

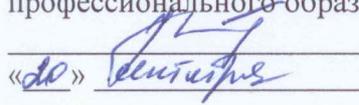
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Учебно-научная лаборатория «Автоматизация производственных механизмов»
(УНЛ АПМ)

СОГЛАСОВАНО

Начальник управления дополнительного
профессионального образования

 Н.Н. Берёзка
«do» 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



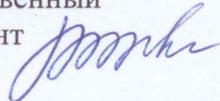
 С.С. Чернов
2023 г.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПРОГРАММА

**ПРОГРАММА ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
«ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА»**

Руководитель программы повышения квалификации:

доцент кафедры электропривода и автоматизации промышленных
установок ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный
технический университет», канд. техн. наук, доцент



В.М. Кавешников

Руководитель подразделения, реализующего программу:

руководитель УНЛ АПМ ФГБОУ ВО «Новосибирский
государственный технический университет»,
канд. техн. наук, доцент



В.М. Кавешников

Новосибирск 2023

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

1.1. Цель реализации программы

Целью реализации программы повышения квалификации является совершенствование профессиональных компетенций, необходимых для профессиональной деятельности, и повышение профессионального уровня специалистов в области применения современных элементов автоматике, а также высоковольтного частотно-регулируемого электропривода переменного тока.

1.2. Категория слушателей

Целевая аудитория: главные энергетики, энергетики, специалисты по контрольно-измерительным приборам и автоматике (КИПиА), специалисты по автоматизированным системам управления (АСУТП).

1.3. Требования к уровню подготовки лиц, необходимому для освоения программы

Специалисты со средним профессиональным и высшим образованием.

1.4. Трудоемкость программы: всего 40 часов, из них 36 часов контактных занятий, в том числе 2 часа итоговой аттестации и 4 часа самостоятельной работы слушателя (СРС).

1.5. Срок обучения: 5 дней.

1.6. Форма обучения: очная.

1.7. Формат обучения: оффлайн.

1.8. Выдаваемый документ: удостоверение о повышении квалификации образца, установленного ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет».

1.9. Область профессиональной деятельности: 20 Электроэнергетика.

1.10. Сфера применения компетенций, полученных после освоения программы: в сферах электроэнергетики и электротехники.

1.11 УГС: 130000 Электро- и теплоэнергетика.

1.12. ОКВЭД: 71.12.12. Разработка проектов промышленных процессов и производств, относящихся к электротехнике, электронной технике, горному делу, химической технологии, машиностроению, а также в области промышленного строительства, системотехники и техники безопасности.

1.13. Планируемые результаты обучения

Программа направлена на совершенствование профессиональных компетенций (ПК-1, ПК-2), сформулированных на основании основной профессиональной образовательной программы 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль: «Мехатронные и автоматизированные комплексы и системы» и трудовой функции (В/01.6) профессионального стандарта 40.178 Специалист по проектированию автоматизированных систем управления технологическими процессами (утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12.10.2021 № 723н):

Планируемые результаты освоения программы	Планируемые результаты обучения
ПК-1. Способность выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности.	Знать: - основные элементы и устройства систем автоматизированного электропривода, и принципы их расчета. Уметь: - формулировать цели систем автоматизации и требования к системам. Владеть: - практическим опытом и навыками при наладке современных преобразователей частоты и других исполнительных устройств.

Планируемые результаты освоения программы	Планируемые результаты обучения
<p>ПК-2. Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом региональных особенностей и потребностей работодателей.</p>	<p>Знать: - основные типы регуляторов типовых структур систем автоматизации.</p> <p>Уметь: - правильно выбирать (строить) структуру системы, рассчитывать её характеристики и реализовывать её технически.</p> <p>Владеть: - практическим опытом при настройке и эксплуатации современных элементов автоматизации.</p>
<p>В/01.6. Разработка проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами</p>	<p>Знать. - основные этапы исследования автоматизируемого объекта</p> <p>Уметь. - правильно подготавливать технико-экономическое обоснование создания автоматизированной системы управления технологическими процессами</p> <p>Владеть. - практическим опытом проектирования систем управления технологическими процессами</p>

2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

2.1. Учебный план программы повышения квалификации

Наименование модулей программы	Общая трудоемкость, час	Контактные занятия, час						СРС, час	
		всего	лекции	практические / лабораторные	в том числе с применением ДОТ			всего	с ДОТ
					всего	лекции	практические / лабораторные		
Модуль 1. Электрические двигатели переменного тока и их место в общей совокупности электродвигателей	4	4	4	–	–	–	–	–	–
Модуль 2. Частотно-регулируемый электропривод и его устройство	4	4	4	–	–	–	–	–	–
Модуль 3. Основы теории автоматического управления	2	2	2	–	–	–	–	–	–
Модуль 4. Функциональные возможности современных электроприводов переменного тока	4	3	–	3	–	–	–	1	–
Модуль 5. Сферы применения высоковольтных электроприводов переменного тока	2	2	2	–	–	–	–	–	–
Модуль 6. Топологии высоковольтных преобразователей частоты (ПЧ)	4	4	4	–	–	–	–	–	–
Модуль 7. Конструктивные элементы высоковольтных ПЧ	6	5	5	–	–	–	–	1	–

Наименование модулей программы	Общая трудоемкость, час	Контактные занятия, час						СРС, час	
		всего	лекции	практические / лабораторные	в том числе с применением ДОТ			всего	с ДОТ
					всего	лекции	практические / лабораторные		
Модуль 8. Особенности эксплуатации высоковольтных ПЧ	8	6	4	2	-	-	-	2	-
Модуль 9 Основы проектирования современных систем автоматизации на основе высоковольтных электроприводов переменного тока	4	4	-	4	-	-	-	-	-
Итоговая аттестация	2	2	-	-	-	-	-	-	-
Итого	40	36	25	9	-	-	-	4	-

2.2. Учебно-тематический план программы повышения квалификации

Наименование модулей и тем программы	Общая трудоемкость, час	Контактные занятия, час						СРС, час	
		всего	лекции	практические / лабораторные	в том числе с применением ДОТ			всего	с ДОТ
					всего	лекции	практические / лабораторные		
Модуль 1. Электрические двигатели переменного тока и их место в общей совокупности электродвигателей	4	4	4	-	-	-	-	-	-
Тема 1.1. Асинхронные короткозамкнутые двигатели и их характеристики	2	2	2	-	-	-	-	-	-
Тема 1.2. Синхронные двигатели и их характеристики	2	2	2	-	-	-	-	-	-
Модуль 2. Частотно-регулируемый электропривод и его устройство	4	4	4	-	-	-	-	-	-
Тема 2.1. Область применения частотно-регулируемого электропривода	2	2	2	-	-	-	-	-	-
Тема 2.2. Составные элементы частотного привода. Принцип работы преобразователя частоты	2	2	2	-	-	-	-	-	-
Модуль 3. Основы теории автоматического управления	2	2	2	-	-	-	-	-	-
Тема 3.1. Разомкнутые системы автоматического управления	1	1	1	-	-	-	-	-	-
Тема 3.2. Замкнутые системы	1	1	1	-	-	-	-	-	-

Наименование модулей и тем программы	Общая трудоемкость, час	Контактные занятия, час						СРС, час	
		всего	лекции	практические / лабораторные	в том числе			всего	с ДОТ
					с применением ДОТ				
					всего	лекции	практические / лабораторные		
Модуль 4. Функциональные возможности современных электроприводов переменного тока	4	3	–	3	–	–	–	1	–
Тема 4.1. Назначение, основные функции и технические характеристики ПЧ	2	1	–	1	–	–	–	1	–
Тема 4.2. Работа с современным ПЧ	2	2	–	2	–	–	–	–	–
Модуль 5. Сферы применения высоковольтных электроприводов переменного тока	2	2	2	–	–	–	–	–	–
Тема 5.1. Основные требования к высоковольтному электроприводу	1	1	1	–	–	–	–	–	–
Тема 5.2. Примеры применения высоковольтных электроприводов переменного тока в промышленности	1	1	1	–	–	–	–	–	–
Модуль 6. Топологии высоковольтных преобразователей частоты (ПЧ)	4	4	4	–	–	–	–	–	–
Тема 6.1. Основные топологии высоковольтных ПЧ, применяемые в промышленности	1	1	1	–	–	–	–	–	–
Тема 6.2. Конструктивные элементы основных топологий высоковольтных ПЧ	1	1	1	–	–	–	–	–	–
Тема 6.3. Особенности и области применения основных топологий высоковольтных ПЧ	1	1	1	–	–	–	–	–	–
Тема 6.4. Варианты технической реализации способов регулирования технологических параметров на базе высоковольтных ПЧ	1	1	1	–	–	–	–	–	–
Модуль 7. Конструктивные элементы высоковольтных ПЧ	6	5	5	–	–	–	–	1	–
Тема 7.1. Основные виды трансформаторов, применяемых в высоковольтных ПЧ. Устройство и принцип работы многообмоточных трансформаторов	1	1	1	–	–	–	–	–	–

Наименование модулей и тем программы	Общая трудоемкость, час	Контактные занятия, час						СРС, час	
		всего	в том числе					всего	с ДОТ
			лекции	практические / лабораторные	с применением ДОТ				
					всего	лекции	практические / лабораторные		
Тема 7.2. Типы полупроводниковых силовых ключей, применяемых в высоковольтных ПЧ. Основные характеристики высоковольтных полупроводниковых ключей	1	1	1	–	–	–	–	–	–
Тема 7.3. Основные типы выпрямительных устройств в составе высоковольтного ПЧ. Многопульсные схемы выпрямления	2	1	1	–	–	–	–	1	–
Тема 7.4. Основные топологии инверторов, применяемых в высоковольтном ПЧ. Особенности построения систем высоковольтного ПЧ на их базе. Способы широтно-импульсной модуляции, применяемой в высоковольтном ПЧ	2	2	2	–	–	–	–	–	–
Модуль 8. Особенности эксплуатации высоковольтных ПЧ	8	6	4	2	–	–	–	2	–
Тема 8.1. Особенности эксплуатации трансформаторных и безтрансформаторных (многоуровневых) высоковольтных ПЧ	4	3	1	2	–	–	–	1	–
Тема 8.2. Влияние кабельных линий на работу высоковольтного электропривода	1	1	1	–	–	–	–	–	–
Тема 8.3. Основные топологии синусных фильтров, применяемых в составе высоковольтного электропривода. Особенности применения синусных фильтров в составе высоковольтного электропривода, работающего на кабельную линию	3	2	2	–	–	–	–	1	–
Модуль 9 Основы проектирования современных систем автоматизации на основе высоковольтных электроприводов переменного тока	4	4	–	4	–	–	–	–	–
Тема 9.1. Современные подходы к проектированию систем автоматизации	4	4	–	4	–	–	–	–	–
Итоговая аттестация	2	2	–	–	–	–	–	–	–
Итого	40	36	25	9	–	–	–	4	–

2.3. Рабочие программы модулей

Модуль 1. Электрические двигатели переменного тока и их место в общей совокупности электродвигателей (4 часа)

Тема 1.1. Асинхронные короткозамкнутые двигатели и их характеристики (2 часа)

Принцип действия АД. Режимы работы: двигательный, тормозные. Статические и энергетические характеристики АД. Способы регулирования скорости и их сравнительные характеристики.

Тема 1.2. Синхронные двигатели и их характеристики (2 часа)

Принцип действия СД. Конструктивные особенности. Статические и энергетические характеристики. Их анализ по сравнению с характеристиками АД. Регулируемые свойства СД.

Модуль 2. Частотно-регулируемый электропривод и его устройство (4 часа)

Тема 2.1. Область применения частотно-регулируемого электропривода (2 часа)

Сравнительный анализ частотно-регулируемого электропривода с регулируемым электроприводом постоянного тока. Преимущественные применения частотного электропривода в настоящее время. Тенденции дальнейшего развития и области применения.

Тема 2.2. Составные элементы частотного привода. Принцип работы преобразователя частоты (2 часа)

Инвертор напряжения как основной элемент частотного электропривода, сетевой выпрямитель, цепь «слива», емкостной накопитель энергии. Принцип работы преобразователя частоты со звеном постоянного тока. Инверторный и выпрямительный режимы. ШИМ выходного напряжения: назначение и особенности.

Модуль 3. Основы теории автоматического управления (2 часа)

Тема 3.1. Разомкнутые системы автоматического управления (1 час)

Понятие передаточных функций, частотных характеристик, типовые динамические звенья. Приемы преобразования структурных схем.

Тема 3.2. Замкнутые системы (1 час)

Оценка устойчивости и оптимизация замкнутого контура регулирования. Особенности многоконтурных систем.

Модуль 4. Функциональные возможности современных электроприводов переменного тока (4 часа)

Тема 4.1. Назначение, основные функции и технические характеристики ПЧ (2 часа)

Функции управления моментом и скоростью АД. Понятие сервопривода. Дополнительные функции ПЧ, интерфейсные возможности.

Тема 4.2. Работа с современным ПЧ (2 часа)

Функциональная и электрическая силовые схемы ПЧ. Схемы подключения ПЧ. Дополнительные опции. Параметры и группы параметров. Настройка ПЧ, диагностика, органы управления.

Модуль 5. Сферы применения высоковольтных электроприводов переменного тока (2 часа)

Тема 5.1. Основные требования к высоковольтному электроприводу (1 час)

Классификация высоковольтных ПЧ. Классы напряжений и мощностей ПЧ. Основные отечественные и зарубежные производители ПЧ.

Тема 5.2. Примеры применения высоковольтных электроприводов переменного тока в промышленности (1 час)

Типовые функциональные схемы высоковольтных электроприводов типовых производственных механизмов на базе высоковольтных ПЧ. Высоковольтный электропривод насосных агрегатов и вентиляционных установок. Высоковольтный электропривод погружных насосов.

Модуль 6. Топологии высоковольтных ПЧ (4 часа)

Тема 6.1. Основные топологии высоковольтных ПЧ, применяемые в промышленности (1 час)

Типовые схемы трансформаторных высоковольтных ПЧ. Типовые схемы безтрансформаторных высоковольтных ПЧ.

Тема 6.2. Конструктивные элементы основных топологий высоковольтных ПЧ (1 час)

Компоновка конструктивных элементов высоковольтных ПЧ. Применяемые схемы входных выпрямителей. Применяемые типы трансформаторов в высоковольтных ПЧ.

Тема 6.3. Особенности и области применения основных топологий высоковольтных ПЧ (1 час)

Типы применяемых топологий высоковольтных ПЧ в составе электроприводов насосных и вентиляционных установок. Типы применяемых топологий высоковольтных ПЧ в составе электроприводов грузоподъемных установок. Примеры применения высоковольтных ПЧ в энергетике.

Тема 6.4. Варианты технической реализации способов регулирования технологических параметров на базе высоковольтных ПЧ (1 час)

Регулирование производительности насосных и вентиляционных агрегатов. Регулирование грузоподъемных механизмов.

Модуль 7. Конструктивные элементы высоковольтных ПЧ (6 часов)

Тема 7.1. Основные виды трансформаторов, применяемых в высоковольтных ПЧ. Устройство и принцип работы многообмоточных трансформаторов (1 час)

Типы многообмоточных трансформаторов. Многообмоточные, многопульсные трансформаторы с фазосдвигающими обмотками.

Тема 7.2. Типы полупроводниковых силовых ключей, применяемых в высоковольтных ПЧ. Основные характеристики высоковольтных полупроводниковых ключей (1 час)

Виды полупроводниковых силовых ключей, применяемых в различных топологиях высоковольтного ПЧ. Классификация полупроводниковых силовых ключей в зависимости от области применения.

Тема 7.3. Основные типы выпрямительных устройств в составе высоковольтного ПЧ. Многопульсные схемы выпрямления (2 часа)

Многопульсные схемы выпрямления. Энергетические показатели работы многопульсных схем выпрямления. Совместное применение многопульсных схем выпрямления и многообмоточных трансформаторов.

Тема 7.4. Основные топологии инверторов, применяемых в высоковольтном ПЧ. Особенности построения систем высоковольтного ПЧ на их базе. Способы широтно-импульсной модуляции, применяемой в высоковольтном ПЧ (2 часа)

Двухуровневые схемы автономных инверторов. Многоуровневые схемы автономных инверторов. Автономные инверторы с каскадным включением H-мостов. Автономные инверторы с «навесными» конденсаторами. Автономные инверторы с выводом нулевой точки. Виды ШИМ. ШИМ со смещением по уровню и со смещением по фазе.

Модуль 8. Особенности эксплуатации высоковольтных преобразователей частоты (8 часов)

Тема 8.1. Особенности эксплуатации трансформаторных и безтрансформаторных (многоуровневых) высоковольтных ПЧ (4 часа)

Процессы в системе многоуровневый преобразователь частоты – асинхронный двигатель – нагрузка. Эксплуатация трансформаторных и безтрансформаторных высоковольтных преобразователей частоты. Высоковольтные ПЧ фирм VEDA MK, ЗАО «Эрасиб», АО Нидек АСИ ВЭИ», ABB, Alstom и др.

Тема 8.2. Влияние кабельных линий на работу высоковольтного электропривода (1 час)

Виды кабельных линий, применяющихся в высоковольтном электроприводе. Схемы замещения кабельных линий. Влияние кабельных линий на параметры работы высоковольтных электроприводов.

Тема 8.3. Основные топологии синусных фильтров, применяемых в составе высоковольтного электропривода. Особенности применения синусных фильтров в составе высоковольтного электропривода, работающего на кабельную линию (3 часа)

Топологии синусных фильтров, применяющихся в электроприводе. Основные характеристики синусных фильтров. Влияние синусных фильтров на параметры работы высоковольтных электроприводов.

Модуль 9. Основы проектирования современных систем автоматизации на основе высоковольтных электроприводов переменного тока (4 часа)

Тема 9.1. Современные подходы к проектированию систем автоматизации (4 часа)

Примеры проектирования систем автоматизации на базе преобразователей частоты Danfoss. Примеры проектирования систем автоматизации на базе преобразователей частоты ABB.

2.4. Перечень практических занятий

Модуль, тема	Наименование практических занятий	Трудоемкость, час
Модуль 4. Тема 4.1.	<i>Функции управления моментом и скоростью АД.</i> Понятие сервопривода. Дополнительные функции ПЧ, интерфейсные возможности.	2
Модуль 4. Тема 4.2.	<i>Функциональная и электрическая силовые схемы ПЧ.</i> Схемы подключения ПЧ. Дополнительные опции. Параметры и группы параметров. Настойка ПЧ, диагностика, органы управления.	2
Модуль 8. Тема 8.1.	<i>Процессы в системе Многоуровневый преобразователь частоты – асинхронный двигатель – нагрузка.</i> Эксплуатация трансформаторных и безтрансформаторных высоковольтных преобразователей частоты. Высоковольтные ПЧ фирм VEDA МК, ЗАО «Эрасиб», АО Нидек АСИ ВЭИ», ABB, Alstom и др.	4
Модуль 9. Тема 9.1.	<i>Системы автоматизации.</i> Примеры проектирования систем автоматизации на базе преобразователей частоты Danfoss.	2
	<i>Системы автоматизации.</i> Примеры проектирования систем автоматизации на базе преобразователей частоты ABB.	2

2.5. Виды самостоятельной работы слушателя (СРС)

Модуль, тема	Вид СРС	Трудоемкость, час
Модуль 4. Тема 4.1.	Изучение технической документации	1
Модуль 7. Тема 7.3.	Подготовка итоговой аттестационной работы	1
Модуль 8. Тема 8.1.	Подготовка итоговой аттестационной работы	1
Модуль 8. Тема 8.3.	Подготовка итоговой аттестационной работы	1