

Печатается по решению
редакционно-издательского совета
энергетического факультета
Амурского государственного
университета

А. Н. Козлов

Учебно-методический комплекс по дисциплине «Режимы работы электрооборудования станций и подстанций» для студентов очной формы обучения специальности 140204 «Электрические станции».

Учебно-методические рекомендации ориентированы на оказание помощи студентам очной формы обучения специальности 140204 «Электрические станции» для формирования специальных знаний об особенностях работы и правилах ведения режимов основного электрооборудования электроэнергетических систем.

Рецензент: А.И. Яшин, *главный инженер Благовещенской ТЭЦ,*
В.И. Усенко, *доцент кафедры автоматизации*
производственных процессов и электротехники АмГУ,
канд. техн. наук.

2.1.1. Программа дисциплины, соответствующая требованиям Государственного образовательного стандарта

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель Департамента образовательных программ и стандартов профессионального образования

_____ Л.С. Гребнев

“ _____ ” _____ 2001 г.

ПРИМЕРНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Рекомендуется Минобразованием России для направления подготовки 650900- **электроэнергетика** по специальности 100100 - **электрические станции**

1. Цели и задачи дисциплины.

Цель изучения дисциплины является формирование систематических знаний о режимах работы основного электрооборудования электрических станций и подстанций всех типов.

Задача изучения дисциплины - усвоения научных основ функционирования электрических станций и подстанций в стационарных режимах и переходных процессах, выработка умения и навыков расчета и анализа стационарных режимов работы и переходных процессов в электроустановках станций и подстанций.

2. Требования к уровню освоения содержания дисциплины.

Студент должен получить знания о возможных режимах и переходных процессах, возникающих в электрооборудовании электростанций и подстанций; получить знания, умения и навыки по расчету стационарных режимов работы и определению допустимости их применения для работы в системе; знания, умения и навыки по расчету переходных процессов в электроустановках.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры	
Общая трудоемкость дисциплины	220	8	9
Аудиторные занятия	102		
Лекции	68	*	*
Практические занятия (ПЗ)			
Семинары (С)	-		
Лабораторные работы (ЛР)	34	*	*
И (или) другие виды аудиторных занятий	-		
Самостоятельная работа	118	*	*
Курсовой проект (работа)	-		
Расчетно-графические работы			
И (или) другие виды самостоятельной работы	-		
Виды итогового контроля		зачет	экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

	Раздел дисциплины	Лекции	ЛР
1.	Технология выработки электроэнергии на электрических станциях, режимы работы синхронных генераторов.	*	*
2.	Системы возбуждения мощных синхронных генераторов.	*	*
3.	Режимы работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов.	*	
4.	Режимы работы электродвигателей в системе собственных нужд станций и подстанций.	*	*
5.	Режимы работы коммутационной аппаратуры .	*	*

4.2. Содержание разделов дисциплины

Раздел 1-й. Технология выработки электроэнергии на электрических станциях. Возможные режимы работы синхронных генераторов.

Технология выработки электроэнергии на электростанциях. Стационарные режимы работы синхронных генераторов. Анормальные режимы работы генераторов, условия допустимости, целесообразность применения. Пуск и синхронизация синхронных генераторов.

Раздел 2 -й. Системы возбуждения синхронных генераторов.

Системы возбуждения синхронных генераторов, требования к ним. Электромашинные системы возбуждения, характеристики и динамические свойства. Высокочастотные системы возбуждения, характеристики и динамические свойства. Тиристорные системы возбуждения, характеристики и динамические свойства. Диодные безщеточные системы возбуждения, характеристики и динамические свойства .

Раздел 3-й. Режимы работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов.

Режимы работы трансформаторов и автотрансформаторов на электрических станциях и подстанциях. Комбинированные режимы работы автотрансформаторов. Тепловые процессы в трансформаторах и автотрансформаторах при изменениях нагрузки.

Раздел 4-й. Режимы работы электродвигателей в системах собственных нужд станций и подстанций.

Стационарные режимы работы электродвигателей в системе собственных нужд электрической станции. Динамические свойства электродвигателей собственных нужд. Выбег электродвигателей при перерывах питания и снижениях напряжения питания. Самозапуск электродвигателей.

Раздел 5-й. Режимы работы коммутационной аппаратуры на станциях и подстанциях.

Работа коммутационной аппаратуры на электрических станциях в энергосистеме, переходные процессы при коммутациях присоединений. Скорость восстановления напряжения на зажимах выключателей и восстановление электрической прочности разрыва цепи выключателями. Расход ресурса коммутационных аппаратов при работе в системе, методы контроля и расчета.

5. Лабораторный практикум

№ пп	№ раздела	Наименование лабораторных работ
1	1.	Диаграммы мощностей генераторов и их исследование.
2	1.	Исследование способов синхронизации синхронных генераторов с системой.
3	1.	Исследование работы синхронного генератора в асинхронном режиме .
4.	2.	Исследование характеристик тиристорной системы возбуждения.
5.	3.	Исследование процессов изменения температуры элементов трансформатора при изменениях нагрузки.
6.	4.	Исследование группового выбега электродвигателей станции.
7.	4.	Исследование самозапуска электродвигателей при перерыве питания.
8.	5.	Исследования процессов восстановления напряжения при коммутациях.

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.

6.1. Рекомендуемая литература.

а) Основная литература:

1. Ветров В. И. Режимы работы основного оборудования электрических станций. / Учебное пособие. Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск. 1993. -124 с.
2. Сыромятников И. А. Режимы работы электродвигателей. - М: Энергоатомиздат, 1984, - 240 с.
3. Коган Ф. Л. Анормальные режимы синхронных генераторов. - М: Энергоатомиздат, 1996, - 116 с.

б) Дополнительная литература:

- 1 Электрическая часть станций и подстанций./ Под ред. А.А. Васильева. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.
2. Иванов - Смоленский А. В. Электрические машины. - М.: Высшая школа, 1994. - 584 с.
3. Объем и нормы испытаний электрооборудования. / Под общей редакцией В. А. Алексеева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. - М.: НЦ ЭНАС, 1998. - 256 с.

6.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

Обучающие программы, установки, моделирующие режимы работы синхронных генераторов, трансформаторов, электродвигателей. Описания, инструкции эксплуатации моделей электрооборудования. Расчетные компьютерные программы для обеспечения подготовки к лабораторным работам и обработки результатов испытаний при проведении лабораторных работ. Обучающие и контролирующие программы для подготовки студентов к лабораторным работам и проверки уровня подготовки (допуска) студентов к работе.

7. Материально - техническое обеспечение дисциплины

Физическая модель синхронного генератора, работающего через линию электропередачи на мощную систему, оснащенная устройствами управления, приборами для визуализации и регистрации параметров режима и переходных процессов в соответствии с требованиями Правил технической эксплуатации.

Модель синхронного генератора для изучения тепловых процессов при набросах нагрузки, оснащенная средствами визуализации, регистрации и устройствами управления. (допускается вместо физической модели применить математическую модель).

Модель силового трансформатора для изучения тепловых процессов при набросах нагрузки, оснащенная средствами визуализации, регистрации и устройствами управления.

Модель асинхронного двигателя для изучения тепловых процессов при набросах нагрузки, оснащенная средствами визуализации, регистрации и устройствами управления.

Класс персональных компьютеров.

Назначение: проведение численных экспериментов по режимам работы и переходным процессам в электрической части станций и подстанций; подготовка студентов к лабораторным работам.

8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

По усмотрению вуза.

Программа составлена в соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки инженеров - электриков специальности 100100- Электрические станции.

Программу составили:

Васин Владислав Петрович, д. т. н. профессор Московского энергетического института (ТУ),

Старшинов Владимир Алексеевич, к. т. н. профессор заведующий кафедрой электрических станций Московского энергетического института (ТУ).

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии по специальности 100100 – ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

Председатель УМК по специальности
100100 – ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ

_____ В.А. Старшинов

Программа одобрена на заседании Учебно-методического совета по направлению 650900 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

от " 15 " декабря 2000 г.

Протокол № 3

Председатель совета УМС по
направлению 650900- ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА

_____ В.В. Жуков

Председатель Совета УМО
по образованию в области
энергетики

_____ Е.В. Аметистов

2.1.2. Рабочая программа дисциплины:

**Федеральное агентство по образованию РФ
Амурский государственный университет**

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УНР

Е.С. Астапова

личная подпись, И.О.Ф

"__" _____ 200__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине «Режимы работы электрооборудования станций и подстанций»
(наименование дисциплины)

для специальности 140204 «Электрические станции»
(шифр и наименование специальности)

Курс 4 Семестр 7,8,9
Лекции 32 + 45 (час.) Экзамен 7,8
(час.) (семестр)
Практические (семинарские) занятия 15+14 (час.) Зачет _____
(семестр)
Лабораторные занятия 16 (час.)
Курсовая работа – 9 семестр
Самостоятельная работа 68 (28+40) (час.) КСР - 30
Всего часов 220, в т.ч. ауд. 122
Составитель Козлов Александр Николаевич, доцент, канд. техн. наук
(И.О.Ф., должность, ученое звание)
Факультет энергетический
Кафедра энергетики

2006 г.

Рабочая программа составлена на основании ГОС ВПО по направлению подготовки дипломированного специалиста 650900 – ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА. В рамках данного направления на кафедре Энергетики реализуется подготовка дипломированного специалиста по специальности 140204.

(Государственного образовательного стандарта ВПО или типовой программы)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры _____
ры _____

"__" _____ 200__ г., протокол № _____

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на заседании УМС _____
(наименование специальности)

"__" _____ 200__ г., протокол № _____

Председатель _____
(подпись, И.О.Ф.)

Рабочая программа переутверждена на заседании кафедры от _____
протокол № _____ .

Зав.кафедрой _____
подпись Ф.И.О.

СОГЛАСОВАНО
Начальник УМУ

(подпись, И.О.Ф.)

«__» _____ 200__ г.

СОГЛАСОВАНО
Председатель УМС факультета

(подпись, И.О.Ф.)

«__» _____ 200__ г.

СОГЛАСОВАНО
Заведующий выпускающей кафедрой

(подпись, И.О.Ф.)

«__» _____ 200__ г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Государственный образовательный стандарт для специальности 140204 предусматривает изучение дисциплины «Режимы работы электрооборудования станций и подстанций» в качестве основной профилирующей дисциплины специализации – шифр СД.3

Государственный образовательный стандарт (выдержки)

СД.3 Режимы работы электрооборудования станций и подстанций:

- технология выработки электроэнергии на электрических станциях, режимы работы синхронных генераторов; системы возбуждения мощных синхронных генераторов; режимы работы силовых трансформаторов и автотрансформаторов; режимы работы электродвигателей в системе собственных нужд станций и подстанций; режимы работы коммутационной аппаратуры.

1.1. Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование систематических знаний о режимах работы основного электрооборудования электрических станций и подстанций всех типов.

1.2. Задачи изучения дисциплины

Задача изучения дисциплины - усвоения научных основ функционирования электрических станций и подстанций в стационарных режимах и переходных процессах, выработка умения и навыков расчета и анализа стационарных режимов работы и переходных процессов в электроустановках станций и подстанций.

1.3. Перечень дисциплин, усвоение которых необходимо студентам при изучении данной дисциплины

Изучение режимов работы основного электрооборудования базируется на сведениях, излагаемых в дисциплинах: «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Электрические системы и сети», «Промышленная электроника», «Электрические станции и подстанции», «Электромагнитные и электромеханические переходные процессы», «Собственные нужды станций и подстанций» и является основой для изучения курса «Основы эксплуатации электрооборудования электростанций и подстанций».

1.4. Требования к уровню освоения дисциплины.

Студент должен получить знания о возможных режимах и переходных процессах, возникающих в электрооборудовании электростанций и подстанций; получить знания, умения и навыки по расчету стационарных режимов работы и определению допустимости их применения для работы в системе; знания, умения и навыки по расчету переходных процессов в электроустановках.

2. ЛЕКЦИОННЫЙ КУРС (77 ЧАСОВ)

Принцип построения курса

В лекционном курсе рассматриваются вопросы работы электрооборудования электростанций и подстанций в различных режимах: нормальных, аномальных и недопустимых.

В начале курса рассматриваются режимы работы энергосистем (параллельная работа электростанции энергосистем, устойчивость энергосистем, распределение нагрузки между ОЭС, энергосистемами, электростанциями, генераторами); возмущения и колебания в энергосистеме.

Затем рассматриваются методы ограничения токов короткого замыкания:

- нежелательные (реактирование ЛЭП связи, что снижает устойчивость; деление электростанций и энергосистем на части)
- предпочтительные (токоограничивающие установки ТООУ - магнитоуправляемые, резонансные, устройство продольной компенсации и т.д.)

После этого рассматриваются различные режимы работы конкретного электрооборудования.

На практических занятиях рассматриваются различные режимы работы электростанций и подстанций: пуск и включение в работу котлов, турбин, включение под нагрузку трансформаторов в различных условиях. Рассматриваются условия работы отдельных механизмов и их электродвигателей.

Седьмой семестр (32 часа)

1. Режим работы энергосистем. – 8 ч.

Возмущения в энергосистеме малые и большие, колебания в энергосистеме.

Распределение нагрузок (4 уровня от ОЭС до генераторов) в ЕЭС России.

Устойчивость энергосистем - сохранение синхронной работы генераторов, сохранение в работе основных ЛЭП. Регулирование напряжения в энергосистеме.

Методы ограничения токов КЗ в энергосистемах:

- включение реакторов в ЛЭП;
- деление электростанции и энергосистемы на части;
- токоограничивающие реакторы нулевой последовательности;
- магнитоуправляемые реакторы;
- применение однополупериодных выключателей;
- применение резонансных токоограничивающих устройств, и т.д.

2. Режимы работы генераторов и синхронных компенсаторов. – 14 ч.

Технология выработки электроэнергии на электростанциях. Стационарные режимы работы синхронных генераторов. Анормальные режимы работы генераторов, условия допустимости, целесообразность применения. Пуск и синхронизация синхронных генераторов.

Влияние принципа действия системы возбуждения на устойчивость энергосистем

Контроль параметров генератора во время работы (напряжение, ток, мощность статора; напряжение и ток ротора; температурное состояние; давление водорода).

Разгон генераторов при их аварийном отключении от сети.

Повышенное и пониженное напряжение статора в пределах +10%- -5% Ин.

Условия выдачи мощности генератором в сеть.

Работа генераторов в режиме синхронного компенсатора.

Анормальные режимы работы генераторов: перегрузка, асинхронный режим, режим с несимметричной нагрузкой (опасность этих режимов, допустимые отклонения), работа с однофазным замыканием на землю в цепи статора, то же в цепи ротора, асинхронный режим (без возбуждения) работа в режиме двигателя.

3. Режимы работы трансформаторов. – 10 ч.

Место трансформатора в энергосистеме. Потери в трансформаторах.

Преимущества холоднокатанной стали для изготовления магнитопровода.

Электродинамическая стойкость обмоток при сквозных токах КЗ.

Влияние типа системы охлаждения трансформаторов на его технические и экономические показатели. Допустимые температуры верхних слоев масла.

Опасность повышения напряжения на трансформатор сверх номинальных, допустимые отклонения. Наибольшие допустимые рабочие напряжения на трансформатор. Перегрузка трансформаторов по току. Включение трансформаторов на параллельную работу.

Комбинированные режимы работы автотрансформаторов. Тепловые процессы в

трансформаторах и автотрансформаторах при изменениях нагрузки.

Восьмой семестр (45 часов)

4. Режимы работы электродвигателей в системах собственных нужд станций и подстанций. – 20 ч.

Стационарные режимы работы электродвигателей в системе собственных нужд электрической станции. Исполнение двигателей собственных нужд.

Динамические свойства электродвигателей собственных нужд, характеристики момента сопротивления механизма.

Контроль температурного состояния электродвигателей. Нагрев двигателей при пуске, влияние уровня напряжения на время пуска и нагрев двигателя.

Выбег электродвигателей при перерывах питания и снижениях напряжения питания. Опрокидывание двигателя.

Самозапуск электродвигателей.

5. Режимы работы коммутационной аппаратуры на станциях и подстанциях. – 25 ч.

Влияние быстрого действия выключателей на устойчивость энергосистем.

Работа коммутационной аппаратуры на электрических станциях в энергосистеме.

Особенности работы и гашения дуги в различных видах выключателей.

Переходные процессы при коммутациях присоединений. Скорость восстановления напряжения на зажимах выключателей и восстановление электрической прочности разрыва цепи выключателями. Расход ресурса коммутационных аппаратов при работе в системе, методы контроля и расчета.

Особенности отключения постоянного тока высокого напряжения (на передачах постоянного тока) большой мощности.

3. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

На практических занятиях решаются две группы задач.

Первая группа, связанная с лекционным курсом:

1.1. Ознакомление с условиями работы электродвигателей с различными механизмами СН по месту их установки.

1.2. Приобретение навыков подбора двигателей для механизмов СН по мощности, системе охлаждения, моменту инерции, изменяемости, скорости вращения, допустимому количеству пусков.

1.3. Подробное ознакомление с работой центрального диспетчерского пункта (ЦДП) Амурэнерго.

1.4. Изучение методики отыскания замыкания на землю в цепях управления постоянного тока (= 220В).

1.5. Изучение методики отыскания замыкания на землю в сети генераторного напряжения.

Вторая группа – вопросы, выносимые на курсовое проектирование:

2.1. Расчет процессов изменения температуры элементов трансформатора при изменениях нагрузки в различных режимах

2.2. Расчет группового выбега электродвигателей станции

2.3. Расчет уставок защиты минимального напряжения

2.4. Расчет самозапуска электродвигателей при перерыве питания

4. ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ:

На лабораторных занятиях закрепляются теоретические знания студентов, полученные на лекциях, а также формируются навыки по выполнению испытаний и анализу полученных результатов. В рамках часов отведенных эти занятия, могут быть выполнены лабораторные работы из следующего перечня:

- 4.1 Диаграммы мощностей генераторов и их исследование.
- 4.2 Исследование способов синхронизации синхронных генераторов с системой
- 4.3 Исследование работы синхронного генератора в асинхронном режиме
- 4.4. Замер подступовой изоляции подшипника генератора во время останова и работы.
- 4.5. Исследование процессов изменения температуры элементов трансформатора при изменениях нагрузки
- 4.6. Замер сопротивления изоляции электродвигателя, генератора. Определение коэффициента абсорбции
- 4.7. Исследование группового выбега электродвигателей станции
- 4.8. Исследование самозапуска электродвигателей при перерыве питания
- 4.9. Испытание повышенным напряжением кабелей, выключателей ВМП – 10.
- 4.10. Исследования процессов восстановления напряжения при коммутациях

5. КУРСОВАЯ РАБОТА

Целью курсовой работы является освоение, в основном – самостоятельно – вопросов, связанных с режимами работы основного электрооборудования. Тематика курсовых работ задается по схеме Амурской энергосистемы. Одним из определяющих условий в задании является поиск в новейшей специализированной литературе – журналах, монографиях, либо по Интернету, материалов по специальному разделу работы – вопросу для углубленной проработки. Обязательным приложением к пояснительной записке по курсовой работе является один-два листа графической части.

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

Включает изучение лекционного материала и литературы по дисциплине при подготовке к практическим и лабораторным занятиям а также активный поиск новой информации в Интернете по заданию лектора или руководителя практических занятий.

6.1. Темы индивидуальной работы студента

- Электролизные установки.
- Основные направления развития коммутирующих аппаратов
- Схемы управления коммутационной аппаратурой
- УРОВ.
- Свойства новых материалов для создания магнитопроводов

7. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

В процессе изучения дисциплины предусмотрены следующие виды промежуточного контроля знаний студентов:

- экспресс-опрос лектора по итогам изучения разделов курса;
- выполнение и защита отчетов по лабораторным работам.
- выполнение контрольных работ по темам, рассмотренным на практических занятиях.

8. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

Седьмой семестр – зимняя сессия:

1. Основные задачи планирования и ведения режимов ЭЭС
2. Графики нагрузки, характерные зоны
3. Установленная мощность электрических станций
4. Ремонт основного электрооборудования ЭЭС
5. Характеристика возмущений в ЭЭС
6. Обменные взаимодействия между ЭЭС
7. Режимы работы дальних ЛЭП
8. Холостой ход ВЛ СВН
9. Понятия натуральной мощности и волнового сопротивления ВЛ СВН
10. Способы поддержания заданного режима напряжения на ВЛ
11. Синхронизация отдельных частей ЭЭС
12. Неполнофазные режимы ЛЭП
13. Нормальный режим работы СГ
14. Работа генераторов при несимметрии токов статора
15. Влияние на работу генераторов искажения синусоидальности тока статора
16. Асинхронный режим работы генератора
17. Влияние АРВ на устойчивость ЭЭС
18. Условия работы основных элементов трансформатора
19. Динамические усилия, возникающие в элементах трансформатора при сквозных токах
20. Емкостная защита трансформатора
21. Элементы масляной системы трансформатора
22. Системы охлаждения трансформатора
23. Преимущества холоднокатаной стали при изготовлении магнитопроводов трансформаторов
24. Нормальные режимы трансформаторов
25. Перегрузочная способность трансформаторов
26. Включение трансформатора под нагрузку
27. Определение группы соединения трансформаторов
28. Фазировка трансформаторов
29. Методы фазировки основного эл. оборудования
30. Режимы нейтрали в трансформаторах.

Восьмой семестр – летняя сессия:

1. Режимы работы электродвигателей тракта водоподготовки тепловых станций
2. Основные и неосновные электродвигатели системы топливоподачи.
3. Обеспечение режима самозапуска ответственных двигателей.
4. Основные и неосновные электродвигатели системы водоподготовки.
5. Основные и неосновные электродвигатели системы подачи масла
6. Опрокидывание электродвигателей
7. Самозапуск электродвигателей
8. Групповой выбег электродвигателей
9. Защита электроустановок от перенапряжений. Устройство и работа трубчатого разрядника
10. Защита электроустановок от перенапряжений. Устройство и работа вентильного разрядника
11. Защита электроустановок от перенапряжений. Устройство и работа нелинейного ограничителя перенапряжений

12. Режимы работы коммутирующей аппаратуры. Отключение токов КЗ
13. Режимы работы коммутирующей аппаратуры. Оключение малых токов
14. Гашение дуги в вакуумных выключателях
15. Гашение дуги в элегазовых выключателях
16. Привод вакуумного выключателя
17. Привод элегазового выключателя
18. Режимы нейтралей электроустановок
19. Требования к конструкции устройств РПН трансформаторов. Работа РПН с резисторами
20. Требования к конструкции устройств РПН трансформаторов. Работа РПН с реакторами.

Вопросы для тестовой проверки

1. К чему приводит протекание тока сквозного к.з. через трансформатор
2. Наиболее интенсивная система охлаждения трансформаторов
3. Как определяется температурное состояние трансформатора
4. Когда допускается работа трансформатора при отключенных вентиляторах обдува
5. Когда допускается работа трансформатора при отключенных циркуляционных насосах
6. Трансформаторы с какой системой охлаждения имеют большую перегрузочную способность
7. Когда возникает «пожар железа» трансформатора
8. В каком случае допускается параллельная работа трансформаторов
9. Допускается ли включение трансформатора под нагрузку толчком в условиях низких температур
10. Допущения при работе устройств РПН
11. Допускается ли включение трансформатора в работу после срабатывания дифференциальной и (или) газовой защиты
12. Как в нормальных условиях включается в работу трансформатор
13. Какая защита срабатывает при упуске масла из бака трансформатора
14. Допущения при перегрузке генераторов
15. В результате чего возникает несимметричный режим работы генераторов
16. Что включает в себя несимметричный режим работы генераторов
17. На генераторах какого типа допустим несимметричный режим
18. В результате чего возникает асинхронный режим работы генераторов
19. Допущения асинхронного режима генератора
20. Допущения в работе генератора с однофазным замыканием на землю в цепи статора
21. Допущения в работе генератора с однофазным замыканием на землю в цепи статора
22. Допущения в работе генератора с однофазным замыканием на землю в цепи ротора
23. Когда электростанции могут устойчиво работать в энергосистеме в параллель
24. Когда производится автоматическое отключение генераторов мощных удаленных ГЭС при разделении энергосистемы
25. Для чего предназначена форсировка возбуждения генераторов

**9. Учебно-методическая (технологическая) карта дисциплины
«Режимы работы электрооборудования станций и подстанций»**

Номер недели	Номер темы	Вопросы изучаемые на лекции	Занятия (номера)		Используемые наглядные и методические пособия	Самостоятельная работа студентов		Формы контроля
			Пр.	Лаб.		содержание	час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Седьмой семестр								
1	1.1	<i>Режим работы энергосистем.</i> Возмущения в энергосистеме малые и большие, колебания в энергосистеме. – 2 ч				Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос
2	1.2	Распределение нагрузок (четыре уровня от ОЭС до генераторов) в ЕЭС России. – 2 ч		4.1		Подготовка к ЛР	2	Защита ЛР
3	1.3	Устойчивость энергосистем - сохранение синхронной работы генераторов, сохранение в работе основных ЛЭП. Регулирование напряжения в энергосистеме – 2 ч				Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос
4	1.4	Методы ограничения токов КЗ в энергосистемах – 2 ч		4.2		Подготовка к ЛР	2	Защита ЛР
5	2.1	<i>Режимы работы генераторов и синхронных компенсаторов</i> Технология выработки электроэнергии на электростанциях. Стационарные режимы работы синхронных генераторов. Аномальные режимы работы генераторов, условия допустимости, целесообразность применения. Пуск и синхронизация синхронных генераторов. – 2 ч				Изучение материала лекции	2	Тест
6	2.2	Влияние принципа действия системы возбуждения на устойчивость энергосистем. Контроль параметров генератора во время работы (напряжение, ток, мощность статора; напряжение и ток ротора; температурное состояние; давление водорода). – 2 ч.		4.3		Подготовка к ЛР	2	Защита ЛР
7	2.3	Разгон генераторов при их аварийном отключении от сети. – 2 ч				Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос
8	2.4	Повышенное и пониженное напряжение статора в пределах $+10\div-5\%$ $U_{ном}$. – 2 ч		4.6		Подготовка к ЛР	2	Защита ЛР
9	2.5	Условия выдачи мощности генератором в сеть. – 2 ч				Изучение материала лекции	2	Тест
10	2.6	Работа генераторов в режиме синхронного компенсатора. – 2 ч		4.7		Подготовка к ЛР	2	Защита ЛР
11	2.7	Аномальные режимы работы генераторов: перегрузка, асинхронный режим, режим с несимметричной нагрузкой (опасность этих режимов, допустимые отклонения), работа с однофазным замыканием на землю в цепи статора, то же – в цепи ротора, асинхронный режим (без возбуждения) работа в режиме двигателя. – 2 ч.				Изучение материала лекции	2	Тест
12	3.1	<i>Режимы работы трансформаторов</i> Место трансформатора в энергосистеме. Потери в трансформаторах. Преимущества холоднокатанной стали для изготовления магнитопровода. – 2 ч		4.8		Подготовка к ЛР	2	Защита ЛР
13	3.2	Электродинамическая стойкость обмоток при сквозных токах КЗ. – 2 ч				Изучение материала лекции	1	Выборочный опрос

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	3.3	Влияние типа системы охлаждения трансформаторов на его технические и экономические показатели. Допустимые температуры верхних слоев масла. – 2 ч		4.9		Подготовка к ЛР	1	Защита ЛР
15	3.4	Опасность повышения напряжения на трансформатор сверх номинальных, допустимые отклонения. Наибольшие допустимые рабочие напряжения на трансформатор. Перегрузка трансформаторов по току. Включение трансформаторов на параллельную работу. – 2 ч				Изучение материала лекции	1	Выборочный опрос
16	3.5	Комбинированные режимы работы автотрансформаторов. Тепловые процессы в трансформаторах и автотрансформаторах при изменениях нагрузки. – 2 ч		4.10		Подготовка к ЛР	1	Защита ЛР
Восьмой семестр								
1	4 4.1	<i>Режимы работы электродвигателей в системах собственных нужд станций и подстанций</i> Стационарные режимы работы электродвигателей в системе собственных нужд электрической станции. Исполнение двигателей собственных нужд. – 4 ч				Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос
2	4.2	Динамические свойства электродвигателей собственных нужд, характеристики момента сопротивления механизма. – 2 ч	1.1			Изучение материала лекции	2	
3	4.3	Динамические свойства электродвигателей собственных нужд, характеристики момента сопротивления механизма. – 2 ч Контроль температурного состояния электродвигателей. – 2 ч				Изучение материала лекции	4	Выборочный опрос
4	4.4	Нагрев двигателей при пуске, влияние уровня напряжения на время пуска и нагрев двигателя – 2 ч	1.1			Изучение материала лекции	2	
5	4.5	Выбег электродвигателей при перерывах питания и снижениях напряжения питания. Опрокидывание двигателя. – 4 ч.				Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос
6	4.6	Самозапуск электродвигателей. – 2 ч	1.2			Изучение материала лекции	2	
7	5 5.1	<i>Режимы работы коммутационной аппаратуры на станциях и подстанциях</i> Влияние быстродействия выключателей на устойчивость энергосистем. – 2 ч				Изучение материала лекции	4	Выборочный опрос
8		Влияние быстродействия выключателей на устойчивость энергосистем. – 2 ч	1.2			Изучение материала лекции	2	
9	5.2	Работа коммутационной аппаратуры на электрических станциях в энергосистеме. – 4 ч				Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос
10	5.3	Особенности работы и гашения дуги в различных видах выключателей – 2 ч	1.3			Изучение материала лекции	2	
11	5.4	Особенности работы и гашения дуги в различных видах выключателей – 2 ч Переходные процессы при коммутациях присоединений. – 2 ч				Изучение материала лекции	4	Выборочный опрос

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	5.5	Скорость восстановления напряжения на зажимах выключателей и восстановление электрической прочности разрыва цепи выключателями. – 2 ч	1.4			Изучение материала лекции	2	
13	5.6	Расход ресурса коммутационных аппаратов при работе в системе, методы контроля и расчета. – 4 ч				Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос
14	5.7	Особенности отключения постоянного тока высокого напряжения (на передачах постоянного тока) большой мощности. – 2 ч	1.5			Изучение материала лекции	2	
15		Особенности отключения постоянного тока высокого напряжения (на передачах постоянного тока) большой мощности. – 3 ч				Изучение материала лекции		Выборочный опрос
Девятый семестр								
1			2.1			Выполнение КР	2	
2						Выполнение КР	2	
3			2.1			Выполнение КР	2	
4						Выполнение КР	2	Проверка расчетов
5			2.2			Выполнение КР	2	
6						Выполнение КР	2	
7			2.2			Выполнение КР	2	Обсуждение материалов спецвопроса
8						Выполнение КР	2	
9			2.3			Выполнение КР	2	
10						Выполнение КР	2	Проверка расчетов
11			2.3			Выполнение КР	2	
12						Выполнение КР	2	Проверка листов графики
13			2.4			Выполнение КР	2	
14						Выполнение КР	4	Защита КР

ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Ветров В. И. Режимы работы основного оборудования электрических станций. / Учебное пособие. Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск. 1993. -124 с.
2. Сыромятников И. А. Режимы работы электродвигателей.- М: Энергоатомиздат, 1984, - 240 с.
3. Коган Ф. Л. Анормальные режимы синхронных генераторов. - М: Энергоатомиздат, 1996, - 116 с.

Дополнительная:

- 1 Электрическая часть станций и подстанций./ Под ред. А.А. Васильева. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.
2. Иванов - Смоленский А. В. Электрические машины. - М.: Высшая школа, 1994. - 584 с.
3. Объем и нормы испытаний электрооборудования. / Под общей редакцией В. А. Алексева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. - М.: НЦ ЭНАС, 1998. - 256 с.
4. Савалов С.А. Режимы Единой энергосистемы. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 384 с.
5. Грудинский П.Г., Мандрыкин С.А., Улицкий М.С. Техническая эксплуатация основного электрооборудования станций и подстанций. Под ред. П.И. Устинова. – М.: Энергия, 1974. – 570 с.

Пример задания на курсовую работу:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра энергетики

Задание на курсовую работу по дисциплине
"Режимы работы электрооборудования станций и подстанций"

Курс: пятый
Специальность: 100100
Группа: 142
Студент: **Бодруг А.**

Дата защиты курсовой работы:
21 ноября 2005 г.

Исходные данные:

1. Схема Амурской электроэнергетической системы;
2. Данные о токах короткого замыкания на объектах энергосистемы;
3. Потоки мощности и уровни напряжения в сетях 110 кВ и выше энергосистемы.

Объем работы:

1. Для участка сети 220 кВ ПС «Хани» – ПС «Юктали» - ПС «Лопча» - ПС «Хорогочи» - ПС «Тында-тяга» - ПС Тында» определить величину тока однофазного короткого замыкания на шинах высокого напряжения всех подстанций.
2. Рассчитать, как изменятся эти токи при разземлении нейтрали у одного из двух параллельно работающих трансформаторов на каждой подстанции рассматриваемого участка.
3. Определить изменение средней температуры обмотки трансформатора на подстанции «Лопча» при указанном виде КЗ и:
 - срабатывании штатной защиты трансформатора;
 - отключении трансформатора резервной защитой;
 - отказе выключателя и отключении линии с противоположного конца.

Дополнительные данные для расчета:

- средняя температура обмотки трансформатора в момент КЗ: **65⁰С**;
- относительные потери от вихревых токов: **12 %**.

4. Вопрос для углубленной проработки: **фазировка трансформаторов.**

Задание подшивается в пояснительную записку после титульного листа. Исходные данные – в приложение к пояснительной записке.

Графическая часть курсовой работы (выполняется на одном листе формата А1): схема заданного участка электроэнергетической системы, результаты расчета токов КЗ (в табличной форме), иллюстрации, необходимые для раздела 4.

Руководитель курсовой работы _____ Козлов А.Н.

2.1.3. График самостоятельной работы студентов:

Номер недели	Содержание	Объем в часах	Форма контроля	Сроки контроля
Седьмой семестр				
1	2	3	4	5
1	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос	
2	Изучение материала лекции Подготовка к ЛР	2	Защита ЛР	
3	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос	На текущей неделе
4	Изучение материала лекции Подготовка к ЛР	2	Защита ЛР	На текущей неделе
5	Изучение материала лекции	2	Тест	На текущей неделе
6	Изучение материала лекции Подготовка к ЛР	2	Защита ЛР	На текущей неделе
7	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос	На текущей неделе
8	Изучение материала лекции Подготовка к ЛР	2	Защита ЛР	На текущей неделе
9	Изучение материала лекции	2	Тест	На текущей неделе
10	Изучение материала лекции Подготовка к ЛР	2	Защита ЛР	На текущей неделе
11	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос Тест	На текущей неделе
12	Изучение материала лекции Подготовка к ЛР	2	Защита ЛР	На текущей неделе
13	Изучение материала лекции	1	Выборочный опрос	На текущей неделе
14	Изучение материала лекции Подготовка к ЛР	1	Защита ЛР	На текущей неделе
15	Изучение материала лекции	1	Выборочный опрос Тест	На текущей неделе
16	Изучение материала лекции Подготовка к ЛР	1	Защита ЛР	На текущей неделе
Восьмой семестр				
1	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос	На текущей неделе
2	Оформление решенной задачи	2	Защита решенной задачи	На текущей неделе
3	Изучение материала лекции	4	Выборочный опрос	На текущей неделе
4	Оформление решенной задачи	2	Защита решенной задачи	На текущей неделе
5	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос	На текущей неделе
6	Оформление решенной задачи	2	Защита решенной задачи	На текущей неделе
7	Изучение материала лекции	4	Выборочный опрос	На текущей неделе
8	Оформление решенной задачи	2	Защита решенной задачи	На текущей неделе
9	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос	На текущей неделе
10	Оформление решенной задачи	2	Защита решенной задачи	На текущей неделе
11	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос	На текущей неделе
12	Оформление решенной задачи	4	Защита решенной задачи	На текущей неделе
13	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос	На текущей неделе
14	Оформление решенной задачи	2	Защита решенной задачи	На текущей неделе
15	Изучение материала лекции	2	Выборочный опрос	На текущей неделе
Девятый семестр				
1	Выполнение КР	2		
2	Выполнение КР	2		
3	Выполнение КР	2		
4	Выполнение КР	2	Проверка расчетов	На текущей неделе
5	Выполнение КР	2		
6	Выполнение КР	2		
7	Выполнение КР	2	Обсуждение материалов спецвопроса	На текущей неделе
8	Выполнение КР	2		
9	Выполнение КР	2		
10	Выполнение КР	2	Проверка расчетов	На текущей неделе
11	Выполнение КР	2		
12	Выполнение КР	2	Проверка листов графики	На текущей неделе
13	Выполнение КР	2		
14	Выполнение КР	4	Защита КР	

2.1.4. Методические рекомендации по проведению практических занятий.

Практическое занятие проводится по следующему плану:

- тема занятия доводится до сведения студентов заблаговременно, на занятия они должны прийти, проработав соответствующий раздел либо по материалам лекций, либо самостоятельно;
- путем выборочного опроса выясняется степень усвоения основных требований к соответствующему устройству автоматики и путей реализации этих требований; разбираются допущенные ошибки и неточности;
- в аудитории решается типовой пример;
- дается индивидуальная задача для самостоятельного решения.

При подготовке к занятиям рекомендуется пользоваться следующей литературой:

1. Электрическая часть станций и подстанций./ Под ред. А.А. Васильева. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.
2. Сыромятников И. А. Режимы работы электродвигателей.- М: Энергоатомиздат, 1984, - 240 с.
3. Объем и нормы испытаний электрооборудования. / Под общей редакцией В. А. Алексеева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. - М.: НЦ ЭНАС, 1998. - 256 с.
4. Грудинский П.Г., Мандрыкин С.А., Улицкий М.С. Техническая эксплуатация основного электрооборудования станций и подстанций. Под ред. П.И. Устинова. – М.: Энергия, 1974. – 570 с.

2.1.5. Методические рекомендации по проведению лабораторных работ.

При проведении лабораторных работ рекомендуется придерживаться следующего плана:

- перед выполнением работы студенты сдают краткую теорию по выполняемой лабораторной работе;
- после получения допуска выполняется экспериментальная часть работы;
- производится обработка полученных результатов, оформляется отчет и делаются выводы по проделанной работе;
- лабораторная работа защищается перед преподавателем.

Перед проведением цикла лабораторных работ студенты получают инструктаж по соблюдению техники безопасности и правилам работы с аппаратурой лаборатории с обязательным оформлением инструктажа в журнале по ТБ (должна быть личная подпись каждого студента).

При подготовке к занятиям рекомендуется пользоваться следующей литературой:

1. Электрическая часть станций и подстанций./ Под ред. А.А. Васильева. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с.
2. Сыромятников И. А. Режимы работы электродвигателей.- М: Энергоатомиздат, 1984, - 240 с.
3. Объем и нормы испытаний электрооборудования. / Под общей редакцией В. А. Алексеева, Ф.Л. Когана, Л.Г. Мамиконянца. - М.: НЦ ЭНАС, 1998. - 256 с.
4. Грудинский П.Г., Мандрыкин С.А., Улицкий М.С. Техническая эксплуатация основного электрооборудования станций и подстанций. Под ред. П.И. Устинова. – М.: Энергия, 1974. – 570 с.

2.1.6. Краткий конспект лекций.

Режим энергосистемы и участие станций в выработке электрической энергии.

Основные проблемы планирования и ведения режимов:

- 1) Выбор нормативных и ремонтных схем электрических сетей
- 2) Экономическое распределение активной мощности P по агрегатам при рациональном распределении энергоресурсов
- 3) Обеспечение устойчивости параллельной работы электрических станций
- 4) Поддержание нормальной частоты.
- 5) Регулирование напряжения, потоков P и Q

Суточный график нагрузки системы

Размещение ГЭС в базовой части графика означает, что через плотину необходимо сбрасывать определенный объем воды, по санитарным нормам, условиям судоходства и природопользования.

АЭС: Нагрузка размещается в базовой части, так как не желательно изменение нагрузки.

ТЭЦ: При работе в базовой части имеет наиболее экономичный режим, когда согласованы электрическая нагрузка и выдача тепла потребителю. В конденсатор уходит минимальное количество пара.

КЭС: Близко располагается к источнику топлива.

Режимы работы ЭС различного типа, объединенных в энергосистему, назначаются диспетчерскими управлениями (РДУ).

При распределении нагрузки учитываются особенности технологического цикла станции, состояние оборудования, и структурный состав энергосистемы.

Установленная мощность ЭС

Для обеспечения нормальной работы энергосистем выделяется резерв, необходимый для резервирования агрегатов станции при их повреждении и для проведения плановых ремонтов.

Исходя из требований устойчивости и надежности единичная мощность одного агрегата не должна превышать 2-3% установленной мощности системы, а мощность станции – не более 10% установленной мощности системы.

Ремонт основного электрооборудования

Ремонт должен проводиться без ущерба для нормальной работы системы и без перебоя питания потребителей. Как правило, летом проводится ремонт агрегатов ТЭС и АЭС, зимой агрегаты ГЭС.

Динамические свойства энергообъединений

Различают локальные движения – взаимные качания относительно друг друга различных систем.

Обменные взаимодействия – взаимные колебания электрических систем относительно друг друга.

Локальные движения имеют достаточно высокую частоту. Обменные процессы характеризуются низкочастотными составляющими от 0,1 до 2 Гц.

В первом случае наблюдается нарушение устойчивости на электропередаче Сибирь-Казахстан на 9 – 10 секунде после возмущения.

Во втором случае процесс развивается медленнее и нарушение происходит через 60 секунд после нарушения.

Низкочастотные волновые процессы имеют длину волны $\frac{1}{4}$ от номинальной 50 Гц.

Поэтому максимальные амплитуды возмущений могут наблюдаться в восточной части Сибири (длины линий 1000 км – 1200 км, а длина 1500 составляет $\frac{1}{4}$ длины волны).

Нарушение устойчивости всегда связано с наличием слабых звеньев энергосистемы.

Исключить аварийные ситуации можно:

1. Усилением слабых звеньев (линий)
2. Применение демпфирующих устройств
3. Гальванической развязкой цепи

Методы ограничений токов КЗ

Если уровень токов КЗ недопустимо высок, ограничить можно:

1. Установкой токоограничивающих реакторов «в рассечку». (Искусственно увеличиваем сопротивление участка цепи)
2. Секционирование (деление) электрической системы на части с установкой на отключенных выключателях АВР.
3. Токи однофазного КЗ в сетях 110 кВ и выше можно уменьшить, разземляя часть нейтралей трансформаторов. В сетях с изолированной нейтралью, ток замыкания на землю ограничивают, включая реакторы между землей и нулевой точкой трансформатора. Такие реакторы называются дугогасящими катушками ДГК.

Режимы работы синхронных генераторов.

В турбогенераторах с водородным охлаждением корпус выполняется газоплотным. Внутри корпуса монтируется сердечник статора (из холоднокатанной стали). Между пакетами - распорки чтобы оставались вентиляционные каналы. По мере сборки сердечника ведется его опрессовка. Полностью собранный сердечник закрепляется нажимными пальцами и стяжными шпильками. Под кольца устанавливаются нажимные пальцы, обеспечивающие опрес-

совку в зубцовой зоне.

Опрессовка необходима для уменьшения вибрации. Признаком слабой опрессовки является налет ржавчины (из-за контактной коррозии) в месте соприкосновения вибрирующих листов.

Обмотка статора выполняется из медных стержней или труб покрытых непрерывной изоляцией из миколенты. На генераторах мощностью до 100 МВт пропитка ленты осуществляется битумными компаундами. У генераторов большей мощности изолирующим материалом является стекломиколента (лепестки слюды на ленте из стеклоткани). Пропитка - термореактивными смолами.

Ротор. При номинальной частоте вращения витки обмотки ротора прижимаются центробежной силой к клину и друг к другу. Усилие может быть таким, что сила трения заземляет витки и не позволяет им удлиняться при нагреве током возбуждения. В результате возникают зоны, в которых действуют силы сжатия, и если эти силы превышают предел текучести меди, то после отключения генератора и остывания выявляется остаточная деформация, то есть витки укорачиваются.

Предельно допустимые температуры для элементов генератора

	Температурные измерения		
	По сопротивлению постоянному току	Термопара	Термометр
1 Сталь статора (P>100 МВт)		120 ⁰	
2 Сталь статора (P<100 МВт)		105 ⁰	
3 Обмотка статора P >100 МВт		120 ⁰	
4 Обмотка статора P <100 МВт		105 ⁰	
5 Обмотка ротора	130 ⁰		
Непосредств. охл.	100 ⁰ /105 ⁰ /110 ⁰ /115 ⁰		
Вода из обмотки статора			85 ⁰
Газ из обмотки статора			110 ⁰
Битумная изоляция			95 ⁰

Если температура ниже указанной, нагрузку генератора можно повышать.

Перевод генератора в режим недовозбуждения

В зоне перевозбуждения приходится ограничивать полную мощность генератора из-за:

- Повышение напряжения, обусловленного ростом тока возбуждения;
- Из-за нагрева обмотки ротора повышенными токами возбуждения

В зоне рабочего возбуждения мощность, отдаваемая генератором ограничивается нагревом обмотки статора и допустимой мощностью турбины. В

режиме недовозбуждения в токе статора появляется подмагничивающая составляющая. В результате заметно увеличиваются вихревые токи в местах фиксации активной стали статора, нажимных кольцах и пальцах.

Особенно высок этот нагрев у генераторов с непосредственной системой охлаждения.

Вывод: допустимая длительная нагрузка в режиме недовозбуждения у генераторов с непосредственным охлаждением определяется заводом изготовителем на основании специального испытания.

У генераторов с косвенной системой охлаждения работа в режиме недовозбуждения связана с минимальным ограничением по мощности.

В аварийных режимах разрешается кратковременно перегружать по токам статора и ротора (реактивным).

Ненормальные режимы работы генератора

1 Несимметричный режим

Варианты появления:

1 Несимметричные КЗ

2 Отключение одной из фаз выключателя с пофазным управлением

3 Наличие мощной однофазной нагрузки.

В несимметричном режиме в статоре генератора появляются токи обратной последовательности и соответствующее им магнитное поле, относительно ротора перемещение этого поля происходит с двойной частотой, и в контурах ротора наводятся вихревые токи.

Наибольший нагрев от вихревых токов наблюдается в торцевых частях ротора. Особенно в месте контакта зубец-клин. При длительном несимметричном режиме возможно оплавление концевых клиньев, зубцов и посадочных мест бандажей, а также повреждение изоляции обмотки ротора.

В средней части ротора можно использовать дюралевого клинья, а концевые выполняются из бронзы или титана.

Распределение температуры по длине клина.

Допустимая длительная температура дюрала 130°C ; при более высокой размягчается и оплавляется.

Для контроля генератора в несимметричном режиме на нем устанавливается токовая защита обратной последовательности (многоступенчатая).

Для каждого типа генераторов определена тепловая постоянная и построены зависимости допустимого времени работы в несимметричном режиме от тока обратной последовательности.

Поле обратной последовательности создает знакопеременный момент, действующий на элементы генератора. Может возникнуть вибрация с двойной частотой.

На турбогенераторе эта вибрация передается на подшипники слабо, и определяющим фактором является нагрев. На гидрогенераторах вибрация может появляться в большей степени.

Если несимметрия возникла из-за неполнофазного включения выключа-

теля, следует немедленно произвести обратную коммутацию. Если несимметрия связана с отказом отключения выключателя от релейной защиты, необходимо повторить попытку вручную. Если нет результата, включается схема УРОВ (устройство резервированных отказов выключателей).

УРОВ отключает все выключатели смежные с этой точкой.

Искажение синусоидальности тока статора.

В электрических системах возможна генерация высших гармоник от преобразовательных устройств (электротранспорт) и от вставок постоянного тока (ВПТ).

При этом токи, кратные трем, в генератор не попадают, замыкаясь по обмоткам силовых трансформаторов, соединенным в треугольник. Для всех остальных токов доля их в полном токе статора зависит от сопротивления контура, а оно в свою очередь - от номера гармоники.

Вывод: Вихревые токи в роторе вызывают местные нагревы, аналогично несимметричному режиму.

Для того чтобы избежать перегрева генератора, может потребоваться снижение его нагрузки. Следовательно, необходим периодический контроль степени искажения синусоидальности тока статора.

Суммарные потери в роторе от токов обратной последовательности и высших гармоник определяется эквивалентным током, который учитывает все несинхронные поля.

Асинхронный режим работы генератора при потере возбуждения

Причины:

- 1) Неисправность возбудителя
- 2) Расцепление полумуфт ротор-возбудитель
- 3) Обрыв цепи ротора
- 4) Случайное отключение АГП

Проблемы:

магнитный поток ротора снижается и генератор начинает потреблять реактивную мощность из сети;

нарушается равновесие крутящего и тормозящего ротора, генератор ускоряется.

В результате в бочке ротора начинают наводиться вихревые токи с частотой скольжения.

Магнитное поле этих токов наводит ЭДС на обмотке статора, возникает асинхронный тормозящий момент то есть генератор в асинхронном режиме выдает активную мощность P , несмотря на потерю возбуждения.

Появление асинхронного режима обнаруживается по следующим признакам:

- 1) Напряжение статора понизилось до $(0,85/0,7)U_{ном}$ и незначительно колеблется около этого значения.
- 2) Ток статора возрос и колеблется в умеренных пределах около среднего значения.
- 3) Стрелка ватметра отклонилась в сторону «0» до упора или влево при «0» в середине шкалы.

- 4) Активная мощность генератора снизилась
- 5) Ток ротора снизился практически до «0».

Последствия перехода генератора в асинхронный режим

- 1) Из-за снижения напряжения падает производительность СН (возможно погашение котла и остановка блока)
- 2) Из-за увеличения тока статора – повышенный нагрев обмотки
- 3) Магнитный поток статора дает повышенный нагрев крайних пакетов статора.
- 4) Токи появляющиеся в элементах ротора тем больше, чем больше скольжение.

Несмотря на негативные последствия генератор стараются сохранить в работе хотя бы на время перевода на резервный возбудитель.

Выполняются следующие действия:

Снижается активная нагрузка генератора (для турбогенераторов с форсированным охлаждением время разгрузки должно составлять от 30 секунд до 1 минуты).

Допустимое время работы в асинхронном режиме (с учетом времени разгрузки): для серий:

$$\dot{Q}_{AD} \leq 30 \dot{i} \text{ è } i$$

$$\dot{Q}_{AA}; \dot{Q}_{\tilde{A}\tilde{A}} \leq 15 \dot{i} \text{ è } i$$

У гидрогенераторов (ГГ) в асинхронном режиме очень быстро перегреваются успокоительные обмотки на полюсах, поэтому длительная работа в таком режиме не допускается.

При потере возбуждения ГГ отключается специальной защитой.

Второй вид асинхронного режима – выпадение генератора из синхронизма в результате электромеханических ПП.

Признаки такого режима:

- 1) ток статора колеблется от нуля до предельного значения
- 2) параметры цепей возбуждения меняются незначительно

Действие персонала: пытаться восстановить синхронную работу, уменьшая подачу энергоносителя на турбину и увеличивая возбуждение генератора.

Перевод генератора в режим синхронного компенсатора СК

Цель перевода: поддержание необходимого уровня напряжения в системе, за счет потребления из системы избыточной реактивной мощности, при этом генератор разгружается по Р (ночное время, воскресные или праздничные дни).

Для перевода в режим СК:

Прекращают подачу на турбину пара или воды. На паровых турбинах выполняется посадка стопорного клапана.

Длительная работа турбины в безпаровом режиме не допускается, поскольку в течение 8-12 минут лопатки последних ступеней из-за трения о пар доходят до температуры красного каления.

Необходимо восстановить вентиляцию турбины паром хотя бы в не-

больших количествах.

На ГГ необходимо провести срыв вакуума, и если рабочее колесо ниже уровня нижнего бьефа, сжатым воздухом отжимается вода из камеры рабочего колеса.

Машина потребляет небольшую активную мощность, а для потребления реактивной мощности из сети на генераторе снижают ток возбуждения.

Если турбоагрегат выведен в ремонт, то возможно использование генератора в режиме СК при рассоединении полумуфт между генератором и турбиной.

Генератор при этом раскручивается до нормальных оборотов с помощью соседнего генератора.

Паразитные токи в валах и подшипниках.

Из-за неравномерного зазора между ротором и статором магнитная система машины несимметрична. В результате в теле ротора возникает разность потенциалов, что приводит к появлению токов, замыкающихся частично по ротору, а частично через вал ротора, подшипники и станину; сопротивление этого пути мало и токи могут достигать нескольких кА. Это приводит к повреждению указанных элементов, поэтому под подшипник со стороны возбuditеля у ТГ и под лапы крестовины у ГГ подкладывают изоляционные прокладки. Сопротивление изоляции должно быть для ТГ не менее 1Мом, для подпятников ГГ не менее 0.3 Мом. Не реже чем один раз в месяц следует проверять состояние изоляции.

Регуляторы первичных двигателей (турбины).

Для изменения скорости турбины необходимо изменить количество пара или воды, т.е. переместить заслонку в паропроводе или в водоводе. Усилия, необходимые для этого, достаточно большие, поэтому, как правило, применяются гидродвигатели.

На паровых турбинах регулирование давления осуществляется дроссельными клапанами. На гидравлических турбинах регулирующими являются лопатки направляющего аппарата.

При изменении скорости вращения, грузы регулятора изменяют свое положение перемещая шарнир 1 по вертикали. Временной осью вращения коромысла 1-2-3 является точка 2. Поэтому, шарнир 3 идет в противоположную от шарнира 1 сторону и в результате: камера высокого давления золотника присоединяется к верхней или нижней камере гидродвигателя. Соотношение площадей поршней подбирается таким образом, чтобы сравнительно небольшое избыточное давление в камере золотника обеспечивало усилие, необходимое для перемещения поршня гидродвигателя.

При снижении скорости необходимо, чтобы поршень гидродвигателя перемещался вверх, увеличивая объем подаваемого на турбину рабочего тела.

В реальных условиях этот регулятор должен быть дополнен механизмом изменяющим частоты вращения.

МИЧВ - механизм изменения частоты вращения.

Момент турбины и момент генератора находятся в состоянии динамического равновесия; движение роторов подчиняется уравнению движения:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_T - M_G$$

Пусть в точке **a** существовал установившийся режим: $M_{Ta} = M_{Ga}$, соответствующим неизменному расходу пара через турбину. При сбросе нагрузки с генератора процесс переместится в точку **b**, скорость вращения роторов возрастает.

Для энергосистемы важно сохранить неизменной скорость вращения роторов, осуществляющие перемещение не в **b**, а в точку **c**. Перемещение по вертикали невозможно, поскольку работа устройств, изображенных на рисунке происходит с запаздыванием.

Регуляторы скорости, возбуждения и прочие могут быть астатическими (контролируемый параметр регулятор удерживает неизменным). Статические регуляторы (при изменении режима контролируемый параметр меняется). Графически астатическое регулирование изображается прямой линией. При статическом регулировании характеристика имеет определенный наклон к горизонтальной оси. Этот наклон характеризует коэффициент статизма.

$$K_{CT} = \frac{\Delta f}{\Delta P_i}$$

Статические регуляторы обеспечивают однозначное распределение мощности между параллельно работающими генераторами.

Для того, чтобы генератор при понижении частоты брал на себя большую мощность (дополнительную), коэффициент статизма нужно уменьшать.

Перевод турбогенератора с водорода на воздух и обратно.

Теплоемкость водорода больше в 7 раз чем у воздуха (лучше отводит тепло). И он самый легкий. При подкачке водорода в корпус генератора клапан 13 ограничивает скорость поступления газа, поскольку гарантировать исправность этого клапана сложно. Иногда переходят на ручную подкачку. При этом держат закрытым вентили 13' и 13'', при подкачке один открывается полностью, а второй - чуть-чуть. Следят за тем, чтобы давление водорода в магистрали резко не понижалось.

1. Переход с водорода на воздух.

Закрывается магистраль подачи водорода 13', 13''. Открывается вентиль 17, обеспечивая выход от верхнего коллектора в атмосферу. Открывается закрытый вентиль на магистрали двуокиси углерода. Начинается снизу вверх вытеснение водорода углекислым газом. Водород вытесняется в атмосферу за пределы главного корпуса станции. Примерный расход при внутреннем объеме генератора 60 куб.м.: при неподвижном роторе 110 куб.м., при вращающемся

роторе 150 куб.м углекислого газа.

Контролируется химический состав газа на выхлопе, вытеснение водорода можно считать законченным, когда его содержание не превышает 2-2,5%. Перемычка переставляется в левое положение, через верхний коллектор в генератор начинает подаваться сжатый воздух. Вытеснение углекислого газа на выхлоп производится с рампы 4.

2. Перевод с воздуха на водород.

Производится в обратной последовательности. Расход CO₂ на вытеснение воздуха: неподвижный ротор 75 куб.м., подвижный ротор 100 куб.м. расход водорода, при вытеснении CO₂: неподвижный ротор 175 куб.м., вращающийся ротор 225 куб.м.

Чистота водорода должна быть не ниже 97%. Снижение чистоты водорода на 1% приведет к увеличению вентиляционных потерь на 10-12%. Увеличение давления водорода или его влажности также приводит к возрастанию вентиляционных потерь.

Масляные уплотнения

Для того, чтобы исключить утечки водорода из корпуса в зоне трущихся частей.

Бывают двух типов: 1)кольцевые; 2) торцевые.

Кольцевые уплотнения являются менее надежными и более затратными, с точки зрения расхода масла по сравнению с торцевыми уплотнениями.

Расход масла 40-60 литров в минуту. Прижимаются непосредственно к валу генератора. У торцевых уплотнения прижимаются к диску на валу.

Масло, идущее в сторону водорода, предотвращает утечку водорода из корпуса машины через зазор между валом и вкладышем.

Тип а: Усилие, прижимающее вкладыш к диску создается давлением. Создается усилие газа и пружин.

Тип б: Давление газа, пружин и уплотняющего масла.

Тип в: Давление газа, пружин, уплотнения масла отжимают вкладыш от диска.

Тип г: Усилие, создаваемое уплотняющем маслом, пружина - отжимают вкладыш.

Тип д: Усилие, создаваемое только прижимающем маслом.

Тип е: Давление создаваемое маслом и давлением газ в статоре.

ТГ	Тип уплотнения	Ном. давление газа
ТГВ200	1	3
ТГВ300	1	3
ТВФ60	1	2
ТВВ165-2	2	3
ТВВ220-2	2	3
ТВ60-2	3	2
ТВФ100-2	3	2
ТВО60	4	2

ТВ60-2	5	2
ТГВ25	5	1
ТВ2-30-2	5	1
ТВС-30	5	1
ТВ-50-2	5	1
ТВ-2-100-2	5	1
ТВ60-2	5	2
ТВ2-150-2	6	2
ТВВ320-2	6	3

На надежность уплотнения влияет характер изменения усилия прижимающего вкладыш к диску. В зависимости от снижения давления масла резко усложняется работа уплотнения (его напряженность).

В уплотнении типа 1, при снижениях аварийного давления масла, усилие, прижимающее вкладыш сохраняется на прежнем высоком уровне. А в уплотнении типа 3 оно даже повышается. Характер изменения усилия на вкладыш определяет требования к надежности схем маслоснабжения и допустимую длительность перебоя маслоснабжения.

По количеству автономных камер уплотнения делятся на однокамерные (однопоточные) и двухкамерные (двухпоточные). В однопоточном уплотнении вкладыш прижимается к диску пружинами и давление водорода - на его тыльную сторону.

В двухпоточных уплотнениях вкладыш прижимается к диску не пружинами, а усилием от давления прижимающего масла и от давления водорода генератора на тыльную сторону вкладыша.

Схема маслоснабжения уплотнений.

В схеме маслоснабжения однопоточных торцевых уплотнений основным источником масла является инжектор 1, в сопло которого поступает масло из системы регулирования. Под действием струи из этого масла в инжектор засасывается более холодное масло из системы смазки подшипников, что позволяет получить температуру после инжектора на 4-6 градусов ниже, чем у масла в системе регулирования. Маслонасосы с двигателями переменного (2) и постоянного (3) тока являются резервным источником маслоснабжения.

Нормально оба насоса стоят в автоматическом резерве. При снижении давления масла в системе первым автоматически включается маслонасос переменного тока.

На остановленном генераторе, когда давление масла в системе регулирования равно нулю, в работе находится маслонасос переменного тока, а маслонасос постоянного тока в автоматическом резерве.

Из напорного коллектора, после инжектора и маслонасоса, масло поступает в маслоохладитель (4), где оно охлаждается на 6-10 градусов. И затем, через один из фильтров (5), расширительный бак (7) и регулятор давления масла

(6) подается на уплотнение.

Масло, сливаемое из уплотнения в сторону водорода, попадает в поплавковый гидрозатвор и из него в маслобак турбины.

Регулятор давления масла (6) поддерживает давление масла, поступающего из уплотнения таким, чтобы оно во всех случаях превышало давление водорода в машине. При этом превышение давления масла над давлением водорода должно оставаться постоянным, при изменении расхода масла на уплотнение.

Масло, идущее через уплотнение, захватывает с собой водород, который частично выделяется в гидрозатворе и возвращается в машину, а частично поступает в сливной маслопровод и маслобак турбины. Для удаления водорода из маслосистемы применяется специальный вентилятор (экспаустер), который должен работать непрерывно. Его колесо, для исключения искрообразования выполнен из латуни.

Конструкция и работа элементов трансформатора.

В большинстве случаев дефекты электрооборудования, работающего в нормальном режиме, проявляются не сразу. Например, при неудовлетворительных контактах в ошиновках РУ на вводах трансформатора в кабельных и воздушных линиях постепенно увеличивает температуру нагрева контактов, что приводит к их разрушению. Повреждения электроаппаратов возможно также из-за чрезмерной вибрации, величина которой нарастает постепенно. Загрязнение изоляции или появление в них трещин, может со временем вызвать пробой. К этому же приводит вытекание масла из маслонаполненного оборудования, а также проникновение влаги в КРУ наружной установки (КРУН).

Элементы	Доли % от общего числа повреждений	
	<100 кВ	>100 кВ
1. Главная изоляция	7	7
2. Витковая продольная изоляция	60	42
3. Переключатели	7	15
4. Магнитопровод	2	2
5. Вводы	7	22
6. Отводы и контакты	8	4
7. Бак прокладки	7	8
8. Система охлаждения	2	8

Конструкция трансформатора:

В случае соединения шпильками потери холостого хода возрастают на 2% . Фиксация бандажами: фиксация производится с помощью стеклоткани на ярмовых балках (стягивают как ремнем).

Электродинамическая стойкость обмоток: в цилиндрических обмотках

ток в параллельных витках протекает в одном направлении, поэтому в катушке появляются внутренние сжимающие усилия. Направление токов одной обмотки противоположно направлению тока в другой обмотке. При этом, если высоты обмоток одинаковы то между цилиндрами возникают только взаимоотталкивающие усилия. Если высота обмоток различна, то дополнительно возникает усилие, стремящееся переместить одну обмотку относительно другой. Электродинамической стойкостью обмотки называют способность выдерживать электромагнитные нагрузки, возникающего от сквозного тока К.З. во внешней цепи без повреждения и остаточной деформации.

Устройство и работы РПН

Существует два типа РПН: с резисторами и с реакторами.

Работа РПН с реакторами.

Работа РПН с резисторами.

Требования к РПН: в процессе переключения ток не должен прерываться. Токовые нагрузки на размыкающиеся контакты должны быть минимальны. Уравнительный ток, протекающий при одной стадии переключения, должен быть ограничен.

Изоляция трансформатора.

Подразделяется на витковую и главную изоляцию. Чаще всего возникают проблемы с витковой изоляцией. Причины: 1) Динамические усилия, деформирующие обмотку при сквозных токах К.З. 2) Перенапряжения, приходящие на обмотку из внешней сети. 3) Заусенцы на проводах, появляющиеся в процессе монтажа обмотки. 4) Посторонние предметы, попавшие в пространство между витками в процессе монтажа.

При замыкании между витками внутри замкнувшихся витков протекают очень большие токи, т.к. напряжение на замкнувшихся витках пропорционально их числу, а уменьшение сопротивления этого участка пропорционально квадрату их количества. Короткозамкнутые витки оказывают размагничивающее действие, поэтому параметры в поврежденной фазе снижаются, по сравнению с паспортными.

Защита изоляции от перенапряжений.

ОПН срабатывает на повышение напряжения. Чтобы ослабить воздействие перенапряжения на изоляцию обмоток, выполняется емкостная защита обмоток трансформатора. Часть волны проходит ОПН. Экранированные кольца и витки не замкнуты. Их назначение - распределить импульс перенапряжения по первым виткам обмотки. Распределение - пропорционально емкости.

Бак трансформатора.

- 1) Силикагель- осушают воздух. Сухой - голубого цвета. Когда присутствует влага - почти белый цвет. Когда доходит до предела - становится красным.
- 2) Азот не окисляет масло. Когда происходит в баке трансформатора К.З., азот выделяется в виде пузырьков, возникают частичные разряды.
- 3) Пленочная защита.

У трансформаторов с любым видом циркуляции масла должна проводиться непрерывная регенерация масла (обновление его свойств).

ТЦ, ОЦ – маслководяная система охлаждения.

М – циркуляция естественная, охлаждение естественное

Д – циркуляция естественная, охлаждение принудительное

ДЦ – принудительные циркуляция и охлаждение.

Давление масла всегда должно быть больше давления воды. Маслонасос ставится всегда до теплообменника. Маслонасос всегда включается первым. Зимой воду в теплообменники не подают, пока масло не прогреется до $+15^{\circ}$.

Нормальный режим работы трансформатора

- 1) Допустимые режимы по напряжению:

Верхний предел определяется условием работы изоляции

Класс изоляции	6	10	35	110	220	500
U_{\max} доп	6,9	11,5	40,5	126	252	525

Уровень напряжения ограничивается нагревом элементов трансформатора: сердечника трансформатора (из-за потерь на гистерезис и вихревые токи).

Нагрев обмотки со стороны питания из-за тока ХХ. При увеличении напряжения на 5% активная составляющая тока ХХ увеличивается примерно на 10 %, а реактивная возрастает на 30 – 50 % (греется сердечник).

Дополнительные потери возникают из-за искажения синусоидального напряжения составляющими 3 и 5 гармоник. Допускается превышать напряжение до 5 %, если ток меньше или равен номинальному и допускается превышение напряжения до 10 %, если ток меньше или равен 0,25 номинального.

- 2) Допустимые режимы по току

Если напряжение не превышает номинального, то для масляных трансформаторов допускается длительная перегрузка по току – 1,05 номинального. В аварийных режимах независимо от длительности и величины предыдущей нагрузки и температуры охлаждающей среды для любых систем охлаждения допускается следующая нагрузка:

Масляные трансформаторы

Перегрузка по току, %	100	75	45	30
Длительность, мин.	10	20	80	120

Сухие трансформаторы

Перегрузка по току, %	60	50	30	20
Длительность, мин.	5	18	80	120

Допустимая температура верхних слоёв масла:

М,Д $\leq 95^{\circ}\text{C}$

Д,Ц $\leq 75^{\circ}\text{C}$

Ц $\leq 70^{\circ}\text{C}$

Включение и отключение трансформатора

Трансформатор включается в сеть толчком на полное напряжение.

Сначала включается выключатель со стороны питания (трансформатор на ХХ), а затем выключатель со стороны нагрузки. Уровень нагрузки зависит от системы охлаждения и температуры воздуха. Разрешается включение на номинальную нагрузку трансформаторов с системами М и Д при любой отрицательной температуре воздуха, а ДЦ и Ц – если температура не ниже -25°C .

При более низких температурах на трансформатор подаётся половина нагрузки и система циркуляции не включается, пока температура верхних слоёв масла не достигнет -25°C .

В системах с направленной циркуляцией масла включение делается в соответствии с заводской инструкцией. В аварийных условиях допускается включение на полную нагрузку независимо от температуры. Отключение трансформатора всегда проводится в обратном порядке.

Фазировка трансформаторов

После монтажа или после капитального ремонта, необходимо проверить тождественность фаз присоединяемой цепи с фазами действующей установки.

Проводится всегда на месте разрыва указанных цепей. Чаще всего на разъединителях.

Фазировка проводится переносным вольтметром (допускается при напряжениях не более 10 кВ) и стационарными установками.

Фазоуказатели используются на напряжение до 10 кВ.

ПОРЯДОК ЗАМЕРОВ:

1) Производится проверка симметрии напряжения на каждой стороне (шесть замеров)

Если разница измерений более 10 %, фазировка прекращается.

2) Определяются зажимы на разных сторонах, между которыми нет разницы напряжений.

Если они не находятся напротив друг друга, то снимается напряжение и изменяется монтаж.

3) Этот этап производится только на трансформаторах. Производится проверка совпадения фаз.

Если трансформатор соединен в «треугольник», то не будет одного из нулевых измерений (и в схеме «звезда» с изолированной нейтралью).

На напряжение выше 10 кВ фазировка проводится на стационарных трансформаторах напряжения).

Шиносоединительный выключатель используется для объединения шин. Вторичные зажимы трансформаторов напряжения собираются на вспомогательном щитке.

ПОРЯДОК РАБОТЫ:

1) Вновь вводимое оборудование от шин отключено, включают ШСВ и проводят фазировку зажимов 1-6 на вспомогательном щитке.

2) На систему шин, к которой подключается вновь вводимое оборудование, подключают только его, все остальные присоединения отключаются. ШСВ при этом отключен. Вновь вводимый объект (трансформатор) должен питаться от того же источника, что и другая система шин.

3) Включают ШСВ и проводят фазировку на щитке.

Если зажимы, на которых напряжение равно нулю, не лежат друг против друга, необходимо провести изменения в монтаже силовых цепей фазуемого трансформатора.

Проверка группы соединения трансформаторов.

Выполняется на постоянном токе.

Проверка 1: Проверка правильности обозначения концов обмоток.

Используется вольтметр постоянного тока с нулём посередине шкалы. Если при нажатии кнопки SB стрелка отклоняется вправо – обозначения соответствуют друг другу.

Если при нажатии кнопки SB, показания $V_1 = V_2 + V_3$ – обозначение правильное.

Проверка 2: Определение группы соединения. Метод поляриметра

ГРУППА	Питание подано на вводы	Знак отключения прибора, включенного на зажимы		
		a-b	b-c	c-a
0(12)	A-B	+	-	-
	B-C	-	+	-
	C-A	-	-	+
11	A-B	+	0	-
	B-C	-	+	0
	C-A	0	-	+

0 – отклонения стрелки нет

+ - отклонение от середины шкалы вправо

– - отклонение от середины шкалы влево

Режимы работы выключателей

Влияние времени отключения на устойчивость системы

При близких КЗ аварийная характеристика «проседает» очень глубоко, что может привести к заметному увеличению площади ускорения, но такие повреждения фиксируются основными защитами $t_z \approx 0$ и отключаются быстрее, чем удалённое. В результате воздействие на генераторы при близких КЗ может оказаться меньше, чем при удалённых (с позиции динамической устойчивости).

Для выключателей отключение близкого КЗ сложнее по следующим причинам:

1) Увеличивается величина периодической составляющей тока;

2) Из-за наличия апериодической составляющей увеличивается действующее значение тока;

При КЗ на шинах мощных станций апериодическая составляющая тока достигает 70-80% от суммарного тока. При КЗ на подстанциях – 20-25%.

3) Неодинаковыми становятся промежутки времени между моментами когда ток равен нулю;

4) Уменьшается скорость изменения тока при подходе его к нулевому значению

5) Уменьшается восстанавливающееся напряжение на полюсе выключателя

Процесс отключения электрической цепи при коротком замыкании

При размыкании контактов промежутки между ними перекрывается электрической дугой, то есть разрыва тока не происходит, но в цепи переменного тока дважды за период ток проходит через ноль, создавая предпосылки к разрыву цепи.

Диаметр дугового столба, температура и степень ионизации к моменту перехода тока через ноль, - наименьшее. И в момент когда ток равен нулю, свечение дуги прекращается.

Поскольку плазменный шнур ещё не исчез, то после прохождения тока через ноль, появляется ток остаточной проводимости. Если процесс охлаждения шнура идёт медленнее, чем восстанавливается напряжение на контактах, скорость движения ионов и электронов возрастает, происходит разогрев плазмы и восстанавливается ионизация промежутка, происходит так называемый тепловой пробой.

Высокую температуру в створе дуги создают и поддерживают ионы и электроны, с одной стороны участвующие в хаотическом тепловом движении частиц, с другой стороны, имеющие направленное движение вдоль оси дуги, определяемое знаком заряда частицы.

Направленному движению мешает нейтральный газ, происходят частые соударения и энергия электронов передаётся нейтральным молекулам в виде тепла. Этот процесс называется *термической ионизацией*, а источником энер-

гии для неё служит внешнее электрическое поле.

Если тепловой пробой после первого перехода тока через нуль не произошёл, то спустя 25-30 мкс. необходимо рассмотреть возможность электрического пробоя. Если скорость восстанавливающегося напряжения высока, то возле контактов происходит быстрое нарастание концентрации электронов и при превышении некоторого критического значения может образоваться искра, переходящая в дуговой разряд. В итоге функции выключателя заключаются не столько в том, чтобы погасить дугу, а в том, чтобы исключить возможность её нового зажигания.

Контакты выполняются металлокерамическими.

Гашение дуги в масляном выключателе

При разложении масла под воздействием дуги возникает газовый пузырь наполовину состоящий из паров масла. Оставшаяся часть – 70% - водород, остальное – углеводороды.

На границе газового пузыря и масла газ холодный, а в стволе дуги температура достигает 15-20° К. В результате возникает перемещение частиц из области с высокой скоростью и температурой в более холодную область и обратно. Образуются вихри и весь объём дуги приобретает высокую турбулентность. В результате дуга расщепляется на большое число очень тонких проводящих нитей, непрерывно изменяющих свою форму и положение.

Охлаждение этих нитей происходит более эффективно. Гашение дуги ускоряется. Когда подвижный контакт покидает пределы дугогасительной камеры, газ выбрасывается наружу, создавая продольное дутьё и обеспечивая гашение дуги.

МИНУСЫ: Отключающая способность масляных выключателей ограничена прочностью дугогасительной камеры. Поэтому наличие апериодической составляющей увеличивает тяжесть отключения дуги (за счёт факторов 1,2,3).

Поэтому про масляные выключатели говорят, что они чувствительны к току.

У ВОЗДУШНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ: отсутствует стадия образования воздушного пузыря. В этих выключателях в большей степени удаётся использовать 4 и 5 факторы. С одной стороны увеличивается действующее значение тока, с другой, - снижение скорости изменения тока и увеличение восстанавливающегося напряжения. О таких выключателях принято говорить, что они чувствительны к напряжению.

Современная вакуумная коммутационная техника

В момент расхождения контактов в межконтактном промежутке появляются пары металла, которые уходят из промежутка за время $10^{-4} - 10^{-5}$ с (поскольку нет среды, препятствующей разлету паров; прочность вакуумного промежутка 30 кВ/мм).

Из-за высокой скорости деионизации промежутка, дуга может погаснуть до момента перехода через ноль. Для того чтобы минимизировать количество паров металла контакты выполняются из специальных сплавов.

1) Cu+Cr (медь и хром) – самые распространенные, используются на напряжениях до 145кВ.

2) Cu+Te+Si (металлокерамические контакты, медь + теллур + кварцевый песок).

3) Cu+Bi (медь + висмут).

4) Ag+W+C (серебро + вольфрам + углерод).

Первый сплав имеет наилучшие характеристики по отключающей способности и восстановлению диэлектрической прочности между контактами, по устойчивости к эрозии и по переходному сопротивлению контактов.

Изменение коммутационных характеристик обеспечивается добавкой определенных примесей.

Добавка Te (теллура) в пределах от 0,1 до 4% заметно снижает эрозию контактов. Добавка Bi (висмута) от 2,5 до 10% резко уменьшает токи среза. Добавка C (углерода) от 0,2-1,5% резко снижает содержание в металле кислорода.

Привод вакуумного выключателя

(электромагнитный с магнитной защелкой)

1 – пружина поджатия;

2 – отключающая пружина;

3 – электромагнит;

4 – постоянный магнит;

5 – якорь;

Работа привода: При включении выключателя в электромагнит подается постоянный ток в прямом направлении (электромагнит и постоянный магнит работают согласованно).

В результате якорь втягивается и «прилипает» к постоянному магниту. При этом сжимается отключающая пружина и пружина поджатия, обеспечивая включение контактов.

Отключение: В электромагнит подается ток обратной полярности и действие постоянного магнита нейтрализуется; он уже не может удерживать якорь. Отключающая пружина толкает якорь вниз, происходит отключение выключателя.

Устройства для снижения перенапряжений

I. Трубчатые разрядники.

S1 – внешний воздушный промежуток;

КЭ – кольцевой электрод (с отверстием для выхлопа газа);

ГПТ – газонаполненная трубка;

S2 – внутренний воздушный промежуток;

СЭ – стержневой электрод;

1 – фиксатор срабатывания, необходим для определения времени (сроков) списания трубки.

После пробоя обоих воздушных промежутков, напряжение в точке подключения разрядника определяется падением напряжения на сопротивлении $R_{\text{знз}}$.

Промежуток S1 исключает длительное воздействие рабочего напряжения на изоляцию газогенерирующей трубки.

Трубчатые разрядники имеют ограниченную гасящую способность.

Пример маркировки: РТВ – 10/12-2

Разрядник трубчатый винипластовый, на 10 кВ с пределами токов КЗ, которые разрядник может прерывать 12-2 кА.

II. Вентильные разрядники.

В герметичной фарфоровой крышке размещены несколько искровых промежутков, шунтированные высокочастотным сопротивлением и пакет рабочих сопротивлений. Наличие воздушных промежутков может являться причиной нестабильности характеристик пробоя. Для того чтобы запаздывание срабатывания разрядника было минимальным, во многих конструкциях используется коронирующая подсветка воздушных промежутков. Рабочие сопротивления представляют собой зерна порошка карборунда и заполнителя.

В зависимости от времени запекания (спекания) и размера зерен, различают:

- вилитовые диски (невысокая температура спекания, $\alpha = 0,13-0,15$);

- тервитовые диски (высокотемпературное запекание, $\alpha = 0,3-0,4$);

$u_p = A \cdot i_p^\alpha$, A – постоянный коэффициент, $\alpha < 1$.

При появлении импульса перенапряжения, искровые промежутки пробиваются и рабочее сопротивление присоединяется к сети. Волна тока отводится в землю, но на рабочих сопротивлениях возникает остаточное напряжение.

Это напряжение должно быть меньше или равно 70% от расчетного напряжения изоляции.

$$U_{ост} \leq 0.7 \cdot U_{расч.из}$$

После исчезновения импульсного тока через рабочее сопротивление протекает ток промышленной частоты (сопровождающий ток) небольшой величины.

Сопротивление дисков увеличивается, дополнительно снижая ток и обеспечивая гашение дуги при переходе тока через нуль.

Сопротивления, включенные параллельно искровым промежуткам, обеспечивают принудительное равномерное распределение напряжения по этим промежуткам.

Маркировка:

РВС – разрядник вентильный стационарный;

РВП – разрядник вентильный подстанционный;

РВО – разрядник вентильный облегченной конструкции;

Эти разрядники с неподвижной дугой.

РВМ – разрядник вентильный магнитный;

РВМТ – разрядник вентильный грозовой;

В этих разрядниках искровые промежутки помещены между двумя искровыми магнитами, дуга вращается в кольцевом зазоре между электродами.

РВТ – разрядник вентильный токоограничивающий;

РВРД – разрядник вентильный с растягивающейся дугой.

Недостатки вентильных разрядников:

1. Из-за наличия искровых промежутков и шунтирующих сопротивлений, разрядники имеют большие габариты и массу.

2. Импульсное пробивное напряжение достаточно высокое, в результате порог неограниченных перенапряжений тоже высокий.

3. При срабатывании вблизи индуктивности вызывает появление в их обмотках продольных перенапряжений.

Нелинейные ограничители перенапряжений.

Колонка высоконелинейных сопротивлений – варисторы. Подключается непосредственно между фазой и землей. При рабочем напряжении сопротивление колонки составляет приблизительно 10×10^6 Ом. Ток утечки $0,2 \div 4$ мА. При появлении повышенного напряжения, сопротивления изменяются на 4 – 5 порядков за $(1 \div 10) \times 10^{-9}$ с.

Варистор – спрессованные диски из оксида цинка ZnO_2 , диаметром 48, 50, 60, 85 мм.

Поверхности варисторов металлизируются и служат контактами при последовательном соединении дисков в колонке. Пропускная способность аппаратов обеспечивается или одной колонкой варисторов большего диаметра или набором необходимого числа параллельных колонок.

В последнем случае возможна перегрузка колонок с минимальными показателями нелинейности.

Режимы работ электродвигателей

Асинхронные двигатели.

Пуск двигателя. При подаче трехфазного напряжения на статор, в его обмотке протекает ток, создающий вращающееся магнитное поле.

$$n_{\text{синхр}} = \frac{60 \cdot f_c}{p} = \frac{30 \cdot \omega_{\text{синхр}}}{\pi}$$

Вращающееся магнитное поле пересекает стержни обмотки ротора и наводит в них ЭДС, под воздействием которого в обмотке ротора появляется ток. За счет взаимодействия магнитного поля статора и тока ротора, последний начинает вращаться. Асинхронный двигатель может работать только при условии, что скорость вращения ротора меньше скорости вращения поля статора. Разницу скоростей принято называть скольжением.

$$S = \frac{n_{\text{синхр}} - n}{n_{\text{синхр}}};$$

$$P_{\text{Ад}} = 3 \cdot (I_2') \cdot \frac{R_2'}{S} = \frac{3 \cdot (U_1')^2 \cdot R_2' / S}{(R_1 + C \cdot \frac{R_2'}{S})^2 + (X_1 + C \cdot X_2')^2},$$

R_0 - потери в изоляции (токи утечки); в активном сопротивлении наблюдается явление поверхностного эффекта.

Активное сопротивление меняется с изменением скольжения, т.к. проявляется поверхностный эффект.

C - постоянный множитель,

$$C = 1 + \frac{X_1}{X_0};$$

Из формулы для активной мощности видно, что двигатель не может работать при $S=0$ на синхронной скорости.

Электромагнитный (вращающий) момент:

$$M = \frac{P_{AD}}{\omega_{\text{синхр}}};$$

Максимальное значение мощности или момента достигается при скольжении:

$$S_m = \frac{C \cdot R_2}{\sqrt{R_1^2 + (X_1 + CX_2')^2}}.$$

Пуск двигателя вместе с механизмом обеспечивается, если момент двигателя больше момента сопротивления механизма и подшипников.

Если это условие не выполняется, то возможны следующие варианты пуска:

1. использование регулирующих муфт;
2. разгрузка механизма перед пуском (например, пуск пустого или груженого конвейера).

Если двигатель долгое время находился не в рабочем состоянии, то перед пуском необходимо проверить сопротивление изоляции, т.к. возможно ее увлажнение. Изоляция считается работоспособной, если на каждый кВ номинального напряжения приходится не менее 1 МОм сопротивления.

Если изоляция увлажнена, то перед пуском необходимо выполнить ее сушку.

Способы сушки:

1. наружный нагрев и обдув теплым воздухом;
 2. индукционный способ (двигатель обматывается изолированным проводом, по которому пропускается переменный ток, в результате в контурах двигателя возникает вихревой ток);
 3. включение двигателя под нагрузку и сушка рабочими токами;
- Второй и третий способы могут привести к распариванию изоляции.

Синхронные двигатели.

Статор выполнен аналогично асинхронному, а на роторе размещаются две обмотки:

- обмотка возбуждения (ОВ);
- демпферная клетка (аналог короткозамкнутой обмотки ротора);

При пуске возбудитель отключен. ОВ замкнута на сопротивление, чтобы избежать появления больших значений ЭДС.

Разгон двигателя осуществляется за счет демпферной обмотки. При скорости близкой к синхронной подается возбуждение и машина втягивается в синхронизм.

Самозапуск двигателей.

Основные отличия самозапуска от пуска:

1. При самозапуске начинает набирать обороты сразу группа двигателей, подключенных к шинам, при этом увеличиваются потребляемые реактивные мощности и напряжение подсаживается.
2. Двигатели мешают друг другу набирать обороты и для успешного самозапуска ответственных двигателей защитой минимального напряжения от-

ключают те, остановка которых не отразится на технологическом цикле станции.

3. При самозапуске двигатель и механизм остаются сцепленными.

4. В итоге длительность самозапуска может оказаться больше чем длительность пуска (для одного и того же двигателя).

ПЭН – насос, который подает дистиллированную воду в котел (к нему самые жесткие требования);

ДМ – дымосос (вытягивает газы из котла);

ДВ – дутьевой вентилятор (больше по массе и, следовательно, тормозится медленнее, чем ЦЭН);

Водяные тормозятся очень быстро, т.к. рабочая среда вода плотнее воздуха.

При исчезновении питания на шинах СН (выключается выключатель рабочего ввода) начинается групповой выбег двигателей СН и при этом в зависимости от загрузки механизмов СН те двигатели, обороты которых снижаются медленнее, становятся временными «генераторами» для двигателей, затормаживающихся быстрее. Результирующее напряжение на шинах поддерживается в течение 1-1,5 секунд.

Если на секции есть синхронный двигатель, продолжительность затухания напряжения может возрасти до 3-х секунд.

Когда напряжение садится на 70% от номинального, то происходит АВР.

Опрокидывание – напряжение на роторе присутствует, а двигатель останавливается.

Время пуска 3-5 с – легкие условия пуска;

5-10 с – тяжелые условия пуска.

После восстановления напряжения все двигатели, оставшиеся подключенными к шинам, начинают набирать обороты (разворачиваться) – групповой самозапуск.

Критерием успешности группового самозапуска является максимально допустимая продолжительность восстановления напряжения на шинах до номинального в процессе самозапуска. Для электростанций среднего давления это время составляет 30-35 секунд. Для электростанций высокого давления при наличии поперечных связей 20-25 секунд, а при блочной компоновке 15-20 секунд. На продолжительность самозапуска влияет время перерыва питания мощности, нагрузка оставшихся подключенными двигателей и сопротивление элементов питания.

Для того чтобы время самозапуска не превысило допустимое, часть двигателей (не ответственных) отключают от шин на время самозапуска. Этим занимается защита минимального напряжения (эту защиту легче сделать на СН 0,4кВ). На 6кВ - специальные схемы.

Режимы нейтралей электроустановок

При однофазном знз в сети с изолированной нейтралью работать можно не более 2-х часов.

Для 6 кВ емкостной ток 30А;

для 10 кВ 20А;

для 12-20 кВ 15А;

для 35 кВ 10А;

в сетях генераторного напряжения 5А (вращающаяся машина).

Если емкостной ток меньше этих величин, то повторно дуга не будет зажигаться.

$$I_{емкКЛ} = \frac{U_{\min}^{кВ} \cdot I^{км}}{10} = [А];$$

$$I_{емкВЛ} = \frac{U_{\min}^{кВ} \cdot I^{км}}{350} = [А].$$

Изолированная нейтраль применяется на напряжениях от 1000 В до 35 кВ.

Если ток замыкания на землю превышает указанное значение, то возрастает вероятность появления перемежающейся дуги.

Глухозаземленная нейтраль: до 1000 В и выше 35 кВ. При перемежающейся дуге возникают перенапряжения с амплитудой от 2,5 до 3,2 от номинального напряжения.

Первый путь по устранению перемежающейся дуги: включение ДГК (дугогасящей катушки). Сеть с компенсированной нейтралью.

Для схемы б:

1. выравниваем РПН;
2. увеличиваем $I_{ДГК}$;
3. включаем выключатель 1, затем 2;
4. выключаем секционный выключатель;
5. меняем РПН у трансформатора.

Сразу выключить секционный выключатель нельзя, иначе будет бросок уравнительного напряжения.

Второй путь: увеличение токов (оставляют дугу).

Поставим реле мощности нулевой последовательности. Если ставим ДГК, то работать реле не может.

Обнаружение замыкания на землю в изолированных сетях осуществляется просто (токовые реле, реле мощности).

Реле направления мощности включается на нулевую последовательность. При включении ДГК такие схемы релейной защиты перестают надежно работать.

Автоматические локационные искатели (в линию запускаются импульсы, АЛИ).

Основным преимуществом сетей с изолированной нейтралью является возможность сохранить питание потребителя при замыкании фазы на землю.

Но есть нюансы:

1. работа возможна только ограниченное время (2 часа);
2. изоляция таких сетей должна быть увеличена до линейной (напряжение может в любой момент стать линейным);
3. высока вероятность возникновения перемежающейся дуги.

Сеть с компенсированной через реактор нейтралью имеет следующие плюсы:

1. На 70-90% подавляется явление перемежающейся дуги.
2. Значительно снижаются градиенты напряженности вблизи места повреждения, что обеспечивает безопасность персонала. В точке, где дуга достигает земли напряжение не равно нулю, но эквипотенциальные поверхности, удаленные от дуги будут нести значение напряжения равное нулю.

3. Отсутствует большое электромагнитное влияние на линии связи.

Недостатки:

1. повышенные капитальные затраты на изоляцию и установку ДГК;
2. сложность эксплуатации таких систем из-за необходимости постоянного наблюдения за степенью компенсации;
3. усложнение устройств релейной защиты в сети с компенсированной нейтралью.

Третий путь: резистивные сопротивления в нейтрали позволяют перенести дугу в режим постоянного горения. Снимаются вопросы чувствительности релейной защиты, но зато остро стоит вопрос о допустимости удержания сети в течении 2-х часов в режиме замыкания на землю.

Низкоомные $I_{емк} > I_R$;

высокоомные $I_{емк} < I_R$.

Четвертый путь: системы с глухозаземленной нейтралью. Используются на напряжения 110кВ и выше.

Основные достоинства:

- 1) Потенциал нейтрали стабилизирован и обеспечивается комфортная работа изоляции при замыкании на землю. Нет необходимости в серьезном усилении изоляции.

- 2) Обеспечивается четкое действие релейной защиты (возрастают токи КЗ).

- 3) Практически устраняется вероятность появления перемежающейся дуги.

Недостатки:

- 1) Любое однофазное замыкание является КЗ и требует отключения, следствие – перерыв питания у потребителей.

- 2) Значительное ЭМ влияние на линии связи.

- 3) Опасность поражения людей из-за больших величин напряжения прикосновения и шага.

- 4) Токи однофазного КЗ. При большом количестве заземленных нейтралей могут превысить ток трехфазного КЗ в той же самой точке.

В качестве меры по снижению тока однофазного КЗ применимо разземление нейтрали у части трансформаторов.

Защита электродвигателей.

Все повреждения двигателей можно разбить на 3 группы: вызванные механическими причинами, нарушение изоляции обмоток, недопустимая перегрузка.

I. Механическая причина:

- а) износ подшипников или расплавление;

- б) чрезмерная запыленность двигателя;

- в) усиленная вибрация;
- г) попадание масла на обмотку.

Предотвращение повреждений по этим причинам возможно только за счет повышения культуры эксплуатации.

II. Нарушение изоляции приводит к витковым замыканиям между фазами, замыканием на корпус.

Для предотвращения междуфазных замыканий и замыканий на корпус во время эксплуатации необходимо проводить профилактические работы изоляции обмотки, повышая напряжение переменного тока.

Каждая фаза должна использоваться отдельно при заземленных двух других фазах.

2.1.7. Методические рекомендации по выполнению курсового проекта.

Изложены в учебном пособии:

Режимы работы основного электрооборудования электрических станций.

– Л.: СЗПИ, 1983. - 20 с.

Электронный вариант пособия включен в электронную библиотеку кафедры энергетики. Студенты могут записать его на свои носители.

Поскольку пособие издано достаточно давно, в настоящее время кафедрой энергетики ведется разработка нового пособия. Работу планируется завершить к марту 2008 года.

2.1.8. Методические указания по выполнению лабораторных работ

Изложены в учебном пособии:

Режимы работы основного электрооборудования электрических станций.

Электроприводы механизмов собственных нужд. Электрооборудование типовых промышленных установок: Методические указания к выполнению лабораторных работ. – Л.: СЗПИ, 1985. - 61 с.

Электронный вариант пособия включен в электронную библиотеку кафедры энергетики. Студенты могут записать его на свои носители.

Поскольку пособие издано достаточно давно, в настоящее время кафедрой энергетики ведется разработка нового пособия. Работу планируется завершить к марту 2008 года.

2.1.9. Методические указания к практическим занятиям

Изложены в учебном пособии:

Режимы работы основного электрооборудования электрических станций.

– Л.: СЗПИ, 1983. - 20 с.

Электронный вариант пособия включен в электронную библиотеку кафедры энергетики. Студенты могут записать его на свои носители.

Поскольку пособие издано достаточно давно, в настоящее время кафедрой энергетики ведется разработка нового пособия. Работу планируется завершить к марту 2008 года.

2.1.10. Методические указания к выполнению контрольных работ

Выполнение контрольных работ по данной дисциплине не запланировано

2.1.11. Перечень программных продуктов

При выполнении индивидуальных заданий по практическим занятиям, подготовке отчетов по лабораторным работам студентам рекомендуется пользоваться пакетами прикладных программ Microsoft Office Visio, Mathcad, Word, и др.

Методические указания по применению современных информационных технологий

Большое количество сложного иллюстративного материала – схем устройств автоматики, алгоритмов – требует применения мультимедийного оборудования. В настоящее время идет комплектация альбома вспомогательного материала и иллюстраций и перевод в электронную форму, поэтому в настоящем издании УМКД иллюстрации не приведены.

2.1.13. Методические указания по организации межсессионного и экзаменационного контроля знаний

1. Входной контроль. Проводится лектором на одном из первых занятий. Цель – оценить степень освоения разделов предыдущих дисциплин, необходимых при изучении читаемого курса.

Форма контроля – тестовые задания, разрабатываемые лектором.

Оценка не выставляется, т.к. основное назначение входного контроля – выявление пробелов и «слабых мест» у большей части аудитории и внесение соответствующих корректив в планы проведения лекционных и практических занятий.

2. Межсессионный контроль (контрольные точки). Проводится по результатам выполнения и защиты лабораторных работ, либо по результатам практических занятий. Если учебным планом лабораторные и практические занятия не предусмотрены, контрольная точка проставляется лектором на основании решения студентами тестовых заданий промежуточного контроля.

Критерии оценки:

«отлично» - студент работает в соответствии с рабочим учебным планом; все задания выполнены и защищены;

«хорошо» - студент работает в соответствии с рабочим учебным планом; задания своевременно выполнены, но частично - не защищены;

«удовлетворительно» - работа студента – не в полном соответствии с рабочим учебным планом: задания выполнены, но защиты не было;

«неудовлетворительно» - работа студента – не в полном соответствии с рабочим учебным планом: большая часть заданий не выполнена (в том числе и из-за пропусков);

«не аттестован» - при очень большом количестве пропусков занятий и практически полном невыполнении рабочего учебного плана.

3. Экзаменационный контроль.

3.1. Курсовые проекты и работы.

Защищаются перед специальной комиссией, выделенной кафедрой, с участием непосредственного руководителя проекта (работы) и рецензента.

Критерии оценки:

«отлично» - проект (работа) выполнен грамотно, аккуратно, в соответствии с ГОСТ. Допущенные ошибки и неточности не влияют на основные выводы по проекту (работе). Студент свободно ориентируется в вопросах, затронутых в проекте (работе); при наличии графической части – умеет «прочитать» чертеж и дать необходимые пояснения;

«хорошо» - проект (работа) выполнен грамотно, аккуратно, в соответствии с ГОСТ. Допущенные ошибки и неточности не влияют на основные выводы по проекту (работе), но при защите студент допускает неточности в ответах на вопросы членов комиссии по пояснительной записке и графической части;

«удовлетворительно» - *проект* (работа) выполнен грамотно, аккуратно, в соответствии с ГОСТ. Допущенные ошибки и неточности не влияют на основные выводы по проекту (работе), но при защите выявляется, что студент испытывает заметные затруднения и допускает серьезные неточности в ответах на вопросы членов комиссии по пояснительной записке и графической части;

либо проект (работа) выполнен с отступлениями от требований ГОСТ, с ошибками, отражающимися на основных выводах по проекту (работе), даже если на защите студент может объяснить, как следует исправлять допущенные ошибки;

«неудовлетворительно» - проект (работа) выполнен с грубыми ошибками, влияющими на основные выводы по проекту (работе), *либо* на защите студент не может объяснить, как следует исправлять допущенные ошибки, *либо* допускает грубые ошибки в ответах на вопросы членов комиссии по пояснительной записке и графической части. **В любом случае проект возвращается на доработку.**

3.2. Экзамены.

На экзамены выносятся материал дисциплины за семестр. При необходимости в билеты могут включаться основные вопросы, рассмотренные в предыдущем семестре. Перечень вопросов, включаемых в билеты, доводится до сведения студентов до начала подготовки к экзамену.

В билеты включаются не менее двух вопросов по лекционной части курса и в обязательном порядке – хотя бы один вопрос по практической части, или задача.

Критерии оценки:

«отлично» - выполнены все задания билета; студент свободно ориентируется в теоретических и практических вопросах и правильно отвечает на дополнительные вопросы;

«хорошо» - выполнены все задания билета, но студент допускает неточности в ответах на теоретические и практические вопросы, в т.ч. и на дополнительные;

«удовлетворительно» - выполнено практическое задание билета. Ответы

на теоретическую часть билета – неполные, с ошибками, но на дополнительные вопросы ответы – в принципе верные;

«неудовлетворительно» - не выполнено практическое задание билета, либо при ответах на теоретическую часть билета и дополнительные вопросы допущены грубые ошибки и неточности, показывающие, что студент имеет серьезные пробелы в освоении дисциплины.

4. Контроль остаточных знаний. Проводится по тестовым заданиям, разработанным кафедрой. Критерии оценки разрабатываются под каждый блок тестов, но общие рекомендации - следующие:

«отлично» - правильные ответа даны на 75% вопросов теста и более;

«хорошо» - правильные ответа даны на 60-75% вопросов теста;

«удовлетворительно» - правильные ответа даны на 50-60% вопросов теста;

«неудовлетворительно» - правильные ответа даны менее чем на 50% вопросов теста.

2.1.14. Комплекты заданий для лабораторных и практических работ

Задания по лабораторным работам – в учебном пособии: Режимы работы основного электрооборудования электрических станций. Электроприводы механизмов собственных нужд. Электрооборудование типовых промышленных установок: Методические указания к выполнению лабораторных работ. – Л.: СЗПИ, 1985. - 61 с.

Содержание пособия:

Общие указания	3
<i>Лабораторная работа 1.</i> Изучение методов исследования переходных процессов моделированием	4
<i>Лабораторная работа 2.</i> Исследование переходных процессов в типовых динамических звеньях систем автоматического регулирования	14
<i>Лабораторная работа 3.</i> Исследование двухконтурной схемы подчиненного регулирования угловой скорости двигателя	20
<i>Лабораторная работа 4.</i> Исследование режимов асинхронного двигателя	29
<i>Лабораторная работа 5.</i> Исследование энергетических показателей тиристорного электропривода постоянного тока	33
<i>Лабораторная работа 6.</i> Гармонический анализ кривых тока и напряжения вентильного преобразователя	38
<i>Лабораторная работа 7.</i> Исследование электрических аппаратов управления электроприводами	48
<i>Лабораторная работа 8.</i> Исследование асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором как потребителя электрической энергии	56

Электронный вариант пособия включен в электронную библиотеку кафедры энергетики. Студенты могут записать его на свои носители.

Поскольку пособие издано достаточно давно, в настоящее время кафедрой энергетики ведется разработка нового пособия. Работу планируется завершить к марту 2008 года.

2.1.15. Фонды тестовых и контрольных заданий для оценки качества знаний по дисциплине (разработаны доцентом кафедры энергетики АмГУ Филипповым А.Н.)

Вариант 1

1. Электростанции могут устойчиво работать в энергосистеме в параллель:
 - а) если напряжение на шинах одной станции равно напряжению на шинах других станций;
 - б) если вектора напряжений всех станций совпадают;
 - в) если переток между отдельными частями энергосистемы не превышает предел передаваемой мощности

2. Регулирование напряжения в узлах энергосистемы производится:
 - а) для создания безопасных условий работы электрооборудования подстанций;
 - б) для поддержания заданного напряжения у токоприемника;
 - в) для а и б.

3. Автоматическое отключение генераторов мощных удаленных ГЭС при разделении энергосистемы производится:
 - а) для поддержания напряжения на шинах ГЭС;
 - б) для недопущения "заброса" частоты в избыточной части энергосистемы;
 - в) для уменьшения расхода воды на ГЭС.

4. Электродинамическое торможение на генераторах удаленных мощных ГЭС предназначено:
 - а) для периодической дозагрузки генераторов в нормальном режиме;
 - б) для увеличения расхода воды на ГЭС в минимальных режимах;
 - в) кратковременно для предотвращения заброса частоты в момент избытка мощности (АПВ ЛЭП, время работы регулятора турбины)

5. Чрезмерно большие токи КЗ. недопустимы потому что:
 - а) перегреваются генераторы при КЗ;
 - б) возникают недопустимые механические нагрузки на изоляторах;
 - в) может быть превышена отключающая способность коммутационных аппаратов.

6. Включение реактора в ЛЭП для ограничения ТКЗ приводит к:
 - а) наряду со снижением ТКЗ к снижению устойчивости энергосистемы;
 - б) к ухудшению работы системы возбуждения генераторов;
 - в) к перегреву генераторов.

7. Форсировка возбуждения генераторов предназначена для:

- а) проверки работоспособности щеточных аппаратов генераторов;
- б) сохранения параллельной работы генерирующих в моменты сильных возмущений;
- в) увеличения надежности работы релейной защиты.

8. Деление станции на части для снижения ТКЗ приводит к:

- а) повышению надежности энергосистемы в нормальном режиме;
- б) потере преимущества совместной работы электростанций;
- в) улучшению работы систем возбуждения генераторов.

9. Автоматическое деление системы (АДС) производится для:

- а) снижения токов КЗ;
- б) регулирования напряжения в узлах системы;
- в) сохранения питания токоприемников.

10. При КЗ до момента срабатывания автоматического деления системы (АДС:

- а) требуется включить реакторы в ЛЭП;
- б) все электрооборудование от генерирующих до момента КЗ подвергается большим электродинамическим воздействиям;
- в) а и б.

11. Токоограничивающие устройства (ТОУ) различного исполнения применяются для:

- а) регулирования напряжения у токоприемников в нормальных режимах;
- б) ограничения перетоков между генерирующими системами;
- в) ограничения токов КЗ.

12. Резонансные токоограничивающие устройства предназначены для:

- а) снижения перетоков в системе в нормальных режимах;
- б) снижения токов в ЛЭП, а следовательно и от генерирующих только в момент КЗ;
- в) регулирования напряжения у токоприемников.

13. Устройства продольной компенсации (УПК) играют роль:

- а) снижают сопротивление ЛЭП;
- б) работают как ТОУ в момент КЗ;
- в) а и б.

14. Разземление части нейтралей трансформаторов в системе производится для:

- а) создания безопасных условий работы обслуживающего персонала;
- б) поддержания устойчивой работы энергосистемы;
- в) снижения токов КЗ.

15. Заземление части нейтралей трансформаторов через реакторы, резисторы производится:

- а) во всех энергосистемах на всех трансформаторах;
- б) только в момент КЗ;
- в) в энергосистемах, где недостаточна отключающая способность выключателей.

16. Ограничение ТКЗ в сетях 6, 10 кВ обеспечивается:

- а) автоматическим делением схемы;
- б) установкой реакторов на присоединениях;
- в) а и б.

17. Неравномерность графиков нагрузки вызывает необходимость:

- а) принудительно отключить потребителя;
- б) вводить в работу токоограничивающие устройства;
- в) регулировать мощность генерирующих.

18. Базовая часть графика нагрузки системы покрывается:

- а) ГРЭС;
- б) ГЭС;
- в) ТЭЦ и ГРЭС.

19. Пиковая часть графика нагрузки системы покрывается:

- а) ТЭЦ;
- б) ГРЭС;
- в) ГЭС и перетоками.

20. Распределение нагрузки энергосистемы в нормальном режиме между станциями производится по принципу:

- а) при росте нагрузки включается более готовое оборудование;
- б) регулируется мощность ТЭЦ, т.к. там оборудование постоянно в работе;
- в) конечной экономичности и надежности системы.

Вариант 2

1. Регулирование возбуждения генератора необходимо для:

- а) поддержания постоянного уровня напряжения на выводах генератора;
- б) поддержания необходимого для энергосистемы уровня напряжения на выводах генератора;
- в) регулирования активной мощности генератора.

2. Автоматическое регулирование возбуждения (АРВ) пропорционального действия обеспечивает:

- а) постоянное напряжение в узле в аварийных режимах;
- б) надежную параллельную работу генерирующих;

в) заданное напряжение в нормальных режимах,

3. АРВ сильного действия работает по принципу:

- а) поддержания постоянного тока возбуждения;
- б) реагирования на скорость изменения напряжения на выводах генератора;
- в) выдачи генератором достаточного для релейной защиты тока.

4. АРВ сильного действия обеспечивает:

- а) поддержания напряжения генератора неизменным во всех режимах;
- б) снижение тока КЗ;
- в) параллельную работу генерирующих при сильных возмущениях.

5. Способ самосинхронизации генератора отличается:

- а) простотой и быстротой включения генератора в сеть;
- б) мягкостью включения генератора в сеть без толчка;
- в) необходимостью контролировать включения по синхроскопу.

6. При включении генератора в сеть точной синхронизацией предпочтительно:

- а) чтобы стрелка синхроскопа двигалась по часовой стрелке;
- б) чтобы стрелка синхроскопа двигалась против часовой стрелки;
- в) чтобы скорость вращения стрелки синхроскопа была не менее двух оборотов в секунду.

7. Повышение напряжения на генераторе приводит к:

- а) увеличению выдачи активной мощности;
- б) понижению частоты напряжения;
- в) перегреву активной стали.

8. Понижение напряжения на генераторе приводит к:

- а) снижению выдачи активной мощности;
- б) снижению потребления пара турбиной;
- в) перегреву обмотки статора при активной мощности более номинальной.

9. Работа генератора в режиме синхронного компенсатора допускается:

- а) всегда;
- б) всегда, ограничивается возможностью приводной турбины;
- в) не допускается.

10. Перевод генератора в режим синхронного компенсатора производится:

- а) включение в сеть толчком невращающегося генератора;
- б) включением в сеть методом точной синхронизации;
- в) включением в сеть толчком невращающегося генератора через реактор;

11. Перегрузки генераторов допускаются:

- а) без ограничения;
- б) при токе ротора не более номинального;
- в) по условиям завода-изготовителя.

12. Перегрузки статора генераторов по току приводит к:

- а) повышению вибрации генератора;
- б) перегреву обмотки и механическому повреждению ее;
- в) повреждению приводной турбины.

13. Несимметричный режим работы генератора возникает в результате:

- а) неравномерной подачи пара в турбину;
- б) появления несимметричного потребителя (обрыв фазы ЛЭП в петле на анкерной опоре, электротяга и т.п.);
- в) неравномерной работы системы охлаждения генератора.

14. Несимметричный режим генератора влечет за собой:

- а) ухудшение работы системы возбуждения;
- б) увеличение нагрузки на турбине;
- в) перегрев бочки ротора турбогенератора.

15. Несимметричный режим допустим в большей степени:

- а) на турбогенераторах;
- б) на турбогенераторах;
- в) на обоих видах.

16. Асинхронный режим работы генераторов возникает в результате:

- а) повышения нагрузки сверх номинальной;
- б) снижения расхода пара на турбину;
- в) снижения или исчезновения тока возбуждения.

17. Асинхронный режим генератора допускается:

- а) всегда;
- б) с ограничениями по номинальной мощности, допустимой нагрузке и времени работы;
- в) никогда.

18. Работа генератора с однофазным замыканием на землю в цепи статора допускается:

- а) не допускается;
- б) на время определения зоны повреждения (внутри или вне корпуса);
- в) при снижении активной мощности генератора до 50 %.

19. Работа генератора с замыканием на землю в цепи ротора допускается:

- а) не допускается;
- б) при повреждении вне генератора;
- в) при наличии одной точки замыкания с ограничением по мощности генератора;

20. Работа генератора в режиме двигателя допускается:

- а) не допускается;

б) допускается без ограничений;

в) допускается с ограничением по условиям работы турбины в беспаровом режиме.

2.1.16. Комплекты экзаменационных билетов и контрольные вопросы к зачету.

Билеты для экзамена по первой части курса:

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Основные задачи планирования и ведения режимов ЭЭС
2. Динамические усилия, возникающие в элементах трансформатора при сквозных токах
3. Из-за удаленного двухфазного КЗ на шинах генератора появилось напряжение обратной последовательности, составляющее около 10% от $U_{ном}$. Как это отразится на работе синхронного генератора?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Графики нагрузки, характерные зоны
2. Работа генераторов при несимметрии токов статора
3. Анализ пробы масла из трансформатора показал повышенное значение $tg\delta$. Какими мерами можно добиться нормализации этого показателя? Что он характеризует?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Установленная мощность электрических станций
2. Преимущества холоднокатаной стали при изготовлении магнитопроводов трансформаторов
3. При проведении фазировки кабеля на двух парах расположенных друг против друга токоведущих частей напряжение оказалось не равно нулю. Что это означает? Действия персонала?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Ремонт основного электрооборудования ЭЭС
2. Асинхронный режим работы генератора

3. На схеме УРОВ – КЗ на трансформаторе Т2 (перекрытие ввода со стороны ОРУ ВН), сопровождающееся отказом выключателя Q3. Поясните порядок работы схемы УРОВ

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Характеристика возмущений в ЭЭС
2. Элементы масляной системы трансформатора
3. На схеме УРОВ – КЗ на линии Л2 (на втором километре от подстанции), сопровождающееся отказом выключателя Q4. Поясните порядок работы схемы УРОВ

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

1. Обменные взаимодействия между ЭЭС
2. Системы охлаждения трансформатора
3. На схеме УРОВ – КЗ на трансформаторе Т1 (перекрытие ввода со стороны ОРУ ВН), сопровождающееся отказом выключателя Q4. Поясните порядок работы схемы УРОВ

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

1. Признаки работы генератора при потере возбуждения. Допустимость режима
2. Перегрузочная способность трансформаторов
3. На схеме УРОВ – КЗ на линии Л1, сопровождающееся отказом выключателя Q1. Поясните порядок работы схемы УРОВ

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

1. Паразитные токи в валах и подшипниках синхронного генератора
2. Емкостная защита трансформатора
3. Как обеспечивается блокировка многократных включений на устойчивое КЗ в схеме управления выключателем? Можно ли обойтись без нее?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9

1. Защита масла в силовых трансформаторах.
2. Автоматы гашения поля СГ - назначение, принципы работы, исполнение
3. Как выполняется контроль последующей операции в схеме управления выключателем? Зачем нужен этот контроль?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

1. Замена охлаждающей среды в турбогенераторе, работающем на водороде.
2. Фазировка силового трансформатора (для разных групп соединения)
3. На щите управления зазвенел звонок и у ключа управления выключателем линии Л1 замигала зеленая лампа. Что это означает? Действия персонала. Ответ пояснить по схеме управления выключателем.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11

1. Токи КЗ и замыканий на землю в сетях. Способы их ограничения.
2. Регулирование скорости вращения турбо- и гидроагрегатов
3. В термосифонном фильтре силового трансформатора наполнитель – преимущественно розового цвета. О чем это говорит? Должен ли что-либо предпринимать персонал?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12

1. Устройство и работа систем РПН
2. Системы охлаждения генераторов
3. На ГРЭС в Оренбургской области - трехфазное КЗ, сопровождающееся отключением блока 200 МВт. Отразится ли это возмущение на работе энергосистем Западной Сибири и Забайкалья?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13

1. Нормальный режим работы СГ
2. Включение трансформатора под нагрузку
3. На щите управления зазвенел звонок и у ключа управления выключателем трансформатора замигала зеленая лампа. Что это означает? Действия персонала. Ответ пояснить по схеме управления выключателем.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14

1. Распределение нагрузки между станциями разных типов по графику нагрузки.
2. Нормальные режимы трансформаторов
3. Почему гидрогенераторы не выполняют на водородном охлаждении? Почему эти машины, как правило, тихоходные?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 18 » декабря 2006 года
Заведующий кафедрой

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций (часть 1)*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15

1. Влияние на работу генераторов искажения синусоидальности тока статора
2. Условия работы основных элементов трансформатора
3. Как обеспечить бесперебойное маслоснабжение уплотнений торцевых щитов синхронных генераторов? Какие последствия повлечет резкое понижение давления?

Билеты для экзамена по второй части курса:

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Требования к конструкции устройств РПН трансформаторов. Работа РПН с реактором
2. УРОВ. Назначение. Принципы выполнения.
3. При выполнении фазировки кабеля первые три замера – между А1 и А2, В1 и В2, С1 и С2 – дали нулевые показания вольтметра. Достаточно ли этого для утверждения, что фазы совпадают, и можно ли прекратить фазировку?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Утверждаю: _____

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Особенности гашения дуги в выключателях различной конструкции

2. Распаривание изоляции и сушка электродвигателей.
3. Можно ли при фазировке одновременно использовать несколько различных приборов - вольтметров, фазоуказателей, контрольных ламп?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

Утверждаю: _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Режимы работа асинхронных электродвигателей
2. Особенности деионизации и восстановления напряжения на контактах выключателей различных типов
3. Допускается ли вместо фазировки с использованием приборов выверка схемы «в натуре»?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

Утверждаю: _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Режимы пуска, самозапуска и опрокидывания двигателей – особенности работы машины с каждым случае.
2. УРОВ. Принципы выполнения. Пусковые реле схемы УРОВ
3. Проверка симметрии напряжений на каждой из фазлируемых сторон дала разницу в измерениях 12 %. Можно ли продолжать фазировку?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

Утверждаю: _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Режимы нейтрали электроустановок.
2. Основные и неосновные электродвигатели системы топливоподачи. Обеспечение режима самозапуска ответственных двигателей.
3. При проведении фазировки зажимы, между которыми нет разницы напряжений, оказались не непосредственно друг против друга. Ваши действия?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

Утверждаю: _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

4. Режимы работы коммутирующей аппаратуры. Отключение токов КЗ
5. Основные и неосновные электродвигатели системы водоподготовки. Обеспечение режима самозапуска ответственных двигателей.
6. Как провести фазировку трансформатора, не имеющего заземленной нейтрали?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

Утверждаю: _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

4. Режимы работы коммутирующей аппаратуры.
Оклучение малых токов
5. УРОВ. Назначение. Основные требования и принципы выполнения
6. В каком порядке проводится фазировка высоковольтных трансформаторов?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

Утверждаю: _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

4. Защита минимального напряжения – назначение, выполнение на различных номинальных напряжениях
5. Особенности работы выключателя при отключении малых токов
6. Перечислите, в каком порядке должна производиться фазировка кабельной линии.

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

Утверждаю: _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9

4. Режимы работы электродвигателей топливоподачи тепловых станций
5. Режимы нейтралей электроустановок
6. При проведении фазировки зажимы, между которыми нет разницы напряжений, оказались не непосредственно друг против друга. Ваши действия?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

Утверждаю: _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

4. Пуск и самозапуск двигателей собственных нужд.
5. Гашение дуги в масляных, воздушных и вакуумных выключателях..
6. Проверка симметрии напряжений на каждой из фазуемых сторон дала разницу в измерениях 8 %.
Можно ли продолжать фазировку?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

Утверждаю: _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11

4. Автоматический ввод резерва – назначение, основные требования, область применения
5. Сушка изоляции электродвигателей.
6. Можно ли прекратить фазировку кабеля, если при ее выполнении первые три замера – между А1 и А2, В1 и В2, С1 и С2 – дали нулевые показания вольтметра. Достаточно ли этого для утверждения, что фазы совпадают?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

Утверждаю: _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12

4. Режимы работы электродвигателей тракта водоподготовки тепловых станций
5. Требования к конструкции устройств РПН трансформаторов.
Работа РПН с резисторами
6. Какие приборы могут быть использованы при проведении фазировки на напряжении ниже 1000 В?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

Утверждаю: _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13

4. Назначение и исполнение минимальной защиты напряжения.
5. Требования к конструкции устройств РПН трансформаторов.
Работа РПН с реакторами
6. При проведении фазировки зажимы, между которыми нет разницы напряжений, оказались не непосредственно друг против друга. Ваши действия?

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры
« 24 » апреля 2007 года, протокол № ____
Зав. кафедрой Н.В. Савина

Кафедра *энергетики*
Факультет *энергетический*
Курс *четвертый, 140204*
Дисциплина: *Режимы работы электрооборудования станций и подстанций*

Утверждаю: _____

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14

4. Режимы нейтралей электроустановок
5. УРОВ. Принципы выполнения. Пусковые органы.
3. Опишите порядок фазировки высоковольтного оборудования.

2.1.17. Карта обеспеченности дисциплины кадрами профессорско-преподавательского состава

Вид нагрузки	Профессорско-преподавательский состав
Лекции	Козлов А.Н., к.т.н., доцент
Практические занятия	Козлов А.Н., к.т.н., доцент
Лабораторные работы	Ротачева А.Г., д. доцента
Курсовая работа	Козлов А.Н., к.т.н., доцент
Экзамен	Козлов А.Н., к.т.н., доцент