

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

(подпись)

А.А. Каракозов

« 31 » марта 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.07 Переходные процессы в системах

электроснабжения

(код и наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки: 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления / специальности)

Направленность (профиль): Электроснабжение
(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа: бакалавриат
(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения: очная, очно-заочная, заочная
(очная, заочная, очно-заочная)

| Форма обучения | Очная | Очно-заочная | Заочная |
|--|-----------------|-----------------|-----------------|
| Семестр | 6 | 7 | 7 |
| Общая трудоёмкость в з.е./часах | 4,5/162 | 4,5/162 | 4,5/162 |
| Контактная работа (час.), в том числе | 74 | 44 | 24 |
| лекции (час.) | 34 | 14 | 6 |
| лабораторные работы (час.) | 17 | 10 | 4 |
| практические (семинарские) занятия (час.) | 17 | 12 | 6 |
| Самостоятельная работа (час.), в том числе | 52 | 82 | 102 |
| курсовой проект (работа) (семестр/час.) | 27 | 27(8) | 27 |
| Контроль (экзамен, час./зачёт) | Экзамен (36) | Экзамен (36) | Экзамен (36) |

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Переходные процессы в системах электроснабжения» составлена в соответствии с учебными планами по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (направленность (профиль) «Электроснабжение») для 2023 года приёма по очной, заочной и очно-заочной формам обучения.

Составитель:

доцент кафедры

«Электрические системы», к.т.н., доцент Ларин А.М.

(подпись)

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры «Электрические системы».

Протокол от «04» 03 2023 года № 8

Заведующий кафедрой Полковниченко Д.В.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **согласована с выпускающей кафедрой** «Электроснабжение промышленных предприятий и городов».

Протокол от «15» 03 2023 года № 15

Заведующий кафедрой А.В.Левшов

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 13.03.02 – «Электроэнергетика и электротехника».

Протокол от «23» 03 2023 года № 3

Председатель Ткаченко С.Н.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электрические системы».

Протокол от «__» ____ 20__ года № ____

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(Ф.И.О.)

Согласовано с выпускающей кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий и городов».

Заведующий кафедрой А.В.Левшов

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Электрические системы».

Протокол от «__» ____ 20__ года № ____

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(Ф.И.О.)

Согласовано с выпускающей кафедрой «Электроснабжение промышленных предприятий и городов».

Заведующий кафедрой А.В.Левшов

1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Значение дисциплины "Переходные процессы в системах электроснабжения" в решении общих народнохозяйственных задач заключается в том, что она будет оказывать содействие не только для повышения надежности функционирования систем электроснабжения в динамических режимах в соответствии с определенными правилами, но также и формированию самих правил и стратегий, которые обеспечивают успешность действий.

Целью дисциплины является: формирование знаний и умений по теоретическим основам, методам и алгоритмам расчетов электромагнитных переходных процессов, возникающих при коротких замыканиях, а так же теории устойчивости функционирования систем электроснабжения в теоретической и практической подготовке бакалавров.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать: математические модели элементов энергосистемы; схемы замещения элементов систем электроснабжения и расчет их параметров для электромагнитных и электромеханических переходных процессов в относительных и именованных единицах; методы расчета электромагнитных переходных процессов при симметричных коротких замыканиях; методы расчета переходных процессов, возникающих при однократной поперечной несимметрии; методы расчета переходных процессов, возникающих при однократной продольной несимметрии; методику расчета переходных процессов в сетях с изолированной нейтралью; методику расчета переходных процессов в электроустановках до 1000 В и в сетях постоянного напряжения; методы и средства ограничения токов коротких замыканий и перенапряжений в системах электроснабжения; основные понятия и законы теории устойчивости электрических систем и систем электроснабжения; методы анализа статической и динамической устойчивости;

уметь: составлять схемы замещения сложных систем электроснабжения в различных переходных режимах, рассчитывать их параметры и осуществлять эквивалентные преобразования; рассчитывать симметричные переходные режимы в сложных системах электроснабжения; рассчитывать несимметричные переходные режимы; анализировать полученные результаты и давать им соответствующую физическую интерпретацию; строить векторные диаграммы и эпюры напряжений; рассчитывать и анализировать переходные режимы в электрических сетях с изолированной нейтралью и в электроустановках до 1000 В; анализировать статическую устойчивость сложных систем электроснабжения и узлов нагрузки; анализировать динамическую устойчивость сложных систем электроснабжения и узлов с двигательной нагрузкой;

владеть: навыками формирования математических моделей элементов электрической системы; методикой расчета токов симметричных коротких замыканий; методикой исследования электромагнитных переходных процессов при однократной поперечной и продольной несимметрии; принципами построения векторных диаграмм и эпюр напряжений.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

– способность рассчитывать режимы работы электроэнергетических установок различного назначения, определять состав оборудования и его параметры, схемы электроэнергетических объектов (ПК-4);

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: «Физика», «Теоретическая механика», «Теоретические основы электротехники», «Электрические машины», «Электрические системы и сети».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при выполнении курсовых проектов по дисциплинам «Основы релейной защиты и автоматизации электрических систем», «Электрическая часть станций и подстанций», изучении последующих дисциплин, «Основы релейной защиты и автоматизации электрических систем», «Электрическая часть станций и подстанций», «Эксплуатация систем электроснабжения», при выполнении научно-исследовательской работы и прохождении государственной итоговой аттестации.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

| № тем | Наименование тем (содержательных модулей) | Количество часов (очная / заочная) | | | | |
|-------|---|------------------------------------|-------------|------------------|--------|-------|
| | | Всего | В том числе | | | |
| | | | Лекции | Практ. (се-мин.) | Лабор. | СРС |
| 1 | Введение. Общие сведения об электромагнитных и электромеханических переходных процессах в СЭС. | 2/1/2 | 1/0/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/1/2 |
| 2 | Общие указания к составлению схем замещения, расчету параметров их элементов и выполнению эквивалентных преобразований. | 8/7/9 | 2/1/1 | 4/2/2 | 0/0/0 | 2/4/6 |
| 3 | Переходные процессы при трехфазном КЗ в неразветвленной активно-индуктивной цепи. | 6/6/8 | 2/0/0 | 0/0/0 | 2/2/2 | 2/4/6 |
| 4 | Начальный момент внезапного короткого замыкания в системах электроснабжения. | 6/6/8 | 2/1/1 | 2/1/1 | 0/0/0 | 2/4/6 |

| N те- мы | Наименование тем (содержательных модулей) | Количество часов (очная / заочная) | | | | |
|------------------------------------|--|---------------------------------------|-------------|-------------------------|---------|---------------|
| | | Всего | В том числе | | | |
| | | | Лекции | Практ. (се- мин.) | Лабор. | СРС |
| 5 | Установившийся режим КЗ. | 9/9/9 | 2/0/0 | 2/1/0 | 3/2/2 | 2/6/7 |
| 6 | Переходные процессы при внезапном трехфазном коротком замыкании. Практические методы расчета переходного процесса при трехфазном коротком замыкании в сложных системах электроснабжения. | 8/8/7 | 2/1/1 | 2/1/1 | 2/2/0 | 2/4/5 |
| 7 | Основные положения при исследовании электромагнитных переходных процессов в условиях нарушения симметрии системы. | 3/3/5 | 2/0/1 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/3/4 |
| 8 | Однократная поперечная несимметрия. | 7/7/4 | 3/2/0 | 0/0/0 | 2/2/0 | 2/3/4 |
| 9 | Практические методы расчетов несимметричных КЗ. | 7/7/7 | 2/1/0 | 3/3/2 | 0/0/0 | 2/3/5 |
| 10 | Однократная продольная несимметрия. | 5/5/5 | 2/1/0 | 0/0/0 | 2/0/0 | 1/4/5 |
| 11 | Простые замыкания на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью. | 5/5/3 | 2/1/0 | 2/2/0 | 0/0/0 | 1/2/3 |
| 12 | Короткие замыкания в электроустановках до 1000 В. | 5/5/3 | 2/1/0 | 2/2/0 | 0/0/0 | 1/2/3 |
| 13 | Способы ограничения токов КЗ. | 5/5/6 | 2/0/0 | 0/0/0 | 2/0/0 | 1/5/6 |
| 14 | Общие сведения об электромеханических переходных процессах в системах электроснабжения. | 3/3/3 | 2/1/0 | 0/0/0 | 0/0/0 | 1/2/3 |
| 15 | Статическая устойчивость. Практические критерии статической устойчивости систем электроснабжения. | 7/7/6 | 3/2/1 | 0/0/0 | 2/1/0 | 2/4/5 |
| 16 | Динамическая устойчивость. Практические критерии динамической устойчивости систем электроснабжения и узлов с двигательной нагрузкой. | 7/7/6 | 3/2/1 | 0/0/0 | 2/1/0 | 2/4/5 |
| Курсовая работа | | 27 | | | | |
| Контактная работа (дополнительная) | | 6/8/8 | | | | |
| Итого по видам занятий | | 126/126 /126 | 34/14/6 | 17/12/6 | 17/10/4 | 52/82/ 102 |
| Контроль | | 36 | | | | |
| Итого: | | 162 | | | | |

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

| Компетенции | Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции |
|-------------|--|
| ПК-4 | Темы 1 - 16 |

3.2. Лекции.

Тема 1. Введение.

Содержание темы 1:

Общие сведения об электромагнитных и электромеханических переходных процессах в системах электроснабжения.

Основные задачи курса и его связь с другими дисциплинами. Значение дисциплины в решении общих народнохозяйственных задач. Режимы электрических систем. Особенности переходных процессов, причины их возникновения. Значения исследований и расчетов переходных процессов. Виды, причины и последствия коротких замыканий. Назначения расчетов коротких замыканий, расчетные условия. Основные допущения.

Литература к теме 1: [1, 3].

Тема 2. Общие указания к составлению схем замещения, расчету параметров их элементов и выполнению эквивалентных преобразований.

Содержание темы 2:

Определение параметров элементов схемы в абсолютных (именованных) и относительных единицах. Составление расчетной схемы с трансформаторными связями и определения параметров ее элементов. Преобразование схем.

Литература к теме 2: [1, 3].

Тема 3. Переходные процессы при трехфазном КЗ в неразветвленной активно-индуктивной цепи.

Содержание темы 3:

Трехфазное КЗ в неразветвленной активно-индуктивной цепи, питающейся от идеального источника напряжения с постоянными амплитудой и частотой. Изменение тока и его составляющих в функции времени. Ударный ток КЗ и условия его возникновения. Приближенный расчет переходного процесса трехфазного КЗ в сложной активно-индуктивной цепи, вычисление эквивалентной постоянной времени апериодической составляющей.

Литература к теме 3: [1, 3].

Тема 4. Начальный момент внезапного короткого замыкания в системах электроснабжения.

Содержание темы 4:

Принцип сохранения исходного потокосцепления. Баланс магнитных потоков СГ в нормальном режиме и начальный момент трехфазного КЗ. Физические процессы в начальный момент КЗ. Переходные ЭДС и индуктивности СГ. Схема замещения и векторная диаграмма СГ без демпферных обмоток в начальный момент. Сверхпереходные ЭДС и индуктивности СГ. Схема замещения и векторная диаграмма СГ с демпферными обмотками в начальный момент. Определение переходной и сверхпереходной ЭДС из векторной диаграммы доаварийного режима.

Характеристика двигателей и обобщенной комплексной нагрузки. Определение начального значения периодической составляющей тока.

Литература к теме 4: [1, 3].

Тема 5. Установившийся режим короткого замыкания.

Содержание темы 5:

Физическая картина процесса. Определение параметров, характеризующих СГ в установившемся режиме трехфазного КЗ. Схема замещения и векторная диаграмма. Приближенный учет нагрузки. Расчет токов КЗ при отсутствии автоматического регулирования возбуждения (АРВ). Влияние и учет действия АРВ. Критический ток и критические реактивности. Расчет установившегося тока КЗ в схеме при наличии нескольких источников питания, снабженных АРВ.

Литература к теме 5: [1, 3].

Тема 6. Переходные процессы при внезапном трехфазном коротком замыкании. Практические методы расчета переходного процесса при трехфазном коротком замыкании в сложных системах электроснабжения.

Содержание темы 6:

Физическая картина процесса при трехфазном КЗ на выводах СГ без демпферных обмоток. Закономерности изменения во времени тока, напряжения и ЭДС генератора. Свободные составляющие токов и постоянные времени их затухания. Особенности переходных процессов в генераторах с демпферными обмотками.

Литература к теме 6: [1, 3].

Тема 7. Основные положения при исследовании электромагнитных переходных процессов в условиях нарушения симметрии системы.

Содержание темы 7:

Общие указания относительно исследования несимметричных режимов. Образование высших гармоник. Применение метода симметричных составляющих к расчету несимметричных режимов. Система уравнений Кирхгофа при нарушении симметрии. Параметры электрических машин, обобщенной комплексной нагрузки трансформаторов, воздушных и кабельных линий, для токов различных последовательностей. Составление схем замещения электрических систем прямой, обратной и нулевой последовательностей. Распределение и трансформация симметричных составляющих токов и напряжений.

Литература к теме 7: [1, 3].

Тема 8. Однократная поперечная несимметрия.

Содержание темы 8:

Однофазное, двухфазное и двухфазное КЗ на землю. Предельные условия несимметрии. Математические соотношения для расчета токов и напряжений в месте несимметричного КЗ. Векторные диаграммы токов и напряжений. Правило эквивалентности прямой последовательности. Комплексные расчетные схемы замещения. Эпюры напряжений. Сравнение токов различных видов КЗ.

Литература к теме 8: [1, 3].

Тема 9. Практические методы расчетов несимметричных КЗ.

Содержание темы 9:

Применение практических методов к расчету несимметричных КЗ в начальный момент и в установившемся режиме. Применение метода типовых кривых

изменения периодического тока КЗ к расчету переходных процессов при несимметричных КЗ.

Литература к теме 9: [1, 3].

Тема 10. Однократная продольная несимметрия.

Содержание темы 10:

Общие указания. Предельные условия несимметрии. Разрыв одной фазы. Разрыв двух фаз. Математические соотношения для расчета симметричных составных токов и напряжений для места повреждения. Векторные диаграммы токов и напряжений. Правило эквивалентности прямой последовательности. Эпюры распределения напряжений отдельных последовательностей.

Литература к теме 10: [1, 3].

Тема 11. Простые замыкания на землю в сетях с изолированной или компенсированной нейтралью.

Содержание темы 11:

Простое замыкание фазы на землю. Основные математические соотношения. Векторные диаграммы токов и напряжений. Комплексная схема замещения. Ограничение тока замыкания на землю. Условия полной компенсации емкостного тока замыкания на землю.

Литература к теме 11: [1, 3].

Тема 12. Короткие замыкания в электроустановках до 1000 В.

Содержание темы 12:

Расчет токов в установках до 1кВ. Учет активных и индуктивных сопротивлений элементов и контактных соединений. Явление теплового спада тока КЗ. Изменение параметров ферромагнитных материалов. Учет батарей статических конденсаторов.

Литература к теме 12: [1, 3].

Тема 13. Способы и средства ограничения и координации уровней токов КЗ в системах электроснабжения.

Содержание темы 13:

Выбор схемы электрических соединений электрической системы на стадии проектирования. Использование электрооборудования с повышенным сопротивлением. Токоограничивающее влияние коммутационного оборудования. Использование технических средств ограничения токов КЗ.

Литература к теме 13: [1, 3].

Тема 14. Общие сведения об электромеханических переходных процессах в системах электроснабжения.

Содержание темы 14:

Понятие простейшей, простой и сложной электрической системы. Векторные диаграммы и соотношения между параметрами в простейшей электрической системе. Угловые характеристики мощности простейшей электрической системы. Влияние несимметрии ротора и АРВ на угловые характеристики. Идеальный предел мощности и запас статической устойчивости.

Литература к теме 14: [2, 4].

Тема 15. Статическая устойчивость. Практические критерии статической устойчивости систем электроснабжения.

Содержание темы 15:

Энергетическая трактовка практических критериев. Прямой практический критерий статической устойчивости электрической системы. Косвенные (вторичные) практические критерии статической устойчивости. Статические и динамические характеристики асинхронных и синхронных двигателей. Лавина напряжения (статическая устойчивость нагрузки, опрокидывание двигателей). Основные расчетные соотношения. Практические критерии статической устойчивости нагрузки. Переходные процессы при изменении напряжения и частоты в системах электроснабжения.

Литература к теме 15: [2, 4].

Тема 16. Динамическая устойчивость. Практические критерии динамической устойчивости систем электроснабжения и узлов с двигательной нагрузкой.

Содержание темы 16:

Понятие динамической устойчивости. Основные допущения, принимаемые при анализе динамической устойчивости. Колебание генераторов и энергетические соотношения при колебаниях, возникающих при больших возмущениях режима. Понятие критериев динамической устойчивости. Метод площадей и вытекающий из него критерий динамической устойчивости. Применение метода площадей к оценке предельного угла отключения короткого замыкания в условиях простейшей системы. Пуск двигателей. Способы пуска электродвигателей. Самозапуск электродвигателей. Общие сведения о самозапуске двигателей. Методы расчета самозапуска. Пути обеспечения самозапуска. Внезапные изменения режима в системах электроснабжения. Наброс нагрузки на асинхронные и синхронные двигатели. Сброс напряжения.

Литература к теме 16: [2, 4].

3.3. Практические занятия

| № п/п | Тема занятия | Объем, час. очная / заочная | Литература |
|-------|---|--------------------------------|------------|
| 1 | Составление расчетных схем замещения в абсолютных и относительных единицах. | 2/2/2 | [1, 5, 8] |
| 2 | Расчет тока трехфазного КЗ в установившемся режиме. | 2/0/0 | [1, 5, 8] |
| 3 | Определение начального значения периодической составляющей тока трехфазного КЗ. | 2/2/0 | [1, 5, 8] |
| 4 | Расчет тока трехфазного КЗ для произвольного момента времени. | 2/2/2 | [1, 5, 8] |
| 5 | Расчет токов несимметричных КЗ для начального и произвольного момента времени. | 2/2/2 | [1, 5, 8] |
| 6 | Расчет тока простых замыканий на землю в сетях с изолированной нейтралью. | 2/2/0 | [1, 5, 8] |
| 7 | Расчет токов КЗ в электроустановках до 1000 В. | 2/2/0 | [1, 5, 8] |

| | | | |
|--------|--|---------|-----------|
| 8 | Однократная продольная несимметрия. | 1/0/0 | [1, 5, 8] |
| 9 | Практические критерии статической устойчивости. | 1/0/0 | [2, 4, 8] |
| 10 | Практические критерии динамической устойчивости. | 1/0/0 | [2, 4, 8] |
| Итого: | | 17/12/6 | |

3.4. Лабораторные работы

| № п/п | Тема работы | Объем, час. очная / заочная | Литература |
|--------|---|--------------------------------|------------|
| 1 | Анализ переходных процессов в простейшей трехфазной цепи. | 3/2/2 | [1, 6] |
| 2 | Исследование установившегося режима трехфазного короткого замыкания. | 2/0/0 | [1, 6] |
| 3 | Расчет и анализ режимов трехфазных коротких замыканий. | 2/2/2 | [1, 6] |
| 4 | Исследование влияния АРВ при внезапном трехфазном коротком замыкании. | 2/0/0 | [1, 6] |
| 5 | Расчет и анализ режимов несимметричных коротких замыканий. | 2/2/0 | [1, 6] |
| 6 | Исследование распределения симметричных составляющих в электрических системах | 2/2/0 | [1, 6] |
| 7 | Исследование однократной продольной несимметрии. | 2/0/0 | [1, 6] |
| 8 | Исследование способов ограничения токов несимметричных коротких замыканий. | 2/2/0 | [1, 6] |
| Итого: | | 17/10/4 | |

3.5. Самостоятельная работа студента

| № п/п | Виды самостоятельной работы студента | Объем, час. Очная / заочная |
|--------|---|--------------------------------|
| 1 | Изучение лекционного материала (не менее 50% от объема лекций) | 10/40/65 |
| 2 | Подготовка к практическим занятиям (не менее 50% от объема аудиторных практических занятий) | 7/7/6 |
| 3 | Подготовка к лабораторным работам (не менее 50% от объема аудиторных лабораторных занятий) | 8/8/4 |
| 4 | Выполнение курсового проекта (36 часов) | -/-/- |
| 5 | Выполнение курсовой работы (27 часов) | 27/27/27 |
| 6 | Выполнение индивидуального задания (не менее 9 часов) | -/-/- |
| Итого: | | 52/82/102 |

3.6. Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Учебным планом в рамках освоения дисциплины предусмотрено выполнение студентами **курсовой расчетной работы**.

Тематика курсовой работы связана с исследованием поведения систем электроснабжения при возникновении симметричных и несимметричных коротких замыканий, оценкой их допустимости и разработкой рекомендаций по ограничению и координации уровней токов коротких замыканий.

Задачи курсовой работы заключаются в определении значений токов и напряжений при коротких замыканиях как в месте повреждения, так и в отдельных ветвях и узлах электрической системы. Исследуется влияния различных факторов на значения токов симметричных и несимметричных замыканий. Выявляются возможные способы и разрабатываются рекомендации по координации уровней токов коротких замыканий.

Исследования проводятся для систем электроснабжения, содержащих синхронные генераторы, асинхронную и синхронную нагрузку. Индивидуальные задания выдаются преподавателем на основании методических указаний [7, 8].

Работа должна содержать обоснование принятой схемы замещения системы электроснабжения, методику расчетов и проведения исследований, рекомендации по координации уровней токов коротких замыканий.

Разработка всех разделов работы базируется на использовании прогрессивных компьютерных технологий с использованием широко известного прикладного программного обеспечения для ПЭВМ.

В результате выполнения курсовой работы студент должен овладеть навыками:

- использования справочной и нормативной документации;
- расчетов периодических и аperiodических составляющих токов коротких замыканий как в месте повреждения, так и в любой ветви системы электроснабжения;
- построения векторных диаграмм токов и напряжений, а также эпюр распределения напряжений;
- расчета токов замыканий в сетях с изолированной нейтралью и установках до 1000 В.

Работа имеет одинаковое типовое по форме и методике исследований содержание для всех студентов.

Объем учебной нагрузки при выполнении курсовой работы – 27 часов

Объем курсовой расчетной работы – не более 40 страниц сброшюрованных рукописного или машинописного текста формата А4 (210х297 мм). Студент обязан оформить отчет в соответствии с установленными требованиями.

Индивидуальное задание по дисциплине учебным планом не предусмотрено.

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований;

- минимальный уровень: даны не полные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;

- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;

- средний уровень: даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;

- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу;

- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе;

- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;

- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;

- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой производственный опыт.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;

- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;

- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;
- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;
- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;
- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

Вопросы к экзамену.

Теоретическая часть.

1. Что такое ударный ток? Какие условия его возникновения? Векторная диаграмма и осциллограмма для условий возникновения ударного тока.
2. Что такое ударный ток? Какие упрощающие условия принимают для его определения? Векторная диаграмма и осциллограмма для упрощенных условий определения ударного тока.
3. Охарактеризуйте физические процессы, которые возникают в синхронной машине при внезапном трехфазном КЗ на выводах.
4. Установившийся режим КЗ. Физическая картина процесса. Определение параметров, характеризующих СГ в установившемся режиме трехфазного КЗ. Схемы замещения и векторная диаграмма.
5. Влияние и приближенный учет нагрузки в установившемся режиме КЗ. Расчет токов КЗ при отсутствии автоматического регулирования возбуждения.
6. Влияние и учет действия АРВ в установившемся режиме КЗ. Критиче-

ский ток и критические реактивности. Расчет установившегося тока КЗ в схеме при наличии нескольких источников питания.

7. Принцип сохранения исходного потокосцепления. Баланс магнитных потоков СГ в нормальном режиме и в начальный момент трехфазного КЗ. Физические процессы в начальный момент КЗ.

8. Переходные ЭДС и индуктивности СГ. Схема замещения и векторная диаграмма СГ без демпферных обмоток в начальный момент.

9. Сверхпереходные ЭДС и индуктивности СГ. Схема замещения и векторная диаграмма СГ с демпферными обмотками в начальный момент. Определение переходной и сверхпереходной ЭДС доаварийного режима.

10. Характеристика двигателей и обобщенной комплексной нагрузки. Определение начального значения периодической составляющей тока.

11. Физическая картина процесса при внезапном трехфазном КЗ СГ без демпферных обмоток.

12. Осциллограмма токов в роторе синхронной машины без демпферных обмоток при внезапном КЗ. Причины возникновения отдельных составляющих.

13. Осциллограмма токов в статоре синхронной машины при внезапном КЗ. Причины возникновения отдельных составляющих.

14. Физические процессы при несимметричных повреждениях синхронной машины и особенности исследования несимметричных режимов.

15. Применение метода симметричных составляющих к анализу переходных процессов при нарушении симметрии.

16. Сопротивления различных элементов токам отдельных последовательностей.

17. Основные математические соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений, эпюры напряжений при однофазном КЗ.

18. Основные математические соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений, эпюры напряжений при двухфазном на землю КЗ.

19. Основные математические соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений, эпюры напряжений при двухфазном КЗ.

20. Основные математические соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений, эпюры напряжений при обрыве одной фазы.

21. Основные математические соотношения, векторные диаграммы токов и напряжений, эпюры напряжений при обрыве двух фаз.

22. Простое замыкание фазы на землю

23. Короткие замыкания в установках до 1000 В.

24. Основные математические соотношения, векторная диаграмма напряжений в точке слева от места обрыва одной фазы.

25. Основные математические соотношения, векторная диаграмма напряжений в точке справа от места обрыва одной фазы.

26. Основные математические соотношения, векторная диаграмма напряжений в точке слева от места обрыва двух фаз.

27. Основные математические соотношения, векторная диаграмма напряжений в точке справа от места обрыва двух фаз.

28. Основные математические соотношения, эпюры напряжений при обрыве одной фазы.

29. Основные математические соотношения, эпюры напряжений при обрыве двух фаз.

30. Векторная диаграмма явнополюсного генератора и соотношения между параметрами в простейшей системе.

31. Угловая характеристика мощности простейшей нерегулируемой системы по идеальным условиям.

32. Угловая характеристика мощности простейшей системы по идеальным условиям при наличии АРВ пропорционального типа.

33. Угловая характеристика мощности простейшей системы по идеальным условиям при наличии АРВ сильного действия.

34. Действительный предел мощности простейшей системы.

35. Прямой практический критерий статической устойчивости системы электроснабжения.

36. Косвенные (вторичные) критерии статической устойчивости системы электроснабжения.

37. Характеристики асинхронной нагрузки ($P = f(s)$).

38. Прямой практический критерий статической устойчивости асинхронного двигателя.

39. Характеристики асинхронной нагрузки ($Q = f(U)$).

40. Лавина напряжения.

41. Влияние батарей статических конденсаторов на статическую устойчивость асинхронных двигателей.

42. Влияние регуляторов возбуждения синхронного генератора на статическую устойчивость асинхронных двигателей.

43. Характеристики асинхронной нагрузки при изменении частоты.

44. Характеристики синхронной нагрузки.

45. Общие вопросы исследования процессов при пуске двигателей. Автотрансформаторный пуск.

46. Общие вопросы исследования процессов при пуске двигателей. Реакторный пуск.

47. Общие вопросы исследования процессов при пуске двигателей. Прямой пуск.

48. Сброс напряжения на асинхронном двигателе.

49. Сброс напряжения на синхронном двигателе.

50. Наброс мощности на асинхронный двигатель.

51. Наброс мощности на синхронный двигатель.

Практическая часть.

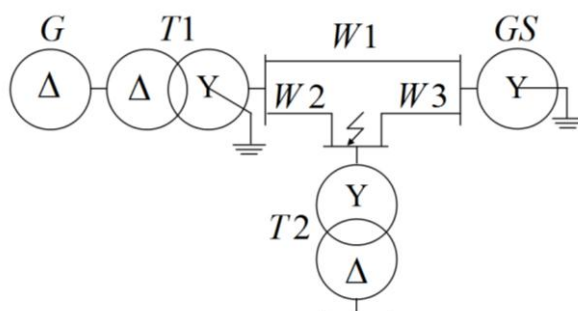
Задача. Определить периодическую составляющую тока несимметричного короткого замыкания в заданный момент времени.

Пример экзаменационного билета

| | |
|---|---|
| ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» | |
| Уровень высшего профессионального образования: | Бакалавриат |
| | (бакалавриат, специалитет, магистратура) |
| Направление подготовки (специальность): | 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника |
| | (код, название) |
| Профиль (магистерская программа, специализация): | Электроснабжение |
| | (название) |
| Семестр: | 6 (весенний) |
| Учебная дисциплина: | Переходные процессы в системах электроснабжения |

БИЛЕТ № 1

1. Что такое ударный ток? Какие условия его возникновения? Векторная диаграмма для условий возникновения ударного тока. Осциллограмма токов.
2. Влияние батарей статических конденсаторов на статическую устойчивость асинхронных двигателей.
3. **Задача:** Определить периодическую составляющую тока однофазного КЗ в момент времени $t=0,1$ с.



G: 100 МВА; $U_n=13,8\text{кВ}$; $x_d''=0,24$; Исходный режим – номинальная нагрузка
 T1: 125 МВА; 121/13,8кВ; $U_k=10\%$. T2: 16МВА; 115/10,5кВ; $U_k=8\%$.
 $L_{w1}=70\text{км}$; $L_{w2}=50\text{км}$; $L_{w3}=30\text{км}$. Все линии со стальными тросами.
 GS: $S_{K3}=1500\text{МВА}$

| | | |
|---------------------------------|-------------|----------------------------------|
| Утверждено на заседании кафедры | | Электрические системы |
| | | (наименование кафедры полностью) |
| Протокол | № от 2022 г | |
| Зав. кафедрой | (подпись) | Полковниченко Д.В. |
| | | (Ф.И.О.) |
| Экзаменатор | (подпись) | Ларин А.М. |
| | | (Ф.И.О.) |

КРИТЕРИИ оценивания экзаменационной работы

по дисциплине «Переходные процессы в системах электроснабжения» для обучающихся по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (профиль - Электроснабжение).

Форма проведения экзамена – письменная по билетам. Экзаменационные билеты содержат два теоретических вопроса и одну задачу. Каждый теоретический вопрос требует конкретного ответа. При необходимости отвечающий должен сопровождать свои ответы поясняющими рисунками (схемы, диаграммы, характер изменения параметров переходного режим, математические соотношения и др.).

Решение задачи требуют демонстрации практических навыков, полученных студентом в ходе практических занятий и выполнения лабораторных работ.

Полный ответ на теоретический вопрос оценивается максимальным баллом 15 для студентов очной формы обучения и 30 - заочной по шкале ECTS. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос обучающийся получает ноль баллов.

При подсчете баллов за каждый вопрос от максимального количества баллов снимается за:

- неполное раскрытие вопроса: от 3 до 8 баллов;
- существенные ошибки: от 5 до 10 баллов;
- мелкие ошибки: от 1 до 3 баллов.

Практическое задание, выполненное в полном объеме, оценивается максимальным баллом 20 для очной формы и 40 - заочной. При отсутствии выполнения задания обучающийся получает ноль баллов.

При подсчете баллов за решение задачи от максимального количества баллов снимается за:

- неполное решение: от 5 до 15 баллов;
- существенные ошибки по ходу решения: от 10 до 15 баллов;
- мелкие ошибки: от 2 до 5 баллов.

Полученные баллы за ответы на вопросы билета суммируются и с учётом результатов текущего контроля работы студента выводится итоговая оценка по 100-балльной шкале.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS.

Утверждено на заседании кафедры «Электрические системы»,
протокол № ____ от _____.20____ г.

Заведующий кафедрой _____ Полковниченко Д.В.

4.3 Критерии оценивания

Текущий контроль знаний студента очной формы обучения осуществляется по результатам промежуточных контрольных опросов и лабораторных работ; студента заочной формы обучения – только по результатам семестрового экзамена.

Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта, выполнение практических заданий, предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля

| Форма контроля | Возможное количество баллов | Примечание |
|--|-----------------------------|---|
| Для студентов очной формы обучения | | |
| Отчёт по лабораторной работе | 2 | Задание выполнено правильно, решения обоснованы, приведен анализ полученного результата |
| | 1 | Задание выполнено в целом правильно, решения не всегда обоснованы, возникли трудности в объяснении полученных результатов |
| Итого по лабораторным работам (максимально возможное) | 34 | Из расчёта 17 аудиторных занятий для проведения лабораторных работ. Оценивается каждое занятие. |
| Контрольные опросы на лекциях | 4 | Полные аргументированные ответы на поставленные вопросы |
| | 2 | Неполное раскрытие вопросов |
| Итого по контрольным опросам на лекциях (максимально возможное) | 16 | Из расчёта проведения 4-х опросов по 4-м рассматриваемым темам. Оценивается каждый опрос. |
| ИТОГО: | 50 | Максимально возможное |

Промежуточная аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового экзамена. Форма проведения экзамена – письменная. Экзаменационный билет включает в себя два теоретических вопроса, каждый из которых требует конкретного ответа, и практическое задание. При оценивании студента на экзамене преподаватель руководствуется критериями, приведенными в таблице 2.

Максимальное количество баллов за ответ на вопрос экзаменационного билета засчитывается студенту в случае, если ответ подтверждает владение студентом знаниями в полном объеме учебной программы, материал изложен в логической последовательности с выделением главного, содержит точные формулировки, сопровождается иллюстрирующими схемами и рисунками (при необходимости).

В случае, если ответ на вопрос не в полной мере отвечает приведенным требованиям, студенту засчитывается меньшее количество баллов в соответствии с вышеприведенными критериями. При отсутствии правильного ответа на поставленный вопрос студент получает 0 баллов.

Таблица 2 – Распределение баллов по семестровому экзамену

| Форма контроля | | Максимально возможное количество баллов очная / заочная |
|--|----------------------|---|
| Ответ на вопросы экзаменационного билета | вопрос 1 | 15 / 30 |
| | вопрос 2 | 15 / 30 |
| | практическое задание | 20 / 40 |
| ИТОГО: | | 50 / 100 |

Итоговая оценка для студентов очной формы обучения определяется путем суммирования количества баллов по результатам текущего контроля и количества баллов по результатам семестрового экзамена. Для студентов заочной формы обучения только по результатам семестрового экзамена. **Максимально возможное количество баллов – 100.**

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

| Сумма баллов по 100-балльной шкале | Оценка по шкале ECTS | Оценка по государственной шкале |
|------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 90-100 | A | Отлично |
| 80-89 | B | Хорошо |
| 75-79 | C | |
| 70-74 | D | Удовлетворительно |
| 60-69 | E | |
| 35-59 | FX | Неудовлетворительно |
| 0-34 | F* | |

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.4 Пример текущего опроса на практических (семинарских) занятиях и лабораторных работах

На примере темы «Анализ переходных процессов в простейшей трехфазной цепи».

1. Каковы основные расчетные допущения и цели их применения?
2. Что представляет собой простейшая трехфазная электрическая цепь?
3. Что понимают под источником бесконечной мощности?
- 4 В каких случаях можно считать реальный источник питания источником бесконечной мощности?
5. Как определить электромагнитную постоянную времени апериодического тока T_a аналитически и графически?
6. Что такое периодическая составляющая переходного тока КЗ?
7. Причина возникновения апериодического тока КЗ.
8. Что такое ударный ток короткого замыкания?
9. От каких факторов и каким образом зависит величина ударного тока?
10. Что отображает ударный коэффициент? От чего он зависит?
11. Что такое фаза включения и как она влияет на величину ударного тока?
12. При каких условиях возникает ударный ток?
13. При каких условиях определяют ударный ток в практических расчетах?

4.5 Курсовое проектирование

При оценивании результатов курсовой расчетной работы руководствуются следующим распределением максимально возможного количества баллов по основным разделам работы:

| № п/п | Наименование раздела | Максимально возможное количество баллов |
|--------------|---|--|
| 1 | Формулирование цели, задач и разработка методики выполнения исследований. | 20 |
| 2 | Обоснование и разработка математических моделей в виде схем замещения отдельных последовательностей для расчета и исследования электромагнитных переходных процессов в электрической системе. | 40 |
| 3 | Проведение расчетов и исследований, направленных на решение поставленных в работе задач. | 20 |
| 4 | Анализ полученных результатов. Формулирование рекомендаций по ограничению и координации уровней токов коротких замыканий. | 20 |
| ИТОГО | | 100 |

Оценивание раздела производится исходя из следующего:

– правильная и аргументированная методика исследований. Использование современного программного обеспечения и апробированных методов расчета электромагнитных переходных процессов. Полнота решенных заданий, логически сформулированные выводы и рекомендации, качественное оформление пояснительной записки – максимально возможно количество баллов;

– недостаточно обоснована методика исследований. Неполное решение задач, соответствующих полученному заданию. Не достаточно последовательные и логически сформулированные выводы и рекомендации. Имеются замечания по оформлению пояснительной записки – от 0,6 до 0,85 от максимально возможного количества баллов;

– отсутствует методика исследований. Неумение выполнить расчет для принятия решения о влиянии различных факторов на значения токов коротких замыканий в электрической системе – ноль баллов.

В результате суммирования набранных по разделам баллов руководитель курсовой работы определяет предварительную итоговую оценку и осуществляет допуск к защите работы. К защите допускаются студенты, набравшие не менее 60 баллов. В противном случае работа возвращается на доработку.

Предварительная оценка может быть изменена по результатам защиты курсовой работы перед комиссией, назначаемой из числа преподавателей кафедры.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1 Основная литература

1. Ларин, А. М. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учебное пособие / А. М. Ларин, Д. В. Полковниченко, И. Б. Гуляева. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. — 268 с. — ISBN 978-5-9729-1065-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/124142.html>.

2. Долгов, А. П. Переходные электромеханические процессы электрических систем : учебное пособие / А. П. Долгов. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 236 с. — ISBN 978-5-7782-3837-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99204.html>.

II Дополнительная литература

3. Кудряков, А. Г. Электромагнитные переходные процессы в электроэнергетических системах : учебник / А. Г. Кудряков, В. Г. Сазыкин. — Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. — 263 с. — ISBN 978-5-4486-0027-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/70289.html>.

4. Цыгулёв, Н. И. Основы электромеханических переходных процессов в электроэнергетических системах : учебное пособие / Н. И. Цыгулёв, В. А. Шелест, В. К. Хлебников. — Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2018. — 157 с. — ISBN 978-5-7890-1642-8. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/117821.html>.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДОННТУ:

5. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине "Электромагнитные переходные процессы в электрических системах и системах электроснабжения" [Электронный ресурс] : для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника", (профили подготовки "Электроэнергетические системы и сети", "Электрические станции", "Электроснабжение") / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. электр. систем ; сост.: А. М. Ларин, А. А. Булгаков. - 1 Мб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2022. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/22/m8607.pdf>.

6. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Электромагнитные переходные процессы в электрических системах" [Электронный ресурс] : для обучающихся направления подготовки 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" : (профили подготовки "Электроэнергетические системы и сети", "Электрические станции") / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. электр. систем ; [сост.: А. М. Ларин, Д. В. Полковниченко]. - 517 Кб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/21/m6765.pdf>.

7. Методические указания к курсовой расчетной работе по дисциплине "Переходные процессы в системах электроснабжения" : для обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника, (профиль подготовки "Электроснабжение") всех форм обучения / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф.

электр. систем ; сост.: А. М. Ларин, С. А. Григорьев. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2021. - URL: <http://ed.donntu.ru/books/22/m8684.pdf>.

8. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине "Переходные процессы в системах электроснабжения" [Электронный ресурс] : для обучающихся направления подготовки 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника", (профиль подготовки "Электроснабжение") / ГОУВПО "ДОННТУ", Каф. электр. систем ; сост.: А. М. Ларин, С. А. Григорьев. - 716 Кб. - Донецк : ГОУВПО "ДОННТУ", 2022. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.ru/books/22/m8609.pdf>.

Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.ru/library>.

ЭБС IPR SMART - <http://www.iprbookshop.ru/>.

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Лекционные занятия:

1. Учебная лаборатория №8.509, учебный корпус 8, для проведения занятий лекционного типа, лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийное оборудование: С II-1100 (ОС - Windows XP Professional x86 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), SMathStudio-0.98 (бесплатная версия), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты).

7.2 Практические занятия:

2. Учебная лаборатория №8.509, учебный корпус 8, для проведения занятий лекционного типа, лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (мультимедийное оборудование: С II-1100 (ОС - Windows XP Professional x86 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), SMathStudio-0.98 (бесплатная версия), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты).

7.3 Лабораторные работы:

3. Дисплейный класс №8.512а, учебный корпус 8, для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций (мультимедийное оборудование: компьютеры Cel/2.53GHz/512Mb/40Gb, Cel/2.53GHz/256Mb/40Gb, Intel Pentium 4 3Ghz/512M, Core i3 3.0 Ghz (ОС - Windows XP Professional x86 и Windows 7 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), SMathStudio-0.98 (бесплатная версия), Mathcad Express (бесплатная версия),

LibraCAD 2.1 (бесплатная лицензия), FreeMat (бесплатная лицензия) Digsilent PowerFactory 14.0 (лицензия), мониторы TFT-17'', мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска передвижная, столы аудиторные, стулья ученические).

7.4 Самостоятельная работа:

4. Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОН-НТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 - общественная лицензия MPL 2.0, Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3, Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL).