

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы специалитета  
по специальности  
26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования  
и средств автоматики,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Частотное регулирование в судовом электроприводе**

Специальность: 26.05.07 Эксплуатация судового  
электрооборудования и средств автоматики

Специализация: Эксплуатация судового электрооборудования  
и средств автоматики

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 1093451  
Подписал: заведующий кафедрой Зябров Владислав  
Александрович  
Дата: 02.04.2024

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения дисциплины «Частотное регулирование в судовом электроприводе» является расширение и углубление знаний, умений, навыков, определяемых содержанием базовой дисциплины – «Теория автоматического управления» применительно к объектам судовой энергетической установки (СЭУ). Настоящая программа составлена с учетом требований Международной конвенции о подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (ПДНВ) 1978 г. с поправками.

Задачами освоения дисциплины «Частотное регулирование в судовом электроприводе» является:

- изучение принципов автоматизации объектов СЭУ, применяемых и перспективных схем и устройств автоматики;
- изучение правил эксплуатации средств автоматизации СЭУ, получение навыков по поиску и диагностике неисправностей, настройке систем автоматического управления.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ПК-1** - Способен осуществлять безопасное техническое использование, техническое обслуживание, диагностирование и ремонт судового электрооборудования и средств автоматики в соответствии с международными и национальными требованиями;

**ПК-7** - Способен осуществлять безопасное техническое использование, техническое обслуживание, диагностирование и ремонт электрооборудования и средств автоматики судовых палубных механизмов и грузоподъемных устройств в соответствии с международными и национальными требованиями;

**ПК-23** - Способен принять участие в разработке и оформлении проектной, нормативной и технологической документации для ремонта, модернизации и модификации судового электрооборудования и средств автоматики ;

**ПК-25** - Способен осуществлять монтаж, наладку, техническое наблюдение судового и берегового электрооборудования и средств автоматики, эффективно использовать материалы, электрооборудование, соответствующие алгоритмы и программы для расчетов параметров технологических процессов.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

**Знать:**

Порядок разработки и оформления проектной документации для модернизации и модификации судового электрооборудования и средств автоматизации

Алгоритмы и программы для расчетов параметров технологических процессов

Конструкцию и принципы работы механических систем, включая первичные двигатели, в том числе главную двигательную установку; вспомогательные механизмы в машинном отделении; системы управления рулем; системы обработки грузов; палубные механизмы; бытовые судовые системы

Технологические процессы (регламенты), осуществляемые с электрооборудованием

Опасности и меры предосторожности, требуемые при эксплуатации силовых систем напряжением выше 1 000 вольт

Теоретические разделы термодинамики, механики и гидромеханики

Устройство (конструкция) электрооборудования и устройств автоматизации

Назначение и технические характеристики электрооборудования и устройств автоматизации, электрорадионавигационных систем, судового бытового оборудования

Высоковольтные технологии, включая специальный технический тип высоковольтных систем и опасности, связанные с рабочим напряжением более 1 000 вольт

Гребные электрические установки судов, электродвигатели и системы управления

Принципы эксплуатации всех систем внутрисудовой связи

Требования охраны труда

Системы дистанционного автоматического управления главным двигателем, вспомогательными механизмами в машинном отделении

Системы автоматического управления вспомогательных котлов

Системы автоматического регулирования напряжения и частоты судовой электростанции, параллельной работы и распределения активных и реактивных нагрузок

Система автоматизации и обслуживания механизмов гребной электрической установки и электростанций, действие и величина установок защит основного оборудования, особенности стояночных, пусковых и рабочих режимов резервного и аварийного оборудования, правила перевода питания

потребителей с судовых источников электроэнергии на береговые и наоборот

Системы автоматического управления рулевым комплексом

Системы управления грузовыми операциями, палубными механизмами и грузоподъемными механизмами

**Уметь:**

Осуществлять монтаж, наладку, техническое наблюдение судового и берегового электрооборудования и средств автоматики;

Эффективно использовать материалы и электрооборудование

Разрабатывать и оформлять нормативную и технологическую документацию для ремонта судового электрооборудования и средств автоматики

Осуществлять безопасное техническое использование электрооборудования и средств автоматики судовых палубных механизмов и грузоподъемных устройств в соответствии с международными и национальными требованиями;

Осуществлять безопасное техническое обслуживание электрооборудования и средств автоматики судовых палубных механизмов и грузоподъемных устройств в соответствии с международными и национальными требованиями;

Осуществлять безопасное диагностирование и ремонт электрооборудования и средств автоматики судовых палубных механизмов и грузоподъемных устройств в соответствии с международными и национальными требованиями

Осуществлять безопасное техническое использование судового электрооборудования и средств автоматики в соответствии с международными и национальными требованиями;

Осуществлять безопасное техническое обслуживание судового электрооборудования и средств автоматики в соответствии с международными и национальными требованиями;

Осуществлять безопасное диагностирование и ремонт судового электрооборудования и средств автоматики в соответствии с международными и национальными требованиями

Анализировать параметры технического состояния электрооборудования

Использовать все средства контроля, все системы внутрисудовой связи и управления, в том числе информацию на пультах электроэнергетической установки и главной энергетической установки

Вводить в работу и выводить из работы любой из агрегатов в заведовании электромеханической службы, обеспечивающей мореплавание и живучесть судна

Работать с технической документацией по эксплуатации судового электрооборудования и автоматики

Осуществлять бесперебойное переключение питания от разных источников электроэнергии

Подготавливать оборудование и помещения к выполнению заводских ремонтных работ и оказывать содействие в выполнении их в установленные сроки

Устранять дефекты и отказы в работе электрооборудования

Выполнять ремонт судового высоковольтного электрооборудования

Вести учетную ремонтную техническую документацию

### **Владеть:**

Навыками составления графиков технического обслуживания

Навыками выявления неисправностей в техническом состоянии электрооборудования и электротехнических средств автоматики машинного отделения, включая системы управления главной двигательной установки, вспомогательных механизмов, гребной электрической установки и электростанции, их устранение

Навыками выявления неисправностей в техническом состоянии электрооборудования и электротехнических средств автоматики на ходовом мостике, включая электронавигационные системы, системы судовой связи, их устранение

Навыками выявления неисправностей в техническом состоянии электрооборудования и электротехнических средств автоматики палубных механизмов и грузоподъемного оборудования, их устранение

Навыками подключения и отключения судовой компьютерной информационной системы

Навыками ввода, вывода, копирования информации в судовую компьютерную информационную систему, удаление информации из нее

Навыками обеспечения исправного технического состояния бытового электрооборудования судна

Навыками составления плана работ по ремонту судового электрооборудования

Навыками составления ремонтных ведомостей, контролирование качества работ, выполняемых береговыми и судовыми специалистами

Навыками проведения планового и текущего ремонта электрооборудования и электротехнических средств автоматики машинного отделения, включая системы управления главной двигательной установки, вспомогательных механизмов, гребной электрической установки и электростанции

Навыками проведения планового и текущего ремонта электрооборудования и электротехнических средств автоматики на ходовом мостике, включая электрорадионавигационные системы, системы судовой связи

Навыками проведения планового и текущего ремонта электрооборудования и электротехнических средств автоматики палубных механизмов и грузоподъемного оборудования

Навыками проведения планового и текущего ремонта бытового электрооборудования судна

### 3. Объем дисциплины (модуля).

#### 3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №9
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	52	52
В том числе:		
Занятия лекционного типа	26	26
Занятия семинарского типа	26	26

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 56 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

## 4. Содержание дисциплины (модуля).

### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Раздел 1 Введение Введение. Назначение курса и его связь со смежными дисциплинами. Структура курса. Краткая история развития частотно-регулируемого электропривода.
2	Раздел 2 Основные сведения о конструкции и теории асинхронного электродвигателя Принцип действия и устройство асинхронной машины. Создание вращающегося магнитного поля в асинхронной машине. Основные принципы выполнения обмоток асинхронных машин. Работа асинхронной машины при заторможенном роторе. Работа асинхронной машины при вращающемся роторе. Схема замещения и векторная диаграмма асинхронной машины. Механическая характеристика асинхронного двигателя. Потери и КПД асинхронной машины.
3	Раздел 3 Работа асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания Работа асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания. Схема замещения асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении. Механические характеристики асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении. Управление по закону $U/f = \text{const}$ . Управление с постоянным критическим моментом. IR-компенсация. IZ-компенсация.
4	Раздел 4 Векторное управления частотно-регулируемым электроприводом Понятия векторного управления. Выбор уравнения момента и системы координат. Структурная схема АД при управлении по вектору потокосцепления ротора. Информационная часть систем векторного управления. Особенности настройки регуляторов скорости при векторном управлении.
5	Раздел 5 Преобразователи частоты для асинхронного электропривода Основные типы преобразователей частоты (ПЧ). Структура инвертора напряжения (АИН) с промежуточным звеном постоянного тока. Широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Синусоидально-управляемая ШИМ. Синхронная ШИМ. Асинхронная ШИМ. Тормозной режим в частотно-регулируемом электроприводе с АИН.
6	Раздел 6 Прямое управление моментом в асинхронном частотно-регулируемом электроприводе. Преимущества и область применения прямого управления моментом. Алгоритм прямого управления моментом.
7	Раздел 7 Современные преобразователи частоты. Преобразователи частоты, представленные на российском рынке. Сопутствующее оборудование для преобразователей частоты. Основные функции и защиты, реализуемые в современных преобразователях частоты.

### 4.2. Занятия семинарского типа.

#### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Основные сведения о конструкции и теории асинхронного электродвигателя В результате выполнения лабораторной работы студент изучает: 1. Устройство асинхронных электродвигателей (по макетам, плакатам и реальным образцам). 2. Решение задач. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при номинальной частоте и напряжении питания на компьютерной модели
2	Работа асинхронного электродвигателя при переменной частоте и напряжении питания В результате выполнения лабораторной работы студент изучает: 1. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при регулировании частоты и напряжения по закону $U/f$ на компьютерной модели. 2. Исследование механических характеристик асинхронного электродвигателя при регулировании частоты и напряжения по закону $U/f$ (на стенде с преобразователем частоты)
3	Векторное управления частотно-регулируемым электроприводом В результате выполнения лабораторной работы студент изучает: 1. Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при векторном регулировании на компьютерной модели. 2. Исследование механических характеристик асинхронного электродвигателя при векторном регулировании (на стенде с преобразователем частоты)
4	Преобразователи частоты для асинхронного электропривода В результате выполнения лабораторной работы студент изучает устройство преобразователя частоты. (по макетам, плакатам и реальным образцам).
5	Прямое управление моментом в асинхронном частотно-регулируемом электроприводе. В результате выполнения лабораторной работы студент изучает: Основные задачи по расчету механической характеристики асинхронного электродвигателя при прямом управлении моментом на компьютерной модели
6	Современные преобразователи частоты. В результате выполнения лабораторной работы студент изучает программирование преобразователя частоты

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к лабораторным занятиям
2	Работа с лекционным материалом, литературой
3	Выполнение курсовой работы.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

1	Разработка частотно-регулируемого электропривода электромеханической рулевой машины
2	Разработка частотно-регулируемого электропривода электрогидравлической рулевой машины

- 3 Разработка частотно-регулируемого электропривода палубного механизма
- 4 Разработка частотно-регулируемого электропривода брашпиля
- 5 Разработка частотно-регулируемого электропривода шпиля
- 6 Разработка частотно-регулируемого электропривода якорной лебедки
- 7 Разработка частотно-регулируемого электропривода автоматической швартовной лебедки
- 8 Разработка частотно-регулируемого электропривода автоматической буксирной лебедки
- 9 Разработка частотно-регулируемого электропривода становой лебедки земснаряда
- 10 Разработка частотно-регулируемого электропривода папильонажной лебедки земснаряда
- 11 Разработка частотно-регулируемого электропривода черпакового устройства земснаряда
- 12 Разработка частотно-регулируемого электропривода грузовой лебедки

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Практическое руководство к решению задач по теории электрических цепей: четырехполюсники, частотно-избирательные цепи, цепи с распределенными параметрами, нелинейные цепи : учебно-методическое пособие для курсантов, студентов и слушателей / сост. Р. Н. Андреев, В. А. Мельник, М. Ю. Чепелев, Н. Н. Щетинин. - Воронеж : Научная книга, 2021. - 172 с. - Текст : электронный.	URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/1998966">https://znanium.com/catalog/product/1998966</a> – Режим доступа: по подписке.
2	Федоров, О. В. Оценки эффективности частотно-регулируемых электроприводов: Монография / О.В. Федоров. - Москва : НИЦ Инфра-М, 2011. - 144 с. (e-book)ISBN 978-5-16-012051-5, 200 экз. - Текст : электронный.	URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/331889">https://znanium.com/catalog/product/331889</a> – Режим доступа: по подписке.
3	Борисевич, А. В. Об одном подходе к оптимизации энергопотребления частотно-управляемого асинхронного	URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/470114">https://znanium.com/catalog/product/470114</a> – Режим доступа: по подписке.

	электропривода [Электронный ресурс] / А. В. Борисевич // Электронный журнал "Знаниум" / НИЦ Инфра-М. - М., 2014. - 8 с. - ISSN 2311-8539. - Текст : электронный.	
4	Патюков, В. Г. Основы частотно-временных измерений/Патюков В.Г. - Краснояр.: СФУ, 2014. - 166 с.: ISBN 978-5-7638-3136-8. - Текст : электронный.	URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/550094">https://znanium.com/catalog/product/550094</a> – Режим доступа: по подписке.
5	Пилипенко, А. М. Основы анализа частотных характеристик электрических цепей : учебное пособие / А. М. Пилипенко ; Южный федеральный университет. - Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. - 98 с. - ISBN 978-5-9275-2583-6. - Текст : электронный.	URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/1021643">https://znanium.com/catalog/product/1021643</a> – Режим доступа: по подписке.

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (<https://www.miit.ru/>);

Официальный сайт Минтранса России (<https://mintrans.gov.ru/>);

Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM"  
<https://znanium.com>

Справочная правовая система «Консультант Плюс»  
<http://www.consultant.ru>

Сайт Научно-технической библиотеки РУТ (МИИТ) <http://library.miit.ru>

Сайт Российской государственной библиотеки <http://www.rsl.ru>

Международная реферативная база данных научных изданий «Web of science» <https://clarivate.com/products/web-of-science/databases/>

Сайт Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

Российский Речной Регистр <http://www.rivreg.ru>

Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России <http://www.gpntb.ru>

Российский морской регистр судоходства <http://www.rs-class.org/ru/>

Сайт Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН) <http://www.viniti.ru>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

1. Операционная система Microsoft Windows 7 (Полная лицензионная версия);
2. Офисный пакет приложений MS Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint) (Полная лицензионная версия);
3. Система автоматизированного проектирования Autocad
4. Система автоматизированного проектирования Компас

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типов, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций. Специализированная мебель.

Стенд исследования пуска в ход и торможения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (1 шт)

Стенд исследования электромеханических и механических характеристик асинхронного двигателя с фазным ротором (1 шт)

Стенд исследования рабочих характеристик асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (1 шт)

2. Учебный кабинет автоматизированного электропривода и диагностирования АЭП.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типов, лабораторных работ, групповых и индивидуальных консультаций. Специализированная мебель

Стенд универсальный ЭО 1-СК (2 шт)

Стенд универсальный ЭП 1-СК (1шт)

3 компьютеризированных рабочих места

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 9 семестре.

Курсовая работа в 9 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, к.н. кафедры «Судовые  
энергетические установки,  
электрооборудование судов и  
автоматизация» Академии водного  
транспорта

Е.В. Попов

Согласовано:

Заведующий кафедрой СЭУ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

В.А. Зябров

А.А. Гузенко