



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



УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИДДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Шиндина Т.А.
	Идентификатор	Rd0ad64b2-ShindinaTA-e12224c9

(подпись)

Т.А. Шиндина
(расшифровка подписи)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
профессиональной переподготовки

Наименование программы	Основы цифрового управления полупроводниковыми преобразователями
Форма обучения	заочная
Выдаваемый документ	диплом о профессиональной переподготовке
Новая квалификация	специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам
Центр ДО	Инжиниринговый центр "Энергетика больших мощностей нового поколения"

Зам. директора
ИДДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Усманова Н.В.
	Идентификатор	R3b653adc-UsmanovaNatV-90b3fa

Н.В. Усманова

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

Начальник ФДО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Малич Н.В.
	Идентификатор	R13696f6e-MalichNV-45fe3095

Н.В. Малич


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

Москва

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Красноперов Р.Н.
	Идентификатор	R6914b4b7-KrasnoperovRN-74c7fc0

Р.Н.
Красноперов

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

Цель: профессиональная переподготовка слушателей путем формирования у них профессиональных компетенций по цифровому управлению полупроводниковыми преобразователями..

Программа составлена в соответствии:

- с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и микроэлектроника, утвержденным приказом Минобрнауки от 12.03.2015 г. № 218 07.04.2015 г. № 36765.

- с Профессиональным стандартом 40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам», утвержденным приказом Минтруда 04.03.2014 г. № 121н, зарегистрированным в Минюсте России 21.03.2014 г. № 31692, уровень квалификации 7.

Форма реализации: обучение с применением дистанционных образовательных технологий.

Форма обучения: заочная.

Режим занятий:

Расписание занятий по дополнительной образовательной программе может устанавливаться в зависимости от набора в группы. Конкретные даты проведения занятий указываются в договоре на оказание образовательных услуг. Данные расписания хранятся в электронной системе учета хода реализации программы. При любом графике занятий учебная нагрузка устанавливается не более 40 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

Требования к уровню подготовки слушателя, необходимые для освоения программы: лица, желающие освоить дополнительную образовательную программу, должны иметь или получать высшее образование. Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца..

Выдаваемый документ: при успешном прохождении программы и сдаче итоговой аттестации выдается диплом о профессиональной переподготовке установленного образца.

Срок действия итоговых документов

Срок действия итоговых документов регламентируется на основе правил по работе с персоналом в сфере деятельности данной программы, устанавливается на основе содержания программы и составляет (в годах): бессрочно.

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

2.1. Компетенции

В результате освоения дополнительной образовательной программы слушатель должен обладать компетенциями (табл. 1).

Таблица 1

Компетентностно-ориентированные требования к результатам освоения программы

Компетенция	Требования к результатам
ПК-1: способностью строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	Знать: - математические методы описания дискретных цифровых систем.
	Уметь: - анализировать дискретные системы, рассчитывать динамические свойства, в том числе с помощью численного моделирования; - использовать современные микроконтроллеры как элементную базу систем автоматического регулирования; - синтезировать систему автоматического управления на основе требований к статическим и динамическим характеристикам полупроводникового преобразователя.
	Владеть:

В результате освоения программы слушатель должен быть способен реализовывать трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом (табл. 2).

Уровень квалификации 5.

Таблица 2

Практико-ориентированные требования к результатам освоения программы

Трудовые функции	Требования к результатам
40.011 «Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»	
ПК-32/А/02.5/1 способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок	Трудовые действия: - Внедрение результатов исследований и разработок в соответствии с установленными полномочиями; - Составление отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов; - Проведение наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов; - Проведение экспериментов в соответствии с установленными полномочиями.

	<p>Умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Применять методы проведения экспериментов; - Оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; - Применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний.
	<p>Знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации; - Методы и средства планирования и организации исследований и разработок; - Отечественный и международный опыт в соответствующей области исследований; - Цели и задачи проводимых исследований и разработок.

2.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

В результате освоения дополнительной образовательной программы «*Основы цифрового управления полупроводниковыми преобразователями*» слушатель должен быть готов к области профессиональной деятельности, объектам и задачам.

Область/сферы профессиональной деятельности слушателя, прошедшего обучение по программе профессиональной переподготовки включает:

- - 01 Образование и наука (в сфере научных исследований). - 20 Электроэнергетика (в сфере энергетической электроники)..
- - Наука. - Промышленность..

Объектами профессиональной деятельности являются:

- - Полупроводниковые преобразователи - Цифровые системы управления - Вспомогательное оборудование, обеспечивающее функционирование энергетических установок..

Выпускник программы должен уметь решать профессиональные **задачи** по видам профдеятельности:

научно-исследовательская:

- анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- математическое моделирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования;
- участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике, обработка результатов с применением современных информационных технологий и технических средств.

В результате освоения дополнительной образовательной программы слушатель должен обладать способностями к выполнению **нового вида деятельности** соответствующего присваиваемой **квалификации специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам.**

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ (РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ))

3.1. Трудоемкость программы

Трудоемкость программы включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы составляет:

- **7,4** зачетных единиц;

266 ак. ч.

Структура программы с указанием наименования дисциплин (модулей) и их трудоемкости представлена в табл. 3.

Учебный план дополнительной образовательной программы представлен в приложение А., являющийся неотъемлемой частью программы.

Таблица 3

Структура программы и формы аттестации

№	Наименование дисциплин (модулей)	всего	Контактная работа, ак. ч					Самостоятельная работа, ак. ч	Стажировка, ак. ч	Форма аттестации		
			всего	аудиторные занятия	электронное обучение	обучение с ДОТ	контроль			текущий контроль (тест, опрос и пр.)	промежуточная аттестация (зачет, экзамен, защита отчета о стажировке)	итоговая аттестация (итоговый зачет, итоговый экзамен, доклад по результатам стажировки, итоговый аттестационный экзамен, итоговая аттестационная работа)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14
1	Математические основы анализа дискретных цифровых систем	3 3. 0	4. 0			3.5	0.5	29			Зачет	
1.1.	Математические основы анализа дискретных цифровых систем	3 3. 0	4. 0			3.5	0.5	29				
2	Аппаратная реализация цифровых систем управления с обратной связью	4 0. 0	4. 0			3.5	0.5	36			Зачет	
2.1.	Аппаратная реализация цифровых систем управления с обратной связью	4 0. 0	4. 0			3.5	0.5	36				
3	Полупроводниковый преобразователь как объект	4 0.	8. 0			7.5	0.5	32			Зачет	

	управления	0									
3.1.	Полупроводниковый преобразователь как объект управления	4 0. 0	8. 0			7.5	0.5	32			
4	Анализ системы управления и силовой части	1 1 5. 0	20 .0			19. 5	0.5	95		Зачет	
4.1.	Анализ системы управления и силовой части	1 1 5. 0	20 .0			19. 5	0.5	95			
5	Синтез цифровой системы управления заданного полупроводникового преобразователя	3 4. 0	5. 0			4.5	0.5	29		Зачет	
5.1.	Синтез цифровой системы управления заданного полупроводникового преобразователя	3 4. 0	5. 0			4.5	0.5	29			
6	Итоговая аттестация	4	4				4				Итоговый аттестационный экзамен
	ИТОГО:	2 6 6 0	45 .0	0	0	38. 5	6.5	22 1	0		

3.2. Содержание программы (рабочие программы дисциплин (модулей))

Содержание дисциплин (модулей) представлено в табл. 4.

Таблица 4

Содержание дисциплин (модулей)

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
1.	Математические основы анализа дискретных цифровых систем	
1.1.	Математические основы анализа дискретных цифровых систем	Дискретные системы - определение, основные понятия. Разностные уравнения. Импульсная характеристика. z-преобразование. Передаточная функция звена, частотные характеристики. Критерии устойчивости.
2.	Полупроводниковый преобразователь как объект управления	
2.1.	Полупроводниковый преобразователь как объект управления	Метод усреднения, примеры применения для типовых преобразователей постоянного напряжения. Анализ на основе разностных моделей: примеры применения для

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		типовых преобразователей постоянного напряжения.
3.	Аппаратная реализация цифровых систем управления с обратной связью	
3.1.	Аппаратная реализация цифровых систем управления с обратной связью	Микроконтроллер: ядро, шина адреса, шина данных. Периферия микроконтроллера: АЦП, ЦАП, таймер и блок ШИМ. Формирование импульсов управления с использованием модуля ШИМ: комплиментарный сигнал, мертвое время. АЦП в режиме сканирования входов, организация измерения сигнала с помощью прерываний.
4.	Анализ системы управления и силовой части	
4.1.	Анализ системы управления и силовой части	Описание системы аналитическими методами: решение системы уравнений, полученных методом усреднения, решение системы уравнений, полученных на основе разностных уравнений. Использование современных сред численного схемотехнического моделирования. Использование численных усредненных моделей преобразователя. Использование численных имитационных моделей преобразователя. Моделирование работы микроконтроллера и периферии.
5.	Синтез цифровой системы управления заданного полупроводникового преобразователя	
5.1.	Синтез цифровой системы управления заданного полупроводникового преобразователя	Статические характеристики. Статический расчет (синтез) системы управления. Динамический расчет: качество переходных процессов, быстродействие, реакция на возмущение напряжения питания и тока нагрузки, устойчивость. Моделирование системы в среде численного схемотехнического моделирования.

Аннотации рабочих программ дисциплин (модулей) представлены в приложении Б.

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Информация о практической подготовке в структуре дополнительной образовательной программы представлена в приложение В.

В рамках учебного плана дополнительной образовательной программы используются традиционные образовательные технологии, а также интерактивные технологии, представленные в табл. 5.

Таблица 5

Характеристика образовательной технологии

Наименование	Краткая характеристика
--------------	------------------------

Отчет	<p>1. Параметрический синтез системы управления. Динамические характеристики; 2. Задачи проектирования системы управления; 3. Анализ преобразователя с регулированием по току. Анализ преобразователя с пропорционально-интегральным и токовым регулированием; 4. Анализ преобразователя с пропорционально-интегро-дифференциальное регулированием. Динамический анализ в режиме малого сигнала; 5. Анализ преобразователя с пропорционально-интегро-дифференциальное регулированием. Анализ установившегося режима (статический анализ); 6. Анализ преобразователя с пропорционально-интегральным регулированием. Динамический анализ в режиме малого сигнала; 7. Анализ преобразователя с пропорционально-интегральным регулированием. Анализ установившегося режима (статический анализ); 8. Особенности частотных характеристик преобразователей, построенных по различным схемам. Анализ устойчивости систем управления преобразователями. Применение среды численного схемотехнического моделирования; 9. Анализ частотных характеристик преобразователя второго рода по усредненной модели. Применение среды численного схемотехнического моделирования; 10. Анализ частотных характеристик преобразователя второго рода по разностной модели; 11. Параметрический синтез системы управления. Статический коэффициент усиления; 12. Применение микроконтроллера в составе цифровой системы управления. Подпрограммы обработки прерываний для управления модулем таймера в режиме ЧИМ; 13. Применение микроконтроллера в составе цифровой системы управления. Использование прерываний; 14. Анализ установившегося режима преобразователя второго рода по усредненной модели. Применение среды численного схемотехнического моделирования; 15. Анализ установившегося режима преобразователя второго рода по разностной модели; 16. Анализ установившегося режима преобразователя по имитационной модели в среде численного схемотехнического моделирования; 17. Анализ установившегося режима преобразователя по усредненной модели в среде численного схемотехнического моделирования; 18. Анализ работы преобразователя по усредненной модели. Динамический анализ в режиме малого сигнала; 19. Анализ работы преобразователя по усредненной модели. Анализ установившегося режима (статический анализ); 20. Анализ работы преобразователя по разностной модели. Динамический анализ в режиме малого сигнала. Применение среды численного схемотехнического моделирования; 21. Применение микроконтроллера в составе цифровой системы управления. Подпрограммы обработки прерываний для управления модулем ШИМ; 22. Применение микроконтроллера в составе цифровой системы управления. Подпрограммы обработки прерываний для обработки результатов измерения АЦП; 23. Анализ работы преобразователя по разностной модели. Анализ установившегося режима (статический анализ).</p>
-------	--

5. ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

5.1. Текущий контроль

Текущий контроль проводится в соответствии с характеристиками контрольных заданий и представлен в Таблице 1 приложения Г.

5.2. Промежуточная аттестация

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

5.3. Итоговая аттестация

Итоговая аттестация по программе проводится в форме . Характеристика заданий представлена Таблице 3 приложения Г.

5.4. Независимый контроль качества обучения

Порядок независимой оценки качества дополнительной образовательной программы представлен в приложении Г.

6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. 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

6.2. Кадровое обеспечение

Для реализации дополнительной образовательной программы привлекаются преподаватели из числа штатных научно-педагогических работников ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» и лица, представители работодателей или объединений работодателей. Информация о кадровом обеспечении дополнительной образовательной программы представлена в приложении Д.

Сведения о руководителе дополнительной образовательной программы представлены в приложении Е.

6.3. Финансовое обеспечение

План расходов и расчет обоснования стоимости по дополнительной образовательной программе представлены в приложении Ж.

Финансирование программы осуществляется за счет личных средств слушателей или заказчиков, по направлению которых проводится обучение. В качестве заказчика могут выступать работодатели, университеты (в том числе МЭИ), государственные структуры и прочие участники образовательного рынка.

6.4. Материально-техническое обеспечение


Материально-технические условия реализации дополнительной образовательной программы представлены в Приложении З.

Календарный график учебного процесса разрабатывается с учетом требований к качеству освоения и по запросам обучающихся (Приложение И). Расписание занятий разрабатывается на каждую реализуемую программу.

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (АКТУАЛИЗАЦИИ)

№ п/п	Содержание изменения (актуализации)	Дата утверждения изменений
1	Программа утверждена	25.09.2023

Руководитель
образовательной
программы

	
Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
Владелец	Красноперов Р.Н.
Идентификатор	R6914b4b7-KrasnoперovRN-74c7fc

Р.Н.
Красноперов