

**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	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-6 Способен использовать методы математического анализа и компьютерного моделирования для изучения принципов функционирования и исследования характеристик и особенностей работы электрических и электронных аппаратов различного функционального назначения

ИД-3 Демонстрирует знание законов электротехники, математического анализа и основ теории электрических аппаратов

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

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

### БРС дисциплины

5 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 Демонстрирует знание законов электротехники, математического анализа и основ теории электрических 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

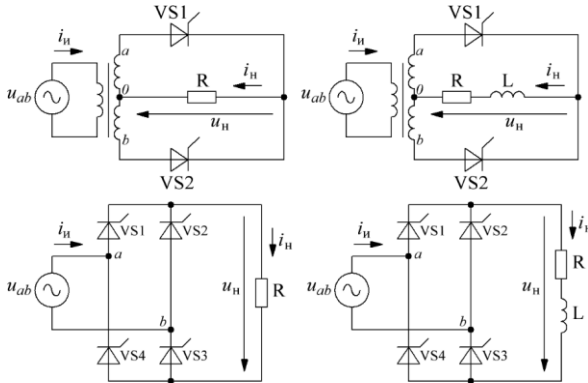
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 50

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

#### Краткое содержание задания:

Решение задачи по теме тиристорный выпрямитель

#### Контрольные вопросы/задания:

<p><b>Знать:</b> 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><b>Уметь:</b> Применять методы анализа электрических цепей для расчета процессов в схемах инверторов</p>	<p>1. Для однофазной схемы двухполупериодного выпрямителя с <math>RL</math>-нагрузкой (<math>L = \text{бесконечность}</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>

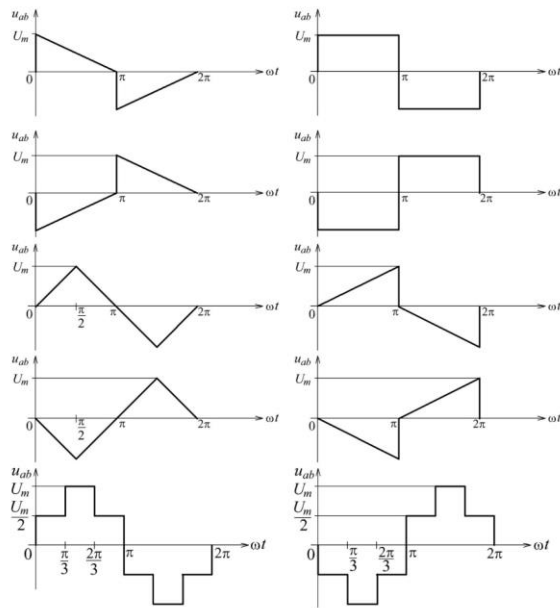


Figure 2 Формы напряжения источников

**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

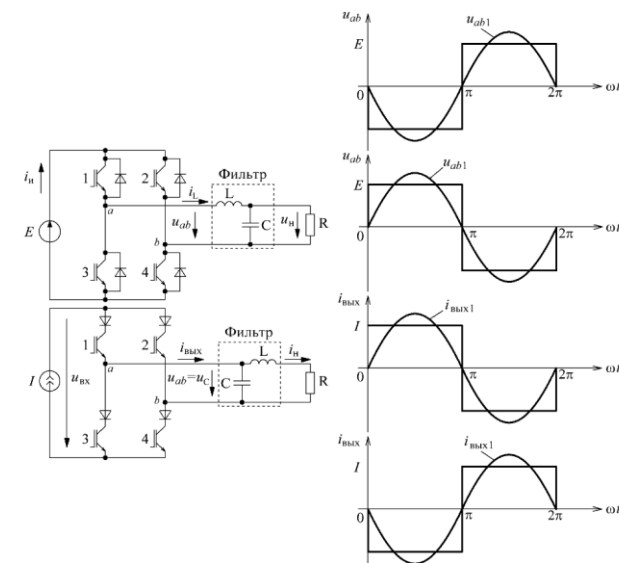
**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 50

**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 выпрямителей</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>  <p><b>Figure 3</b> Схемы инверторов и формы выходного напряжения</p>

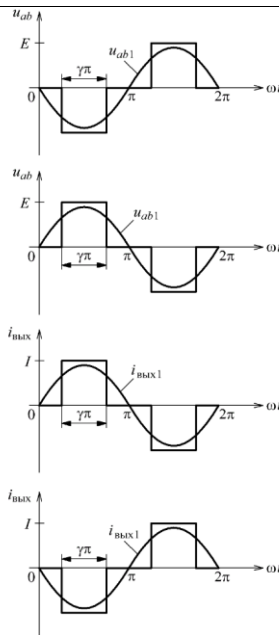


Figure 4 Формы напряжений

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

- импульсы управления транзисторами;
- напряжение на нагрузке и ток катушки ( $i_n, iL$ );
- 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 ( $I_i,ср$ ) и мощность, потребляемую от источника ( $P_i$ );
- мощность нагрузки ( $P_n$ ), 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

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### 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 Демонстрирует знание законов электротехники, математического анализа и основ теории электрических 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. Широтно-импульсная модуляция. Однополярная и двуполярная.
15. Выходные фильтры автономных инверторов.
16. Трехфазные мостовые схемы инверторов напряжения и инверторов тока на транзисторах.
17. Способы управления трехфазным инвертором напряжения (методы 180 и 120 градусной коммутации).
18. Мостовая схема с управлением методом синусоидальной широтно-импульсной модуляции.
19. Особенности работы трехфазной мостовой схемы с нейтральным проводником при активно индуктивной нагрузке.
20. Внешние и энергетические характеристики однофазных и трехфазных инверторов.

21. Принцип действия резонансных преобразователей.
22. Схемы последовательных резонансных инверторов на тиристорах.
23. Принцип прямого преобразования частоты (непосредственные тиристорные преобразователи частоты). Трехфазно однофазная схема.
24. Трехфазные тиристорные преобразователи частоты.
25. Уменьшение искажения выходного напряжения.
26. 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:* Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*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».