность использования схем глубокого ввода ГПП промышленных предприятий.
4. Основные характеристики СЭС при наличии заводских блок-станций.
5. Определения местоположения ГПП предприятия.
6. Построение внутрицеховых СЭС.
7. Основные виды внутрицеховых сетей. Классификация цеховых сетей напряжением до 1 кВ по конструктивным признакам.
8. Электропомещения и их классификация.
9. Особо опасные помещения и требования к электроустановкам, размещенным в них.
10. Какие помещения относят к влажным помещениям, и какие к жарким.
11. Блок «трансформатор-магистраль» и его использование. Распределительные

шинопровод, распределительные пункты.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6 КРУ напряжением до 1000 В.
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Практическая работа №5. Питающая и распределительная сеть 6 – 10 кВ предприятий.

Цель: Изучить основные схемы питающих и распределительных сетей 6 – 10 кВ предприятия.

Основы теории:

Передача и распределение электроэнергии на напряжении 6 – 10 кВ осуществляется в тех случаях, когда предприятия расположены недалеко (1 – 3 км) от источника питания и имеют сравнительно небольшие электрические нагрузки.

Система электроснабжения на напряжении 6 – 10 кВ таких предприятий включает в себя несколько составных элементов: питающую сеть 6 – 10 кВ, распределительный пункт и распределительную сеть того же напряжения с присоединенными к ней цеховыми трансформаторами.

Вся сеть напряжением 6 – 10 кВ таких предприятий выполняется, как правило, кабелями. Их пропускная способность определяется несколькими расчетными критериями в зависимости от используемых схемных решений: экономической плотностью тока, нагревом тока нагрузки продолжительного, послеаварийного режимов и термической устойчивостью тока аварийного режима.

Сечение жил кабеля по экономической плотности тока определяется по выражению

$$F_{\text{э}} = \frac{I_p}{j_{\text{э}}},$$

где I_p – расчетный ток линии в продолжительном режиме работы;

$j_{\text{э}}$ – экономическая плотность тока, принимаемая в зависимости от числа часов использования максимальной нагрузки, рода изоляции и материала проводника. По справочной литературе принимается ближайшее стандартное сечение и указывается допустимая токовая нагрузка.

Ток продолжительного режима работы линии

$$I_{\text{н}} \geq I_p,$$

где $I_{\text{н}}$ – номинальный ток кабеля, принимаемый по табл. П20 и корректируемый с учетом условий прокладки соответствующими коэффициентами.

После окончания работы документ может возникнуть в тех случаях, когда одна из линий, питающих предприятие, выходит из строя (при КЗ или ремонте), а оставшаяся в работе несет удвоенную нагрузку. Сечение жил кабеля для такого режима определяется по условию

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$F_{\text{ту}} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C},$$

где $B_{\text{к}}$ – тепловой импульс от тока короткого замыкания,

C – расчетный коэффициент.

Величина теплового импульса

$$B_{\text{к}} = I_{\infty}^2 (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}),$$

где I_{∞} – действующее значение установившегося тока КЗ в начале линии;

$t_{\text{откл}}$ – время отключения КЗ;

$T_{\text{а}}$ – постоянная времени затухания апериодической составляющей тока КЗ, определяемая по выражению

$$T_{\text{а}} = \frac{x_{\Sigma}}{\omega \cdot r_{\Sigma}},$$

где x_{Σ} и r_{Σ} – результирующие индуктивное и активное сопротивления короткозамкнутой цепи;

ω – угловая частота.

Из перечисленных критериев определяющим в конкретных условиях становится тот, который обуславливает наибольшее сечение жил кабеля.

Задания:

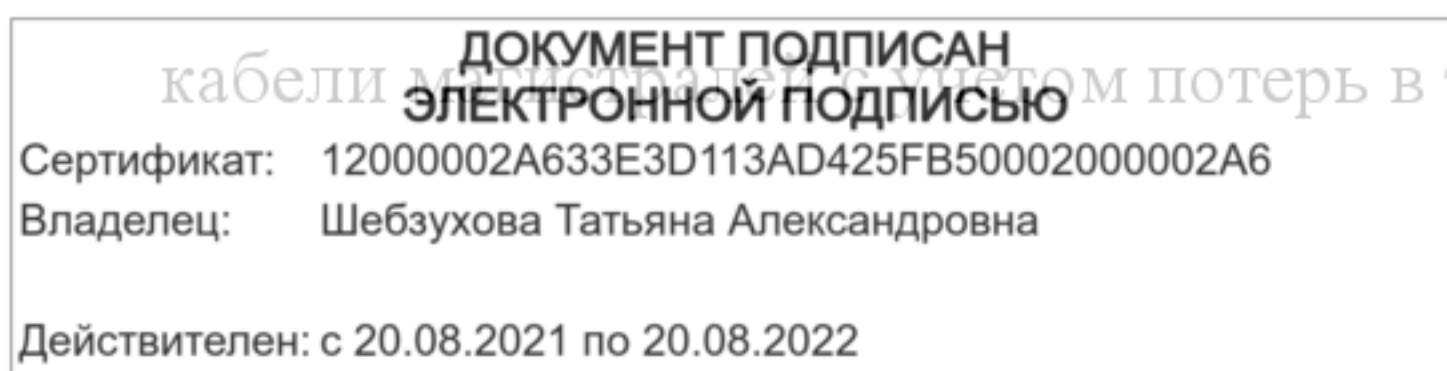
Задание №1

Определить сечение радиальных кабельных линий, проложенных в земляной траншее и питающих двухсекционный РП напряжением 10 кВ. Расчетная нагрузка присоединенных потребителей $S_{\text{р}} = 8,5$ МВ·А. Время использования максимальной нагрузки $T_{\text{м}} = 4000$ ч, установившийся ток КЗ на шинах источника питания $I_{\infty} = 9$ кА, $T_{\text{а}} = 0,01$ с.

Задание №2

Две двухтрансформаторные ТП подключены к двойной сквозной магистрали. Номинальная мощность и коэффициент загрузки трансформаторов $S_{\text{н}} = 1000$ кВ·А, $k_{\text{з}} = 0,7$. Ток короткого замыкания на шинах РП напряжением 10 кВ, куда подключены магистрали, $I_{\infty} = 5,8$ кА, $T_{\text{а}} = 0,01$ с, $T_{\text{м}} = 3500$ ч. Выбрать

кабели минимального сечением потерь в трансформаторах ТП.



Задание №3

Выбрать кабели радиальных линий напряжением 10 кВ, питающих двухтрансформаторную ТП мощностью 2х1600 кВ·А и коэффициентом загрузки $k_z = 0,7$. Ток КЗ на шинах РП, куда подключены линии, $I_\infty = 6$ кА, $T_a = 0,01$ с, $T_m = 3000$ ч. Кабели будут проложены в земляной траншее.

Задание №4

Определить сечение кабельной линии напряжением 10 кВ, питающей по схеме одиночной магистрали три однострансформаторные ТП с трансформаторами $S_H = 630$ кВ·А, $k_z = 0,85$. Ток КЗ на шинах РП, куда присоединена магистраль, для двух вариантов: а) $I_\infty = 12$ кА, б) $I_\infty = 5,5$ кА. Для обоих вариантов $T_a = 0,01$ с, $T_m = 3000$ ч.

Контрольные вопросы:

1. Перечислить требования, предъявляемые к распределительным сетям на предприятии.
2. Какие существуют схемы питания промышленных предприятий? Приведите примеры.
3. Для чего секционируют системы шин?
4. Перечислить типы цеховых трансформаторных подстанций.
5. Указать особенности распределения электроэнергии внутри цеха на напряжении до 1000 В.

Практическая работа №6. Силовые трансформаторы подстанций.

Цель: Познакомиться с конструкцией силовых трансформаторов и их выбором на подстанцию.

Основы теории:

Основным и наиболее дорогостоящим элементом любой системы электроснабжения предприятия являются силовые трансформаторы цеховых и главных понижающих подстанций. Эффективное использование суммарной трансформаторной мощности на предприятии позволяет проектировать наиболее экономичную систему его электроснабжения.

Экономичность принимаемых технических решений при выборе мощности трансформаторов и их количества определяется в результате сравнения приведенных затрат, например, двух вариантов (не учитывая влияния компенсации реактивной мощности на выбор трансформаторов, величины приведенных затрат для каждого варианта):

$$З_{Т1} = EK_{Т1} + \left[\Delta P_{\text{xx}1} + \left(\frac{S}{S_{\text{H}1}} \right)^2 \cdot \Delta P_{\text{H}1} \right] \cdot C_0,$$

$$З_{Т2} = EK_{Т2} + \left[\Delta P_{\text{xx}2} + \left(\frac{S}{S_{\text{H}2}} \right)^2 \cdot \Delta P_{\text{H}2} \right] \cdot C_0,$$

где $K_{Т1}$ и $K_{Т2}$ – капитальные затраты по трансформаторам;

S и S_{H} – средняя нагрузка и номинальная мощность трансформаторов;

ΔP_{xx} и ΔP_{H} – потери активной мощности в трансформаторе при холостом ходе и при номинальной нагрузке;

C_0 – удельная стоимость активных потерь.

Можно также воспользоваться разницей приведенных затрат сравниваемых вариантов:

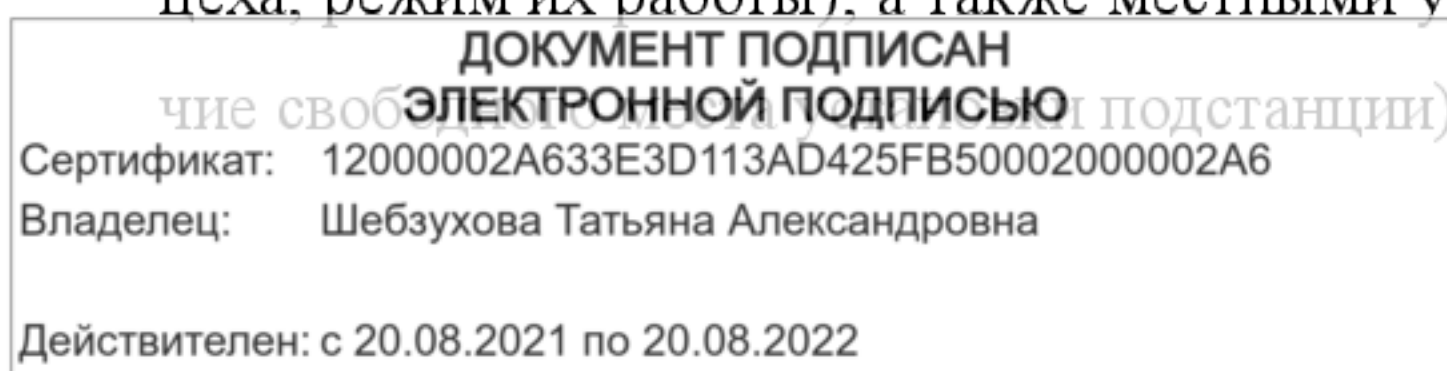
$$\Delta З_{\text{T}} = З_{Т2} - З_{Т1} = E \Delta K_{\text{T}} + \left[\Delta P_{\text{xx}} + \left(\frac{S}{S_{\text{H}1}} \right)^2 \cdot \Delta P_{\text{H}} \right] \cdot C_0,$$

где $\Delta K_{\text{T}} = K_{Т2} - K_{Т1}$; $\Delta P_{\text{xx}} = \Delta P_{\text{xx}2} - \Delta P_{\text{xx}1}$; $\Delta P_{\text{H}} = \frac{\Delta P_{\text{H}2}}{K_2} - \Delta P_{\text{H}1}$; $K = \frac{S_{\text{H}2}}{S_{\text{H}1}}$; $E = P_{\text{H}} + \frac{\Delta З}{\Delta K}$

– коэффициент дополнительных капитальных вложений.

Выбор количества и мощности трансформаторов цеховых ТП определяется рядом общих положений (величина нагрузки, распределение электроприемников по площади цеха, режим их работы); а также местными условиями (условия окружающей среды, нали-

чие свободных мощностей трансформаторов подстанции), в которых трансформатор будет работать.



Поскольку в этих случаях сравниваются в основном трансформаторы мощностью 630, 1000, 1600 и 2500 кВ·А, то при удельных плотностях нагрузок на единицу производственной площади $S_{уд} < 0,2$ кВ·А/м², $S_{уд} = 0,2 \dots 0,3$ кВ·А/м² и $S_{уд} > 0,3$ кВ·А/м² рекомендуется использовать трансформаторы номинальной мощностью 630...1000 кВ·А, 1600 кВ·А и 2500 кВ·А соответственно (табл. П21). Состав электроприемников конкретных цехов с учетом категории надежности их электроснабжения регламентирует целесообразность использования одно- или двухтрансформаторных ТП. При выборе трансформаторов на главных понизительных подстанциях, от которых предполагается электроснабжение предприятий, следует учитывать то обстоятельство, что своих проектных мощностей предприятия достигают по прошествии нескольких лет работы. Поэтому с учетом реальных нагрузок и динамики их роста следует выбирать такие мощности трансформаторов, чтобы спустя 10 – 15 лет работы их можно было заменить на более мощные, а существующие передать в эксплуатацию другим потребителям.

При проектировании и эксплуатации подстанций необходимо предусматривать экономически целесообразный режим работы трансформаторов. Сущность его состоит в том, что при наличии нескольких трансформаторов, работающих на общие шины, количество включенных трансформаторов определяется условием минимума приведенных потерь мощности. Приведенные потери включают в себя потери активной мощности в самих трансформаторах, а также потери в элементах системы электроснабжения по всей цепи питания от источников до рассматриваемого трансформатора при передаче к нему реактивной мощности, т.е.

$$\Delta P'_T = \Delta P'_{xx} + k_3^2 \Delta P'_{k3},$$

где $\Delta P'_{xx} = \Delta P_{xx} + k_{инп} \Delta Q_{xx}$, - приведенные потери холостого хода трансформаторов;

$\Delta P'_{k3} = \Delta P_{k3} + k_{инп} \Delta Q_{k3}$ – приведенные потери нагрузочные;

k_3 – коэффициент нагрузки;

$k_{инп}$ – коэффициент изменения потерь, который задается энергосистемой в пределах 0,02-0,05;

$\Delta Q_{xx} = \frac{I_{xx} \%}{100} S_{нт}$ – реактивная мощность холостого хода трансформатора;

$\Delta Q_{k3} = \frac{I_k \%}{100} S_{нт}$ – реактивная мощность трансформатора при номинальной нагрузке.

$$\Delta P'_T = \Delta P'_{xx} + \frac{\Delta P_{k3}}{S_{нт}^2} \cdot S^2,$$

где S – значение нагрузки трансформатора.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН

ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Представитель представляет собой параболу. Для количества работающих трансформаторов одинаковой мощности n и $n - 1$ при неизменной нагрузке подстанции обе

параболы, представленные графически, будут иметь общую точку пересечения, в которой справедливо равенство

Задания:

Задание №1

Определить количество и мощность цеховых трансформаторов для двух вариантов. Сравнить экономические показатели вариантов с учетом затрат на установку БНК-0,38 кВ (табл. П22). В цехе имеются электроприемники всех категорий по надежности электроснабжения.

Вариант а. Расчетные нагрузки цеха $P_p = 4300$ кВт, $Q_p = 5000$ кВар, $S_{уд} = 0,3$ кВА/м². Компенсация реактивной мощности в сети 0,38 кВ отсутствует.

Вариант б. Исходные расчетные данные те же, но в цеховой сети установлены БНК-0,38 кВ суммарной мощностью $Q_{бк} = 2000$ кВар.

Задание №2

Группа из трех цехов предприятия имеет потребителей II и III категорий. Расчетные нагрузки цехов:

$$P_{p1} = 2500 \text{ кВт}, P_{p2} = 1800 \text{ кВт}, P_{p3} = 2000 \text{ кВт}, \\ Q_{p1} = 2000 \text{ кВар}, Q_{p2} = 1900 \text{ кВар}, Q_{p3} = 2100 \text{ кВар}$$

Расстояние между цехами 50 м.

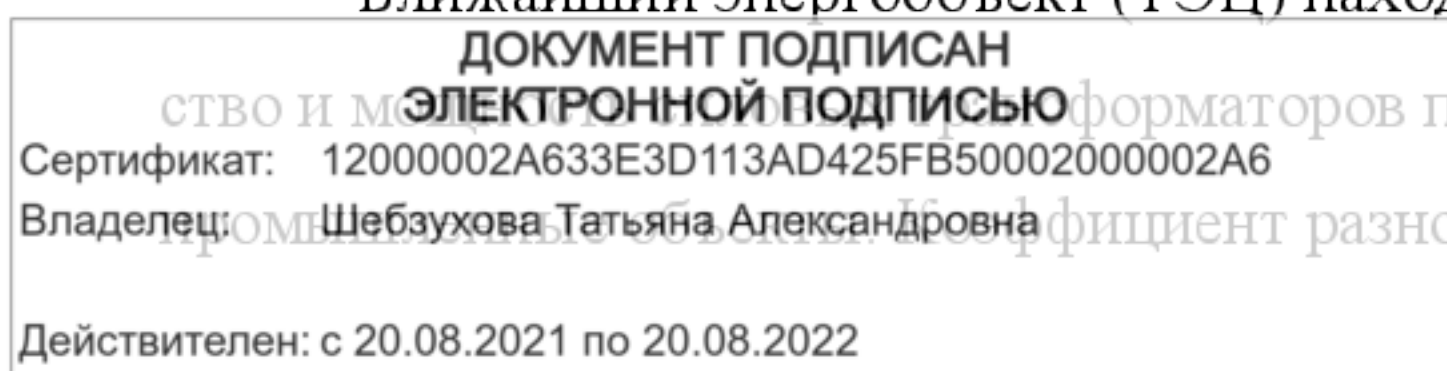
Определить количество и мощность цеховых трансформаторов, предусмотрев для потребителей II категории двухтрансформаторные ТП (вариант а). Для варианта б предусматриваются однострансформаторные ТП с резервированием в 20 % по вторичному напряжению между цехами. Дать экономическое сравнение вариантов.

Задание №3

Группа из четырех промышленных объектов имеет потребителей I, II и III категорий. Расчетные нагрузки каждого объекта:

$$P_{p1} = 3000 \text{ кВт}, P_{p2} = 3500 \text{ кВт}, P_{p3} = 2500 \text{ кВт}, P_{p4} = 5000 \text{ кВт}, \\ Q_{p1} = 2800 \text{ кВар}, Q_{p2} = 3200 \text{ кВар}, Q_{p3} = 3000 \text{ кВар}, Q_{p4} = 4500 \text{ кВар}.$$

Ближайший энергообъект (ТЭЦ) находится на расстоянии 6 км. Определить количе-



ство и мощность трансформаторов подстанции, от которой предполагается питать промышленный объект. Коэффициент разнообразности нагрузок $k_{рм} = 0,81$.

Задание №4

Определить количество и мощность трансформаторов на подстанции глубокого ввода 110/10 кВ, от которой предполагается осуществить электроснабжение машиностроительного завода. Максимальная суточная нагрузка завода в течение двух часов $S_M = 23$ МВ·А.

Коэффициент заполнения графика $k_{зг} = 0,7$. Нагрузка потребителей I категории составляет $S_p = 4$ МВ·А.

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте общие положения по выбору числа трансформаторов на подстанции.
2. По каким критериям выбирается мощность трансформаторов?
3. Как производится проверка трансформатора с учётом его перегрузочной способности?
4. Укажите порядок расчёта ТП.
5. Чем обусловлен существующий ряд мощностей трансформаторов?

Практическая работа №7. Потери мощности и энергии в элементах системы электроснабжения.

Цель: Изучить расчет потерь мощности в системах электроснабжения промышленного предприятия.

Основы теории:

Работа таких элементов системы электроснабжения, как линии электропередачи, силовые трансформаторы, токоограничивающие реакторы, сопровождается потерями мощности и энергии.

зависимости от исходных данных их можно определить для линий электропередач:

– по среднеквадратичному току $I_{\text{ск}}$,

– по максимальному току $I_{\text{м}}$.

Среднеквадратичный ток оценивается выражением

$$I_{\text{ск}} = k_{\phi} I_{\text{ср}}.$$

Среднее значение тока при известном расходе активной электроэнергии за время T_d

$$I_{\text{ср}} = \frac{\mathcal{E}_a}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cos \varphi_{\text{св}} \cdot T_d},$$

где T_d – время действительной работы линии;

$\mathcal{E}_a$ – расход активной энергии за время T_d ;

$\cos \varphi_{\text{св}}$ – средневзвешенное значение коэффициента активной мощности.

Коэффициент формы графика $k_{\phi} = 1,05 \dots 1,1$ для электроприемников продолжительного режима работы при $n > 2$ и электроприемников повторно-кратковременного режима работы при $n > 20$. Для электроприемников повторно-кратковременного режима работы при $n < 20$

$$k_{\phi} = \sqrt{1 + \frac{1 - \text{ПВ}}{n_{\text{э}} \cdot \text{ПВ}}}$$

где ПВ – продолжительность включения электроприемников;

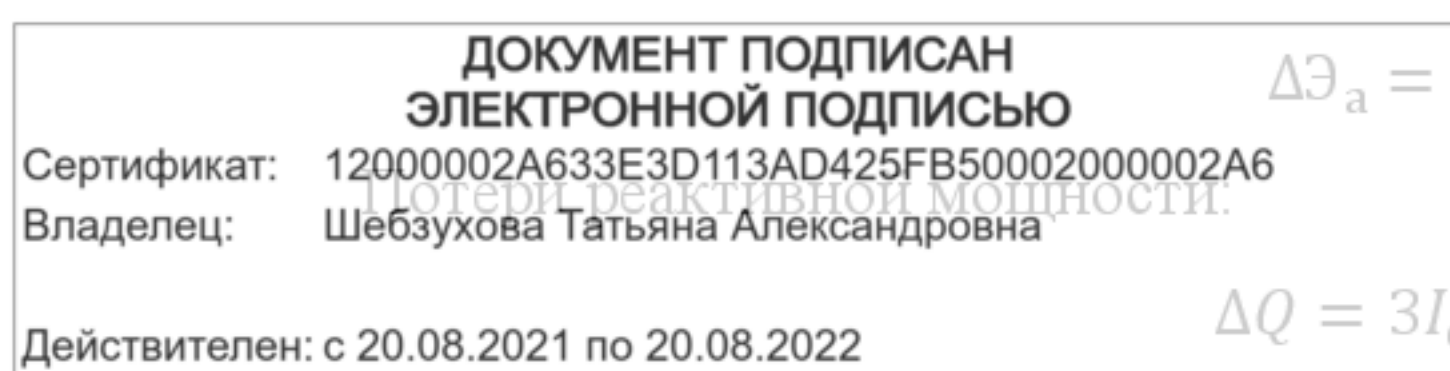
$n_{\text{э}}$ – эффективное число электроприемников.

Потери активной мощности и энергии в линии:

$$\Delta P = 3 I_{\text{ск}}^2 R_{\text{л}} 10^{-3};$$

$$\Delta \mathcal{E}_a = \Delta P \cdot T_d.$$

$$\Delta Q = 3 I_{\text{ск}}^2 x_{\text{л}} 10^{-3};$$



$$\Delta \mathcal{E}_p = \Delta Q \cdot T_d,$$

где $R_{\text{л}}$ и $x_{\text{л}}$ – активное и индуктивное сопротивления линии.

При известном расходе активной энергии за определенное время (сутки, год), а также известной величине максимальной активной нагрузки $P_{\text{м}}$ можно найти время $T_{\text{м}}$, в течение которого линия, работая с неизменной максимальной нагрузкой, передает эту энергию потребителю:

$$T_{\text{м}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{а}}}{P_{\text{м}}}.$$

По известным значениям $\mathcal{E}_{\text{а}}$ и $T_{\text{м}}$ определяется максимальный ток за рассматриваемый период времени:

$$I_{\text{м}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{а}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cos \varphi_{\text{св}} T_{\text{м}}}.$$

Потери активной и реактивной мощности в линиях:

$$\Delta P_{\text{л}} = 3 I_{\text{м}}^2 R_{\text{л}} 10^{-3};$$

$$\Delta Q_{\text{л}} = I_{\text{м}}^2 x_{\text{л}} 10^{-3},$$

Для определения потерь энергии в этом случае учитывается время максимальных потерь τ . Его значение находится по графикам зависимости $\tau = f(T_{\text{м}}, \cos \varphi)$. При отсутствии графиков для определения τ можно воспользоваться приближенным выражением:

$$\tau = (0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10^4})^2 \cdot 8760.$$

Потери активной и реактивной энергии в линиях:

$$\mathcal{E}_{\text{а}} = \Delta P \cdot \tau;$$

$$\mathcal{E}_{\text{р}} = \Delta Q \cdot \tau.$$

В трансформаторах потери мощности и энергии определяются по их каталожным данным, если известна фактическая нагрузка S .

Суммарные активные и реактивные потери мощности:

$$\Delta P_{\text{Т}} = \Delta P_{\text{хх}} + (\frac{S}{S_{\text{нт}}})^2 \cdot \Delta P_{\text{кз}};$$

$$\Delta Q_{\text{Т}} = \frac{S_{\text{нт}}}{100} [i_{\text{хх}} + (\frac{S}{S_{\text{нт}}})^2 \cdot U_{\text{к}}]$$

Потери энергии:

$$\Delta \mathcal{E}_{\text{рт}} = \frac{S_{\text{нт}}}{100} [i_{\text{хх}} \cdot T_{\text{в}} + U_{\text{к}} (\frac{S}{S_{\text{нт}}})^2 \cdot \tau],$$

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

$$\mathcal{E}_{\text{ат}} = \Delta P_{\text{хх}} T_{\text{в}} + \Delta P_{\text{кз}} (\frac{S}{S_{\text{нт}}})^2 \cdot \tau;$$

где $T_{\text{в}}$ – время включения трансформатора.

В токоограничивающих реакторах потери активной и реактивной мощности:

$$\Delta P_p = 3\Delta P_{\text{нф}} \left(\frac{I}{I_n}\right)^2;$$

$$\Delta Q_p = 3\Delta Q_{\text{нф}} \left(\frac{I}{I_n}\right)^2$$

где $\Delta P_{\text{нф}}$ и $\Delta Q_{\text{нф}}$ – потери активной и реактивной мощности в одной фазной обмотке реактора при номинальном токе [9];

I – фактическая токовая нагрузка фазной обмотки реактора.

Потери активной и реактивной энергии в трехфазном реакторе:

$$\Delta \mathcal{E}_a = \Delta P_p \cdot T_{\text{в}},$$

$$\Delta \mathcal{E}_p = \Delta Q_p \cdot \tau.$$

Задания:

Задание №1

Цеховая ТП с трансформаторами 2х1600 кВА подключена двумя радиальными линиями ($l = 0,8$ км), выполненными кабелем ААБ-10(3х70). Годовой расход электроэнергии электроприемниками цеха $\mathcal{E}_{\text{аг}} = 9000 \cdot 10^3$ кВт·ч при $\cos\varphi = 0,87$. Время действительной работы линии $T_{\text{д}} = 5500$ ч. Определить потери активной и реактивной мощности и энергии в линиях.

Задание №2

Определить годовые потери активной и реактивной электроэнергии в трансформаторе $S_{\text{н}} = 1000$ кВА с коэффициентами загрузки $k_3 = 0,85$. Число часов использования максимальной нагрузки $T_{\text{м}} = 3500$ ч, $\cos\varphi = 0,8$.

Задание №3

Двухсекционный РП питается радиальными линиями, $l=1,5$ км, выполненными кабелем ААШвУ-10(3х185). Годовой расход электроэнергии присоединенных потребителей $40000 \cdot 10^3$ кВт·ч. при $\cos\varphi = 0,88$. Время действительной работы линий $T_{\text{д}} = 7500$ ч. Определить потери активной и реактивной мощности в линиях.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Задание №4

Определить годовые потери активной энергии в трехфазном реакторе РБА-10-630-0,56УЗ, максимальная токовая нагрузка которого $I_{\text{макс}} = 520 \text{ А}$, потери в фазной обмотке при номинальном токе кВт. $\Delta P_{\text{нф}} = 4.6 \text{ кВт}$

Контрольные вопросы:

1. Потери электроэнергии в трансформаторах, причины и способы их снижения.
2. Потери электроэнергии в линии и пути их снижения.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Практическая работа №8. Компенсация реактивной мощности.

Цель: Изучить основные компенсирующие устройства реактивной мощности.

Основы теории:

Экономическое значение реактивной мощности (РМ), потребляемой из энергосистемы в часы больших нагрузок ее сети, определяется с учетом суммарных расчетных нагрузок (активной и реактивной) потребителя [10]:

$$\Delta \mathcal{E}_\Delta = \overline{P}_p \cdot tg \varphi_\Delta.$$

Математическое ожидание расчетных нагрузок потребителя

$$\overline{P}_p = P_p \cdot k_0, \quad \overline{Q}_p = \Delta Q_p \cdot k_0,$$

где k_0 – коэффициент приведения расчетных нагрузок, равный 0,9.

Нормативное значение коэффициента $tg \varphi_{\Delta}$, которым пользуется энергоснабжающей организации, определяется по выражению

$$tg \varphi_{\Delta} = \frac{240}{\alpha \cdot d_{\text{макс}} + 50b} tg \varphi_B \cdot k_1,$$

где $d_{\text{макс}}$ – отношение потребления энергии в квартале максимума нагрузки энергосистемы к потреблению ее в квартале максимума нагрузки предприятия; при отсутствии необходимых данных $d_{\text{макс}} = 1$;

α – основная ставка тарифа на активную мощность, руб./(кВт·год);

b – дополнительная ставка тарифа на активную энергию, руб./кВт·ч;

$tg \varphi_B$ – базовый коэффициент реактивной мощности, принимаемый равным 0,25; 0,3; 0,4 для сетей 6 – 20 кВ, присоединенных к шинам подстанции с высшим напряжением 35, 110 и 220 – 330 кВ соответственно;

k_1 – коэффициент удорожания конденсаторов, принимаемый равным кратности повышения тарифа на электроэнергию:

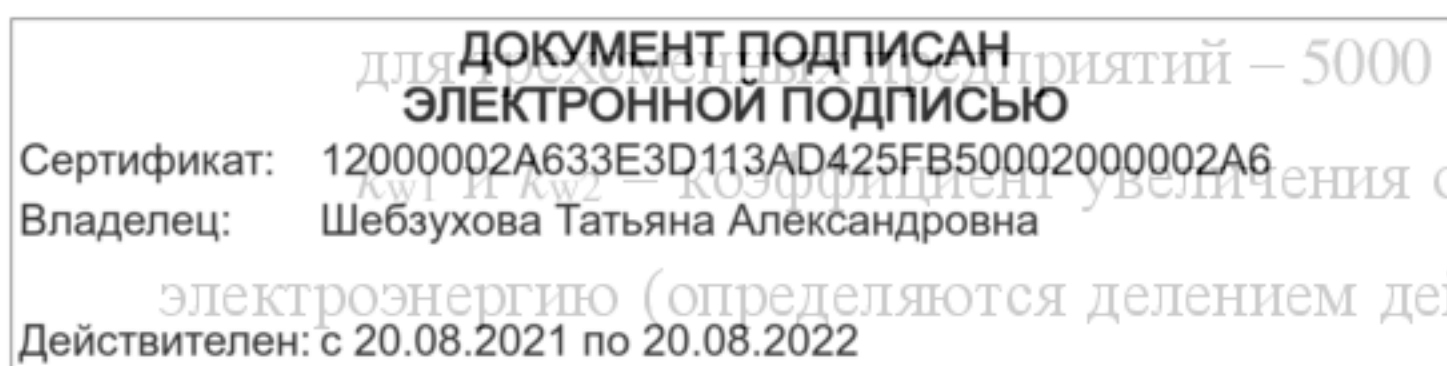
$$k_1 = k_w = \frac{\alpha \cdot k_{w1} + b \cdot k_{w2} \cdot 10^{-2} \cdot T_M}{\alpha + b \cdot T_M \cdot 10^{-2}},$$

где T_M – число часов использования максимальной нагрузки, определяемое характером и сменностью работы потребителя в год, ч:

для односменных предприятий – 1800 – 2500;

для двухсменных предприятий – 3500 – 4500;

для трехсменных предприятий – 5000 – 7000.



основной и дополнительной ставок тарифа на электроэнергию (определяются делением действующих ставок тарифа на 60 и $1,8 \cdot 10^{-2}$)

соответственно. Если в результате расчета окажется, что $\text{tg}\varphi_{\text{эн}} > 0,6$, то его значение принимается равным 0,6. Такое же значение $\text{tg}\varphi_{\text{эн}}$ принимается и для шин генераторного напряжения 6 – 20 кВ.

Выбор средств компенсации РМ осуществляется в два расчетных этапа:

при потреблении РМ из энергосистемы в пределах экономического ее значения $Q_{\text{э}}$;

при потреблении РМ из энергосистемы, превышающем экономическое значение $Q_{\text{п}}$.

На первом этапе определяется мощность батарей низковольтных конденсаторов (БНК), устанавливаемых в сетях до 1 кВ по критерию выбора минимального числа цеховых трансформаторов.

Для каждой группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности определяется минимальное их количество по выражению

$$N_{T\text{мин}} = \frac{P_{\text{рн}}}{\beta_T \cdot S_{T\text{н}}},$$

где $P_{\text{рн}}$ – суммарная расчетная активная нагрузка напряжением до 1 кВ данной группы цеховых трансформаторов;

β_T – коэффициент загрузки трансформаторов, зависящий от категории потребителей по надежности электроснабжения;

$S_{T\text{н}}$ – номинальная единичная мощность цехового трансформатора, зависящая от удельной плотности нагрузки на единицу производственной площади [7].

Полученное значение округляется до ближайшего большего целого числа.

Наибольшая РМ, которую можно передать в сеть до 1 кВ при заданном β_T , определяется:

для трансформаторов, заполненных маслом или негорючей жидкостью:

$$Q_T = \sqrt{(1,1\beta_T S_{T\text{н}} N_{T\text{мин}})^2 - P_{\text{рн}}^2},$$

для сухих трансформаторов

$$Q_T = \sqrt{(1,05\beta_T S_{T\text{н}} N_{T\text{мин}})^2 - P_{\text{рн}}^2}.$$

Мощность низковольтных конденсаторов

$$Q_{\text{нк1}} = Q_{\text{рн}} = Q_T,$$

где $Q_{\text{рн}}$ – суммарная расчетная реактивная нагрузка до 1 кВ рассматриваемой группы цеховых трансформаторов. При условии, что $Q_{\text{нк1}} < 0$, БНК в сети до 1 кВ не устанавливаются.

