**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ**

**РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

**Государственное образовательное учреждение**

**высшего профессионального образования**

**«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**А.Ю. КУБАРЕВ, А.М. СЕМИНЕНКО, Е.В. МИХАЙЛОВА**

**РЕЖИМЫ РАБОТЫ**

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СТАНЦИЙ**

**И ПОДСТАНЦИЙ**

**Методические указания к практическим занятиям**

**Для студентов очной формы обучения**

**направления подготовки 140400.62**

**«Электроэнергетика и электротехника»**

**Квалификация – бакалавр**

**Казань 2013**

УДК 621.311 (072)

ББК 31.2

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Режимы работы электрооборудования станций и подстанций.** Методические указания к практическим занятиям / Сост.: А.Ю. Кубарев, А.М. Семиненко, Е.В. Михайлова – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2013. – 28 с. |
| Методические указания. Содержит рекомендации для самостоятельного решения задач, а также примеры решения задач по курсу «Режимы работы электрооборудования станций и подстанций» Предназначено для студентов очной формы обучения, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» |

УДК621.311(072)

ББК 31.2

© Казанский государственный энергетический университет, 2013 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебная дисциплина «Режимы работы электрооборудования станций и подстанций» относится к вариативной части профессионального цикла подготовки бакалавра направления «Электроэнергетика и электротехника», и предназначена для ознакомления бакалавров с основами процессов, протекающих в электрооборудовании в процессе производства электроэнергии и приобретения определенных навыков по расчету и анализу режимов работы электрооборудования.

В соответствии с Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки бакалавра 140400 «Электроэнергетика и электротехника» предъявляются следующие требования к обязательному минимуму содержания по дисциплине «Режимы работы электрооборудования станций и подстанций».

**ПРОЦЕСС ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ НАПРАВЛЕН НА ФОРМИРОВАНИЕ СЛЕДУЮЩИХ КОМПЕТЕНЦИЙ**

способность и готовность использовать информационные технологии, в том числе современные средства компьютерной графики в своей предметной области (ПК-1)

 способность контролировать режимы работы оборудования объектов энергетики (ПК-24);

готовность осуществлять оперативные изменения схем, режимов работы энергообъектов (ПК-25)

 готовность участвовать в исследовании объектов и систем электроэнергетики и электротехники (ПК-38).

способность определять эффективные производственно-технические режимы работы объектов высокого напряжения электроэнергетики и электротехники (ПК-23).

готовность решать инженерно-технические и экономические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения (ПК-19).

В результате освоения дисциплины студент должен:

**1) Знать:**

* технологию выработки электроэнергии на подстанциях;
* возможные режимы работы синхронных генераторов и компенсаторов;
* особенности построения и работы различных систем возбуждения СГ;
* возможности применения различных типов электродвигателей в системе собственных нужд электростанций;
* какие физические тенденции лежат в основе переходных электромеханических процессов при пуске синхронных генераторов и компенсаторов;
* какие физические тенденции лежат в основе переходных электромеханических процессов при пуске, «самозапуске» и групповом «выбеге» электродвигателей собственных нужд;

**2) Уметь** проводить расчет:

* режимов работы синхронных генераторов и компенсаторов;
* группового выбега и самозапуска электродвигателей системы собственных нужд;
* решать инженерно-технические задачи с применением средств прикладного программного обеспечения;

**3)Владеть**:

Основными качественными и количественными методами анализа режимов работы электрооборудования электрических станций и подстанций.

##### ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАБОЫ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ»

Работа студента над дисциплиной «Режимы работы электрооборудования станций и подстанций» складывается из самостоятельного изучения разделов и тем дисциплины по учебникам и учебным пособиям с последующей самопроверкой, индивидуальных консультаций (очных и письменных), выполнения практических заданий, расчётно-графической работы, посещения лекций, сдачи зачета по расчетно-графической работе, сдача реферата, выступление на семинаре.

Большое значение для успешного усвоения курса имеет хорошая подготовка по общей физике, математике, основам теории электрических цепей, переходным электромагнитным и электромеханическим процессам в рамках программы технического университета, а также умение проводить расчеты на ЭВМ.

Для успешного понимания процессов происходящих, как в отдельных единицах электрооборудования на электрических станциях и подстанциях, так и в электрических системах на практических занятиях разбираются примеры решения задач с пояснением возможных ситуаций приведших к возникновению данных задач.

Все задачи относятся к конкретным разделам лекционного курса и формируют практические навыки расчёта режимов электрооборудования.

**ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Современная электрическая система характеризуется значительной сложностью, которая определяется как структурой схемы электрических соединений системы, так и сложностью физических процессов, связанных с работой системы в нормальных, аварийных и послеаварийных условиях.

Режим работы электрических систем описывается системой алгебраических и дифференциальных уравнений. Число уравнений зависит от количества элементов, связанных в схеме электрической системы процессом производства, передачи и потребления электрической энергии, а также определяется характером исследуемого явления и точностью отражения характеристик элементов системы в расчете.

В основу математических операций или математической модели при расчетах режимов работы электрической системы положена ее схема замещения - представление каждого элемента электрической системы индуктивностями, емкостями или активными сопротивлениями и соединение их в электрическую цепь.

Задача расчетов различных режимов работы электрических систем в настоящее время успешно решается путем применения соответствующих математических методов с реализацией их на ЦВМ, АВМ, гибридных машинах и т. д. Однако даже при применении современных вычислительных средств расчеты режимов с учетом всех или большинства явлений, происходящих в элементах электрической системы, представляют весьма трудоемкую задачу. Поэтому во многих случаях инженерных расчетов вводятся допущения, целью которых является упрощение вычислений и в то же время выделение у исследуемого явления свойства, которое является главным при решении поставленной задачи.

Рассмотрим некоторые допущения, принимаемые при расчетах различных режимов, которые могут быть использованы при решении задач и выполнении расчётно-графической работы.

1. Электрическую систему, содержащую большое количество элементов, представляют более простой.

В этом случае интересующая инженера часть электрической системы (подсистема) со всеми ее элементами (генераторы, трансформаторы, линии, нагрузки и т.д.) представляется в реальном виде, а остальная ее часть упрощается с помощью различных методов эквивалентирования и рассматривается в качестве некоторой модели реальной части системы. Поступая таким образом, сложную электрическую систему можно преобразовать в 3-машинную, 2-машинную или простейшую систему ″станция - шины неизменного напряжения″.

1. В расчетах ЭДС генераторов принимаются неизменными, не учитываются переходные электромагнитные процессы в статорных и роторных контурах.
2. Не учитывают действие регуляторов скорости турбин, мощности турбин принимаются неизменными.
3. Нагрузки представляют постоянными сопротивлениями, проводимостями или статистическими характеристиками, не учитывают динамические свойства нагрузок.
4. При несимметрии статорной цепи, обусловленной несимметричными короткими замыканиями, учитывается лишь прямая последовательность токов, обратная и нулевая последовательности участвуют косвенно как факторы, влияющие на величину мощностей прямой последовательности. В схему замещения рассчитываемой системы включается в месте короткого замыкания на землю шунт, сопротивление которого зависит от вида КЗ.
5. Действие АРВ учитывается упрощенно, например, постоянством напряжения на зажимах генераторов или постоянством переходной ЭДС или сверхпереходной ЭДС.

Применение иных допущений при расчетах различных режимов электрических систем позволяет даже при ручном расчете решить различные задачи.

**ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ**

**1. Расчет предела передаваемой мощности и коэффициента запаса устойчивости электрической системы**

Задача №1 относится к первому разделу лекционного курса **«*Режимы работы энергосистем,*** а также содержит материал, рассматриваемый во втором разделе лекционного курса «***Режимы работы синхронных генераторов и синхронных компенсаторов»***

Задача №1

Дано: Станция работает через электропередачу на систему, мощность которой значительно больше мощности станции (рис. 1). Параметры электропередачи и исходного режима следующие: ; ; ; ; ; ; .



Рис. 1

Необходимо рассчитать предел передаваемой мощности и коэффициент запаса устойчивости системы в следующих случаях:

1. при отсутствии АРВ;
2. при АРВ пропорционального действия;
3. при АРВ сильного действия.

Решение.

1. При отсутствии АРВ схема замещения рассматриваемой системы будет иметь вид, представленный на рис 2.



Рис. 2

В этом случае предел передаваемой мощности определяются, исходя из условия постоянства синхронной Э.Д.С. :

 (1.1)

Напряжение на шинах приемной системы:

 (1.2)

Полный угол электропередачи:



Характеристика мощности при наличии в схеме замещения лишь индуктивных сопротивлений имеет вид:

 (1.3)

где .

В исходном режиме при 



Результат вычислений совпадает с заданной активной мощностью генераторной станции, следовательно, параметры исходного режима рассчитаны верно.

Предел передаваемой мощности электропередачи имеет место при полном угле электропередачи :

 (1.4)

Коэффициент запаса статической устойчивости равен:

 (1.5)



2. При установке на генераторах АРВ пропорционального типа предел передаваемой мощности и предел устойчивости определяется, исходя из постоянства Э.Д.С. за переходным сопротивлением  (см. рис. 3).



Рис. 3

Рассчитаем Э.Д.С. :

 (1.6)

Полный угол электропередачи в случае АРВ пропорционального действия равен: .

В исходном режиме:

, (1.7)

где .



Предел передаваемой мощности:

 (1.8)

Коэффициент запаса статической устойчивости в соответствии с (1.5):



3. Автоматические регуляторы сильного действия в зависимости от их настройки и могут обеспечить постоянство напряжения либо на выводах генераторов, либо в начале линии. Определим (рис. 4) предел устойчивости, принимая .



Рисунок 4

Напряжение на выводах генераторов равно:

 (1.9)

Полный угол электропередачи в этом случае:

.

В исходном режиме:

 (1.10)







Сопоставляя результаты расчетов, видим, что АРВ пропорционального типа по сравнению со случаем отсутствия регулирования возбуждения увеличивает запас устойчивости на 90%, а АРВ сильного действия еще на 223%. Повышение пределов передаваемой мощности обусловлено тем, что АРВ полностью (АРВ сильного действия) или частично (АРВ пропорционального типа) исключает влияние собственных сопротивлений генераторов на предел передаваемой мощности и предел устойчивости.

**Контрольные вопросы**

1. Что такое осуществимость режима?

2. Как проверяется возможность существования режима?

3. Что такое коэффициенты запаса устойчивости режима?

4. Четыре условия, которым должны удовлетворять расчеты электрических систем (осуществимость, устойчивость, качество, экономичность).

5. Что такое запас устойчивости?

6. В чем заключается простейший критерий устойчивости синхронного генератора, работающего через сеть на шины неизменного напряжения, при постоянном моменте турбины?

7. Что такое АРВ пропорционального действия?

8. Что такое АРВ сильного действия?

**2. Проверка допустимости несинхронного включения генератора по возникающему току**

Задачи №2 и №3 относятся к второму разделу лекционного курса ***Режимы работы синхронных генераторов и синхронных компенсаторов***

Задача №2

Дано: Генератор Г связан с системой С двумя повышающими трансформаторами Т-1 и Т-2. Нужно установить допустимо ли несинхронное включение генератора по возникающему при этом току, величина которого не должна превышать допустимых значений токов короткого замыкания как для генератора Г, так и для каждого из трансформаторов.

**Система С** характеризуется эквивалентной реактивностью х=7 Ом, за которой приложено неизменное напряжение U=115 кВ:

**Генератор Г** SН=117,5 МВА, cosϕ=0,85; UН=10,5 кВ; 

**Трансформатор Т-1** SН=30 МВА, U=118/10,5; uк=10,5 %;

**Трансформатор Т-2** S=90 МВА, U=118/10,5; uк=10,5 %;

****а  ****б

Рис. 5

Решение: На рис. 5а приведена принципиальная однолинейная электрическая схема подключения синхронного генератора к системе. На рис. 5б приведена схема замещения, параметры элементов которой выражены в относительных единицах;

При выборе базисных условий следует руководствоваться соображениями, чтобы вычисляемая работа была по возможности проще и порядок числовых значений относительных базисных величин был достаточно удобен для определения с ними. Для базисной мощности целесообразно принять простое круглое число (1000 МВА., 100 МВА и т.п.), а иногда часто повторяющаяся в заданной схеме номинальная мощность (или кратная ей).

Расчет ведем в о.е. Используем точное приведение. Примем Sб=100 МВА; UбI=10,5 кВ; UбII=118 кВ;

 (2.1)

Далее для приведённой схемы замещения (рис 5б) рассчитываются индуктивные сопротивления всех элементов схемы:

 (2.2)

 (2.3)

 (2.4)



Если генератор включается в сеть мощной электрической системы, то сопротивление этой сети по сравнению с сопротивлением самого генератора можно принять равным нулю, и поэтому ударный ток при включении может превысить ток при трёхфазном коротком замыкании в два раза. Ударные электромагнитные моменты и силы при этом возрастают в четыре раза.

Так как ударные коэффициенты при различных включениях заданных элементов различаются сравнительно мало, то проверку условий несинхронного включения можно вести путем сравнения соответствующих величин сверхпереходного тока.

 (2.5)

Где U0 – предшествующее напряжение в месте К.З.

 – результирующая реактивность относительно точки К.З.

Наибольший сверхпереходный ток генератора имеет место при трехфазном коротком замыкании на его выводах, когда генератор предварительно работал с номинальной нагрузкой. При этом его относительная сверхпереходная ЭДС:

 (2.6)

в практических расчетах  часто определяется приближенно, где  – значения предшествовавшего режима; 

Величина сверхпереходного тока для генератора:

 (2.7)

Для трансформатора допустимые значения сверхпереходного тока будут:

Для Т-1

 (2.8)

 (2.9)

Несинхронное включение генератора Г предполагается при его работе на холостом ходу с номинальным напряжением. Поэтому в схеме замещения на рис 5б ЭДС Е2=1.

Найдем наибольший сверхпереходный ток генератора Г при его несинхронном включении на выключателе В-3, т.е. когда включены оба трансформатора. В этом случае суммарная реактивность цепи будет:

 (2.10)

Сверхпереходной ток несинхронного включения генератора

 (2.11)

Что для генератора недопустимо, т.к. превышает 5,1

При несинхронном включении, когда трансформатор Т-2 отключен (отключен выключатель В-2), суммарная реактивность цепи:

 (2.12)

и наибольший сверхпереходный ток несинхронного включения:

 (2.13)

Что допустимо для генератора, но уже недопустимо для трансформатора Т-1, т.к. этот ток больше 2,86.

Наконец, если произвести несинхронное включение при отключенном трансформаторе Т-1, то

 (2.14)

и наибольший сверхпереходный ток несинхронного включения

 (2.15)

Что является уже допустимым как для генератора Г, так и для трансформатора Т-2

Таким образом несинхронное включение генератора возможно, лишь при условии что трансформатор Т1 будет отключен.

Задача №3

Дано: Две системы С-1 и С-2 (рис.6) связаны между собой линиями Л-1 (150 км, АС-400) и Л-2 (50 км, АС-300) и автотрансформатором АТ Sн=180 МВА, 220/121/11 кВ, , , . Каждую из этих систем практически можно рассматривать как источник бесконечной мощности с неизменным напряжением соответственно 230 и 115 кВ, считая, что по фазе эти напряжения совпадают. К третьей обмотке автотрансформатора АТ может быть приключен генератор Г Sн=75 МВА, Uн=10,5 кВ, cosϕ=0,85, , 

Определить угол δ между напряжениями сети и генератора Г, при котором максимальное мгновенное значение тока генератора при его несинхронном включении в сеть не превзойдет ударный ток генератора при трехфазном коротком замыкании на его выводах. При этом следует считать, что до несинхронного включения генератор работал на холостом ходу с номинальным напряжением, а до короткого замыкания – с номинальной нагрузкой.

Решение: Проведем расчет в относительных единицах при , , и тогда  и ,

 (3.1)

кА (3.2)

 а б

Рис. 6

На рис. 6б приведена схема замещения, на которой указаны относительные величины ЭДС источников и порядковые номера ее элементов. Значения сопротивлений этих элементов (после приведения к базисным условиям) составят:

 (3.3)

для ВЛ 6-220 кВ 

Из справочника [6] находим : для АС-400/64 ; АС-300/48 

 (3.4)

 (3.5)

 (3.6)

 (3.7)

 (3.8)

 (3.9)

 (3.10)

 (3.11)

где -номинальное линейное напряжение обмотки низшего напряжения.;  потери К.З.

, ;

 (3.12)

 (3.13)

 (3.14)

 (3.15)

Свернем схему до выключателя:





 (3.16)

Найдем эквивалентные сопротивления и ЭДС обеих систем до выключателя В.





При несинхронном включении генератора результирующие сопротивления будут:

,



Эквивалентная постоянная времени затухания:

 сек (3.17)

Значение ударного коэффициента:

 (3.18)

Максимально возможное мгновенное значение тока при несинхронном включении генератора составит:

 кА (3.19)

 кА (3.20)

Ударный ток при трехфазном КЗ на выводах генератора составляет:

 кА (3.21)

 кА (3.22)

 (3.23)

 (3.24)

 кА (3.25)

По заданному условию должно быть соблюдено неравенство:

 (3.26)

 (3.27)

 (3.28)

Откуда искомое значение угла



**Контрольные вопросы**

1. В чём заключается метод точной синхронизации при подключении генератора к электрической системе?

2. В чём особенность метода самосинхронизации?

3. Что такое сверхпереходной ток?

4. При каком условии подключение генератора к электрической системе наиболее опасно?

5. Какие режимы называют нормальными режимами работы генератора?

6. Какие режимы работы синхронных генераторов относят к анормальным?

7. На какие этапы можно разделить пусковые режимы синхронных генераторов?

8. При каких условиях может возникнуть двигательный режим работы синхронного генератора?

9. Что называется несинхронным включением синхронного генератора?

**3. Расчёт токораспределения при параллельной работе трёхобмоточных трансформаторов на двух обмотках при работе третей на выделенную нагрузку**

Задачи №4 и №5 относятся к третьему разделу лекционного курса **«Режимы работы трансформаторов»**

Задача №4

Дано: Суммарная нагрузка работающих параллельно обмоток среднего напряжения 

Нагрузка работающих раздельно обмоток низшего напряжения трансформаторов 1 и 2 соответственно 

Характеристики первого трансформатора

Мощность 

Соотношение мощностей обмоток 100/100/100 %

Напряжение К.З.: , , 

Характеристики второго трансформатора

Мощность 

Соотношение мощностей обмоток 100/67/67 %

Напряжение К.З.: , , 

Напряжения обмоток трансформатора одинаковы



Рис. 7

Необходимо определить:

Нагрузки на стороне среднего и высшего напряжения каждого из трансформаторов и сравнить их с номинальными мощностями обмоток трансформатора.

Активные сопротивления и потери не учитываются.

Решение:

Заданный условиями задачи режим чаще всего встречается на подстанциях при раздельной работе трёхобмоточных трансформаторов на стороне низшего напряжения (в связи с необходимостью ограничения токов К.З.). На стороне среднего напряжения (где не требуется ограничение токов) обмотки трансформаторов работают параллельно в целях повышения надёжности и выравнивания загрузки трансформаторов.

В схеме замещения каждый трансформатор представляется в виде упрощенной трёхлучевой звезды, в которой вместо относительных величин сопротивления представлены равные им численные значения относительных величин напряжения К.З. (рис. 8)



Рис. 8 Схема замещения

В качестве базисной мощности принимается мощность обмоток среднего и низшего напряжения второго трансформатора

 (4.1)

Далее определяются приведённые значения напряжений К.З.

 (4.2)

Где Sн – номинальная мощность соответствующего трансформатора

 (4.3)

 (4.4)

 (4.5)

 (4.6)

 (4.7)

 (4.8)

Далее индексы «прив» опускаются.

Напряжения К.З. отдельных лучей схемы замещения трансформатора определяются по заданным величинам напряжения К.З. между обмотками:

 (4.9)

 (4.10)

 (4.11)

Откуда:

 (4.12)

 (4.13)

 (4.15)

 (4.16)

 (4.17)

 (4.18)

Используя законы Кирхгоффа получаем следующую систему уравнений:

 (4.19)

 (4.20)

 (4.21)

 (4.22)

 (4.23)

Из этой системы уравнений находим следующие формулы для искомых значений нагрузки, работающих параллельно обмоток среднего напряжения трансформаторов

 (4.24)

Определяем нагрузки обмоток среднего напряжения по 4.24:



Нагрузка обмоток высшего напряжения составляет в соответствии с 4.20 и 4.21:





Относительная загрузка обмоток трансформаторов (в долях номинальной мощности соответствующей обмотки) составляет для первого трансформатора:

  

для второго трансформатора

  

Таким образом, ни одна из обмоток трансформатора не загружается выше номинала.

**4. Определение допустимой величины и длительности систематической перегрузки трансформатора.**

Задача №5

Дано: Трансформатор с системой охлаждения Д установлен в местности с эквивалентной температурой окружающей среды (для зимы) , ˚С.

Нагрузка трансформатора зимой в течение промежутка времени *t1, ч* составляет 140%, затем в течение *t2, ч*держится на уровне 110%, в течение *t3, ч* – на уровне 60%, и остальное время – на уровне 40% номинальной.

Необходимо определить

Допустимую по графикам нагрузочной способности (ГОСТ 14209-85) продолжительность эквивалентной максимальной нагрузки и сравнить её с заданной продолжительностью максимума.

Решение

При использовании графиков нагрузочной способности необходимо предварительно фактический многоступенчатый график нагрузки, заданный условием задачи, преобразовать в эквивалентный по тепловому режиму трансформатора двухступенчатый график, характеризуемой двумя коэффициентами: начальной нагрузки *K1* и максимальной нагрузки *К2*.

Коэффициентом начальной нагрузки называется отношение эквивалентной начальной нагрузки *IЭ.Н.* к номинальной *IН*

 (5.1)

Соответственно коэффициент максимальной нагрузки – это отношение эквивалентной максимальной нагрузки *IЭ.М* к номинальной *IН*.

 (5.2)

Эквивалентные нагрузки *IЭ.Н.* и *IН* определяются из выражения:

 (5.3)

где  – нагрузка на интервале времени, выраженная в долях номинальной нагрузки трансформатора ;  – длительность  интервала.

Используя формулу 5.3 можно найти *IЭ.Н.* и *IЭ.М* :





Полученная величина *IЭ.М* должна быть проверена по критерию:

 (5.4)

где *IМ* – наибольшая нагрузка по заданному графику работы трансформатора.

Если соотношение 5.4 не соблюдается то в качестве *IЭ.М* принимается .

В нашем случае соотношение 5.4 соблюдается.

Определяем в соответствии с (5.1) и (5.2) *K1* и *К2*:





Фактическая продолжительность максимума составляет:



Воспользовавшись (ГОСТ 14209-85) нетрудно установить что допустимая величина , соответствующая полученным выше значениям *K1* и *К2* составляет около 20 ч, т.е более чем в три раза превышает фактическую продолжительность максимума. Следовательно, заданный условиями задачи режим допустим.

**Контрольные вопросы**

1. Что такое нагрузочная способность трансформатора?

2. Что такое допустимая нагрузка трансформатора?

3. Что называют перегрузкой трансформатора?

4. Что называется аварийной перегрузкой трансформатора?

5. Что такое коэффициент начальной нагрузки, коэффициент максимальной нагрузки трансформатора?

6. Что характеризует напряжение КЗ трансформатора?

7. Что такое фактическая продолжительность максимума?

8. Какова предельно допустимая температура обмотки масляного трансформатора?

9. Какова регламентированная длительность аварийной перегрузки масляного трансформатора, если перегруз по току составляет 100%

Литература

1. А.И. Вольдек Электрические машины: Учебник для вузов М.: Энергия, 1974. 839 с.

2. Г.В. Меркурьев, Я.А. Режимы работы трансформаторов: Учеб. Пособие – Санкт-Петербург: Издание центра подготовки кадров энергетики, 2004 г.

3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. – М.: Энергия, 1977.

4. ГОСТ 14209-85. Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки.

5. ГОСТ 11677-85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия.

6. Справочник по проектированию электроэнергетических систем. – М.: Энергия, 1978.

7. Электрические системы. Управление переходными режимами электроэнергетических систем. Под ред. В.А. Веникова. М.: 1982.

8. Переходные процессы в электрических системах часть 2: Метод. Указания по курсовой работе./ А.Н. Петрухин, И.П Чесноков, Н.Н. Якимчук – Киров: Вятский государственный технический университет, 1998.

9. Переходные процессы в электрических системах часть 2: Метод. Указания. Практические занятия и контрольные работы / И.П Чесноков, А.Н. Петрухин – Киров: Вятский государственный технический университет, 1999.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Предисловие. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .3

Общие рекомендации для работы на практических занятиях по дисциплине «режимы работы электрооборудования станций и подстанций» . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 4

Общие положения методики расчета режимов работы электрических систем. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .5

Примеры решения задач. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 6

Расчет предела передаваемой мощности и коэффициента запаса устойчивости электрической системы. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .6

Проверка допустимости несинхронного включения генератора по возникающему току. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 11

Расчёт токораспределения при параллельной работе трёхобмоточных трансформаторов на двух обмотках при работе третей на выделенную нагрузку. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .19

Определение допустимой величины и длительности систематической перегрузки трансформатора. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .23

Литература. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .26

*Учебное издание*

**РЕЖИМЫ РАБОТЫ**

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ СТАНЦИЙ**

**И ПОДСТАНЦИЙ**

Методические указания к практическим занятиям

Для студентов очной формы обучения, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника»

Составители: **Кубарев Артём Юрьевич**

**Семиненко Альфия Маратовна**

**Михайлова Екатерина Владимировна**

Кафедра электрических станций КГЭУ

Авторская редакция

Компьютерная верстка Кубарев А.Ю.

Подписано в печать

Формат 60х84/16. Гарнитура Times. Вид печати РОМ. Бумага Business

Усл. печ.л. 1,39. Уч. изд.л.1,48. Тираж 3000 экз. Заказ

Издательство КГЭУ 420066, Казань, Красносельская, 51

Типография КГЭУ 420066, Казань, Красносельская, 51