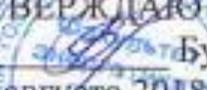


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  Бурковский А.В.

«31» августа 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Энергосберегающее управление электротехническими комплексами»

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль Электропривод и автоматика

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2018

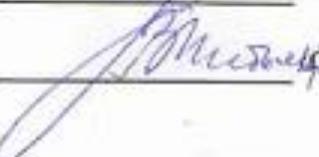
Автор программы


/ Крысанов В.Н./

Заведующий кафедрой
Электропривода,
автоматики и управления в
технических системах


/ Бурковский В.Л./

Руководитель ОПОП


ФИО руководителя ОПОП/

Воронеж 2018

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

формирование знаний об основных методах и средствах управления электротехническими комплексами.

1.2. Задачи освоения дисциплины

освоение обучающимися знаний о современных аппаратных и программных средствах управления режимами работы электротехнических комплексов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Энергосберегающее управление электротехническими комплексами» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Энергосберегающее управление электротехническими комплексами» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - способен выполнять подготовку элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ;

ПК-4 - способен разрабатывать проектные решения отдельных частей автоматизированной системы управления технологическими процессами;

ПК-5 - способен осуществлять предпроектное обследование технологического процесса, для которого разрабатывается автоматизированная система управления;

ПК-7 - способен осуществлять эксплуатацию систем электроприводов и автоматизированных систем управления

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции |
|--------------------|--|
| ПК-2 | знать основное содержание нормативных документов, применяемых при подготовке элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ уметь работать с новыми нормативными документами, выделяя из них необходимые практические сведения владеть современными инструментами разработки |

| | |
|------|---|
| | документации на автоматизированные системы управления |
| ПК-4 | знать принципы работы элементов автоматизированной системы управления технологическими процессами; |
| | уметь проектировать состав, определять функции и анализировать работу автоматизированных систем управления технологическими процессами; |
| | владеть методикой синтеза автоматизированных систем управления технологическими процессами |
| ПК-5 | знать содержание всех основных мероприятий при обследовании технологического процесса, для которого разрабатывается автоматизированная система управления |
| | уметь проводить измерения электрических, механических и других параметров обследуемого объекта |
| | владеть современными средствами измерения и диагностики технических параметров объектов |
| ПК-7 | знать методики проведения испытаний систем электроприводов и автоматизированных систем управления; |
| | уметь определять особенности построения и физической реализации систем электроприводов и автоматизированных систем управления. |
| | владеть методами настройки и запуска в эксплуатацию систем электроприводов и автоматизированных систем управления; |

2. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Энергосберегающее управление электротехническими комплексами» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

| Виды учебной работы | Всего часов | Семестр ы |
|---------------------------------------|-------------|--------------|
| | | 5 |
| Аудиторные занятия (всего) | 72 | 72 |
| В том числе: | | |
| Лекции | 36 | 36 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 18 | 18 |
| Практические занятия (ПЗ) | 18 | 18 |
| Самостоятельная работа | 72 | 72 |
| Вид промежуточной аттестации – | | |
| Общая трудоемкость академические часы | 144 | 144 |
| з.е. | 4 | 4 |

заочная форма обучения

| Виды учебной работы | Всего часов | Семестр ы |
|---------------------------------------|-------------|--------------|
| | | 6 |
| Аудиторные занятия (всего) | 8 | 8 |
| В том числе: | | |
| Лекции | 8 | 8 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 8 | 8 |
| Практические занятия (ПЗ) | 8 | 8 |
| Самостоятельная работа | 116 | 116 |
| Часы на контроль | 4 | 4 |
| Виды промежуточной аттестации | | |
| Общая трудоемкость академические часы | 144 | 144 |
| з.е. | 4 | 4 |

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

| № п/п | Наименование темы | Содержание раздела | Лекц | Ла б. зан . | Пр. занятия | СРС | Всего, час |
|--------------|---|---|-----------|-------------|-------------|-----------|------------|
| 1 | Введение. Общие сведения об ЭТК | Развитие электроэнергетики России; электроэнергетические системы; электрические сети и комплексы | 4 | - | 2 | 12 | 18 |
| 2 | Системы электроснабжения ЭТК | Общая характеристика систем электроснабжения; основные группы потребителей электроэнергии и основные типы схем электрических сетей ЭТК; | 6 | - | 4 | 12 | 22 |
| 3 | Режимы работы ЭТК и управление ими | Классификация режимов ЭТК; переходные режимы и процессы; нормативные показатели устойчивости и их обеспечение; средства управления режимами и их функции; автоматизированная система диспетчерского управления; структура системы противоаварийной автоматики | 10 | 6 | 4 | 12 | 32 |
| 4 | Регулирование напряжения и РМ в ЭТК | Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением; потребители и источники реактивной мощности; компенсация реактивной мощности; Регулирование напряжения и РМ в ЭТК | 8 | 8 | 4 | 12 | 20 |
| 5 | Вопросы противоаварийной защиты | Требования, предъявляемые к защите ЭТК, дистанционная защита | 4 | - | 2 | 12 | 18 |
| 6 | Качество электроэнергии в системах электроснабжения ЭТК | показатели качества электроэнергии; влияние качества электроэнергии на функционирование технических средств; технические средства контроля качества электроэнергии; обеспечение качества электроэнергии | 4 | 4 | 2 | 12 | 18 |
| Итого | | | 36 | 18 | 18 | 72 | 144 |

заочная форма обучения

| № п/п | Наименование темы | Содержание раздела | Лекц | Лаб. зан. | Пр. занятия | СРС | Всего, час |
|--------------|---|---|----------|-----------|-------------|------------|------------|
| 1 | Введение. Общие сведения об ЭТК | Развитие электроэнергетики России; электроэнергетические системы; электрические сети и комплексы | 2 | - | - | 20 | 22 |
| 2 | Системы электроснабжения ЭТК | Общая характеристика систем электроснабжения; основные группы потребителей электроэнергии и основные типы схем электрических сетей ЭТК; | 2 | 4 | 2 | 20 | 28 |
| 3 | Режимы работы ЭТК и управление ими | Классификация режимов ЭТК; переходные режимы и процессы; нормативные показатели устойчивости и их обеспечение; средства управления режимами и их функции; автоматизированная система диспетчерского управления; структура системы противоаварийной автоматики | 2 | - | 2 | 20 | 24 |
| 4 | Регулирование напряжения и РМ в ЭТК | Баланс реактивной мощности и его связь с напряжением; потребители и источники реактивной мощности; компенсация реактивной мощности | 2 | 4 | - | 20 | 26 |
| 5 | Вопросы защиты | Требования, предъявляемые к защите ЭТК, дистанционная защита | - | - | - | 12 | 12 |
| 6 | Качество электроэнергии в системах электроснабжения ЭТК | показатели качества электроэнергии; влияние качества электроэнергии на функционирование технических средств; технические средства контроля качества электроэнергии; обеспечение качества электроэнергии | - | - | 4 | 20 | 24 |
| Итого | | | 8 | 8 | 8 | 112 | 144 |

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Общая характеристика систем электроснабжения; основные группы потребителей электроэнергии ЭТК
2. Регулирование напряжения и РМ в ЭТК
3. Качество электрической энергии; показатели качества электроэнергии в ЭТК
4. Технические средства контроля качества электроэнергии; ЭМС и обеспечение качества электроэнергии в ЭТК

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции | Критерии оценивания | Аттестован | Не аттестован |
|-------------|---|--|---|---|
| ОПК-2 | принципы и основные установки для выработки, передачи, преобразования и распределения электрической и тепловой энергии | тест | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| | проводить экспериментальные исследования электроэнергетического оборудования; обрабатывать результаты экспериментальных исследований электротехнических установок | Решение стандартных практических задач | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| | Владеть методами | Решение прикладных | Выполнение работ | Невыполнение |

| | | | | |
|--|---------------------------------------|--|--|--|
| проведения экспериментальных исследований электротехнических комплексов; | задач в конкретной предметной области | в срок, предусмотренный в рабочих программах | | работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| современными методами и средствами оформления технической документации по результатам проведения экспериментальных исследований электротехнических | | | | |

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения, 6 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной тестовой системе:

«зачтено»

«не зачтено»

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции | Критерии оценивания | Зачтено | | | Не зачтено | |
|-------------|--|--|------------------------------|--|-----------------------------|--------------------------------------|--|
| | | | Отлично | Хорошо | Удовл. | Неудовл. | |
| ОПК-2 | принципы и основные установки для выработки, передачи, преобразования и распределения электрической и тепловой энергии | Тест | | Выполнение теста на 70-100% | | Выполнение менее 70% | |
| | проводить экспериментальные исследования электроэнергетического оборудования; обрабатывать результаты экспериментальных исследований электротехнических установок | Решение стандартных практических задач | | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | | Задачи не решены | |
| | Владеть методами проведения экспериментальных исследований электротехнических комплексов; современными методами и средствами оформления технической документации по результатам проведения экспериментальных исследований электротехнических | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | | Задачи не решены | |
| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции | Критерии оценивания | Отлично | Хорошо | Удовл. | Неудовл. | |
| ОПК-2 | принципы и основные установки для выработки, передачи, преобразования и распределения электрической и тепловой энергии | Тест | Выполнение теста на 90- 100% | Выполнение теста на 80- 90% | Выполнение теста на 70- 80% | В тесте менее 70% правильных ответов | |

| | | | | | | |
|--|--|--|---|--|--|------------------|
| проводить экспериментальные исследования электроэнергетического оборудования; обрабатывать результаты экспериментальных исследований электротехнических установок | Решение стандартных практических задач | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | | Задачи не решены |
| Владеть методами проведения экспериментальных исследований электротехнических комплексов; современными методами и средствами оформления технической документации по результатам проведения экспериментальных исследований электротехнических | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы | Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | | Задачи не решены |

7.2 Примерный перечень оценочных средств:

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

| | |
|------------|---|
| № ответ | 1. Что входит в понятие энергосбережение? |
| 1 | реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное использование энергетических ресурсов и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии |
| 2 | результат интеллектуальной деятельности, содержащий систематизированные знания, используемые для выпуска соответствующей продукции, применения соответствующего процесса или оказания соответствующих услуг, совокупность научно-технических знаний, технических решений, процессов, материалов и оборудования, которые могут быть использованы при разработке, производстве или эксплуатации продукции |
| 3 | топливно-энергетический комплекс страны, охватывает получение, передачу, преобразование и использование различных видов энергии и энергетических ресурсов |
| № ответ | 2. Что такое показатель энергоэффективности? |
| 1 | энергетический ресурс, получаемый в виде побочного продукта основного производства или являющийся таким продуктом |
| 2 | абсолютная или удельная величина потребления или потери энергетических ресурсов для продукции любого назначения, установленная государственными стандартами |
| 3 | носитель энергии, который используется в настоящее время или может быть полезно использован в перспективе |
| № ответ | 3. Что такое энергетический ресурс? |
| 1 | энергетический ресурс, получаемый в виде побочного продукта основного производства или являющийся таким продуктом |

| | |
|------------|---|
| 2 | абсолютная или удельная величина потребления или потери энергетических ресурсов для продукции любого назначения, установленная государственными стандартами |
| 3 | носитель энергии, который используется в настоящее время или может быть полезно использован в перспективе |
| № ответ | 4. Что входит в понятие эффективное использование энергетических ресурсов? |
| 1 | достижение экономически оправданной эффективности использования энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологий и соблюдении требований к охране окружающей природной среды |
| 2 | расход энергетических ресурсов, обусловленный несоблюдением требований, установленных государственными стандартами, а также нарушением требований, установленных иными нормативными актами, технологическими регламентами и паспортными данными для действующего оборудования |
| 3 | абсолютная или удельная величина потребления или потери энергетических ресурсов для продукции любого назначения, установленная государственными стандартами |
| № ответ | 5. На каких принципах основана энергосберегающая политика государства? |
| 1 | приоритет эффективного использования энергетических ресурсов; осуществление государственного надзора за эффективным использованием энергетических ресурсов; обязательность учета юридическими лицами производимых или расходуемых ими энергетических ресурсов, а также учета физическими лицами получаемых ими энергетических ресурсов; |
| 2 | включение в государственные стандарты на оборудование, материалы и конструкции, транспортные средства показателей их энергоэффективности; сертификация топливо-, энергопотребляющего, энергосберегающего и диагностического оборудования, материалов, конструкций, транспортных средств, а также энергетических ресурсов; |
| 3 | сочетание интересов потребителей, поставщиков и производителей энергетических ресурсов; заинтересованность юридических лиц - производителей и поставщиков энергетических ресурсов в эффективном использовании энергетических ресурсов; |
| № ответ | 6. На чем основаны принципы управления в области энергосбережения? |
| 1 | стимулирование производства и использования топливо- и энергосберегающего оборудования; организация учета расхода энергетических ресурсов, а также контроль за их расходом; |
| 2 | осуществление государственного надзора за эффективным использованием энергетических ресурсов; проведение энергетических обследований организаций; |
| 3 | проведение энергетической экспертизы проектной документации для строительства; реализация демонстрационных проектов высокой энергетической эффективности |
| № ответ | 7. Какие направления повышения эффективности использования ТЭР и реализации потенциала энергосбережения в жилищно-коммунальном хозяйстве являются основными? |
| 1 | внедрение новых и совершенствование существующих технологий в производстве энергоёмких строительных материалов, изделий и |

| | |
|------------|--|
| | <p>конструкций;</p> <ul style="list-style-type: none"> - разработка и внедрение энергоэффективных технологий производства строительно-монтажных работ; - автоматизация технологических процессов, внедрение регулируемых электроприводов; - увеличение термосопротивления ограждающих конструкций жилого фонда; |
| 2 | <p>ликвидация неэкономичных котельных с переводом их нагрузок на другие котельные;</p> <ul style="list-style-type: none"> - децентрализация систем теплоснабжения со строительством котельных малой мощности; - повышение эффективности работы коммунальных котельных путём замены неэкономичных котлов на более эффективные, перевода паровых котлов в водонагрейный режим работы, использование безопасных и экономичных способов очистки поверхности нагрева от накипи и нагара, внедрение безреагентных моноблочных водоподготовительных установок, перевод котельных с мазута на газ; - перевод котельных на местные виды топлива; - установка в котельных электрогенерирующего оборудования; |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> - внедрение систем обогрева производственных помещений инфракрасными излучателями; - использование гелиоколлекторов для нагрева воды, используемой на технологические нужды; - внедрение частотно-регулируемого привода для технологических установок; - перевод котельных в водогрейный режим; - децентрализация схем теплоснабжения с внедрением газогенераторных установок; - замена электродкотлов и неэкономичных чугунных котлов на котельные установки, работающие на местных видах топлива; |
| № ответ | 8. Какое производство является малоотходным? |
| 1 | производство, при котором происходит процесс создания материальных благ, необходимых для существования и развития общества; |
| 2 | такое производство, в результате которого создаются разные виды экономического продукта; |
| 3 | такое производство, результаты которого при воздействии их на окружающую среду не превышают уровня, допустимого санитарно-гигиеническими нормами, т. е. ПДК; |
| № ответ | 9. На чем основан принцип комплексности использования ресурсов? |
| 1 | требует максимального использования всех компонентов сырья и потенциала энергоресурсов; |
| 2 | каждый отдельный процесс или производство рассматривается как элемент динамичной системы – всего промышленного производства в регионе (ТПК) и на более высоком уровне как элемент эколого-экономической системы в целом, включающей кроме материального производства и другой хозяйственно-экономической деятельности человека, природную среду; |
| 3 | требует разумного использования всех компонентов сырья, максимального уменьшения энерго-, материало- и трудоемкости производства и поиска новых экологически обоснованных сырьевых и |

| | |
|------------|---|
| | энергетических технологий; |
| № ответ | 10. Какой из принципов безотходных технологий является основным? |
| 1 | принцип рациональности технологий; |
| 2 | принцип комплексного экономного использования сырья |
| 3 | принцип системности; |
| № ответ | 11. Какие из направлений создания мало- и безотходных производств являются главными? |
| 1 | комплексное использование сырьевых и энергетических ресурсов; усовершенствование существующих и разработки принципиально новых технологических процессов и производств и соответствующего оборудования; |
| 2 | внедрение водо- и газооборотных циклов (на базе эффективных газо- и водоочистных методов); |
| 3 | кооперация производства с использованием отходов одних производств в качестве сырья для других и создания безотходных ТПК; |
| № ответ | 12. Какие преимущества использования энергетических технологий с использованием топливных элементов Вы знаете? |
| 1 | высокая эффективность; возможность интегрирования с другими типами энергоустановок в комбинированных циклах; |
| 2 | самая высокая по сравнению с другими энерготехнологиями экологическая чистота при использовании органического топлива; низкий уровень шума; |
| 3 | отсутствие загрязнения воды; высокая мобильность; |
| № ответ | 13. Какие показатели относятся к недостаткам децентрализованного теплоснабжения? |
| 1 | необходимость проектирования каждой миникотельной (т. к. все проекты систем индивидуальны для каждого здания), котлы работают только на газе; |
| 2 | Удельные расходы ТЭР ниже, чем у централизованного теплоснабжения, Модульность, т.е. возможность дополнительного наращивания мощности при необходимости; |
| 3 | котел является объектом повышенной опасности, который устанавливается в непосредственной близости от места проживания и отдыха людей; |
| № ответ | 14. Какие показатели относятся к преимуществам децентрализованного теплоснабжения? |
| 1 | существенно улучшают качество теплоснабжения; удельные расходы ТЭР низкий, модульность, т.е. возможность дополнительного наращивания мощности при необходимости; |
| 2 | необходимость проектирования каждой миникотельной (т. к. все проекты систем индивидуальны для каждого здания), котлы работают только на газе; |
| 3 | незначительные габариты и удобство при монтаже и эксплуатации; обладают возможностью по снижению влияния вредных выбросов продуктов сгорания при совместном использовании с солнечными коллекторами; |
| № ответ | 15. Какие основные направления предусмотрены в концепции водообеспечения города Севастополя и его региона? |
| 1 | разведка новых подземных источников пресной воды; |
| 2 | строительство открытых водохранилищ; |
| 3 | подведение днепровской воды из Северо-Крымского канала; |

| | |
|------------|---|
| № ответ | 16. Какие мероприятия относятся к первоочередным при осуществлении Концепции энергосбережения на объектах ЖКХ г. Севастополя? |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> - круглосуточное водоснабжение; - улучшенное отопление; - подключение горячего водоснабжения; - улучшение освещения уличного и освещения лестничных площадок и маршей; - установка счетчиков газа, воды, тепла и электроэнергии коллективного и квартирного учета; - сохранность оборудования и имущества; |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> - замена окон и дверей на металлопластиковые; - устройство тепловых фасадных экранов; - устройства шатровой крыши; - утепление подвальных и чердачных помещений; - установка системы автоматического контроля и передачи данных АСУП; - установка охранной системы; - обустройство административно-культурного и торгового блока помещений. |
| 3 | верно (1) и (2); |
| № ответ | 17. Какие мероприятия относятся к мероприятиям второй очереди при осуществлении Концепции энергосбережения на объектах ЖКХ г. Севастополя? |
| 1 | <ul style="list-style-type: none"> круглосуточное водоснабжение; - улучшенное отопление; - подключение горячего водоснабжения; - улучшение освещения уличного и освещения лестничных площадок и маршей; - установка счетчиков газа, воды, тепла и электроэнергии коллективного и квартирного учета; - сохранность оборудования и имущества; |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> - замена окон и дверей на металлопластиковые; - устройство тепловых фасадных экранов; - устройства шатровой крыши; - утепление подвальных и чердачных помещений; - установка системы автоматического контроля и передачи данных АСУП; - установка охранной системы; - обустройство административно-культурного и торгового блока помещений. |
| 3 | верно (1) и (2); |
| № ответ | 18. Что входит в понятие энергетический аудит? |
| 1 | это независимое всестороннее обследование энергетических систем и оборудования с целью определения: 1. их фактического состояния и соответствия действующим нормативам; 2. резервов энергосбережения и повышения энергоэффективности; 3. программы энергосберегающих мероприятий; |
| 2 | это система управления, основанная на проведении типовых измерений и проверок, обеспечивающая такую работу предприятия, при которой потребляется только совершенно необходимое для производства количество энергии; |
| 3 | это систематический режим для регистрации и контроля |

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

задач

№1. Воздушная линия напряжением 0,38 кВ длиной 500 м с проводами АС25, по которой предполагается передавать нагрузку $I_p=27$ А. Определить годовые издержки на потери электроэнергии в линии, если время потерь $\tau=2000$ час, а удельные затраты на потери составляют $C_{л}=1,25$ руб/кВт·ч.

Решение задачи: Годовые издержки на потери электроэнергии в линии определяются следующим образом:

$$I_{Г} = m \cdot I_p^2 \cdot R \cdot \tau \cdot C_{л} \cdot 10^{-3},$$

где m – число фаз линии; I_p – расчетный ток линии; R – активное сопротивление линии, при известных

значениях удельного сопротивления линии r_0 и ее длины l : $R = r_0 \cdot l$. Для провода А-25 $r_0=1,14$ Ом/км / 6 /; τ – время потерь; $C_{л}$ – удельные затраты на потери электроэнергии в линии. Тогда для нашего случая:

$$I_{Г} = 3 \cdot 27^2 \cdot 1,14 \cdot 0,5 \cdot 2000 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} = 3116,50 \text{ руб.}$$

№ 2. Односменное предприятие получает питание от рядом расположенной подстанции по двум трёхфазным кабелям напряжением 380 В с алюминиевыми жилами сечением по 70 мм² и $L=300$ м. Почасовая токовая нагрузка его в амперах составляет 1-ый час 130, 2 – 160, 3 – 180, 4 – 170, 5 – 80, 6 – 100, 7 – 130, 8 – 120, 9 – 90. Определить суточные потери электроэнергии. Для рассматриваемого кабеля по справочнику $R_0 = 0,443$ Ом/км.

Решение: Воспользуемся методом среднеквадратичного тока.

Найдём среднеквадратичный ток

$$I_{ср} = \sqrt{\sum I_i^2 / t} = \sqrt{(130^2 + 169^2 + 180^2 + 170^2 + 80^2 + 100^2 + 130^2 + 120^2 + 90^2) / 9} = 133,2 \text{ А.}$$

Сопротивление кабельной линии $R_k = R_0 L / 2 = 0,443 \cdot 0,3 / 2 = 0,066$ Ом.

Потери электроэнергии в линии $\Delta W = 3 I_{ср}^2 \cdot R_k \cdot t = 3 \cdot 133,2^2 \cdot 0,066 \cdot 9 \cdot 10^3 = 31,6$ кВт ч.

№ 3: Определить реактивную мощность, потребляемую электродвигателем 4А280М6 при степени его загрузки равной 1. Паспортные данные двигателя

$$P_H = 90 \text{ кВт}; \eta_H = 92,5\%; \cos \varphi_H = 0,89; U_{л} = 380 \text{ В}; \text{Ток холостого хода } I_{хх} = 0,6 \cdot I_H.$$

РЕШЕНИЕ задачи: Определить номинальный ток двигателя

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_{л} \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} = \frac{90}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,925 \cdot 0,89} = 166 \text{ А.}$$

Реактивная мощность, потребляемая электродвигателем при степени загрузки равной 1.

$$Q_H = \frac{P_H}{\eta_H} \cdot \operatorname{tg} \varphi_H = \frac{90}{0,925} \cdot 0,512 = 49,8 \text{ кВАр}$$

№ 4. При диагностике электродвигателя были измерены сопротивления фазных обмоток постоянному току. В результате измерения были получены следующие значения $R_A=20$ Ом; $R_B=19,8$ Ом; $R_C=19,9$ Ом. Паспортное значение сопротивления фазной обмотки постоянному току равно 20 Ом. Сделать вывод о состоянии фазных обмоток электрических машин.

РЕШЕНИЕ задачи: Измеренные значения сопротивлений обмоток различных фаз не должны отличаться более чем на 0,02 Ом. Определим, на сколько изменяются измеренные значения относительно паспортного значения сопротивления обмотки.

Фаза А - $\Delta R_A=0$ Ом; фаза В - $\Delta R_B=0,2$ Ом; фаза С - $\Delta R_C=0,1$ Ом. Это недопустимо, значит в фазах В и С могут быть короткозамкнутые витки или сечение провода этих фазных обмоток отличается от расчетного.

№ 5. Для оценки технического состояния изоляции обмотки асинхронного короткозамкнутого электродвигателя с линейным номинальным напряжением $U_n=380$ В необходимо провести испытания повышенным напряжением межвитковой изоляции и электрической прочности главной изоляции.

Измеренное сопротивление изоляции обмотки электродвигателя через 15 (R_{15}) и 60 (R_{60}) секунд после включения мегомметра равны: $R_{15}=8$ Мом, $R_{60}=10$ Мом. При оценке индукционными методами технического состояния активной стали этого электродвигателя, масса которой составляет $G=17$ кг, зафиксированные ваттметром потери в стали составили $P=50$ Вт. Определить: Напряжение испытания межвитковой изоляции, время испытаний. Напряжение испытания электрической прочности главной изоляции, время испытаний.

Решение задачи: 1. Напряжение испытания межвитковой изоляции равно

$$U_{исп} = U_H + 0,3U_H = 380 + 114 = 494 \text{ В.}$$

2. Напряжение испытания электрической прочности равно

$$U_{исп} = 1000 + 2U_H = 1000 + 760 = 1760 \text{ В.}$$

№ 6. Определить среднегеометрическое расстояние $D_{ср}$ между проводами с тремя линиями при их горизонтальном расположении на расстоянии 4 м и определить погонные параметры для провода марки АС 120/19.

$$\text{Решение: } D_{ср} = 1,264 = 5,04 \text{ м.}$$

По таблице выбираем искомые параметры

$$R_0 = 0,270 \text{ Ом/км; } X_0 = 0,423 \text{ Ом/км; } b_0 = 2,69 \cdot 10^{-6} \text{ См/км.}$$

№ 7. Определить зависимость активного сопротивления R^t_0 от температуры сталеалюминиевого провода АС 95/16, равной $t = 32^\circ\text{C}$. Температурный коэффициент электрического сопротивления для сталеалюминиевого провода $\alpha = 0,00403 \text{ Ом/град.}$

$$\text{Решение: Нормативное значение активного сопротивления при температуре проводника } 20^\circ\text{C } R^{20}_0 = \rho / F = 30 / 95 = 0,31 \text{ Ом/км;}$$

ρ – удельное активное сопротивление материала провода, Ом мм²/км;

F – сечение фазного провода (жилы), мм².

$$R^{32}_0 = R^{20}_0 [1 + \alpha(t - 20^\circ\text{C})] = 0,31 [1 + 0,00403 (32 - 20^\circ\text{C})] = 0,325 \text{ Ом/км.}$$

№ 8. ВЛЭП с фазными проводами АС 600/72.

Определить погонные параметры фазы, расщеплённой на два провода АС 300/48; диаметр провода после расщепления $2r_{пр} = 24,2 \text{ мм.}$

Решение: Активное погонное сопротивление провода

$$R_0 = 1,05 \rho / 2F = 1,05 \cdot 30 / 2 \cdot 300 = 0,052 \text{ Ом/км;}$$

$$\text{Индуктивное погонное сопротивление фазы } X_0 = 0,144 \lg (D_{ср}/r_{э\text{кв}}) + 0,016 / n, \text{ Ом/км.}$$

$$\text{Эквивалентный радиус провода } r_{э\text{кв}} = \sqrt[n]{r_{пр} a^{n-1}} = \sqrt[2]{12,1 \cdot 400} = 69,6 \text{ мм.}$$

a – расстояние между расщеплёнными проводами, $a = 400 \text{ мм.}$

$$X_0 = 0,144 \lg (8,82 \cdot 10^3 / 69,6) + 0,016/2 = 0,311 \text{ Ом/км.}$$

№ 9. Трёхфазный двухобмоточный трансформатор типа ТМ на 10 кВ имеет паспортные данные $S_{ном} = 100 \text{ кВА}$, $U_{вн} = 10 \text{ кВ}$, $U_{нн} = 0,4 \text{ кВ}$, $\Delta P_k = 1,97 \text{ кВт}$, $\Delta P_x = 0,36 \text{ кВт}$, $u_k = 4,5\%$, $I_x = 2,6\%$.

Составить упрощённую схему замещения трансформатора без учёта поперечной ветви в виде продольной ветви и определить параметры схемы замещения. Определить коэффициент трансформации k_T .

Решение:

Активное сопротивление трансформатора, приведённое к напряжению высшей обмотки

$$R = \Delta P_k U_H^2 / S_{ном}^2 = 1,97 \cdot 10^2 \cdot 10^3 / 100^2 = 19,7 \text{ Ом}$$

$$\text{Полное сопротивление } Z = u_k U_H^2 / 100 S_{ном} = 4,5 \cdot 10^2 \cdot 10^3 / 100 \cdot 100 = 45,0 \text{ Ом.}$$

$$\text{Реактивное сопротивление } X = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{45^2 - 19,7^2} = 40,5 \text{ Ом.}$$

$$\text{Коэффициент трансформации (идеального трансформатора). } k_T = U_{вн} / U_{нн} = 10/0,4 = 25.$$

№ 10. Кабельная линия напряжением 10 кВ протяжённостью 0,8 км, выполненная кабелем ААБ-3х120, питает предприятие мощностью нагрузки 1500 кВт, а коэффициент мощности $\cos \varphi = 0,9$.

Определить потери мощности в линии и напряжение в конце линии, если в начале линии $U_1 = 10,3 \text{ кВ}$.

Из параметров схемы замещения следует учитывать только активное и реактивное сопротивления, удельные значения которых равны: $R_0 = 0,258 \text{ Ом/км}$; $X_0 = 0,081 \text{ Ом/км}$;

Решение:

$$R_L = R_0 \cdot 0,8 = 0,258 \cdot 0,8 = 0,206 \text{ Ом. } X_L = 0,081 \cdot 0,8 = 0,065 \text{ Ом.}$$

Вставив в формулу в качестве напряжения номинальное значение найдём потери мощности

$$\Delta P = P^2 R_L / (U_H^2 \cos^2 \varphi) = 1500^2 \cdot 0,206 \cdot 10^3 / (10^2 \cdot 0,9^2) = 5,7 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q = P^2 X_L / (U_H^2 \cos^2 \varphi) = 1500^2 \cdot 0,065 \cdot 10^{-3} / (10^2 \cdot 0,9^2) = 1,8 \text{ квар.}$$

Напряжение в конце линии определяется через потерю напряжения, используя также допущение расчёта распределительных сетей о равенстве мощностей в начале и конце линии

$$U_2 = U_1 - [(P R_L + Q X_L) / U_H] =$$

$$= 10,3 - [(1500 \cdot 0,206 + 726,5 \cdot 0,065) / 10] = 10,264 \text{ кВ.}$$

$$\text{Здесь } Q = P \tan \varphi = 1500 \cdot 0,484 = 726,5 \text{ кВАр.}$$

№ 11. Определить ток плавкой вставки предохранителей для защиты от коротких замыканий электродвигателя токарного станка: $P_H = 7,5 \text{ кВт}$; $U_H = 380 \text{ В}$; $\cos \varphi = 0,8$; $\eta = 87\%$; $k_{пуск} = 7$.

Коэффициент кратковременной тепловой перегрузки $\alpha = 2,5$ – для легких условий.

Решение: Определим номинальную силу тока эд:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3}U_H \cos \phi \cdot \eta} = \frac{7500}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,87} = 16,4 \text{ А};$$

Рассчитывается пусковой ток электродвигателя: $I_{ПУСК} = I_H \cdot k_{ПУСК} = 16,4 \cdot 7 = 114,8 \text{ А}$

В соответствии с условиями выбора плавких предохранителей определяются номинальные токи

$$\frac{I_{ПУСК}}{\alpha} = \frac{114,8}{2,5} = 45,9$$

плавких вставок: $I_{вс} = 16,4 \text{ А}; I_{вс} = \alpha \cdot 45,9 = 114,8 \text{ А};$

Из двух полученных значений выбираем большее.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных

задач

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении аттестации

Зачет проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается в 5 баллов, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Код контролируемой компетенции | Наименование оценочного средства |
|-------|---|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 | Введение. Общие сведения об ЭТК | ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-7 | Тест, защита лабораторных работ |
| 2 | Системы электроснабжения ЭТК | ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-7 | Защита лабораторных работ |
| 3 | Режимы работы ЭТК и управление ими | ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-7 | Тест, защита лабораторных работ, |
| 4 | Регулирование напряжения и РМ в ЭТК | ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-7 | Защита лабораторных работ |
| 5 | Вопросы защиты ЭТК | ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-7 | Тест, защита лабораторных работ |
| 6 | Качество ЭЭ в системах электроснабжения ЭТК | ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-7 | Тест, защита лабораторных работ |

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры

оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1Зайцев, А.И. Энергосберегающие технологии в распределенных электроэнергетических сетях : Монография. - Воронеж : ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2016. - 224 с. - ISBN 978-5-7731-0458-2 : 267-42; 500 экз.

2Крысанов, В.Н. Программно-аппаратное обеспечение систем управления ЭЭС на базе технологии FАСТ : Монография. - Воронеж : ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2016. - 232 с. - 416-77; 250 экз.

3Мещеряков В.Н. Энергосберегающие системы электропривода переменного тока с частотным управлением для механизмов с вентиляторным статическим моментом [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Мещеряков В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012.— 50 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17682.html>.— ЭБС «IPRbooks»

4Мещеряков В.Н. Энергосбережение в электроэнергетике и электроприводе [Электронный ресурс]: методические указания к

практическим занятиям по дисциплине «Энергосберегающие технологии» для студентов направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»/ Мещеряков В.Н., Языкова Л.Н.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017.— 28 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74425.html>.— ЭБС «IPRbooks»

5 Крысанов В.Н. Аппаратно-программное управление режимами узлов нагрузки региональных сетей электроснабжения с помощью статических устройств / В.Н.Крысанов. – Воронеж: ВГТУ, 2017. – 244 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Лицензионное программное обеспечение

- Microsoft Office Word 2007
- Microsoft Office Excel 2007
- Microsoft Office Power Point 2007
- ABBYY FineReader 9.0

Отечественное ПО

- «Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ»»
- Модуль «Программный комплекс поиска текстовых заимствований в открытых источниках сети интернет «Антиплагиат-интернет»»
- Модуль обеспечения поиска текстовых заимствований по коллекции диссертаций и авторефератов Российской государственной библиотеки (РГБ)
- Модуль поиска текстовых заимствований по коллекции научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU

Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ

Информационная справочная система

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных

- Электротехнический портал. Адрес ресурса: <http://электротехнический-портал.рф/>
- Силовая Электроника для любителей и профессионалов. Адрес ресурса: <http://www.multikonelectronics.com/>
- Электроцентр. Адрес ресурса: <http://electrocentr.info/>
- Netelectro. Новости электротехники, оборудование и средства автоматизации. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. Адрес ресурса: <https://netelectro.ru/>
- Электромеханика. Адрес ресурса: <https://www.electromechanics.ru/>
- Electrical 4U. Разделы сайта: «Машины постоянного тока», «Трансформаторы», «Электротехника», «Справочник». Адрес ресурса: <https://www.electrical4u.com/>
- Росстандарт. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Адрес ресурса: <https://www.gost.ru/portal/gost/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

- 1. Специализированная лекционная аудитория**, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.
- 2. Учебные лаборатории:** «Электропривода, «Энергосбережения и энергоэффективности».
- 3. Дисплейный класс**, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Энергосберегающее управление электротехническими комплексами» .

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета электрооборудования систем электроснабжения. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой контрольной работы.

| Вид учебных занятий | Деятельность студента |
|---------------------------------------|---|
| Лекция | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии. |
| Лабораторная работа | Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания. |
| Самостоятельная работа | Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации. |
| Подготовка к промежуточной аттестации | Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала. |

Лист регистрации изменений

| № п/п | Перечень вносимых изменений | Дата внесения изменений | Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП |
|----------|--|-------------------------------|--|
| 1 | Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем | 31.08.2019 |  |
| 2 | Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем | 31.08.2020 |  |
| | | | |