



Министерство науки
и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
Институт дистанционного
и дополнительного образования



**ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ
ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ
профессиональной переподготовки
«Основы цифрового управления полупроводниковыми преобразователями»,**

Текущий контроль

Текущий контроль проводится в соответствии с характеристиками контрольных заданий и представлен в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика заданий текущего контроля

Наименование дисциплины (модуля)	Форма контроля/ наименование контрольной точки	Пример задания	Критерии оценки
<i>Не предусмотрено</i>			

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по программе проводится в форме зачета, экзамена или отчета о стажировке в соответствии с учебным планом. Характеристика заданий представлена в табл. 2.

Таблица 2

Характеристика заданий промежуточной аттестации

Наименование дисциплины (модуля)	Пример задания	Критерии оценки
Математические основы анализа дискретных цифровых систем	1. Записать выражения, рассчитать и построить частотные характеристики заданной дискретной системы: - Для системы $\Delta y[n] = -0,2 \cdot y[n] + x[n]$ (где $\Delta y[n] = y[n+1] - y[n]$) построить АЧХ и ФЧХ с использованием дискретного преобразования Фурье. - Для системы $\Delta y[n] = -0,3 \cdot y[n] + x[n]$ (где $\Delta y[n] = y[n+1] -$	<i>Оценка: зачтено</i> <i>Нижний порог выполнения задания в процентах:</i> <i>Описание характеристики выполнения знания: Оценки «зачтено» заслуживает слушатель, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного и нормативного материала, умеющий свободно выполнять</i>

	<p>$y[n]$) построить АЧХ и ФЧХ с использованием дискретного преобразования Фурье.</p> <p>- Для системы $\Delta y[n] = -0,2 \cdot y[n] + 0,5 \cdot x[n]$ (где $\Delta y[n] = y[n+1] - y[n]$) построить АЧХ и ФЧХ с использованием дискретного преобразования Фурье.</p> <p>2. Разностная модель – «точная» математическая модель дискретной системы: построение модели (составление разностных уравнений для системы второго порядка). Линеаризация, расчет частотных характеристик на примере расчета петлевого коэффициента усиления</p> <p>3. Анализ дискретной системы с помощью z-преобразования: определение, свойства, применение на примере схемы статического преобразователя</p> <p>4. z-преобразование используется для анализа...</p> <p>а) непрерывных систем б) стационарных режимов в) дискретных систем г) систем с синусоидальными источниками напряжения</p>	<p>задания, предусмотренные программой.</p> <p><i>Оценка:</i> не зачтено <i>Нижний порог выполнения задания в процентах:</i> <i>Описание характеристики выполнения знания:</i> Оценка «не зачтено» выставляется слушателю, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допускающему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.</p>
<p>Аппаратная реализация цифровых систем управления с обратной связью</p>	<p>1. Записать код ПП работы с периферией микроконтроллера:</p> <p>- Записать код ПП обработки прерывания АЦП. Частота выборок - 200кГц, точность результата - 10 бит.</p> <p>- Записать код ПП управления блоком ШИМ. Частота следования импульсов - 70кГц, режим с комплиментарным выходом, мертвое время равно 500нс.</p> <p>- Записать код ПП управления блоком таймера в режиме ЧИМ. Частота следования импульсов плавно изменяется от 50кГц до 350кГц, формируются импульсы управления полумостовым</p>	<p><i>Оценка:</i> зачтено <i>Нижний порог выполнения задания в процентах:</i> <i>Описание характеристики выполнения знания:</i> Оценка «зачтено» заслуживает слушатель, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного и нормативного материала, умеющий свободно выполнять задания, предусмотренные программой.</p> <p><i>Оценка:</i> не зачтено <i>Нижний порог выполнения задания в процентах:</i> <i>Описание характеристики выполнения знания:</i> Оценка «не зачтено» выставляется слушателю, обнаружившему пробелы в знаниях основного</p>

	<p>преобразователем, мертвое время не менее 500нс.</p> <p>2. Какой параметр настройки периферии микроконтроллера можно использовать для плавного изменения частоты следования импульсов ШИМ?</p> <p>а) содержимое регистра выходного сравнения б) частота системной шины в) предделитель блока таймера г) основание счета счетчика таймера</p> <p>3. Полус передаточной функции звена САР - это...</p> <p>а) корень кратности не менее 2х числителя б) корень кратности не менее 2х знаменателя в) корень любой кратности числителя г) корень любой кратности знаменателя</p> <p>4. Дифференциальные уравнения непосредственно используются для анализа...</p> <p>а) непрерывных систем б) стационарных режимов в) дискретных систем г) систем с синусоидальными источниками напряжения.</p> <p>5. Интегральная составляющая в ПИД-звене системы управления служит для:</p> <p>а) повышения статической точности стабилизации б) увеличения запаса по фазе в) снижения амплитуды пульсаций выходного напряжения в установившемся режиме г) реализации защиты по выходному току д) реализации защиты по напряжению питания</p>	<p>учебного материала, допускающему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.</p>
<p>Полупроводниковый преобразователь как объект управления</p>	<p>1. Частотные характеристики статического преобразователя как элемента системы автоматического регулирования. Коэффициент</p>	<p><i>Оценка: зачтено</i> <i>Нижний порог выполнения задания в процентах:</i> <i>Описание характеристики выполнения знания: Оценки «зачтено» заслуживает</i></p>

	<p>передачи по напряжению питания, выходное сопротивление - определение, физический смысл, применение при анализе.</p> <p>2. Разностная модель – «точная» математическая модель дискретной системы: построение модели (составление разностных уравнений для системы второго порядка). Линеаризация, расчет частотных характеристик на примере расчета выходного сопротивления.</p> <p>3. Пусть f - частота выборок АЦП. По результатам измерения сигнала АЦП можно восстановить исходный непрерывный сигнал, если в этом сигнале не было составляющих с частотой</p> <p>а) $2 \cdot f$ б) f в) $f/2$ г) $f/4$</p> <p>4. Дифференциальные уравнения непосредственно используются для анализа...</p> <p>а) непрерывных систем б) стационарных режимов в) дискретных систем г) систем с синусоидальными источниками напряжения.</p>	<p>слушатель, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного и нормативного материала, умеющий свободно выполнять задания, предусмотренные программой.</p> <p><i>Оценка:</i> не зачтено <i>Нижний порог выполнения задания в процентах:</i> <i>Описание характеристики выполнения знания:</i> Оценка «не зачтено» выставляется слушателю, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допускающему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.</p>
<p>Анализ системы управления и силовой части</p>	<p>1. Рассчитать частотные характеристики заданной системы преобразователь-система управления (петлевой коэффициент; выходное сопротивление; реакция на отклонение напряжения питания):</p> <p>- Рассчитать частотные характеристики заданной системы преобразователь-система управления (петлевой коэффициент).</p> <p>Пропорциональное управление. Прямоходовой преобразователь. $E=100В$, $U_H=53В$, $R_H=15Ом$,</p>	<p><i>Оценка:</i> зачтено <i>Нижний порог выполнения задания в процентах:</i> <i>Описание характеристики выполнения знания:</i> Оценки «зачтено» заслуживает слушатель, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного и нормативного материала, умеющий свободно выполнять задания, предусмотренные программой.</p> <p><i>Оценка:</i> не зачтено <i>Нижний порог выполнения задания в процентах:</i> <i>Описание характеристики</i></p>

	<p>$L=5\text{мГн}$, $C=1000\text{мкФ}$.</p> <p>- Рассчитать частотные характеристики заданной системы преобразователь-система управления (выходное сопротивление).</p> <p>Пропорциональное управление. Повышающий преобразователь. $E=22\text{В}$, $U_n=200\text{В}$, $R_n=82\text{Ом}$, $L=2\text{мГн}$, $C=470\text{мкФ}$.</p> <p>- Рассчитать частотные характеристики заданной системы преобразователь-система управления (реакция на отклонение напряжения питания). Пропорциональное управление. Обратной преобразователь. $E=72\text{В}$, $U_n=48\text{В}$, $R_n=10\text{Ом}$, $L=5\text{мГн}$, $C=2200\text{мкФ}$.</p> <p>2. Усредненная модель. Составление уравнений модели на примере статического преобразователя как системы второго порядка. Линеаризация, расчет частотных характеристик на примере расчета коэффициента передачи по напряжению питания</p> <p>3. Анализ дискретной системы с помощью z-преобразования: определение, понятия импульсной и передаточной характеристики системы, анализ устойчивости. На примере схемы статического преобразователя.</p>	<p><i>выполнения знания:</i> Оценка «не зачтено» выставляется слушателю, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допускающему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.</p>
<p>Синтез цифровой системы управления заданного полупроводникового преобразователя</p>	<p>1. Провести параметрический синтез цифровой системы управления полупроводникового. Схема и параметры преобразователя соответствуют варианту задания. Следует использовать цифровую систему регулирования с ПИ или ПИД звеном, реализованную на основе микроконтроллера:</p> <p>- Преобразователь третьего рода с трансформаторной</p>	<p><i>Оценка:</i> зачтено</p> <p><i>Нижний порог выполнения задания в процентах:</i></p> <p><i>Описание характеристики выполнения знания:</i> Оценка «зачтено» заслуживает слушатель, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного и нормативного материала, умеющий свободно выполнять задания, предусмотренные программой.</p> <p><i>Оценка:</i> не зачтено</p>

	<p>развязкой. Частота коммутации 100 кГц, напряжение питания 300 В - 400 В, напряжение нагрузки 12 В, конденсатор выходного фильтра 480 мкФ, индуктивность намагничивания дроссель-трансформатора по первичной обмотке 700 мкГн. Нагрузка резистивная с сопротивлением от 10 кОм до 10 Ом. Статическая точность напряжения нагрузки 1%.</p> <p>- Преобразователь постоянного напряжения в постоянное с трансформаторной развязкой, построенный по схеме полумостовой инвертор – выпрямитель с выводом средней точки, с дросселем в цепи переменного тока. Частота коммутации 200 кГц, напряжение питания 200 В – 250 В, напряжение нагрузки 15 В, конденсатор выходного фильтра 220 мкФ, индуктивность дросселя в цепи переменного тока (включен последовательно первичной обмотке) 20 мкГн. Нагрузка резистивная с сопротивлением от 100 кОм до 5 Ом. Статическая точность напряжения нагрузки 1%.</p> <p>- Преобразователь постоянного напряжения в постоянное с трансформаторной развязкой, построенный по схеме полумостовой инвертор – выпрямитель с выводом средней точки, с Г-образным выходным LC-фильтром. Частота коммутации 200 кГц, напряжение питания 200 В – 300 В, напряжение нагрузки 15 В, конденсатор выходного фильтра 220 мкФ, индуктивность дросселя фильтра 100 мкГн. Нагрузка резистивная с сопротивлением от 100 кОм до 5 Ом.</p>	<p><i>Нижний порог выполнения задания в процентах:</i></p> <p><i>Описание характеристики выполнения знания:</i> Оценка «не зачтено» выставляется слушателю, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допускающему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий.</p>
--	---	---

	<p>Статическая точность напряжения нагрузки 2%.</p> <p>- Преобразователь постоянного напряжения в постоянное с трансформаторной развязкой, построенный по схеме мостовой инвертор – выпрямитель с выводом средней точки, с Г-образным выходным LC-фильтром. Частота коммутации 100 кГц, напряжение питания 390 В - 430 В, напряжение нагрузки 24 В, конденсатор выходного фильтра 220 мкФ, индуктивность дросселя фильтра 200 мкГн. Нагрузка резистивная с сопротивлением от 100 кОм до 5 Ом.</p> <p>Статическая точность напряжения нагрузки 0,5%.</p> <p>- Преобразователь третьего рода с трансформаторной развязкой. Частота коммутации 100 кГц, напряжение питания 300 В – 450 В, напряжение нагрузки 12 В, конденсатор выходного фильтра 480 мкФ, индуктивность намагничивания дроссель-трансформатора по первичной обмотке 700 мкГн. Нагрузка активно-индуктивная с активным сопротивлением 10 Ом, постоянной времени 10 мс. Статическая точность напряжения нагрузки 1%.</p> <p>- Преобразователь постоянного напряжения в постоянное первого рода с трансформаторной развязкой, построенный по схеме косой мост – выпрямитель, с Г-образным выходным фильтром. Частота коммутации 100 кГц, напряжение питания 370 В – 390 В, напряжение нагрузки 5 В, конденсатор выходного фильтра 1000 мкФ, индуктивность дросселя фильтра 70 мкГн. Нагрузка резистивная с сопротивлением</p>	
--	--	--

	<p>от 1 кОм до 0,5 Ом. Статическая точность напряжения нагрузки 0,1%. - Преобразователь постоянного напряжения в постоянное первого рода с трансформаторной развязкой, с дополнительной обмоткой силового трансформатора для вывода энергии намагничивания (максимальный коэффициент заполнения принять равным 0,45), с Г-образным выходным фильтром. Частота коммутации 70 кГц, напряжение питания 250 В – 310 В, напряжение нагрузки 12 В, конденсатор выходного фильтра 470 мкФ, индуктивность дросселя фильтра 150 мкГн. Нагрузка резистивная с сопротивлением от 1 кОм до 5 Ом. Статическая точность напряжения нагрузки 4%.</p>	
--	---	--

Итоговая аттестация

Итоговая аттестация по программе проводится в форме *итогового аттестационного экзамена*. Характеристика заданий представлена в табл. 3.

Таблица 3

Характеристика заданий итоговой аттестации

Вид контроля	Краткая характеристика задания	Критерии оценки
Итоговая аттестация	<p>Итоговый аттестационный экзамен проводится в форме тестирования. Пример задания: 1) Разностная модель – «точная» математическая модель дискретной системы: построение модели (составление разностных уравнений для системы второго порядка), расчет установившегося режима, переходных процессов. 2) Усредненная модель. Составление уравнений модели на примере статического преобразователя как системы</p>	<p><i>Оценка: 5</i> <i>Нижний порог выполнения задания в процентах: 70</i> <i>Описание характеристики выполнения знания: Оценки «отлично» заслуживает слушатель, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, полностью ответивший на вопросы билета.</i></p> <p><i>Оценка: 4</i> <i>Нижний порог выполнения задания в процентах: 60</i> <i>Описание характеристики</i></p>

	<p>второго порядка. Линеаризация, расчет частотных характеристик на примере расчета коэффициента передачи по напряжению питания.</p> <p>3) Пропорциональное, пропорционально-интегральное, пропорционально-интегрально-дифференциальное регулирование. Применение для управления статическими преобразователями. Частотные характеристики по усредненной модели.</p> <p>4) Статическая точность стабилизации в дискретной системе со статическим преобразователем. Обеспечение статической точности в диапазоне изменения напряжения питания и нагрузки.</p> <p>5) Микроконтроллер как элемент САР. Измерение сигнала с помощью АЦП. Особенности программной реализации.</p> <p>6) Полнос передаточной функции звена САР - это...</p> <p>а) корень кратности не менее 2х числителя</p> <p>б) корень кратности не менее 2х знаменателя</p> <p>в) корень любой кратности числителя</p> <p>г) корень любой кратности знаменателя</p> <p>7) Какой параметр настройки периферии микроконтроллера не влияет на частоту следования импульсов ШИМ?</p> <p>а) содержимое регистра выходного сравнения</p> <p>б) частота системной шины</p> <p>в) предделитель блока таймера</p> <p>г) основание счета счетчика таймера</p> <p>8) Дифференциальная составляющая в ПИД-звене системы управления служит для:</p> <p>а) повышения статической точности стабилизации</p>	<p><i>выполнения знания:</i> Оценки «хорошо» заслуживает слушатель, обнаруживший полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполнивший предусмотренные задания, продемонстрировавший систематический характер знаний по дисциплине, ответивший на все вопросы билета, но допустивший при этом непринципиальные ошибки.</p> <p><i>Оценка:</i> 3</p> <p><i>Нижний порог выполнения задания в процентах:</i> 50</p> <p><i>Описание характеристики выполнения знания:</i> Оценки «удовлетворительно» заслуживает слушатель, обнаруживший знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, допустивший погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнивший практическое задание, но по указанию преподавателя выполнивший другие практические задания из того же раздела дисциплины.</p> <p><i>Оценка:</i> 2</p> <p><i>Нижний порог выполнения задания в процентах:</i> 40</p> <p><i>Описание характеристики выполнения знания:</i> Оценка «неудовлетворительно» выставляется слушателю, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание.</p>
--	--	---

	<p>б) увеличения запаса по фазе в) снижения амплитуды пульсаций выходного напряжения в установившемся режиме г) реализации защиты по выходному току д) реализации защиты по напряжению питания</p> <p>9) Об устойчивости замкнутой системы по частотным характеристикам разомкнутой позволяет судить критерий устойчивости...</p> <p>а) Гурвица б) Михайлова в) Рауса г) Найквиста</p> <p>10) Пусть f - частота выборок АЦП. По результатам измерения сигнала АЦП можно восстановить исходный непрерывный сигнал, если в этом сигнале не было составляющих с частотой</p> <p>а) $2 \cdot f$ б) f в) $f/2$ г) $f/4$</p>	
--	--	--

Независимая оценка качества обучения

Независимая оценка качества обучения предполагает внутренний аудит программ ДПО и анкетирование слушателей и/или работодателей по вопросам удовлетворенности процессом и результатами обучения.

Учебно-методическое и информационное обеспечение

а) литература НТБ МЭИ:

1. Мелешин, В. И. Управление транзисторными преобразователями электроэнергии / В. И. Мелешин, Д. А. Овчинников . – М. : Техносфера, 2011 . – 576 с. – (Мир радиоэлектроники) . - ISBN 978-5-94836-260-1 .;

2. Справочник по силовой электронике / Ю. К. Розанов, П. А. Воронин, С. Е. Рывкин, Е. Е. Чаплыгин ; ред. Ю. К. Розанов . – М. : Издательский дом МЭИ, 2014 . – 472 с. - ISBN 978-5-383-00872-0 ..

б) литература ЭБС и БД:

1. А. В. Родыгин- "Силовая электроника", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2017 - (72 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576751>.

в) используемые ЭБС:

Не предусмотрено

Руководитель ИЦ
ЭБМ

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Осипов С.К.
	Идентификатор	R06dc7f87-OsipovSK-e84c9a91

С.К.
Осипов

Начальник ОДПО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крохин А.Г.
	Идентификатор	R6d4610d5-KrokhinAG-aa301f84

А.Г.
Крохин
