

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новосибирский государственный технический университет»  
Кафедра автоматизированных электроэнергетических систем

“УТВЕРЖДАЮ”  
ДЕКАН ФЭН  
к.э.н. Чернов С. С.  
“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Переходные процессы в электроэнергетических системах**

Образовательная программа: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль:  
Электроэнергетика

Курс: 3, семестр : 6

Факультет энергетики,

|    |                                                                                                      | Семестр |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| №  | Вид деятельности                                                                                     | 6       |
| 1  | Всего зачетных единиц (кредитов)                                                                     | 7       |
| 2  | Всего часов                                                                                          | 252     |
| 3  | Всего занятий в контактной форме, час.                                                               | 139     |
| 4  | Лекции, час.                                                                                         | 54      |
| 5  | Практические занятия, час.                                                                           | 36      |
| 6  | Лабораторные занятия, час.                                                                           | 36      |
| 7  | из них в активной и интерактивной форме, час.                                                        | 16      |
| 8  | Аттестация, час.                                                                                     | 2       |
| 9  | Консультации, час.                                                                                   | 11      |
| 10 | Самостоятельная работа, час.                                                                         | 113     |
| 11 | Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе) | КР      |
| 12 | Вид аттестации                                                                                       | Э       |

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ФГОС введен в действие приказом №955 от 03.09.2015 г. , дата утверждения: 25.09.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

АЭЭС, протокол заседания кафедры №7 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета энергетики, протокол № 9 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Зырянов В. М.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Фишов А. Г.

Ответственный за образовательную программу:

доцент Лыкин А. В.

## 1. Внешние требования

Таблица 1.1

|                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Компетенция ФГОС: ПК.6 способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:</b> |
| зб. знать физическую основу процессов в электроэнергетических системах, возникающих при различных возмущениях                                        |
| уб. уметь моделировать, анализировать и прогнозировать аварийные процессы в электроэнергетических системах                                           |
| у7. уметь рассчитывать основные параметры аварийных режимов                                                                                          |

## 2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

| Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)                          | Формы организации занятий                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <i>Переходные процессы в электроэнергетических системах</i>                                                              |                                                                           |
| <b>ПК.6.зб знать физическую основу процессов в электроэнергетических системах, возникающих при различных возмущениях</b> |                                                                           |
| 1.о воздействии токов короткого замыкания на элементы энергосистем                                                       | Лекции; Лабораторные работы                                               |
| 2.физическую основу процессов, возникающих в энергосистеме при различных возмущениях режима                              | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 3.о статической и динамической устойчивости энергосистем и последствиях их нарушения                                     | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 4.выделять основные факторы, влияющие на устойчивость параллельной работы энергосистем                                   | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |
| 5.регистрировать режимные параметры энергосистемы в переходных процессах                                                 | Лабораторные работы                                                       |
| <b>ПК.6.уб уметь моделировать, анализировать и прогнозировать аварийные процессы в электроэнергетических системах</b>    |                                                                           |
| 6.о физическом моделировании и натурных испытаниях в энергосистемах                                                      | Лабораторные работы                                                       |
| 7.проведения экспериментов на физических моделях энергосистем                                                            | Лабораторные работы                                                       |
| 8.мероприятия по уменьшению токов короткого замыкания                                                                    | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа                      |
| 9.мероприятия по повышению устойчивости параллельной работы энергосистем                                                 | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа                      |
| <b>ПК.6.у7 уметь рассчитывать основные параметры аварийных режимов</b>                                                   |                                                                           |
| 10.о современных программных средствах расчёта токов КЗ в энергосистемах                                                 | Лекции; Практические занятия                                              |
| 11. расчётов токов короткого замыкания                                                                                   | Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа                      |
| 12.о методике проверки основного оборудования энергосистемы на стойкость к токам короткого замыкания                     | Лекции; Лабораторные работы                                               |
| 13.рассчитывать пределы устойчивости энергосистемы                                                                       | Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа |

## 3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

| Темы лекций | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения |
|-------------|----------------------|------|-------------------------------|
| Семестр: 6  |                      |      |                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |   |    |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|-----------------|
| <b>Дидактическая единица: Основы электромагнитных переходных процессов. Физические процессы, протекающие в синхронных машинах при внезапных изменениях режима. Симметричные короткие замыкания.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |    |                 |
| 1. Место дисциплины в системе подготовки энергетиков. Основы электромагнитных переходных процессов. Виды возмущений. Системы именованных и относительных единиц и их использование                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0 | 2  | 1, 2            |
| 2. Схемы замещения элементов энергосистемы. Переходный процесс в радиальной сети, питаемой от источника неизменного напряжения при трехфазном коротком замыкании. Ударный ток.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 0 | 4  | 1, 11, 12, 2, 8 |
| 3. Переходный процесс при коротком замыкании на шинах трансформатора, синхронного генератора, асинхронного двигателя.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 0 | 10 | 1, 11, 2, 8     |
| <b>Дидактическая единица: Расчёт переходных процессов при возникновении поперечных и продольных несимметрий в энергосистеме.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |    |                 |
| 4. Несимметричные короткие замыкания, методы их расчета. Расчет несимметричных коротких замыканий. Правило эквивалентности прямой последовательности. Анализ и расчет токов. Расчет несимметричных коротких замыканий. Правило эквивалентности прямой последовательности. Анализ и расчет токов короткого замыкания в сетях без глухого заземления нейтралей трансформаторов. Электромагнитные переходные процессы при форсировке возбуждения и самовозбуждении синхронных машин, коротких замыканиях в сетях низкого напряжения, а также в сетях с батареями статических конденсаторов | 0 | 12 | 10, 11, 2, 8    |
| <b>Дидактическая единица: Статическая устойчивость электроэнергетической системы.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |   |    |                 |
| 5. Угловые характеристики и предел мощности электропередачи. Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости; метод малых колебаний. Статическая устойчивость с учётом действия регуляторов возбуждения и скорости.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0 | 10 | 13, 3, 4, 9     |
| <b>Дидактическая единица: Динамическая устойчивость электроэнергетической системы.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |   |    |                 |
| 6. Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближенного решения уравнения движения ротора генератора; понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, асинхронный ход, условия ресинхронизации.                                                                                                                                                                                                                                                                  | 0 | 10 | 13, 3, 4, 9     |
| <b>Дидактическая единица: Устойчивость нагрузок</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |    |                 |
| 7. Характеристики и устойчивость нагрузок.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0 | 6  | 13, 2, 9        |

Таблица 3.2

| Темы лабораторных работ | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность |
|-------------------------|----------------------|------|-------------------------------|----------------------|
|-------------------------|----------------------|------|-------------------------------|----------------------|

|                                                                                                                                                                                                     |   |   |                |                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                                                                                                                                                                                   |   |   |                |                                                                                                |
| <b>Дидактическая единица: Основы электромагнитных переходных процессов. Физические процессы, протекающие в синхронных машинах при внезапных изменениях режима. Симметричные короткие замыкания.</b> |   |   |                |                                                                                                |
| 1. Исследование электромагнитных переходных процессов при КЗ на ПК.                                                                                                                                 | 2 | 4 | 12, 2          | Выполнение расчётов короткого замыкания на ПК с анализом результатов.                          |
| 2. Исследование электромагнитных переходных процессов при КЗ ШБМ и на шинах синхронного генератора и на шинах системы бесконечной мощности.                                                         | 2 | 4 | 2, 5, 6        | Выполнение опытов на физической модели энергосистемы с последующим анализом результатов на ПК. |
| 3. Исследование форсировки возбуждения и АГП СГ.                                                                                                                                                    | 2 | 4 | 2, 5, 6        | Выполнение опытов на физической модели с последующим анализом на ПК                            |
| 4. Исследование процесса включения силового трансформатора                                                                                                                                          | 2 | 4 | 2, 5, 6        | Выполнение опытов на физической модели, анализ результатов.                                    |
| <b>Дидактическая единица: Статическая устойчивость электроэнергетической системы.</b>                                                                                                               |   |   |                |                                                                                                |
| 5. Исследование предела мощности и статической устойчивости синхронного генератора на физической модели электропередачи.                                                                            | 2 | 4 | 13, 3, 4, 6, 7 | Выполнение опытов на физической модели с последующим анализом на ПК.                           |
| 6. Исследование предела мощности и статической устойчивости синхронного двигателя.                                                                                                                  | 2 | 4 | 13, 3, 4, 6, 7 | Выполнение опытов на физической модели с последующим анализом на ПК.                           |
| <b>Дидактическая единица: Динамическая устойчивость электроэнергетической системы.</b>                                                                                                              |   |   |                |                                                                                                |
| 7. Исследование динамической устойчивости простейшей электропередачи.                                                                                                                               | 2 | 4 | 3, 4, 6, 7     | Выполнение опытов на физической модели с последующим анализом результатов на ПК.               |
| 8. Исследование асинхронного режима в простейшей энергосистеме..                                                                                                                                    | 2 | 4 | 3, 4, 6, 7     | Выполнение опытов на физической модели энергосистемы с последующим анализом на ПК              |
| <b>Дидактическая единица: Устойчивость нагрузки</b>                                                                                                                                                 |   |   |                |                                                                                                |
| 9. Исследование характеристик и устойчивости асинхронной двигательной нагрузки.                                                                                                                     | 0 | 4 | 1, 2, 6, 7     | Выполнение опытов на физической модели с последующим анализом на ПК                            |

Таблица 3.3

| Темы практических занятий                                                                                                                                                                           | Активные формы, час. | Часы | Ссылки на результаты обучения | Учебная деятельность |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------------------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                                                                                                                                                                                   |                      |      |                               |                      |
| <b>Дидактическая единица: Основы электромагнитных переходных процессов. Физические процессы, протекающие в синхронных машинах при внезапных изменениях режима. Симметричные короткие замыкания.</b> |                      |      |                               |                      |

|                                                                                                                                                                                                                      |   |    |             |                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Составление схемы замещения. Расчёт параметров схемы замещения. Методы и правила эквивалентирования схем. Система относительных единиц. Определение начального тока трёхфазного короткого замыкания. Ударный ток. | 0 | 10 | 11, 2       | Выполнение расчётов параметров переходных процессов под руководством преподавателя. |
| <b>Дидактическая единица: Расчёт переходных процессов при возникновении поперечных и продольных несимметрий в энергосистеме.</b>                                                                                     |   |    |             |                                                                                     |
| 2. Расчет несимметричных коротких замыканий. Распределение токов в схеме при несимметричном коротком замыкании. Расчёт тока простого замыкания на землю.                                                             | 0 | 10 | 10, 11, 8   | Выполнение расчётов под руководством преподавателя.                                 |
| <b>Дидактическая единица: Статическая устойчивость электроэнергетической системы.</b>                                                                                                                                |   |    |             |                                                                                     |
| 3. Угловые характеристики и предел передаваемой мощности электропередачи.                                                                                                                                            | 0 | 4  | 13, 3, 4, 9 | Самостоятельное решение задач под руководством преподавателя                        |
| <b>Дидактическая единица: Динамическая устойчивость электроэнергетической системы.</b>                                                                                                                               |   |    |             |                                                                                     |
| 4. Анализ динамической устойчивости методом площадей и методом последовательных интервалов.                                                                                                                          | 0 | 8  | 3, 4, 9     | Самостоятельное решение задач под руководством преподавателя.                       |
| <b>Дидактическая единица: Устойчивость нагрузки</b>                                                                                                                                                                  |   |    |             |                                                                                     |
| 5. Расчёт характеристик и оценка пределов устойчивости узла нагрузки.                                                                                                                                                | 0 | 4  | 13, 2, 4, 9 | Самостоятельное решение задач под руководством преподавателя.                       |

#### 4. Самостоятельная работа обучающегося

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Виды самостоятельной работы                     | Ссылки на результаты обучения | Часы на выполнение | Часы на консультации |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------|----------------------|
| <b>Семестр: 6</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                 |                               |                    |                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | подготовка к работе                             | 11                            | 16                 | 9                    |
| : Переходные процессы в электрических системах : задания и методические указания по курсовой работе и контрольному заданию / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Д. В. Армеев, А. П. Долгов, В. М. Чебан]. - Новосибирск, 2007. - 59, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/07_Armeev.rar">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/07_Armeev.rar</a>                      |                                                 |                               |                    |                      |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | подготовка к практическим занятиям              | 2, 3, 4, 8                    | 16                 | 0                    |
| : Армеев Д. В. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Д. В. Армеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157235">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157235</a> . - Загл. с экрана.                                                             |                                                 |                               |                    |                      |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | самостоятельное изучение изакрепление материала | 11, 13                        | 65                 | 0                    |
| : Переходные процессы в электрических системах : методические указания к лабораторным для 3-5 курсов электроэнергетического факультета дневного, вечернего и заочного отделений / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Д. В. Армеев и др.]. - Новосибирск, 2006. - 43 с.. - Режим доступа: <a href="http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/06_Armeev.rar">http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/06_Armeev.rar</a> |                                                 |                               |                    |                      |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | подготовка к экзамену                           | 13, 2, 3, 4, 8, 9             | 16                 | 2                    |

: Армеев Д. В. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Д. В. Армеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000157235](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157235). - Загл. с экрана. Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электрических системах : задания и методические указания на курсовую работу и контрольное задание для студентов факультета энергетики дневного и заочного отделений / Новосибирский гос. техн. ун-т ; [сост. Е. П. Гусев и др.]. - Новосибирск, 2004. - 22 с. : схемы, табл.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2672.rar> Электрические системы и сети : лабораторный практикум для 3 курса дневного и заочного отделений ФЭН по направлению 140200 "Электроэнергетика" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. В. Лыкин и др.]. - Новосибирск, 2007. - 54, [1] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000070169](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000070169) Переходные процессы в электрических системах : методические указания к лабораторным работам для 3-5 курсов ФЭН дневного и заочного отделений / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Е. П. Гусев и др.]. - Новосибирск, 2011. - 60, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000157951](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157951)

## 5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

| Деятельность                  | Информационно-коммуникационные технологии                  |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Информирование                | e-mail; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС |
| Консультирование              | e-mail                                                     |
| Контроль                      | e-mail; Портал НГТУ; Среда электронного обучения НГТУ; ЭБС |
| Размещение учебных материалов | Портал НГТУ                                                |

Таблица 5.2

### Активные и интерактивные формы проведения занятий

| №                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Наименование активных форм | Коды формируемых компетенций |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Дискуссия                  | ПК.6;                        |
| <b>Формируемые умения:</b> зб. знать физическую основу процессов в электроэнергетических системах, возникающих при различных возмущениях; уб. уметь моделировать, анализировать и прогнозировать аварийные процессы в электроэнергетических системах; у7. уметь рассчитывать основные параметры аварийных режимов |                            |                              |
| <b>Краткое описание применения:</b> студенты обсуждают полученные результаты                                                                                                                                                                                                                                      |                            |                              |

## 6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставить оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

| Оцениваемые виды деятельности обучающихся | Мин. балл | Максимальный балл |
|-------------------------------------------|-----------|-------------------|
| Семестр: 6                                |           |                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |          |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|
| <b>Лабораторная №1: Защита</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>1</b> | <b>2</b> |
| Контролирующие материалы приводятся в "Переходные процессы в электрических системах : методические указания к выполнению лабораторных работ для 3 курса факультета энергетики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Чебан и др.]. - Новосибирск, 2017. - 71, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290</a> " |          |          |
| <b>Лабораторная №2: Защита</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>1</b> | <b>2</b> |
| Контролирующие материалы приводятся в "Переходные процессы в электрических системах : методические указания к выполнению лабораторных работ для 3 курса факультета энергетики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Чебан и др.]. - Новосибирск, 2017. - 71, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290</a> " |          |          |
| <b>Лабораторная №3: Защита</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>1</b> | <b>2</b> |
| Контролирующие материалы приводятся в "Переходные процессы в электрических системах : методические указания к выполнению лабораторных работ для 3 курса факультета энергетики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Чебан и др.]. - Новосибирск, 2017. - 71, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290</a> " |          |          |
| <b>Лабораторная №4: Выполнение</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>0</b> |          |
| <b>Лабораторная №4: Защита</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>1</b> | <b>2</b> |
| Контролирующие материалы приводятся в "Переходные процессы в электрических системах : методические указания к выполнению лабораторных работ для 3 курса факультета энергетики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Чебан и др.]. - Новосибирск, 2017. - 71, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290</a> " |          |          |
| <b>Лабораторная №5: Защита</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>1</b> | <b>2</b> |
| Контролирующие материалы приводятся в "Переходные процессы в электрических системах : методические указания к выполнению лабораторных работ для 3 курса факультета энергетики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Чебан и др.]. - Новосибирск, 2017. - 71, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290</a> " |          |          |
| <b>Лабораторная №6: Защита</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>1</b> | <b>2</b> |
| Контролирующие материалы приводятся в "Переходные процессы в электрических системах : методические указания к выполнению лабораторных работ для 3 курса факультета энергетики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Чебан и др.]. - Новосибирск, 2017. - 71, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290</a> " |          |          |
| <b>Лабораторная №7: Защита</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>1</b> | <b>2</b> |
| Контролирующие материалы приводятся в "Переходные процессы в электрических системах : методические указания к выполнению лабораторных работ для 3 курса факультета энергетики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Чебан и др.]. - Новосибирск, 2017. - 71, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290</a> " |          |          |
| <b>Лабораторная №8: Защита</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>1</b> | <b>2</b> |
| Контролирующие материалы приводятся в "Переходные процессы в электрических системах : методические указания к выполнению лабораторных работ для 3 курса факультета энергетики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Чебан и др.]. - Новосибирск, 2017. - 71, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290</a> " |          |          |
| <b>Практические занятия №1: Составление схемы замещения. Расчёт параметров схемы замещения.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>1</b> | <b>1</b> |
| <b>Практические занятия №1: Методы и правила эквивалентирования схем. Система относительных единиц.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>1</b> | <b>1</b> |
| <b>Практические занятия №2: Определение начального тока трёхфазного короткого замыкания. Ударный ток.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | <b>1</b> | <b>2</b> |
| <b>Практические занятия №3: Контрольная работа по трёхфазным коротким замыканиям</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>1</b> | <b>4</b> |
| <b>Практические занятия №4: Расчёт несимметричных коротких замыканий</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>1</b> | <b>4</b> |
| <b>Практические занятия №5: Распределение токов в схеме при несимметричном коротком замыкании</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>1</b> | <b>2</b> |
| <b>Практические занятия №6: Простое замыкание на землю</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>1</b> | <b>2</b> |
| <b>Практические занятия №7: Контрольная работа по несимметричным замыканиям</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>1</b> | <b>4</b> |
| <b>Практические занятия №8: Угловые характеристики и предел передаваемой мощности электропередачи</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>1</b> | <b>3</b> |
| <b>Практические занятия №9: Анализ динамической устойчивости электропередачи методом площадей</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>1</b> | <b>2</b> |
| <b>Практические занятия №10: Расчёт динамической устойчивости электропередачи методом последовательных интервалов</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>1</b> | <b>2</b> |
| <b>Практические занятия №11: Контрольная работа по устойчивости</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>1</b> | <b>4</b> |
| <b>Практические занятия №12: Характеристики и устойчивость нагрузки</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>1</b> | <b>2</b> |



|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|
| <i>Практические занятия №13: Анализ различных мер повышения устойчивости</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1 | 2  |
| <i>Практические занятия №14: Анализ асинхронного режима простейшей электропередачи</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1 | 2  |
| <i>Практические занятия №14: Домашняя работа</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 1 | 7  |
| Контролирующие материалы приводятся в "Переходные процессы в электрических системах : задания и методические указания к контрольному заданию и курсовой работе для 3 курса дневного отделения факультета энергетики по направлению 13.03.02 - электроэнергетика и электротехника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Д. В. Армеев и др.]. - Новосибирск, 2015. - 25, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000227529">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000227529</a> " |   |    |
| <i>Курсовая работа:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0 |    |
| Контролирующие материалы приводятся в "Переходные процессы в электрических системах : задания и методические указания к контрольному заданию и курсовой работе для 3 курса дневного отделения факультета энергетики по направлению 13.03.02 - электроэнергетика и электротехника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Д. В. Армеев и др.]. - Новосибирск, 2015. - 25, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <a href="http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000227529">http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000227529</a> " |   |    |
| <i>Экзамен:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 0 | 40 |

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

| Коды компетенций ФГОС | Результаты обучения                                                                                           | Формы контроля |              |         |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|---------|
|                       |                                                                                                               | Защита ЛР      | Защита КП/КР | Экзамен |
| <b>ПК.6</b>           | зб. знать физическую основу процессов в электроэнергетических системах, возникающих при различных возмущениях | +              | +            | +       |
|                       | уб. уметь моделировать, анализировать и прогнозировать аварийные процессы в электроэнергетических системах    |                |              | +       |
|                       | у7. уметь рассчитывать основные параметры аварийных режимов                                                   |                |              | +       |

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

## 7. Литература

### Основная литература

1. Армеев Д. В. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Д. В. Армеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000157235](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157235). - Загл. с экрана.
2. Долгов А. П. Устойчивость электрических систем : учебное пособие / А. П. Долгов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 174, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000125797](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000125797)
3. Переходные процессы в электрических системах : сборник задач / [Д. В. Армеев и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 329, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000204525](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000204525)
4. Электромеханические переходные процессы в электрических системах : сборник задач / [Д. В. Армеев и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2010. - 124, [3] с. : ил., табл.. - Режим доступа: <http://www.ciu.nstu.ru/fulltext/textbooks/2010/gusev.pdf>
5. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : сборник задач / [Е. П. Гусев и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 121, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/cheb.rar>
6. Армеев Д. В. Электромагнитные и электромеханические переходные процессы [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Д. В. Армеев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2010]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000149062](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000149062). - Загл. с экрана.

7. Левин В. М. Переходные процессы в ЭЭС [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / В. М. Левин ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000157217](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157217). - Загл. с экрана.

#### *Дополнительная литература*

1. Ульянов С. А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учебник для электротехнических и энергетических вузов и факультетов / С. А. Ульянов. - М., 1970. - 517 с. : черт.
2. Куликов Ю. А. Переходные процессы в электрических системах : учебное пособие / Ю. А. Куликов. - Новосибирск, 2006. - 282 [1] с. : схемы, табл.
3. Веников В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах : Учебник для электроэнерг. спец. вузов. - М., 1985. - 536 с. : ил.

#### *Интернет-ресурсы*

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniium.com" : <http://znaniium.com/>
5. :

## **8. Методическое и программное обеспечение**

### *8.1 Методическое обеспечение*

1. Переходные процессы в электрических системах : методические указания к выполнению лабораторных работ для 3 курса факультета энергетики / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Чебан и др.]. - Новосибирск, 2017. - 71, [1] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000234290](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000234290)
2. Переходные процессы в электрических системах : задания и методические указания к контрольному заданию и курсовой работе для 3 курса дневного отделения факультета энергетики по направлению 13.03.02 - электроэнергетика и электротехника / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Д. В. Армеев и др.]. - Новосибирск, 2015. - 25, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000227529](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000227529)
3. Переходные процессы в электрических системах : методические указания к лабораторным работам для 3-5 курсов ФЭН дневного и заочного отделений / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: Е. П. Гусев и др.]. - Новосибирск, 2011. - 60, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000157951](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000157951)
4. Переходные процессы в электрических системах : задания и методические указания по курсовой работе и контрольному заданию / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Д. В. Армеев, А. П. Долгов, В. М. Чебан]. - Новосибирск, 2007. - 59, [1] с. : ил.. - Режим доступа: [http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/07\\_Armeev.rar](http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/07_Armeev.rar)
5. Переходные процессы в электрических системах : методические указания к лабораторным работам для 3-5 курсов электроэнергетического факультета дневного, вечернего и заочного отделений / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Д. В. Армеев и др.]. - Новосибирск, 2006. - 43 с.. - Режим доступа: [http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/06\\_Armeev.rar](http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/06_Armeev.rar)
6. Переходные процессы в электрических системах : задания и методические указания по курсовой работе и контрольному заданию / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Д. В. Армеев, А. П. Долгов, В. М. Чебан]. - Новосибирск, 2006. - 59, [1] с. : ил.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/3080.rar>

7. Электромагнитные и электромеханические переходные процессы в электрических системах : задания и методические указания на курсовую работу и контрольное задание для студентов факультета энергетики дневного и заочного отделений / Новосибирский гос. техн. ун-т ; [сост. Е. П. Гусев и др.]. - Новосибирск, 2004. - 22 с. : схемы, табл.. - Режим доступа: <http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2004/2672.rar>
8. Электромеханические переходные процессы в электрических системах : методические указания к лабораторным работам для 5 курса ФЭН дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. П. Долгов, Д. В. Армеев]. - Новосибирск, 2006. - 26, [1] с. : ил.. - Режим доступа: [http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/2006\\_3254.rar](http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2006/2006_3254.rar)
9. Электромеханические переходные процессы в электрических системах : методические указания к лабораторным работам / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. : А. П. Долгов]. - Новосибирск, 2004. - 19, [1] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000031731](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031731)
10. Переходные процессы в системах промышленного электроснабжения : методические указания и задания к курсовой работе для заочного отделения ФЭН специальности 140211 "Электроснабжение" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: В. М. Левин и др.]. - Новосибирск, 2005. - 47, [1] с. : ил., табл.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000051474](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000051474)
11. Электрические системы и сети : лабораторный практикум для 3 курса дневного и заочного отделений ФЭН по направлению 140200 "Электроэнергетика" / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. А. В. Лыкин и др.]. - Новосибирск, 2007. - 54, [1] с. : ил.. - Режим доступа: [http://elibrary.nstu.ru/source?bib\\_id=vtls000070169](http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000070169)

## 8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Windows
- 2 Office

## 9. Материально-техническое обеспечение

### Лабораторный стенд

| № | Наименование                                                            | Назначение                                           |
|---|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1 | Автоматизированная физическая микро модель электроэнергетических систем | исследование переходных процессов в эл. эн. системах |



# 1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Переходные процессы в электроэнергетических системах приведена в Таблице.

Таблица

| Формируемые компетенции                                                                  | Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)                                              | Темы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Этапы оценки компетенций                                          |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                                          |                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)     | Промежуточная аттестация (экзамен, зачет) |
| ПК.6/ПТ<br>способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности | з6. знать физическую основу процессов в электроэнергетических системах, возникающих при различных возмущениях | Анализ динамической устойчивости методом площадей и методом последовательных интервалов. Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближенного решения уравнения движения ротора генератора; понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, асинхронный ход, условия ресинхронизации. Исследование асинхронного режима в простейшей энергосистеме.. Исследование динамической устойчивости простейшей электропередачи. Исследование предела мощности и статической устойчивости синхронного генератора на физической модели электропередачи. Исследование предела мощности и статической устойчивости синхронного двигателя. Исследование процесса включения силового трансформатора Исследование форсировки возбуждения и АГП СГ. Исследование характеристик и устойчивости асинхронной двигательной нагрузки. Исследование электромагнитных переходных процессов при КЗ ШБМ и на шинах синхронного генератора и на шинах системы бесконечной мощности. Место дисциплины в системе подготовки энергетиков. Основы электромагнитных переходных процессов. Виды возмущений. Системы именованных и относительных единиц и их использование Переходный процесс при коротком | Отчет по всем лабораторным работам. Курсовая работа, все разделы. | Экзамен, экзаменационные задачи           |

|         |                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                          |                                        |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|         |                                                                                                                   | <p>замыкании на шинах трансформатора, синхронного генератора, асинхронного двигателя. Расчёт характеристик и оценка пределов устойчивости узла нагрузки. Схемы замещения элементов энергосистемы. Переходный процесс в радиальной сети, питаемой от источника неизменного напряжения при трехфазном коротком замыкании. Ударный ток. Угловые характеристики и предел передаваемой мощности электропередачи. Угловые характеристики и предел мощности электропередачи. Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости; метод малых колебаний. Статическая устойчивость с учётом действия регуляторов возбуждения и скорости.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                          |                                        |
| ПК.6/ПТ | <p>уб. уметь моделировать, анализировать и прогнозировать аварийные процессы в электроэнергетических системах</p> | <p>Анализ динамической устойчивости методом площадей и методом последовательных интервалов. Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближенного решения уравнения движения ротора генератора; понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, асинхронный ход, условия ресинхронизации. Расчет несимметричных коротких замыканий. Распределение токов в схеме при несимметричном коротком замыкании. Расчёт тока простого замыкания на землю. Схемы замещения элементов энергосистемы. Переходный процесс в радиальной сети, питаемой от источника неизменного напряжения при трехфазном коротком замыкании. Ударный ток. Угловые характеристики и предел передаваемой мощности электропередачи. Угловые характеристики и предел мощности электропередачи. Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости; метод малых колебаний.</p> | <p>Отчет по всем лабораторным работам. Курсовая работа, все разделы.</p> | <p>Экзамен, экзаменационные задачи</p> |

|         |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                   |                                 |
|---------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|         |                                                             | Статическая устойчивость с учётом действия регуляторов возбуждения и скорости. Характеристики и устойчивость нагрузки.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                   |                                 |
| ПК.6/ПТ | у7. уметь рассчитывать основные параметры аварийных режимов | Динамическая устойчивость электрической системы; способ площадей; анализ процессов с учетом форсировки возбуждения; способы приближенного решения уравнения движения ротора генератора; понятие результирующей устойчивости; процесс выпадения генератора из синхронизма, асинхронный ход, условия ресинхронизации. Исследование предела мощности и статической устойчивости синхронного двигателя. Исследование электромагнитных переходных процессов при КЗ на ПК. Несимметричные короткие замыкания, методы их расчета. Расчет несимметричных коротких замыканий. Правило эквивалентности прямой последовательности. Анализ и расчет токов Расчет несимметричных коротких замыканий. Правило эквивалентности прямой последовательности. Анализ и расчет токов короткого замыкания в сетях без глухого заземления нейтралей трансформаторов. Электромагнитные переходные процессы при форсировке возбуждения и самовозбуждении синхронных машин, коротких замыканиях в сетях низкого напряжения, а также в сетях с батареями статических конденсаторов сетях с батареями статических конденсаторов Переходный процесс при коротком замыкании на шинах трансформатора, синхронного генератора, асинхронного двигателя. Расчет несимметричных коротких замыканий. Распределение токов в схеме при несимметричном коротком замыкании. Расчет тока простого замыкания на землю. Составление схемы замещения. Расчет параметров схемы замещения. Методы и правила эквивалентирования схем. Система относительных единиц. Определение | Отчет по всем лабораторным работам. Курсовая работа, все разделы. | Экзамен, экзаменационные задачи |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  | <p>начального тока трёхфазного короткого замыкания. Ударный ток. Схемы замещения элементов энергосистемы. Переходный процесс в радиальной сети, питаемой от источника неизменного напряжения при трехфазном коротком замыкании. Ударный ток. Угловые характеристики и предел мощности электропередачи. Статическая устойчивость электрической системы; практические критерии устойчивости; метод малых колебаний. Статическая устойчивость с учётом действия регуляторов возбуждения и скорости.</p> |  |  |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

## 2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ПК.6/ПТ.

Форма проведения экзамена приведена в паспорте экзамена.

Кроме того, сформированность компетенции проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовая работа. Требования к выполнению курсовой работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсовой работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенции ПК.6/ПТ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

### Общая характеристика уровней освоения компетенций.

**Ниже порогового.** Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

**Пороговый.** Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

**Базовый.** Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.



**Продвинутый.** Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

## Паспорт экзамена

по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах», 6 семестр

### 1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: выбираются вопросы из общего перечня (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4). Преподаватель вправе задать студенту задачи, в случае, если контрольные работы в течение семестра студентом были написаны неудовлетворительно.

Итого на ответы к экзамену отводится 45 минут.

Не допускается использование каких-либо пособий и электронных устройств во время ответов на тестовые задания. Сотовые телефоны должны быть выключены и убраны со столов.

### Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Факультет ФЭН

Билет № \_\_\_\_\_

к экзамену по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах»

---

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2

Утверждаю: зав. кафедрой \_\_\_\_\_ должность, ФИО  
(подпись) (дата)

### 2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает правильных ответов, определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, в случае решения задач допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 20 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, в случае решения задач допускает

непринципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 20-29 баллов.

- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок в случае решения задач, оценка составляет 30-25 баллов.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент дает все правильные ответы, при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет более 35 баллов.

### 3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

#### 4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах»

1. Что означает термин «мощность короткого замыкания источника»?
2. Что означает термин «шины бесконечной мощности»?
3. Как формулируется закон электромагнитной инерции (правило Ленца)?
4. Как влияют токи КЗ на оборудование энергосистемы?
5. Для чего рассчитываются токи КЗ?
6. Какие основные допущения делаются при расчёте токов КЗ в сетях выше 1000 В?
7. Какие основные допущения делаются при расчёте токов КЗ в сетях до 1000 В?
8. Что такое вынужденная и свободная составляющие тока КЗ?
9. Что такое ударный ток КЗ?
10. Для чего рассчитывается ударный ток КЗ?
11. Для чего рассчитывается действующее значение ударного тока?
12. Чем отличается максимальное значение тока КЗ от ударного тока?
13. От чего зависит значение ударного тока?
14. При каком характере нагрузки предшествующего режима (активная, индуктивная, ёмкостная, комплексная нагрузка, холостой ход) переходный процесс КЗ будет протекать с наибольшими значениями свободной составляющей тока?
15. Почему в качестве предшествующего короткому замыканию режима чаще всего принимают холостой ход?

16. Достоинства и недостатки метода расчёта в именованных единицах.
17. Достоинства и недостатки метода расчёта в относительных единицах.
18. Что значит «точное приведение параметров схемы замещения к одной ступени напряжения»?
19. Что значит «приближённое приведение параметров схемы замещения к одной ступени напряжения»?
20. Каким образом при расчёте тока КЗ в схеме замещения учитывается комплексная нагрузка?
21. Что такое «форсировка возбуждения» и когда она применяется?
22. Влияет ли форсировка возбуждения на ток КЗ и если влияет, то как?
23. Какими факторами определяется минимальное время бестоковой паузы АПВ ВЛ?
24. Какое основное назначение АРВ?
25. Чем отличается АРВ "сильного действия" от АРВ "пропорционального действия"?
26. По какой причине для расчёта и анализа режимов и переходных процессов синхронных машин используют систему координат d-q?
27. Какие магнитные потоки принято принимать во внимание при анализе переходных процессов в синхронной машине?
28. Какие этапы развития процесса принято выделять при анализе КЗ на шинах синхронной машины?
29. При выполнении какого условия оканчивается сверхпереходный этап процесса КЗ синхронной машины?
30. При выполнении какого условия начинается этап установившегося режима КЗ синхронной машины?
31. Почему в переходном процессе в статорных обмотках синхронного генератора появляются апериодические (свободные) составляющие тока?
32. Чем определяется скорость затухания апериодической составляющей тока КЗ синхронного генератора?
33. Чему равна сумма мгновенных значений свободных составляющих фазных токов статора в переходном процессе СГ с изолированной нейтралью?
34. В каком случае при 3-х фазном коротком замыкании СГ в фазном токе статорной обмотки отсутствует апериодическая составляющая?
35. В каком случае при 3-х фазном коротком замыкании СГ апериодическая составляющая будет отсутствовать в токах всех фаз одновременно?

36. Почему ток возбуждения синхронного генератора в переходном процессе имеет периодическую составляющую?
37. Зависит ли свободная составляющая тока возбуждения синхронного генератора от момента времени КЗ?
38. Зависит ли периодическая составляющая тока возбуждения синхронного генератора от момента времени КЗ?
39. По какой причине в переходном процессе в статорных обмотках СГ появляется вторая гармоника тока?
40. От каких факторов зависит максимальное мгновенное значение фазного тока статора в переходном процессе СГ?
41. Чем принципиально отличаются процессы КЗ с СГ и с ШБМ?
42. Чем отличается процесс КЗ на шинах СГ от КЗ на шинах СД?
43. Какая схема замещения СГ с демпферными обмотками применяется для расчёта действующего значения вынужденной составляющей тока в первый момент КЗ?
44. Какая схема замещения СГ без демпферных обмоток применяется для расчёта действующего значения вынужденной составляющей тока в первый момент КЗ?
45. Что такое сверхпереходная ЭДС СГ?
46. Что такое переходная ЭДС СГ?
47. Чему равна ЭДС СГ на этапе установившегося КЗ?
48. Чем определяется ЭДС  $E_q$  СГ в процессе КЗ на каждом из его этапов?
49. Почему ЭДС  $E'_q$  синхронной машины без демпферных обмоток остаётся неизменной в первый момент переходного процесса?
50. Когда и почему в расчётах переходных процессов допускается вместо  $E'_q$  использовать  $E'$ ?
51. Как и почему в ходе развития процесса КЗ изменяется индуктивное сопротивление СГ?
52. Как соотносятся между собой по величине  $X_d$ ,  $X'_d$  и  $X''_d$  СГ? Расположите их в порядке возрастания.
53. Дайте определение  $T_{do}$ . Что она определяет в переходном процессе?
54. Дайте определение  $T'_d$ . Что она определяет в переходном процессе?
55. Дайте определение  $T''_d$ . Что она определяет в переходном процессе?
56. Дайте определение  $T_a$ . Что она определяет в переходном процессе?
57. Почему установившийся ток КЗ синхронного генератора меньше начального?
58. За счёт чего АД “подпитывает” точку КЗ?
59. Наличие у синхронного генератора демпферных обмоток увеличивает или уменьшает величину ударного тока? Почему?

60. Как составляется схема замещения прямой последовательности?
61. Как составляется схема замещения обратной последовательности?
62. Как составляется схема замещения нулевой последовательности?
63. Напряжение прямой последовательности увеличивается или уменьшается по мере удаления от точки КЗ? Почему?
64. Напряжение обратной последовательности увеличивается или уменьшается по мере удаления от точки КЗ? Почему?
65. Напряжение нулевой последовательности увеличивается или уменьшается по мере удаления от точки КЗ? Почему?
66. Чем и по какой причине обычно отличаются векторные диаграммы напряжения со стороны ВН и НН трансформатора при несимметричных КЗ?
67. По какой причине сопротивление нулевой последовательности воздушной линии больше её сопротивления прямой последовательности?
68. В каких случаях применяется «гашение поля» СГ?
69. По каким соображениям выбирается величина сопротивления гашения в цепи возбуждения СГ?
70. С какой целью при гашении поля синхронной машины используют дугогасительную решётку?
71. Что произойдёт при размыкании цепи обмотки возбуждения синхронной машины при отсутствии сопротивления гашения?
72. Чем принципиально отличается простое замыкание на землю от однофазного КЗ?
73. Как рассчитывается ток однофазного замыкания на землю в сетях без глухого заземления нейтрали?
74. В чём состоит явление самовозбуждения СГ?
75. По какой причине происходит синхронное самовозбуждение СГ?
76. По какой причине происходит асинхронное самовозбуждение СГ?
77. По какой причине ограничивается нарастание амплитуд напряжения и тока статора при самовозбуждении СГ?
78. В чём состоит особенность расчёта токов КЗ в дальних линиях электропередачи?
79. Изобразите векторную диаграмму электропередачи с неявнополюсным генератором.
80. Изобразите векторную диаграмму электропередачи с явнополюсным генератором.
81. Запишите аналитическое выражение угловой характеристики простейшей электропередачи.

82. Обоснуйте вид характеристики турбины, обычно принимаемый при анализе устойчивости простейшей системы?
83. Чему равен предел передаваемой мощности по условию сохранения параллельной работы генератора и ШБМ в простейшей энергосистеме?
84. Почему из двух точек пересечения угловой характеристики электропередачи и характеристики турбины только одна является точкой устойчивого равновесия?
85. Какие факторы влияют на предел передаваемой мощности электропередачи?
86. Как влияет ток возбуждения СГ на предел передаваемой мощности электропередачи?
87. Что такое синхронизирующая мощность электропередачи? Её физический смысл.
88. Что понимается под статической устойчивостью энергосистемы?
89. Как определяется коэффициент запаса статической устойчивости электропередачи по активной мощности?
90. Как нормируется коэффициент запаса статической устойчивости?
91. Как влияют нерегулярные колебания мощности на величину коэффициента запаса статической устойчивости?
92. Как формулируется критерий статической устойчивости простейшей электрической системы?
93. Как в расчетах статической устойчивости замещается синхронная машина без АРВ?
94. Как в расчетах статической устойчивости замещается синхронная машина с АРВ пропорционального действия?
95. Как в расчетах статической устойчивости замещается синхронная машина с АРВ сильного действия?
96. Какие зависимости устанавливают статические характеристики нагрузки?
97. Физический смысл регулирующего эффекта нагрузки.
98. Чему равен регулирующий эффект нагрузки, представленной активным сопротивлением и каково его численное значение в номинальном режиме?
99. Чему равен регулирующий эффект нагрузки, представленной индуктивным сопротивлением и каково его численное значение в номинальном режиме?
100. Чему равен регулирующий эффект нагрузки, представленной ёмкостным сопротивлением и каково его численное значение в номинальном режиме?

101. Обоснуйте простейшую схему замещения асинхронного двигателя.
102. Изобразите и поясните характеристику асинхронного двигателя  $P(S)$ .
103. Как формулируется критерий статической устойчивости асинхронного двигателя?
104. Что понимается под устойчивостью нагрузки?
105. Физический смысл критического напряжения для асинхронного двигателя.
106. В чем причина явления опрокидывания АД?
107. Как влияет величина индуктивного сопротивления между источником питания и АД на устойчивость работы последнего?
108. Почему пусковой ток АД с короткозамкнутым ротором намного больше тока нормального установившегося режима?
109. В каком случае пусковой ток АД больше: при пуске АД на холостом ходу или под нагрузкой?
110. В каком случае время пуска больше: при пуске АД на холостом ходу или под нагрузкой?
111. В каких случаях и каким образом применяется критерий устойчивости узла нагрузки  $dE/dU$ ?
112. Что такое "лавина напряжения" в узле нагрузки и по какой причине она возникает?
113. Что такое самозапуск двигательной нагрузки?
114. Запишите уравнение движения ротора генератора без учёта демпфирования.
115. Запишите уравнение движения ротора генератора с учётом демпфирования.
116. Дайте определение  $T_j$ .
117. К какому виду дифференциальных уравнений относится уравнение движения ротора генератора?
118. Имеет ли уравнение движения ротора генератора аналитическое решение? Если "да", то в каких случаях? Если "нет", то почему?
119. К чему приводит нарушение баланса активной мощности на валу синхронного генератора?
120. Чем вызвана необходимость автоматического регулирования частоты?
121. Что означает термин "консервативная" система?
122. Что означает термин "диссипативная" система?



123. В чём состоит основное отличие электромагнитных и электромеханических переходных процессов?
124. Как влияет автоматическое регулирование возбуждения генераторов на устойчивость их параллельной работы?
125. Что такое "лавины частоты" и по какой причине она возникает?
126. Как влияет величина и знак регулирующего эффекта нагрузки на характер переходного электромеханического процесса в энергосистеме?
127. Что понимается под динамической устойчивостью энергосистемы?
128. Что понимается под синхронной устойчивостью энергосистемы?
129. Что понимается под результирующей устойчивостью энергосистемы?
130. В каких случаях и почему при расчёте динамической устойчивости энергосистемы механический вращающий момент турбины допустимо принимать постоянным?
131. Что такое "критическое значение" угла электропередачи  $\delta_{кр}$ ?
132. В каких случаях СГ во время трёхфазного КЗ на его выводах будет ускоряться, а в каких – тормозиться?
133. Сформулируйте правило площадей.
134. Как в расчётах динамической устойчивости замещается синхронная машина без АРВ?
135. Как в расчётах динамической устойчивости замещается синхронная машина с АРВ пропорционального действия?
136. Как в расчётах динамической устойчивости замещается синхронная машина с АРВ сильного действия?
137. Почему сокращение длительности короткого замыкания способствует повышению динамической устойчивости энергосистемы?
138. В каком случае отключение части генераторов способствует повышению динамической устойчивости энергосистемы?
139. По какой причине колебания роторов генераторов в энергосистеме после возмущения затухают?
140. Как влияет величина коэффициента демпфирования на характер движения ротора генератора после возмущения, не приводящего к нарушению устойчивости?
141. Возможно ли в энергосистеме отрицательное значение коэффициента демпфирования?

142. Как влияют демпферные обмотки синхронных генераторов на характер протекания электромеханических переходных процессов в энергосистеме?
143. Как влияет величина  $T_j$  на характер движения ротора генератора в электромеханическом переходном процессе?
144. Как влияет быстроедействие выключателей на динамическую устойчивость энергосистемы при КЗ?
145. Как влияет длительность бестоковой паузы АПВ на динамическую устойчивость?
146. Как влияет форсировка возбуждения на динамическую устойчивость энергосистемы?
147. Как влияют демпферные обмотки генератора на динамическую устойчивость?
148. Почему в первый момент возмущения при резком изменении электромагнитной мощности угол  $\delta$  остаётся равным своему доаварийному значению?
149. Что такое "предельное время" отключения КЗ?
150. Что означают термины: "устойчивость в большом" и "устойчивость в малом"?
151. Назовите характерные признаки асинхронного хода в энергосистеме.
152. Как изменяется во времени переток активной мощности электропередачи во время асинхронного хода?
153. Что такое «центр качаний» энергосистемы?
154. Как изменяется напряжение в «центре качаний» энергосистемы при асинхронном ходе?
155. Какие существуют способы ликвидации асинхронного хода?
156. В чём состоит опасность асинхронного хода в энергосистеме?
157. Чем опасен асинхронный режим для генератора?
158. Чем опасен асинхронный режим для нагрузки?
159. В чём состоит принцип действия "электрического торможения" генератора?
160. Что такое "импульсная разгрузка турбины"?
161. В чём состоит идея фазового управления для повышения динамической устойчивости электропередачи?
162. Для чего и когда применяется ОГ?
163. Поясните принцип действия САОН.
164. Является ли АЧР средством повышения динамической устойчивости?

165. Какие задачи решает автоматика предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ)?
166. На какие группы подразделяются устройства АЛАР?
167. Что такое "горячий резерв" активной мощности на электростанции?
168. В чём состоит основной недостаток численного метода анализа динамической устойчивости?
169. Что такое "фазовая плоскость"? Для чего используется?
170. Для чего используются асинхронизированные синхронные генераторы и компенсаторы?
171. Какие особенности протекания электромеханического переходного процесса при больших возмущениях при наличии в энергосистеме синхронных компенсаторов?
172. Изменение во времени тока статора и ротора синхронного генератора при трехфазном КЗ на его выводах.
173. Векторная диаграмма явно-полюсного синхронного генератора.
174. Система относительных единиц и их использование при расчете ТКЗ.
175. Аналитический расчет установившегося тока 3-хфазного КЗ в простейшей цепи при наличии и отсутствии АРВ.
176. Однофазное КЗ.
177. Трехфазное КЗ в простейшей неразветвленной сети, подключенной к источнику неизменного напряжения.
178. Условие возникновения наибольшего ударного тока.
179. Расчет ТКЗ при замещении части схемы системой бесконечной или ограниченной (заданной) мощности.
180. Учет нагрузки при расчетах симметричных и несимметричных КЗ.
181. Основы метода симметричных составляющих.
182. Ударный ток и его действующее значение.
183. Причины возникновения ПП в электрической системе. Характер процессов.
184. Двухфазное КЗ.
185. Схемы замещения генераторов и их использование при расчете КЗ.
186. Двухфазное КЗ на землю.
187. учет сопротивления дуги при различных видах КЗ.
188. Составление схем нулевой и обратной последовательностей.
189. Векторная диаграмма синхронного генератора ( $X_d = X_q$ ).

190. Получение условий наибольшего начального значения апериодической составляющей.
191. Параметры прямой, обратной и нулевой последовательности нагрузки и токоограничивающих реакторов.
192. Сверхпереходные ЭДС и сопротивления синхронных машин и их использование при расчетах КЗ.
193. Соотношения магнитных потоков.
194. Переходная ЭДС и сопротивления. Их использование при расчетах ТКЗ.
195. Электромагнитные переходные процессы в системах электроснабжения и сетях низкого напряжения до 1000 В. Особенности протекания и расчета.
196. Трансформация напряжений и токов различных последовательностей.
197. Характеристика активной и реактивной мощности генератора при  $X_d = X_q$ . Предел активной мощности без АРВ и с АРВ ( $r=0$ ,  $g=0$ ).
198. Характеристика активной мощности явно-полюсного генератора.
- 199.
200. Действительный предел мощности.
201. Предел мощности явно-полюсного синхронного генератора.
202. Критерий статической устойчивости простейшей нерегулируемой системы.
203. Коэффициент запаса устойчивости.
204. Векторная диаграмма явно-полюсного и неявнополюсного генератора, их построение.
205. Характеристика мощности генератора при сложной связи с мощной системой.
206. Влияние активного и реактивного сопротивления на характеристику мощности генератора.
207. Собственные и взаимные сопротивления узлов электрических систем, их определение и использование в расчетах устойчивости и предела мощности.
208. Устойчивость нагрузки. Критерий, коэффициент запаса устойчивости.
209. Постоянная механической инерции синхронного генератора. Определение и физический смысл.
210. Расчет динамической устойчивости методом последовательных интервалов
211. Расчет динамической устойчивости методом площадей.

- 212. Особенности расчета динамической устойчивости при несимметричных возмущениях.
- 213. Дифференциальное уравнение движения ротора генератора.
- 214. Определение предельного угла отключения КЗ.
- 215. Изменение ЭДС  $E_q$ ,  $E'_q$  при трехфазном КЗ на шинах генератора.
- 216. Меры повышения динамической устойчивости (перечисление, анализ, их сопоставления).
- 217. Меры повышения динамической устойчивости; регулированием турбины, электрическое торможение.
- 218. Трехфазное и пофазное АПВ, его влияние на динамическую устойчивость.
- 219. Меры повышения динамической устойчивости. Изменение режимов нейтрали трансформаторов.
- 220. Меры повышения статической устойчивости режимного характера.
- 221. АРВ как средство повышения устойчивости. Искусственная устойчивость.
- 222. Электрическое и механическое торможение синхронных генераторов.
- 223. Форсировка возбуждения синхронных генераторов и двигателей.
- 224. Повышение динамической устойчивости путем отключения части генераторов или нагрузки.
- 225. Статическая устойчивость. Метод малых колебаний.

## Паспорт курсовой работы

по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетических системах», 6 семестр

### 1. Методика оценки.

Задание:

Выполнить выбор основного оборудования, произвести расчеты токов коротких замыканий, оценить пределы статической и динамической устойчивости исследуемой энергосистемы.

Структура:

1. При коротком замыкании в точке «К» схемы определить ток в поврежденной фазе для начального момента времени и заданного вида несимметричного короткого замыкания.
2. Построить векторные диаграммы токов и напряжений в месте короткого замыкания.
3. Построить векторную диаграмму напряжений в точке «А» схемы для начального момента времени и заданного вида несимметричного короткого замыкания.
4. Рассчитать доаварийный (нормальный) режим в заданной схеме, приняв  $P_0=0,8 P_{ном\Sigma}$ , и определяя реактивную мощность  $Q_0$  из условия  $U_T=1.05U_{ном\text{ ген.}}$ , при этом считать шины, к которым подключена нагрузка, шинами бесконечной мощности (ШБМ).
5. Рассчитать и построить угловые характеристики электропередачи и определить предел по активной мощности, коэффициент запаса и максимальный предельный угол электропередачи для случаев:
  - 5.1.  $P=f(\delta)$ ,  $Q=f(\delta)$  без учета АРВ,
  - 5.2.  $P=f(\delta)$  с учетом АРВ пропорционального действия без учета явнополюсности.
  - 5.3.  $P=f(\delta)$  с учетом АРВ сильного действия без учета явнополюсности.
6. Провести анализ динамической устойчивости электропередачи «генератор - шины бесконечной мощности (ШБМ)»:
  - 6.1 Рассчитать переходной процесс методом последовательных интервалов, построить график  $\delta(t)$  и определить возможность сохранения динамической устойчивости в случае, если релейная защита отключает поврежденный участок при несимметричном КЗ за нормативное время (нормативное расчётное время КЗ при 110 кВ – 0.18 с, 220 кВ – 0.16 с, 500 кВ – 0.12 с).
  - 6.2 Применить метод площадей для определения предельного угла отключения несимметричного короткого замыкания в точке «К», а с учётом результатов расчёта переходного процесса методом последовательных интервалов (без ограничения времени расчёта) определить предельное время отключения КЗ.
9. Выполнить расчет статической устойчивости узла нагрузки по практическому критерию.

Этапы выполнения и защиты:

Задание на проектирование выдается на 4-й неделе семестра.

30 % работы должны быть выполнены к 8-ой неделе;

65 % работы – к 13-ой неделе;

работа сдается целиком на проверку на 15-ой неделе.

Защита курсовой работы на 16-17 неделях.

Оцениваемые позиции: корректность расчетов и обоснования принятых решений, качество оформления, доклад, ответы на вопросы.

### 2. Критерии оценки.

- работа считается **не выполненной**, если курсовая работа не соответствует выданному заданию, содержит принципиальные ошибки и не представлена к защите, а также, если при защите работы студент не показал знаний по теоретической части, необходимой для выполнения работы, не может обосновать принятые решения, оценка составляет менее 50 баллов.
- работа считается выполненной **на пороговом уровне**, если курсовая работа соответствует выданному заданию, содержит не принципиальные ошибки, а также, если при защите работы студент не показал твердых знаний по теоретической части, необходимой для выполнения работы, частично может обосновать принятые решения, оценка составляет от 50 до 72 баллов.
- работа считается выполненной **на базовом уровне**, если курсовая работа соответствует выданному заданию, не содержит принципиальных ошибок, а также, если при защите работы студент показал твердые знания по теоретической части, необходимой для выполнения работы, может обосновать принятые решения, оценка составляет от 73 до 86 баллов.
- работа считается выполненной **на продвинутом уровне**, если курсовая работа соответствует выданному заданию, не содержит ошибок, а также, если при защите работы студент показывает твердые знания по теоретической части, необходимой для выполнения работы, обосновывает принятые решения, выявляет проблемы, предлагает варианты их преодоления в ходе проектирования, оценка составляет от 87 до 100 баллов.

### 3. Шкала оценки.

В общей оценке по дисциплине баллы за работы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

Курсовая работа оценивается отдельно от общей оценки по дисциплине.

### 4. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

Переходные электромагнитные и электромеханические процессы.

### 5. Перечень вопросов к защите курсового проекта (работы).

Защита курсовой работы проходит в форме доклада по выполненному заданию с обоснованием принятых в работе методов выбора схем и оборудования электрических сетей и принятия решений. В процессе доклада могут быть заданы уточняющие или наводящие вопросы. После доклада могут быть заданы вопросы по пропущенным в докладе деталям или вопросам проектирования.

1. Что называется сверхпереходным и ударным током короткого замыкания? Как они определяются?
2. Как по параметрам режима работы определяются оси  $d$ ,  $q$  ротора синхронной машины?
3. Какие составляющие можно выделить в токах статора и ротора синхронного генератора в переходном процессе при трехфазном коротком замыкании на шинах статора?
4. Какими схемами следует замещать синхронный генератор (двигатель) в установившемся и переходном режимах?
5. Как обосновать изменение режимных параметров синхронного генератора в процессе короткого замыкания?
6. Что называется форсировкой возбуждения, для чего и как она осуществляется?
7. Что такое «гашение поля»? Для каких целей и как оно осуществляется?
8. В чем заключается алгоритм практического метода расчета токов несимметричного короткого замыкания? Как он обосновывается?
9. Как построить векторные диаграммы токов и напряжений при несимметричном коротком замыкании для точки К.З. и для любой другой ветви или точки схемы?
10. Что называется собственной и взаимной мощностью генератора в составе энергосистемы?

11. Когда идентичны условия наступления предела по активной мощности и предела статической устойчивости?
12. Что понимают под неустойчивостью узла нагрузки электрической системы? Какие вам известны критерии устойчивости?
13. Назовите критерии динамической устойчивости энергосистемы.
14. Перечислите основные способы повышения статической и динамической устойчивости электрической системы.
15. Поясните, что такое самовозбуждение синхронного генератора (двигателя) и обоснуйте характерные точки области синхронного самовозбуждения.
16. Почему не во всех случаях возможна успешная ресинхронизация генератора (двигателя), выпавшего из синхронизма?
17. Запишите и обоснуйте дифференциальное уравнение относительного движения ротора синхронного генератора (двигателя, компенсатора).
18. Может ли синхронный генератор тормозиться в период короткого замыкания? Приведите примеры.
19. Обоснуйте метод площадей как критерий динамической устойчивости.
20. Может ли синхронная ЭДС  $E_q$  быть меньше переходной ЭДС и почему?
21. Как активная мощность генератора (двигателя) связана с его вращающим моментом?
22. Что надо предпринять, чтобы увеличить активную мощность, выдаваемую синхронным генератором в электрическую систему?
23. Поясните, почему в системе относительных единиц  $x^*(n)_{нагр} \approx 0.35$  ?
24. Воздействуя на какой режимный параметр, можно увеличить реактивную мощность, выдаваемую генератором в систему?
25. Назовите соотношения между сопротивлениями прямой, обратной и нулевой последовательностей для различных элементов электрической системы.
26. Почему у воздушных и кабельных линий сопротивления прямой последовательности всегда меньше сопротивления нулевой последовательности?
27. Сформулируйте основное допущение при использовании метода симметричных составляющих для расчёта несимметричных режимов.