

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»
в г. Петровске

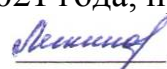
УТВЕРЖДАЮ
Директор филиала СГТУ
имени Гагарина Ю.А. в г.Петровске
Е.А.Бесшапошникова
«30» июня 2021 г.



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

по междисциплинарному курсу
МДК.02.03 «Релейная защита и автоматические
системы управления устройствами электроснабжения»

специальности
13.02.07 «Электроснабжение (по отраслям)»

Методические указания рассмотрены
на заседании предметной (цикловой)
комиссии общепрофессиональных дисциплин,
профессиональных модулей специальностей
технического профиля
«14» июня 2021 года, протокол № 13
Председатель ПЦК  /Т.А.Лескина/

Петровск 2021

Пояснительная записка

Методические указания по выполнению лабораторных работ разработаны в соответствии с рабочей программой профессионального модуля ПМ.02 «Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей», требованиями Федерального государственного образовательного стандарта (далее – ФГОС) по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 14.12.2017 № 1216 и соответствующих общих (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами;

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности;

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках;

ОК 11. Использовать знания по финансовой грамотности, планировать предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере.

ПК 2.2. Выполнять основные виды работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии;

ПК 2.3. Выполнять основные виды работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок, систем релейных защит и автоматизированных систем;

ПК 2.5. Разрабатывать и оформлять технологическую и отчетную документацию.

Изучение профессионального модуля направлено на освоение основного вида деятельности «Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей».

При выполнении лабораторных работ студент должен **уметь**:

- разрабатывать электрические схемы устройств электрических подстанций и сетей;
- вносить изменения в принципиальные схемы при замене приборов аппаратуры распределительных устройств;
- обеспечивать выполнение работ по обслуживанию трансформаторов и преобразователей электрической энергии;
- обеспечивать проведение работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств электроустановок;
- контролировать состояние воздушных и кабельных линий, организовывать и проводить работы по их техническому обслуживанию;
- использовать нормативную техническую документацию и инструкции;
- выполнять расчеты рабочих и аварийных режимов действующих электроустановок и выбирать оборудование;
- оформлять отчеты о проделанной работе;

При выполнении лабораторных работ студент должен **знать**:

- устройство оборудования электроустановок;
- условные графические обозначения элементов электрических схем;
- логику построения схем,
- типовые схемные решения, принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок;
- виды работ и технологию обслуживания трансформаторов и преобразователей;
- виды и технологии работ по обслуживанию оборудования распределительных устройств;
- эксплуатационно-технические основы линий электропередачи, виды и технологии работ по их обслуживанию;
- основные положения правил технической эксплуатации электроустановок;
- виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения.

Содержание лабораторных занятий определено рабочей программой и тематическим планированием, соответствует теоретическому материалу изучаемых разделов междисциплинарного курса.

Объем лабораторных занятий определяется учебным планом по данной специальности.

Продолжительность лабораторного занятия - 2 академических часа. Перед проведением лабораторного занятия преподавателем организуется инструктаж, а по ее окончании – обсуждение итогов.

Комплект методических указаний по выполнению лабораторных работ междисциплинарного курса содержит 13 лабораторных занятия.

Перечень лабораторных работ

МДК.02.03 Релейная защита и автоматические системы управления устройствами электроснабжения

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: Исследование действия максимальной токовой защиты (МТЗ+АПВ) с применением промышленного контроллера

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: Исследование действия максимальной токовой защиты (МТЗ+АПВ) с применением промышленного контроллера

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: Изучение схемы АПВ ВЛ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Тема: Изучение схемы АПВ ВЛ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Тема: Изучение схемы АВР.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Тема: Изучение схемы АВР.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Тема: Изучение схемы двукратного АПВ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

Тема: Изучение схемы двукратного АПВ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

Тема: Изучение схемы двукратного АПВ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

Тема: Изучение схемы АЧР.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

Тема: Изучение схемы АЧР.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12

Тема: Изучение схемы АЧР.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13

Тема: Изучение схемы АЧР.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Тема: Исследование действия максимальной токовой защиты (МТЗ+АПВ) с применением промышленного контроллера

Цель работы; дать понятия студентам по вопросам требования защит трансформаторов.

Ход работы; изучить данный материал написать опорный конспект.

Справочный материал: Назначение, функции релейной защиты (РЗ) и основные требования, предъявляемые к её свойствам. Обобщенная схема автономной защиты. Изображение схем РЗ.

Виды повреждений и ненормальных режимов работы. Электрические величины, на которые реагирует РЗ. Типы реле. Электромеханические реле, реле на интегральных микросхемах. Использование в реле микропроцессоров.

Трансформаторы тока и их выбор для РЗ. Схемы соединения трансформаторов тока, их основные свойства. Коэффициент схемы. Нагрузка трансформаторов тока при различных схемах их соединения. Работа трансформаторов тока при глубоких насыщениях, выбор трансформаторов тока.

Трансформаторы напряжения в РЗ.

Оперативный ток. Постоянный оперативный ток: достоинства и недостатки. Переменный и выпрямленный оперативный ток: схемы источников, достоинства и недостатки, область применения.

Контрольные вопросы;

1. Каковы функции РЗ, основные требования, предъявляемые к её свойствам?
2. Какая защита называется основной и какая резервной?
3. На какие основные группы делятся защиты по способам обеспечения селективности при внешних КЗ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Тема: Исследование действия максимальной токовой защиты (МТЗ+АПВ) с применением промышленного контроллера

Цель работы: дать понятия студентам по вопросам требования защит трансформатора

1. Как выглядит осциллограмма вторичного тока ТТ при глубоком насыщении и активной нагрузке?
2. Какие схемы соединения ТН применяются в РЗ?
3. Для чего применяется контроль за исправностью цепей напряжения и как он осуществляется?
4. Какие источники оперативного тока применяются для РЗ, их

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Тема: Изучение схемы АПВ ВЛ.

Цель работы; научить обучающихся определять виды внутренней защиты. схемы АПВ ВЛ

Ход работы: изучить теоретическую часть материала. Составить опорный конспект по заданным контрольным вопросам.

Справочный материал:

Защита силовых трансформаторов от внутренних повреждений

Для защиты от внутренних повреждений (витковых замыканий в обмотках, сопровождающихся выделением газа) и от понижения уровня масла на трансформаторах мощностью 6300 кВА и выше, а также на трансформаторах мощностью 1000 - 4000 кВА, не имеющих дифзащиты или

отсечки, и если максимальная токовая защита имеет выдержку времени 1 с и более, применяется газовая защита с действием на сигнал при слабых и на отключение при интенсивных газообразованиях. Применение газовой защиты является обязательным на внутрицеховых трансформаторах мощностью 630 кВА и выше независимо от наличия других быстродействующих защит.

Газовая защита устанавливается на трансформаторах, автотрансформаторах и реакторах с масляным охлаждением, имеющих расширители, и осуществляется с помощью поплавковых, лопастных и чашечных газовых реле. Газовая защита является единственной защитой трансформаторов от «пожара стали» магнитопровода, возникающего при нарушении изоляции между листами стали.

Допускается действие газовой защиты по сигнал как при слабом, так и при сильном газообразовании на трансформаторах, имеющих диф. защиту или отсечку, не имеющих выключателей, а также на внутрицеховую мощность 1600 кВА и меньше при наличии защиты от коротких замыканий со стороны источника питания.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Тема: Изучение схемы АПВ ВЛ.

Цель работы; научить обучающихся определять виды внутренней защиты. схемы АПВ ВЛ

Справочный материал: Защита силовых трансформаторов от внутренних повреждений

Для защиты от внутренних повреждений (витковых замыканий в обмотках, сопровождающихся выделением газа) и от понижения уровня масла на трансформаторах мощностью 6300 кВА и выше, а также на трансформаторах мощностью 1000 - 4000 кВА, не имеющих дифзащиты или отсечки, и если максимальная токовая защита имеет выдержку времени 1 с и более, применяется газовая защита с действием на сигнал при слабых и на отключение при интенсивных газообразованиях.

Контрольные вопросы:

- 1) многофазных замыканий в обмотках и на их выводах,
- 2) внутренних повреждений (витковых замыканий в обмотках и «пожара стали» магнитопровода.
- 3) однофазных замыканий на землю,
- 4) сверхтоков в обмотках, обусловленных внешними короткими замыканиями,
- 5) сверхтоков в обмотках, обусловленных перегрузкой (если она возможна),
- 6) понижения уровня масла.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

Тема: Изучение схемы АВР.

Цель работы; научить обучающихся определять виды основных и резервных защит схемы АВР.

Ход работы: изучить теоретическую часть материала. Составить опорный конспект по заданным контрольным вопросам.

Справочный материал: Все защиты трансформатора можно разделить на две группы: основные и резервные защиты.

Основные защищают трансформатор от внутренних повреждений и ненормальных режимов в самом трансформаторе или на его ошиновках.

Резервные защищают обмотки трансформатора от сверхтоков внешних к.з. при повреждениях на присоединениях прилегающей сети, а также по возможности резервируют основные защиты трансформатора.

Основными защитами трансформатора и АТ являются: дифференциальная токовая защита трансформатора, газовая защита трансформатора, газовая защита РПН, токовая отсечка, устанавливаемая со стороны питания на трансформаторах малой мощности, дифференциальная токовая защита ошиновки низшего напряжения АТ, дифференциальная токовая защита ошиновки высшего и среднего напряжения АТ.

Газовая защита трансформатора содержит два элемента: сигнальный и отключающий.

Сигнальный действует на сигнал при слабом газообразовании и при понижении уровня масла.

Отключающий действует на отключение трансформатора со всех сторон с запретом АПВ трансформатора при интенсивном газообразовании и движении масла со скоростью 0,6-1,5 м/сек по маслопроводу между баком трансформатора и расширителем, а также при дальнейшем (после срабатывания сигнального элемента) понижении уровня масла.

Для защиты от повреждений контакторов РПН применяется

газовая защита РПН.

Защита выполняется с помощью струйного реле, устанавливаемого между баком РПН и расширителем.

Газовая защита РПН действует на отключение трансформатора со всех сторон с запретом АПВ трансформатора.

Сигнальный элемент у струйных реле отсутствует.

Дифференциальная защита трансформатора реагирует на все виды к.з. (за исключением однофазных замыканий на землю в обмотке 6-10-35кВ) в зоне, ограниченной трансформаторами тока (ТТ).

При замене выключателя трансформатора обходным выключателем дифференциальная защита переключается с ТТ заменяемого выключателя на ТТ обходного выключателя.

Защита действует на отключение трансформатора со всех сторон с запретом АПВ.

Дифференциальная защита ошиновки высшего (среднего) напряжения АТ.

Защита охватывает зону между встроенными ТТ АТ и выносными ТТ выключателей, действует без выдержки времени на отключение АТ со всех сторон без запрета АПВ АТ.

Дифференциальная защита цепей низшего напряжения АТ.

В зону действия этой защиты входят линейный трансформатор, реактор и ошиновка цепей низшего напряжения от встроенных ТТ АТ до выносных ТТ в ячейке ввода низшего напряжения. Защита действует на отключение АТ со всех сторон с запретом АПВ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

Тема: Изучение схемы АВР.

Резервные защиты стороны среднего напряжения АТ при схеме первичных соединений этой стороны «секционированная С.Ш.» действуют с первой выдержкой времени на отключение ШСВ, со второй — на отключение своей стороны и с третьей — на отключение АТ со всех сторон.

Такое ступенчатое действие резервных защит позволяет сохранить в работе те АТ, которые отделяются от места к.з. после деления систем шин.

Автоматическое ускорение (А/У) резервных защит при включении выключателя стороны высшего напряжения (А/У — 750,

А/У-330) и при включении выключателей стороны среднего напряжения (А/У-220, А/У-110) действует на отключение выключателя, включаемого на к.з. ключом управления или устройством ТАПВ.

Контрольные вопросы:

1. Приведите примеры резервных защит трансформатора
2. Защита от перегрузки ее действия и исполнительные органы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

Тема: Изучение схемы двукратного АПВ

Цель работы: изучить теоретическую часть материала. Составить опорный конспект по заданным контрольным вопросам.

Справочный материал: Схемы электрических соединений блоков.

Наиболее часто по схеме блока генератор—трансформатор или генератор—автотрансформатор включаются турбогенераторы и гидрогенераторы большой мощности. Для защиты генератора и трансформатора (автотрансформатора) в схемах блоков применяются те же самые защиты, что и в рассмотренных выше схемах защит генераторов, подключенных к шинам генераторного напряжения, и трансформаторов (автотрансформаторов) Используемые

при этом защиты имеют некоторые особенности, рассмотренные ниже

На рис. 5.1 приведены схемы электрических соединений блоков, применяющихся на современных электростанциях большой мощности.

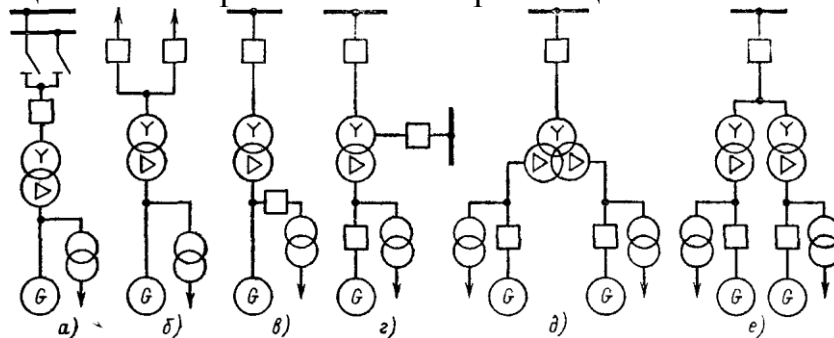


Рис. 5.1. Схема электрических соединений блоков генератор—трансформатор

Блоки генератор—автотрансформатор (рис. 5.2) подключаются к РУ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

Тема: Изучение схемы двукратного АПВ

1.1 Цель работы

Изучить классификацию, требования, схемы и принцип действия устройств трехфазного автоматического повторного включения (АПВ) линии электропередачи с односторонним питанием.

1.2 Общие сведения

Устройства АПВ предназначены для повторного включения элемента электроустановки после его аварийного или ошибочного отключения. Если после включения элемент остается в работе, АПВ называется успешным.

Наиболее эффективно применение АПВ на линиях с односторонним питанием, так как в этих случаях каждое успешное действие АПВ восстанавливает питание потребителей и предотвращает аварию.

Согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) [1], применение устройств АПВ обязательно на воздушных и смешанных (кабельно – воздушных) линиях напряжением выше 1 кВ.

Устройствами АПВ оснащаются шины станций и подстанций, все одиночно работающие трансформаторы мощностью более 1 МВ·А на подстанциях энергосистем, имеющие выключатель и максимальную токовую защиту с питающей стороны, когда отключение трансформатора приводит к обесточенной электроустановке потребителей, а так же ответственные электродвигатели, отключаемые для обеспечения самозапуска других электродвигателей. Устройства АПВ должны также предусматриваться на обходных, шин соединительных и секционных выключателях [1].

В эксплуатации получили применение следующие виды АПВ:

- трехфазные, осуществляющие включение трех фаз выключателя после их отключения релейной защитой;
- однофазные, осуществляющие включение одной фазы выключателя, отключенной релейной защитой при однофазном КЗ;
- комбинированные, которые осуществляют включение трех фаз при междофазных повреждениях или одной фазы при однофазных коротких замыканиях;
- по условиям контроля встречного напряжения на линиях с двусторонним питанием (несинхронные НАПВ, быстродействующие

БАПВ, с проверкой отсутствия напряжения АПВОН, с проверкой наличия напряжения АПВНН, с ожиданием синхронизма АПВОС, с улавливанием синхронизма напряжений АПВУС, в сочетании с самосинхронизацией генераторов и синхронных компенсаторов АПВС).

Классификация устройств АПВ может быть выполнена по следующим признакам:

- по числу циклов включения (кратности действия). В эксплуатации получили применение в основном АПВ однократного и двукратного действия, реже трехкратные АПВ;
- по способу воздействия на привод выключателя. Различают механические, встроенные в пружинный или грузовой привод выключателя, и электрические, осуществляющие воздействие на электромагнит включения выключателя с выдержкой времени;
- по видуключаемого оборудования. Различают АПВ линий, АПВ шин, АПВ трансформаторов, АПВ электродвигателей.

Несмотря на большое разнообразие существующих в настоящее время схем АПВ, определяемое конкретными условиями их установки и эксплуатации, все они должны удовлетворять следующим основным требованиям [2]:

1 Устройства АПВ должны приводиться в действие при всех возможных аварийных отключениях выключателя, находящегося в работе, т.е. при возникновении несоответствия между положением ключа управления и выключателя.

2 Устройства АПВ не должны приводиться в действие при оперативном отключении выключателя персоналом, а также в тех случаях,

когда выключатель отключается релейной защитой сразу после его включения персоналом, поскольку повреждения в этом случае обычно бывают устойчивыми.

3 Схемы АПВ должны предусматривать возможность запрета действия АПВ при срабатывании отдельных защит (например, газовой или дифференциальной защит трансформатора, действующих при внутренних повреждениях), а также при действии ряда устройств противоаварийной автоматики (автоматическая частотная разгрузка, автоматика отделения местных электростанций).

4 Схемы АПВ должны обеспечивать определенное количество повторных включений, т.е. действовать с заданной кратностью.

Время действия АПВ должно быть минимально возможным, для того чтобы обеспечить быструю подачу напряжения потребителям и восстановление нормального режима работы

Контрольные вопросы:

1. Приведите схемы электрических соединений блоков, применяющихся на современных электростанциях большой мощности.
2. Приведите схемы Дифференциальной защиты блока генератор— трансформатор (автотрансформатор).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

Тема: Изучение схемы двукратного АПВ

Цель работы: дать понятия обучающимся о видах защит схемы

Ход работы: изучить материал ответить на контрольные вопросы.

Справочный материал: Повреждения и ненормальные режимы работы синхронных генераторов. Типы защит генераторов

Повреждения обмотки статора

Многофазные короткие замыкания относятся к наиболее тяжелым повреждениям генератора. Они сопровождаются большими токами, в несколько раз превышающими номинальный ток генератора. Для защиты от многофазных коротких замыканий, вызывающих значительные разрушения в статоре, на всех генераторах мощностью выше 1 000 кВт при наличии выводов отдельных фаз со стороны нейтрали устанавливается продольная дифференциальная защита, действующая на отключение генератора.

На генераторах малой мощности для защиты от многофазных коротких замыканий допускается применение более простых устройств: максимальной токовой защиты или отсечки, установленной со стороны выводов генератора, а также автоматов или плавких предохранителей.

Однофазные замыкания на землю (корпус генератора) в крупных генераторах напряжением 3 кВ и выше, работающих с изолированной нейтралью, сопровождаются прохождением в месте повреждения небольших токов по сравнению с токами многофазных коротких замыканий. Однако длительное прохождение тока и горение дуги в месте

замыкания на корпус генератора могут привести к выгоранию изоляции и значительному оплавлению активной стали статора, после чего потребуется производить продолжительный ремонт с заменой поврежденной стали.

На основании опыта эксплуатации и специальных испытаний установлено, что при повреждениях в обмотке статора ток замыкания на землю до 5 А не приводит к значительному повреждению стали.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №10

Тема: Изучение схемы АЧР.

Цель работы: расчет параметров действия устройств автоматического регулирования частоты и активной мощности.

Краткие методические указания

Частота является одной из важнейших характеристик электрической энергии. При изменении частоты у большинства потребителей, содержащих синхронные и асинхронные двигатели, меняется мощность и соответственно производительность. Существенное влияние оказывает отклонение частоты на работу самой энергосистемы.

Отклонение частоты является следствием нарушения баланса мощностей турбины и генератора (нагрузки). В установившемся режиме при неизменном открытии регулирующего органа и частоте вращения мощность турбины равняется электромагнитной мощности генератора (включая потери).

Так как нагрузка системы все время меняется, то для поддержания постоянства частоты вращения агрегатов системы необходимо менять мощности, развиваемые турбинами так, чтобы все время сохранялся баланс мощностей, вырабатываемой и потребляемой. Такое непрерывное сохранение баланса мощностей в энергосистеме должно выполняться автоматически.

Чтобы поддерживать частоту постоянной, необходимо сохранять баланс мощностей – потребляемой и генерируемой.

При регулировании частоты несколькими агрегатами, помимо основной задачи поддержания частоты на заданном уровне, возникает задача распределения нагрузки между регулирующими агрегатами. Существует несколько методов регулирования частоты в энергосистемах.

Сущность метода ведущего агрегата заключается в том, что один из агрегатов системы настраивается по астатической, а все остальные – по статической характеристике. Агрегат, настроенный на астатическую характеристику, называют ведущим.

Учитывая форму записи астатической и статической характеристик, закон регулирования по методу ведущего агрегата можем записать в следующем виде:

- для ведущего агрегата:
 $\Delta f = 0$;
- для остальных генераторов системы:

$$\Delta f + s_2 \Delta P_2 = 0;$$

$$\Delta f + s_n \Delta P_n = 0;$$

где Δf - отклонение частоты;

s - коэффициент статизма;

ΔP - отклонение активной мощности.

Основным недостатком метода ведущего генератора является то, что мощности одного генератора, как правило, недостаточно для покрытия неплановых нагрузок системы. Для увеличения регулировочного диапазона по мощности к регулированию частоты в системе привлекают не один ведущий генератор, а целую станцию, обычно гидростанцию. Такую станцию называют ведущей.

Агрегаты на всех станциях, кроме ведущей, настраивают на статические характеристики. Агрегаты ведущей станции настраивают на астатические характеристики, при этом характеристика всей системы получается также астатической. Учитывая форму записи астатической и статической характеристик, закон регулирования по методу ведущей станции можем записать в следующем виде:

$$\Delta f + k(P_f - P_z) = 0,$$

где k - коэффициент регулирования;

P_f - фактическая мощность;

P_z - заданная мощность.

По методу мнимостатических характеристик к регулированию частоты могут одновременно привлекаться агрегаты нескольких станций системы. Это регулирование производится по следующему закону:

$$7 \Delta f + k_1(P_1 - k_{d1} \Sigma P_n) = 0;$$

$$\Delta f + k_n(P_n - k_{d1} \Sigma P_n) = 0;$$

где Δf - отклонение частоты;

P_n - фактическая мощность n -го генератора;

ΣP_n - суммарная нагрузка n регулирующих генераторов;

$k_{d1} \Sigma P_n$ - заданная мощность, которую должен принять на себя агрегат в процессе регулирования.

Контрольные вопросы

1. Назначение регулирования частоты и активной мощности в энергосистемах.
2. Достоинства и недостатки регулирования по методу ведущего агрегата.
3. Достоинства и недостатки регулирования по методу ведущей станции.
4. Достоинства и недостатки статического регулирования

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №11

Тема: Изучение схемы АЧР.

Цель работы: расчет параметров действия устройств автоматического регулирования частоты и активной мощности.

Краткие методические указания

Частота является одной из важнейших характеристик электрической энергии. При изменении частоты у большинства потребителей, содержащих

синхронные и асинхронные двигатели, меняется мощность и соответственно производительность. Существенное влияние оказывает отклонение частоты на работу самой энергосистемы.

Отклонение частоты является следствием нарушения баланса мощностей турбины и генератора (нагрузки). В установившемся режиме при неизменном открытии регулирующего органа и частоте вращения мощность турбины равняется электромагнитной мощности генератора (включая потери).

Так как нагрузка системы все время меняется, то для поддержания постоянства частоты вращения агрегатов системы необходимо менять мощности, развиваемые турбинами так, чтобы все время сохранялся баланс мощностей, вырабатываемой и потребляемой. Такое непрерывное сохранение баланса мощностей в энергосистеме должно выполняться автоматически.

Чтобы поддерживать частоту постоянной, необходимо сохранять баланс мощностей – потребляемой и генерируемой.

При регулировании частоты несколькими агрегатами, помимо основной задачи поддержания частоты на заданном уровне, возникает задача распределения нагрузки между регулирующими агрегатами. Существует несколько методов регулирования частоты в энергосистемах.

Сущность метода ведущего агрегата заключается в том, что один из агрегатов системы настраивается по астатической, а все остальные – по статической характеристике. Агрегат, настроенный на астатическую характеристику, называют ведущим.

Учитывая форму записи астатической и статической характеристик, закон регулирования по методу ведущего агрегата можем записать в следующем виде:

- для ведущего агрегата:

$$\Delta f = 0;$$

- для остальных генераторов системы:

$$\Delta f + s_2 \Delta P_2 = 0;$$

$$\Delta f + s_n \Delta P_n = 0;$$

где Δf - отклонение частоты;

s - коэффициент статизма;

ΔP - отклонение активной мощности.

Основным недостатком метода ведущего генератора является то, что мощности одного генератора, как правило, недостаточно для покрытия неплановых нагрузок системы. Для увеличения регулировочного диапазона по мощности к регулированию частоты в системе привлекают не один ведущий генератор, а целую станцию, обычно гидростанцию. Такую станцию называют ведущей.

Агрегаты на всех станциях, кроме ведущей, настраивают на статические характеристики. Агрегаты ведущей станции настраивают на астатические характеристики, при этом характеристика всей системы получается также астатической. Учитывая форму записи астатической и статической характеристик, закон регулирования по методу ведущей станции можем записать в следующем виде:

$$\Delta f + k(P_{\text{ф}} - P_{\text{з}}) = 0 ,$$

где k - коэффициент регулирования;

$P_{\text{ф}}$ - фактическая мощность;

$P_{\text{з}}$ - заданная мощность.

По методу мнимостатических характеристик к регулированию частоты могут одновременно привлекаться агрегаты нескольких станций системы. Это регулирование производится по следующему закону:

$$7 \Delta f + k_1(P_1 - k_{\text{д1}} \Sigma P_n) = 0;$$

$$\Delta f + k_n(P_n - k_{\text{д1}} \Sigma P_n) = 0;$$

где Δf - отклонение частоты;

P_n - фактическая мощность n -го генератора;

ΣP_n - суммарная нагрузка n регулирующих генераторов;

$k_{\text{д1}} \Sigma P_n$ - заданная мощность, которую должен принять на себя агрегат в процессе регулирования.

Контрольные вопросы

1. Назначение регулирования частоты и активной мощности в энергосистемах.
2. Достоинства и недостатки регулирования по методу ведущего агрегата.
3. Достоинства и недостатки регулирования по методу ведущей станции.
4. Достоинства и недостатки статического регулирования

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12

Тема: Изучение схемы АЧР.

Цель работы: расчет параметров действия устройств автоматического регулирования частоты и активной мощности.

Краткие методические указания

Частота является одной из важнейших характеристик электрической энергии. При изменении частоты у большинства потребителей, содержащих синхронные и асинхронные двигатели, меняется мощность и соответственно производительность. Существенное влияние оказывает отклонение частоты на работу самой энергосистемы.

Отклонение частоты является следствием нарушения баланса мощностей турбины и генератора (нагрузки). В установившемся режиме при неизменном открытии регулирующего органа и частоте вращения мощность турбины равняется электромагнитной мощности генератора (включая потери).

Так как нагрузка системы все время меняется, то для поддержания постоянства частоты вращения агрегатов системы необходимо менять мощности, развиваемые турбинами так, чтобы все время сохранялся баланс мощностей, вырабатываемой и потребляемой. Такое непрерывное сохранение баланса мощностей в энергосистеме должно выполняться автоматически.

Чтобы поддерживать частоту постоянной, необходимо сохранять баланс мощностей – потребляемой и генерируемой.

При регулировании частоты несколькими агрегатами, помимо основной задачи поддержания частоты на заданном уровне, возникает задача

распределения нагрузки между регулируемыми агрегатами. Существует несколько методов регулирования частоты в энергосистемах.

Сущность метода ведущего агрегата заключается в том, что один из агрегатов системы настраивается по астатической, а все остальные – по статической характеристике. Агрегат, настроенный на астатическую характеристику, называют ведущим.

Учитывая форму записи астатической и статической характеристик, закон регулирования по методу ведущего агрегата можем записать в следующем виде:

- для ведущего агрегата:

$$\Delta f = 0;$$

- для остальных генераторов системы:

$$\Delta f + s_2 \Delta P_2 = 0;$$

$$\Delta f + s_n \Delta P_n = 0;$$

где Δf - отклонение частоты;

s - коэффициент статизма;

ΔP - отклонение активной мощности.

Основным недостатком метода ведущего генератора является то, что мощности одного генератора, как правило, недостаточно для покрытия неплановых нагрузок системы. Для увеличения регулировочного диапазона по мощности к регулированию частоты в системе привлекают не один ведущий генератор, а целую станцию, обычно гидростанцию. Такую станцию называют ведущей.

Агрегаты на всех станциях, кроме ведущей, настраивают на статические характеристики. Агрегаты ведущей станции настраивают на астатические характеристики, при этом характеристика всей системы получается также астатической. Учитывая форму записи астатической и статической характеристик, закон регулирования по методу ведущей станции можем записать в следующем виде:

$$\Delta f + k(P_f - P_z) = 0,$$

где k - коэффициент регулирования;

P_f - фактическая мощность;

P_z - заданная мощность.

По методу мнимостатических характеристик к регулированию частоты могут одновременно привлекаться агрегаты нескольких станций системы. Это регулирование производится по следующему закону:

$$\Delta f + k_1(P_1 - k_{d1} \Sigma P_n) = 0;$$

$$\Delta f + k_n(P_n - k_{d1} \Sigma P_n) = 0;$$

где Δf - отклонение частоты;

P_n - фактическая мощность n -го генератора;

ΣP_n - суммарная нагрузка n регулирующих генераторов;

$k_{d1} \Sigma P_n$ - заданная мощность, которую должен принять на себя агрегат в процессе регулирования.

Контрольные вопросы

1. Назначение регулирования частоты и активной мощности в энергосистемах.

2. Достоинства и недостатки регулирования по методу ведущего агрегата.
3. Достоинства и недостатки регулирования по методу ведущей станции.
4. Достоинства и недостатки статического регулирования

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №13

Тема: Изучение схемы АЧР.

Цель работы: расчет параметров действия устройств автоматического регулирования частоты и активной мощности.

Краткие методические указания

Частота является одной из важнейших характеристик электрической энергии. При изменении частоты у большинства потребителей, содержащих синхронные и асинхронные двигатели, меняется мощность и соответственно производительность. Существенное влияние оказывает отклонение частоты на работу самой энергосистемы.

Отклонение частоты является следствием нарушения баланса мощностей турбины и генератора (нагрузки). В установившемся режиме при неизменном открытии регулирующего органа и частоте вращения мощность турбины равняется электромагнитной мощности генератора (включая потери).

Так как нагрузка системы все время меняется, то для поддержания постоянства частоты вращения агрегатов системы необходимо менять мощности, развиваемые турбинами так, чтобы все время сохранялся баланс мощностей, вырабатываемой и потребляемой. Такое непрерывное сохранение баланса мощностей в энергосистеме должно выполняться автоматически.

Чтобы поддерживать частоту постоянной, необходимо сохранять баланс мощностей – потребляемой и генерируемой.

При регулировании частоты несколькими агрегатами, помимо основной задачи поддержания частоты на заданном уровне, возникает задача распределения нагрузки между регулируемыми агрегатами. Существует несколько методов регулирования частоты в энергосистемах.

Сущность метода ведущего агрегата заключается в том, что один из агрегатов системы настраивается по астатической, а все остальные – по статической характеристике. Агрегат, настроенный на астатическую характеристику, называют ведущим.

Учитывая форму записи астатической и статической характеристик, закон регулирования по методу ведущего агрегата можем записать в следующем виде:

- для ведущего агрегата:

$$\Delta f = 0;$$

- для остальных генераторов системы:

$$\Delta f + s_2 \Delta P_2 = 0;$$

$$\Delta f + s_n \Delta P_n = 0;$$

где Δf - отклонение частоты;

s - коэффициент статизма;

ΔP - отклонение активной мощности.

Основным недостатком метода ведущего генератора является то, что мощности одного генератора, как правило, недостаточно для покрытия неплановых нагрузок системы. Для увеличения регулировочного диапазона по мощности к регулированию частоты в системе привлекают не один ведущий генератор, а целую станцию, обычно гидростанцию. Такую станцию называют ведущей.

Агрегаты на всех станциях, кроме ведущей, настраивают на статические характеристики. Агрегаты ведущей станции настраивают на астатические характеристики, при этом характеристика всей системы получается также астатической. Учитывая форму записи астатической и статической характеристик, закон регулирования по методу ведущей станции можем записать в следующем виде:

$$\Delta f + k(P_f - P_z) = 0,$$

где k - коэффициент регулирования;

P_f - фактическая мощность;

P_z - заданная мощность.

По методу мнимостатических характеристик к регулированию частоты могут одновременно привлекаться агрегаты нескольких станций системы. Это регулирование производится по следующему закону:

$$7 \Delta f + k_1(P_1 - k_{d1} \Sigma P_n) = 0;$$

$$\Delta f + k_n(P_n - k_{d1} \Sigma P_n) = 0;$$

где Δf - отклонение частоты;

P_n - фактическая мощность n-го генератора;

ΣP_n - суммарная нагрузка n регулирующих генераторов;

$k_{d1} \Sigma P_n$ - заданная мощность, которую должен принять на себя агрегат в процессе регулирования.

Контрольные вопросы

1. Назначение регулирования частоты и активной мощности в энергосистемах.
2. Достоинства и недостатки регулирования по методу ведущего агрегата.
3. Достоинства и недостатки регулирования по методу ведущей станции.
4. Достоинства и недостатки статического регулирования

Информационное обеспечение обучения

Печатные и электронные издания

Основные учебные издания:

1. Козлов, А. Н. Собственные нужды тепловых, атомных и гидравлических станций и подстанций: учебное пособие для СПО / А. Н. Козлов, В. А. Козлов, А. Г. Ротачева. — Саратов: Профобразование, 2021. — 311 с. — ISBN 978-5-4488-1154-8. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/105156>

2. Кулеева, Л. И. Проектирование подстанции: учебное пособие для СПО / Л. И. Кулеева, С. В. Митрофанов, Л. А. Семенова. — Саратов : Профобразование, 2020. — 110 с. — ISBN 978-5-4488-0580-6. — Текст : электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование : [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/92147>

3. Савина, Н. В. Современные электроэнергетические системы и сети : учебное пособие для СПО / Н. В. Савина. — Саратов: Профобразование, 2021. — 163 с. — ISBN 978-5-4488-1155-5. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/105157>

Дополнительные учебные издания:

4. Савина, Н. В. Электрические сети : практикум для СПО / Н. В. Савина, Ю. В. Мясоедов, В. Ю. Маркитан. — Саратов: Профобразование, 2021. — 253 с. — ISBN 978-5-4488-1149-4. — Текст: электронный // Электронный ресурс цифровой образовательной среды СПО PROФобразование: [сайт]. — URL: <https://profspo.ru/books/105163>

Интернет ресурсы:

5. <http://www.minenergo.com/> Министерство энергетики Российской Федерации
6. <http://eprussia.ru/lib/> Энергетика и промышленность России
7. <http://forca.ru/> Энергетика, оборудование документация

Электронно-библиотечная система:

8. ЭБС «elibrary», ООО «РУНЭБ»
9. ЭБС «IPRbooks», ООО «Ай Пи Ар Медиа»
10. ЭБС «Лань», ООО «Издательство Лань»
11. ЭБС «PROФобразование»
12. ЭБС «Book.ru»