Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 02.09.2025 15:24:12
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДЕНО
Декан Факультета урбанистики и городского хозяйства
К.И. Лушин
«____» _____ 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Энергооборудование автономных объектов»

Направление подготовки
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Профиль подготовки
«Автоматизированные энергетические установки»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва
2022

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины **«Энергооборудование автономных объектов»** следует отнести:

- ознакомление обучающихся с автономными энергоустановками и системами применительно к энергоснабжению автономных объектов, использующих привозное и получаемое на месте органическое топливо;
- получение студентами базовых знаний в области рационального использования энергоресурсов.

К **основным задачам** освоения дисциплины **«Энергооборудование автономных объектов»** следует отнести:

- ознакомление обучающихся я с традиционными методами энергоснабжения автономных объектов, основанными на использовании энергоустановок на органическом топливе и аккумуляторных батареях;
- умение принимать решения и обосновывать выбор элементов энергоустановок и систем для автономного энергоснабжения.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина **«Энергооборудование автономных объектов»** входит в вариативную часть цикла профессиональных дисциплин основной образовательной программы подготовки бакалавров, по профилю **«Автоматизированные энергетические установки»** направления **13.03.03 Энергетическое машиностроение.**

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах и практиках ООП:

- «Информационные технологии»;
- «Электротехника и электроника»;
- «Гибридные силовые энергоустановки»;
- «Метрология, технические измерения и управление процессами в энергетике».

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-3	Организация эксплуатации и развития автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) объектов профессиональной деятельности	**Знать:** основные виды энергоустановок, принципы их работы и характеристики; методы проведения информационного поиска по проблемам электрохимической и водородной энергетики, а также методам и инструментам для исследования их характеристик. **Уметь:** осуществлять подбор оборудования для решения задач автономного энергоснабжения; проводить экономическую оценку применения того или иного схемного решения для решения задач автономного энергоснабжения. **Владеть:** терминологией в области тепло-электроснабжения; навыками поиска информации по тематике профиля; информацией о технических параметрах оборудования применительно к технологиям возобновляемых источников энергии, а также электрохимической и водородной энергетики.

4. Структура и содержание дисциплины

Разделы дисциплины **«Энергооборудование автономных объектов»** изучаются на третьем курсе в **шестом** семестре. Общая трудоемкость изучения дисциплины составляет 6 зачетные единицы (**216** часов). Аудиторные часы – **108**, в том числе лекции – **36**, практические занятия – **72**, самостоятельная подготовка – **108** часов.

Форма контроля: Экзамен.

Структура и содержание дисциплины **«Энергооборудование автономных объектов»** отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины. Шестой семестр.

Тема 1. Вводная лекция. Автономные энергосистемы. Потребители и их классификация. Место автономных энергетических системы в энергосистеме потребителя. Графики потребления тепловой и электрической энергии в зависимости от типа потребителя

Тема 2. Энергоустановки. Их классификация. Основные характеристики. Преимущества и недостатки. Критерии выбора энергоустановки для автономного энергоснабжения. Электрохимические энергоустановки. Классификация. Аккумуляторные батареи.

Тема 3. Вспомогательные элементы Контроллеры согласования и управления. Зарядные устройства. Инверторы. Гидробаки. Насосы. Теплообменники. Бойлеры. Нагреватели. Котлы.

Тема 4. Энергоустановки на органическом топливе. Элементы автономных энергетических систем. Энергоустановки на органическом топливе.

Тема 5. Микротурбины. Тепловые насосы. Схемы энергоснабжения. Микротурбины на природном и синтезируемом газе. Технологическая схема, основные элементы, параметры работы и характеристики. Схемы тепло-электроснабжения.

Тема 6. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения автономных потребителей. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения автономных потребителей.

Тема 7. Электрохимические энергоустановки на топливных элементах. Основные закономерности работы и характеристики Автономные электростанции и системы теплоснабжения на основе энергоустановок на топливных элементах.

Тема 8. Электрохимические энергоустановки. Методы расчета и оптимизации применительно к системам автономного энергоснабжения**.** Автономные и резервные электростанции на основе аккумуляторных батарей.

Тема 9. Автономные и резервные электростанции на основе аккумуляторных батарей. Схемы энергоснабжения на основе традиционных энергоустановок и возобновляемых источников энергии. Сравнительные характеристики. Автономные энергоустановки спецназначения.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины **«Энергооборудование автономных объектов»** и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой

с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению практических работ в аудиториях вуза и на мощностях предприятий-партнеров;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования и (или) компьютерного тестирования;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины.

Изучение дисциплины ориентировано на применение технологий контролируемой самостоятельной работы и проектного обучения. В рамках контролируемой самостоятельной работы планируется выполнение и защита индивидуальных заданий по основным темам дисциплины, задание для курсового проекта предполагает самостоятельную разработку функционально законченного микропроцессорного устройства управления.

Для проведения аудиторных занятий используется:

- при чтении лекций – компьютерная и проекционная техника;
- при проведении практических– интерактивная доска, пакет прикладных программ моделирования электронных схем Multisim, расчетный пакет Matlab; программная среда инженерного проектирования LabView.

Проведение занятий предусматривается также на сайте http://online.mospolytech.ru на основе разработанных кафедрой «Промышленная теплоэнергетика» электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем темам дисциплины:

Дисциплина	Ссылка
Энергооборудование автономных объектов	https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=2895

Разработанные ЭОР включают промежуточные и итоговые тесты.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

– подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением на тему **«Энергооборудование автономных объектов»** (индивидуально для каждого обучающегося);

– выполнение рефератов по индивидуальному заданию для каждого обучающегося в соответствии с темами:

- Расчет автономной системы энергоснабжения на основе солнечных батарей и использования электрохимических накопителей энергии
- Расчет схемы автономного энергоснабжения с использованием энергоустановок, использующих аккумуляторные батареи
- Расчет и оптимизация электрохимической энергоустановки
- Расчет автомобиля на водород-воздушных топливных элементах и электромобиля

Задание для выполнения реферата выбирается студентом самостоятельно в зависимости от характера его основной работы или научных интересов и утверждается преподавателем

Реферат включает в себя: титульный лист; исходные данные; введение, обоснование актуальности темы; основную (расчетную) часть; выводы; библиографический список; приложения (если необходимо).

Текст реферата – (12–15 с.) представляется на бумажном носителе формата А-4.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения разделов дисциплины. Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, приведены в приложениях.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК-3	Организация эксплуатации и развития автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) объектов профессиональной деятельности

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно

в ходе освоения дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесс

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

Показатель	**Критерии оценивания**			
	Оценка «неудовлетворительно» или отсутствие сформированности компетенции.	**Оценка «удовлетворительно» или низкой уровень освоения компетенции.**	**Оценка «хорошо» или повышенный уровень освоения компетенции.**	**Оценка «отлично» или высокий уровень освоения компетенции**
ПК – 3. Организация эксплуатации и развития автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) объектов профессиональной деятельности				
Знать: основные виды энергоустановок, принципы их работы и характеристики методы проведения информационного поиска по проблемам электрохимической и водородной энергетики, а также методам и инструментам для исследования их характеристик. **Уметь:** осуществлять подбор оборудования	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные виды энергоустановок, принципы их работы характеристики; методы проведения информационного поиска по проблемам электрохимической и водородной энергетики, а также методы и инструменты для исследования их характеристик Обучающийся не умеет или в	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы проведения информационного поиска по проблемам электрохимической и водородной энергетики, а также методы и инструменты для исследования их характеристик. Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений:	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные виды энергоустановок, принципы их работы характеристики; методы проведения информационного поиска по проблемам электрохимической и водородной энергетики Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: осуществлять	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные виды энергоустановок, принципы их работы характеристики; методы проведения информационного поиска по проблемам электрохимической и водородной энергетики, а также методы и инструменты для исследования их характеристик Обучающийся демонстрирует

для решения задач автономного энергоснабжения; проводить экономическую оценку применения того или иного схемного решения для решения задач автономного энергоснабжения.	недостаточной степени умеет осуществлять подбор оборудования для решения задач автономного энергоснабжения; проводить экономическую оценку применения того или иного схемного решения.	проводить экономическую оценку применения того или иного схемного решения для решения задач автономного энергоснабжения.	подбор оборудования для решения задач автономного энергоснабжения.	полное соответствие следующих умений: осуществлять подбор оборудования для решения задач автономного энергоснабжения; проводить экономическую оценку применения того или иного схемного решения.
Владеть: терминологией в области электроснабжения; навыками поиска информации по тематике профиля; информацией о технических параметрах оборудования возобновляемых источников энергии, а также электрохимической и водородной энергетики.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет: навыками применения полученной информации при проектировании и разработки современных энергоустановок интегрированным и средствами программного обеспечения.	Обучающийся не полностью владеет навыками применения полученной информации при проектировании объектов энергооборудования. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет навыками применения полученной информации при проектировании объектов энергооборудования.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками применения полученной информации при проектировании устройств энергооборудования автономных объектов.

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам

промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Энергооборудование автономных объектов» (прошли промежуточный контроль, выполнили весь объем заданий на семинарских занятиях, выступили с докладом на семинарском занятии)

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Студент показывает достаточный уровень теоретических и практических знаний, свободно оперирует категориальным аппаратом. Умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается грамотно.
Удовлетворительно	Студент показывает знание основного лекционного и практического материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения. Студент испытывает затруднения при приведении практических примеров.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложениях к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература.

1. Основы современной энергетики. Том 1. Современная теплоэнергетика [Электронный ресурс] : учеб. / Трухний А.Д. [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2010. — 472 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/72255. — Загл. с экрана.

2. Розанов Ю.К., Основы современной энергетики. Том 2. Современная электроэнергетика [Электронный ресурс] : учеб. / Розанов Ю.К., Старшинов

В.А., Серебрянников С.В.. — Электрон. дан. — Москва : Издательский дом МЭИ, 2010. — 632 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/72256. — Загл. с экрана.

Программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте (http://lib.mami.ru/ebooks/} в разделе «Библиотека».

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

http://window.edu.ru/catalog/resources?p_nr=50&p_rubr=2.2.75.27.7&p_page=3;http://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-laboratornoy-ustanovki-po-spetsialnosti-promyshlennaya-teploenergetika/

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, практических занятий, самостоятельной работы. АВ2402, АВ2403, АВ2414. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. Комплекты мебели для учебного процесса.

АВ2404. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. Комплекты мебели для учебного процесса. Проектор, интерактивная доска, ПК.

АВ2406. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. Комплекты мебели для учебного процесса.

Маркерная доска. Ноутбук.

Лабораторные установки:

- «Определение коэффициента теплоотдачи методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости на цилиндре»;
- «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя».

Лабораторная установка («Valtec») «Модель системы отопления и теплоснабжения индивидуального жилого дома».

Элементы теплоэнергетического оборудования и систем.

АВ2415. 115280 г. Москва, ул. Автозаводская, д. 16. Комплекты мебели для учебного процесса.

Лабораторные установки:

- «Определение коэффициента температуропроводности стали методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе (труба в трубе)».

Комплект образцов технических средств измерений теплотехнологических параметров.

Проектор, маркерная доска, ПК, экран

Модель паровой котельной установки с механическим приводом.

Теплотехнические средства измерения для учебного процесса.

Элементы теплоэнергетического оборудования и систем.

Операционная система, Windows 7 (или ниже) – MicrosoftOpenLicense

Лицензия № 61984214, 61984216, 61984217, 61984219, 61984213, 61984218, 61984215

Офисные приложения, Microsoft Office 2013 (или ниже) – MicrosoftOpenLicense

Лицензия № 61984042

Антивирусное ПО, KasperskyEndpointSecurity для бизнеса – Стандартный

Лицензии № 1752161117060156960164.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов.

По специальности можно рекомендовать следующие научные журналы на английском языке и интернет порталы: International Journal of Hydrogen Energy, Journal of Power Sources, http://www.portalnano.ru/, базы данных зарубежных научных журналов с использованием портала. Сайт Центра коллективного пользования «Водородная и электрохимические технологии» / Сайт Международного Симпозиума «Водородная и электрохимические технологии» http://H3-symposium.ru/

10. Методические рекомендации для преподавателя

Преподавание дисциплины базируется на компетентностном, практико-ориентированном подходе. Методика преподавания дисциплины направлена на организацию систематической планомерной работы студента в течение семестра независимо от формы его обучения. В связи с этим следует обратить внимание на особую значимость организаторской составляющей профессиональной деятельности преподавателя.

Основная работа со студентами очной формы обучения проводится на аудиторных лекциях и лабораторных и практических занятиях. Лекционный курс включает установочные, проблемные, обзорные лекции. Интерактивность лекционного курса обеспечивается оперативным опросом или тестированием в конце занятия. Широко применяются методы диалога, собеседований и дискуссий в ходе лекции. Проблемное обучение базируется на примерах конкретных предприятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ПрООП ВО по направлению подготовки 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» и профилю «**Автоматизированные энергетические установки**»

Авторы

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент В.Н. Чичерюкин

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика». Протокол от 26 мая 2022 г. № 11.

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»
к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Руководитель ООП И.Л. Савельев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Энергооборудование автономных объектов» по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение (бакалавр)

	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Форма аттестации	
	Шестой семестр	**6**		**Л**	**П/С**	**ЛБ**	**СРС**	**КСР**	**К.Р.**	**К.П.**	**РГР**	**Реф.**	**Т**	Э	З
Тема 1	**Вводная лекция**. Автономные энергосистемы. Потребители и их классификация. Место автономных энергетических системы в энергосистеме потребителя. Графики потребления тепловой и электрической энергии в зависимости от типа потребителя.	**6**	**1**	**2**									+		
	Семинарское занятие. Определения. Классификация энергоустановок. Энергоустановки на органическом топливе.	**6**	**2**		**4**		**6**								
	Семинарское занятие. Классификация потребителей. Место автономных энергетических систем в энергосистеме региона и страны.	**6**	**2**		**4**		**6**								
Тема 2	**Энергоустановки.** Их классификация. Основные характеристики. Преимущества и недостатки. Критерии выбора энергоустановки для автономного энергоснабжения. Электрохимические энергоустановки. Классификация. Аккумуляторные батареи.	**6**	**3**	**4**									+		
	Семинарское занятие.	**6**	**4**		**4**		**6**								

	Критерии выбора энергоустановки для автономного энергоснабжения. Электрохимические энергоустановки. Классификация. Аккумуляторные батареи.														
	Семинарское занятие. Контроллеры согласования и управления. Зарядные устройства. Инверторы.	**6**	**4**		**4**		**6**								
Тема 3	**Вспомогательные элементы** Контроллеры согласования и управления. Зарядные устройства. Инверторы. Гидробаки. Насосы. Теплообменники. Бойлеры. Нагреватели. Котлы. Арматура.	**6**	**5**	**4**									+		
	Семинарское занятие. Идеальный термодинамический цикл (цикл Карно). Теоремы Карно Зависимость К.П.Д. от мощности.	**6**	**6**		**4**		**6**								
	Семинарское занятие. Энергоустановки на основе внутреннего сгорания топлива. Бензогенераторы (БГ). Рабочий цикл. Индикаторная диаграмма.	**6**	**6**		**4**		**6**								
Тема 4	**Энергоустановки на органическом топливе** Элементы автономных энергетических систем. Энергоустановки на органическом топливе.	**6**	**7**	**4**									+		
	Семинарское занятие. Дизельгенераторы (ДГ). Газопоршненые агрегаты (ГПА) на природном газе, биогазе и синтезгазе.	**6**	**8**		**4**		**6**								
	Семинарское занятие. Микротурбины на природном и синтезируемом газе. Технологическая схема, основные элементы, параметры работы и характеристики.	**6**	**8**		**4**		**6**								
Тема 5	**Микротурбины. Тепловые насосы. Схемы энергоснабжения.** Микротурбины на природном и синтезируемом газе. Технологическая схема, основные элементы, параметры работы и характеристики. Схемы тепло-электроснабжения.	**6**	**9**	**4**									+		

	Семинарское занятие. Тепловые насосы (ТН). Технологическая схема, основные элементы, параметры работы и характеристики.	**6**	**10**	**2**	**4**		**6**								
	Семинарское занятие. Способы переработки и использования различных видов топлив для автономного энергоснабжения	**6**	**10**	**4**	**4**		**6**								
Тема 6	**Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения автономных потребителей.** Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения автономных потребителей.	**6**	**11**	**2**									+		
	Семинарское занятие. Использование возобновляемых источников энергии для энергоснабжения автономных потребителей.	**6**	**12**		**4**		**6**								
	Семинарское занятие. Солнечные вакуумные коллекторы (СВК). Принцип работы и основные характеристики	**6**	**12**		**4**		**6**								
Тема 7	**Электрохимические энергоустановки на топливных элементах.** Основные закономерности работы и характеристики Автономные электростанции и системы теплоснабжения на основе энергоустановок на топливных элементах.	**6**	**13**	**2**									+		
	Семинарское занятие. Классификация типов топливных элементов. Основные закономерности работы и характеристики.	**6**	**14**		**4**		**6**								
	Семинарское занятие. Методы расчета и оптимизации применительно к системам автономного энергоснабжения.	**6**	**14**		**4**		**6**								
Тема 8	**Электрохимические энергоустановки**. Методы расчета и оптимизации применительно к системам автономного энергоснабжения**.** Автономные и резервные электростанции на основе аккумуляторных батарей.	**6**	**15**	**4**									+		

	Семинарское занятие. Схемы тепло-электроснабжения автономного объекта с использованием газового котла и твердооксидного топливного элемента.	**6**	**16**		**4**		**6**								
	Семинарское занятие. Автономные электростанции и системы теплоснабжения на основе энергоустановок, использующих органическое топливо.	**6**	**16**		**4**		**6**								
Тема 9	**Автономные и резервные электростанции на основе аккумуляторных батарей.** Схемы энергоснабжения на основе традиционных энергоустановок и возобновляемых источников энергии. Сравнительные характеристики.	**6**	**17**	**4**									+		
	Семинарское занятие. Схемы энергоснабжения на основе традиционных энергоустановок и возобновляемых источников энергии. Сравнительные характеристики.	**6**	**18**		**4**		**6**								
	Семинарское занятие. Основные элементы и схемы энергоснабжения. Энергетические и экономические характеристики.	**6**	**18**		**4**		**6**								
	Форма аттестации														**Э**
	Всего часов по дисциплине в шестом семестре		**216**	**36**	**72**	**0**	**108**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.03.03 Энергетическое машиностроение
ОП (профиль): «Автоматизированные энергетические установки»
Форма обучения: очная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Энергооборудование автономных объектов»

1. Паспорт фонда оценочных средств.
2. Практическая работа по дисциплине.
3. Вопросы для самоконтроля.
4. Примеры решения контрольных заданий.
5. Список экзаменационных вопросов по дисциплине.
6. Примерный перечень вопросов для промежуточного тестирования.

Москва
2022

1. Паспорт фонда оценочных средств

Дисциплина «Энергооборудование автономных объектов»					
ФГОС ВО 13.0303 Энергетическое машиностроение					
Компетенции		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
Индекс	**Формулировка**				
ПК-3	Организация эксплуатации и развития автоматизированной системы диспетчерского управления (АСДУ) объектов профессиональной деятельности	**Знать**: основные виды энергоустановок, принципы их работы и характеристики; методы проведения информационного поиска по проблемам электрохимической и водородной энергетики, а также методам и инструментам для исследования их характеристик. **Уметь:** осуществлять подбор оборудования для решения задач автономного энергоснабжения; проводить экономическую оценку применения того или иного схемного решения для решения задач. автономного энергоснабжения. **Владеть:** терминологией в области электроснабжения; навыками поиска информации по тематике профиля; информацией о технических параметрах оборудования возобновляемых источников энергии, а также электрохимической и водородной энергетики.	Использование интерактивных методов и технологий в образовательном процессе.	Собеседование. Промежуточное и итоговое компьютерное тестирование.	Базовый уровень: способен обеспечивать разработку мероприятий по совершенствованию технологии производства в стандартных производственных ситуациях. Повышенный уровень: способен обеспечивать разработку мероприятий по совершенствованию технологии производства в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом

2. Практическая работа по дисциплине

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонд
1	Реферат «Расчет схемы автономного энергоснабжения с использованием энергоустановок, использующих аккумуляторные батареи»	Практическая работа направлена на формирование умений и навыков по расчету энергоустановок.	Результатом работы является разработка аппаратных, программных и схемных решений, реализующих способы расчета схем автономного энергоснабжения.

3. Вопросы для самоконтроля

1. Виды преобразования электрической энергии.
2. Силовые вентили. Основные характеристики и параметры.
3. Трансформаторы. Двигатели. Генераторы Конверторы. Разновидности и области применения.
4. Выпрямители. Основные характеристики. Классификация.
5. Однофазные схемы выпрямления.
6. Трехфазные схемы выпрямления.
7. Коммутации токов в схемах выпрямления. Особенности коммутации в трехфазных схемах.
8. Комбинированные схемы выпрямления.
9. Коэффициент мощности и КПД выпрямителей.
10. Пути улучшения энергетических показателей выпрямителей.
11. Особенности работы выпрямителей на емкостную нагрузку и противо-ЭДС.
12. Инверторы, ведомые сетью. Переход от выпрямительного к инверторному режиму.
13. Импульсные преобразователи постоянного тока. Искусственная коммутация тиристоров.
14. Базовые структуры импульсных преобразователей на транзисторах.
15. Автономные инверторы. Основные определения. Способы коммутации тиристоров.
16. Автономные инверторы напряжения (АИН) на транзисторах и запираемых тиристорах.
17. Характеристики АИН с ШИМ-модуляцией.
18. Многоуровневые АИН.
19. Преобразователи частоты на основе неуправляемого выпрямителя и АИН с ШИМ-модуляцией.
20. Непосредственные преобразователи частоты. Формирование кривой выходного напряжения.
21. Понятие о наддуве двигателя.
22. Типы применяемого наддува.
23. Двигатель внутреннего сгорания и проблемы экологии.
24. Газотурбинный двигатель и его особенности.
25. Гибридный двигатель и его особенности.
26. Перспективы развития силовых агрегатов.

4. Примеры решения контрольных заданий

Определение основных характеристик асинхронного двигателя.

Принцип действия АД основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля статора с токами, индуктируемыми вращающимся полем статора в проводниках ротора.

Согласно закону электромагнитной индукции **в. м. п. индуктирует ЭДС** *e*1 и *e*2 в обмотках статора и ротора, а так как обмотки ротора замкнуты, то в них протекают токи, значения которых зависят от нагрузки.

Согласно закону Ампера в результате взаимодействия в. м. п. статора с токами *i*2 роторных обмоток на валу АД **возникает** вращающий электромагнитный момент (в Н·м)

$M=F \cdot d/2,$

где:

- $F = N \cdot B \cdot l \cdot I$ - механическая сила в Ньютонах (Н), направление которой определяют по известному правилу левой руки;
- *B* - магнитная индукция, Тл;
- *l* - длина активного проводника ротора, пересекаемого магнитными силовыми линиями, м;
- N -число проводников ротора;
- *I* - ток в проводнике длиной *l*, А;
- *d* - диаметр ротора, м.

Так же, как в трансформаторе, имеет место воздействие тока *i*2 ротора и его МДС $w2 \cdot i2$ на ток *i*1 статора и на результирующий магнитный поток *Фтр*. Если вращающий момент *M* больше момента сопротивления *Mc* на валу, т. е. если , то ротор начинает вращаться в направлении вращения в. м. п. Однако частота вращения ротора не может достигнуть частоты вращения магнитного поля статора. Если бы частота вращения ротора *n*2 была равна частоте *n*1 в. м. п., т. е. *n*2 = *n*1, то стержни обмотки ротора не пересекали бы магнитные силовые линии в. м. п., в них не индуктировалась бы ЭДС *e*2, не было бы тока *i*2 и вращающего момента М. Таким образом, в АД *n*2 < *n*1, поэтому такие машины называют **асинхронными.**

Скольжение и частота вращения ротора

Степень отставания частоты вращения ротора *n*2 от частоты вращения магнитного поля *n*1 статора оценивается **скольжением** *S*:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad \text{(или в процентах} \quad S\% = \frac{n_1 - n_2}{n_1} 100 \text{)}$$

Диапазон изменения скольжения в АД $1 \geq S \geq 0$. При пуске $n2 = 0$, $S = 1$; при холостом ходе S = 0,001...0,005; при номинальной нагрузке S = 0,03...0,07.

Частота вращения ротора выражается через скольжение, т. е.

$$n_2 = n_1(1 - S) = 60 f_1(1 - S)/p.$$

Отсюда следует, что регулировать частоту вращения ротора можно изменением частоты $f1$, числа пар полюсов p и скольжения S.

Фазные ЭДС, которые индуктируются в обмотках **статора**,

$$E_1 = \frac{E_{m1}}{\sqrt{2}} = 4.44 f_1 w_1 \Phi_{mp} k_{01},$$

где $k01 \approx 0.93...0.97$ - обмоточный коэффициент катушки статора.

Фазные ЭДС **вращающегося ротора**

$$E_{2S} = E_{m2}/\sqrt{2} = 4.44 f_2 w_2 \Phi_{mp} k_{02},$$

где $k02 \approx 0.93...0.97$ - обмоточный коэффициент роторной обмотки.

Относительная частота (частота пересечения в. м. п. статора вращающегося ротора) $n1 - n2 = n1 \cdot S$ где $n1 = 60 \cdot f1/p$ и $f1 = n1 \cdot p/60$ - частота ЭДС статорной обмотки. Тогда частота ЭДС роторной обмотки

$$E_{2S} = E_{m2}/\sqrt{2} = 4.44 f_2 w_2 \Phi_{mp} k_{02}.$$

Диапазон изменения частоты $f2$ в АД - $(0...1)f1$; номинальная частота ЭДС и тока роторной обмотки $f2_н \approx (0,01...0,07)f1 = 0,5...3,5$ Гц.

Таким образом, частота ЭДС в обмотке ротора прямо пропорциональна скольжению и равна частоте ЭДС статора только при неподвижном роторе.

Механическая характеристика двигателя

Наибольшее значение для оценки свойств АД имеет **механическая характеристика**, представляющая собой графическую зависимость частоты вращения ротора $n2$ от вращающего момента M, т. е. $n2 = f(M)$. При выборе двигателя к производственному механизму из множества двигателей с различными характеристиками выбирают тот, механическая характеристика которого удовлетворяет требованиям механизма.

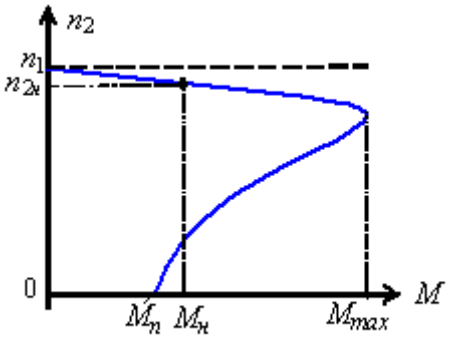


Рис. 8.11

Механическую характеристику $n2 = f(M)$ получают посредством преобразования зависимости $M = f(S)$, график которой представлен на рис. 8.10. Задаваясь значениями скольжения S и пользуясь формулой:

$$n2 = n1(1 - S) = 60f1(1 - S)/p,$$

при известных параметрах двигателя можно определить момент M и построить искомую механическую характеристику (**рис. 8.11**). Двигатель развивает максимальный вращающий момент при частоте $n2 \approx (0{,}8...0{,}9)\ n1$; при частоте вращения $n2 = n1$ момент равен нулю, а при $n2 = 0$ **пусковой момент**

$$Mn = (0{,}3...0{,}7)Mmax$$

5. Список экзаменационных вопросов по дисциплине

1. Классификация графиков нагрузки (только перечислить основные параметры классификации, без подробного описания)
2. Параметры графиков нагрузки
3. Изобразить график нагрузки энергосистемы и отметить характерные зоны
4. Паротурбинные конденсационные станции (определение, принцип работы, особенности)
5. Паротурбинные теплофикационные электростанции (определение, принцип работы, особенности)
6. Газотурбинные станции (определение, принцип работы, особенности)
7. Атомные электростанции (определение, принцип работы, особенности)
8. Гидроэлектростанции (определение, принцип работы, особенности)
9. Гидроаккумулирующие станции (определение, принцип работы, особенности)
10. Изобразить график нагрузки энергосистемы и указать участие электростанций в его формировании
11. Номинальные параметры трансформаторов
12. Элементы конструкции трансформаторов
13. Системы охлаждения силовых трансформаторов
14. Нагрузочная способность трансформаторов
15. Особенности автотрансформаторов (схема с пояснениями)
16. Регулирование напряжения трансформаторов (описание применяемых устройств)
17. Динамическое действие токов КЗ
18. Термическое действие токов КЗ
19. Методы ограничения токов КЗ
20. Токоограничивающие реакторы
21. Описание применяемых шинных конструкций
22. Выбор шинных конструкций
23. Выбор токопроводов и проводов воздушных линий
24. Выбор кабелей
25. Характеристика высоковольтных выключателей
26. Масляные выключатели
27. Воздушные выключатели
28. Элегазовые выключатели
29. Сравнительная характеристика воздушных и элегазовых выключателей
30. Электромагнитные выключатели
31. Вакуумные выключатели
32. Сравнительная характеристика воздушных и вакуумных выключателей
33. Выключатель нагрузки
34. Разъединители
35. Турбогенераторы
36. Гидрогенераторы

37. Косвенные системы охлаждения генераторов
38. Измерительные трансформаторы
39. Конструкция дугогасительной камеры воздушного выключателя
40. Конструкция контактов элегазового выключателя с автопневматическим дутьем
41. Конструкция электромагнитного выключателя
42. Конструкция вакуумного выключателя
43. Конструкция выключателя нагрузки
44. Гидрогенераторы подвесного типа
45. Гидрогенераторы зонтичного типа
46. Схема электромашинного самовозбуждения
47. Электромашинное независимое возбуждение
48. Независимое высокочастотное возбуждение
49. Независимое тиристорное возбуждение
50. Независимое бесщеточное возбуждение
51. Полупроводниковое самовозбуждение

6. Примеры тестовых заданий

1

Математически явление электромагнитной индукции описывается выражением …

1. $F = BlI$
2. $e = Bl\upsilon$ +
3. $\oint \overline{H}\overline{dl} = \sum IW$
4. $e = -L\dfrac{di}{dt}$

2

Математически явление электромагнитной индукции описывается выражением …

1. $e = -\omega\dfrac{d\Phi}{dt}$ +
2. $F = BlI$
3. $\oint \overline{H}\overline{dl} = \sum I\omega$

4. $\Phi = \dfrac{I\omega}{R_M}$

3

Математически явление самоиндукции описывается выражением…

1. $e = Bl\upsilon$
2. $e = -\omega\dfrac{d\Phi}{dt}$
3. $e = -L\dfrac{di}{dt}$ +
4. $F = \dfrac{B_0 H_0}{2} S$

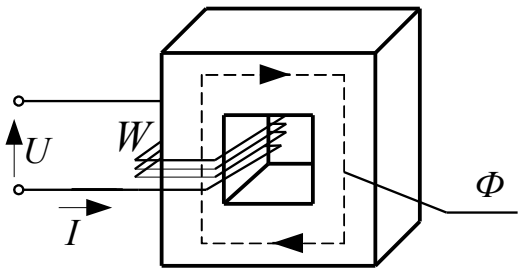
4

Математическая запись закона Ампера имеет вид…

1. $B = \mu H$
2. $H = \dfrac{I\omega}{l}$
3. $L = \dfrac{\omega^2 S}{l}\mu$
4. $F = BlI$ +

5

Выражение закона полного тока для простейшей однородной магнитной цепи имеет вид…



1. $\int \overline{H}\overline{dl}=I$
2. $\oint Hdl\sin(\overset{\wedge}{Hdl})=\sum I$
3. $\int Hdl = I\Phi$
4. $\oint \overline{H}\overline{dl}=\sum IW$ +

6.

Математическая запись закона Ома для магнитной цепи имеет вид…

1. $\Phi = \dfrac{IW}{R_\mu}$ +
2. $\Phi = \dfrac{R_\mu}{IW}$
3. $IW = \dfrac{\Phi}{R_\mu}$
4. $Hl = \sum I$

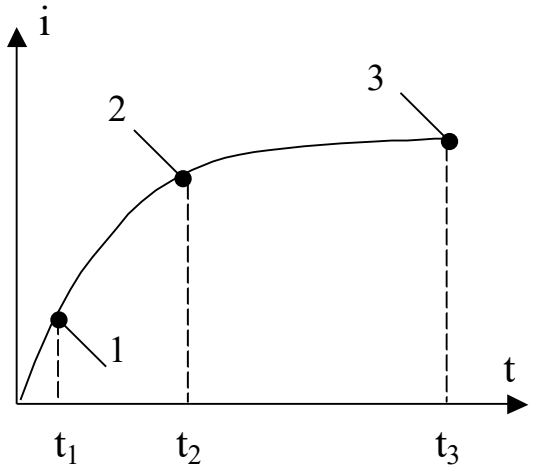
7.

Магнитный поток Φ вектора магнитной индукции $\overline{B}$ через поверхность S определяется по формуле …

1. $\Phi = \int_S \overline{B} d\overline{S}$ +
2. $\Phi = \int_S \overline{S} d\overline{B}$
3. $\Phi = \int BdS$
4. $\Phi = \int SdB$

8.

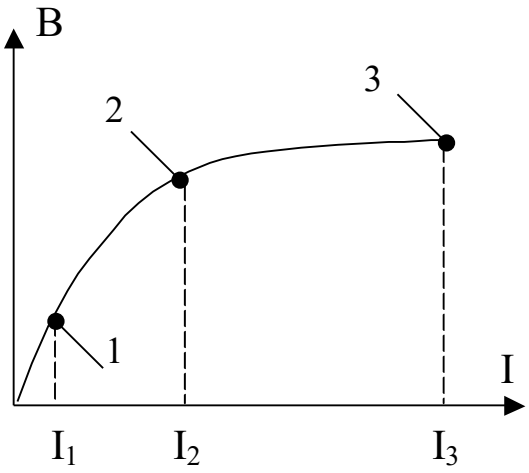
При заданном на графике законе изменения тока i в катушке значения ЭДС самоиндукции e_1, e_2, e_3 для моментов времени t_1, t_2, t_3 связаны между собой соотношениями …



1. $e_2 = e_3$
2. $e_1 < e_2$
3. $e_3 > e_2$
4. $e_1 > e_3$ +

9.

Магнитные проницаемости μ_1, μ_2, μ_3 ферромагнитного сердечника в точках 1, 2, 3 кривой намагничивания B(I), изображенной на графике, связаны между собой соотношениями…



1. $\mu_2 = \mu_3$
2. $\mu_2 > \mu_1$
3. $\mu_2 < \mu_3$
4. $\mu_1 > \mu_3$ +

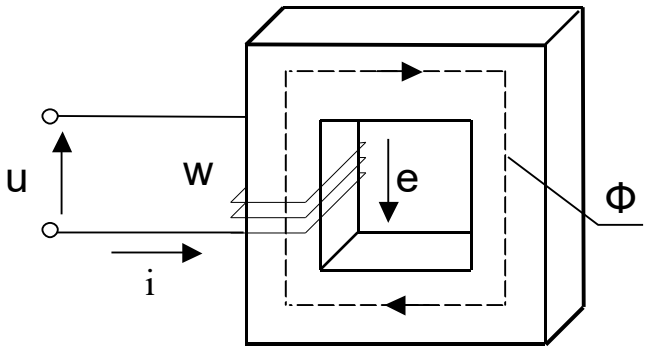
10.

Энергии магнитных полей двух катушек с одинаковыми значениями установившегося тока: со стальным сердечником W_c и без сердечника W связаны соотношением…

1. $W_c = W$
2. $W_c > W$ +
3. $W_c < W$
4. $W_c = \sqrt{W}$

11.

Для идеализированной магнитной цепи э.д.с. е, индуктируемая магнитным потоком $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ определяется по формуле …



1. $e = -E_m \sin \omega t$
2. $e = -E_m \cos \omega t$ +
3. $e = E_m \sin \omega t$
4. $e = E_m \cos \omega t$

12.

Динамическая петля перемагничивания имеет вид представленный на…

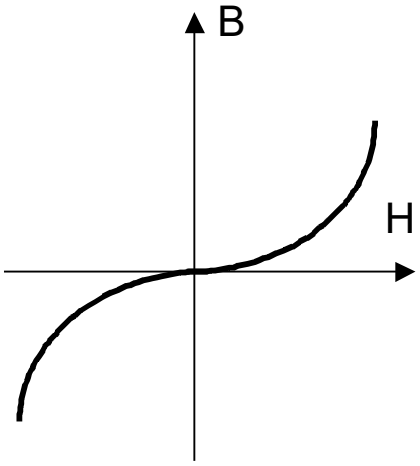


рис. 1

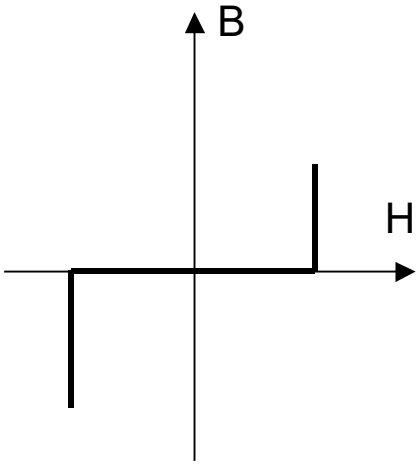


рис. 2

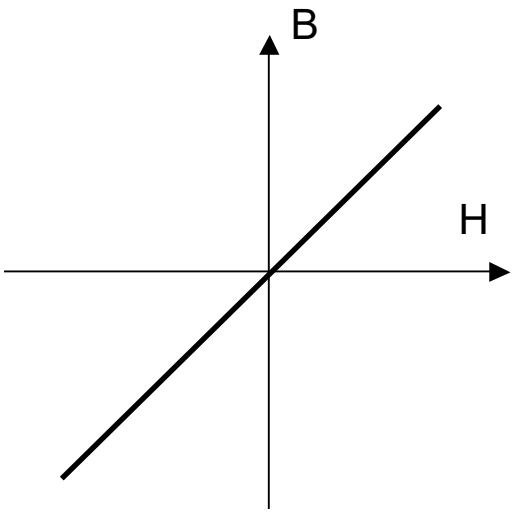


рис. 3

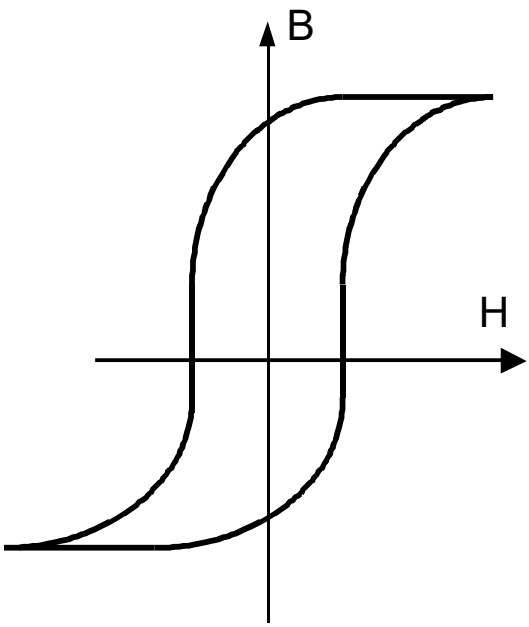
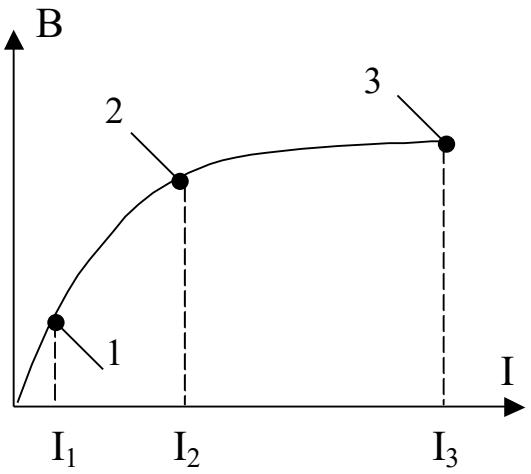


рис.4

1. рис. 1
2. рис. 2
3. рис. 3
4. рис. 4 +

13

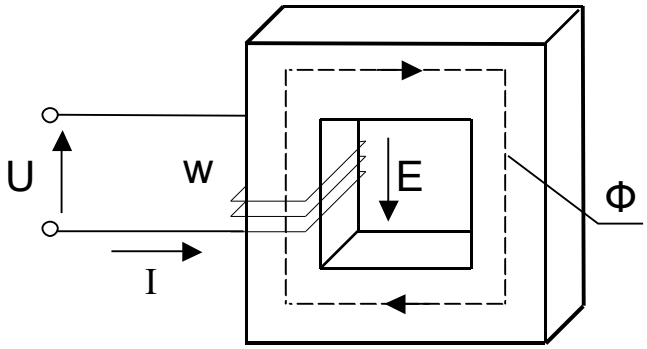
Индуктивности L_1, L_2, L_3 катушки с ферромагнитным сердечником в точках 1, 2, 3 кривой намагничивания B(I), изображенной на графике, связаны между собой соотношениями…



1. $L_1 > L_3$ +
2. $L_3 > L_1$
3. $L_2 > L_1$
4. $L_1 = L_3$

14.

Векторная диаграмма катушки с ферромагнитным сердечником без учета потока рассеяния и падения напряжения в активном сопротивлении представлена на …



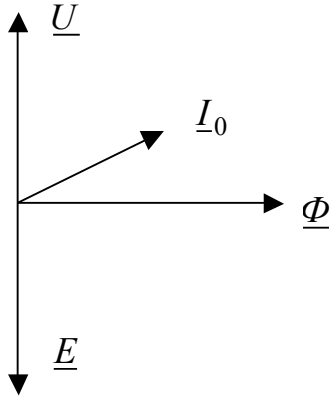


рис. 1

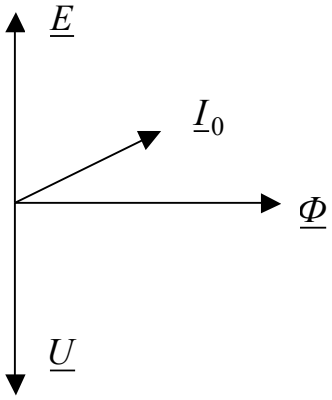


рис. 2

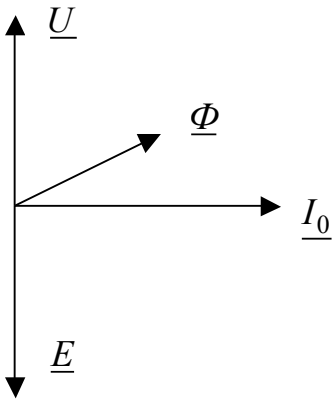


рис. 3

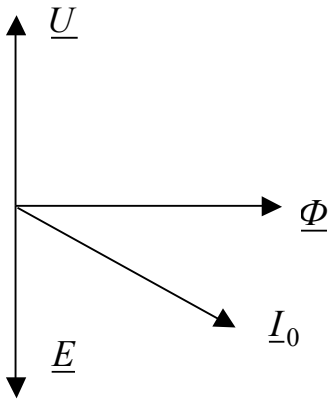


рис. 4

1. рис.1 +
2. рис.2
3. рис.3
4. рис.4

15.

Графику зависимости потокосцепления $\psi(t)$ контура от времени соответствует график зависимости наведенной в контуре э.д.с. e(t), представленный на …

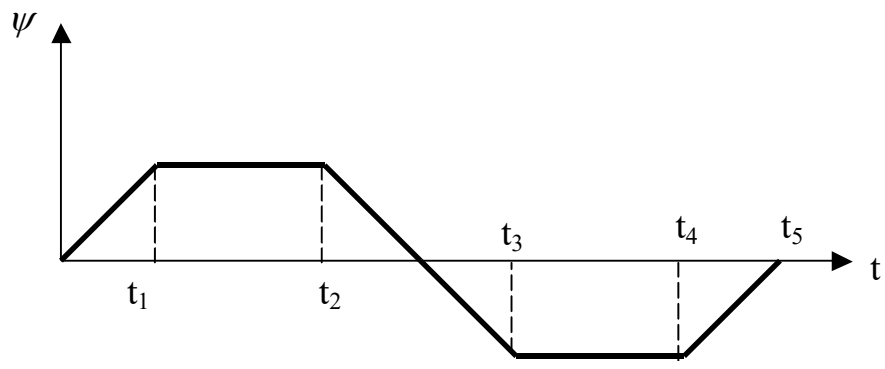


График зависимости потокосцепления $\psi(t)$ от времени

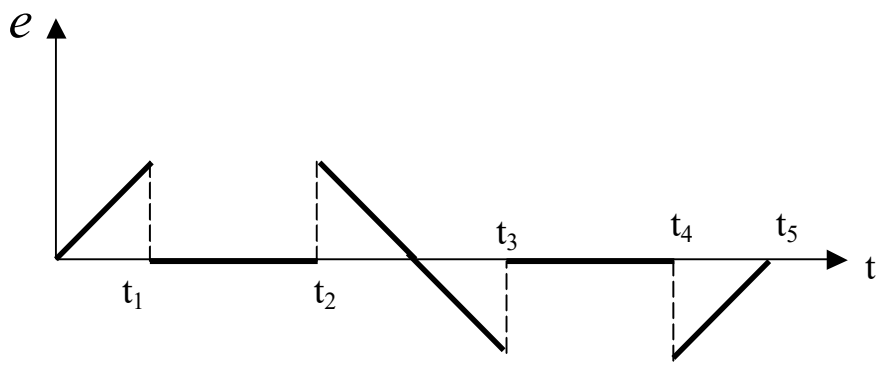


Рис.1

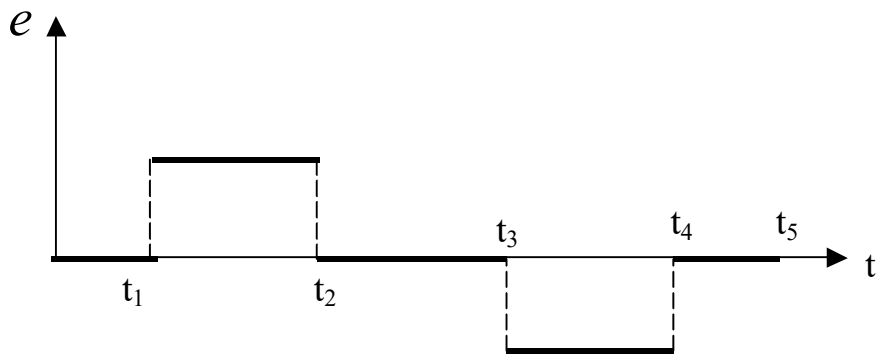


Рис 2.

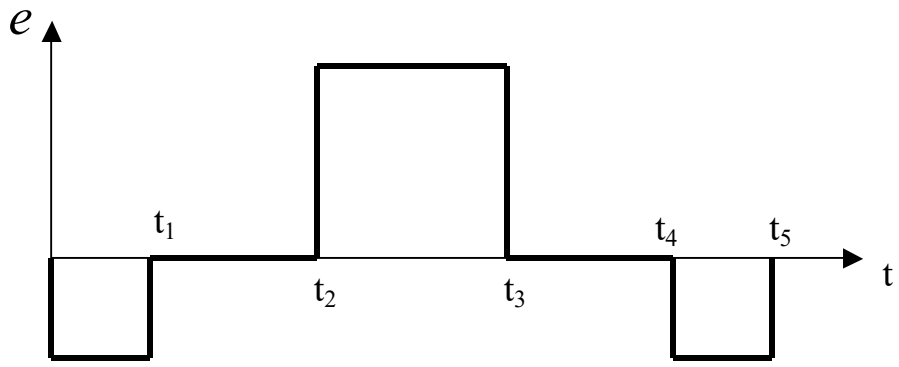


Рис.3

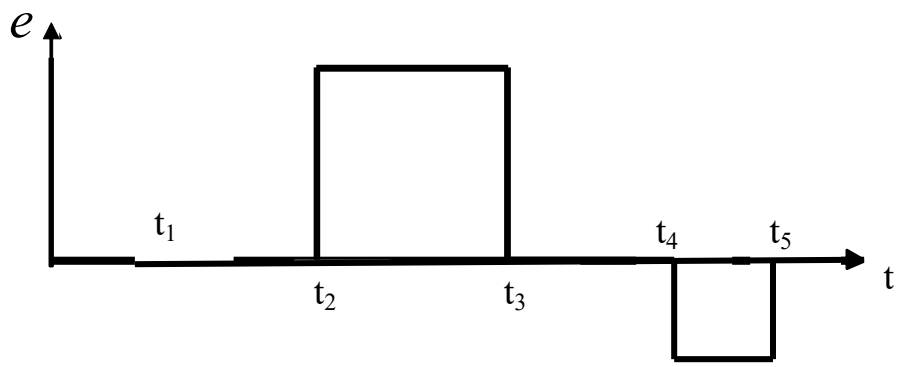


Рис. 4

1. Рис.1
2. Рис.2
3. Рис.3 +
4. Рис.4