

**МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных  
технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент  А.В. Белоусов

« 11 »  2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**дисциплины**

**УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроснабжение

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем**

**Кафедра электроэнергетики и автоматики**

Белгород – 2016

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 955 от 3 сентября 2015 г;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент  А.Н. Семернин

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматики

« 11 » июня 2016 г., протокол № 16

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент  А.В. Белоусов

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 16 » июня 2016 г., протокол № 11

Председатель: канд. техн. наук, доцент  А.Н. Семернин

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Общепрофессиональные</b>			
1	ОПК-2	Способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основные определения теории автоматического регулирования; статический и динамический режимы работы оборудования; основные положения теории электропривода; понятие передаточной функции элемента автоматической системы; показатели качества переходного процесса; алгебраические и частотные критерии устойчивости работы системы автоматического управления; законы регулирования и промышленные регуляторы; порядок построения модели системы автоматического регулирования; возможности программы динамического моделирования VisSim для анализа работы автоматической системы управления технологическим оборудованием.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать свойства машин и механизмов как объектов управления и формулировать требования к их автоматизации; эксплуатировать системы автоматического управления машинами и технологическим оборудованием; моделировать элементы и системы автоматического регулирования в программе динамического моделирования VisSim.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками расчета систем автоматического регулирования технологическим оборудованием; способами регулирования скорости и момента электроприводов с двигателями постоянного и переменного тока; навыками работы в программе динамического моделирования VisSim с целью исследования свойств автоматической системы управления в статическом и динамическом режимах.</p>
<b>Профессиональные</b>			
1	ПК-7	Готовность обеспечить требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> структуру многоуровневой системы управления предприятием и функции SCADA системы; назначение, принцип действия и область применения промышленных программируемых контроллеров; структуру микропроцессорной системы управления с применением промышленного программируемого контроллера Siemens LOGO!;</p> <p><b>Уметь:</b> программировать контроллер Siemens LOGO! в программе LOGO Soft Comfort;</p> <p><b>Владеть:</b> языками программирования промышленных программируемых контроллеров FBD и LAD; навыками эксплуатации промышленных программируемых контроллеров Siemens LOGO! для управления технологическим оборудованием;</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математика
2	Физика
3	Теоретическая механика
4	Общая энергетика
5	Теоретические основы электротехники
6	Программирование и основы алгоритмизации
7	Электрические аппараты
8	Электрические машины
9	Основы безопасной работы на электроустановках
10	Электрические измерения
11	Электротехническое материаловедение
12	Электроника

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Электрические станции и подстанции
2	Техника высоких напряжений
3	Электрофизические процессы в диэлектриках
4	Эксплуатация систем электроснабжения
5	Эксплуатация электрооборудования станций и подстанций
6	Релейная защита и автоматика
7	Коммутационные и защитные аппараты в системах электроснабжения
8	Государственная итоговая аттестация

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №5
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	85	85
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	34	34
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	131	131
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задания	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	77	77
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	Экзамен (36)	Экзамен (36)

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

### Курс 3 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа
<b>1. Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения</b>					
1.1	Краткие сведения по истории теории автоматического управления. Типовая схема системы автоматического регулирования (САР). Основные понятия и определения. Принципы управления автоматической системой.	2			1
1.2	Структура АСУТП современного производства. Функции SCADA – системы в контуре управления уровня АСУТП предприятия; принципы построения автоматизированной системы управления с применением промышленных программируемых контроллеров.	2			1
<b>2. Основные положения теории электропривода</b>					
2.1	Величины, характеризующие движение рабочей машины при поступательном и вращательном движениях. Уравнение движения электропривода и режимы работы. Приводные характеристики машин и механизмов. Совместная работа двигателя и производственного механизма.	2		3	4
2.2	Основные параметры двигателя постоянного тока. Механические и электромеханические характеристики ДПТ. Регулирование скорости тока и момента ДПТ независимого возбуждения.	2		6	7
2.3	Асинхронный двигатель (АД). Схема включения, электромеханические и механические характеристики асинхронных двигателей. Регулирование координат АД с помощью: включения добавочных резисторов в цепь статора и ротора.	2		4	5
2.4	Регулирование координат АД: изменением напряжения; изменением числа пар полюсов; изменением частоты питающего напряжения. Тормозные режимы работы электропривода с АД.	2		4	5
<b>3. Математическое описание машин и механизмов как объектов управления, основы построения систем автоматического регулирования</b>					
3.1	Математическое описание систем управления и их элементов. Уравнения движения элементов САР. Статический и динамический режимы работы автоматической системы и их элементов. Понятие линейного, линеаризованного и нелинейного элемента автоматической системы. Методика получения дифференциальных уравнений элементов САР.	2	2		4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические	Лабораторные з	Самостоятельная работа
3.2	Методы решения дифференциальных уравнений. Решение дифференциальных уравнений методом преобразования Лапласа.	2			1
3.3	Понятие передаточной функции. Типовые сигналы, применяемые для определения динамических свойств элементов. Временные и частотные характеристики элементов САР.	2	4		6
3.4	Типовые звенья САР и их динамические характеристики. Структурные схемы. Последовательное, параллельное и встречно-параллельное соединение звеньев и их передаточные функции. Математические модели машин и механизмов как объектов управления и их методы построения.	2	2		4
3.5	Автоматические регуляторы. Функциональная структура регулятора. Модели автоматических регуляторов. Законы регулирования.	2	2		4
3.6	Регуляторы непрерывного действия (пропорциональный, пропорционально-интегральный, пропорционально – интегрально - дифференциальный) и их динамические характеристики. Регуляторы дискретного действия (позиционные): принцип действия, основные свойства, область применения.	2	2		4
3.7	Устойчивости САР. Критерии устойчивости (алгебраические, частотные). Анализ динамической устойчивости и качества систем автоматического управления.	2	2		4
<b>4. Цифровые устройства и микропроцессорная техника</b>					
4.1	Устройство и работа контроллера. Функциональные возможности ПЛК. Среда программирования контроллеров. Обзор языков программирования ПЛК. Состав и структура микропроцессорной системы управления.	2	2		4
4.2	Логические основы программирования контроллеров. Алгебра логики: логические функции одной и двух переменных, описание логических функций с помощью таблицы истинности, булевой функции, условного графического обозначения, релейно – контактной схемы. Понятие функционально полного набора логических функций трех, двух и одной логической переменной. Совершенная дизъюнктивная нормальная форма представления логической функции.	2	6		8
4.3	Аппаратная часть ПЛК “Siemens LOGO!”. Структура ввода – вывода ПК. Модули расширения.	2	4		6

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические	Лабораторные з	Самостоятельная работа
	Программирование ПЛК с модуля LOGO!				
4.4	Программирование ПЛК “Siemens LOGO” в программе LOGO! Soft Comfort. Графический интерфейс. Запись программы на языках программирования FBD и LAD. Переход с языка программирования FBD на язык программирования LAD в программе LOGO! Soft Comfort. Режим эмуляции коммутационной программы в среде программирования LOGO! Soft Comfort. Способы загрузки программы в контроллер.	2	8		9
	ВСЕГО	34	34	17	77

#### 4.2. Содержание практических занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	Математическое описание машин и механизмов как объектов управления, основы построения систем автоматического регулирования	Формирование единичной функции, дельта функции и единичного гармонического сигнала в программе VisSim.	2	2
2		Моделирование типовых звеньев в программе VisSim.	2	2
3		Построение и анализ временных динамических характеристик типовых звеньев. Определение показателей качества переходного процесса.	2	2
4		Построение и анализ КЧХ, ЛАЧХ и ЛФЧХ типовых звеньев. Определение частотных оценок качества переходного процесса.	2	2
5		Исследование типовых законов регулирования в среде VisSim. Построение моделей автоматических регуляторов. Влияние параметров настройки регулятора на вид переходной характеристики.	2	2
6		Изучение критерия устойчивости Найквиста и логарифмического критерия устойчивости в программе VisSim.	2	2
7		Анализ динамической устойчивости системы автоматического регулирования с помощью частотных критериев.	2	2

8	Цифровые устройства и микропроцессорная техника	Изучение устройства и работы ПЛК. Функциональные возможности ПЛК. Среда программирования контроллеров. Обзор языков программирования ПЛК.	2	2
9		Изучение логических функций одной и двух переменных. Способы описания логических функций с помощью таблицы истинности, булевой функции, условного графического обозначения, релейно – контактной схемы.	2	2
10		Изучение функционально полных наборов логических функций состоящих из трех, двух и одной логической переменной.	2	2
11		Изучение аналитического способа представления логической функции в совершенной дизъюнктивной нормальной форме.	2	2
12		Изучение аппаратной части ПЛК “Siemens LOGO!”. Структура ввода – вывода. Изучение возможностей модулей расширения. Программирование ПЛК с модуля LOGO!	4	4
13		Изучение способов программирования ПЛК “Siemens LOGO” в программе LOGO! Soft Comfort. Изучение графического интерфейса программы. Изучение способов записи программы на языках программирования FBD и LAD. Изучение способа перехода с языка программирования FBD на язык программирования LAD в программе LOGO! Soft Comfort. Проверка правильности работы записанной программы в режиме эмуляции. Изучение способов загрузки программы в контроллер.	8	8
ИТОГО:			34	34

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	Основные положения теории электропривода	Изучение схем запуска электромашинных агрегатов М1-М2, М3-М4. Определение момента инерции и махового момента агрегатов методом свободного выбега.	3	3
2		Определение параметров и основных характеристик электродвигателя	3	3



		постоянного тока с независимым возбуждением.		
3		Исследование регулировочных свойств электродвигателя постоянного тока независимого возбуждения в системе “генератор-двигатель”	3	3
4		Исследование реверсивной схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором с торможением противовключением	4	4
5		Исследование схемы управления трехфазным асинхронным двигателем с фазным ротором.	4	4
ВСЕГО:			17	17

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Предмет и задачи курса. Общие понятия и определения	<p>1. История развития теории автоматического управления.</p> <p>2. Типовая схема системы автоматического регулирования. Основные понятия и определения.</p> <p>3. Принципы управления автоматической системой по задающему воздействию и отклонению.</p> <p>4. Принципы управления автоматической системой по возмущению и комбинированное управление.</p> <p>5. Структура многоуровневой системы управления предприятием.</p> <p>6. Функции SCADA – системы в контуре управления уровня АСУТП предприятия.</p> <p>7. Принципы построения автоматизированной системы управления с применением промышленных программируемых контроллеров.</p>
2	Основные положения теории электропривода	<p>8. Величины, характеризующие движение рабочей машины. Работа (энергия), мощность, динамическая сила и момент, момент инерции.</p> <p>9. Уравнение движения электропривода.</p> <p>10. Режимы работы ЭП.</p>

		<p>11. Приводные характеристики машин и механизмов. Механические характеристики производственных механизмов.</p> <p>12. Основные соотношения для ДПТ. Уравнения механической и электромеханической характеристики ДПТ.</p> <p>13. Схемы включения ДПТ и их естественные механические характеристики.</p> <p>14. Регулирование скорости, тока и момента ДПТ с помощью резисторов в цепи якоря.</p> <p>15. Регулирование скорости ДПТ НВ изменением подводимого к якорю напряжения.</p> <p>16. Тормозные режимы работы ЭП постоянного тока.</p> <p>17. Способы регулирования скорости асинхронного двигателя.</p> <p>18. Регулирование координат АД с помощью резисторов. Включение добавочных резисторов в цепь статора и ротора.</p> <p>19. Влияние напряжения питающей сети на изменение оборотов вращения АД.</p> <p>20. Системы частотного регулирования угловой скорости короткозамкнутого АД.</p> <p>21. Тормозные режимы работы ЭП с АД.</p>
3	<p>Математическое описание машин и механизмов как объектов управления, основы построения систем автоматического регулирования</p>	<p>22. Что называется уравнением движения элемента системы автоматического регулирования.</p> <p>23. Дать понятие статическому и динамическому режимам работы автоматической системы и их элементов.</p> <p>24. Понятие линейного, линеаризованного и нелинейного элемента автоматической системы.</p> <p>25. Методика получения дифференциального уравнения элемента САР.</p> <p>26. В чем заключается классический метод решения дифференциального уравнения элемента САР и его недостатки</p> <p>27. В чем заключается решение дифференциальных уравнений методом преобразования Лапласа.</p> <p>28. Сформулируйте понятие передаточной функции элемента автоматической системы.</p> <p>29. Какие типовые сигналы, применяют для определения динамических свойств элементов.</p> <p>30. Понятие и вид переходной характеристики элемента автоматической системы.</p>

		<p>31. Какие показатели качества можно определить по виду переходной характеристики.</p> <p>32. Что такое комплексная частотная характеристика и как её получить?</p> <p>33. Что называется амплитудно – частотной и фазо – частотной характеристиками, как построить эти характеристики?</p> <p>34. Что называется логарифмической амплитудно – частотной и логарифмической фазо – частотной характеристиками, как построить эти характеристики?</p> <p>35. Что называется звеном автоматической системы? Таблица типовых звеньев.</p> <p>36. Усилительное звено и его динамические характеристики.</p> <p>37. Идеальное интегрирующее звено и его динамические характеристики.</p> <p>38. Аперидическое звено и его динамические характеристики.</p> <p>39. Идеальное дифференцирующее звено и его динамические характеристики.</p> <p>40. Форсирующее звено первого порядка и его динамические характеристики.</p> <p>41. Звено с чистым запаздыванием и его динамические характеристики.</p> <p>42. Структурная схема автоматической системы. Правила преобразования структурных схем.</p> <p>43. Понятие устойчивости автоматической системы. Формулировка критерия устойчивости.</p> <p>44. 23. Как определить устойчивость автоматической системы с помощью критерия устойчивости Гурвица?</p> <p>45. 24. Как определить устойчивость автоматической системы с помощью критерия Михайлова?</p> <p>46. 25. Как определить устойчивость автоматической системы с помощью критерия Найквиста?</p> <p>47. 26. Как определить устойчивость автоматической системы с помощью логарифмического критерия?</p> <p>48. 27. Как определяются простейшие частотные оценки качества переходного процесса по КЧХ и логарифмическим АЧХ и ФЧХ?</p> <p>49. 28. Перечислите типовые законы регулирования и дайте их определения.</p>
--	--	--

		<p>50. 29. Что называется регулятором? Дайте характеристику распространенным в промышленности регуляторам.</p> <p>51. 30. Что называется позиционным регулятором? Рассмотрите конструкцию и принцип действия простейшего двухпозиционного регулятора.</p>
4	<p>Цифровые устройства и микропроцессорная техника</p>	<p>52. Структура ввода - вывода программируемого контроллера. Алгоритм работы контроллера.</p> <p>53. Структура микропроцессорной системы управления ДВС автомобиля.</p> <p>54. Дайте понятие оптимального, адаптивного и робастного управления ДВС.</p> <p>55. Перечислите логические функции одной и двух переменных, запишите их обозначения.</p> <p>56. Что представляют собой функционально полные наборы логических функций.</p> <p>57. Опишите логическую функцию “И” с помощью таблицы истинности, булевой функции, условного графического обозначения, релейно – контактной схемы.</p> <p>58. Опишите логическую функцию “ИЛИ” с помощью таблицы истинности, булевой функции, условного графического обозначения, релейно – контактной схемы.</p> <p>59. Опишите логическую функцию “НЕ” с помощью таблицы истинности, булевой функции, условного графического обозначения, релейно – контактной схемы.</p> <p>60. Как записать логическую функцию в совершенной дизъюнктивной нормальной форме.</p> <p>61. Опишите аппаратную часть ПЛК “Siemens LOGO!” и его модулей расширения.</p> <p>62. Как загрузить программу в ПЛК “Siemens LOGO!” с модуля LOGO!?</p> <p>63. Как выполняется программирование ПЛК “Siemens LOGO!” в программе LOGO! Soft Comfort на языке программирования FBD?</p> <p>64. Как осуществляется отладка программа в среде программирования LOGO! Soft Comfort?</p> <p>65. Как осуществляется загрузка программы в ПЛК “Siemens LOGO!” из программы LOGO! Soft Comfort?</p> <p>66. Как осуществить переход с языка программирования FBD на язык программирования LAD в программе LOGO! Soft Comfort?</p>

**5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ,  
их краткое содержание и объем.**

Курсовой проект (курсовая работа) учебным планом не предусмотрен.

### 5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.

Содержание РГЗ включает: изучение типовой системы автоматического регулирования температуры теплового объекта; построение обобщенной функциональной и структурной схемы; определение устойчивости САР (критерий Найквиста, логарифмический критерий устойчивости) согласно варианту с использованием программы динамического моделирования VisSim. Объем РГЗ до 10 страниц формата А4.

#### Система автоматического регулирования температуры теплового объекта

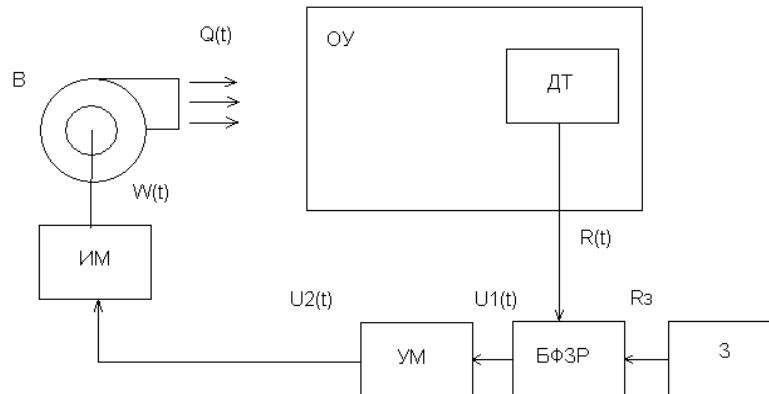


Рис.1 Функциональная схема системы автоматизации

На схеме обозначено:

ДТ – датчик температуры, БФЗР – блок формирующий закон регулирования (регулятор температуры), З – задатчик, УМ - усилитель мощности, ИМ – исполнительный механизм, В – вентилятор, ОУ – объект управления.

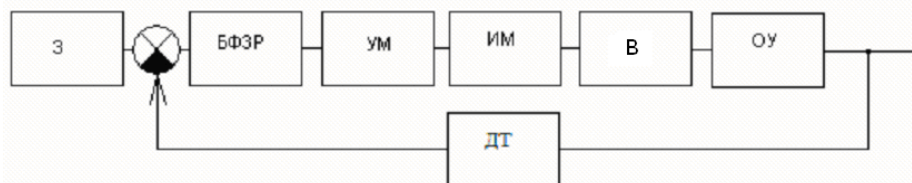


Рис.2. Обобщенная функциональная схема системы автоматизации

Элементы системы автоматического регулирования характеризуются следующими уравнениями:

- Объект управления  $T_{oy} \frac{dT(t)}{dt} + T(t) = K_{oy} Q(t)$

где  $K_{oy}$  – коэффициент передачи объекта управления  $(^{\circ}\text{C}\cdot\text{c})/\text{м}^3$ ,  $Q(t)$  – расход воздуха  $(\text{м}^3/\text{c})$ ,  $T_{oy}$  – постоянная времени объекта управления (с)

- Вентилятор  $Q(t) = k_{po} \omega(t)$

где  $Q(t)$  – расход воздуха  $(\text{м}^3/\text{c})$ ,  $\omega(t)$  – частота вращения вала двигателя (исполнительного механизма)  $(\text{c}^{-1})$ ,  $k_{po}$  - коэффициент передачи вентилятора  $(\text{м}^3)$ .

- Электрический двигатель постоянного тока  $T_{um} \frac{d\omega(t)}{dt} + \omega(t) = K_{oy} U(t)$

где  $T_{им}$  – постоянная времени ИМ (с),  $U(t)$  – напряжение питания ИМ (В),  $\omega(t)$  – частота вращения вала исполнительного механизма ( $c^{-1}$ ),  $K_{оу}$  – коэффициент передачи ИМ ( $c^{-1}/B$ )

- Усилитель мощности  $U_2(t) = K_{ум} U_1(t)$

где  $U_1(t)$  – напряжение на входе усилителя (В), где  $U_2(t)$  – напряжение на выходе усилителя (В),  $K_{ум}$  – коэффициент усиления усилителя.

- Блок формирования закона регулирования (П – регулятор)  $y(t) = K_p x(t)$

где  $y(t)$  – отклонение регулируемой величины от заданного значения (В),  $x(t)$  – выходная величина регулятора (В),  $K_p$  – коэффициент передачи регулятора.

- Датчик температуры  $R(t) = K_{дт} T(t)$

где  $R(t)$  – выходной параметр датчика (Ом),  $T(t)$  – температура ( $^{\circ}C$ ),  $K_{дт}$  – коэффициент передачи датчика (Ом/ $^{\circ}C$ ).

Таблица №1

Вариант	$K_{оу}$	$T_{оу}$	$T_{им}$	$K_{ро}$	$K_{ум}$	$K_p$	$K_{им}$	$K_{дт}$	Критерий устойчивости
01,34,67	50	150	1	0,7	100	12.0	6	0.8	Найквиста
02,35,68	52	152	2	0,5	110	12.5	4	0.7	Логарифмич.
03,36,69	54	154	3	0,3	120	13.0	2	0.1	Найквиста
04,37,70	56	156	4	0,1	130	13.5	8	0.2	Логрифмич.
05,38,71	58	158	5	0,2	140	14.0	1	0.3	Найквиста
06,39,72	60	160	6	0,7	150	14.5	3	0.6	Логрифмич.
07,40,73	62	162	7	0,5	140	15.0	5	0.2	Найквиста
08,41,74	64	164	8	0,3	130	14.5	7	0.8	Логарифмич.
09,42,75	66	166	9	0,1	120	14.0	2	0.9	Найквиста
10,43,76	68	168	1	0,6	110	13.5	4	0.5	Логарифмич.
11,44,77	70	170	2	0,7	100	13.0	6	0.6	Найквиста
12,45,78	68	172	3	0,5	110	12.5	8	0.2	Логрифмич.
13,46,79	66	174	4	0,3	120	12.0	1	0.6	Найквиста
14,47,80	64	176	5	0,1	130	12.5	2	0.7	Логарифмич.
15,48,81	62	178	6	0,2	140	13.0	3	0.3	Найквиста
16,49,82	60	180	7	0,7	150	13.5	4	0.4	Логарифмич.
17,50,83	58	178	8	0,5	140	14.0	5	0.5	Найквиста
18,51,84	56	176	9	0,3	130	14.5	6	0.6	Логрифмич.
19,52,85	54	174	8	0,1	120	15.0	7	0.7	Найквиста
20,53,86	52	172	7	0,6	110	14.5	8	0.3	Логарифмич.
21,54,87	50	170	6	0,7	100	14.0	7	0.5	Найквиста
22,55,88	52	168	5	0,3	110	13.5	6	0.3	Логрифмич.
23,56,89	54	166	4	0,1	120	13.0	5	0.7	Найквиста
24,57,90	56	164	3	0,2	130	12.5	4	0.2	Логарифмич.
25,58,91	58	162	2	0,7	140	12.0	3	0.4	Найквиста
26,59,92	60	160	1	0,3	150	12.5	2	0.9	Логарифмич.
27,60,93	62	158	2	0,1	140	13.0	1	0.5	Найквиста
28,61,94	64	156	3	0,6	130	13.5	2	0.5	Логрифмич.
29,62,95	66	154	4	0,7	120	14.0	3	0.7	Найквиста
30,63,96	68	152	5	0,3	110	14.5	4	0.4	Логарифмич.
31,64,97	70	150	6	0,1	100	15.0	5	0.3	Найквиста
32,65,98	72	148	7	0,2	110	14.5	6	0.2	Логарифмич.
33,66,99,00	74	146	8	0,7	120	14.0	7	0.1	Найквиста

Задание. 1. Записать передаточные функции элементов системы автоматизации и построить структурную схему. 2. Используя правила преобразования структурных схем записать передаточную функцию разомкнутой (замкнутой) системы. 3. Определить устойчивость автоматической системы (критерий Найквиста, Логарифмический) согласно варианту (табл.№1).

## 6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

### 6.1. Перечень основной литературы

1. Рубанов В.Г. Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем): уч. пособие для студ. Высш. Учеб. Заведений. Ч.1/В.Г. Рубанов; БГТУ им. В.Г. Шухова.- Белгород: изд. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 198с.

2. Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. – СПб.: издательство “Лань”, 2013. – 496с. Режим доступа ЭБС “Лань”

[https://e.lanbook.com/book/12948#book\\_name](https://e.lanbook.com/book/12948#book_name).

3. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов [Электронный ре-сурс]: учеб. пособие /С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2014.—376 с. Режим доступа - <https://e.lanbook.com/book/64774>.

4. Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов [Электронный ре-сурс]: Учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 224 с. Режим доступа - <https://e.lanbook.com/reader/book/5845/#1>

### 6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Потапенко А.Н., Семернин А.Н. Автоматизация и управление производственными процессами. Моделирование линейных элементов и систем автоматического регулирования. Методические указания к выполнению лабораторных работ в пакете динамического моделирования VisSim. Для студентов специальностей: 120100, 170900, 171600. Белгород, Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2003. – 46с.

2. Электрические машины: методические указания к выполнению лабораторных работ/ сост.:А.И. Лимаров, Ф.М. Гребенчук, Н.Б. Сибирцева и др.. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 64с.

3. Электропривод: методические указания к выполнению лабораторных работ/ сост.:А.Н. Семернин, А.Н. Потапенко, А.И. Лимаров, Ф.М. Гребенчук. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 89с.

### 6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Журнал “Современные технологии автоматизации”[Электронный ресурс]. Режим доступа: [www.cta.ru](http://www.cta.ru). – Заглавие с экрана.

2. Анимация физических процессов. Физика в анимациях 4.1. Механика. Пассивное и активное гашение вибраций[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://physics.nad.ru/physics.htm> - Заглавие с экрана.

3. Сайт о промышленной автоматике и электронике [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://prosau.ru/category/logo>. - Заглавие с экрана.

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ



Лекционные занятия проводятся в специализированной лаборатории М211, оснащенной презентационной техникой (проектор, интерактивная доска).

Практические занятия проводятся в специализированных лабораториях М211, М212 с использованием оборудования:

- Стенды по изучению ПЛК “Siemens LOGO”. Состав стенда: ПЭВМ; модуль контроллера LOGO! 12/24RC; 2 модуля расширения дискретных входов – выходов DM8 12/24R; модуль аналоговых входов AM2; модуль аналоговых входов AM2 PT100; модуль питания LOGO!Power 12V; специализированное программное обеспечение.

Практические занятия проводятся в лаборатории М211 с установленным на компьютерах специальным программным обеспечением с использованием справочной и нормативной литературы:

- Руководство пользователя по программированию в программе LOGO! Soft Comfort.

- Руководство по работе с ПЛК Siemens LOGO!

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях М218, М221 с использованием оборудования:

- Учебные лабораторные стенды “Электротехника и основы электроники” НТЦ – 01.00.000. (6 стендов).

- Учебные лабораторные стенды “Электропривод” НТЦ – 13.00.000. (2 стенда).

В учебном процессе используется специализированное программное обеспечение:

- программа LOGO! Soft Comfort Version 5.0SP1 лицензия № 6ED1058-0BA01-0YA0

Для самостоятельной работы студентов предусмотрен компьютерный класс, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, а так же участием в программах Microsoft Office 365 для образования (студенческий) (№ дог. E04002C51M) с возможностью бесплатной загрузки программного обеспечения Microsoft.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.

Протокол № 5 заседания кафедры от « 10 » 06 \_\_\_\_\_ 2017 г.

Заведующий кафедрой ЭиА \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от « 14 » 05 2018 г.

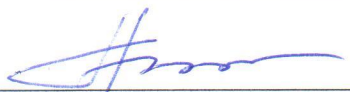
Заведующий кафедрой ЭиА \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

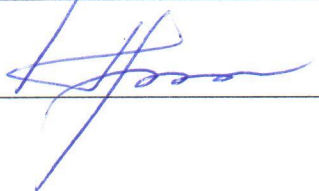
Протокол № 13 заседания кафедры от «07» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой ЭиА



А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС



А.В. Белоусов

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 20~~20~~/20~~21~~ учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от «14» июня 20~~20~~г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

подпись, ФИО



А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_

подпись, ФИО



А.В. Белоусов

**Утверждение рабочей программы без изменений.**

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от « 15 » мая 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

Директор института \_\_\_\_\_  А.В. Белоусов

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Современные системы управления представляют собой сложные комплексы на основе вычислительных устройств, которые состоят из отдельных функциональных узлов и блоков. Эффективная эксплуатация таких систем возможна только при понимании принципов построения системы и знании работы функциональных блоков, входящих в её состав. Поэтому существует необходимость в изучении дисциплины “Управление техническими системами” с тем, чтобы познакомить будущего инженера с принципами работы программной и аппаратной частями систем управления.

**Методические рекомендации студентам по самостоятельному изучению дисциплины “Управление электромеханическими системами”.**

Перед началом лекционных занятий студент должен самостоятельно ознакомиться с изучаемой темой, используя учебник или учебные пособия, включая рекомендованные электронные ресурсы. Во время лекции студент должен внимательно слушать преподавателя и конспектировать лекционный материал. В конце занятия, при необходимости, задать вопросы по изучаемой теме. После лекции студент самостоятельно должен изучить конспект лекции и дополнительно рассмотреть соответствующий материал в учебнике или учебном пособии с целью полного усвоения изучаемой темы.

Перед проведением практических занятий студенты должны самостоятельно изучить соответствующую тему, используя конспект лекций и рекомендованную учебно-методическую литературу. На практических занятиях студенты должны хорошо знать теоретический материал по изучаемой теме. Контроль знаний, полученных на практических занятиях, оценивается по выполнению студентами контрольной работы в конце семестра.

Самостоятельное изучение языка программирования промышленного логического контроллера Siemens LOGO рекомендуется проводить с использованием программного обеспечения “LOGO Soft Comfort” установленного на персональном компьютере.

С появлением систем компьютерной математики, позволяющих достаточно просто решать задачи математического моделирования необходимо применять электронные учебно-методические пособия позволяющие студенту самостоятельно изучать дисциплины с использованием современных информационных технологий.

В учебном процессе для проведения самостоятельной работы используется программа динамического моделирования VisSim. Данная программа широко используется в ВУЗах России для изучения дисциплин по теории автоматического управления, электротехники, радиоэлектроники и др.

Большой вклад в распространение этой программы вносит к.т.н., доцент кафедры электротехники Южно – Уральского университета Н.В. Клиначев создавший сайт [www.vissim.nm.ru](http://www.vissim.nm.ru). На страницах этого сайта можно найти полезную информацию по работе с программой, например электронное пособие “Моделирование систем в программе VisSim. Справочная система”, а также электронные учебно – методические пособия по изучению различных технических дисциплин с использованием этого пакета. Полноценная академическая версия VisSim 3.0 распространяется бесплатно, а новую версию VisSim со сроком

бесплатной работы 30 дней можно получить на сайте разработчика программы [www.vissim.com](http://www.vissim.com), что позволяет официально использовать данный программный продукт в учебном процессе.

С целью знакомства с программой рекомендуются методические указания:

- Автоматизация и управление производственными процессами.

Моделирование линейных элементов и систем автоматического регулирования. Методические указания к выполнению лабораторных работ в пакете динамического моделирования VISSIM. Составители: Семернин А.Н., Потапенко А.Н.

Студенты могут использовать эти методические указания не только при выполнении виртуальных лабораторных работ, но и при выполнении расчетно – графического задания, а также в рамках самостоятельной работы по закреплению материала изучаемого на лекциях. Применение программы VisSim позволяет сократить время, затрачиваемое на решение дифференциальных уравнений движения элементов системы, и больше внимания уделить анализу полученного результата, что способствует творческому подходу в изучении курса.

Прежде чем приступить к изучению динамических характеристик типовых звеньев, студенты должны познакомиться с содержанием электронного ресурса: **Анимация физических процессов (<http://physics.nad.ru/physics.htm>). Физика в анимациях 4.1. Механика. Пассивное и активное гашение вибраций.** Программа дает наглядное представление о динамических процессах, происходящих в механических устройствах при различных параметрах системы, что позволяет студентам с интересом и пониманием изучить теоретические вопросы.

При изучении раздела 1 студенты должны иметь представление о технической системе, элементах из которых состоит система и общих принципах функционирования. Уметь дать определения: объект управления, автоматическая система, автоматическое управляющее устройство. Знать виды воздействий на объект управления. Классифицировать элементы систем автоматического управления и контроля. Уровни управления АСУТП предприятия включают в себя два подуровня: SCADA систему и систему управления технологическим оборудованием с применением промышленных программируемых контроллеров (ПЛК). Поскольку рассматриваемые системы управления предприятием в настоящее время имеют высокую динамику развития рекомендуется для самостоятельного изучения использовать периодическую литературу и интернет ресурсы. Рекомендуемая литература: Журнал “Современные технологии автоматизации” ([www.cta.ru](http://www.cta.ru)). Изучая системы автоматического управления технологическим оборудованием с применением ПЛК необходимо остановиться на рассмотрении программной и аппаратной части этих систем. Рекомендуемый интернет ресурс: сайт о промышленной автоматике и электронике <http://prosau.ru/category/logo>

Рекомендуемая литература: Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие /С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2014.—376 с.

Изучая 2-й раздел курса начинается с рассмотрения основных параметров двигателя постоянного тока. Построение механических и электромеханических



характеристик приводятся для ДПТ параллельного, возбуждения. Особое внимание уделяется изучению энергетических режимов работы ДПТ независимого возбуждения. Изучение способов регулирования скорости, тока и момента ДПТ начинается с самого простого, реостатного способа, который реализуется включением дополнительных резисторов в цепь якоря. Следует отметить, что экономичность регулирования оценивается по капитальным затратам на реализацию способа и стоимости потерь энергии при регулировании. Поэтому такой способ регулирования может быть рациональным только в маломощных приводах, когда удельный вес стоимости электроэнергии невелик. Вторым рассматривается способ регулирования скорости путем изменения магнитного потока. Этот способ широко применяется на практике вследствие простоты его реализации и экономичности как в двигателях независимого, так и последовательного возбуждения. Третий способ заключается в изменении подводимого к якору напряжения, что позволяет в широких пределах регулировать скорость идеального холостого хода двигателя. При этом напряжение можно только уменьшать ниже номинального, но в сочетании с ослаблением магнитного потока получают двухзонное регулирование. Следует отметить, что на практике нашли применение три системы: “генератор — двигатель”; “управляемый выпрямитель—двигатель”; “широтно-импульсный преобразователь — двигатель”. При изучении данного раздела особое внимание следует уделить видам торможения ДПТ.

В настоящее время асинхронный регулируемый электропривод вытесняет привод на основе ДПТ. Поэтому изучение электропривода переменного тока рассматривается на базе асинхронного двигателя. Необходимо подробно рассмотреть схемы включения, построение электромеханических и механических характеристик асинхронного двигателя, обратить внимание на пуск АД с короткозамкнутым ротором прямым включением в сеть. Рассмотреть вопросы связанные с регулирование координат АД с помощью: включения добавочных резисторов в цепь ротора; изменением напряжения, изменением числа пар полюсов; изменением частоты питающего напряжения, а также системы частотного регулирования угловой скорости АД с короткозамкнутым ротором. Самостоятельно познакомиться с материалом этого раздела можно по учебнику: Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов [Электронный ресурс]: Учебное пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — 224 с

Раздел 3 является основополагающим при изучении курса. От того, насколько успешно студенты освоят материал этого раздела, зависит формирование целостного представления об изучаемой дисциплине. Особое внимание при изучении раздела необходимо уделить изучению методики получения дифференциальных уравнений элементов САР, методам решения дифференциальных уравнений, преобразованию Лапласа, понятию передаточной функции, временным и частотным характеристикам элементов САУ, типовым звенья САР и их динамическим характеристикам, структурным схемам и их преобразованию, методам построения математических моделей машин и механизмов как объектов управления. Уметь выполнять расчет системы автоматического регулирования на устойчивость с применением частотных критериев. Знать методы повышения качества управления и регулирования

автоматической системы. Самостоятельная работа по изучению материала раздела должна сопровождаться решением задач в программе динамического моделирования VisSim. Рекомендуемая литература: 1. Рубанов В.Г. Теория автоматического управления (математические модели, анализ и синтез линейных систем): уч. пособие для студ. высш. учеб. заведений. Ч.1/В.Г. Рубанов; БГТУ им. В.Г. Шухова.- Белгород: изд. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2009. – 198с. 2. Потапенко А.Н., Семернин А.Н. Автоматизация и управление производственными процессами. Моделирование линейных элементов и систем автоматического регулирования. Методические указания к выполнению лабораторных работ в пакете динамического моделирования VisSim. / сост.: А.Н. Потапенко, А.Н. Семернин, Белгород, Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2003. – 46с.

4-й раздел курса включает в себя изучение цифровых устройств и микропроцессорной техники. Самостоятельное изучение алгебры логики рекомендуется с применением учебного пособия: Смирнов Ю.А., Соколов С.В., Титов Е.В. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники: Учебное пособие. – 2-е изд., испр. – СПб.: издательство “Лань”, 2013. – 496с. Контроллеры “Siemens LOGO” рекомендуется изучать на практических занятиях в специализированной лаборатории, где расположены лабораторные стенды и ПЭВМ с установленным программным обеспечением LOGO Soft Comfort. Изучение языков программирования рекомендуется проводить с использованием мультимедиа - проектора с интерактивной доской. Рекомендуемая справочная и нормативная литература: Руководство пользователя по программированию в программе LOGO! Soft Comfort; Руководство по работе с ПЛК Siemens LOGO!

Лабораторные работы выполняются с использованием методических указаний: 1. Электрические машины: методические указания к выполнению лабораторных работ/ сост.:А.И. Лимаров, Ф.М. Гребенчук, Н.Б. Сибирцева и др.. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 64с. 2. Электропривод: методические указания к выполнению лабораторных работ/ сост.:А.Н. Семернин, А.Н. Потапенко, А.И. Лимаров, Ф.М. Гребенчук. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 89с.