

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Средства регулирования нормальных и аварийных режимов  
электроэнергетической системы

**Код модуля**  
1157041

**Модуль**  
Средства регулирования нормальных и  
аварийных режимов электроэнергетической  
системы

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Чусовитин Павел Валерьевич	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	автоматизированных электрических систем

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

**Авторы:**

- Чусовитин Павел Валерьевич, Доцент, автоматизированных электрических систем

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Средства регулирования нормальных и аварийных режимов электроэнергетической системы

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	6	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	3
		Расчетно-графическая работа	3

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Средства регулирования нормальных и аварийных режимов электроэнергетической системы

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-3 -Способен создавать и анализировать модели электроэнергетических систем и их элементов с целью анализа их свойств и прогноза состояния	3-39 - Изложить основные требования нормативной документации к организации оперативно-диспетчерского, в том числе противоаварийного, управления 3-40 - Характеризовать методы расчета, требуемый набор информации и современные программные продукты для расчета установившихся режимов и переходных процессов 3-41 - Объяснять физические, математические и практические	Контрольная работа № 2 Контрольная работа № 3 Контрольная работа №1 Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Расчетно-графическая работа № 2 Расчетно-графическая работа № 3 Расчетно-графическая работа №1 Экзамен

	<p>основы формирования режимных ограничений</p> <p>З-42 - Описывать базовые принципы регулирования частоты в энергосистеме, систему регулирования частоты</p> <p>З-43 - Описать методы выбора и расчета уставок устройств противоаварийного управления энергосистемой</p> <p>З-44 - Описать методы определения и ликвидации аварийных режимов для электрических систем переменного тока</p> <p>П-25 - Моделировать аварийные события в энергосистемах с помощью современных программных комплексов для анализа установившихся и переходных режимов</p> <p>П-26 - Иметь практический опыт по учёту действий противоаварийной автоматики и других систем регулирования при моделировании переходных режимов в энергосистемах</p> <p>П-27 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы по критериям устойчивости, токовой загрузки сетевых элементов и уровням напряжения в узлах сети</p> <p>П-28 - Обосновать объем и размещение очередей автоматической частотной разгрузки по подстанциям энергосистемы</p> <p>П-29 - Определения точек деления сети в результате действия частотной делительной автоматики при глубоком снижении частоты</p> <p>У-27 - Использовать современные программно-вычислительные комплексы для электроэнергетических расчетов</p> <p>У-28 - Выполнять расчеты установившихся и переходных режимов энергосистем</p>	
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

	<p>У-29 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы</p> <p>У-30 - Рассчитывать параметры устройств противоаварийного управления</p>	
<p>ПК-5 -Способен применять методы и средства автоматизированных систем управления электроэнергетической системой, определять эффективные режимы её работы</p>	<p>З-34 - Изложить основные требования нормативной документации к организации оперативно-диспетчерского, в том числе противоаварийного, управления</p> <p>З-35 - Характеризовать методы расчета, требуемый набор информации и современные программные продукты для расчета установившихся режимов и переходных процессов</p> <p>З-36 - Объяснять физические, математические и практические основы формирования режимных ограничений</p> <p>З-37 - Описывать базовые принципы регулирования частоты в энергосистеме, систему регулирования частоты</p> <p>З-38 - Описать методы выбора и расчета уставок устройств противоаварийного управления энергосистемой</p> <p>З-39 - Описать методы определения и ликвидации аварийных режимов для электрических систем переменного тока</p> <p>П-21 - Моделировать аварийные события в энергосистемах с помощью современных программных комплексов для анализа установившихся и переходных режимов</p> <p>П-22 - Иметь практический опыт по учёту действий противоаварийной автоматики и других систем регулирования при моделировании переходных режимов в энергосистемах</p> <p>П-23 - Определять ограничения на режим работы</p>	<p>Контрольная работа № 2</p> <p>Контрольная работа № 3</p> <p>Контрольная работа №1</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Расчетно-графическая работа № 2</p> <p>Расчетно-графическая работа № 3</p> <p>Расчетно-графическая работа №1</p> <p>Экзамен</p>

	<p>энергосистемы по критериям устойчивости, токовой загрузки сетевых элементов и уровням напряжения в узлах сети</p> <p>П-24 - Обосновать объем и размещение очередей автоматической частотной разгрузки по подстанциям энергосистемы</p> <p>П-25 - Определения точек деления сети в результате действия частотной делительной автоматики при глубоком снижении частоты</p> <p>У-22 - Использовать современные программно-вычислительные комплексы для электроэнергетических расчетов</p> <p>У-23 - Выполнять расчеты установившихся и переходных режимов энергосистем</p> <p>У-24 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы</p> <p>У-25 - Рассчитывать параметры устройств противоаварийного управления</p>	
<p>ПК-6 -Способен контролировать и оценивать допустимость режимов работы электроэнергетической системы, обеспечивать их эффективность</p>	<p>З-18 - Изложить основные требования нормативной документации к организации оперативно-диспетчерского, в том числе противоаварийного, управления</p> <p>З-19 - Характеризовать методы расчета, требуемый набор информации и современные программные продукты для расчета установившихся режимов и переходных процессов</p> <p>З-20 - Объяснять физические, математические и практические основы формирования режимных ограничений</p> <p>З-21 - Описывать базовые принципы регулирования частоты в энергосистеме, систему регулирования частоты</p> <p>З-22 - Описать методы выбора и расчета уставок устройств</p>	<p>Контрольная работа № 2</p> <p>Контрольная работа № 3</p> <p>Контрольная работа №1</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Расчетно-графическая работа № 2</p> <p>Расчетно-графическая работа № 3</p> <p>Расчетно-графическая работа №1</p> <p>Экзамен</p>

	<p>противоаварийного управления энергосистемой</p> <p>З-23 - Описать методы определения и ликвидации аварийных режимов для электрических систем переменного тока</p> <p>П-10 - Обосновать объем и размещение очередей автоматической частотной разгрузки по подстанциям энергосистемы</p> <p>П-11 - Определения точек деления сети в результате действия частотной делительной автоматики при глубоком снижении частоты</p> <p>П-7 - Моделировать аварийные события в энергосистемах с помощью современных программных комплексов для анализа установившихся и переходных режимов</p> <p>П-8 - Иметь практический опыт по учёту действий противоаварийной автоматики и других систем регулирования при моделировании переходных режимов в энергосистемах</p> <p>П-9 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы по критериям устойчивости, токовой загрузки сетевых элементов и уровням напряжения в узлах сети</p> <p>У-11 - Использовать современные программно-вычислительные комплексы для электроэнергетических расчетов</p> <p>У-12 - Выполнять расчеты установившихся и переходных режимов энергосистем</p> <p>У-13 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы</p> <p>У-14 - Рассчитывать параметры устройств противоаварийного управления</p>	
ПК-7 -Способен обеспечивать	З-27 - Изложить основные требования нормативной	Контрольная работа № 2 Контрольная работа № 3

<p>безопасное и надежное управление режимами энергосистемы с обеспечением требуемого качества электрической энергии</p>	<p>документации к организации оперативно-диспетчерского, в том числе противоаварийного, управления  3-28 - Характеризовать методы расчета, требуемый набор информации и современные программные продукты для расчета установившихся режимов и переходных процессов  3-29 - Объяснять физические, математические и практические основы формирования режимных ограничений  3-30 - Описывать базовые принципы регулирования частоты в энергосистеме, систему регулирования частоты  3-31 - Описать методы выбора и расчета уставок устройств противоаварийного управления энергосистемой  3-32 - Описать методы определения и ликвидации аварийных режимов для электрических систем переменного тока  П-16 - Моделировать аварийные события в энергосистемах с помощью современных программных комплексов для анализа установившихся и переходных режимов  П-17 - Иметь практический опыт по учёту действий противоаварийной автоматики и других систем регулирования при моделировании переходных режимов в энергосистемах  П-18 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы по критериям устойчивости, токовой загрузки сетевых элементов и уровням напряжения в узлах сети  П-19 - Обосновать объем и размещение очередей автоматической частотной разгрузки по подстанциям энергосистемы</p>	<p>Контрольная работа №1  Лабораторные занятия  Лекции  Практические/семинарские занятия  Расчетно-графическая работа № 2  Расчетно-графическая работа № 3  Расчетно-графическая работа №1  Экзамен</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



	П-20 - Определения точек деления сети в результате действия частотной делительной автоматики при глубоком снижении частоты У-19 - Использовать современные программно-вычислительные комплексы для электроэнергетических расчетов У-20 - Выполнять расчеты установившихся и переходных режимов энергосистем У-21 - Определять ограничения на режим работы энергосистемы У-22 - Рассчитывать параметры устройств противоаварийного управления	
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.65</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Защита РГР2</i>	2,16	18
<i>Выполнение РГР2</i>	2,16	12
<i>контрольная работа №1</i>	2,16	8
<i>Защита РГР1</i>	2,16	18
<i>Выполнение РГР1</i>	2,16	12
<i>контрольная работа №2</i>	2,16	18
<i>работа на лекциях</i>	2,16	14
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.50</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.50</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>

<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.35</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Защита ЛР №4</i>	2,16	13
<i>Выполнение ЛР №4</i>	2,16	16
<i>Выполнение ЛР №2</i>	2,16	8
<i>Защита ЛР №1</i>	2,16	5
<i>Выполнение ЛР №1</i>	2,16	6
<i>Защита ЛР №3</i>	2,16	20
<i>Выполнение ЛР №3</i>	2,16	25
<i>Защита ЛР №2</i>	2,16	7
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.00</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### **3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта**

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

#### **3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

<b>2. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.40</b>
-------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>контрольная работа</i>	3,16	70
<i>участие в обсуждениях</i>	3,16	30
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.50</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.50</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.30</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Расчетная работа</i>	3,16	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– 0.00</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.30</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>ЛР 3</i>	3,16	27
<i>ЛР 2</i>	3,16	39
<i>ЛР 1</i>	3,16	34
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.00</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

#### **4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

##### **Критерии оценивания учебных достижений обучающихся**

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

##### **Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>		
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов</b>	<b>Шкала оценивания</b>

	<b>обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно но (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## **5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

### **5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

#### **5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### **5.1.2. Практические/семинарские занятия**

Примерный перечень тем

1. Выбор объема и размещение вторичного резерва в энергосистеме.  
2. Определение эквивалентной статической характеристики генерации и потребления, расчет отклонения частоты в энергосистеме при возникновении небаланса активной мощности

3. Расчет объема и размещение очередей АЧР по подстанциям энергосистемы, расчет изменения частоты во времени при работе АЧР.

4. Определения точек деления сети от ЧДА при глубоком снижении частоты.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.1.3. Лабораторные занятия**

Примерный перечень тем

1. Знакомство с ПК RUSTab

2. Моделирование асинхронного режима с ЭЦК на заданной линии

3. Настройка АЛАР

4. Настройка ЛАПНУ

5. Создание цифровой динамической модели энергосистемы
  6. Моделирование работы АЧР
  7. Моделирование работы ЧДА
- LMS-платформа – не предусмотрена

## **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### **Базовый**

#### **5.2.1. Контрольная работа №1**

Примерный перечень тем

1. Управление режимами энергосистемы

Примерные задания

1) Наибольший переток активной мощности в контролируемом сечении, обеспечивающий допустимые параметры в нормальной (ремонтной) схеме и в послеаварийных режимах – это....

- a) предельный переток по условию статической аperiodической устойчивости;
- b) максимально допустимый переток;
- c) аварийно допустимый переток.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.2. Контрольная работа № 2**

Примерный перечень тем

1. Режимные ограничения.
2. Противоаварийная автоматика.

Примерные задания

Опишите методы определения опасного сечения в энергосистеме.

Опишите принцип действия АРКЗ.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.3. Контрольная работа № 3**

Примерный перечень тем

1. Основные понятия, определения и подходы при решении задач регулирования частоты

Примерные задания

1. Какую величину фиксируют при построении статической характеристики  $\sum P_H = f(U)$ ?

2. Каков эквивалентный статизм (в процентах) трех генераторов (без учета ограничений на регулировочный диапазон):

$P_{ном} = 500 \text{ МВт}$ ,  $\sigma_T = 4 \%$ ;

$P_{ном} = 800 \text{ МВт}$ ,  $\sigma_T = 6 \%$ ;

$P_{ном} = 300 \text{ МВт}$ ,  $\sigma_T = 5 \%$ ?

3. Какому виду регулирования соответствует процесс автоматического или оперативного изменения активной мощности генерирующего оборудования для

восстановления заданного значения частоты или заданного значения внешнего перетока области регулирования?

4. Аварийный дефицит энергорайона составляет 13,2 %, а суммарный регулирующий эффект нагрузки равен 2 о.е. Чему равно установившееся значение частоты, если эквивалентный статизм АРС равен 5 %?

5. Чему равна уставка по частоте для САЧР?

6. Каково распределение нагрузки между ступенями совмещенной АЧР-2?

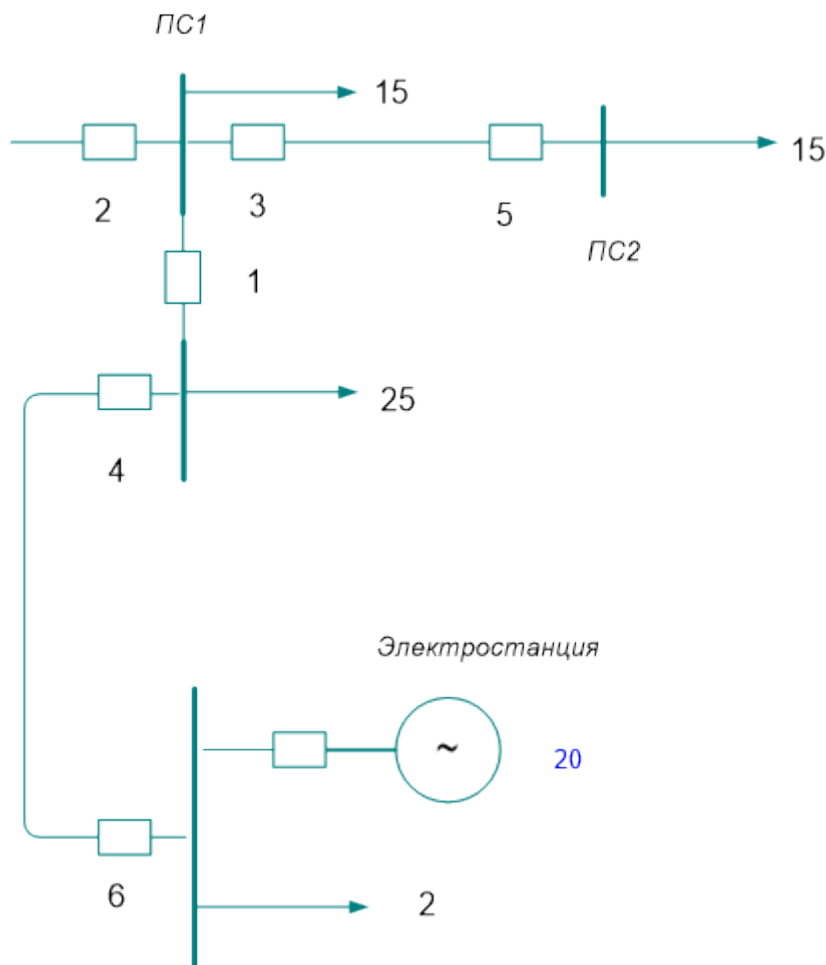
7. Какой из котлов – барабанный или прямоточный – обеспечивает лучшую выдачу мощности энергоблока при снижении частоты?

8. Укажите величину небаланса в изолированном энергорайоне (в мегаваттах), который выделен работой ЧДА с помощью отключения выключателя 1 (см. рисунок), при условии, что под АЧР заведено 30 % нагрузки? Регулирующий эффект нагрузки не учитывается.

9. На какую величину должна быть ниже уставка частоты устройств ЧДА-1 при использовании РЧ-1 по сравнению с последней (минимальной) уставкой частоты АЧР?

10. В энергорайоне две электростанции с номинальной мощностью 100 МВт и 60 МВт и несущих нагрузку в 80 и 50 МВт соответственно. Объем нагрузки, подключенной к АЧР, равен 90 МВт. Величина КПП для заданного сечения составляет 40 МВт.

Необходимо определить небаланс ЧДА для данного сечения.



LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.4. Расчетно-графическая работа №1

Примерный перечень тем

1. Расчет МДП и АДП в контролируемом сечении.

Примерные задания

Осуществить определение предельных режимов путем утяжеления. Также необходимо выполнить поиск опасного сечения. Для найденного сечения требуется определить допустимый переток в нем для различных схемно-режимных ситуаций с учетом критерия «N-1». Данные для модели сети определяются индивидуальным заданием.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.5. Расчетно-графическая работа № 2**

Примерный перечень тем

1. Расчет уставок ЛАПНУ.

Примерные задания

Необходимо рассмотреть возможность выдачи мощности в электрическую сеть крупной электростанцией в различных схемно-режимных ситуациях. В случае возникновения ограничений на выдаваемую мощность, разместить на электростанции ЛАПНУ и определить её параметры срабатывания.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.2.6. Расчетно-графическая работа № 3**

Примерный перечень тем

1. Регулирование частоты в нормальных и аварийных режимах

Примерные задания

1. ИСХОДНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Схема сети, для которой необходимо произвести расчет, определяется в соответствии с индивидуальным заданием и параметрами индивидуальных заданий. При выполнении задания выполняются анализ балансов и расчеты отклонения частоты во времени по обобщенным выражениям.

Постоянная инерции двигательной нагрузки принимается равной 3 с. Постоянная времени контура первичного регулирования (тарс) упрощенно принимается для всех генераторов одинаковой и равной 8 с. Номинальный коэффициент нагрузки ( $\cos\phi_{ном}$ ) для потребителей собственных нужд электростанций принимается равным 0,8. Доля нагрузки собственных нужд электростанций от ее полной мощности устанавливается равной 5%.

При анализе балансов мощности потери в сети считаются равными 2 % от потребления энергосистемы.

При расчете отклонения частоты во времени при возникновении небаланса с учетом АРС считать давление пара перед турбинами неизменным в течение всего процесса регулирования.

## **2. РЕГУЛИРОВАНИЕ ЧАСТОТЫ**

Для выполнения первой части домашней работы необходимо изучить лекции 2, 3 и 4 дисциплины или разделы «Базовые принципы регулирования частоты в энергосистеме», «Система регулирования частоты ЕЭС России. АРЧМ» и «Динамические характеристики энергосистемы по частоте» учебного пособия.

2.1. Определение необходимого объема резерва вторичного регулирования на загрузку и загрузки электростанций энергосистемы



Исходя из потребления энергосистемы, в расчетах требуется определить необходимую величину резерва вторичного регулирования и распределить резерв между генераторами. Затем необходимо определить нагрузку энергоблоков с учетом потребления энергосистемы, потребления собственных нужд электростанций сети 220 кВ и потерь в сети.

При определении генерации электростанций и размещении резерва следует исходить из необходимости размещения на энергоблоках в сети 220 кВ первичного резерва, равного 10% от установленной мощности энергоблоков для удержания кратковременного динамического снижения частоты не ниже 49,2 Гц. Первичный резерв необходимо распределить между блоками пропорционально номинальной мощности. Объем резерва вторичного регулирования на загрузку определяется в соответствии с материалом, изложенным в разделе «Система регулирования частоты ЕЭС России. АРЧМ» учебного пособия. При выборе электростанции, на которой будет размещен вторичный резерв, следует предусмотреть наличие на выбранной электростанции резерва на разгрузку не менее 10 % от номинальной мощности генераторов.

В отчете требуется привести расчеты необходимой величины резерва вторичного регулирования и баланса мощности системы. Также нужно представить схему энергосистемы с нанесенной на нее генерацией электростанций.

2.2. Построение эквивалентных статических характеристик нагрузки и генерации по частоте для текущего режима и отключения энергоблока

Определение установившегося значения частоты после отключения энергоблока с учетом работы первичного регулирования

Эквивалентная статическая характеристика генерации по частоте строится суммированием характеристик отдельных электростанций. При построении следует исходить из того, что технологический максимум всего генерирующего оборудования равен номинальной мощности генераторов.

Эквивалентная статическая характеристика строится для двух случаев:

- исходный режим (баланс для которого рассчитан в п. 2.1);
- отключение самого мощного энергоблока (которое рассматривалось для определения объема резерва вторичного регулирования).

Построение эквивалентной статической характеристики нагрузки по частоте осуществляется на основе вычисления эквивалентного регулирующего эффекта нагрузки.

В отчете необходимо представить расчет эквивалентного регулирующего эффекта нагрузки, а также расчет установившегося значения частоты при отключении энергоблока. Также в необходимо привести графики:

- в одних осях статические характеристики генерирующего оборудования и эквивалентную статическую характеристику генерации в нормальном режиме (с обозначенными точками излома характеристик);
- в одних осях статические характеристики генерирующего оборудования и эквивалентную статическую характеристику генерации при потере одного энергоблока (с обозначенными точками излома характеристик);
- в одних осях эквивалентные статические характеристик генерации до и после потери энергоблока и эквивалентную статическую характеристику нагрузки (с обозначенными установившимися значениями частоты).

### 2.3. Анализ работы системы вторичного регулирования при отключении энергоблока

Требуется определить генерацию электростанций после первичного и после вторичного регулирования.

В отчете представить описательную часть процесса регулирования и схему сети (с нанесенной генерацией электростанций) после первичного и после вторичного регулирования.

### 2.4. Расчет и построение графиков отклонения частоты во времени при отключении энергоблока при работе АРС и без них

В данной части домашней работы необходимо определить эквивалентную постоянную инерции с учетом двигательной нагрузки системы, постоянную времени отклонения частоты, начальный небаланс активной мощности при отключении энергоблока в относительных единицах. Также для системы без АРС нужно записать дифференциальное уравнение, решаемое для определения отклонения частоты во времени, и рассчитать это отклонение. Для системы с АРС требуется записать систему дифференциальных уравнений, определяющую отклонение частоты во времени, найти ее характеристические числа и рассчитать отклонение частоты и изменение первичной мощности во времени.

При расчете отклонения частоты во времени с учетом работы АРС следует определить эквивалентный статизм генерирующего оборудования по характеристикам, построенным при выполнении п. 2.2.

В отчете требуется представить предварительные расчеты параметров системы с АРС и без них. Привести графики отклонения частоты во времени при отключении энергоблока без учета АРС (отсутствие первичного резерва) и с учетом АРС. Кроме того, привести график набора первичной мощности.

### 2.5. Анализ работы системы регулирования частоты для сети 500 кВ при отделении сети 220 кВ

В этом разделе осуществляется анализ схемы сети, полученной при отключении автотрансформаторов 500/220 кВ.

#### 2.5.1. Построение эквивалентных статических характеристик нагрузки и генерации по частоте для сети 500 кВ

при отделении сети 220 кВ. Определение установившегося после отделения значения частоты с учетом работы первичного регулирования

Расчеты в этом разделе осуществляются аналогично п. 2.2 для схемы, полученной отделением сети 220 кВ. При отключении сети 220 кВ в сети 500 кВ образуется избыток активной мощности, который необходимо рассчитать по балансу активной мощности в сети 220 кВ. Возникший в сети 500 кВ избыток активной мощности при построении эквивалентных статических характеристик моделируется изменением эквивалентной статической характеристики нагрузки.

В отчете необходимо представить расчет установившегося значения частоты при отделении. Также должны быть приведены графики:

- в одних осях статические характеристики генерирующего оборудования и эквивалентную статическую характеристику генерации в сети 500 кВ (с обозначенными точками излома характеристик);

- в одних осях эквивалентная статическая характеристика генерации и эквивалентные статические характеристики нагрузки до и после отключения сети 220 кВ (с обозначенными установившимися значениями частоты).

#### 2.5.2. Анализ работы системы вторичного регулирования при отключении энергоблока

При отделении сети 220 кВ в сети 500 кВ частота устанавливается выше 50 Гц. Требуется определить объем вторичной мощности на разгрузку, который необходимо реализовать для возврата частоты к значению 50 Гц, а также к значению 49,8 Гц.

В отчете необходимо представить описательную часть процесса регулирования и схему сети (с нанесенными значениями выработки мощности генерирующим оборудованием) после первичного регулирования и после вторичного регулирования.

#### 2.5.3. Расчет и построение графиков отклонения частоты во времени при отключении энергоблока при работе АРС

Этот раздел выполняется аналогично разделу 2.4 для сети 500 кВ при отделении сети 220 кВ.

В отчете необходимо представить предварительные расчеты параметров системы с АРС. Привести графики отклонения частоты во времени при отделении сети 220 кВ с учетом АРС. Кроме того, привести график набора первичной мощности.

### 3. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ СНИЖЕНИЯ ЧАСТОТЫ

Для выполнения этой части работы необходимо изучить раздел «Автоматика ограничения снижения частоты» учебного пособия. Расчет АЧР осуществляется только для сети 220 кВ.

#### 3.1. Определение необходимого объема АЧР-1, совмещенной АЧР-2 и несовмещенной АЧР-2 с учетом возможного аварийного небаланса

Методика выполнения задания описана в учебном пособии. В качестве аварийного небаланса для определения объема АЧР следует рассмотреть потерю связи сети 220 кВ с сетью 500 кВ. Потеря связи происходит при ремонте одного автотрансформатора связи и аварийном отключении другого автотрансформатора. Долю совмещенной АЧР-2 следует принять равной 80 %.

В отчете необходимо представить расчет объема АЧР.

#### 3.2. Распределение объемов АЧР по узлам нагрузки и по очередям. Определение уставок срабатывания по частоте и времени

Методика выполнения задания описана в учебном пособии. Объем АЧР по подстанциям следует распределять пропорционально нагрузке. Шаг уставки АЧР-1 по частоте принимается 0,2 Гц (в системе преобладают реле частоты РЧ-1). Шаг уставки по времени АЧР-2 принимается равным 5 с для максимизации числа очередей.

В отчете необходимо представить:

- описание методики распределения объемов и выбора уставок АЧР;
- распределение объема АЧР-1 по очередям с указанием выдержки времени, уставки срабатывания и возврата по частоте каждой очереди;

- распределение АЧР-1 по подстанциям/очередям;
- распределение объема совмещенной АЧР-2 по очередям с указанием выдержки времени, уставки срабатывания и возврата по частоте каждой очереди;
- совмещение очередей АЧР-1 и АЧР-2;
- распределение объема несовмещенной АЧР-2 по очередям с указанием выдержки времени, уставки срабатывания и возврата по частоте каждой очереди;
- распределение объемов АЧР по подстанциям.

### 3.3. Расчет отклонения частоты во времени с учетом работы первичного регулирования и срабатывания АЧР при возникновении аварийного небаланса в энергосистеме

Эквивалентный статизм АРС принимается аналогично п. 2.4. Постоянную времени отклонения частоты, декремент затухания и собственную частоту колебаний при работе АРС нужно пересчитать, исходя из того, какое генерирующее оборудование было отключено.

Расчет отклонения частоты во времени нужно выполнить для трех аварийных небалансов:

- потеря связи с сетью 500 кВ (расчетный небаланс);
- потеря связи с сетью 500 кВ и отключение генератора в узле 16 (нерасчетный небаланс);
- потеря связи с сетью 500 кВ и отключение двух генераторов в узле 16 (нерасчетный небаланс).

В отчете необходимо описать методику расчета отклонения частоты во времени. Также следует представить графики для трех аварийных небалансов:

- набора первичной мощности;
- отклонения частоты во всем диапазоне расчета (до момента достижения частотой установившегося значения) с указанием моментов пуска и срабатывания очередей АЧР-2;
- начального этапа снижения частоты, на котором работает АЧР-1, с указанием моментов пуска, срабатывания и возврата очередей АЧР-1.

## 4. ЧАСТОТНАЯ ДЕЛИТЕЛЬНАЯ АВТОМАТИКА

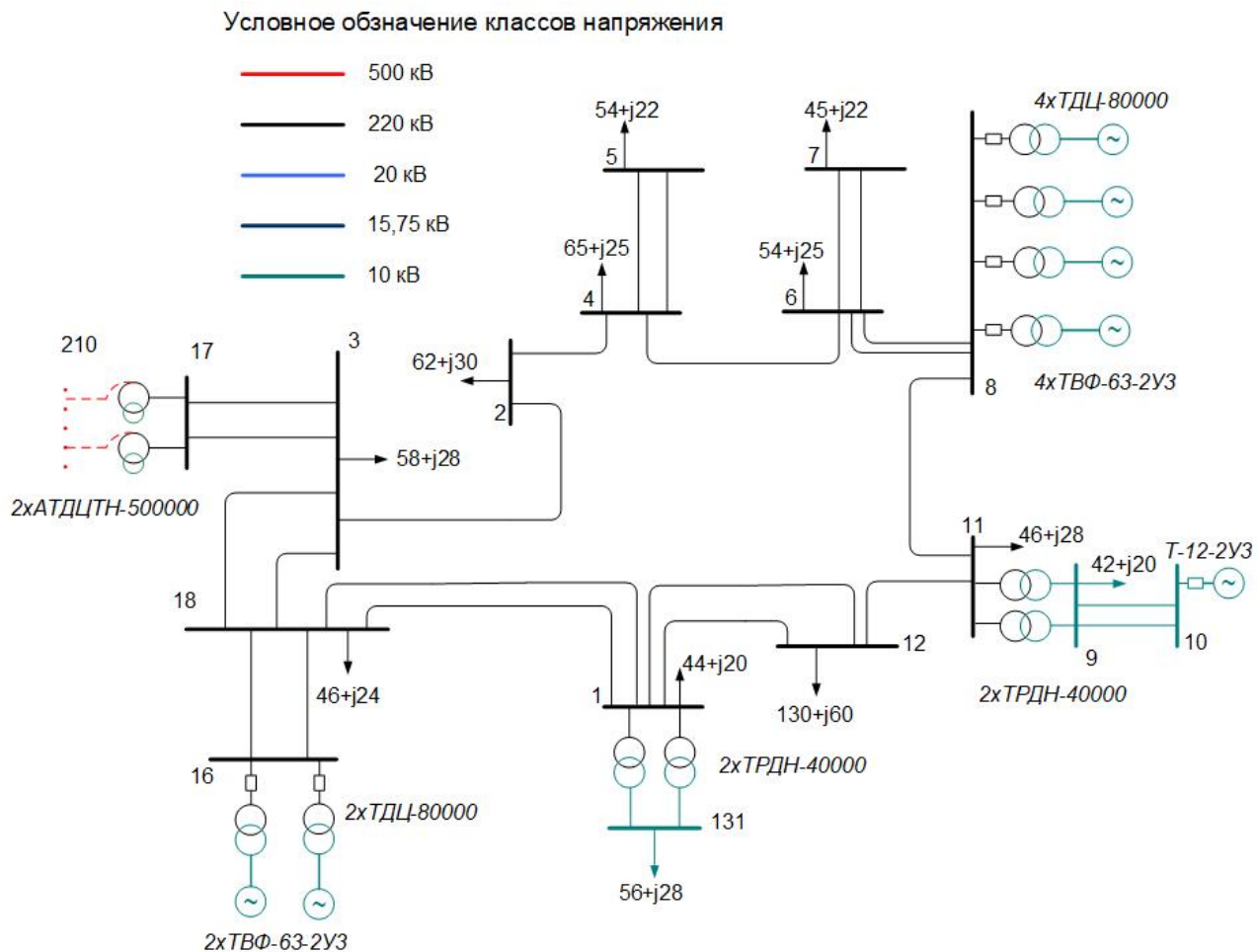
Для выполнения этой части работы нужно изучить лекции 7 и 8 или разделы «Требования к схемам питания собственных нужд электростанций. Схемы выделения генерирующего оборудования на изолированную работу» и «Расчет и выбор параметров настройки (уставок), алгоритмов функционирования ЧДА» учебного пособия.

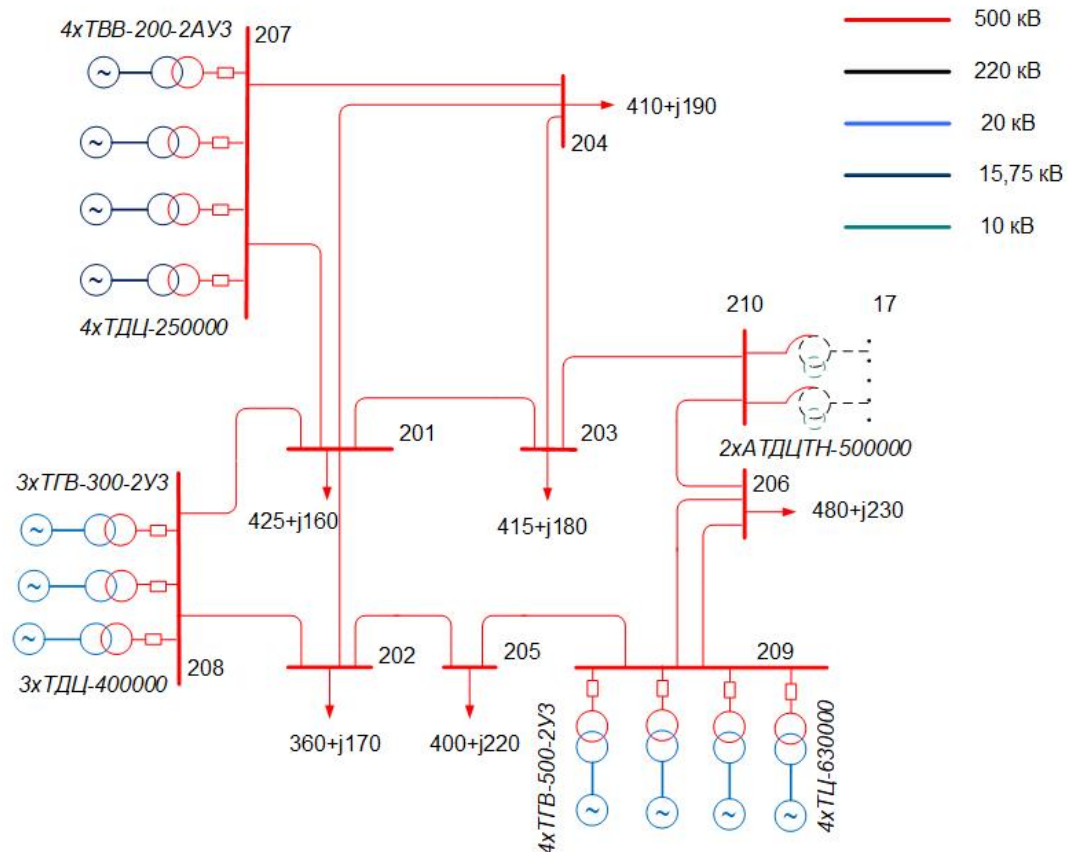
В рамках третьей части домашнего задания студенты должны:

- проанализировать баланс активной мощности сети 220 кВ с учетом срабатывания АЧР;
- выбрать схемы выделения электростанций в сети 220 кВ на изолированную работу с учетом небаланса активной мощности, глубокого снижения частоты, а также технологического минимума электростанций;
- определить последовательность восстановления системы после работы автоматики;
- определить величину разгрузки генераторов, подключенных к АРЧМ, для восстановления частоты в системе и синхронизации.

При выполнении задания четвертой части допустимый небаланс для всех энергоблоков, подключенных к сети 220 кВ принимается равным 40 % от номинальной мощности генераторов.

В отчете необходимо привести расчет баланса энергосистемы на момент срабатывания ЧДА и схему выделения каждой из электростанций, оставшихся в работе.





LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

#### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Основные принципы оперативно-диспетчерского управления. Оперативное и автоматическое управление. Задачи оперативно-диспетчерского управления, основные пути их решения. Формирование ограничений на режим работы энергосистемы.
2. Предельный режим сложной энергосистемы. Критерий предельного режима при практических расчетах, обоснование и условия его применимости.
3. Обеспечение устойчивости при управлении режимом работы энергосистемы. Понятие сечения, опасного сечения и контролируемого сечения.
4. Траектория утяжеления. Принципы определения траектории утяжеления.
5. Поиск опасных сечений на основе поиска точки минимального напряжения.
6. Понятие максимально и аварийно допустимого перетока. Критерии их определения (по устойчивости, по току, по напряжению). Область применения рассчитанных величин.
7. Алгоритм расчета допустимых перетоков по критерию статической аперiodической устойчивости.
8. Противоаварийное управление. Задачи и структура противоаварийного управления ЕЭС России. Основные элементы системы противоаварийного управления. Управляющие воздействия противоаварийной автоматики.

9. Иерархическая система автоматики предотвращения нарушения устойчивости. Составляющие и их функции, контролируемые параметры, пусковые органы, реализуемые управляющие воздействия.

10. Локальная автоматика предотвращения нарушения устойчивости (ЛАПНУ). Назначение. Логика работы. Принципы выбора управляющих воздействий. Понятие эффективности управляющих воздействий.

11. Противоаварийная автоматика для обеспечения допустимых токовых нагрузок. Контролируемые параметры, пусковые органы, реализуемые управляющие воздействия.

12. Противоаварийная автоматика для обеспечения допустимых уровней напряжений. Контролируемые параметры, пусковые органы, реализуемые управляющие воздействия.

13. Автоматика ликвидации асинхронного режима (АЛАР). Понятие асинхронного режима. Принцип действия АЛАР. Выбор уставок, основанного на измерении скорости изменения сопротивления.

14. Каковы основные опасные факторы снижения частоты?

15. Что такое лавина частоты? Какими процессами она обусловлена?

16. Чем опасно повышение частоты в энергосистеме?

17. Каковы требования к поддержанию частоты? Чем они регламентируются?

18. Что такое статические характеристики нагрузки? Какие виды статических характеристик вы знаете?

19. Что такое статизм генератора?

20. Как статизм нагрузки влияет на частоту при избытке генерации? Почему?

21. Что такое первичное регулирование частоты? За счет чего оно осуществляется?

22. Что такое вторичное регулирование частоты? За счет чего оно осуществляется?

23. Перечислите основные виды регулирования частоты, каковы принципиальные отличия между ними?

24. Какие выделяют виды первичного регулирования, какие требования к ним применяются?

25. Каковы основные требования, предъявляемые к вторичному регулированию?

26. Какие существуют режимы работы ЦС АРЧМ?

27. Каков принцип работы ЦС АРЧМ?

28. Как осуществляется расчет управляющих воздействий для поддержания частоты в ЦКС АРЧМ?

29. Что называют динамической характеристикой?

30. Какие различают виды динамического отклика системы, каковы основные различия между ними?

31. На каких допущениях строится вывод динамических характеристик?

32. Каким уравнением описывается действие АРС?

33. Какое уравнение является основным при получении динамических характеристик?

34. На поддержание каких основных режимных параметров направлена работа автоматики?

35. Какова обобщенная структура устройства противоаварийной автоматики?

36. Какие существуют управляющие воздействия автоматики?

37. Какие управляющие воздействия направлены на обеспечение динамической устойчивости?

38. Какова структура и принцип работы ЦСПА?

39. Какую роль играет частотная автоматика в противоаварийном управлении?

40. Каковы основные задачи и требования к АОСЧ?
41. Какие виды автоматики входят в состав АОСЧ, в чем их различия?
42. Каков принцип выбора уставок АЧВР и ДАР?
43. Каковы основные задачи и структура АЧР?
44. Каков порядок выбора уставок АЧР?
45. Каким образом выполняется совмещение АЧР-1 и АЧР-2?
46. В каких случаях работа АЧР может быть неэффективной?
47. Каким образом РДС влияет на поведение ТЭС при снижении частоты?
48. В чем принципиальная разница в поведении электростанций с ПТН и ПЭН?
49. Какое влияние на поведение тепловых электростанций оказывает главный регулятор котла?
50. В чем заключается влияние СН на работу ЭЭС при снижении частоты?
51. Каковы основные требования к схемам собственных нужд электрических станций? Чем они обусловлены?
52. Какие варианты выделения электростанции на сбалансированную нагрузку существуют? Каковы их достоинства и недостатки?
53. Какие схемы выделения ЧДА наиболее предпочтительны?
54. Чем опасно для энергорайона выделение электростанции на изолированную работу с избытком?
55. Каковы технические минимумы и потребление собственных нужд различных электростанций в зависимости от вида топлива?
56. Каковы критерии по которым выбираются уставки ЧДА? Каковы факторы, от которых зависит схема выделения ЧДА?
57. Какие ступени ЧДА существуют? Чем обусловлена необходимость каждой из них?
58. Как выбирается допустимый небаланс при выделении генерирующего оборудования?
59. Как осуществляется выбор схемы выделения ЧДА?
60. Какова логическая схема АЧР-1, обусловленность блокировки по снижению частоты?
61. Какова логическая схема АЧР-2?
62. Какова логическая структура ЧДА?
63. Какова логическая структура ЧАПВ?
64. Какова логическая структура устройства синхронизации?
65. Какие принципиальные моменты необходимо учесть при проектировании ДА установок малой мощности?
66. Чем необходимо руководствоваться при выборе сечения, по которому будет производиться разделение в результате срабатывания ДА установок малой мощности?
67. Каким образом осуществляется выбор уставок ДА установок малой мощности?
68. Для каких случаев выполняется отстройка ДА установок малой мощности? Каким образом реализуется такая отстройка?
69. В чем опасность выделения установок малой мощности на несбалансированную нагрузку?
70. Чем обусловлена необходимость выполнения адаптивной делительной автоматики?
71. В чем заключается принцип действия адаптивной ЧДА?
72. В чем заключается адаптивный принцип делительной автоматики по факту отключения элемента?



73. В чем заключаются особенности автоматика выделения на собственные нужды?

74. Каким образом осуществляется выбор актуального сечения для действия делительной автоматики?

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности**

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.