



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Начальник УРОПСИ

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе дисциплины)
«POWER STATION DEVICES / ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ»

основной профессиональной образовательной программы магистратуры
по направлению подготовки

**13.04.02 ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА /
ELECTRICAL POWER ENGINEERING AND ELECTRICAL ENGINEERING**

ИНСТИТУТ
РАЗРАБОТЧИК

Морских технологий, энергетики и строительства
Кафедра энергетики

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
<p>ПК-5 Способен самостоятельно планировать, организовывать, управлять деятельностью и выполнять работы по эксплуатации и ремонту объектов профессиональной деятельности с необходимым уровнем безопасности и надежности</p>	<p>ПК-5.3 Планирует, организует и управляет деятельностью по эксплуатации и ремонту оборудования электростанций с обеспечением требуемого уровня надежности</p>	<p>Power Station Devices/ Оборудование электростанций</p>	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - фундаментальные знания об особенностях и режимах работы основного электрооборудования электрических станций и подстанций; - современные технологии, используемые при исследовании режимов работы электрооборудования электростанций и подстанций; <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - анализировать работу основного электрооборудования электрических станций и подстанций, приобретать новые знания и умения, углублять свое научное мировоззрение, в том числе с помощью информационных технологий; <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - методами расчета и анализа режимов работы электрооборудования станций и подстанций с обеспечением требуемого уровня надежности. - современными достижениями науки и передовой технологии при рассмотрении эксплуатации электрооборудования станций и подстанций

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;

- задания по темам практических занятий;
- задания для контрольной работы (для студентов заочной формы обучения).

2.3 Промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета (зачета с оценкой) проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

3.1 Тестовые задания используются для оценки освоения тем дисциплины студентами. Тестирование обучающихся проводится на занятиях после изучения на лекциях соответствующих разделов. В приложении № 1 приведены типовые тестовые задания. По итогам выполнения тестовых заданий оценка выставляется по пятибалльной шкале в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

3.2 В приложении № 2 приведены задания по темам практических занятий. Результаты выполнения практических заданий оцениваются по системе «зачтено / не зачтено» в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

3.3 Контрольная работа (для обучающихся по заочной форме обучения) выполняется в виде реферата по своему варианту задания (Приложение № 3). Защита контрольной работы проводится по содержанию работы. В ходе защиты оценивается степень владения студента предметной областью и соответствующим методологическим аппаратом. Результаты защиты контрольной работы оцениваются по пятибалльной шкале в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация в форме дифференцированного зачета (зачета с оценкой) проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. Контрольные вопросы по дисциплине, которые при необходимости (в случае не прохождения всех видов текущего контроля) могут быть использованы для промежуточной аттестации, приведены в приложении № 4. При оценке результатов промежуточной аттестации применяются пятибалльная шкала, в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %

Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Power station devices / Оборудование электростанций» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника/ Electrical power engineering and electrical engineering.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетики (протокол № 4 от 29.03.2022 г.)

Заведующий кафедрой



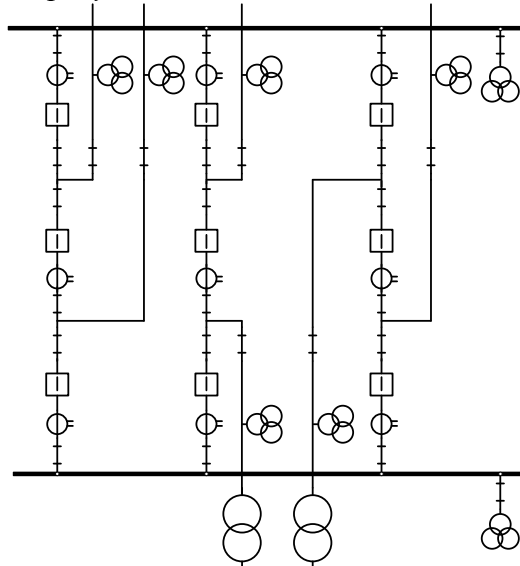
В.Ф. Белей

ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Вариант №1

<i>Вопрос 1. Область применения одиночной системы шин</i>	
1. Генераторные РУ и РУ высокого напряжения ТЭЦ с поперечной связью	3. РУ собственных нужд и РУ высокого напряжения электростанций
2. РУ высокого напряжения крупных узловых подстанций	4. Генераторные РУ ТЭЦ с поперечной связью, собственные нужды электростанций, низкая сторона подстанций

Вопрос 2. Схема электрическая принципиальная распределительного устройства подстанции 220 кВ, изображённая на рисунке



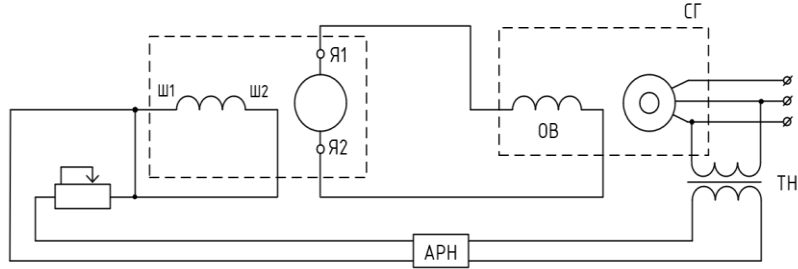
1. Одна рабочая, секционированная выключателем, и обходная системы шин	3. Две рабочие системы шин
2. Полutorная схема (3/2)	4. Четыре третьих (4/3)

Вопрос 3. Под кратностью форсировки возбуждения по напряжению синхронного генератора (СГ) понимают

1. Предельное установившееся напряжение системы возбуждения СГ, выраженное в относительных единицах номинального напряжения возбуждения	3. Приращение напряжения возбуждения СГ по отношению к номинальному напряжению при переходе с одной ступени установочного устройства на другую ближайшую ступень
2. Скорость нарастания или снижения напряжения системы возбуждения СГ при необходимости изменения этого напряже-	4. Наибольшее напряжение постоянного тока, которое способна дать система возбуждения СГ в режиме холостого хода

ния, выраженное в относительных единицах по отношению к номинальному напряжению возбуждения СГ

Вопрос 4. Система возбуждения синхронного генератора, представленная на рисунках



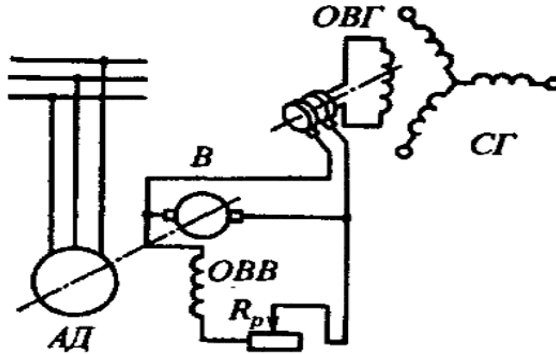
1. Контактная тиристорная система возбуждения

3. Бесщеточная тиристорная система возбуждения

2. Прямая схема возбуждения с электромашинными возбудителями

4. Схема косвенного возбуждения с возбудителем - генератором постоянного тока с независимым возбуждением

Вопрос 5. Система возбуждения синхронного генератора, представленная на рисунке



1. Контактная тиристорная система возбуждения

3. Бесщеточная тиристорная система возбуждения

2. Прямая схема возбуждения с электромашинными возбудителями

4. Схема косвенного возбуждения с возбудителем - генератором постоянного тока с независимым возбуждением

Вопрос 6. В цепях отходящих линий электропередачи (21, 15 и 21 линия) ТЭЦ последовательно включены фидерные реакторы для

Вариант № 2

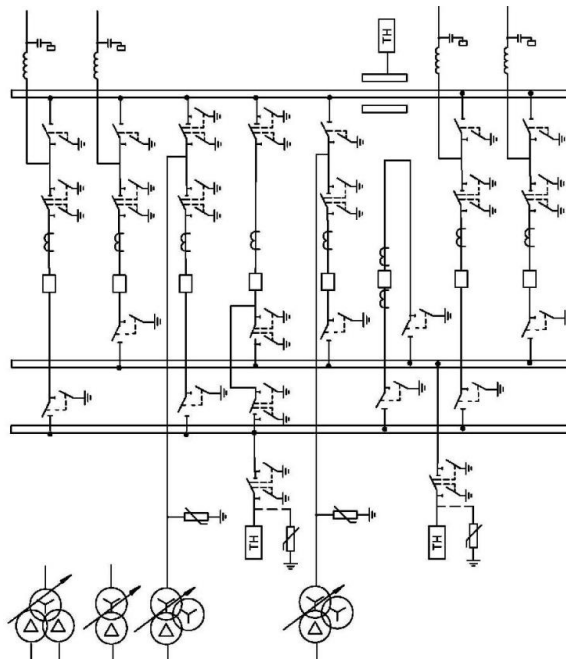
Вопрос 1. Схемы «мостик» преимущественно используются

1. Для питания двухтрансформаторных подстанций напряжением до 220 кВ	3. В собственных нуждах электростанций
4. Для питания двухтрансформаторных подстанций напряжением до 35кВ	4. Для питания трансформаторных подстанций напряжением до 330кВ

Вопрос 2. Трансформатор со схемой соединения звезда/зигзаг с нулём позволяет

1. Отказаться от выбора защиты трансформатора от однофазных коротких замыканий	3. Питать однофазных потребителей без ухудшения качества электроэнергии
2. Снизить надёжность электроустановки в целом	4. Уменьшить резерв мощности за счёт повышения добавочных потерь

Вопрос 3. Схема электрическая принципиальная распределительного устройства подстанции 110 кВ, изображённая на иллюстрации



1. Схема четырёхугольник	3. Схема две рабочие и обходная система шин
2. Схема мостик с выключателями в цепях трансформаторов и ремонтной перемычкой со стороны трансформаторов	4. Одна рабочая, секционированная выключателем и обходная система шин

Вопрос 4. Колебания напряжения в электрической сети характеризуются одним из показателей

1. Установившемся отклонением напряжения	3. Отклонением частоты
2. Дозой фликера	4. Длительностью провала напряжения

Вопрос 5. Регулирование тока возбуждения синхронных генераторов осуществляется за счёт

1. Изменения тока статора

3. Изменения напряжения статора

2. Изменения напряжения возбудителя

4. Изменения частоты сети

Вопрос 6. Основным потребителем реактивной мощности выступают:

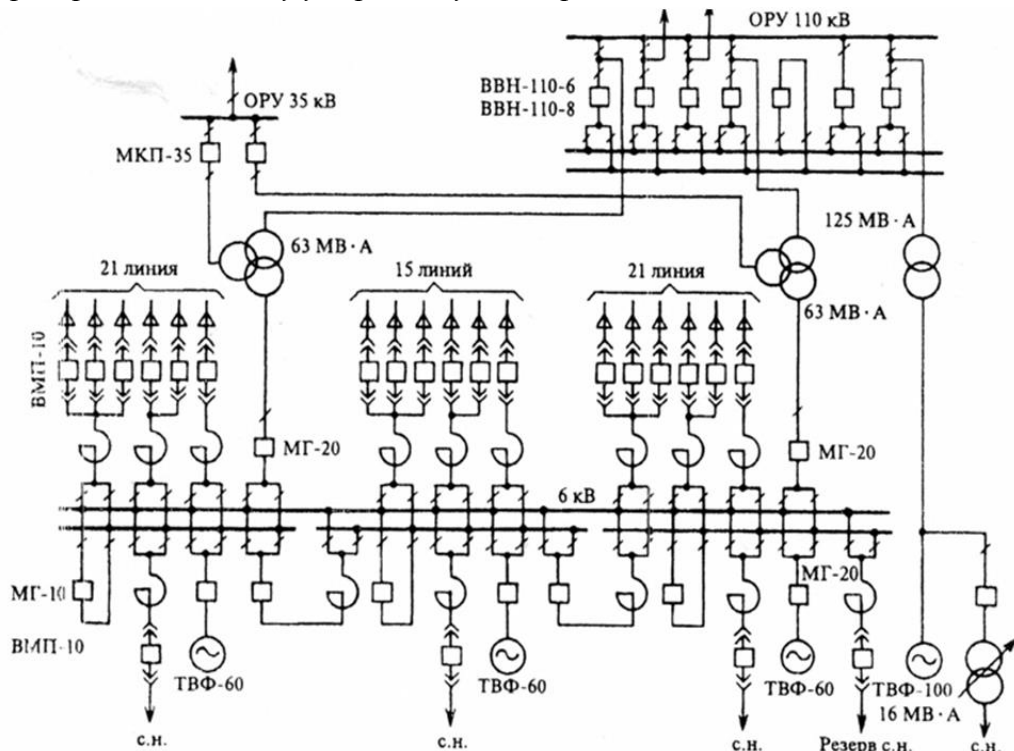
1. Электродвигатели

3. Приборы освещения

2. Линии электропередачи

4. Трансформаторы

Вопрос 7. Турбогенератор ТВФ 100 на схеме ТЭЦ подключён к ОРУ 110 кВ, а НЕ к генераторному распределительному устройству с поперечной связью



1. По условию ограничения токов короткого замыкания

3. По условию обеспечения статической устойчивости

2. Для генерации реактивной мощности

4. По условию повышения пропускной способности ЛЭП

1. Может превышать номинальный ток в несколько раз	3. Не может превышать номинальный ток
2. Не может превышать номинальный ток в несколько раз	4. Может превышать номинальный ток в сотни раз

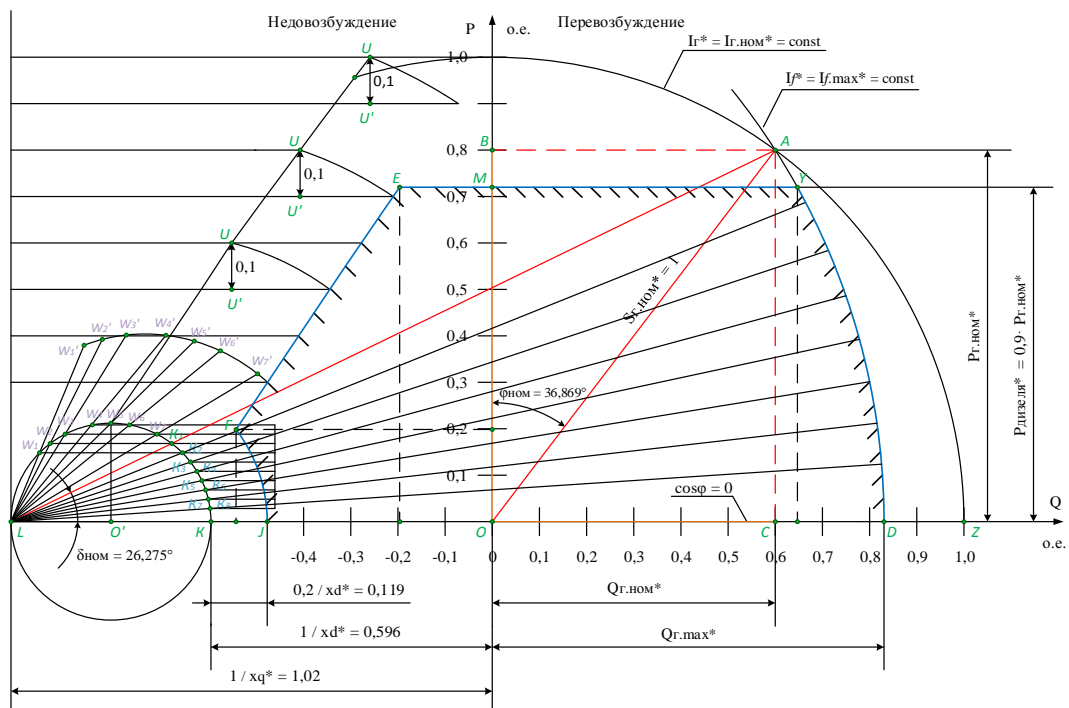
Вопрос 3. Несинусоидальность напряжения согласно ГОСТ 32144-2013 регламентируется

1. Коэффициентом несимметрии фазных напряжений по нулевой и обратной последовательностям	3. Кратковременной и длительной дозой фликера
2. Коэффициентом искажения синусоидальности напряжения и коэффициентом n-й гармонической составляющей напряжения	4. Коэффициентом несимметрии фазных напряжений по нулевой последовательности

Вопрос 4. Компенсирующее устройство, НЕ обладающее функцией генерации реактивной мощности

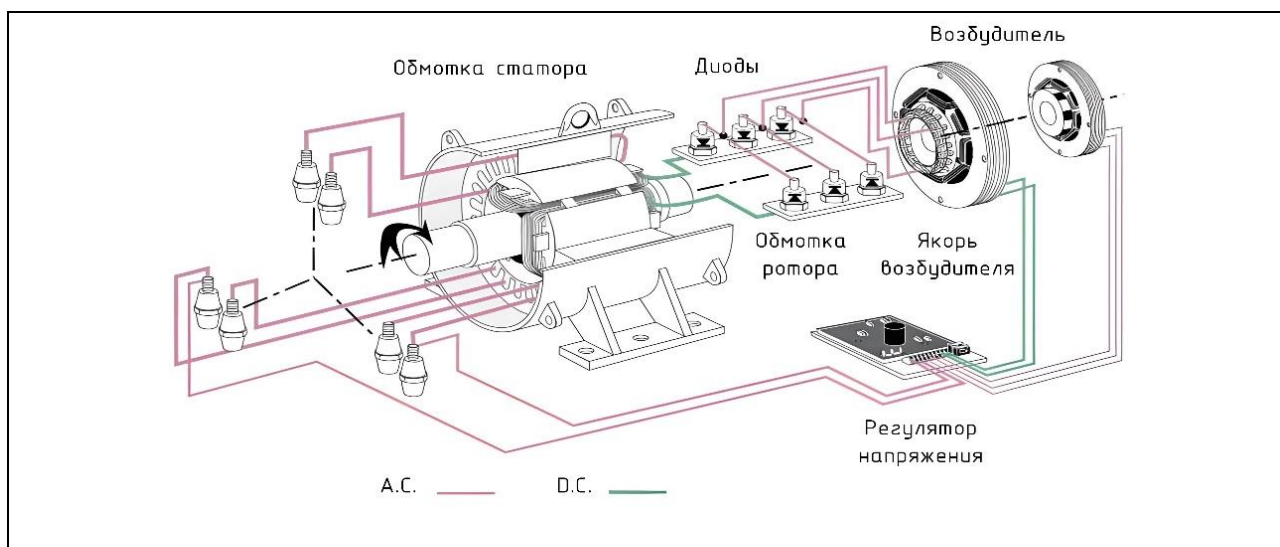
1. Синхронный генератор	3. Шунтирующий реактор
2. Шунтовая батарея конденсаторов	4. Синхронный компенсатор

Вопрос 5. Участок YD на диаграмме располагаемых мощностей дизель-генератора является зоной ограничения по



1. Обеспечению статической устойчивости	3. Нагреву обмотки возбуждения
2. Нагреву обмотки статора	4. Минимально-допустимому току возбуждения

Вопрос 6. Система возбуждения синхронного генератора, представленная на рисунке

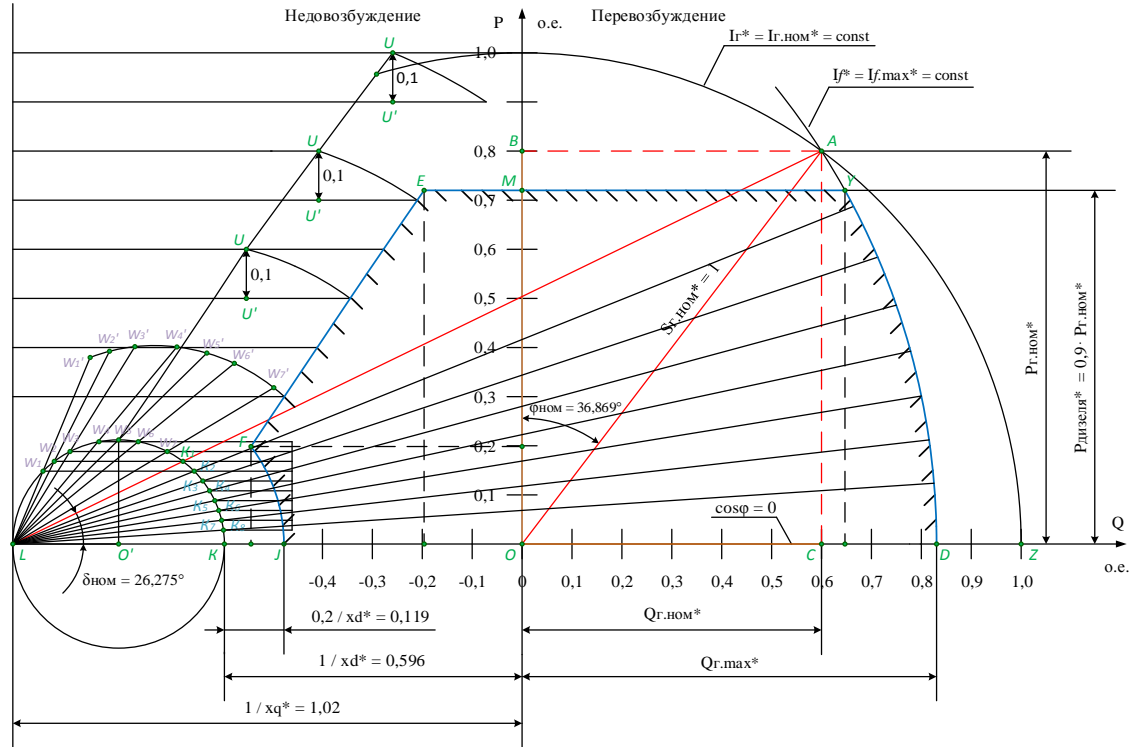


1. Контактная тиристорная система возбуждения	3. Бесщеточная тиристорная система возбуждения
2. Прямая схема возбуждения с электромашиными возбудителями	4. Схема косвенного возбуждения с возбудителем - генератором постоянного тока с независимым возбуждением

Вопрос 7. Компенсирующее устройство, НЕ обладающее функциями, как генерации, так и потребления реактивной мощности

1. Статический тиристорный компенсатор	3. Синхронный компенсатор
2. Шунтовая батарея конденсаторов	4. Синхронный генератор

Вопрос 10. Участок EF на диаграмме располагаемых мощностей дизель-генератора является зоной ограничения по



1. Обеспечению динамической устойчивости

3. Нагреву обмотки возбуждения

2. Нагреву обмотки статора

4. Обеспечению статической устойчивости

Приложение № 2

ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Задание 1

Для заданной мощности электростанции составить главную схему с двумя или тремя распределительными устройствами.

Задание 2

Описать три типа систем возбуждения турбо- и гидрогенераторов (системы тиристорные независимые (СТН), системы тиристорные самовозбуждения (СТС), системы бесщёточные диодные (СБД)).

Задание 3

Описать влияние несимметричной нагрузки трансформаторов со схемами соединения Y/Y_0 , Δ/Y_0 , Y/Z_0 .

Задание 4

Описать достоинства энергосберегающих трансформаторов перед традиционными с магнитопроводом из электротехнической стали.

Задание 5

Описать уравнение баланса реактивной мощности в энергосистеме и его связь с напряжением.

Приложение № 3

ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Задание по контрольной работе, выполняемой студентами заочной формы обучения, предполагает построение диаграммы располагаемых мощностей синхронного генератора с явнополюсной конструкцией ротора и определение значений активной и реактивной мощностей в узловых точках.

Подготовка работы осуществляется студентом самостоятельно с использованием лекционного материала и учебной литературы.

Расчет необходимо проводить в относительных и именованных единицах.

Построение диаграммы располагаемых мощностей генератора следует вести, опираясь на:

1. Характеристику холостого хода;
2. Характеристику короткого замыкания;
3. Зависимость синхронного индуктивного сопротивления обмотки статора от тока возбуждения;
4. Векторную диаграмму синхронного генератора;
5. Угловую и синхронизирующую характеристики.

Исходные данные для построения диаграммы располагаемых мощностей генератора представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические параметры дизель-генератора МСС102-4

Тип	$P_{ном}$, кВт	$S_{ном}$, кВА	$U_{ном}$, В	$n_{ном}$, об/мин	$\cos\phi_{ном}$
МСС102-4	160	200	400	1500	0,8

Продолжение таблицы 3

f , Гц	η , %	p , число пар полюсов	r_a , Ом	$X_{d.ненасыщ}^*$, о.е	X_q^* , о.е	X_σ^* , о.е
50	91,5	2	0,0205	2,23	1,13	0,067

Таблица 4 – Нормальная характеристика холостого хода (о.е.) для дизель-генератора

I_f^* , о.е	0	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	2,0
E_f^* , о.е	0,025	0,410	0,664	0,760	0,905	1,038	1,093	1,135	1,187

Характеристика трёхфазного короткого замыкания строится исходя из следующего выражения:

$$\text{ОКЗ} = \frac{I_{\text{КЗ}}^*}{I_{\text{НОМ}}^*} \quad (1)$$

где $I_{\text{КЗ}}^*$ – установившийся ток короткого замыкания генератора при токе возбуждения I_{f0}^* , обеспечивающем на холостом ходу равенство $E_f^* = U_{\text{НОМ}}^*$, о.е;

$I_{\text{НОМ}}^*$ – номинальный ток статора генератора, о.е.

Расчёты синхронного индуктивного сопротивления обмотки якоря по продольной оси выполняются по следующей формуле:

$$x_d^* = \frac{E_{\text{СГ}}^*}{I_{\text{КЗ}}^*} \quad (2)$$

где $E_{\text{СГ}}^*$ – ЭДС, наводимая в обмотке якоря, о.е.

При возникновении короткого замыкания на зажимах якоря имеет место лишь продольно-размагничивающая реакция статора и ЭДС, наводимая в обмотке якоря рассчитывается по выражению:

$$\underline{E}_{\text{СГ}}^* = \underline{E}_{\text{ад}}^* + \underline{E}_{\text{с}}^* = \underline{I}_{\text{д}}(x_{\text{ад}} + x_{\text{с}})^* = \underline{I}_{\text{д}}^* \cdot x_{\text{д}}^* \quad (3)$$

где $E_{\text{ад}}^*$ – ЭДС продольно размагничивающей реакции якоря, о.е;

$E_{\text{ад}}^*$ – ЭДС рассеяния, о.е;

$I_{\text{д}}^*$ – продольная составляющая тока якоря, о.е;

$x_{\text{ад}}^*$ – синхронное индуктивное сопротивление реакции якоря по продольной оси, о.е;

$x_{\text{с}}^*$ – индуктивное сопротивление рассеяния обмотки якоря, о.е;

$x_{\text{д}}^*$ – насыщенное значение индуктивного сопротивления обмотки якоря по продольной оси, о.е.

Построение векторной диаграммы дизель-генератора ведётся для номинального режима работы: $I_{1,НОМ}^* = 1$, $U_{1,НОМ}^* = 1$, $\cos\varphi_{НОМ} = 0.8$, с учётом следующей формулы и насыщения магнитной цепи:

$$\underline{U_{1,НОМ}^*} = \underline{E_f^*} - j\underline{I_q^*} \cdot \underline{x_q^*} - j\underline{I_d^*} \cdot \underline{x_d^*} - \underline{I_{1,НОМ}^*} \cdot \underline{r_a^*} \quad (4)$$

где $U_{1,НОМ}^*$ – номинальное значение напряжения статора, о.е;

E_f^* – ЭДС, индуцируемая в обмотке якоря полем возбуждения, о.е;

$I_{1,НОМ}^*$ – номинальное значение тока статора, о.е;

I_q^* – поперечная составляющая тока якоря, о.е;

r_a^* – активное сопротивление фазы якоря, о.е.

Угловая характеристика определяется зависимостью $P_{ЭМ}$ от θ , строится при номинальном режиме в относительных единицах:

$$P_{ЭМ}^* = \frac{m \cdot U_{1,НОМ}^* \cdot E_f^*}{x_d^*} \cdot \sin\theta + \frac{m \cdot U_{1,НОМ}^{*2}}{2} \left(\frac{1}{x_q^*} - \frac{1}{x_d^*} \right) \cdot \sin 2\theta \quad (5)$$

где $P_{ЭМ}^*$ – электромагнитная мощность синхронного генератора, о.е;

m – число фаз;

θ – угол нагрузки, °.

С учётом построения в относительных единицах, при номинальном режиме, выражение (5) принимает вид:

$$P_{ЭМ}^* = \frac{E_f^*}{x_d^*} \cdot \sin\theta + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{x_q^*} - \frac{1}{x_d^*} \right) \cdot \sin 2\theta \quad (6)$$

Коэффициент синхронизирующей мощности ($P_{СМ}^*$), являясь критерием статической устойчивости, определяется по выражению (8) с учётом выражения (7) (по аналогии определения электромагнитной мощности, выражения (5 – 6):

$$P_{СМ}^* = \frac{m \cdot U_{1,НОМ}^* \cdot E_f^*}{x_d^*} \cdot \cos\theta + \frac{m \cdot U_{1,НОМ}^{*2}}{2} \left(\frac{1}{x_q^*} - \frac{1}{x_d^*} \right) \cdot \cos 2\theta \quad (7)$$

$$P_{СМ}^* = \frac{E_f^*}{x_d^*} \cdot \cos\theta + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{x_q^*} - \frac{1}{x_d^*} \right) \cdot \cos 2\theta \quad (8)$$

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, КОТОРЫЕ ПРИ
НЕОБХОДИМОСТИ (В СЛУЧАЕ НЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ВСЕХ ВИДОВ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ) МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ)**

1. Пояснить конструкцию и режимы работы схем распределительных устройств электростанций и подстанций.
2. Пояснить конструкцию и режимы работы главной схемы гидроэлектростанции.
3. Пояснить конструкцию и режимы работы главной схемы конденсационной электростанции.
4. Пояснить конструкцию и режимы работы главной схемы теплоэлектроцентрали.
5. Пояснить конструкцию и режимы работы главной схемы атомной электростанции.
6. Основные требования к системам возбуждения турбо-, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов (ГОСТ 21588-2018).
7. Оборудование и принцип действия схем возбуждения синхронных генераторов первых поколений.
8. Основные сведения о современных тиристорных системах возбуждения: системы тиристорные независимые; системы тиристорные самовозбуждения; системы бесщеточные диодные.
9. Гашение магнитного поля синхронного генератора.
10. Анализ результатов экспериментальных исследований гашения магнитного поля синхронного генератора.
11. Автоматическое регулирование возбуждения (АВР). Форсировка возбуждения.
12. Располагаемая диаграмма мощностей синхронного генератора.
13. Определение сопротивления нулевой последовательности трансформатора.
14. Режим работы трансформаторов: звезда/звезда с нулевым проводом: физические процессы, векторная диаграмма.
15. Режим работы трансформаторов: треугольник/звезда с нулевым проводом: физические процессы, векторная диаграмма.
16. Режим работы трансформаторов: звезда/зигзаг с нулевым проводом: физические процессы, векторная диаграмма.
17. Переходной процесс при включении трансформатора к сети на холостом ходу.

18. Энергосберегающие трансформаторы: особенности конструкции, технические характеристики.

19. Физические процессы, обуславливающие характер реактивной мощности в электроэнергетических системах. Обеспечение баланса реактивной мощности в энергосистеме

20. Реакторы: конструкция, режимы работы.

21. Шунтовые конденсаторные батареи: конструкция, режимы работы.

22. Синхронный компенсатор: назначение, режим работы.

23. Статический тиристорный компенсатор, устройство и режим работы.