

**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: Электропривод и автоматика**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Проектирование электротехнических устройств**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Остриров В.Н.
	Идентификатор	Ra0851f56-OstrirovVN-326eeff3

В.Н.  
Остриров

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Анучин А.С.
	Идентификатор	Rc858e9d6-AnuchinAS-5e15edb3

А.С.  
Анучин

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Анучин А.С.
	Идентификатор	Rc858e9d6-AnuchinAS-5e15edb3

А.С.  
Анучин

## 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-3 Способен принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, технологические и экологические требования с учетом критериев энергетической эффективности

ИД-2 Демонстрирует знание основных правил компоновки и проектирования электротехнических устройств

2. ПК-4 Способен составлять и оформлять типовую техническую документацию

ИД-1 Владеет навыками чтения, оформления и использования технической документации

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 1 (Контрольная работа)

2. Контрольная работа 2 (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение 1 части РГР (Расчетно-графическая работа)

2. Выполнение 2 части РГР (Расчетно-графическая работа)

## БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	16
Электротехнические устройства (ЭТУ) низкого напряжения					
Электротехнические устройства (ЭТУ) низкого напряжения		+	+		
Внешние факторы и их влияние на конструкции ЭТУ					
Внешние факторы и их влияние на конструкции ЭТУ		+	+		
Тепловыделения в ЭТУ и тепловые режимы					
Тепловыделения в ЭТУ и тепловые режимы				+	

Электромагнитная совместимость элементов ЭТУ				
Электромагнитная совместимость элементов ЭТУ			+	
Конструирование узлов и типовые конструкции ЭТУ				
Конструирование узлов и типовые конструкции ЭТУ				+
Документирование ЭТУ				
Документирование ЭТУ				+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$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-3	ИД-2ПК-3 Демонстрирует знание основных правил компоновки и проектирования электротехнических устройств	Знать: современные конструктивы и изделия для проектирования электротехнических устройств Уметь: производить проектирование и конструирование НКУ с использованием современных компьютерных средств проектирования	Контрольная работа 1 (Контрольная работа) Выполнение 2 части РГР (Расчетно-графическая работа)
ПК-4	ИД-1ПК-4 Владеет навыками оформления и использования технической документации	Знать: методы расчета и проверки основных элементов НКУ при проектировании устройства согласно техническому заданию Уметь: производить выбор элементов НКУ и осуществлять их правильную компоновку в	Выполнение 1 части РГР (Расчетно-графическая работа) Контрольная работа 2 (Контрольная работа)

		НКУ с учетом тепловыделения и электромагнитной совместимости согласно техническому заданию	
--	--	--	--

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

### КМ-1. Контрольная работа 1

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа проводится в аудитории. Срок выполнения 20 минут.

#### Краткое содержание задания:

Ответить на теоретический вопрос

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: современные конструктивы и изделия для проектирования электротехнических устройств	1.Что такое электроустановка 2.Назовите основные потребительские функции электроустановок 3.Что подразумевает структурное описание электроустановки 4.Какие климатические факторы необходимо учитывать при проектировании электроустановок
---	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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. Выполнение 1 части РГР

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В начале курса студенты получают задание на выполнение работы. Числовые данные условий зависят от номера студента в журнале. Для успешного прохождения контрольной точки студент сдает работу на проверку.

**Краткое содержание задания:**

Спроектировать силовую часть преобразователя частоты с автономным инвертором напряжения для управления частотой вращения асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: методы расчета и проверки основных элементов НКУ при проектировании устройства согласно техническому заданию	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дать описание принципа работы преобразователя частоты в целом, а также его узлов.</li> <li>2. Обосновать выбор силовых полупроводниковых приборов в РГР.</li> <li>3. Обосновать выбор компонентов фильтра нижних частот в РГР.</li> </ol>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*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: 60*

*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-3. Контрольная работа 2**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Работа проводится в аудитории. Срок выполнения 20 минут.

**Краткое содержание задания:**

Ответить на теоретический вопрос

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: производить выбор элементов НКУ и осуществлять их правильную компоновку в НКУ с учетом тепловыделения и электромагнитной совместимости согласно техническому заданию	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Найти температуру кристалла транзисторного модуля по заданным тепловыделениям</li> <li>2. Оценить требуемое тепловое сопротивление радиатора ЭТУ</li> </ol>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60

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-4. Выполнение 2 части РГР

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** В начале курса студенты получают задание на выполнение работы. Числовые данные условий зависят от номера студента в журнале. Для успешного прохождения контрольной точки студент сдает работу на проверку.

#### **Краткое содержание задания:**

Спроектировать силовую часть преобразователя частоты с автономным инвертором напряжения для управления частотой вращения асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором.

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: проектирование и конструирование с использованием современных компьютерных средств проектирования	производить и НКУ с современных средств	1. На основе исходных данных рассчитать параметры работы цепей заряда и разряда звена постоянного тока преобразователя частоты. На основе расчета выбрать компоненты этих цепей. 2. Разработать электрическую принципиальную схему силовой части преобразователя частоты. В процессе разработки использовать выбранные ранее компоненты. 3. Выполнить расчет надежности силовой части преобразователя частоты. Расчет выполнить для выбранных ранее компонентов. 4. Выполнить уточненный эскиз силовой части преобразователя частоты, расположив выбранные ранее компоненты.
--	---	---

#### **Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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: 60*

*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

7 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

**Пример билета**

Функциональная электрическая схема силовой части ПЧ, рассмотренного в РГР.  
Методика расчета параметров и выбор элементов инвертора.  
Определение НКУ. Пример структур распределения энергии в НКУ, включающих различные по назначению электроприводы.  
Приведите последовательность оценки уровня надежности. Что означает показатель “наработка устройства на отказ”? От чего зависит данный показатель?

**Процедура проведения**

Время подготовки 30 минут.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2ПК-3 Демонстрирует знание основных правил компоновки и проектирования электротехнических устройств

**Вопросы, задания**

1. Векторная ШИМ для трехфазного инвертора. Принцип работы, основные расчетные соотношения.
2. Двухуровневый и пятиуровневый трехфазный инверторы. Силовые электрические схемы, графики мгновенных напряжений на выходе.
3. Какова цель проведения расчета надежности и какова его основная суть?
4. Составьте статическую тепловую модель силовой части ПЧ, выполненной на силовых полупроводниковых приборах в модульном исполнении. Дайте графическое представление модели и необходимые расчетные формулы.
5. Определение НКУ. Пример структур распределения энергии в НКУ, включающих различные по назначению электроприводы.
6. Приведите последовательность оценки уровня надежности. Что означает показатель “наработка устройства на отказ”? От чего зависит данный показатель?

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Вентильно-индукторный электропривод получает питание от сети постоянного тока напряжением 300 В. Какие элементы структуры силового канала должны присутствовать в такой системе? Линейное напряжение на двигателе 380 В. Выберите из предложенных вариантов.

Ответы:

- а) неуправляемый выпрямитель
- б) повышающий преобразователь напряжения
- в) инвертор
- г) коммутатор

Верный ответ: б), г)

2. Какие из характеристик IGBT модуля требуются при расчете тепловых потерь кристалла транзистора? Выберите из предложенных вариантов.

Ответы:

- а) зависимость падения напряжения IGBT в открытом состоянии
- б) тепловое сопротивление кристалл-подложка
- в) зависимость энергии коммутации обратного диода от тока диода
- г) зависимость энергии включения IGBT от тока коллектора
- д) геометрические размеры IGBT модуля

Верный ответ: а), г)

3. Какие из перечисленных мер приведут к снижению теплового сопротивления радиатор-окружающая среда?

Ответы:

- а) снижение длины радиатора
- б) установка на радиатор вентилятора
- в) установка на радиатор дополнительного источника тепла
- г) увеличение площади ребер радиатора
- д) снижение температуры окружающей среды

Верный ответ: б), г)

4. НКУ подключено к промышленной электрической сети 380 В 50 Гц. Какие из перечисленных мер приведут к снижению тока кондуктивной помехи общего вида от НКУ в сеть?

Ответы:

- а) установка фильтра нижних частот между фазами сети и корпусом НКУ
- б) замена материала корпуса НКУ с пластика на алюминий совместно с применением экранированного сетевого кабеля
- в) установка фильтра нижних частот между фазами сети
- г) применение снабберных конденсаторов в силовом канале НКУ

Верный ответ: а)

5. Какие из перечисленных мер повысят надежность НКУ?

Ответы:

- а) улучшение теплоотдачи радиатора НКУ
- б) уменьшение общего количества компонентов в составе НКУ
- в) выбор транзисторов с большим запасом по току в составе НКУ
- г) применение в составе НКУ компонентов с более высоким значением базовой интенсивности отказов
- д) установка НКУ на летательное средство вместо стационарного использования

Верный ответ: а), б), в)

6. Какие из утверждений, характеризующие IGBT и MOSFET, верны?

Ответы:

- а) проводимость IGBT регулируется величиной тока базы
- б) скорость коммутации MOSFET обычно значительно выше скорости коммутации IGBT
- в) IGBT отпирается импульсом управления, а запирается лишь приложением обратного напряжения к силовому переходу
- г) падение напряжения на MOSFET линейно зависит от тока и поэтому MOSFET характеризуют сопротивлением прямого падения

Верный ответ: б) г)

7. Какие из утверждений, характеризующие дроссели, верны?

Ответы:

- а) магнитная проницаемость магнитопровода дросселя обычно имеет значение ниже 100, это достигается путем использования магнитопровода с зазором
- б) тепловые потери дросселя сконцентрированы только в магнитопроводе
- в) потери тепла в магнитопроводе дросселя растут с ростом частоты напряжения на дросселе
- г) индуктивность дросселя не зависит от протекающего по нему тока

Верный ответ: а), в)

8. Какие из утверждений, характеризующие конденсаторы, верны?

Ответы:

- а) электролитические конденсаторы полярны и при приложении напряжения обратной полярности выходят из строя
- б) пленочные конденсаторы обычно обладают большей емкостью, чем электролитические тех же габаритов
- в) время жизни электролитического конденсатора определяется запасом по напряжению и току
- г) при проектировании цепи, выравнивающей напряжения на последовательно соединенных конденсаторах, стараются выбирать разрядные резисторы так, чтобы ток через них был ниже тока утечки конденсатора

Верный ответ: а), в)

9. Какие из перечисленных мер увеличат время жизни электролитического конденсатора?

Ответы:

- а) повышение приложенного напряжения к конденсатору
- б) снижение температуры окружающей среды
- в) снижение частоты тока конденсатора
- г) снижение действующего значения тока через конденсатор

Верный ответ: б), г)

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-4</sub> Владеет навыками чтения, оформления и использования технической документации

### Вопросы, задания

1. Функциональная электрическая схема силовой части ПЧ, рассмотренного в РГР. Принцип работы ПЧ. Методика расчета параметров и выбор элементов выпрямителя.
2. Функциональная электрическая схема силовой части ПЧ, рассмотренного в РГР. Принцип работы ПЧ. Методика расчета параметров и выбор элементов сглаживающего фильтра.
3. Функциональная электрическая схема силовой части ПЧ, рассмотренного в РГР. Принцип работы ПЧ. Методика расчета параметров и выбор элементов цепей заряда и разряда конденсаторов сглаживающего фильтра.
4. Возможные структуры силового канала регулируемого электропривода переменного или импульсного тока при питании от сети переменного и постоянного тока.
5. Приведите основные этапы (пункты) разработки технического задания.
6. Функциональная электрическая схема силовой части ПЧ, рассмотренного в РГР. Методика расчета параметров и выбор элементов инвертора.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Асинхронный электропривод получает питание от сети постоянного тока напряжением 600 В. Какие элементы структуры силового канала должны присутствовать в такой системе? Линейное напряжение на двигателе 380 В. Выберите из предложенных вариантов.

Ответы:

- а) неуправляемый выпрямитель
- б) повышающий преобразователь напряжения
- в) инвертор
- г) коммутатор

Верный ответ: в)

2. Какие из приведенных ниже мер приведут к снижению потерь в IGBT?

Ответы:

- а) снижение теплового сопротивления кристалл-подложка
- б) снижение частоты коммутации

- в) рост обратного напряжения на IGBT
- г) снижение тока коллектор-эмиттер
- д) снижение продолжительности включения IGBT на периоде ШИМ

Верный ответ: б), г), д)

3. Преобразователь частоты подключен к промышленной электрической сети 380 В 50 Гц. Какие из перечисленных мер приведут к снижению перенапряжений на силовых ключах инвертора преобразователя?

Ответы:

- а) установка фильтра нижних частот между фазами сети и корпусом НКУ
- б) замена материала корпуса НКУ с пластика на алюминий совместно с применением экранированного сетевого кабеля
- в) снижение скорости переключения силовых ключей за счет увеличения сопротивления затворного резистора
- г) применение снабберных конденсаторов в силовом канале НКУ
- д) снижение индуктивности между конденсаторами звена постоянного тока и модулями силовых ключей

Верный ответ: в), г), д)

4. Какие функции выполняют цепи заряда звена постоянного тока? Выберите из предложенных вариантов.

Ответы:

- а) защищают преобразователь от сверхтоков во время штатной работы
- б) защищают диоды выпрямителя от сверхтока в процессе заряда звена постоянного тока сразу после включения его в электрическую сеть
- в) определяют характер переходного процесса в напряжении звена постоянного тока в процессе заряда после подключения к сети, защищают от возникновения перенапряжения
- г) служат для слива энергии торможения двигателя

Верный ответ: б), в)

5. Модуль инвертора из 6 транзисторов и 6 обратных диодов преобразователя частоты установлен на радиаторе. Температура радиатора 80 градусов Цельсия. Потери в каждом транзисторе 10 Вт, в каждом диоде 5 Вт. Тепловое сопротивление кристалл-подложка для транзистора 1 градус/Вт, для диода 2 градус/Вт. Тепловое сопротивление подложка-радиатор 0,1 градус/Вт, указано на весь модуль целиком. Найдите температуру кристалла транзистора.

Ответы:

- а) 90 градусов Цельсия
- б) 91 градус Цельсия
- в) 99 градусов Цельсия
- г) 149 градусов Цельсия

Верный ответ: в)

6. Статический преобразователь понижает напряжение со 100 В до 50 В. В канале преобразователя установлен дроссель 100 мкГн. Частота ШИМ 10 кГц. Какова амплитуда пульсации тока в дросселе?

Ответы:

- а) 5 А
- б) 25 А
- в) 50 А
- г) 100 А
- д) 200 А

Верный ответ: б)

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

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена верно или с несущественными недостатками*

*Оценка: не зачтено*

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

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