



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
С.И.Лукиянов  
«26» сентября 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

*ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ*

Направление подготовки (специальность)  
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль) программы  
Электроснабжение

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – прикладной бакалавриат

Форма обучения  
Очная

Институт  
Кафедра  
Курс  
Семестр

энергетики и автоматизированных систем  
электроснабжения промышленных предприятий  
3, 4  
6, 7

Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденного приказом МОиН РФ от 3 сентября 2015 г. № 955.


Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электроснабжения промышленных предприятий «05» сентября 2018 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  / Г.П. Корнилов/  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем «26» сентября 2018 г., протокол № 1.

Председатель  / С.И. Лукьянов/  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа составлена: Газизовой О.В. – доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий, канд. техн. наук, доцент

 / О.В. Газизова/  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рецензент:

начальник ЦЭСиП ПАО «ММК», канд. техн. наук

 / Н.А. Николаев/  
(подпись) (И.О. Фамилия)





## **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины (модуля) «Переходные процессы в электроэнергетических системах» является:

- изучение причин возникновения и физической сущности переходных процессов, а также методов их количественной оценки. Студенты должны иметь представление о переходных электромагнитных и электромеханических процессах в электроэнергетических системах, знать основные положения курса и уметь решать практические задачи, направленные на обеспечение надежности работы отдельных элементов и электрической системы в целом.

## **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки бакалавра (магистра, специалиста)**

Дисциплина «Переходные процессы в электроэнергетических системах» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения основных положений следующих дисциплин:

«Физика»: электростатика и электродинамика.

«Математические задачи энергетики и применение ЭВМ»: применение методов теории вероятностей и математической статистики; методы прогнозирования и оптимизации.

«Теоретические основы электротехники»: расчет установившихся и переходных режимов электрических цепей, построение векторных диаграмм токов и напряжений, составление дифференциальных уравнений для участка цепи.

«Электрические машины» конструктивное исполнение и принцип действия силовых трансформаторов и машин переменного тока.

Дисциплина «Переходные процессы в электроэнергетических системах» должна давать теоретическую подготовку в области явлений, сопровождающих нормальные и аварийные изменения электромагнитного и электромеханического состояния элементов электрических систем. Понимание физической сущности этих явлений позволяет предвидеть и заранее предотвратить опасные последствия переходных процессов, которые могут иметь место при коротких замыканиях и нарушении устойчивости в узлах и в электрических системах. В курсе должно даваться представление о технике расчетов, больше внимания уделяться пониманию задач и допущений, положенных в их основу, инженерной оценке полученных результатов. Кроме того, курс имеет задачу формирования у студентов научных представлений в данной области знаний в соответствии с основными положениями диалектического материала. Как известно, исследование переходных процессов требует проведения большого числа вычислительных операций, трудно осуществляемого вручную. Поэтому для лучшего освоения необходимых знаний предпочтительным является применение лабораторного практикума или практических занятий с использованием соответствующего программного обеспечения.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы при изучении дисциплин «Электрические станции и подстанции» и «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем», а также при сдаче государственного экзамена и выполнении выпускной квалификационной работы.

## **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Переходные процессы в электроэнергетических системах» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Структурный элемент компетенции   | Планируемые результаты обучения  |
|---|--|
| <b>(ОПК-3) способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей</b> |  |
| Знать   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– виды коротких замыканий</li> <li>– методы расчета неустановившегося короткого замыкания</li> <li>– особенности неустановившихся режимов короткого замыкания</li> <li>– особенности установившегося режима короткого замыкания, понятия о критическом токе и критической реактивности.</li> <li>– определение устойчивости режимов систем при малых возмущениях</li> <li>– особенности изменения параметров режима при больших возмущениях и малых изменениях скорости вращения генераторов, понятие динамической устойчивости</li> <li>– особенности переходных процессов, вызванных изменением напряжения возбуждения</li> <li>– особенности влияния больших возмущений на режимы узлов нагрузки, особенности самозапуска асинхронных и синхронных двигателей, функции регуляторов возбуждения, законы регулирования возбуждения</li> <li>– особенности исследования несимметричных переходных процессов</li> <li>– особенности определения сопротивлений электрических машин, нагрузки, трансформаторов, автотрансформаторов, воздушных линий и кабелей для токов обратной и нулевой последовательностей</li> <li>– граничные условия и соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для основных видов несимметричных коротких замыканий, правила эквивалентности прямой последовательности</li> <li>– граничные условия и соотношения между симметричными составляющими для случаев обрыва одной и двух фаз. уметь составлять выражения для составляющих токов и напряжений в месте продольной несимметрии</li> </ul> |
| Уметь   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– рассчитывать трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, изменение во времени тока и его составляющих</li> <li>– составлять исходные уравнения и определять индуктивности обмоток синхронной машины</li> <li>– определять переходные и сверхпереходные ЭДС и сопротивления синхронных генераторов</li> <li>– рассчитывать установившийся режим трехфазного короткого замыкания</li> <li>– составлять выражения для времени, угла, скорости, ускорения, мощности, вращающего момента, кинетической энергии.</li> <li>– определять качания генераторов</li> <li>– определять условия срабатывания форсировки возбуждения</li> <li>– формулировать рекомендации по выбору законов регулирования</li> <li>– применять методы расчета несимметричных коротких замыканий</li> <li>– составлять схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей</li> <li>– составлять выражения для составляющих токов и напряжений в месте короткого замыкания, векторные диаграммы токов и напряжений</li> <li>– производить учет активных и индуктивных сопротивлений отдельных</li> </ul>   |

| Структурный элемент компетенции  | Планируемые результаты обучения  |
|--|--|
|  | элементов установок, учет сопротивлений контактных соединений  |
| Владеть  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками определения условий, при которых мгновенное значение тока в данной фазе получается максимальным</li> <li>– навыками определения ЭДС генератора из векторной диаграммы предшествующего режима</li> <li>– навыками анализа влияния и учета действия АРВ</li> <li>– навыками определения высших гармоник при нарушении симметрии трехфазной системы</li> <li>– навыками составления комплексных схем замещения, применения практических методов для расчета несимметричных коротких замыканий</li> <li>– навыками построения векторных диаграмм токов и напряжений</li> </ul>   |
| <b>(ПК-6) способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности</b> |  |
| знать  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– общие методики расчета токов коротких замыканий в относительных и именованных единицах, систему относительных единиц</li> <li>– переходные процессы в неподвижных магнитосвязанных цепях, основные уравнения и соотношения, включение холостого трансформатора</li> <li>– метод расчетных кривых, метод типовых кривых</li> <li>– векторную диаграмму синхронного генератора</li> <li>– характеристики двигателей и обобщенной нагрузки в начальный момент переходного процесса.</li> <li>– особенности выбора электрооборудования по условиям токов коротких замыканий</li> <li>– практические критерии статической устойчивости простейшей электрической системы, метод малых колебаний</li> <li>– понятие результирующей устойчивости, условия ресинхронизации</li> <li>– особенности передачи электроэнергии на дальние расстояния</li> <li>– виды и особенности переходных процессов в узлах нагрузки при малых возмущениях</li> <li>– дополнительные устройства для улучшения устойчивости нагрузки</li> <li>– составлять системы уравнений Кирхгофа при несимметрии</li> <li>– характер изменения тока и напряжения прямой последовательности генератора при различных коротких замыканиях в одной и той же точке.</li> <li>– комплексные схемы замещений при обрыве одной и двух фаз</li> </ul> |
| Уметь  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– рассчитывать и анализировать токи короткого замыкания, составлять схемы замещения</li> <li>– учитывать энергосистему</li> <li>– определять обобщенный вектор трехфазной системы</li> <li>– оценить влияние электродвигателей и обобщенной нагрузки на ток в месте короткого замыкания</li> <li>– рассчитывать установившийся режим короткого замыкания в схеме с несколькими источниками</li> <li>– определять процесс выпадения генератора из синхронизма, выявлять асинхронные режимы, производить анализ процессов с учетом форсировки возбуждения</li> <li>– составлять схемы замещения дальних ЛЭП</li> </ul>  |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения   |
|---------------------------------|---|
|                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– выявлять лавину напряжения</li> <li>– производить сравнение различных видов коротких замыканий</li> <li>– применять правило эквивалентности прямой последовательности</li> <li>– составлять схемы замещения, определять сопротивления элементов</li> </ul>   |
| Владеть                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками приближенной оценки эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей в сложной разветвленной схеме</li> <li>– навыками применения ЭВМ для расчета электромагнитных переходных процессов</li> <li>– навыками анализа влияния нагрузки и ее приближенного учета на токи короткого замыкания</li> <li>– навыками определения статической устойчивости с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости</li> <li>– навыками использования способа площадей и вытекающими из него критерии динамической устойчивости</li> <li>– навыками определения параметров режима протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности</li> <li>– навыками определения влияния на устойчивость узлов нагрузки батарей статических конденсаторов</li> <li>– навыком применения метода симметричных составляющих</li> <li>– навыками определения токов в земле при замыканиях одной и двух фаз на землю</li> <li>– навыками практических расчетов тока короткого замыкания</li> </ul> |

#### 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц 216 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 142,7 акад. часов:
  - аудиторная – 138 акад. часов;
  - внеаудиторная – 4,7 акад. часов
- самостоятельная работа – 37,6 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

| Раздел/ тема дисциплины  | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                  |                  | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации   | Код и структурный элемент компетенции   |
|--|---------|--|------------------|------------------|--|---|---|---|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия | практич. занятия |  |   |   |   |
| <p><b>1. Раздел Электромагнитные переходные процессы в простейших цепях.</b><br/>                     Переходные процессы в простейших трехфазных цепях. Виды коротких замыканий. Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения постоянной частоты и амплитуды. Изменение во времени тока и его составляющих. Условия, при которых мгновенное значение тока в данной фазе получается максимальным. Расчет и анализ токов короткого замыкания. Общие методики расчета</p> | 6       | 4  | 4                | 4                | 2                                      | Подготовка к защите лабораторной работы № 1 «Трехфазное короткое замыкание в простейшей цепи»<br>выполнение РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания в простейшей сети» | защита лабораторной работы № 1 «Трехфазное короткое замыкание в простейшей цепи»<br>РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания в простейшей сети» | ОПК-3:<br>знать виды коротких замыканий.<br>уметь рассчитывать трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, изменение во времени тока и его составляющих.<br>владеть навыками определения условий, при которых мгновенное значение тока в данной фазе получается |



| Раздел/ тема дисциплины   | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                  |                  | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации  | Код и структурный элемент компетенции |
|---|---------|--|------------------|------------------|--|----------------------------|--|---------------------------------------|
|   |         | лекции                                       | лаборат. занятия | практич. занятия |  |                            |  |                                       |
| <p>токов коротких замыканий в относительных и именованных единицах. Система относительных единиц. Составление схем замещения. Приближенная оценка эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей в сложной разветвленной схеме. Переходный процесс в неподвижных магнитосвязанных цепях. Основные уравнения и соотношения. Влияние рассеяния. Включение холостого трансформатора.</p> |         |  |                  |                  |  |                            | <p>максимальным.<br/>ПК-6:<br/>знать общие методики расчета токов коротких замыканий в относительных и именованных единицах, систему относительных единиц.<br/>знать переходные процессы в неподвижных магнитосвязанных цепях, основные уравнения и соотношения, включение холостого трансформатора.<br/>уметь рассчитывать и анализировать токи короткого замыкания, составлять схемы</p> |                                       |

| Раздел/ тема дисциплины   | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                   |                   | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации                           | Код и структурный элемент компетенции   |
|---|---------|--|-------------------|-------------------|--|---|---|---|
|   |         | лекции                                       | лаборат. занятия  | практич. занятия  |  |   |   |   |
|   |         |  |                   |                   |  |   |   | замещения. владеть навыками приближенной оценки эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей в сложной разветвленной схеме.   |
| <b>2. Раздел Практические методы расчета токов короткого замыкания</b><br>Учет энергосистемы. Метод расчетных кривых. Метод типовых кривых. Применение ЭВМ для расчета электромагнитных переходных процессов. | 6       | 2  | 2/2И <sup>1</sup> | 2/2И <sup>1</sup> | 2                                      | Выполнение расчетно-графической работы №2 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых» | Расчетно-графическая работа № 2 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых» | ПК-6<br>знать метод расчетных кривых, метод типовых кривых.<br>уметь учитывать энергосистему.<br>владеть навыками применения ЭВМ для расчета электромагнитных переходных процессов. |
| <b>3. Раздел Уравнения</b>  | 6       | 2  | 2                 | 2                 | 2                                      | Выполнение РГР № 3  | Защита РГР № 3  | ОПК-3;  |

| Раздел/ тема дисциплины  | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                   |                   | Самостоятельная работа (в акад. часах)  | Вид самостоятельной работы   | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации   | Код и структурный элемент компетенции   |
|--|---------|--|-------------------|-------------------|---|--|---|---|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия  | практич. занятия  |   |  |   |   |
| <p><b>электромагнитного переходного процесса синхронных и асинхронных машин</b></p> <p>Методы расчета неустановившегося короткого замыкания. Исходные уравнения. Индуктивности обмоток синхронной машины. Обобщенный вектор трехфазной системы. Замена переменных. Векторная диаграмма синхронного генератора.</p> |         |  |                   |                   | <p>«Построение векторной диаграммы синхронной машины»</p> <p>Подготовка к защите лабораторной работы №2 «Исследование режимов работы синхронного генератора с помощью векторных диаграмм».</p> <p>Подготовка к АКР №1 «Общие сведения о переходных процессах. Трехфазное короткое замыкание в простейшей цепи. Принцип действия машин переменного тока»</p> | <p>«Построение векторной диаграммы синхронной машины»</p> <p>Защита лабораторной работы №2</p> <p>«Исследование режимов работы синхронного генератора с помощью векторных диаграмм». опорный конспект лекций, АКР №1 «Общие сведения о переходных процессах. Трехфазное короткое замыкание в простейшей цепи. Принцип действия машин переменного тока»</p> | <p>знать методы расчета неустановившегося короткого замыкания. уметь составлять исходные уравнения и определять индуктивности обмоток синхронной машины. ПК-6</p> <p>знать векторную диаграмму синхронного генератора. уметь определять обобщенный вектор трехфазной системы.</p> |   |
| <p><b>4. Раздел Начальный момент внезапного нарушения режима.</b></p> <p>Неустановившиеся режимы короткого замыкания. Переходные и сверхпереходные ЭДС и сопротивления синхронных генераторов. Определение</p>   | 6       | 4  | 4/2И <sup>1</sup> | 4/2И <sup>1</sup> | 2   | <p>Подготовка к защите лабораторной работы №3 «Внезапное нарушение режима работы синхронного генератора»</p>   | <p>защита лабораторной работы №3 «Внезапное нарушение режима работы синхронного генератора»</p>   | <p>ОПК-3:</p> <p>знать особенности неустановившихся режимов короткого замыкания. уметь определять</p> |

| Раздел/ тема дисциплины  | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                  |                  | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации   | Код и структурный элемент компетенции |
|--|---------|--|------------------|------------------|--|----------------------------|---|---------------------------------------|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия | практич. занятия |  |                            |   |                                       |
| ЭДС генератора из векторной диаграммы предшествующего режима. Характеристики двигателей и обобщенной нагрузки в начальный момент переходного процесса. Влияние электродвигателей и обобщенной нагрузки на ток в месте короткого замыкания. |         |  |                  |                  |  |                            | <p>переходные и сверхпереходные ЭДС и сопротивления синхронных генераторов.</p> <p>владеть навыками определения ЭДС генератора из векторной диаграммы предшествующего режима.</p> <p>ПК-6</p> <p>знать характеристики двигателей и обобщенной нагрузки в начальный момент переходного процесса.</p> <p>уметь оценить влияние электродвигателей и обобщенной нагрузки на ток в месте короткого</p> |                                       |

| Раздел/ тема дисциплины  | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                  |                  | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код и структурный элемент компетенции   |
|--|---------|--|------------------|------------------|--|---|---|---|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия | практич. занятия |  |   |   |   |
|  |         |  |                  |                  |  |   |   | замыкания.  |
| <p><b>5. Раздел Установившийся режим трехфазного короткого замыкания.</b><br/> Расчет установившегося тока трехфазного короткого замыкания. Влияние и учет действия АРВ. Понятия о критическом токе и критической реактивности. Расчет установившегося тока короткого замыкания в схеме с несколькими источниками. Влияние нагрузки и ее приблизительный учет. Выбор электрооборудования по условиям токов коротких замыканий. Влияние АРВ на переходный процесс при коротком замыкании. Критическое время и влияние на него различных факторов. Изменение во времени ЭДС и напряжения машины. Влияние на переходный процесс демпферных обмоток.</p> | 6       | 4  | 4                | 4                | 4                                      | Выполнение аудиторной контрольной работы №2 «Внезапное нарушение режима синхронного генератора» | АКР №2 «Внезапное нарушение режима синхронного генератора»      | ОПК-3;<br>знать особенности установившегося режима короткого замыкания, понятия о критическом токе и критической реактивности.<br>уметь рассчитывать установившийся режим трехфазного короткого замыкания.<br>владеть навыками анализа влияния и учета действия АРВ.<br>ПК-6<br>знать особенности выбора электрооборудования по условиям токов коротких замыканий.<br>уметь рассчитывать установившийся |

| Раздел/ тема дисциплины  | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                   |                   | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы   | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации   | Код и структурный элемент компетенции  |
|--|---------|--|-------------------|-------------------|--|--|---|--|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия  | практич. занятия  |  |  |   |  |
|  |         |  |                   |                   |  |  |   | режим короткого замыкания в схеме с несколькими источниками. владеть навыками анализа влияния нагрузки и ее приближенного учета на токи короткого замыкания.   |
| <b>6. Раздел Статическая устойчивость электрической системы. Уравнения движения и критерии статической устойчивости</b><br>Устойчивость режимов систем при малых возмущениях. Выражения для времени, угла, скорости, ускорения, мощности, вращающего момента, кинетической энергии. Практические критерии статической устойчивости простейшей электрической системы. Метод малых колебаний. Статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости. | 6       | 4  | 4/2И <sup>1</sup> | 4/2И <sup>1</sup> | 2                                      | Подготовка к защите лабораторной работы № 4 «Статическая и динамическая устойчивость электропередачи»<br>Подготовка к защите лабораторной работы № 5 «Исследование влияния параметров элементов, схемы и режима электрической системы на устойчивость» | защита лабораторной работы №4 «Статическая и динамическая устойчивость электропередачи»<br>защита лабораторной работы № 5 «Исследование влияния параметров элементов, схемы и режима электрической системы на устойчивость» | ОПК-3;<br>знать определение устойчивости режимов систем при малых возмущениях.<br>уметь составлять выражения для времени, угла, скорости, ускорения, мощности, вращающего момента, кинетической энергии. |

| Раздел/ тема дисциплины  | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                   |                   | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации  | Код и структурный элемент компетенции  |
|--|---------|--|-------------------|-------------------|--|---|--|--|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия  | практич. занятия  |  |   |  |  |
|  |         |  |                   |                   |  |   | ПК-6<br>знать практические критерии статической устойчивости простейшей электрической системы, метод малых колебаний.<br>владеть навыками определения статической устойчивости с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости. |  |
| <b>7. Раздел Изменение режима при больших возмущениях. Динамическая устойчивость электрической системы. Критерии динамической устойчивости</b><br>Изменение режима при больших возмущениях и малых изменениях скорости вращения генераторов. | 6       | 4  | 4/2И <sup>1</sup> | 4/2И <sup>1</sup> | 2                                      | Подготовка к защите лабораторной работы № 6 «Исследование влияния на динамическую устойчивость синхронного генератора вида короткого замыкания в электроэнергетической системе» | защита лабораторной работы №6 «Исследование влияния на динамическую устойчивость синхронного генератора вида короткого замыкания в   | ОПК-3;<br>знать особенности изменения параметров режима при больших возмущениях и малых изменениях скорости вращения |

| Раздел/ тема дисциплины   | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                  |                  | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы     | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации   | Код и структурный элемент компетенции |
|---|---------|--|------------------|------------------|--|--------------------------------|---|---------------------------------------|
|   |         | лекции                                       | лаборат. занятия | практич. занятия |  |                                |   |                                       |
| <p>Качания генераторов. Понятие динамической устойчивости. Энергетические соотношения при качаниях. Способ площадей и вытекающие из него критерии динамической устойчивости. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения. Понятие результирующей устойчивости. Процесс выпадения генератора из синхронизма. Асинхронные режимы. Условие ресинхронизации.</p> |         |  |                  |                  |  | электроэнергетической системе» | <p>генераторов, понятие динамической устойчивости. уметь определять качания генераторов. ПК-6<br/> знать понятие результирующей устойчивости, условия ресинхронизации. уметь определять процесс выпадения генератора из синхронизма, выявлять асинхронные режимы, производить анализ процессов с учетом форсировки возбуждения. владеть навыками использования способа площадей и</p> |                                       |



| Раздел/ тема дисциплины   | Семестр  | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                           |                           | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы   | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации   | Код и структурный элемент компетенции   |
|---|----------|--|---------------------------|---------------------------|--|--|---|---|
|   |          | лекции                                       | лаборат. занятия          | практич. занятия          |  |  |   |   |
|   |          |  |                           |                           |  |  |   | вытекающими из него критерии динамической устойчивости.   |
| <b>8. Раздел Переходные процессы в синхронном генераторе</b><br>Переходный процесс, вызванный изменением напряжения возбуждения. Форсировка возбуждения. Процессы при гашении магнитного поля с помощью разрядного резистора и с помощью дугогасящей решетки. | 6        | 4  | 4/4И <sup>1</sup>         | 4/4И <sup>1</sup>         | 6,5                                    | Выполнение РГР №4 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом площадей»<br>Подготовка к написанию АКР №3 «Статическая и динамическая устойчивость синхронного генератора» | Защита РГР №4 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом площадей»<br>опорный конспект лекций, АКР № 3 «Статическая и динамическая устойчивость синхронного генератора» | ОПК-3;<br>знать особенности переходных процессов, вызванных изменением напряжения возбуждения.<br>уметь определять условия срабатывания форсировки возбуждения. |
| <b>Итого за семестр</b>   | <b>6</b> | <b>28</b>                                    | <b>28/12И<sup>1</sup></b> | <b>28/12И<sup>1</sup></b> | <b>22,5</b>                            |  | <b>Зачет</b>  |   |

| Раздел/ тема дисциплины   | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                   |                   | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации   | Код и структурный элемент компетенции   |
|---|---------|--|-------------------|-------------------|--|---|---|---|
|   |         | лекции                                       | лаборат. занятия  | практич. занятия  |  |   |   |   |
| <p><b>9. Статическая устойчивость протяженной линии электропередачи</b><br/>           Особенности передачи электроэнергии на дальние расстояния. Составление схемы замещения. Определение параметров режима. Круговые диаграммы мощности.</p>                                  | 7       | 2  | 2/2И <sup>1</sup> | 2/2И <sup>1</sup> | 2                                      | Выполнение расчетно-графической работы № 5 «Исследование режимов работы протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности» | Защита расчетно-графической работы № 5 «Исследование режимов работы протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности» | ПК-6<br>знать особенности передачи электроэнергии на дальние расстояния.<br>уметь составлять схемы замещения дальних ЛЭП.<br>владеть навыками определения параметров режима протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности. |
| <p><b>10. Раздел Переходные процессы в узлах нагрузки при малых возмущениях</b><br/>           Виды и особенности переходных процессов в узлах нагрузки при малых возмущениях. Лавина напряжения. Влияние на устойчивость узлов нагрузки батарей статических конденсаторов.</p> | 7       | 2  | 2/2И <sup>1</sup> | 2/2И <sup>1</sup> | 2                                      | Подготовка к написанию АКР № 4 «Статическая устойчивость протяженных ЛЭП. Устойчивость нагрузки»                              | Написание АКР №4 «Статическая устойчивость протяженных ЛЭП. Устойчивость нагрузки»  | ПК-6<br>знать виды и особенности переходных процессов в узлах нагрузки при малых возмущениях.<br>уметь выявлять лавину напряжения.<br>владеть навыками  |

| Раздел/ тема дисциплины  | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                   |                   | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы   | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации                        | Код и структурный элемент компетенции   |
|--|---------|--|-------------------|-------------------|--|--|--|---|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия  | практич. занятия  |  |  |  |   |
|  |         |  |                   |                   |  |  |  | определения влияния на устойчивость узлов нагрузки батарей статических конденсаторов.   |
| <b>11. Раздел Переходные процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях</b><br>Влияние больших возмущений на режимы узлов нагрузки. Самозапуск асинхронных двигателей. Самозапуск синхронных двигателей. Резкие изменения режима в системах электроснабжения. Функции регуляторов возбуждения. Законы регулирования возбуждения. Рекомендации по выбору законов регулирования. Дополнительные устройства для улучшения устойчивости. Режимные мероприятия. Анализ условий и средств стабилизации режимов. | 7       | 4  | 2/2И <sup>1</sup> | 2/2И <sup>1</sup> | 2                                      | Подготовка к защите лабораторной работы № 7 «Переходные процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях» | Лабораторная работа № 7 «Переходные процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях» | ОПК-3; знать особенности влияния больших возмущений на режимы узлов нагрузки, особенности самозапуска асинхронных и синхронных двигателей, функции регуляторов возбуждения, законы регулирования возбуждения. уметь формулировать рекомендации по выбору законов регулирования. |

| Раздел/ тема дисциплины  | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                   |                   | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации  | Код и структурный элемент компетенции  |
|--|---------|--|-------------------|-------------------|--|---|--|--|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия  | практич. занятия  |  |   |  |  |
|  |         |  |                   |                   |  |   |  | ПК-6<br>знать<br>дополнительные устройства для улучшения устойчивости нагрузки.  |
| <p><b>12. Раздел Переходные процессы при нарушении симметрии трехфазной цепи</b></p> <p>Особенности исследования несимметричных переходных процессов. Методы расчета несимметричных коротких замыканий. Образование высших гармоник при нарушении симметрии трехфазной системы. Системы уравнений Кирхгофа при несимметрии. Метод симметричных составляющих.</p> | 7       | 2  | 2/2И <sup>1</sup> | 2/2И <sup>1</sup> | 2                                      | Подготовка к защите лабораторной работы № 8 «Внезапное однофазное КЗ синхронного генератора» выполнение РГР №6 «Определение токов трехфазного несимметричного КЗ методом симметричных составляющих» | защита лабораторной работы № 8 «Внезапное однофазное КЗ синхронного генератора» защита РГР №6 «Определение токов трехфазного несимметричного КЗ методом симметричных составляющих» | ОПК-3;<br>знать особенности исследования несимметричных переходных процессов.<br>уметь применять методы расчета несимметричных коротких замыканий.<br>владеть навыками определения высших гармоник при нарушении симметрии трехфазной системы.<br>ПК-6 |

| Раздел/ тема дисциплины  | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                  |                  | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы   | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации  | Код и структурный элемент компетенции   |
|--|---------|--|------------------|------------------|--|--|--|---|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия | практич. занятия |  |  |  |   |
|  |         |  |                  |                  |  |  |  | уметь составлять системы уравнений Кирхгофа при несимметрии. владеть навыком применения метода симметричных составляющих.   |
| <b>13. Раздел Схемы отдельных последовательностей</b><br>Сопrotивление электрических машин, нагрузки, трансформаторов, автотрансформаторов, воздушных линий и кабелей для токов обратной и нулевой последовательностей. Составление схем прямой, обратной и нулевой последовательностей. | 7       | 1  | 1                | 1                | 1                                      | Подготовка к написанию АКР № 5 «Расчет режимов продольной и поперечной несимметрии. Расчет токов КЗ на низком напряжении и в сетях постоянного тока» | Написание АКР №5 «Расчет режимов продольной и поперечной несимметрии. Расчет токов КЗ на низком напряжении и в сетях постоянного тока» | ОПК-3; знать особенности определения сопротивлений электрических машин, нагрузки, трансформаторов, автотрансформаторов, воздушных линий и кабелей для токов обратной и нулевой последовательностей. уметь составлять схемы замещения прямой, обратной и нулевой |

| Раздел/ тема дисциплины  | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                  |                  | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации                 | Код и структурный элемент компетенции   |
|--|---------|--|------------------|------------------|--|---|---|---|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия | практич. занятия |  |   |   |   |
|  |         |  |                  |                  |  |   |   | последовательностей.  |
| <b>14. Раздел Переходные процессы при однократной несимметрии поперечной несимметрии</b><br>Граничные условия и соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для основных видов несимметричных коротких замыканий. Выражения для составляющих токов и напряжений в месте короткого замыкания. Векторные диаграммы токов и напряжений. Правила эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения. Применение практических методов для расчета несимметричных коротких замыканий. Распределение и трансформация токов и напряжений отдельных последовательностей. Сравнение различных видов коротких замыканий. Характер изменения тока и напряжения прямой последовательности генератора при | 7       | 1  | 1                | 1                | 1                                      | выполнение расчетно-графической работы №7 «Расчет режима несимметричного КЗ в сети» | защита расчетно-графической работы №7 «Расчет режима несимметричного КЗ в сети» | ОПК-3; знать граничные условия и соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для основных видов несимметричных коротких замыканий, правила эквивалентности прямой последовательности. уметь составлять выражения для составляющих токов и напряжений в месте короткого замыкания, векторные диаграммы токов и напряжений. владеть навыками составления |

| Раздел/ тема дисциплины  | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                  |                  | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации  | Код и структурный элемент компетенции |
|--|---------|--|------------------|------------------|--|----------------------------|--|---------------------------------------|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия | практич. занятия |  |                            |  |                                       |
| различных коротких замыканиях в одной и той же точке. Сравнение токов различных видов коротких замыканий. Токи в земле при замыканиях одной и двух фаз на землю. |         |  |                  |                  |  |                            | <p>комплексных схем замещения, применения практических методов для расчета несимметричных коротких замыканий.</p> <p>ПК-6</p> <p>знать характер изменения тока и напряжения прямой последовательности генератора при различных коротких замыканиях в одной и той же точке.</p> <p>уметь производить сравнение различных видов коротких замыканий.</p> <p>владеть навыками определения токов в земле при замыканиях одной и двух фаз на</p> |                                       |

| Раздел/ тема дисциплины  | Semestr | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                  |                  | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы     | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код и структурный элемент компетенции  |
|--|---------|--|------------------|------------------|--|--------------------------------|---|--|
|  |         | лекции                                       | лаборат. занятия | практич. занятия |  |                                |   |  |
|  |         |  |                  |                  |  |                                |   | землю.   |
| <b>15. Раздел Расчет переходного процесса при однократной продольной несимметрии</b><br>Граничные условия и соотношения между симметричными составляющими для случаев обрыва одной и двух фаз. Выражения для составляющих токов и напряжений в месте продольной несимметрии. Построение векторных диаграмм токов и напряжений. Комплексные схемы замещения при обрыве одной и двух фаз. Правило эквивалентности прямой последовательности. | 7       | 2  | 2                | 2                | 2                                      | Подготовка к написанию АКР № 5 | Написание АКР №5  | ОПК-3;<br>знать граничные условия и соотношения между симметричными составляющими для случаев обрыва одной и двух фаз. уметь составлять выражения для составляющих токов и напряжений в месте продольной несимметрии.<br>владеть навыками построения векторных диаграмм токов и напряжений.<br>ПК-6<br>знать комплексные схемы замещения при обрыве одной и двух фаз.<br>уметь применять |



| Раздел/ тема дисциплины   | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                  |                  | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы  | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации   | Код и структурный элемент компетенции   |
|---|---------|--|------------------|------------------|--|---|---|---|
|   |         | лекции                                       | лаборат. занятия | практич. занятия |  |   |   |   |
|   |         |  |                  |                  |  |   |   | правило эквивалентности прямой последовательности.  |
| <b>16. Раздел Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В</b><br>Учет активных и индуктивных сопротивлений отдельных элементов установок. Учет сопротивлений контактных соединений. | 7       | 2  | 2                | 2                | 2                                      | выполнение расчетно-графической работы №8 «Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В» | защита расчетно-графической работы №8 «Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В» | ОПК-3;<br>уметь производить учет активных и индуктивных сопротивлений отдельных элементов установок, учет сопротивлений контактных соединений.    |
| <b>17. Раздел Расчет токов короткого замыкания в цепях постоянного тока.</b><br>Схемы замещения. Сопротивления элементов. Практический расчет тока короткого замыкания.                                     | 7       | 2  | 2                | 2                | 1,1                                    | Подготовка к написанию АКР № 5  | Написание АКР №5  | ПК-6<br>уметь составлять схемы замещения, определять сопротивления элементов.<br>владеть навыками практических расчетов тока короткого замыкания. |

| Раздел/ тема дисциплины    | Семестр  | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |                           |                           | Самостоятельная работа (в акад. часах) | Вид самостоятельной работы | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код и структурный элемент компетенции |
|----------------------------|----------|--|---------------------------|---------------------------|--|----------------------------|---|---------------------------------------|
|                            |          | лекции                                       | лаборат. занятия          | практич. занятия          |  |                            |   |                                       |
| <b>Итого за семестр</b>    | <b>7</b> | <b>18</b>                                    | <b>18/8И<sup>1</sup></b>  | <b>18/8И<sup>1</sup></b>  | <b>15,1</b>                            |                            | <b>Экзамен</b>  |                                       |
| <b>Итого по дисциплине</b> |          | <b>46</b>                                    | <b>46/20И<sup>1</sup></b> | <b>46/20И<sup>1</sup></b> | <b>37,6</b>                            |                            |   |                                       |

И – в том числе, часы, отведенные на работу в интерактивной форме.

## **5 Образовательные и информационные технологии**

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Переходные процессы в электроэнергетических системах» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Переходные процессы в электроэнергетических системах» происходит с использованием мультимедийного и лабораторного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме, в форме лекций-консультаций и проблемных лекций. Теоретический материал на проблемных лекциях является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

При проведении лабораторных работ используются работа в команде и методы ИТ.

Самостоятельная работа стимулирует студентов в процессе оформления отчетов и анализе результатов лабораторных работ, выполнении расчетно-графических работ, при подготовке к контрольным работам и итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

По дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач и расчетно-графических работ на практических занятиях, а также подготовку к защите лабораторных работ.

### ***Примерные аудиторские контрольные работы (АКР):***

***АКР №1 «Общие сведения о переходных процессах. Трехфазное короткое замыкание в простейшей цепи. Принцип действия машин переменного тока»***

#### ***Вариант № 1***

1. Что называется режимом энергетической системы? Что называется параметрами режима? Какие виды режимов различают? Чем они характеризуются?
2. Какие способы преобразования сложных схем замещения вам известны?
3. Конструктивное исполнение и пуск асинхронного двигателя с фазным ротором.

***АКР №2 «Внезапное нарушение режима синхронного генератора»***

#### ***Вариант № 1***

1. Сформулируйте принцип постоянства потокосцепления применительно к первому моменту короткого замыкания на выводах статора синхронной машины.
2. Приведите векторные диаграммы магнитных потоков синхронного генератора в режиме холостого хода, нагрузочном режиме, начальном и последующем моментах КЗ.
3. Почему периодическая составляющая тока статора в последующие моменты затухает?

***АКР №3 «Статическая и динамическая устойчивость синхронного генератора»***

#### ***Вариант № 1***

1. Приведите угловую характеристику синхронного генератора в графическом виде. Покажите на ней точки устойчивого и неустойчивого равновесия. Объясните, почему эти точки так называются.
2. Тиристорное возбуждение синхронного генератора.
3. Что такое «асинхронный ход» синхронного генератора? Каким образом генератор может перейти в режим асинхронного хода?

***АКР №4 «Статическая устойчивость протяженных ЛЭП. Устойчивость нагрузки»***

#### ***Вариант № 1***

1. Влияние характера момента сопротивления на валу механизма на самозапуск двигателя.
2. Показатели статической устойчивости протяженной ЛЭП.
3. Опрокидывание асинхронных двигателей. Лавина напряжения.

***АКР №5 «Расчет режимов продольной и поперечной несимметрии. Расчет токов КЗ на низком напряжении и в сетях постоянного тока»***

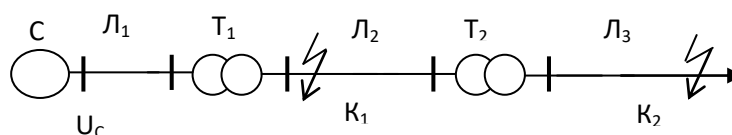
#### ***Вариант № 1***

1. Сформулируйте правило эквивалентности прямой последовательности для расчета несимметричных коротких замыканий.
2. Параметры элементов систем электроснабжения для токов обратной и нулевой последовательности (для элементов без магнитной связи между фазами, с магнитной связью и вращающихся машин).
3. Как составляются схемы отдельных последовательностей при расчете несимметричных КЗ?

**Примерные задания для расчетно-графических работ (РГР):**

**РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания в простейшей сети»**

Определить значения периодической составляющей тока КЗ в точках К1 и К2 для расчетной схемы, показанной на рисунке.



Рисунок

Предварительно необходимо определиться какую ступень трансформации следует принять за основную. Если в схеме намечена только одна точка КЗ, то очевидно, что за основную лучше принять ступень в месте КЗ. Это позволит сразу определять истинные (не приведенные) значения тока КЗ.

При наличии нескольких точек КЗ за основную ступень, удобнее принять какую то другую не принадлежащую ни одной из точек КЗ. Это позволяет избежать многократного приведения при переходе к разным точкам КЗ. В нашем случае, удобнее принять за основную ступень линию Л1.

Систему принимаем бесконечной мощности, поэтому ее сопротивление равно нулю. Напряжение на шинах системы  $U_c=118$  кВ. Активными сопротивлениями пренебрегаем. Параметры элементов СЭС приведены в таблице.

Таблица

| Элемент | $S_N$ , МВА | $U_{ВН}$ , кВ | $U_{НН}$ , кВ | $U_k\%$ | $X_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$ | L, км |
|---------|-------------|---------------|---------------|---------|------------------------------------|-------|
| T1      | 40          | 115           | 37            | 10.5    | -                                  | -     |
| T2      | 16          | 38            | 12            | 6.0     | -                                  | -     |
| L1      |             |               |               |         | 0.4                                | 20    |
| L2      |             |               |               |         | 0.4                                | 10    |
| L3      |             |               |               |         | 0.4                                | 5     |

**РГР №2 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых»**

На рисунке представлена общая расчетная схема электроснабжения.

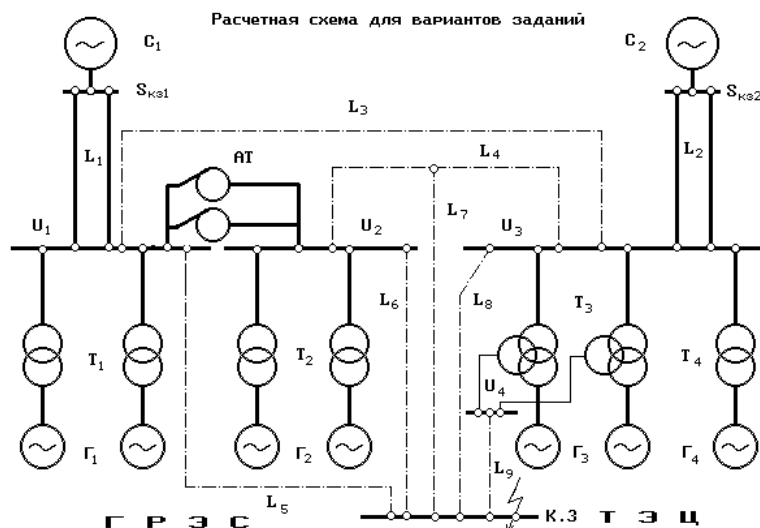


Рис 3.1

Количество элементов схемы электроснабжения показано условно. Исключения составляют линии  $L_1$  и  $L_2$ , которые во всех вариантах двухцепные, и автотрансформаторы АТ – во всех вариантах следует принимать 2х250 МВА. Остальные исходные данные представлены в таблице 3.1. Длины линий указаны в километрах, удельное реактивное сопротивление всех линий принимается равным 0.4 Ом/км.

В соответствии с вариантом задания, используя /3/, выбрать конкретные типы генераторов и трансформаторов на ГРЭС и ТЭЦ.

Определить токи короткого замыкания в точке К, используя метод типовых кривых:

- сверхпереходный ток  $I_{KO}$ ;
- периодический ток в момент времени  $t = 0.15$  с  $I_{Kt}$ ;
- аperiodический ток в момент времени  $t = 0.15$  с  $i_{at}$ ;
- полный ток к.з. для  $t = 0.15$  с  $I_{KП}$  (действующее значение);
- полный ток к.з. для  $t = 0.15$  с  $i_{KП}$  (мгновенное значение);
- ударный ток  $i_y$  (амплитудное значение);
- ударный ток  $I_y$  (действующее значение);

**РГР №3 «Построение векторной диаграммы синхронной машины»**

Построить в масштабе векторные диаграммы для заданного турбогенератора при номинальном режиме работы и при коэффициенте загрузки по активной и реактивной мощности 0,9.

| № варианта | Тип турбогенератора | $P_{ном.}$ , МВт | $\cos\phi_{ном.}$ | $x_d$ , о.е. | $U_{ном.ген.}$ , кВ | $U_{ном.сети}$ , кВ |
|------------|---------------------|------------------|-------------------|--------------|---------------------|---------------------|
| 1          | Т-6-2У3             | 6                | 0,8               | 1,651        | 6,3                 | 6                   |

**РГР №4 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом площадей»**

В электропередаче, показанной на рис. 2.1, в заданной точке происходит внезапное короткое замыкание. Определить, сохранит ли электропередача динамическую устойчивость, если в момент отключения угол ротора генератора соответствует заданному значению ботк. Рассмотреть случай трехфазного, двухфазного, двухфазного на землю и однофазного короткого замыкания. Для всех указанных видов КЗ рассчитать предельный угол отключения. Варианты заданий приведены в табл. 2.1.

Для всех вариантов при расчетах принять  $P_0=0,8$  о.н.е. и  $U_c=1$  о.б.е.

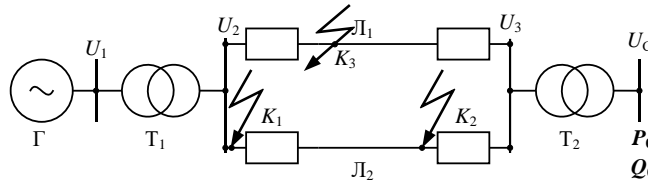


Рисунок. Расчетная схема

**РГР №5 «Исследование режимов работы протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности»**

С помощью круговых диаграмм рассчитать режимы работы протяженной ЛЭП с заданными параметрами.

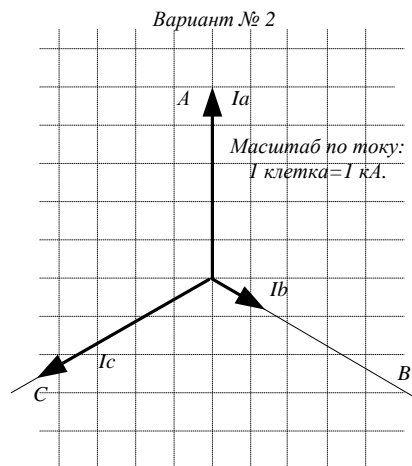
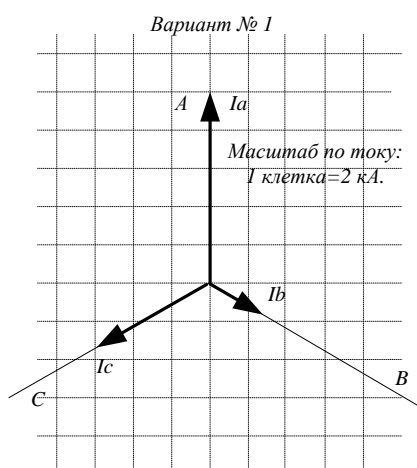
Определить графическим путем параметры следующих режимов:

- для заданного угла между векторами напряжений в начале и конце ЛЭП;
- для передачинатуральной мощности;
- для максимальной пропускной способности ЛЭП.

| № варианта | Марка и сечение провода | Число параллельно проложенных цепей | Количество проводов в фазе | Длина ЛЭП, км | Напряжение, кВ |       |       | Угол $\delta$ |
|------------|-------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---------------|----------------|-------|-------|---------------|
|            |                         |                                     |                            |               | $U_{ном}$      | $U_1$ | $U_2$ |               |
| 1          | АС-240/32               | 1                                   | 1                          | 200           | 110            | 122   | 109   | 50            |

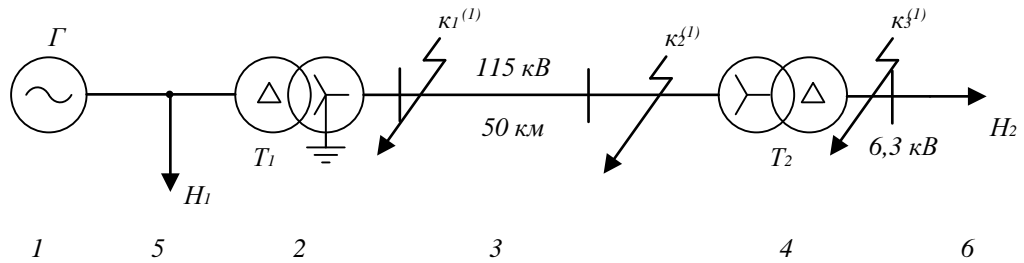
**РГР №6 «Определение токов трехфазного несимметричного КЗ методом симметричных составляющих»**

Определить токи прямой, обратной и нулевой последовательностей графическим путем. Выполнить проверку правильности расчетов.



**РГР №7 «Расчет режима несимметричного КЗ в сети»**

Определить сверхпереходные величины токов при однофазном кз в простейшей цепи.



Вариант 1

Точка К1

Генератор: 100 МВА;  $E''=1,22$ ;  $x''_d=0,25$

Трансформаторы: 60 МВА;  $U_H=10,5\%$ ;

Линии:  $x_1=0,4$  Ом/км;  $x_0=3x_1$ ;

Н1,2: 60МВА;  $x_1=0,35$ ;  $E''=0,85$

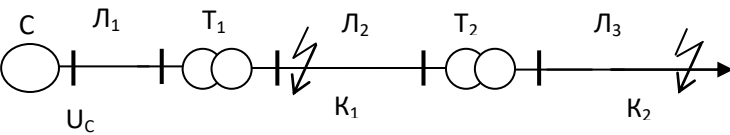
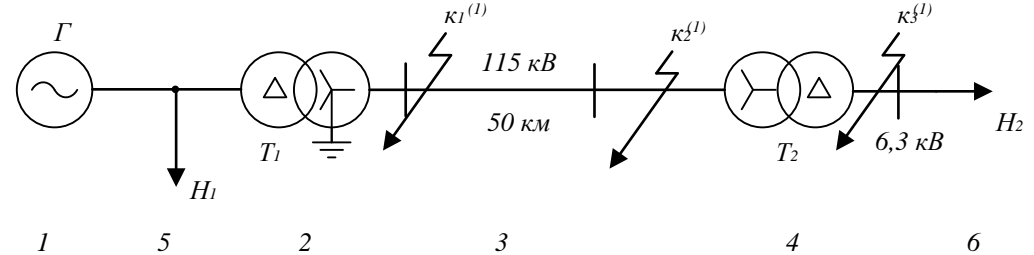


## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| Структурный элемент компетенции   | Планируемые результаты обучения   | Оценочные средства  |
|---|---|---|
| <b>(ОПК-3) способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей</b> |   |   |
| Знать   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– виды коротких замыканий</li> <li>– методы расчета неустановившегося короткого замыкания</li> <li>– особенности неустановившихся режимов короткого замыкания</li> <li>– особенности установившегося режима короткого замыкания, понятия о критическом токе и критической реактивности.</li> <li>– определение устойчивости режимов систем при малых возмущениях</li> <li>– особенности изменения параметров режима при больших возмущениях и малых изменениях скорости вращения генераторов, понятие динамической устойчивости</li> <li>– особенности переходных процессов, вызванных изменением напряжения возбуждения</li> <li>– особенности влияния больших возмущений на режимы узлов нагрузки, особенности самозапуска асинхронных и синхронных двигателей, функции</li> </ul> | <p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Переходные процессы в простейших трехфазных цепях.</li> <li>2. Трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, подключенной к источнику синусоидального напряжения постоянной частоты и амплитуды.</li> <li>3. Условия, при которых мгновенное значение тока в данной фазе получается максимальным.</li> <li>4. Общие методики расчета токов коротких замыканий в относительных и именованных единицах.</li> <li>5. Приближенная оценка эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей в сложной разветвленной схеме.</li> <li>6. Внезапное короткое замыкание трансформатора.</li> <li>7. Расчет установившегося тока трехфазного короткого замыкания. Влияние и учет действия АРВ.</li> <li>8. Влияние нагрузки и ее приблизительный учет.</li> <li>9. Учет энергосистемы.</li> <li>10. Метод типовых кривых.</li> <li>11. Определение ЭДС генератора из векторной диаграммы предшествующего режима.</li> <li>12. Характеристики двигателей и обобщенной нагрузки в начальный момент переходного процесса.</li> <li>13. Индуктивности обмоток синхронной машины.</li> <li>14. Переходный процесс, вызванный изменением напряжения возбуждения.</li> <li>15. Выражения для токов в операторной форме.</li> <li>16. Влияние АРВ на переходный процесс при коротком замыкании.</li> <li>17. Изменение во времени ЭДС и напряжения машины.</li> </ol> |

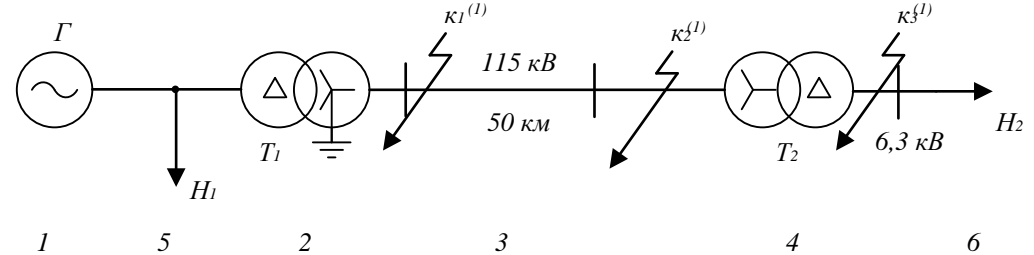
| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения   | Оценочные средства   |
|---------------------------------|---|--|
|                                 | <p>регуляторов возбуждения, законы регулирования возбуждения</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– особенности исследования несимметричных переходных процессов</li> <li>– особенности определения сопротивлений электрических машин, нагрузки, трансформаторов, автотрансформаторов, воздушных линий и кабелей для токов обратной и нулевой последовательностей</li> <li>– граничные условия и соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для основных видов несимметричных коротких замыканий, правила эквивалентности прямой последовательности</li> <li>– граничные условия и соотношения между симметричными составляющими для случаев обрыва одной и двух фаз.</li> </ul> <p>уметь составлять выражения для составляющих токов и напряжений в месте продольной несимметрии</p> | <p>18. Выражения для времени, угла, скорости, ускорения, мощности, вращающего момента, кинетической энергии.</p> <p>19. Практические критерии статической устойчивости простейшей электрической системы.</p> <p>20. Метод малых колебаний.</p> <p>21. Изменение режима при больших возмущениях и малых изменениях скорости вращения генераторов. Качания генераторов.</p> <p>22. Способ площадей и вытекающие из него критерии динамической устойчивости.</p> <p>23. Понятие результирующей устойчивости.</p> <p>24. Асинхронные режимы. Условие ресинхронизации.</p> <p>25. Лавина напряжения.</p> <p>26. Самозапуск асинхронных двигателей.</p> <p>27. Дополнительные устройства для улучшения устойчивости. Режимные мероприятия. Заключение. Анализ условий и средств стабилизации режимов.</p> <p>28. Методы расчета несимметричных коротких замыканий.</p> <p>29. Метод симметричных составляющих.</p> <p>30. Составление схем прямой, обратной и нулевой последовательностей.</p> <p>31. Выражения для составляющих токов и напряжений в месте короткого замыкания. Векторные диаграммы токов и напряжений.</p> <p>32. Характер изменения тока и напряжения прямой последовательности генератора при различных коротких замыканиях в одной и той же точке.</p> <p>33. Граничные условия и соотношения между симметричными составляющими для случаев обрыва одной и двух фаз.</p> <p>34. Замыкание на землю в сети с незаземленной нейтралью. Векторные диаграммы напряжений и токов. Комплексная схема замещения.</p> |
| Уметь                           | – рассчитывать трехфазное короткое замыкание в неразветвленной цепи, изменение во времени тока и его составляющих   | <p><b>Примерные практические задания для экзамена:</b></p> <p>1. Определить значения периодической составляющей тока КЗ в точках К1 для расчетной схемы, показанной на рисунке</p>   |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения   | Оценочные средства   |                      |                      |                        |                      |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |
|---------------------------------|---|--|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-------------------|------------------------|-------|----|----|-----|----|------|---|---|----|----|----|----|-----|---|---|----|--|--|--|--|-----|----|----|--|--|--|--|-----|----|----|--|--|--|--|-----|---|
|                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– составлять исходные уравнения и определять индуктивности обмоток синхронной машины</li> <li>– определять переходные и сверхпереходные ЭДС и сопротивления синхронных генераторов</li> <li>– рассчитывать установившийся режим трехфазного короткого замыкания</li> <li>– составлять выражения для времени, угла, скорости, ускорения, мощности, вращающего момента, кинетической энергии.</li> <li>– определять качания генераторов</li> <li>– определять условия срабатывания форсировки возбуждения</li> <li>– формулировать рекомендации по выбору законов регулирования</li> <li>– применять методы расчета несимметричных коротких замыканий</li> <li>– составлять схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей</li> <li>– составлять выражения для составляющих токов и напряжений в месте короткого замыкания, векторные диаграммы токов и напряжений</li> <li>– производить учет активных и индуктивных сопротивлений отдельных элементов установок, учет сопротивлений контактных соединений</li> </ul> | <div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" data-bbox="1131 539 1960 730" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th>Элемент</th> <th>S<sub>н</sub>, МВА</th> <th>U<sub>вн</sub>, кВ</th> <th>U<sub>нн</sub>, кВ</th> <th>U<sub>к</sub>%,</th> <th>X<sub>0</sub>, Ом/км</th> <th>L, км</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T1</td> <td>40</td> <td>115</td> <td>37</td> <td>10.5</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>T2</td> <td>16</td> <td>38</td> <td>12</td> <td>6.0</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="929 742 2139 774">2. Определить сверхпереходные величины токов при однофазном кз в простейшей цепи.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="929 1077 1467 1292"> <b>Вариант 1</b><br/> <b>Точка К1</b><br/>         Генератор: 100 МВА; E''=1,22; x''d=0,25<br/>         Трансформаторы: 60 МВА; U<sub>н</sub>=10,5%;<br/>         Линии: x<sub>1</sub>=0,4 Ом/км; x<sub>0</sub>= 3x<sub>1</sub>;<br/>         Н1,2: 60МВА; x<sub>1</sub>=0,35; E''=0,85       </p> <p data-bbox="929 1300 1915 1436"> <i>Перечень расчетно-графических работ:</i><br/>         РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания в простейшей сети»<br/>         РГР №2 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых»<br/>         РГР № 3 «Построение векторной диаграммы синхронной машины»       </p> | Элемент              | S <sub>н</sub> , МВА | U <sub>вн</sub> , кВ   | U <sub>нн</sub> , кВ | U <sub>к</sub> %, | X <sub>0</sub> , Ом/км | L, км | T1 | 40 | 115 | 37 | 10.5 | - | - | T2 | 16 | 38 | 12 | 6.0 | - | - | L1 |  |  |  |  | 0.4 | 20 | L2 |  |  |  |  | 0.4 | 10 | L3 |  |  |  |  | 0.4 | 5 |
| Элемент                         | S <sub>н</sub> , МВА  | U <sub>вн</sub> , кВ   | U <sub>нн</sub> , кВ | U <sub>к</sub> %,    | X <sub>0</sub> , Ом/км | L, км                |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |
| T1                              | 40  | 115  | 37                   | 10.5                 | -                      | -                    |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |
| T2                              | 16  | 38   | 12                   | 6.0                  | -                      | -                    |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |
| L1                              |   |  |                      |                      | 0.4                    | 20                   |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |
| L2                              |   |  |                      |                      | 0.4                    | 10                   |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |
| L3                              |   |  |                      |                      | 0.4                    | 5                    |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства   |
|---------------------------------|--|--|
|                                 |  | РГР №4 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом площадей»<br>РГР № 5 «Исследование режимов работы протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности»<br>РГР №6 «Определение токов трехфазного несимметричного КЗ методом симметричных составляющих»<br>РГР №7 «Расчет режима несимметричного КЗ в сети»<br>РГР №8 «Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В»   |
| Владеть                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками определения условий, при которых мгновенное значение тока в данной фазе получается максимальным</li> <li>– навыками определения ЭДС генератора из векторной диаграммы предшествующего режима</li> <li>– навыками анализа влияния и учета действия АРВ</li> <li>– навыками определения высших гармоник при нарушении симметрии трехфазной системы</li> <li>– навыками составления комплексных схем замещения, применения практических методов для расчета несимметричных коротких замыканий</li> <li>– навыками построения векторных диаграмм токов и напряжений</li> </ul> | <p><b>Перечень лабораторных работ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. лабораторная работа № 1 «Трехфазное короткое замыкание в простейшей цепи»</li> <li>2. лабораторная работа №2 «Исследование режимов работы синхронного генератора с помощью векторных диаграмм»</li> <li>3. лабораторная работа №3 «Внезапное нарушение режима работы синхронного генератора».</li> <li>4. лабораторная работа № 4 «Статическая и динамическая устойчивость электропередачи».</li> <li>5. лабораторная работа № 5 «Исследование влияния параметров элементов, схемы и режима электрической системы на устойчивость».</li> <li>6. лабораторная работа № 6 «Исследование влияния на динамическую устойчивость синхронного генератора вида короткого замыкания в электроэнергетической системе».</li> <li>7. лабораторная работа № 7 «Переходные процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях».</li> <li>8. лабораторная работа № 8 «Внезапное однофазное КЗ синхронного генератора».</li> </ol> <p><b>Перечень расчетно-графических работ:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания в простейшей сети»</li> <li>2. РГР №2 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых»</li> <li>3. РГР № 3 «Построение векторной диаграммы синхронной машины»</li> <li>4. РГР №4 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом</li> </ol> |

| Структурный элемент компетенции  | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства  |
|--|--|---|
|  |  | <p>площадей»</p> <p>5. РГР № 5 «Исследование режимов работы протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности»</p> <p>6. РГР №6 «Определение токов трехфазного несимметричного КЗ методом симметричных составляющих»</p> <p>7. РГР №7 «Расчет режима несимметричного КЗ в сети»</p> <p>8. РГР №8 «Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В»</p>   |
| <b>(ПК-6) способностью рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности</b> |  |   |
| Знать  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– общие методики расчета токов коротких замыканий в относительных и именованных единицах, систему относительных единиц</li> <li>– переходные процессы в неподвижных магнитосвязанных цепях, основные уравнения и соотношения, включение холостого трансформатора</li> <li>– метод расчетных кривых, метод типовых кривых</li> <li>– векторную диаграмму синхронного генератора</li> <li>– характеристики двигателей и обобщенной нагрузки в начальный момент переходного процесса.</li> <li>– особенности выбора электрооборудования по условиям токов коротких замыканий</li> <li>– практические критерии статической устойчивости простейшей электрической</li> </ul> | <p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Виды коротких замыканий.</li> <li>2. Изменение во времени тока и его составляющих.</li> <li>3. Расчет и анализ токов короткого замыкания.</li> <li>4. Система относительных единиц. Составление схем замещения.</li> <li>5. Переходный процесс в неподвижных магнитосвязанных цепях. Основные уравнения и соотношения. Влияние рассеяния.</li> <li>6. Включение холостого трансформатора.</li> <li>7. Расчет установившегося тока короткого замыкания в схеме с несколькими источниками.</li> <li>8. Выбор электрооборудования по условиям токов коротких замыканий.</li> <li>9. Метод расчетных кривых.</li> <li>10. Переходные и сверхпереходные ЭДС и сопротивления синхронных генераторов.</li> <li>11. Схемы замещения синхронной машины в продольной и поперечной осях.</li> <li>12. Влияние электродвигателей и обобщенной нагрузки на ток в месте короткого замыкания.</li> <li>13. Обобщенный вектор трехфазной системы.</li> <li>14. Форсировка возбуждения.</li> <li>15. Сводные составляющие токов и постоянные времени их затухания.</li> <li>16. Критическое время и влияние на него различных факторов.</li> </ol> |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения   | Оценочные средства  |
|---------------------------------|---|---|
|                                 | <p>системы, метод малых колебаний</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– понятие результирующей устойчивости, условия ресинхронизации</li> <li>– особенности передачи электроэнергии на дальние расстояния</li> <li>– виды и особенности переходных процессов в узлах нагрузки при малых возмущениях</li> <li>– дополнительные устройства для улучшения устойчивости нагрузки</li> <li>– составлять системы уравнений Кирхгофа при несимметрии</li> <li>– характер изменения тока и напряжения прямой последовательности генератора при различных коротких замыканиях в одной и той же точке.</li> <li>– комплексные схемы замещений при обрыве одной и двух фаз</li> </ul> | <p>17. Влияние на переходный процесс демпферных обмоток.<br/> 18. Форма записи уравнений движения в системе относительных единиц.<br/> 19. Применение практических критериев статической устойчивости.<br/> 20. Статическая устойчивость с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости.<br/> 21. Понятие динамической устойчивости.<br/> 22. Анализ процессов с учетом форсировки возбуждения.<br/> 23. Процесс выпадения генератора из синхронизма.<br/> 24. Виды и особенности переходных процессов в узлах нагрузки при малых возмущениях.<br/> 25. Влияние на устойчивость узлов нагрузки батарей статических конденсаторов.<br/> 26. Самозапуск синхронных двигателей. Резкие изменения режима в системах электроснабжения.<br/> 27. Особенности исследования несимметричных переходных процессов.<br/> 28. Образование высших гармоник при нарушении симметрии трехфазной системы.<br/> 29. Сопротивление электрических машин, нагрузки, трансформаторов, автотрансформаторов, воздушных линий и кабелей для токов обратной и нулевой последовательностей.<br/> 30. Граничные условия и соотношения между симметричными составляющими токов и напряжений для основных видов несимметричных коротких замыканий.<br/> 31. Правила эквивалентности прямой последовательности. Комплексные схемы замещения.<br/> 32. Сравнение токов различных видов коротких замыканий.<br/> 33. Комплексные схемы замещений при обрыве одной и двух фаз. Правило эквивалентности прямой последовательности. Применение принципа наложения.<br/> 34. Учет активных и индуктивных сопротивлений отдельных элементов установок. Учет сопротивлений контактных соединений.</p> |
| Уметь                           | – рассчитывать и анализировать токи короткого замыкания, составлять схемы замещения   | <p><b>Примерные практические задания для экзамена:</b></p> <p>1. Определить значения периодической составляющей тока КЗ в точках К1 для расчетной схемы, показанной на рисунке</p>  |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения   | Оценочные средства  |                      |                      |                        |                      |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |
|---------------------------------|---|---|----------------------|----------------------|------------------------|----------------------|-------------------|------------------------|-------|----|----|-----|----|------|---|---|----|----|----|----|-----|---|---|----|--|--|--|--|-----|----|----|--|--|--|--|-----|----|----|--|--|--|--|-----|---|
|                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– учитывать энергосистему</li> <li>– определять обобщенный вектор трехфазной системы</li> <li>– оценить влияние электродвигателей и обобщенной нагрузки на ток в месте короткого замыкания</li> <li>– рассчитывать установившийся режим короткого замыкания в схеме с несколькими источниками</li> <li>– определять процесс выпадения генератора из синхронизма, выявлять асинхронные режимы, производить анализ процессов с учетом форсировки возбуждения</li> <li>– составлять схемы замещения дальних ЛЭП</li> <li>– выявлять лавину напряжения</li> <li>– производить сравнение различных видов коротких замыканий</li> <li>– применять правило эквивалентности прямой последовательности</li> <li>– составлять схемы замещения, определять сопротивления элементов</li> </ul> | <div style="text-align: center;">  </div> <table border="1" data-bbox="1131 539 1960 730" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th>Элемент</th> <th>S<sub>н</sub>, МВА</th> <th>U<sub>вн</sub>, кВ</th> <th>U<sub>нн</sub>, кВ</th> <th>U<sub>к</sub>%,</th> <th>X<sub>0</sub>, Ом/км</th> <th>L, км</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T1</td> <td>40</td> <td>115</td> <td>37</td> <td>10.5</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>T2</td> <td>16</td> <td>38</td> <td>12</td> <td>6.0</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>L1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>L2</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>L3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table> <p data-bbox="929 742 2139 774">2. Определить сверхпереходные величины токов при однофазном кз в простейшей цепи.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p data-bbox="929 1077 1064 1109">Вариант 1</p> <p data-bbox="929 1114 1064 1145">Точка К1</p> <p data-bbox="929 1150 1467 1182">Генератор: 100 МВА; E''=1,22; x''d=0,25</p> <p data-bbox="929 1187 1467 1219">Трансформаторы: 60 МВА; U<sub>н</sub>=10,5%;</p> <p data-bbox="929 1224 1355 1256">Линии: x<sub>1</sub>=0,4 Ом/км; x<sub>0</sub>= 3x<sub>1</sub>;</p> <p data-bbox="929 1260 1355 1292">Н1,2: 60МВА; x<sub>1</sub>=0,35; E''=0,85</p> <p data-bbox="929 1297 1489 1329"><i>Перечень расчетно-графических работ:</i></p> <p data-bbox="929 1334 1848 1366">9. РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания в простейшей сети»</p> <p data-bbox="929 1370 1960 1402">10. РГР №2 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых»</p> <p data-bbox="929 1407 1892 1439">11. РГР № 3 «Построение векторной диаграммы синхронной машины»</p> | Элемент              | S <sub>н</sub> , МВА | U <sub>вн</sub> , кВ   | U <sub>нн</sub> , кВ | U <sub>к</sub> %, | X <sub>0</sub> , Ом/км | L, км | T1 | 40 | 115 | 37 | 10.5 | - | - | T2 | 16 | 38 | 12 | 6.0 | - | - | L1 |  |  |  |  | 0.4 | 20 | L2 |  |  |  |  | 0.4 | 10 | L3 |  |  |  |  | 0.4 | 5 |
| Элемент                         | S <sub>н</sub> , МВА  | U <sub>вн</sub> , кВ  | U <sub>нн</sub> , кВ | U <sub>к</sub> %,    | X <sub>0</sub> , Ом/км | L, км                |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |
| T1                              | 40  | 115   | 37                   | 10.5                 | -                      | -                    |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |
| T2                              | 16  | 38  | 12                   | 6.0                  | -                      | -                    |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |
| L1                              |   |   |                      |                      | 0.4                    | 20                   |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |
| L2                              |   |   |                      |                      | 0.4                    | 10                   |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |
| L3                              |   |   |                      |                      | 0.4                    | 5                    |                   |                        |       |    |    |     |    |      |   |   |    |    |    |    |     |   |   |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |    |    |  |  |  |  |     |   |

| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства   |
|---------------------------------|--|--|
|                                 |  | 12. РГР №4 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом площадей»<br>13. РГР № 5 «Исследование режимов работы протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности»<br>14. РГР №6 «Определение токов трехфазного несимметричного КЗ методом симметричных составляющих»<br>15. РГР №7 «Расчет режима несимметричного КЗ в сети»<br>16. РГР №8 «Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В»   |
| Владеть                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками приближенной оценки эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей в сложной разветвленной схеме</li> <li>– навыками применения ЭВМ для расчета электромагнитных переходных процессов</li> <li>– навыками анализа влияния нагрузки и ее приближенного учета на токи короткого замыкания</li> <li>– навыками определения статической устойчивости с учетом действия регуляторов возбуждения и скорости</li> <li>– навыками использования способа площадей и вытекающими из него критерии динамической устойчивости</li> <li>– навыками определения параметров режима протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности</li> <li>– навыками определения влияния на устойчивость узлов нагрузки батарей</li> </ul> | <p><b>Перечень лабораторных работ:</b></p> 9. лабораторная работа № 1 «Трехфазное короткое замыкание в простейшей цепи»<br>10. лабораторная работа №2 «Исследование режимов работы синхронного генератора с помощью векторных диаграмм»<br>11. лабораторная работа №3 «Внезапное нарушение режима работы синхронного генератора».<br>12. лабораторная работа № 4 «Статическая и динамическая устойчивость электропередачи».<br>13. лабораторная работа № 5 «Исследование влияния параметров элементов, схемы и режима электрической системы на устойчивость».<br>14. лабораторная работа № 6 «Исследование влияния на динамическую устойчивость синхронного генератора вида короткого замыкания в электроэнергетической системе».<br>15. лабораторная работа № 7 «Переходные процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях».<br>16. лабораторная работа № 8 «Внезапное однофазное КЗ синхронного генератора».<br><p><b>Перечень расчетно-графических работ:</b></p> 17. РГР №1 «Расчет токов короткого замыкания в простейшей сети»<br>18. РГР №2 «Расчет токов короткого замыкания методом типовых кривых»<br>19. РГР № 3 «Построение векторной диаграммы синхронной машины»<br>20. РГР №4 «Исследование динамической устойчивости синхронного генератора методом |



| Структурный элемент компетенции | Планируемые результаты обучения  | Оценочные средства   |
|---------------------------------|--|--|
|                                 | статических конденсаторов<br>– навыком применения метода симметричных составляющих<br>– навыками определения токов в земле при замыканиях одной и двух фаз на землю<br>– навыками практических расчетов тока короткого замыкания | площадей»<br>21. РГР № 5 «Исследование режимов работы протяженной ЛЭП с помощью круговых диаграмм мощности»<br>22. РГР №6 «Определение токов трехфазного несимметричного КЗ методом симметричных составляющих»<br>23. РГР №7 «Расчет режима несимметричного КЗ в сети»<br>24. РГР №8 «Расчет токов короткого замыкания в установках напряжением до 1000 В» |

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Переходные процессы электроэнергетических систем» в 6 семестре проводится в форме зачета.

**Показатели и критерии оценивания зачета:**

– на оценку **«зачтено»** – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«незачтено»** – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Переходные процессы электроэнергетических систем» в 7 семестре включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

**Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### а) Основная литература:

1. Пригода, В. П. Переходные процессы в электроэнергетических системах : учебное пособие / В. П. Пригода, О. В. Газизова, Е. А. Панова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 205 с. : ил., табл., схемы. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3501.pdf&show=dcatalogues/1/1514309/3501.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0945-8. - Имеется печатный аналог.

### б) Дополнительная литература:

1. Поляков, А. Е. Электрические машины, электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами : учеб. пособие / А. Е. Поляков, А. В. Чесноков, Е. М. Филимонова. — Москва : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2019. — 224 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - 978-5-00091-707-7. - ISBN 978-5-00091-707-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1026781> (дата обращения: 17.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Папков, Б. В. Электроэнергетические системы и сети. Токи короткого замыкания : учебник и практикум для вузов / Б. В. Папков, В. Ю. Вуколов. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 353 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-8148-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/452082> (дата обращения: 17.09.2020).

3. Хрущев, Ю. В. Электроэнергетические системы и сети. Электромеханические переходные процессы : учебное пособие для вузов / Ю. В. Хрущев, К. И. Заповодников, А. Ю. Юшков. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 153 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02713-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/451312> (дата обращения: 17.09.2020).

4. Журнал «Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика» <https://vestnik.susu.ru/power/issue/archive>

5. Журнал «Электротехнические системы и комплексы» <http://esik.magtu.ru/ru/>

6. Журнал "Вестник Ивановского государственного энергетического университета" <http://vestnik.ispu.ru/taxonomy/term/102#>

### в) Методические указания:

1. **Малафеев, А.В.** Расчет токов короткого замыкания в распределительных сетях промышленных предприятий на ЭВМ [Текст]: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию и практическим занятиям по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов специальности 140211 и направления 140200 очной формы обучения/ А.В. Малафеев, О.В. Буланова. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 29 с.

2. **Малафеев, А.В.** Моделирование статических и динамических характеристик электрических нагрузок [Текст]: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов направлений 140400.62 и 140400.68 всех форм обучения/ А.В. Малафеев, О.В. Газизова, Ю.Н. Кондрашова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – 28 с.

3. **Малафеев, А.В.** Расчет режимов самозапуска электродвигателей [Текст]: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов специальности 140211 и направления 140200 очной формы обучения/ А.В. Малафеев, О.В. Газизова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. – 24 с.

4. **Пригода, В.П.** Внезапное нарушение режима синхронного генератора [Текст]: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов направления 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение» всех форм обучения/ В.П. Пригода, О.В. Газизова, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 16 с.

5. **Пригода, В.П.** Анализ режимов синхронного генератора с помощью векторных диаграмм [Текст]: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов направления 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение»/ В.П. Пригода, О.В. Газизова, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 13 с.

6. **Газизова, О.В.** Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов направления 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение» всех форм обучения [Текст]/ О.В. Газизова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 26 с.

7. **Пригода, В.П.** Трехфазное короткое замыкание в простейшей сети [Текст]: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для обучающихся направления 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение» всех форм обучения / В.П. Пригода, О.В. Газизова, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 12 с.

8. **Пригода, В.П.** Исследование статической и динамической устойчивости электропередачи, подключенной к системе бесконечной мощности [Текст]: Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для обучающихся направления 140400.62 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение» всех форм обучения / В.П. Пригода, О.В. Газизова, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. – 12 с.

9. **Панова, Е.А.** Анализ динамической устойчивости простейшей системы методом площадей: Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» для студентов направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электроснабжение» / О.В. Газизова, Е.А. Панова. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. – 14 с.

#### г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

##### Перечень программного обеспечения:

| Наименование ПО                 | № договора                                     | Срок действия лицензии   |
|---------------------------------|--|--------------------------|
| MS Windows 7                    | Д-1227 от 08.10.2018<br>Д-757-17 от 27.06.2017 | 11.10.2021<br>27.07.2018 |
| MS Office 2007                  | № 135 от 17.09.2007                            | бессрочно                |
| FAR Manager                     | свободно<br>распространяемое                   | бессрочно                |
| 7Zip                            | свободно<br>распространяемое                   | бессрочно                |
| Linux Calculate                 | свободно<br>распространяемое ПО                | бессрочно                |
| Calculate Linux Desktop<br>Xfce | свободно<br>распространяемое ПО                | бессрочно                |

Список Интернет-ресурсов, доступ к которым при регистрации обеспечен с любого компьютера:

1) Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

2) Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp) (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3) Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

4) Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . – URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

5) East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.

6) Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7) Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.

8) Экономика. Социология. Менеджмент : Федеральный образовательный портал : сайт. – URL: <http://ecsocman.hse.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

9) Университетская информационная система РОССИЯ : научная электронная библиотека : сайт / НИВЦ ; Экономический факультет МГУ. – Москва : НИВЦ, 1997 – . – URL: <https://uisrussia.msu.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

10) Web of science : Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

11) Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

12) Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

13) Springer Protocols : Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний : сайт. – URL: <http://www.springerprotocols.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

14) SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> (дата

- обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
- 15) Springer Reference : Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний: сайт. – URL: <http://www.springer.com/references> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
- 16) zbMATH : Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике : сайт. – URL: <http://zbmath.org/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
- 17) Springer Nature : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <https://www.nature.com/siteindex> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
- 18) Архив научных журналов : сайт / Национальный электронно-информационный конкорциум. – Москва : НЭИКОН, 2013 – . – URL: <https://archive.neicon.ru/xmlui/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
- 19) eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 09.01.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
- 20) РУКОНТ : национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.
- 21) ТАСС : информационное агентство России : [сайт]. – Москва, 1999 – . – Обновляется в течение суток. – URL: <http://tass.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Текст : электронный.
- 22) Правительство Российской Федерации : официальный сайт. – Москва. – Обновляется в течение суток. – URL: <http://government.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Текст : электронный.
- 23) Abb.ru : Официальный сайт группы компаний АБВ Россия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.abb.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
- 24) Elektrozavod.ru : Официальный сайт Уфимского завода «Электроаппарат» [Электронный ресурс]. – Уфа. – Режим доступа: <http://www.elektrozavod.ru/reports/ea>, свободный. – Загл. с экрана.
- 25) Stps.ru : Официальный сайт ООО «Стройподстанции» [Электронный ресурс]. – М. – Режим доступа: <http://www.stps.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
- 26) Siemens.com : Официальный сайт компании Siemens [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://new.siemens.com/ru/ru.html>, свободный. – Загл. с экрана.
- 27) Schneider-electric.com : Официальный сайт компании Schneider Electric [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.se.com/ru/ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
- 28) Magtu.ru : Официальный сайт ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: . <http://www.magtu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.
- 29) Mmk.ru : Официальный сайт ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: . <http://www.mmk.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах» предусмотрены следующие виды занятий: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа, консультации (столбец ВНКР), зачет и экзамен.

| Тип и название аудитории   | Оснащение аудитории   |
|--|---|
| Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа  | Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.  |
| Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория электричества (Лаборатория переходных процессов, ауд. 331)  | Лабораторные установки, измерительные приборы для выполнения лабораторных работ:<br>– Комплект типового лабораторного оборудования «Модель одномашиной электрической системы с релейной защитой и автоматикой».   |
| Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория электричества Лаборатория электрических станций, подстанций и электротехнологических установок, ауд. 342) | Лабораторные установки, измерительные приборы для выполнения лабораторных работ:<br>– .Типовой комплект учебного оборудования «Модель электрической системы» (2 шт.)<br>– 2.Типовой комплект лабораторного оборудования ЭЭ4-ЭСП-С-К «Электрические станции и подстанции». |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации                               | Доска, мультимедийный проектор, экран   |
| Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся  | Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета   |
| Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования  | Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования<br>Инструменты для ремонта лабораторного оборудования  |