

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Электрические аппараты управления и распределения энергии**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Силовые электронные аппараты**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|  |                                                    |                              |
|--|----------------------------------------------------|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец                                           | Лепанов М.Г.                 |
|  | Идентификатор                                      | Rab965209-LepanovMG-ec7ee096 |

М.Г. Лепанов

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|  |                                                    |                                |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец                                           | Кузнецова Е.А.                 |
|  | Идентификатор                                      | Re7bf1ad9-KuznetsovaYA-c9331b9 |

Е.А.  
Кузнецова

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|  |                                                    |                              |
|--|----------------------------------------------------|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец                                           | Киселев М.Г.                 |
|  | Идентификатор                                      | R572ca413-KiselevMG-f37ee096 |

М.Г. Киселев

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен участвовать в планировании, организации и выполнении исследований и анализировать полученные результаты

ИД-1 Формулирует задачу исследования на основе критического анализа научно-технической информации в области электрических аппаратов

2. ПК-2 Способен по результатам исследований выбирать и проектировать новые эффективные технические решения в области профессиональной деятельности

ИД-4 Применяет стандартные средства автоматизированного проектирования электротехнических устройств и прикладные программы для проектирования элементов электрических и электронных аппаратов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Выступление (доклад)

1. Современные тенденции в силовой электронике (Реферат)

Форма реализации: Защита задания

1. Инверторы и четырехквadrантный регулятор (Коллоквиум)

2. Многоуровневные схемы инверторов (Коллоквиум)

3. Оценка потерь в трехфазном инверторе (Коллоквиум)

Форма реализации: Устная форма

1. Выпрямители (Коллоквиум)

2. Компенсация реактивной мощности (Коллоквиум)

3. Регуляторы постоянного тока (Коллоквиум)

## БРС дисциплины

### 1 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Регуляторы постоянного тока (Коллоквиум)

КМ-2 Оценка потерь в трехфазном инверторе (Коллоквиум)

КМ-3 Выпрямители (Коллоквиум)

КМ-4 Инверторы и четырехквadrантный регулятор (Коллоквиум)

КМ-5 Многоуровневные схемы инверторов (Коллоквиум)

КМ-6 Компенсация реактивной мощности (Коллоквиум)

КМ-7 Современные тенденции в силовой электронике (Реферат)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Раздел дисциплины                                                   | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                                                     | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 | КМ-6 | КМ-7 |
|                                                                     | Срок КМ:                        | 4    | 7    | 6    | 8    | 13   | 16   | 14   |
| Регуляторы постоянного тока                                         |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Полупроводниковые силовые приборы                                   |                                 |      | +    |      |      |      |      |      |
| Регуляторы постоянного тока                                         |                                 | +    |      |      |      |      |      |      |
| Выпрямители                                                         |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Диодные и тиристорные выпрямители                                   |                                 |      |      | +    |      |      |      |      |
| Корректор коэффициента мощности                                     |                                 |      |      | +    |      |      |      |      |
| Инверторы напряжения и регуляторы                                   |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Однофазный инвертор напряжения                                      |                                 |      |      |      | +    |      |      |      |
| Трёхфазный инвертор напряжения                                      |                                 |      |      |      | +    |      |      |      |
| Четырёхквadrантный регулятор                                        |                                 |      |      |      | +    |      |      |      |
| Многоуровневые схемы инвертора напряжения                           |                                 |      |      |      |      | +    |      |      |
| Повышение качества электроэнергии                                   |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Показатели качества электроэнергии                                  |                                 |      |      |      |      |      | +    |      |
| Способы повышения качества электроэнергии                           |                                 |      |      |      |      |      | +    |      |
| Компенсация реактивной мощности на основе конденсаторов             |                                 |      |      |      |      |      | +    |      |
| Компенсация реактивной мощности на встречно-параллельных тиристорах |                                 |      |      |      |      |      | +    |      |
| Теория мощности                                                     |                                 |      |      |      |      |      | +    |      |
| Современные тенденции в силовой электронике                         |                                 |      |      |      |      |      |      |      |
| Умные сети                                                          |                                 |      |      |      |      |      |      | +    |
| Электромобили, электрозарядка                                       |                                 |      |      |      |      |      |      | +    |
| Беспроводная зарядка                                                |                                 |      |      |      |      |      |      | +    |
| Вес КМ:                                                             |                                 | 15   | 10   | 15   | 15   | 10   | 10   | 25   |

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

| Индекс компетенции | Индикатор                                                                                                                                           | Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Контрольная точка                                                                                                                                           |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1               | ИД-1 <sub>ПК-1</sub> Формулирует задачу исследования на основе критического анализа научно-технической информации в области электрических аппаратов | <p>Знать:</p> <p>Современное состояние развития полупроводниковой базы, нетрадиционных источников энергии, применение сетевых регуляторов для возобновляемой энергетики и в умных сетях и для повышения качества электроэнергии</p> <p>Уметь:</p> <p>Разрабатывать и исследовать компьютерные модели полупроводниковых регуляторов из постоянного тока в постоянный.</p> <p>Разрабатывать и исследовать компьютерные модели полупроводниковых выпрямителей</p> | <p>КМ-1 Регуляторы постоянного тока (Коллоквиум)</p> <p>КМ-3 Выпрямители (Коллоквиум)</p> <p>КМ-7 Современные тенденции в силовой электронике (Реферат)</p> |

|      |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2 | ИД-4 <sub>ПК-2</sub> Применяет стандартные средства автоматизированного проектирования электротехнических устройств и прикладные программы для проектирования элементов электрических и электронных аппаратов | <p>Знать:</p> <p>Принцип работы многоуровневых инверторов</p> <p>Принцип оценки тепловых потерь в силовых электронных преобразователях</p> <p>Уметь:</p> <p>Разрабатывать и исследовать компьютерные модели устройств компенсации реактивной мощности</p> <p>Разрабатывать и исследовать компьютерные модели инверторов и однофазных сетевых регуляторов</p> | <p>КМ-2 Оценка потерь в трехфазном инверторе (Коллоквиум)</p> <p>КМ-4 Инверторы и четырехквadrантный регулятор (Коллоквиум)</p> <p>КМ-5 Многоуровневые схемы инверторов (Коллоквиум)</p> <p>КМ-6 Компенсация реактивной мощности (Коллоквиум)</p> |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## **II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания**

### **КМ-1. Регуляторы постоянного тока**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольные вопросы по подготовленному отчету.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                      | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: Разрабатывать и исследовать компьютерные модели полупроводниковых регуляторов из постоянного тока в постоянный. | <ol style="list-style-type: none"><li>1.Основные параметры и характеристики транзисторов. Какие данные транзистора использовались в модели транзистора (библиотеки Simscape);</li><li>2.Различие типов транзисторов. Схема подключения n-канального и p-канального транзисторов. ВАХ транзистора MOSFET</li><li>3.Что такое регулировочная характеристика регулятора? Объяснить характеристику. Как влияют параметры схемы и транзистора на регулировочную характеристику?</li><li>4.Влияние режима работы транзистора на потери и КПД регулятора. В каком режиме достигается высокий КПД и в каком низкий КПД, Определите КПД регулятора при найденном UGS0.</li><li>5.Влияние входного напряжения на работу регулятора. Объяснить полученную характеристику.</li><li>6.Объяснить характеристику выходного напряжения от тока нагрузки.</li><li>7.Базовая схема обратной связи. Функция обратной связи.</li><li>8.Что такое ПИ-регулятор? Объясните необходимость применения.</li><li>9.Что такое качественный переходной процесс? Статическая ошибка регулирования.</li><li>10.Объяснить характеристику влияния тока нагрузки на напряжение управления транзистором.</li><li>11.Объяснить переходные процессы в регуляторе при изменении входного напряжения и тока нагрузки.</li><li>12.Импульсные регуляторы постоянного тока.</li></ol> |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | Принцип работы. Коэффициент заполнения.<br>13. Принцип работы регулятора постоянного тока Чука. Достоинства и недостатки.<br>14. Управление с помощью широтно-импульсной модуляции. Реализация ШИМ. Основные свойства ШИМ.<br>15. Регулировочные характеристики регуляторов постоянного тока. Идеальные и реальные.<br>16. Что такое пульсации напряжения в регуляторах постоянного тока? Влияние частоты коммутации на величину пульсаций.<br>17. Спектральный состав выходного напряжения. Влияние частоты модуляции на спектральный состав.<br>18. Система управления регулятора с обратной связью.<br>19. Обратногоходовой регулятор.<br>20. Синхронный преобразователь.<br>21. Двухнаправленный преобразователь.<br>22. Регуляторы с гальванической развязкой. |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

#### **КМ-2. Оценка потерь в трехфазном инверторе**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Ответить на вопросы по отчету лабораторной работы.

#### **Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы



**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                   | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Знать: Принцип оценки тепловых потерь в силовых электронных преобразователях</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие характеристики из документации к транзистору используются для оценки тепловых потерь в полупроводниковом преобразователе?</li> <li>2. Как зависят характеристики от температуры?</li> <li>3. Как задаются характеристики в расчетной модели?</li> <li>4. Как получить графики токов транзистора и встречноключенного диода при применении блока Universal Bridge?</li> <li>5. Как осуществляется расчет статических потерь в модели?</li> <li>6. Как осуществляется расчет коммутационных потерь в модели?</li> <li>7. Чем различается расчет статических и коммутационных потерь в модели?</li> <li>8. Как реализуется в модели определение моментов включения и выключения?</li> <li>9. Объяснить влияние на потери величины полного сопротивления</li> <li>10. Объяснить влияние на потери угла нагрузки</li> <li>11. Объяснить влияние на потери коэффициента модуляции</li> <li>12. Объяснить влияние частоты выходного напряжения на потери</li> <li>13. Объяснить влияние частоты коммутации на потери</li> <li>14. Почему важны частоты модуляции 1350 Гц, 4950 Гц, 7650 Гц. Как изменятся потери при работе на такой частоте в системе без нулевого провода</li> <li>15. Влияние наличия нулевого провода на величину потерь и на гармонический состав тока</li> <li>16. Как рассчитать температуру кристалла по известным мощностям потерь?</li> <li>17. Почему достаточно рассчитать потери для одного ключа? В каких случаях следует рассчитывать потери по отдельности для каждого ключа?</li> <li>18. На основе полученных графиков выберите оптимальную частоту коммутации</li> <li>19. Как изменятся потери в случае превышения коэффициента модуляции (<math>k_m &gt; 1</math>)</li> <li>20. Перечислите меры по снижению температуры кристалла</li> </ol> |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

### **КМ-3. Выпрямители**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольные вопросы по подготовленному отчету.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                     | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: Разрабатывать и исследовать компьютерные модели полупроводниковых выпрямителей | <ol style="list-style-type: none"><li>1.Способы оценки качества тока (коэффициент гармоник, неактивный ток, коэффициенты неактивности);</li><li>2.Свойство ортогональности гармонических функций</li><li>3.Алгоритм вычисления неактивного тока в однофазных цепях</li><li>4.Однофазный диодный выпрямитель на активную нагрузку. Пульсации выходного напряжения. Форма потребляемого тока. Расчет среднего тока диода, расчет среднего напряжения на выходе</li><li>5.Потери мощности в диодном мосте</li><li>6.Работа однофазного выпрямителя с конденсатором на выходе. Проанализируйте полученные графики. Оцените качество потребляемого тока.</li><li>7.Объяснить полученные зависимости пульсаций напряжения, реактивной мощности, коэффициента искажения от сопротивления нагрузки</li><li>8.Однофазный тиристорный выпрямитель на активную нагрузку. Принцип работы. Проанализируйте качество выходного напряжения и качество потребляемого тока</li><li>9.Корректор коэффициента мощности на основе повышающего регулятора. Принцип действия</li><li>10.Корректор коэффициента мощности на основе инвертирующего регулятора. Принцип действия</li><li>11.Влияние величины индуктивности дросселя на</li></ol> |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | <p>качество тока и частоту коммутации ключа</p> <p>12.Расчет и выбор основных параметров корректора коэффициента мощности</p> <p>13.Принцип работы системы управления с гистерезисным элементом</p> <p>14.Блок-схема алгоритма управления без обратной связи по напряжению</p> <p>15.Блок-схема алгоритма управления с обратной связью по напряжению</p> <p>16.Проанализировать влияние петли гистерезиса на качество тока и частоту коммутации</p> <p>17.Проанализируйте гармонический состав тока. Какими дополнительными способами возможно его улучшить?</p> <p>18.Корректор коэффициента мощности. Прерывистый метод управления</p> <p>19.Корректор коэффициента мощности в трехфазных цепях</p> <p>20.Управляемый выпрямитель на транзисторах. Принцип работы</p> <p>21.Управляемый выпрямитель на транзисторах. Построение системы управления</p> <p>22.Управляемый выпрямитель на транзисторах. Схема замещения. Векторная диаграмма</p> |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто, выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

#### КМ-4. Инверторы и четырехквadrантный регулятор

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольные вопросы по подготовленному отчету.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на один из вопросов

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                  | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: Разрабатывать и исследовать компьютерные модели инверторов и однофазных сетевых регуляторов | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Принцип работы однофазного инвертора напряжения. Какие ключи применяют в инверторе? Для чего требуются обратные диоды в схеме</li><li>2. Влияние индуктивности в нагрузке на ток инвертора</li><li>3. Способы улучшения гармонического состава выходного напряжения</li><li>4. Способы регулирования напряжения на стороне переменного тока</li><li>5. Принцип работы широтно-импульсной модуляции</li><li>6. Реализация ШИМ-модуляции в модели</li><li>7. Однополярная и двуполярная модуляция в однофазных инверторах. Сравнение</li><li>8. Влияние частоты модуляции, коэффициента модуляции на гармонический состав напряжения</li><li>9. Влияние наличия колебаний напряжения на стороне постоянного тока на выходное напряжение</li><li>10. Функции сетевого регулятора. Принцип работы</li><li>11. Последовательное и параллельное подключение сетевого регулятора</li><li>12. Источники на стороне постоянного тока регулятора</li><li>13. Схема замещения регулятора, расчет индуктивности дросселя</li><li>14. Векторная (топографическая) диаграмма четырехквadrантного режима работы</li><li>15. Блок-схема алгоритма системы управления преобразователем сетевого регулятора без обратной связи</li><li>16. Влияние угла напряжения задания на полную, активную и реактивную мощности</li><li>17. Влияние частоты модуляции на гармонический состав тока</li><li>18. Влияние режима работы сетевого регулятора на средний ток на стороне постоянного тока</li><li>19. Способы улучшения гармонического состава тока регулятора</li><li>20. Синхронизации к напряжению сети</li><li>21. Метод токового управления регулятора. Вычисление напряжения задания</li><li>22. Релейный метод управления сетевым</li></ol> |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                     |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | регулятором<br>23.Векторная модуляция сетевого регулятора<br>24.Прямое и обратное преобразования abc/dq и dq/abc |

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

#### КМ-5. Многоуровневые схемы инверторов

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольные вопросы по подготовленному отчету.

#### Краткое содержание задания:

Ответьте на вопросы

#### Контрольные вопросы/задания:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: Принцип работы многоуровневых инверторов   | 1.Амплитудно-импульсная и широтно-импульсная модуляции. Сравнение, принцип работы<br>2.Последовательное и параллельное соединение силовых ключей. Достоинства и недостатки<br>3.Виды структур многоуровневых преобразователей. Достоинства и недостатки многоуровневых схем преобразователей<br>4.Достоинства и недостатки многоуровневых схем преобразователей по сравнению с мостовой схемой преобразователя<br>5.Последовательное и параллельное соединение силовых ключей. Достоинства и недостатки |

| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | 6.Схема одного плеча многоуровневого преобразователя с диодной блокировкой. Принцип работы<br>7.Многоуровневый преобразователь с ячейко-гнездовой структурой конденсаторов. Принцип работы<br>8.Многоуровневый преобразователь на H-каскадах<br>9.Осуществление модуляции напряжения в многоуровневых преобразователях<br>10.Сравните регулировочные характеристики инверторов, полученных в работе<br>11.Влияние коэффициента модуляции на коэффициент гармоник для инверторов, рассматриваемых в работе<br>12.Объясните полученные графики в режиме перемодуляции<br>13.Влияние частоты коммутации на качество выходного тока и напряжения<br>14.Проанализируйте графики сигналов управления транзисторов. Определите частоту коммутации каждого транзистора плеча преобразователя |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

#### **КМ-6. Компенсация реактивной мощности**

**Формы реализации:** Устная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольные вопросы по подготовленному отчету.

#### **Краткое содержание задания:**

Ответить на вопросы

#### **Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                       | Вопросы/задания для проверки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Уметь: Разрабатывать и исследовать компьютерные модели устройств компенсации реактивной мощности</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Показатели качества электроэнергии. Отклонение по частоте, по напряжению</li> <li>2. Показатели качества электроэнергии. Несинусоидальность напряжений и токов</li> <li>3. Показатели качества электроэнергии. Несимметрия напряжений и токов</li> <li>4. Понятия полной, активной и реактивной мощностей, мощности искажений, мощности несимметрии</li> <li>5. Понятие идеальной сети и идеальной передачи электроэнергии</li> <li>6. Проанализировать токи сети до компенсации и после компенсации. С какой целью осуществляют компенсировать реактивную мощность?</li> <li>7. Проанализировать влияние сопротивления сети на качество электроэнергии</li> <li>8. Компенсация реактивной мощности с помощью конденсаторов. Достоинства и недостатки. Проблема коммутации конденсаторов</li> <li>9. Выбор сопротивления для включения конденсаторов. Влияние сопротивления на работу компенсатора</li> <li>10. Регулирование напряжения с помощью регулирования реактивной мощности</li> <li>11. Принцип работы компенсатора реактивной мощности на встречно-параллельных тиристорах</li> <li>12. Как рассчитать параметры конденсатора и индуктивности для компенсатора на тиристорах?</li> <li>13. Влияние компенсатора на тиристорах на качества электроэнергии</li> <li>14. Сравнить компенсацию реактивной мощности с помощью блоков конденсаторов и с помощью компенсатора на тиристорах</li> <li>15. Проанализируйте следующую ситуацию: аварийное отключение импульсов управления тиристорного компенсатора реактивной мощности</li> </ol> |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3 («удовлетворительно»)

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка:* 2 («неудовлетворительно»)

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

## **КМ-7. Современные тенденции в силовой электронике**

**Формы реализации:** Выступление (доклад)

**Тип контрольного мероприятия:** Реферат

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выдается статья, студент подготавливает по статье краткую презентацию для выступления.

**Краткое содержание задания:**

Ответьте на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                     | Вопросы/задания для проверки                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Знать: Современное состояние развития полупроводниковой базы, нетрадиционных источников энергии, применение сетевых регуляторов для возобновляемой энергетики и в умных сетях и для повышения качества электроэнергии | 1.Цель статьи<br>2.Что нового Вы узнали<br>3.Принцип работы |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* 5 («отлично»)

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 80

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

*Оценка:* 4 («хорошо»)

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 60

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

*Оценка:* 3 («удовлетворительно»)

*Нижний порог выполнения задания в процентах:* 50

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

*Оценка:* 2 («неудовлетворительно»)

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено



# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

- 1 - Показатели качества электроэнергии. Обзор способов улучшения.
- 2 - Однофазный четырехквadrанный регулятор. Принцип работы. Векторная диаграмма.
- 3 - Задача

### Процедура проведения

Время подготовки ответа - 1 час.

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-1</sub> Формулирует задачу исследования на основе критического анализа научно-технической информации в области электрических аппаратов

### Вопросы, задания

1. Силовые полупроводниковые ключи
2. Транзисторный регулятор напряжения
3. Базовые схемы регуляторов постоянного напряжения (понижающий, повышающий, инвертирующий, преобразователь Чука)
4. Регуляторы постоянного напряжения с трансформаторной развязкой
5. Многоквadrанные преобразователи постоянного тока
6. Диодные и тиристорные выпрямители
7. Корректоры коэффициента мощности. Система управления ККМ

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. В каких режимах, определяемых вольт-амперной характеристикой, работает транзистор в схемах регуляторов постоянного тока и инвертора?

Ответы:

- 1 - Активный режим
- 2 - Режим насыщения
- 3 - Режим отсечки
- 4 - Транзисторный режим

Верный ответ: 2,3

2. Выберите символические изображения транзистора

Ответы:

- 1 - Рисунок MOSFET
- 2 - Рисунок тиристора
- 3 - Рисунок IGBT
- 4 - Рисунок диода

Верный ответ: 1,3

3. Выберите идеализированную вольт-амперную характеристику транзистора

Ответы:

- 1 - рисунок
- 2 - рисунок

3 - рисунок

4 - рисунок

Верный ответ: 1

4.Какие полупроводниковые ключи называются полностью управляемыми?

Ответы:

1 - Диод

2 - Симистор

3 - Транзистор

4 - Тиристор

5 - Стабилитрон

Верный ответ: 3

5.С какой целью необходимо учитывать вольт-амперную характеристику полупроводникового ключа?

Ответы:

1 - Для оценки потерь;

2 - Для понимания принципа работы схемы;

3 - Для повышения КПД схемы;

4 - Для упрощения схемы

Верный ответ: 1

6.Режим прерывистого тока дросселя в регуляторах постоянного тока возникает по причине

Ответы:

1 - малого значения емкости выходного конденсатора;

2 - большого значения индуктивности дросселя;

3 - малого значения индуктивности дросселя;

4 - понижения напряжения на выходе регулятора

Верный ответ: 3

7.Преимуществом схем регуляторов постоянного тока с трансформаторной развязкой является

Ответы:

1 - отсутствие гальванической развязки;

2 - малый коэффициент преобразования напряжения;

3 - малые пульсации входного тока;

4 - наличие гальванической развязки

Верный ответ: 4

8.Какие базовые схемы регуляторов постоянного тока существуют?

Ответы:

1 - Регулятор переменного тока;

2 - Выпрямительный регулятор;

3 - Понижающий регулятор;

4 - Инвертирующий регулятор;

5 - Усилительный регулятор;

6 - Повышающий регулятор

Верный ответ: 3,4,6

9.Какими параметрами описывается сигнал управления ключа регулятора постоянного тока?

Ответы:

1 - Коэффициент заполнения;

2 - Скважность;

3 - Частота;

4 - Скорость;

5 - Плотность.

Верный ответ: 1,2,3

10.Повышение частоты модуляции в регуляторах постоянного тока

Ответы:

- 1 - Повышает уровень выходного напряжения;
- 2 - Не влияет на работу;
- 3 - Снижает пульсации выходного напряжения
- 4 - Увеличивает пульсации выходного напряжения

Верный ответ: 3

11.Какой формы потребляется ток однофазным мостовым диодным выпрямителем с активной нагрузкой?

Ответы:

- 1 - В форме меандра;
- 2 - Синусоидальный;
- 3 - Синусоидальный с наличием пауз и скачков;
- 4 - пилообразный

Верный ответ: 2

12.Какие функции выполняет корректор коэффициента мощности?

Ответы:

- 1 - Потребляет ток синусоидальной формы;
- 2 - Регулирует напряжение на стороне постоянного тока;
- 3 - Повышает напряжение сети;
- 4 - Блокирует потребление активной мощности

Верный ответ: 1,2

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-4ПК-2 Применяет стандартные средства автоматизированного проектирования электротехнических устройств и прикладные программы для проектирования элементов электрических и электронных аппаратов

### Вопросы, задания

- 1.Регуляторы напряжения переменного тока на тиристорах с естественной коммутацией. Работа на активную, индуктивную и активно-индуктивную нагрузки
- 2.Показатели качества электроэнергии. Обзор способов улучшения
- 3.Теория мощности в однофазных цепях (по Будеани и по Фрайзу)
- 4.Мощность в симметричных и несимметричных цепях
- 5.Теория мгновенной мощности; Преобразование Кларк
- 6.Реактивная мощность. Компенсация реактивной мощности пассивными элементами
- 7.Реактивная мощность. Компенсация реактивной мощности на основе схемы со встречно-включенными тиристорами
- 8.Регулирование напряжения нагрузки в сетях переменного тока. Векторная диаграмма
- 9.Однофазный инвертор напряжения. Принцип инвертирования. Широтно-импульсная модуляция
- 10.Трехфазный инвертор напряжения. Широтно-импульсная модуляция
- 11.Однофазный четырехквadrантный регулятор. Принцип работы. Векторная диаграмма
- 12.Высшие гармоники. Активный фильтр
- 13.Многоуровневый преобразователь с диодной блокировкой
- 14.Многоуровневый преобразователь с ячейко-гнездовой структурой конденсаторов
- 15.Многоуровневый преобразователь на H-каскадах

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Какая из перечисленных нагрузок относится к источникам мощности искажения?

Ответы:

- 1 - Выпрямитель с емкостной нагрузкой;
- 2 - Синхронный компенсатор;

3 - Асинхронный двигатель;

4 - Все перечисленные

Верный ответ: 1

2. Условием нормальной работы регулятора напряжения переменного тока на тиристорах с естественной коммутацией является

Ответы:

1 - Угол управления тиристорами должен быть меньше угла нагрузки;

2 - Угол управления тиристорами должен быть равен 45 градусов;

3 - Угол управления тиристорами должен быть равен 90 градусов;

4 - Угол управления тиристорами должен быть больше или равен углу нагрузки

Верный ответ: 4

3. С какой целью применяют схему со встречнопараллельными тиристорами, работающими на индуктивность?

Ответы:

1 - Для защиты нагрузки;

2 - Для компенсации реактивной мощности;

3 - Для регулирования активной мощности;

4 - Такая схема не применяется

Верный ответ: 2

4. Сколько транзисторов в схеме трехфазного мостового инвертора напряжения?

Ответы:

1 - 5

2 - 1

3 - 3

4 - 6

Верный ответ: 4

5. Широтно-импульсная модуляция в инверторах позволяет

Ответы:

1 - Снизить габариты выходного фильтра;

2 - Повысить частоту коммутации инвертора

3 - Снизить частоту выходного напряжения;

4 - Повысить частоту выходного напряжения

Верный ответ: 1,2

6. Основная гармоника напряжения на выходе инвертора с широтно-импульсной модуляцией

Ответы:

1 - обратно пропорциональна коэффициенту модуляции;

2 - пропорциональна квадрату коэффициента модуляции;

3 - пропорциональна коэффициенту модуляции;

4 - Не зависит от коэффициента модуляции

Верный ответ: 3

7. Четырехквadrантный регулятор не выполняет следующую функцию

Ответы:

1 - Компенсация реактивной мощности;

2 - Генерация активной мощности в сеть;

3 - Потребление активной мощности из сети;

4 - Активная фильтрация гармоник

Верный ответ: 4

8. Что не входит в состав активного фильтра?

Ответы:

1 - Фильтрующие дроссели

2 - Полупроводниковый преобразователь;

- 3 - Конденсатор на стороне постоянного тока;
  - 4 - Система управления;
  - 5 - Нелинейная нагрузка
- Верный ответ: 5

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

## ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Оценка выставляется с учетом оценки за работу в семестре в соответствии с регламентом БАРС.