

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

**Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**

**Наименование образовательной программы: Электрические и электронные аппараты**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Силовая электроника**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

М.Г. Киселев

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Курбатов П.А.
Идентификатор	R1a0c0ffa-KurbatovPA-23b01cca	

П.А.  
Курбатов

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-6 Способен принимать участие в проектировании, предлагать конкурентоспособные варианты технических решений и обосновывать выбор целесообразных проектных решений в соответствии с требованиями технического задания в области электрических и электронных аппаратов

ИД-3 Применяет специализированное программное обеспечение при проектировании электрических и электронных аппаратов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Инверторы (Контрольная работа)
2. Тиристорные выпрямители (Контрольная работа)

### БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %		
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
	Срок КМ:	8	13
Выпрямители			
Элементная база силовой электроники. Классификация и области применения силовых электронных преобразователей		+	
Однофазные выпрямители. Схемы, принцип работы, характеристики.		+	
Трехфазные выпрямители. Схемы, принцип работы, характеристики		+	
Инверторы			
Однофазные автономные инверторы. Схемы, принцип действия, способы управления.			+
Трехфазные автономные инверторы. Схемы, принцип действия, способы управления.			+
Резонансные инверторы. Преобразователи частоты.			+
	Вес КМ:	50	50

§Общая часть/Для промежуточной аттестации§

## 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-6	ИД-3ПК-6 Применяет специализированное программное обеспечение при проектировании электрических и электронных аппаратов	Знать: Элементную базу устройств силовой электроники, принцип работы выпрямителей и их характеристики Принцип работы автономных инверторов и их характеристики Уметь: Применять методы анализа электрических цепей для расчета процессов в схемах выпрямителей Применять методы анализа электрических цепей для расчета процессов в схемах инверторов	Тиристорные выпрямители (Контрольная работа) Инверторы (Контрольная работа)

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

### КМ-1. Тиристорные выпрямители

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

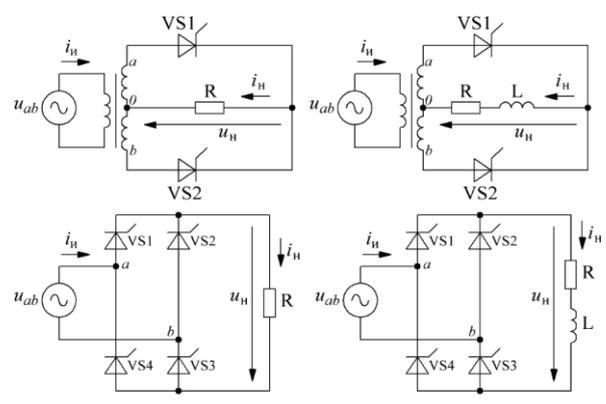
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 50

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выдается задача. Время на выполнение - 45 минут

#### Краткое содержание задания:

Решение задачи по теме тиристорный выпрямитель

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: Элементную базу устройств силовой электроники, принцип работы выпрямителей и их характеристики</p>	<p>1. Какие функции выполняет выпрямитель? 2. Условия включения/выключения тиристора.</p>
<p>Уметь: Применять методы анализа электрических цепей для расчета процессов в схемах выпрямителей</p>	<p>1. Для однофазной схемы двухполупериодного выпрямителя с <math>RL</math>-нагрузкой (<math>L = \infty</math>) заданы напряжение источника <math>u_{ab}</math> (<math>u_{a0} = u_{ab} / 2</math>; <math>u_{b0} = -u_{ab} / 2</math>) и угол управления <math>\alpha = 90^\circ</math>. Необходимо построить указанные диаграммы токов и напряжений и рассчитать требуемые значения токов, напряжений и мощностей.</p>  <p>Figure 1 Виды схем выпрямителей</p>

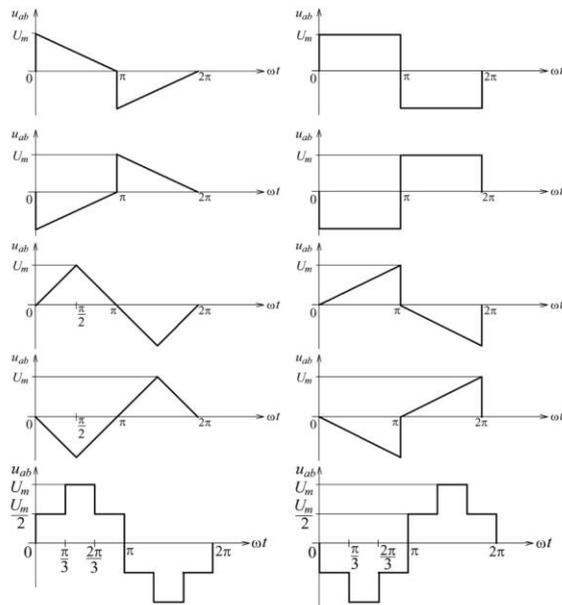


Figure 2 Формы напряжения источников

**Построить (с учетом а):**

- напряжение на нагрузке ( $u_n$ ) и ток нагрузки ( $i_n$ );
- токи тиристоров ( $i_{vs1}$ ,  $i_{vs2}$ ) и напряжения на тиристорах ( $u_{vs1}$ ,  $u_{vs2}$ );
- ток источника ( $i_i$ ).

**Определить:**

- среднее значение тока нагрузки ( $I_n$ , ср);
- среднее значение тока тиристоров ( $I_{vs}$ , ср) и действующее значение тока тиристоров ( $I_{vs}$ , д);
- действующее значение тока источника ( $I_i$ , д);
- максимальные значения прямого и обратного напряжений на тиристорах ( $U_{пр, max}$ ,  $U_{обр, max}$ );
- мощность нагрузки ( $P_n$ ) и полную мощность, потребляемую от источника ( $S$ ).

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2

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

## КМ-2. Инверторы

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 50

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Выдается задача. Время на выполнение - 45 минут

### Краткое содержание задания:

Решить задачу по теме инвертор и ответить на вопросы.

### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: Принцип работы автономных инверторов и их характеристики</p>	<p>1. Принцип работы инвертора напряжения 2. Для чего нужны обратные диоды в схеме инвертора?</p>
<p>Уметь: Применять методы анализа электрических цепей для расчета процессов в схемах инверторов</p>	<p>1. Для однофазной мостовой схемы автономного инвертора напряжения заданы напряжение источника <math>E = 100</math> В и выходное напряжение <math>u_{ab}</math>, которое имеет частоту <math>f = 50</math> Гц и амплитуду основной гармоники <math>U_{ab1,m} = (4E / \pi) \sin(\alpha / 2)</math>, коэффициент заполнения <math>g = 1</math>. LC-фильтр формирует на нагрузке синусоидальное напряжение, амплитуда которого <math>U_{н,m} = 73</math> В, а начальная фаза <math>\varphi_n = -90^\circ</math>. Емкость конденсатора <math>C = 36,8</math> мкФ, сопротивление нагрузки <math>R = 50</math> Ом.</p>

Figure 3 Схемы инверторов и формы выходного напряжения

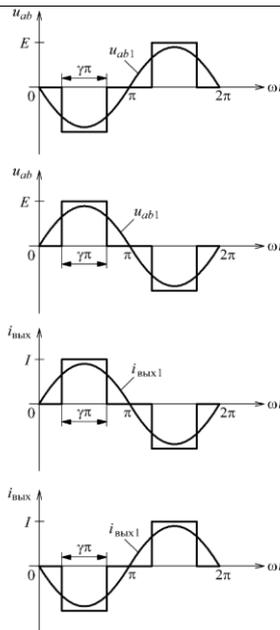


Figure 4 Формы напряжений

**Построить (с учетом амплитуд, начальных фаз и коэффициента заполнения):**

- импульсы управления транзисторами;
- напряжение на нагрузке и ток катушки ( $i_n, i_L$ );
- токи транзисторов и диодов ( $i_{VT1} \dots i_{VT4}, i_{VD1} \dots i_{VD4}$ ), ток источника ( $i_i$ );
- напряжения на ключах ( $u_{S1} \dots u_{S4}$ ).

**Определить:**

- амплитуду и начальную фазу выходного тока инвертора ( $I, t, j_{вых}$ );
- средние и действующие значения токов ключей ( $I_{S,ср}, I_{S,д}$ );
- среднее значение тока источника ( $I_{и,ср}$ ) и мощность, потребляемую от источника ( $P_{и}$ );
- мощность нагрузки ( $P_{н}$ ), а также активную, реактивную и полную мощности, потребляемые от инвертора ( $P, Q, S$ ).

**При решении необходимо учитывать только основные гармоники напряжений и токов.**

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

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

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

*Оценка:* 2

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

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 6 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет

### Процедура проведения

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-6 Применяет специализированное программное обеспечение при проектировании электрических и электронных аппаратов

### Вопросы, задания

1. Силовые полупроводниковые приборы (диоды, биполярные транзисторы, полевые транзисторы, биполярные транзисторы с изолированным затвором, тиристоры, запираемые тиристоры).
2. Однофазная однополупериодная схема выпрямителя с активной и активно индуктивной нагрузкой. Регулировочные, нагрузочные и энергетические характеристики.
3. Однофазная схема выпрямителя со средней точкой с активной и активно индуктивной нагрузкой. Регулировочные, нагрузочные и энергетические характеристики.
4. Однофазная мостовая схема выпрямителя с активной и активно индуктивной нагрузкой. Регулировочные, нагрузочные и энергетические характеристики.
5. Работа на противо ЭДС однофазной мостовой схемы выпрямителя
6. Трехфазная схема со средней точкой.
7. Трехфазный мостовой выпрямитель на диодах и тиристорах. Работа при активной нагрузке.
8. Трехфазный мостовой выпрямитель на тиристорах. Работа при активно-индуктивной нагрузке.
9. Регулировочные характеристики трехфазного мостового и трехфазного выпрямителя со средней точкой.
10. Инвертор тока на основе тиристоров с принудительной коммутацией.
11. Инвертор тока на полностью управляемых электронных ключах с активно емкостной нагрузкой.
12. Полумостовая и мостовая схемы инвертора напряжения с активно индуктивной нагрузкой.
13. Регулирование выходного напряжения и тока в схемах инверторов.
14. Выходные фильтры автономных инверторов.
15. Трехфазные мостовые схемы инверторов напряжения и инверторов тока на транзисторах.
16. Способы управления трехфазным инвертором напряжения (методы 180 и 120 градусной коммутации).
17. Мостовая схема с управлением методом синусоидальной широтно-импульсной модуляции.
18. Особенности работы трехфазной мостовой схемы с нейтральным проводником при активно индуктивной нагрузке.
19. Внешние и энергетические характеристики однофазных и трехфазных инверторов.
20. Принцип действия резонансных преобразователей.

- 21.Схемы последовательных резонансных инверторов на тиристорах.
- 22.Принцип прямого преобразования частоты (непосредственные тиристорные преобразователи частоты). Трехфазно однофазная схема.
- 23.Трехфазные тиристорные преобразователи частоты.
- 24.Уменьшение искажения выходного напряжения.
- 25.Преобразователи частоты со звеном постоянного тока.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

- 1.Какой полупроводниковый ключ называют не полностью управляемым?  
Ответы:  
диод; тиристор; транзистор; идеальный ключ  
Верный ответ: тиристор
- 2.Какой тип ключа применяется в силовой электронике?  
Ответы:  
контактор, автоматический выключатель, транзистор, сигнальный  
Верный ответ: транзистор
- 3.Какое условие включения диода является верным?  
Ответы:  
прикладывается прямое напряжение; подача управляющего сигнала, прикладывается обратное напряжение, протекание прямого тока  
Верный ответ: прикладывается прямое напряжение
- 4.К какому полупроводниковому ключу допускается прикладывать обратное напряжение?  
Ответы:  
тиристор, биполярный транзистор, полевой транзистор, контактор  
Верный ответ: тиристор
- 5.Какие полупроводниковые ключи применяются в инверторах?  
Ответы:  
диоды, контакторы, транзисторы, реле  
Верный ответ: транзисторы
- 6.Как называется функция преобразователя, при которой переменная составляющая напряжения преобразуется в постоянную составляющую?  
Ответы:  
инвертирование, выпрямление, регулирование, инверсия  
Верный ответ: выпрямление
- 7.На каких полупроводниковых ключах собирается регулируемая схема выпрямления?  
Ответы:  
транзисторы, тиристоры, диоды, контакторы  
Верный ответ: тиристоры
- 8.К какому току в нагрузке выпрямителя приводит наличие в нагрузке дросселя с большой индуктивностью?  
Ответы:  
переменному с частотой 100 Гц, синус по модулю, постоянному, пилообразному  
Верный ответ: постоянному
- 9.Какой формы ток нагрузки у однофазной диодной мостовой схемы с активной нагрузкой?  
Ответы:  
синусоидальный, синус по модулю, экспоненциальный, постоянный  
Верный ответ: синус по модулю
- 10.При увеличении угла управления среднее значение выходного напряжения выпрямителя?  
Ответы:

увеличивается, уменьшается, не изменяется, инвертируется

Верный ответ: уменьшается

11. Сколько ключей используется в трехфазной мостовой схеме выпрямителя?

Ответы:

3, 6, 4, 1

Верный ответ: 6

12. Какую функцию выполняет инвертор?

Ответы:

выпрямление, инверсия, инвертирование, регулирование

Верный ответ: инвертирование

13. Сколько ключей одновременно включено в однофазной схеме инвертора?

Ответы:

3, 2, 4, все

Верный ответ: 2

14. Сколько ключей одновременно включено в трехфазной схеме инвертирования при 180-ти градусной коммутации?

Ответы:

2, 3, 4, 8

Верный ответ: 3

15. Какой формы выходное напряжение однофазного инвертора без выходного фильтра?

Ответы:

синусоидальное, постоянное, меандр, синус по модулю

Верный ответ: меандр

16. Чем определяется амплитуда выходного напряжения однофазного инвертора без применения регулирования?

Ответы:

соответствует входному напряжению, моментом включения транзисторов, сопротивлением нагрузки, типом выбранных ключей

Верный ответ: соответствует входному напряжению

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*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*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2*

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

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

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».