

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

**Направление подготовки/специальность: 11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**

**Наименование образовательной программы: Промышленная электроника и микропроцессорная техника**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Динамика преобразовательных установок**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Серегин Д.А.
	Идентификатор	R5209bc37-SereginDA-9c53cea2

Д.А. Серегин

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рашитов П.А.
	Идентификатор	R66e8dfb1-RashitovPA-1953162c

П.А.  
Рашитов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Асташев М.Г.
	Идентификатор	R7a29e524-AstashevMG-0583186

М.Г.  
Асташев

## 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 проводить и сопровождать работы по проектированию устройств электроники и нанoeлектроники в соответствии с требованиями технического задания
- ИД-3 Умеет анализировать, исследовать и разрабатывать схемы узлов и блоков устройства электроники и нанoeлектроники на основе технического задания

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Письменная работа

1. Ведомый сетью преобразователь как непрерывное устройство (Контрольная работа)
2. Преобразователи как дискретные устройства (Контрольная работа)
3. Расчет динамических процессов в автономных преобразователях - автономных инверторах (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Расчет системы управления преобразовательной установкой (Расчетно-графическая работа)

## БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	15	16
Обобщенная схема вентильного преобразователя. Анализ преобразователей методом усреднения					
Обобщенная схема вентильного преобразователя. Анализ преобразователей методом усреднения	+	+	+		
Вентильный преобразователь как непрерывное устройство. Вентильный преобразователь как дискретное устройство					
Вентильный преобразователь как непрерывное устройство. Вентильный преобразователь как дискретное устройство	+	+	+		
Способы управления					
Способы управления				+	
Расчет переходного процесса в АИТ методом огибающей					
Расчет переходного процесса в АИТ методом огибающей					+

Понятие о результирующем векторе трехфазной системы				
Понятие о результирующем векторе трехфазной системы				+
Вес КМ:	20	20	40	20

\$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-1	ИД-3ПК-1 Умеет анализировать, исследовать и разрабатывать схемы узлов и блоков устройства электроники и нанoeлектроники на основе технического задания	Знать: свойства и методы анализа вентильного преобразователя как элемента САР со свойством неполной управляемости клапанов и свойством дискретности Уметь: рассчитывать динамические свойства и переходные процессы в преобразователях разрабатывать системы управления преобразовательной установки с целью обеспечения заданных статических и динамических характеристик системы	Ведомый сетью преобразователь как непрерывное устройство (Контрольная работа) Преобразователи как дискретные устройства (Контрольная работа) Расчет системы управления преобразовательной установкой (Расчетно-графическая работа) Расчет динамических процессов в автономных преобразователях - автономных инверторах (Контрольная работа)

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

### КМ-1. Ведомый сетью преобразователь как непрерывное устройство

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная проводится в аудитории в письменной форме. Время работы: 45 минут.

#### Краткое содержание задания:

Для заданного преобразователя определить его свойства как непрерывного элемента с неполной управляемостью - возможность возникновения колебаний в системе, появления неполной управляемости, отставания в обработке сигнала управления

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Знать: свойства и методы анализа вентильного преобразователя как элемента САР со свойством неполной управляемости вентилей и свойством дискретности</p>	<p>1. Дан ведомый сетью преобразователь, построенный по схеме Ларионова (все ключевые элементы – однооперационные тиристоры). Система управления имеет арккосинусоидальную характеристику. Он является элементом САР, предназначенной для стабилизации напряжения нагрузки. Частота сети 200 Гц, угол отпираания тиристора может меняться в диапазоне от <math>10^\circ</math> до <math>170^\circ</math>. Передаточная функция линейной части (в которую включен и усилитель рассогласования) описывается выражением где <math>T_1=20\text{мс}</math>, <math>T_2=1\text{мс}</math>, <math>K=-200</math>. (полагаем, что вход линейной части как элемента САР – это нормированное выходное напряжение ВП, выход линейной части – нормированный сигнал управления преобразователем, пропорциональный рассогласованию напряжения нагрузки, которое стабилизирует система). Необходимо определить, могут ли возникнуть в системе колебания, связанные с неполной управляемостью вентилей (по достаточному условию отсутствия колебаний).</p> <p>2. Дан ведомый сетью преобразователь, построенный по схеме Ларионова (все ключевые элементы – однооперационные тиристоры). Система управления имеет арккосинусоидальную характеристику. Частота сети 400 Гц. Необходимо 1) Определить параметры схемы замещения преобразователя в виде звена второго порядка. 2) На вход системы управления преобразователем подан сигнал в виде синусоиды с такой амплитудой, что угол отпираания тиристора изменяется от <math>30^\circ</math> до <math>150^\circ</math>. Постоянной составляющей в этом сигнале нет. При какой максимальной частоте этого сигнала в выходном напряжении преобразователя также не будет постоянной составляющей?</p>
--	--

	<p>3. Дан ведомый сетью преобразователь, построенный по схеме Ларионова (все ключевые элементы – однооперационные тиристоры). Система управления имеет арккосинусоидальную характеристику. Частота сети 50 Гц. 1) На вход системы управления преобразователем подан сигнал в виде синусоиды с такой амплитудой, что угол отпирания тиристора изменяется от 30° до 150°. Постоянной составляющей в этом сигнале нет. При какой максимальной частоте этого сигнала в выходном напряжении составляющая с той же частотой, что и сигнал управления, не будет иметь отставания от сигнала управления, вызванного неполной управляемостью вентилей? 2) Определить параметры фильтра, который необходимо установить на входе системы управления, чтобы исключить появление в выходном сигнале преобразователя постоянной составляющей, обусловленной неполной управляемостью вентилей.</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено верно, без замечаний или с незначительными замечаниями.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено с замечаниями, которые не связаны с принципиальным непониманием материала.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено с замечаниями, которые могут быть связаны с принципиальным непониманием материала, но не затрагивают основных принципов функционирования устройства.*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Не выполнено условие для оценки "3".*

**КМ-2. Преобразователи как дискретные устройства**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная проводится в аудитории в письменной форме. Время работы: 45 минут.

**Краткое содержание задания:**

Для заданного преобразователя определить его свойства как непрерывного элемента с дискретностью по времени - возможность возникновения колебаний в системе, связанных с неполной управляемостью

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: свойства и методы	1. Дан ведомый сетью преобразователь, построенный
--------------------------	---

<p>анализа вентильного преобразователя как элемента САР со свойством неполной управляемости вентилей и свойством дискретности</p>	<p>по схеме Ларионова (все ключевые элементы – однооперационные тиристоры). Система управления имеет арккосинусоидальную характеристику. Он является элементом замкнутой САР, предназначенной для стабилизации напряжения нагрузки (с ОС по напряжению нагрузки). Частота сети 200 Гц. Что необходимо для исключения колебаний, связанных со свойством преобразователя как дискретного элемента (рассчитать требования к системе управления)?</p> <p>2. Дан ведомый сетью преобразователь, построенный по трехфазной схеме с нулевым выводом (все ключевые элементы – однооперационные тиристоры). Система управления имеет арккосинусоидальную характеристику. Он является элементом замкнутой САР, предназначенной для стабилизации напряжения нагрузки (с ОС по напряжению нагрузки). Частота сети 400 Гц. Что необходимо для исключения колебаний, связанных со свойством преобразователя как дискретного элемента (рассчитать требования к системе управления)?</p> <p>3. Дан ведомый сетью преобразователь, построенный по однофазной мостовой схеме (все ключевые элементы – однооперационные тиристоры). Система управления имеет арккосинусоидальную характеристику. Он является элементом замкнутой САР, предназначенной для стабилизации напряжения нагрузки (с ОС по напряжению нагрузки). Частота сети 45 Гц. Что необходимо для исключения колебаний, связанных со свойством преобразователя как дискретного элемента (рассчитать требования к системе управления)?</p>
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено верно, без замечаний или с незначительными замечаниями.*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено с замечаниями, которые не связаны с принципиальным непониманием материала.*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено с замечаниями, которые могут быть связаны с принципиальным непониманием материала, но не затрагивают основных принципов функционирования устройства.*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Не выполнено условие для оценки "3".*

### КМ-3. Расчет системы управления преобразовательной установкой

**Формы реализации:** Смешанная форма

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

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа выполняется в соответствии с индивидуальным заданием в форме домашней работы. После сдачи отчета и проверки его преподавателем проводится защита расчетно-графической работы в устной форме.

#### Краткое содержание задания:

Рассчитать параметры системы преобразователь-двигатель как элемента системы автоматического регулирования (САР). Рассчитать параметры системы управления, обеспечивающей заданные статические и динамические характеристики.

Для заданной схемы вентильного преобразователя, двигателя и системы управления, составляющих систему автоматического регулирования и стабилизации скорости вращения двигателя, провести следующие расчеты:

1. Статический расчет обратной связи по частоте вращения двигателя по заданному отклонению. Результатом этого пункта являются рассчитанный статический коэффициент усиления системы и коэффициент усиления усилителя рассогласования, обеспечивающие статическую точность поддержания скорости вращения двигателя.
2. Построить полную динамическую схему электропривода. Результатом данного пункта является полная динамическая схема, для которой должны быть получены выражения передаточных функций для каждого звена.
3. Построить упрощенную динамическую схему (на основе полной), сделав допущения для расчета в режиме малого сигнала.
4. Проанализировать устойчивость динамической системы по упрощенной динамической схеме (в том числе с учетом свойств вентильного преобразователя как дискретного устройства и устройства, содержащего элементы с неполной управляемостью). В данном пункте строятся частотные характеристики системы, с помощью которых делается вывод о устойчивости или неустойчивости системы.
5. Провести коррекцию динамических характеристик системы, выбрав и рассчитав корректирующее звено.

#### Контрольные вопросы/задания:

<p>Уметь: рассчитывать динамические свойства и переходные процессы в преобразователях</p>	<p>1. <i>Исходные данные для задания:</i> Параметры элементов системы: число пар полюсов двигателя <math>P = 2</math> (число полюсов равно <math>2 \cdot P = 4</math>). Тип тиристоров (являющихся силовыми вентилями в преобразователе) Т2-320; параметры кусочно-линейной аппроксимации ВАХ тиристора в проводящем состоянии: постоянное падение напряжения равно <math>U_0 = 1</math> В, динамическое сопротивление равно <math>r_{дин} = 6 \cdot 10^{-4}</math> Ом. Изменение сигнала на входе системы импульсно-фазового управления (СИФУ) от +12 В до -12 В соответствует изменению угла отпирания тиристорov <math>\alpha</math> от <math>0^\circ</math> до <math>180^\circ</math>. Реальный диапазон изменения углов отпирания определяется соответственно минимальной и максимальной величиной угла отпирания: <math>\alpha_{мин} = 15^\circ</math>, <math>\alpha_{макс} = 165^\circ</math>. Коэффициент передачи непрерывной части системы управления (фильтра системы управления) <math>K_f = 0,95</math>. Момент на валу двигателя изменяется от <math>0,5 \cdot M_{ном}</math> до <math>1,5 \cdot M_{ном}</math>. Заданный диапазон регулирования скорости вращения <math>D_n</math> равен 1 : 100. Требуемая точность поддержания скорости</p>
---	--

вращения двигателя системой управления  $\pm 2,5\%$ .

**Таблица 1.1. Схема преобразователя**

№ ВАРИАНТА	Схема преобразователя *	характеристика системы управления	Сеть: fсети (Гц)
0	6M	лин.	50

**Таблица 1.2. Параметры трансформатора**

№ ВАРИАНТА	Параметры трансформатора						
	P (кВт)	Соед. обмоток	U1/U2 (лин), (В)	DPxx (Вт)	DPкз (Вт)	Uк (%)	Ixx
0	100	Y/Y	600/400	750	2200	3,8	$I_{xx} = 0,05 \cdot I_{ном}$

**Таблица 1.3. Параметры реакторов**

№ ВАРИАНТА	Сглаживающий реактор		Уравнительный реактор	
	Lсд(мГн)	гсд(Ом)	Lур(мГн)	гур(Ом)
0	1,0	0,002	9,35	0,0012

**Таблица 1.4. Параметры двигателя и нагрузки**

№ ВАРИАНТ А	Параметры двигателя и нагрузки							
	Pном (кВт)	Uном (В)	Iном (А)	гя15 (Ом)	гдп15 (Ом)	пном (об/мин)	GD2я (кг·м2)	GD2н (кг·м2)
0	55	220	286	0,0206	0,00858	1000	10,3	10,3

**Таблица 1.5. Параметры тахогенератора**

№ ВАРИАНТА	Параметры тахогенератора				
	Uном (В)	пном (об/мин)	гятг (Ом)	Rнтг (Ом)	Iнтг (А)
0	100	1000	200	2000	0,05

2. Исходные данные для задания:

Параметры элементов системы: число пар полюсов двигателя  $P = 2$  (число полюсов равно  $2 \cdot P = 4$ ). Тип тиристоров (являющихся силовыми вентилями в преобразователе) Т2-320; параметры кусочно-линейной аппроксимации ВАХ тиристора в проводящем состоянии: постоянное падение напряжения равно  $U_0 = 1$  В, динамическое сопротивление равно  $r_{дин} = 6 \cdot 10^{-4}$  Ом. Изменение сигнала на входе системы импульсно-фазового управления (СИФУ) от +12 В до -12 В соответствует изменению угла отпираания тиристоров  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . Реальный диапазон изменения углов отпираания определяется соответственно минимальной и максимальной величиной угла отпираания:  $\alpha_{мин} = 15^\circ$ ,  $\alpha_{макс} = 165^\circ$ . Коэффициент передачи непрерывной части системы управления (фильтра системы управления)  $K\phi = 0,95$ . Момент на валу двигателя изменяется от

$0,5 \cdot M_{ном}$  до  $1,5 \cdot M_{ном}$ . Заданный диапазон регулирования скорости вращения  $Dn$  равен 1 : 100. Требуемая точность поддержания скорости вращения двигателя системой управления  $\pm 2,5\%$ .

**Таблица 1.1. Схема преобразователя**

№ ВАРИАНТА	Схема преобразователя *	характеристика системы управления	Сеть: fсети (Гц)
1	6M	arccos	50

**Таблица 1.2. Параметры трансформатора**

№ ВАРИАНТА	Параметры трансформатора						
	P (кВт)	Соед. обмоток	U1/U2 (лин), (В)	DPxx (Вт)	DPкз (Вт)	Uк (%)	Ixx
1	100	D/Y	380/400	650	2000	5,0	$I_{xx} = 0,05 \cdot I_{ном}$

**Таблица 1.3. Параметры реакторов**

№ ВАРИАНТА	Сглаживающий реактор		Уравнительный реактор	
	Lсд(мГн)	гсд(Ом)	Lур(мГн)	гур(Ом)
1	1,0	0,002	9,35	0,0012

**Таблица 1.4. Параметры двигателя и нагрузки**

№ ВАРИАНТ А	Параметры двигателя и нагрузки							
	Pном (кВт)	Uном (В)	Iном (А)	гя15 (Ом)	гдп15 (Ом)	пном (об/мин)	GD2я (кг·м <sup>2</sup> )	GD2н (кг·м <sup>2</sup> )
1	45	200	250	0,03	0,01	2000	5,6	10,3

**Таблица 1.5. Параметры тахогенератора**

№ ВАРИАНТА	Параметры тахогенератора				
	Uном (В)	пном (об/мин)	гятг (Ом)	Rнтг (Ом)	Iнтг (А)
1	50	2000	100	800	0,05

**3. Исходные данные для задания:**

Параметры элементов системы: число пар полюсов двигателя  $P = 2$  (число полюсов равно  $2 \cdot P = 4$ ). Тип тиристоров (являющихся силовыми вентилями в преобразователе) Т2-320; параметры кусочно-линейной аппроксимации ВАХ тиристора в проводящем состоянии: постоянное падение напряжения равно  $U_0 = 1$  В, динамическое сопротивление равно  $r_{дин} = 6 \cdot 10^{-4}$  Ом. Изменение сигнала на входе системы импульсно-фазового управления (СИФУ) от +12 В до -12 В соответствует изменению угла отпирания тиристоров  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . Реальный диапазон изменения углов отпирания определяется соответственно минимальной и максимальной величиной угла отпирания:  $\alpha_{мин} = 15^\circ$ ,  $\alpha_{макс} = 165^\circ$ . Коэффициент передачи непрерывной части системы управления (фильтра системы

управления)  $K\phi = 0,95$ . Момент на валу двигателя изменяется от  $0,5 \cdot M_{ном}$  до  $1,5 \cdot M_{ном}$ . Заданный диапазон регулирования скорости вращения  $Dn$  равен 1 : 100. Требуемая точность поддержания скорости вращения двигателя системой управления  $\pm 2,5\%$ .

**Таблица 1.1. Схема преобразователя**

№ ВАРИАНТА	Схема преобразователя *	характеристика системы управления	Сеть: fсети (Гц)
2	6У	лин.	50

**Таблица 1.2. Параметры трансформатора**

№ ВАРИАНТА	Параметры трансформатора						
	Р (кВт)	Соед. обмоток	U1/U2 (лин), (В)	DPxx (Вт)	DPкз (Вт)	Uк (%)	Ixx
2	100	Y/Y	6000/450	800	3000	3,5	$I_{xx} = 0,05 \cdot I_{ном}$

**Таблица 1.3. Параметры реакторов**

№ ВАРИАНТА	Сглаживающий реактор		Уравнительный реактор	
	Lсд(мГн)	гсд(Ом)	Lур(мГн)	гур(Ом)
2	1,5	0,003	9,35	0,0012

**Таблица 1.4. Параметры двигателя и нагрузки**

№ ВАРИАНТ А	Параметры двигателя и нагрузки							
	Рном (кВт)	Uном (В)	Iном (А)	гя15 (Ом)	гдп15 (Ом)	пном (об/мин)	GD2я (кг·м <sup>2</sup> )	GD2н (кг·м <sup>2</sup> )
2	60	200	300	0,025	0,009	3000	10,3	10,3

**Таблица 1.5. Параметры тахогенератора**

№ ВАРИАНТА	Параметры тахогенератора				
	Uном (В)	пном (об/мин)	гятг (Ом)	Рнтг (Ом)	Интг (А)
2	100	3000	200	1600	0,05

**Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено верно, без замечаний или с незначительными замечаниями.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено с замечаниями, которые не связаны с принципиальным непониманием материала. Все замечания исправлены по указанию преподавателя.

Оценка: 3

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание выполнено с замечаниями, которые могут быть связаны с принципиальным непониманием материала, но не затрагивают основных принципов функционирования устройства. Все замечания исправлены по указанию преподавателя.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнено условие для оценки "3".

#### **КМ-4. Расчет динамических процессов в автономных преобразователях - автономных инверторах**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 20**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контрольная проводится в аудитории в письменной форме. Время работы: 45 минут.

#### **Краткое содержание задания:**

Рассчитать переходный процесс (построить временную диаграмму) для заданного автономного инвертора тока (АИТ)

#### **Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: разрабатывать системы управления преобразовательной установки с целью обеспечения заданных статических и динамических характеристик системы</p>	<p>1. Методом огибающей рассчитать форму тока во входном дросселе АИТ (получить формулу вида <math>iL(t)</math>). АИТ - однофазный, работающий на нагрузку с активной мощностью 100 кВт и <math>\cos j = 0,6</math>. Угол отпирания вентилей <math>b = 45^\circ</math>. Частота выходного напряжения 70 Гц. В момент времени <math>t = 0</math> напряжение питания скачком изменяется от 1000 В до 1200 В.</p> <p>2. Методом огибающей рассчитать форму тока во входном дросселе АИТ (получить формулу вида <math>iL(t)</math>). АИТ - однофазный, работающий на нагрузку с активной мощностью 50 кВт и <math>\cos j = 0,65</math>. Частота выходного напряжения 90 Гц. Напряжение питания равно 2000 В. В момент времени <math>t = 0</math> угол отпирания вентилей скачком изменяется от <math>b = 20^\circ</math> до <math>b = 30^\circ</math>.</p> <p>3. Методом огибающей рассчитать форму тока во входном дросселе АИТ (получить формулу вида <math>iL(t)</math>). АИТ - однофазный, работающий на нагрузку с активной мощностью 200 кВт. Угол отпирания вентилей <math>b = 45^\circ</math>. Частота выходного напряжения 65 Гц. Напряжение питания равно 2000 В. В момент времени <math>t = 0</math> угол тока нагрузки скачком изменяется от <math>\cos j = 0,6</math> до <math>\cos j = 0,7</math>.</p>
---	--

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание выполнено верно, без замечаний или с незначительными замечаниями.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание выполнено с замечаниями, которые не связаны с принципиальным непониманием материала.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Задание выполнено с замечаниями, которые могут быть связаны с принципиальным непониманием материала, но не затрагивают основных принципов функционирования устройства.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнено условие для оценки "3".

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Полезная составляющая сигнала СВП при линейном изменении угла  $\alpha$ . Динамическая регулировочная характеристика СВП. Предельная частота выходного сигнала ВП.
2. Понятие о результирующем векторе трехфазной системы. Запись уравнений трехфазной цепи с использованием результирующих векторов.
3. Задача.

### Процедура проведения

Экзамен проводится по билетам в устной форме. Билет содержит два теоретических вопроса и задачу. Время на подготовку ответа и решение задачи - не более 60 минут.

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-3ПК-1 Умеет анализировать, исследовать и разрабатывать схемы узлов и блоков устройства электроники и наноэлектроники на основе технического задания

### Вопросы, задания

- 1.Обобщенная схема многофазного ВП. Структурная схема ВП как элемента САР. Понятие собственно-вентильного преобразователя. Особенности динамики СВП
- 2.Полезная составляющая сигнала СВП при линейном изменении угла  $\alpha$ . Динамическая регулировочная характеристика СВП. Предельная частота выходного сигнала ВП
- 3.Постоянная составляющая ЭДС преобразователя при гармоническом входном сигнале. Корректирующие цепи, исключают постоянную составляющую. Постоянная составляющая при конечном  $m$
- 4.Вентильный преобразователь как непрерывное устройство. Амплитудная и фазовая частотные характеристики. Передаточная функция ВП
- 5.Автоколебания в замкнутых системах с ВП, связанные с неполной управляемостью вентилей
- 6.Вентильный преобразователь как дискретное устройство. Режим малых отклонений управляющего сигнала. Сравнительные характеристики звена ШИМ I и ШИМ II
- 7.Динамические характеристики ВП с учетом параметров элементов силовой схемы и нагрузки
- 8.Расчет переходного процесса в АИТ методом огибающей (1ое приближение)
- 9.Понятие о результирующем векторе трехфазной системы. Запись уравнений трехфазной цепи с использованием результирующих векторов
- 10.Вращающаяся система координат. Запись уравнений трехфазной цепи во вращающейся системе координат
- 11.Коммутационная функция и коммутационный вектор АИТ. Свойства коммутационного вектора
- 12.Коммутационная функция и коммутационный вектор АИН. Свойства коммутационного вектора

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. В обобщенной эквивалентной схеме замещения преобразователя, построенного по схеме Ларионова, число фаз равно

Ответы:

- а) 3
- б) 6
- в) 12
- г) 24

Верный ответ: б) 6

2. Условие проявления неполной управляемости имеет вид ( $\alpha$  – угол отпирания тиристорov;  $\omega$  – круговая частота сети)

Ответы:

а)  $\frac{d\alpha}{dt} > \omega$

б)  $\frac{d\alpha}{dt} \leq \omega$

в)  $\frac{d\alpha}{dt} = \omega$

г)  $\frac{d\alpha}{dt} \cdot \omega = 1$

Верный ответ: а)

3. Формула, дающая условие устойчивости преобразователя, имеет вид

Ответы:

а)  $\frac{2}{\frac{m}{\pi} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{m}\right)} |W_{\text{ЛНЧ}}(j \cdot \omega_{\text{ГР}})| \cdot \cos(\varphi_{W_{\text{СК}}}(\omega_{\text{ГР}})) > 1$

б)  $\frac{2}{\frac{m}{\pi} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{m}\right)} |W_{\text{ЛНЧ}}(j \cdot \omega_{\text{ГР}})| \cdot \cos(\varphi_{W_{\text{СК}}}(\omega_{\text{ГР}})) + 1 > 0$

в)  $\frac{2}{\frac{m}{\pi} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{m}\right)} |W_{\text{ЛНЧ}}(j \cdot \omega_{\text{ГР}})| \cdot \cos(\varphi_{W_{\text{СК}}}(\omega_{\text{ГР}})) + 2 > 0$

г)  $\frac{2}{\frac{m}{\pi} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{m}\right)} |W_{\text{ЛНЧ}}(j \cdot \omega_{\text{ГР}})| \cdot \cos(\varphi_{W_{\text{СК}}}(\omega_{\text{ГР}})) + 2 < 0$

Верный ответ: б)

4. Пусть частота сети равна  $\omega$ , частота пульсаций напряжения нагрузки  $m \cdot \omega$ . Частота колебаний, связанных с дискретностью, равна

Ответы:

- а)  $m \cdot \omega$

- б)  $w/2$
- в)  $w$
- г)  $m \cdot w/2$

Верный ответ: г)  $m \cdot w/2$

Пусть  $\Omega$  – круговая частота сигнала управления, выше которой проявляется неполная управляемость;  $\bar{\chi}_M$  – относительная амплитуда сигнала управления;  $\omega$  – круговая частота сети. Тогда верно выражение

5. Тогда верно выражение

Ответы:

$$а) \frac{\Omega}{\omega} = \bar{\chi}_M$$

$$б) \frac{\Omega}{\omega} = \frac{2}{\bar{\chi}_M}$$

$$в) \frac{\Omega}{\omega} = \frac{3}{\bar{\chi}_M}$$

$$г) \frac{\Omega}{\omega} = \frac{1}{\bar{\chi}_M}$$

Верный ответ: г)

6. Неполная управляемость вентилей не проявляется, если амплитуда переменной составляющей сигнала управления (в относительных единицах)

Ответы:

- а) много больше единицы
- б) очень мала
- в) равна единице
- г) постоянно изменяется

Верный ответ: б) очень мала

7. Колебания, связанные с неполной управляемостью вентилей, могут возникнуть в системе с линейной непрерывной частью ... порядка.

Ответы:

- а) нулевого
- б) первого
- в) второго
- г) произвольного

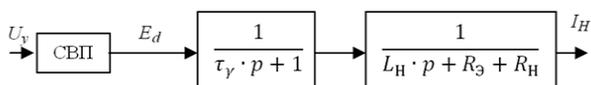
Верный ответ: в) второго

8. Частота колебаний, связанных с неполной управляемостью вентилей, определяется

Ответы:

- а) схемой вентильного преобразователя
- б) только частотой сети
- в) только параметрами линейной непрерывной части системы
- г) параметрами линейной непрерывной части системы и частотой сети

Верный ответ: г) параметрами линейной непрерывной части системы и частотой сети



9.

Figure 1 Рис. 9

Структурная линеаризованная схема системы с собственнo-вентильным преобразователем (рис. 9) может применяться в режиме

Ответы:

- а) малых отклонений тока нагрузки
- б) больших отклонений тока нагрузки
- в) для анализа медленных процессов (на длительных интервалах времени)
- г) для анализа быстрых кратковременных процессов (на малых интервалах времени)

Верный ответ: а) малых отклонений тока нагрузки

10. Пусть частота сети равна  $w$ , частота пульсаций напряжения нагрузки  $m \cdot w$ . Верно утверждение:

Ответы:

- а) частота колебаний, связанных с дискретностью, определяется линейной непрерывной частью; а амплитуда - ограничением диапазона выходного напряжения
- б) и амплитуда, и частота колебаний, связанных с дискретностью, определяется линейной непрерывной частью
- в) частота колебаний, связанных с дискретностью, равна  $m \cdot w/2$ ; а амплитуда определяется линейной непрерывной частью
- г) частота колебаний, связанных с дискретностью, равна  $w$ ; а амплитуда определяется линейной непрерывной частью

Верный ответ: в) частота колебаний, связанных с дискретностью, равна  $m \cdot w/2$ ; а амплитуда определяется линейной непрерывной частью

## II. Описание шкалы оценивания

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Даны ответы на все вопросы. Приведены верные схемы, диаграммы, расчетные соотношения. Вывод расчетных соотношений приведен правильно.

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Даны ответы на все вопросы. Приведены верные схемы, диаграммы, расчетные формулы. Вывод расчетных формул с ошибками, но сами формулы верны, или были исправлены на верные после указания экзаменатора.

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Даны ответы на все вопросы. Приведены схемы, диаграммы, расчетные формулы. В диаграммах или расчетных формулах допущено не более двух существенных ошибок, не влияющих на отражение общих принципов работы преобразователей.

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Не выполнено условие для оценки "3".

## III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка за дисциплину выставляется в соответствии с положением о балльно-рейтинговой структуре НИУ "МЭИ" на основании семестровой и экзаменационной составляющих.