



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
повышения квалификации

Наименование
программы

Частотно-регулируемый электропривод

Форма обучения

очная

Выдаваемый документ

удостоверение о повышении квалификации

Новая квалификация

не присваивается

Центр ДО

Филиал МЭИ в г. Смоленск, Центр подготовки и
переподготовки "Энергетик"

Зам. начальника
ОДПО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Борченко И.Д.
	Идентификатор	R78f3a961-BorchenkoID-e2a246f5

И.Д. Борченко

Начальник ОДПО

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Селиверстов Н.Д.
	Идентификатор	Rf19596d9-SeliverstovND-39ee0b7

Н.Д.
Селиверстов

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 Филиал
МЭИ в г. Смоленск,
ЦПП "Энергетик"

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Максимкин В.Л.
	Идентификатор	R9e14050c-MaximkinVL-G14050C2

В.Л.
Максимкин

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Максимкин В.Л.
	Идентификатор	R9e14050c-MaximkinVL-G14050C2

В.Л.
Максимкин

Москва

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

Цель: повышение квалификации путем формирования у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для профессиональной деятельности в области электроэнергетики и электротехники..

Программа составлена в соответствии:

- с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, утвержденным приказом Минобрнауки от 28.02.2018 г. № 144, зарегистрированным в Минюсте России 22.03.2018 г. № 50467.

- с Профессиональным стандартом 40.180 «Специалист по проектированию систем электропривода», утвержденным приказом Минтруда 31.08.2021 г. № 607н, зарегистрированным в Минюсте России _____ г. № , уровень квалификации 7.

Форма реализации: обучение в МЭИ.

Форма обучения: очная.

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 профессиональную программу, должны иметь или получать среднее профессиональное или высшее образование. Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца или академической справкой о прохождении обучения, при этом документ выдается после предоставления соответствующего подтверждающего документа о получении соответствующего образования.

Выдаваемый документ: при успешном прохождении программы и сдаче итоговой аттестации выдается удостоверение о повышении квалификации 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): 5.

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
ОПК-3: Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Знать: - Основы электропривода; - Общие сведения по асинхронным двигателям; - Варианты частотного управления асинхронным электроприводом; - Характеристики АД при управлении от ПЧ.
	Уметь: - Составлять схему замещения АД; - Математически описывать АД при частотном управлении; - Анализировать основные технические характеристики и функциональные возможности комплектных приводов ведущих электротехнических фирм; - Программировать логические контроллеры.
	Владеть: - Современными принципами управления асинхронным электроприводом; - Навыками программирования логических контроллеров.

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

Уровень квалификации 6.

Таблица 2

Практико-ориентированные требования к результатам освоения программы

Трудовые функции	Требования к результатам
40.180 «Специалист по проектированию систем электропривода»	
ПК-1015/В/02.6/1 Способен осуществлять подготовку текстовой и графической частей эскизного и технического проектов	Трудовые действия: - Формирование основных решений автоматизированного электропривода; - Формирование принципиальных решений системы электропривода.

системы электропривода	Умения: - Определять требования к системе электропривода на основе предварительной проработки и анализа различных вариантов; - Определять принципиальные решения по составу и размещению электрооборудования, кинематическим схемам, датчикам и приборам технологического контроля, системам регулирования и автоматизации, связям с другими системами; - Определять основные технические решения автоматизированного электропривода; - Выбирать методы и алгоритм конструирования элементов системы электропривода. Знания: - Состав комплекса технических средств для автоматизированных систем управления технологическими процессами; - Классификация электроприводов и основные требования к ним; - Правила устройства электроустановок; - Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей; - Методы и правила конструирования элементов системы электропривода с использованием специализированных программных средств.
------------------------	---

2.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

Не предусмотрено

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

3.1. Трудоемкость программы

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

- 2 зачетных единиц;
- 72 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)		Контактная работа, ак. ч							Форма аттестации		
		всего	всего	аудиторные занятия	электронное обучение	обучение с ДОТ	контроль	Самостоятельная работа, ак. ч	Стажировка, ак. ч	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	Частотно-регулируемый электропривод	70	66	66				4			Нет	
1.1.	Асинхронный двигатель. Общие сведения. Основные характеристики	24	22	22				2				
1.2.	Электропривод постоянного тока	6	6	6						Тестирование		
1.3.	Электропривод переменного тока	6	6	6								
1.4.	Частотное управление асинхронным электроприводом	34	32	32				2				
2	Итоговая аттестация	20	03				03	1.7				Итоговый экзамен
	ИТОГО:	720	663	66	0	0	03	5.7	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.	Частотно-регулируемый электропривод	
1.1.	Асинхронный двигатель. Общие сведения. Основные характеристики	Асинхронный электродвигатель (АД) – виды, принцип работы, конструктивные особенности. Принцип получения вращающегося магнитного поля. Идеализированная модель АД. Схема замещения. Пусковые характеристики АД. Понятие статических

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		механических и электромеханических характеристик. Способы управления АД без применения частотного управления. Номинальный режим АД. Приближенное построение статических характеристик по номинальным паспортным данным. Энергетика АД. Двигательные и тормозные (генераторные) режимы. Общая структура электропривода. Основные энергетические показатели асинхронных электроприводов. Силовой (энергетический) канал электропривода. Механика электропривода. Основы, виды нагрузок.
1.2.	Электропривод постоянного тока	Роль современного электропривода. Электроприводы в системах автоматизации. Принципы построения, характеристики, статические и динамические свойства электроприводов постоянного тока – основного предыдущего поколения регулируемых электроприводов. Математическое описание и механические характеристики ДПТ. Способы управления двигателем постоянного тока, регулируемые характеристики. Схемы управления двигателем постоянного тока с использованием управляемых выпрямителей. Понятие фазо-частотного управления. Современные схемы управляемых выпрямителей. Особенности реверсивного управления вращением ДПТ. Широтно-импульсное регулирование в управлении ДПТ. Использование H-моста в управлении ДПТ. Особенности и схемотехнические решения. Драйверы ДПТ.
1.3.	Электропривод переменного тока	Системы параметрического управления (фазовое управление в статоре АД, фазовое и импульсное управление в роторе АД). Области применения и целесообразность такого управления для конкретных механизмов. Построение софт-стартеров (soft-starter), Традиционные системы управления АД. Основы современного автоматизированного электропривода – частотно-регулируемый асинхронный электропривод. Схемотехнические решения в реализации преобразователей частоты (ПЧ). Трехфазный управляемый и неуправляемый выпрямитель, варианты цепей заряда в «классической» схеме преобразователей частоты, автономный инвертор тока (АИТ), автономный инвертор напряжения (АИН). Современная элементная база коммутирующих устройств ПЧ. Рынок современных ПЧ. Современные отечественные и зарубежные фирмы-производители ПЧ. Ресурс и

№	Наименование дисциплин (модулей)	Содержание дисциплин (модулей)
		надежность работы АД от ПЧ. Перспективные направления развития ПЧ. Схемы силовых частей для высоковольтных вариантов преобразователей (схема с последовательным соединением полупроводниковых ключей, трехуровневый и многоуровневые инверторы. Использование непосредственных преобразователей частоты (НПЧ), достоинства и недостатки. Современные тенденции развития непосредственных ПЧ – матричные ПЧ (МПЧ).
1.4.	Частотное управление асинхронным электроприводом	Способы частотного управления асинхронным электроприводом: частотное, частотно-токовое, векторное (распространенность, связь с технологическими требованиями). Реализации ПЧ различных фирм. Примеры на основе преобразователей частоты Mitsubishi Electric, Schneider Electric, LG (особенности, сходства, отличия). Характеристики АД при управлении от ПЧ. Особенности ШИМ модуляции выходного напряжения ПЧ, негативно влияющие на ресурс работы двигателей. Способы скалярного регулирования $U/f=\text{const}$ в разомкнутой и замкнутой системах. Усовершенствованное скалярное управление (Advanced Scalar Control - ASC) – в замкнутой системе. Необходимость IR – компенсации при частотном регулировании. Векторный способ регулирования (схема, структура, основные понятия, разновидности, настройки внутренних регуляторов, особенности). Векторные системы регулирования с прямой и косвенной ориентацией по полю. Системы прямого управления моментом (схема, структура, основные понятия, разновидности, настройки внутренних регуляторов, особенности). Бездатчиковое построение систем с ПЧ (области применения, идеи построения). ПЧ с рекуперацией энергии в питающую сеть. Энергосбережение средствами частотно-регулируемого электропривода. Прикладные программируемые логические контроллеры для автоматизации технологических процессов на производствах.

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
<i>Не предусмотрено</i>	

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. Беспалов, В. Я. Электрические машины : учебное пособие для вузов по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / В. Я. Беспалов,

Н. Ф. Котеленец. – 3-е изд., стер. – М. : АКАДЕМИЯ, 2010. – 320 с. – (Высшее профессиональное образование). – ISBN 978-5-7695-7039-1.;

2. Васильев, Б. Ю. Электропривод. Энергетика электропривода : учебник по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / Б. Ю. Васильев. – М. : Солон-Пресс, 2015. – 268 с. – ISBN 978-5-91359-155-5.;

3. Денисов, В. А. Электроприводы переменного тока с частотным управлением : учебное пособие для вузов по направлению "Электроэнергетика и электротехника" / В. А. Денисов. – Старый Оскол : ТНТ, 2017. – 164 с. – ISBN 978-5-94178-359-5.;

4. Ключев, В. И. Теория электропривода : учебник для вузов по специальности "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" направления "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / В. И. Ключев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2001. – 704 с. – ISBN 5-283-00642-5.;

5. Осипов, О. И. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод : Учебное пособие по курсу "Типовые решения и техника современного электропривода" по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / О. И. Осипов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Изд-во МЭИ, 2004. – 80 с. – ISBN 5-7677-0291-8.;

6. Попов, А. Н. Основы электромеханики асинхронного частотного электропривода / А. Н. Попов, Липецкий государственный технический университет. – Липецк : ЛГТУ, 2007. – 265 с. – ISBN 978-5-88247-341-8.;

7. Соколова, Е. М. Электронные устройства в системах электромеханики : учебное пособие по курсу "Электронные устройства электромеханических систем" / Е. М. Соколова, Ю. А. Мощинский, Нац. исслед. ун-т "МЭИ". – М. : Изд-во МЭИ, 2017. – 64 с. – ISBN 978-5-7046-1779-2.

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=9410>.

б) литература ЭБС и БД:

1. В. Г. Макаров- "Анализ системных свойств асинхронного электропривода", Издательство: "Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ)", Казань, 2012 - (105 с.)

<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258626>;

2. Крылов Ю. А., Карандаев А. С., Медведев В. Н.- "Энергосбережение и автоматизация производства в теплоэнергетическом хозяйстве города. Частотно-регулируемый электропривод", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (176 с.)

<https://e.lanbook.com/book/211253>;

3. Фролов Ю. М., Шелякин В. П.- "Регулируемый асинхронный электропривод", (2-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2018 - (464 с.)

<https://e.lanbook.com/book/102251>.

в) используемые ЭБС:

1. Научная электронная библиотека

<https://elibrary.ru/>;

2. ЭБС Лань

<https://e.lanbook.com/>;

3. ЭБС "Университетская библиотека онлайн"

http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red.

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 приложение Е.

6.3. Финансовое обеспечение

План расходов и расчет обоснования стоимости по дополнительной образовательной программе представлены в приложение 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	20.05.2024

Руководитель
образовательной
программы

		Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
		Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
Владелец		Максимкин В.Л.	
Идентификатор		R9e14050c-MaximkinVL-G14050C2	

В.Л.
Максимкин