

Учреждение образования «Гомельский государственный  
технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор ГГТУ  
им. П.О. Сухого

\_\_\_\_\_ О. Д. Асенчик

07.07.2020 г.

Регистрационный № УД-41-47/уч.

## СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1–53 01 05 «Автоматизированные электроприводы»

2020

Учебная программа составлена на основе:

образовательного стандарта высшего образования первой ступени ОСВО 1–53 01 05 – 2019; учебных планов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» специальности 1–53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» регистрационный номер №№ I 53- 1 -09/уч., I 53- 1 -21/уч., утвержденных 06.02.2019г.

#### СОСТАВИТЕЛЬ:

В.В.Логвин, доцент кафедры «Автоматизированный электропривод» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент.

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

В.С.Захаренко, доцент кафедры «Информационные технологии» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», к.т.н., доцент.

С.В.Веппер, начальник техотдела ЧПУП «РАТОН-Медтех»

#### РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Автоматизированный электропривод» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 12 от 25.05.2020);

Научно-методическим советом факультета автоматизированных и информационных систем учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 10 от 01.06.2020);

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 26.06.2029)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### *Введение*

Дисциплина «Системы управления электроприводами» входит в государственный компонент цикла общепрофессиональных и специальных дисциплин подготовки специалистов по специальности 1- 53 01 05 «Автоматизированные электроприводы».

### *Цель и задачи учебной дисциплины*

Целью дисциплины является овладение теоретическими знаниями и практическими навыками по выбору структуры, анализу и синтезу систем управления электроприводами.

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение математического аппарата, используемого при анализе и синтезе систем управления электроприводами;
- изучение принципов построения систем управления электроприводами;
- изучение типовых структур систем управления скоростью, положением и другими координатами электропривода или исполнительного органа рабочей машины;
- получение практических навыков анализа и синтеза систем управления электроприводами.

### *Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием*

Дисциплина базируется на знаниях, полученных при изучении следующих дисциплин:

- «Теория автоматического управления»;
- «Электрические машины»;
- «Силовая преобразовательная техника»;
- «Элементы автоматизированного электропривода»;
- «Моделирование в электроприводе».

Знания и умения, полученные при изучении данной дисциплины, необходимы для освоения последующих специальных дисциплин, дисциплин специализации, при дипломном проектировании.

### *Требования к освоению учебной дисциплины*

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

#### **знать:**

- математическое описание, структурные схемы и свойства систем управления;
- закономерности работы типовых систем управления и их статические и динамические характеристики;
- методы формирования требуемых показателей качества управления;
- особенности построения систем управления с двигателями постоянного и переменного тока;

**уметь:**

- проектировать системы управления электроприводами, обеспечивающих требуемые статические и динамические характеристики;
- рассчитывать параметры управляющих устройств;
- рассчитывать статические и динамические характеристики систем управления и проводить их анализ;

**владеть:**

- приемами разработки систем управления электроприводами;
- методиками определения параметров управляющих устройств электропривода;
- навыками анализа работы систем управления электроприводами.

Изучение и освоение дисциплины «Системы управления электроприводами» должно обеспечить формирование у будущего специалиста необходимых академических, социально-личностных и профессиональных **компетенций**, таких как:

- уметь применять базовые научно-технические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть системным и сравнительным анализом;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- обладать навыками устной и письменной коммуникации;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течении всей жизни;
- обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- в составе группы специалистов или самостоятельно разрабатывать техническую документацию на проектируемый автоматизированный электропривод и систему автоматизации;
- осуществлять запуск в эксплуатацию и обслуживание систем электропривода и автоматизации, выполнять необходимые для этого диагностические, наладочные и ремонтные работы;
- использовать методы анализа и мониторинга для приведения процессов профессиональной деятельности в соответствие действующим стандартам, инструкциям, правилам и нормам;
- внедрять современные энергоэффективные и ресурсосберегающие системы электропривода и автоматизации;
- разрабатывать технические задания на проектируемые автоматизированные электроприводы и (или) системы автоматизации с учетом результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- в составе группы специалистов по проектированию автоматизированных

электроприводов и систем автоматизации или самостоятельно выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии с порядком разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации, особенностями вариантного проектирования на основе технико-экономического обоснования;

- использовать при организации проектно-конструкторских работ современные методы инженерного проектирования, системы и средства автоматизированного проектирования, системный анализ проектной ситуации;
- использовать теоретические основы и прикладные методы программирования с использованием компьютерной техники, вычислительные методы и моделирование при решении проектно-конструкторских задач;
- осуществлять авторский надзор за изготовлением автоматизированного электропривода или системы автоматизации в пределах соответствующей компетенции;
- определять энергетические и технико-экономические показатели проектных решений;
- анализировать перспективы и направления развития автоматизированных электроприводов и систем автоматизации;
- осуществлять оперативный контроль, выявлять и анализировать нарушения в процессе функционирования автоматизированных электроприводов и систем автоматизации промышленных установок и технологических комплексов;
- работать с научной, технической и патентной литературой.

*Общее количество часов и количество аудиторных часов  
( по плану № I 53-1-21/уч.)*

Для специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» учебная программа дисциплины рассчитана на 272 часа, в том числе 153 часа аудиторных занятий для дневной формы обучения. Трудоемкость дисциплины - 8 зачетных единиц.

*Общее количество часов и количество аудиторных часов  
( по плану № I 53-1-09/уч.)*

Для специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» учебная программа дисциплины рассчитана на 272 часа, в том числе 136 часов аудиторных занятий для дневной формы обучения. Трудоемкость дисциплины - 8 зачетных единиц.

*Форма получения высшего образования*

Дневная.

*Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам*

Форма обучения	Дневная I 53-1-21/уч.	Дневная I 53-1-09/уч.
Курс	3	3
Семестр	5,6	5,6
Лекции (часов)	68 (34,34)	68 (34,34)
Лабораторные занятия (часов)	51 (34,17)	34 (17,17)
Практические занятия (часов)	34 (17,17)	34 (17,17)
Всего аудиторных часов	153 (85, 68)	136 (68,68)

*Формы текущей аттестации по учебной дисциплине*

Экзамен	5, 6 семестр	6 семестр
Зачет	-	5 семестр

### СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

*Тема 1.* Принципы построения и математическое описание систем управления электроприводами.

Задачи и принципы управления координатами электропривода. Способы математического описания систем автоматического управления. Линеаризация. Пространство состояний. Матричное представление структурных схем. Методы синтеза систем автоматического управления. Одноконтурные и многоконтурные системы. Ограничение промежуточных координат.

*Тема 2.* Системы управления скоростью электроприводов постоянного тока.

Математическое описание двигателя постоянного тока. Особенности тиристорного преобразователя и его математическое описание. Одноконтурная, двухконтурная и двухзонная системы управления скоростью двигателя постоянного тока. Стандартные настройки регуляторов, оценка динамики, статическая ошибка. Особенности построения систем с тиристорным преобразователем. Учет упругой связи.

*Тема 3.* Системы управления скоростью электроприводов переменного тока.

Математическое описание асинхронного электродвигателя. Особенности преобразователей переменного тока и его математическое описание. Законы частотного и частотно-токового управления. Системы управления скоростью асинхронного электродвигателя. Стандартные настройки регуляторов, оценка динамики, статическая ошибка.

*Тема 4. Системы стабилизации скорости.*

Требования к системам, показатели качества. Системы обработки информации о движении. Оптимизации систем стабилизации с учетом регулярных и случайных воздействий и помех. Системы стабилизации скорости многодвигательных электроприводов. Системы управления скоростью и соотношением скоростей.

*Тема 5. Системы управления положением. Следящие системы.*

Принципы построения. САУ положения в режиме позиционирования. Требования к статике и динамике. Настройка контуров и расчет параметров регуляторов при отработке малых, средних и больших перемещений. Следящие системы. Задачи слежения. Повышение точности за счет увеличения порядка астатизма, комбинированного управления, дополнительного канала.

*Тема 6. Системы управления натяжением.*

Методы измерения напряжения: прямые и косвенные. Задачи поддержания натяжения при разгоне и торможении. Структуры систем управления.

## ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Цель курсового проекта заключается в развитии, систематизации и закреплении теоретических знаний, необходимых при выборе структуры, синтезе и анализе систем автоматического управления и систем автоматического регулирования электроприводов рабочих машин.

Главными задачами, которые необходимо решить в процессе проектирования являются: выбор системы регулируемого ЭП, выбор структуры системы автоматического управления и ее синтез. Эти задачи неотделимо связаны с вопросами выбора типоразмера электродвигателя, силового оборудования и элементной базы, выбора методов синтеза и анализа системы.

Выполнение курсового проекта имеет важное значение для приобретения навыков самостоятельной работы студента, формирования способности самостоятельно и творчески решать научные, инженерно-технические, производственные вопросы.

Курсовой проект выполняется в виде расчетно-пояснительной записки и графической части. Примерный объем записки - 20 - 40 страниц, графического материала - 5 - 6 листов. На выполнение курсового проекта отводится согласно учебного плана 60 часов. Трудоемкость 2 зачетные единицы.

Примерный перечень тем:

1. Проектирование системы автоматического управления электроприводом центробежного вентилятора.
2. Проектирование системы автоматического управления электроприводом механизма передвижения мостового крана.
3. Проектирование системы автоматического управления электроприводом

- механизма подъема мостового крана.
4. Проектирование системы автоматического управления электроприводом пассажирского лифта.
  5. Проектирование системы автоматического управления электроприводом ленточного конвейера-дозатора.
  6. Проектирование системы автоматического управления электроприводом стола продольно-строгального станка.
  7. Проектирование системы автоматического управления электроприводом шпинделя горизонтально-расточного станка.
  8. Проектирование системы автоматического управления электроприводом подачи вертикально-фрезерного станка.
  9. Проектирование системы автоматического управления электроприводом наматывающего устройства.
  10. Проектирование системы автоматического управления электроприводом рольганга.
  11. Проектирование системы автоматического управления электроприводами мостового сталеразливочного крана (ОАО «БМЗ»).
  12. Проектирование системы автоматического управления электроприводами машины непрерывного литья заготовок (ОАО «БМЗ»).
  13. Проектирование системы автоматического управления электропривода вагоноопрокидывателя (ОАО «БМЗ»).



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**дневная форма получения образования (I 53-1-21/уч)**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСРС	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	Принципы построения и математическое описание систем управления электроприводами.	15	7		16			Защита л/р, экзамен
2	Системы управления скоростью электроприводов постоянного тока.	15	11		11			Защита л/р, экзамен
3	Системы управления скоростью электроприводов переменного тока.	14	16		16			Защита л/р, экзамен
4	Системы стабилизации скорости.	8	—	—	8	—	—	Экзамен
5	Системы управления положением. Следящие системы.	8						Экзамен
6	Системы управления нагрузением.	8	—	—	—	—	—	Экзамен
	Всего	68	34	-	51	-	-	

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
дневная форма получения образования (I 53-1-09/уч.)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСРС	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	Принципы построения и математическое описание систем управления электроприводами.	15	7		10			Защита л/р, экзамен
2	Системы управления скоростью электроприводов постоянного тока.	15	11		10			Защита л/р, экзамен
3	Системы управления скоростью электроприводов переменного тока.	14	16		10			Защита л/р, экзамен
4	Системы стабилизации скорости.	8	—	—	4	—	—	Экзамен
5	Системы управления положением. Следящие системы.	8						Экзамен
6	Системы управления нагрузением.	8	—	—	—	—	—	Экзамен
	Всего	68	34	-	34	-	-	

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### *Основная литература*

1. Анучин, А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов / А.С. Анучин. - Москва: Академия, 2015.-371 с.
2. Панкратов, В.В. Автоматическое управление электроприводами : учебное пособие / В.В. Панкратов ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. – Ч. 1. Регулирование координат электроприводов постоянного тока. – 200 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228894> (дата обращения: 02.07.2020). – ISBN 978-5-7782-2223-6. – Текст : электронный.
3. Анхимюк, В.Л. Проектирование систем автоматического управления электроприводами: [учеб. пособие для вузов по спец. «Электропривод и автоматизация пром. установок»] / В.Л. Анхимюк, О.Ф. Опейко. - Минск: Вышэйшая школа, 1986. - 142 с.
4. Башарин, А.В. Управление электроприводами: учеб. пособие для вузов/ А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. - Ленинград: Энергоиздат, 1982. - 391 с.

### *Дополнительная литература*

5. Фираго Б.И. Теория электропривода: учеб. пособие для вузов. - Изд.е. - Минск: Техноперспектива, 2007. - 585 с.
6. Фираго, Б.И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлявчик. - Минск: Техноперспектива, 2006. - 363 с
7. Фираго, Б.И. Расчеты по электроприводу производственных машин и механизмов: учебное пособие для вузов / Б.И. Фираго. - Минск: Техноперспектива, 2012. - 639 с.
8. Фираго, Б.И. Векторные системы управления электроприводами: учебное пособие для вузов / Б.И. Фираго, Д.С. Васильев. - Минск: Вышэйшая школа, 2016. - 158 с.
9. Чиликин, М.Г. Теория автоматизированного электропривода: учеб. пособие по спец. «Электропривод и автомат, пром. установок» / М.Г. Чиликин, В.И. Ключев, А.С. Сандлер. - Москва: Энергия, 1979.-616 с
10. Усольцев, А.А. Частотное управление асинхронными электродвигателями. / А.А. Усольцев. - Санкт-Петербург: СПбГУ ИТМО, 2006 - 94 с.
11. Соколовский, Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для вузов. - 2-е изд., испр. - Москва: Академия, 2007. - 265 с.
12. Виноградов, А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока. / А.Б. Виноградов. - Иваново: ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2008. - 321 с.
13. Шрейнер, Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. / Р.Т.

Шрейнер. - Екатеринбург: УРО РАН, 2000. - 654 с.

14. Башарин, А.В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ: учеб. пособие для вузов по спец. «Электропривод и автоматизация пром. установок и технол. комплексов» / А.В. Башарин, Ю.В. Постников. - Ленинград: Энергоатомиздат, 1990. - 512 с.

15. Копылов, И.П. Математическое моделирование электрических машин: учебник для вузов / И.П. Копылов. - Изд 3-е. - Москва: Высшая школа, 2001. - 326с.

16. Комплектные тиристорные электроприводы: справочник / под ред. В.М. Перельмутера. - Москва: Энергоатомиздат, 1988. - 320 с.

17. Справочник по электрическим машинам: в 2 т. / под общ. ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. Т. 1. — Москва: Энергоатомиздат, -456 с.

18. Справочник по электрическим машинам: в 2 т. / под общ. ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. Т. 2. - Москва: Энергоатомиздат, -688 с.

19. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник / [А.Э. Кравчик и др.]. - Москва: Энергоиздат, 1982. - 504 с.

20. Яуре, А.Г. Крановый электропривод: справочник / А.Г. Яуре, Е.М. Певзнер. - Москва: Энергоатомиздат, 1988. - 344 с.

21. Чернов, Е.А. Комплектные электроприводы станков с ЧПУ: справочное пособие / Е.А. Чернов, В.П. Кузьмин. - Горький: Волго- Вятское кн. изд-во, 1989. - 320 с.

#### *Учебно-методические комплексы*

22. Захаренко В.С. Системы управления электроприводами [Электронный ресурс]: электронный учебно-методический комплекс дисциплины / В.С. Захаренко, И.В. Дорощенко; кафедра «Автоматизированный электропривод».- Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2013.- Режим доступа: <https://elib.gstu.by/handle/220612/2845>, авторизованный. - Загл. с тит. экрана (дата обращения: 23.05.2016).

#### *Перечень компьютерных программ, наглядных и других пособий, методических указаний и материалов и технических средств обучения*

23. Системы управления электроприводами [Электронный ресурс]: пособие для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» днев. и заоч. форм обучения / сост.: В.С. Захаренко, И.В. Дорощенко. - Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2009.- 154 с.- Режим доступа: <https://elib.gstu.by/handle/220612/2034>, авторизованный. - Загл. с тит. экрана (дата обращения: 23.05.2016).

24. Системы управления электроприводами: лабораторный практикум по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дневной и заочной форм обучения / В.С. Захаренко. - Гомель: ГГТУ, 2009.-10С.

25. Системы управления электроприводами [Электронный ресурс]: пособие по одноименной дисциплине для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дневной и заочной форм обучения / составители: В.С. Захаренко, И.В. Дорощенко. - Гомель: ГГТУ, 2015.- 45 с.- Режим

доступа: <https://elib.gstu.by/handle/220612/13751>, авторизованный.- Загл. с тит. экрана (дата обращения: 23.05.2016).

26. Системы управления электроприводами [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию для студентов специальности 1-53 01 05 «Автоматизированные электроприводы» дневной и заочной форм обучения / В.С. Захаренко, А.И. Рожков, А.И. Рожков. - Гомель: ГГТУ, 2016. - 30 с.- Режим доступа: <https://elib.gstu.by/handle/220612/14340>, авторизованный.- Загл. с тит. экрана (дата обращения: 23.05.2016).

#### *Примерный перечень лабораторных работ*

1. Структура двухзонной системы управления скоростью двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
2. Настройка регуляторов двухзонной системы управления скоростью двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
3. Исследование динамических характеристик двухзонной системы управления скоростью двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
4. Структура системы скалярного управления скоростью двигателя переменного тока.
5. Исследование динамических свойств системы скалярного управления скоростью двигателя переменного тока.
6. Структура системы прямого управления моментом асинхронного электродвигателя.
7. Настройка регулятора скорости системы прямого управления моментом асинхронного электродвигателя.
8. Исследование динамических свойств системы прямого управления моментом асинхронного электродвигателя.

#### *Примерный перечень практических занятий*

1. Выбор двигателя постоянного тока и расчет его параметров.
2. Расчет характеристик тиристорного преобразователя.
3. Синтез системы управления скоростью двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
4. Моделирование системы управления скоростью двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
5. Выбор асинхронного электродвигателя и расчет его параметров.
6. Расчет параметров и синтез системы скалярного управления скоростью асинхронного электродвигателя.
7. Моделирование системы скалярного управления скоростью асинхронного электродвигателя.
8. Расчет параметров и синтез системы векторного управления скоростью асинхронного электродвигателя.
9. Моделирование системы векторного управления скоростью асинхронного электродвигателя.

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО  
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ  
СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Элементы автоматизированного электроприводы	АЭП	нет	Программу утвердить. Протокол № 12 от 25.05.2020.
Векторное управление электродвигателями переменного тока	АЭП	нет	

Заведующий кафедрой «АЭП»

В.В. Тодарев