



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУУ»)

АКТУАЛИЗИРОВАНО  
решением ученого совета ИЭЭ  
протокол №7 от 16.04.2024

УТВЕРЖДАЮ

Директор \_\_\_\_\_ ИЭЭ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Р.В. Ахметова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДЭ.01.02.01 Системы автоматического регулирования и управления

Направление подготовки \_\_\_\_\_ 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность(и)  
(профиль(и)) \_\_\_\_\_ Электромеханические комплексы и системы,  
Электромобильный и беспилотный транспорт,  
Проектирование и эксплуатация электрохозяйства  
потребителей

Квалификация \_\_\_\_\_ Бакалавр

г. Казань, 2023

Программу разработал(и):

Наименование кафедры	Должность, уч.степень, уч.звание	ФИО разработчика
ЭТКС	к.т.н., доцент	Бутаков В.М.

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	ЭТКС	17.05.2023	Протокол №29	_____ Зав. кафедрой ЭТКС, к.т.н., доцент Павлов П.П.
Согласована	ЭТКС	17.05.2023	Протокол №29	_____ Зав. кафедрой ЭТКС, к.т.н., доцент Павлов П.П.
Согласована	ЭХП	16.05 2023	8	_____ И.о. зав.кафедрой ЭХП, к.т.н., Гибадуллин Р.Р.
Согласована	Учебно-методический совет ИЭЭ	30.05.2023	Протокол №8	_____ Директор ИЭЭ, к.т.н., доцент Ахметова Р.В.
Одобрена	Ученый совет ИЭЭ	30.05.2023	Протокол №9	_____ Директор ИЭЭ, к.т.н., доцент Ахметова Р.В.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Системы автоматического регулирования и управления» является изучение основ теории, принципов построения и функционирования, методов анализа и синтеза систем автоматического регулирования и управления (САРУ).

Задачами дисциплины являются: - формирование у студентов целостного представления о принципах построения и функционирования САРУ;  
- структурирование сведений о методах анализа и синтеза САРУ;  
- раскрытие взаимосвязи и взаимообусловленности проблем, решаемых специалистами различных специальностей при проектировании САРУ

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-1 Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем	ПК-1.4 Разбирается в принципах построения систем автоматического управления, закономерностях переходных процессов, протекающих в электроэнергетических системах, методах их анализа и синтеза

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.  
Математика, Физика, Теоретические основы электротехники.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др.  
Электрический привод и автоматика, Проектирование электрооборудования электромеханических комплексов и систем, Автоматизированные электромеханические комплексы и системы, Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			4	5	6
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	6	216		216	
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	117		117	
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,89	68		68	
Лекции	0,94	34		34	
Практические (семинарские) занятия	0,5	18		18	
Лабораторные работы	0,44	16		16	
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	4,11	148		148	

Проработка учебного материала	1,11	40		40	
Курсовой проект	2	72		72	
Курсовая работа					
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36		36	
Промежуточная аттестация:				Э	
				КП	

Для заочной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Сессия		
			уст	6	
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>6</b>	<b>216</b>		<b>216</b>	
КОНТАКТНАЯ РАБОТА		80		80	
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,66	24		24	
Лекции	0,33	12		12	
Практические (семинарские) занятия	0,22	8		8	
Лабораторные работы	0,11	4		4	
<b>САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ</b>	<b>5,34</b>	<b>192</b>		<b>192</b>	
Проработка учебного материала	3,09	111		111	
Курсовой проект	2	72		72	
Курсовая работа					
Подготовка к промежуточной аттестации	0,25	9		9	
Промежуточная аттестация:				Э	
				-	КП

### 3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1. Введение. Принципы построения САУ. Представление математических моделей элементов САУ	22	10		4	8	ТК1	ПК-1.4 З
Раздел 2. Динамические звенья и передаточные	28	8	4	4	12	ТК2	ПК-1.4 З,У

функции структурных схем САУ							
Раздел 3. Устойчивость и качество САУ. Синтез САУ	46	12	12	10	12	ТК3	ПК-1.4 З,У,В
Раздел 4. Дискретные САУ	12	4			8	ТК4	ПК-1.4 З
Курсовой проект	72				72	<b>ОМкп</b>	ПК-1.4 З,У,В
Экзамен	36				36	<b>ОМэ</b>	ПК-1.4 З,У
<b>ИТОГО</b>	<b>216</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>148</b>		

### 3.3. Содержание дисциплины

**Раздел 1.** Введение. Принципы построения САУ. Представление математических моделей элементов САУ.

Тема 1.1. Основные понятия САУ, классификация и принципы построения САУ.

Лекция 1. Основные понятия и определения теории автоматического управления. Принципы автоматического управления. Разомкнутые и замкнутые САУ. Линейные законы управления. Классификация САУ. Примеры САУ.

Тема 1.2. Линеаризация дифференциальных уравнений и формы представления математических моделей элементов САУ.

Лекция 2. Линеаризация дифференциальных уравнений систем автоматического управления.

Лекция 3. Формы представления математических моделей элементов систем автоматического управления. Общая и стандартная формы представления дифференциальных уравнений. Форма представления дифференциальных уравнений в виде передаточных функций.

Лекция 4. Амплитудно-фазовая частотная функция. Амплитудно-частотная функция. Фазо-частотная функция. Логарифмические частотные характеристики.

Тема 1.3. Временные и частотные функции и характеристики САУ.

Лекция 5. Типовые входные воздействия. Единичная ступенчатая функция, импульсная функция. Переходная функция, весовая функция.

**Раздел 2.** Динамические звенья и передаточные функции структурных схем САУ.

Тема 2.1. Динамические звенья и их характеристики.

Лекция 6. Понятие динамического звена. Получение временных и частотных характеристик безынерционного, интегрирующего и инерционного звеньев. Примеры динамических звеньев.

Лекция 7. Получение временных и частотных характеристик колебательного звена, апериодического звена второго порядка и консервативного звена.

Лекция 8. Получение временных и частотных характеристик идеального дифференцирующего звена, форсирующего звена 1-го порядка, форсирующего звена 2-го порядка, звена запаздывания.

Тема 2.2. Передаточные функции и правила преобразования структурных схем САУ.

Лекция 9. Определение передаточных функции разомкнутой и замкнутой САУ по типовой одноконтурной структурной схеме. Правила преобразования структурных схем САУ.

**Раздел 3. Устойчивость и качество САУ. Синтез САУ.**

Тема 3.1. Устойчивость САУ. Алгебраические и частотные критерии устойчивости.

Лекция 10. Устойчивость непрерывных линейных систем автоматического регулирования. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица.

Лекция 11. Критерий устойчивости Найквиста для статических и астатических САУ. Запас устойчивости. Особенности применения критерия устойчивости Найквиста для неминимально-фазовых САУ. Анализ устойчивости САУ по ЛЧХ.

Тема 3.2. Качество непрерывных линейных систем автоматического управления.

Лекция 12. Показатели качества переходного процесса. Оценка качества регулирования САУ в установившемся режиме. Теоремы о конечном значении. Расчет установившихся ошибок статических САУ.

Лекция 13. Расчет установившихся ошибок астатических САУ. Способы повышения точности САУ. Анализ качества переходного процесса.

Тема 3.3. Синтез САУ. Методы синтеза корректирующих устройств.

Лекция 14. Понятие о коррекции систем. Методы повышения точности систем в установившемся режиме. Методы коррекции динамических свойств систем. Пассивные корректирующие устройства.

Лекция 15. Коррекция динамических свойств системы с помощью ПКУ. Коррекция динамических свойств системы с помощью ОС. Общие сведения о синтезе САУ и КУ. Методика синтеза КУ.

Лекция 16. Стандартные настройки и их применение.

**Раздел 4. Дискретные САУ.**

Тема 4.1. Математическое описание процессов в дискретных элементах.

Лекция 17. Общие понятия и определения теории дискретных САУ. Основные сведения о математическом аппарате теории линейных дискретных стационарных систем. Математическое описание процессов в дискретных элементах.

Тема 4.2. Особенности анализа устойчивости и качества линейных дискретных стационарных систем.

Лекция 18. Структурно-динамическая схема и дискретные передаточные функции цифровой САУ. Особенности анализа устойчивости и качества линейных дискретных стационарных систем. Необходимое и достаточное условие устойчивости дискретной САУ.

### **3.4. Тематический план практических занятий**

Практическое занятие 1. Формы представления математических моделей элементов.

Практическое занятие 2. Определение частотных характеристик САУ.  
 Практическое занятие 3. Безынерционное, интегрирующее и дифференцирующее звенья.

Практическое занятие 4. Передаточные функции систем автоматического управления.

Практическое занятие 5. Алгебраические и частотные критерии устойчивости САУ.

Практическое занятие 6. Расчет показателей качества процесса управления.

Практическое занятие 7. Синтез корректирующих устройств.

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Лабораторная работа 1. Исследование ДПТ независимого возбуждения

Лабораторная работа 2. Настройка ПИД-регулятора преобразователя частоты Danfoss для вентиляторной установки

Лабораторная работа 3. Настройка системы стабилизации частоты синхронного генератора на оптимум по модулю.

Лабораторная работа 4. Настройка системы стабилизации частоты синхронного генератора на симметричный оптимум

### 3.6. Курсовой проект

Разработка корректирующих устройств системы автоматического регулирования и управления.

## 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-1	ПК-1.4 Разбирается в принципах построения систем автоматического управления,	знать:	Свободно и в полном объеме описывает все принципы	Достаточно полно описывает принципы построения САУ и	Плохо описывает принципы построения САУ и форму	Не знает принципы построения САУ и форму представ
		Принципы построения САУ. Формы представления математических моделей				

закономерностях переходных процессов, протекающих в электроэнергетических системах, методах их анализа и синтеза	элементов САУ	построения САУ и формы представления математических моделей элементов САУ	основные формы представления математических моделей элементов САУ	представления математических моделей элементов САУ в виде передаточных функций	ления математических моделей элементов САУ в виде передаточных функций
	уметь:				
	Проводить оценку устойчивости и качества САУ	Свободно проводит оценку устойчивости и качества САУ	Умеет применять частотные критерии для оценки устойчивости минимально-фазовых САУ и оценивать качество статических САУ	Слабо ориентируется в оценке устойчивости и качества САУ	Не умеет проводить оценку устойчивости и качества САУ
	владеть:				
Методикой применения стандартных настроек САУ	Методикой применения стандартных настроек САУ	Владеет навыками применения стандартных настроек САУ на оптимум по модулю	Владеет слабыми навыками применения стандартных настроек САУ	Не владеет навыками применения стандартных настроек САУ	

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.



## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Учебно-методическое обеспечение

#### 5.1.1. Основная литература

1. Кудинов, Ю. И. Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK) : учебное пособие для вузов / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пашенко. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 308 с. — ISBN 978-5-8114-5520-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176901> (дата обращения: 17.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления : учебное пособие для вузов / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 220 с. — ISBN 978-5-507-44643-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/238508>.

#### 5.1.2. Дополнительная литература

1. Системы автоматического регулирования и управления : практикум : в 2 частях / сост.: В. М. Бутаков [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Казань : КГЭУ, 2022. - Текст : электронный.

Ч. 1. - 2022. - 79 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru/> 426эл

2. Системы автоматического регулирования и управления : практикум : в 2 частях / сост. В. М. Бутаков [и др.]. - Казань : КГЭУ, 2022. - Текст : электронный.

Ч. 2. - 2022. - 84 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru/>. - ~Б. ц. 448эл

3. Погодицкий О.В. Цифровые системы управления : учебное пособие / О.В.Погодицкий. - 2-е изд., перераб. и доп. - Казань : КГЭУ, 2010. - 184 с. - 3745. - ISBN 9785898732424. - Текст : непосредственный.

### 5.2. Информационное обеспечение

#### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

№ п/п	Наименование электронных и интернет-ресурсов	Ссылка
1	<i>Курс Moodle</i>	<a href="https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2662">https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2662</a>

### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

№ п/п	Наименование профессиональных баз данных	Адрес	Режим доступа
1	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru	http://elibrary.ru
2	Университетская информационная система Россия	uisrussia.msu.ru	uisrussia.msu.ru
3	Европейское патентное ведомство	ep.espacenet.com	ep.espacenet.com
4	Патентная база USPTO	patft.uspto.gov	patft.uspto.gov

### 5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование программного обеспечения	Описание	Реквизиты подтверждающих документов
1	MATLAB Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License)	Пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений.	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
2	Simulink Academic new Product From 10 to 24 Group Licenses (per License)	Графическая среда имитационного моделирования	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2013.39442 Неискл. право. Бессрочно
3	Windows 7 Профессиональная (Starter)	Пользовательская операционная система	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №2011.25486 от 28.11.2011 Неискл. право. Бессрочно
4	Office Standard 2007 Russian OLP NL AcademicEdition+	Пакет программных продуктов содержащий в себе необходимые офисные программы	ЗАО "СофтЛайнТрейд" №21/2010 от 04.05.2010 Неискл. право. Бессрочно
5	Браузер Chrome	Система поиска информации в сети интернет	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
6	Adobe Acrobat	Пакет программ для создания и просмотра файлов формата PDF	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно
7	LMS Moodle	ПО для эффективного онлайн-взаимодействия преподавателя и студента	Свободная лицензия Неискл. право. Бессрочно

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование вида учебной работы	Наименование учебной аудитории, специализированной лаборатории	Перечень необходимого оборудования и технических средств обучения
Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Лабораторные работы	Учебная лаборатория «Г-202»,	Специализированное лабораторное оборудование по профилю лаборатории: Вентиляторная установка с асинхронным двигателем и преобразователем частоты Danfoss
	Компьютерный класс с выходом в Интернет Б-112, Б-110	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), лицензионное программное обеспечение
	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение
	Учебная аудитория для выполнения курсового проекта (курсовой работы) Б-112, Б-110	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, программное обеспечение

## **7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18

пунктов), тотально озвучивается;

- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

*Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и

интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**  
**по дисциплине**

Б1.В.ДЭ.01.02.01 Системы автоматического регулирования и управления

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Квалификация Бакалавр

г. Казань, 2023





## Семестр 5 (Курсовой проект)

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели					
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	Итого	Промежуточная аттестация
<b>Раздел 1.</b> «Настройка системы автоматического регулирования на оптимум по модулю»	<b>ТК1</b>	<b>30</b>	<b>0-20</b>			<b>30-50</b>	<b>30-50</b>
Выполнение индивидуальных заданий		30					
<b>Раздел 2.</b> « Настройка системы автоматического регулирования на симметричный оптимум»	<b>ТК2</b>			<b>25</b>	<b>0-25</b>	<b>25-50</b>	<b>25-50</b>
Выполнение индивидуальных заданий				25			
<b>Промежуточная аттестация (КП)</b>	<b>ОМ</b>						<b>0-45</b>
Пояснительная записка							0-15
Защита КП							0-30

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
			зачтено			не зачтено
ПК-1	ПК-1.4 Разбирается в принципах построения	знать: Принципы построения САУ.	Свободно и в полном	Достаточно полно описывает	Плохо описывает	Не знает принципы

систем автоматического управления, закономерностях переходных процессов, протекающих в электроэнергетических системах, методах их анализа и синтеза	Формы представления математических моделей элементов САУ	объеме описывают все принципы построения САУ и формы представления математических моделей элементов САУ	т принципы построения САУ и основные формы представления математических моделей элементов САУ	принципы построения САУ и форму представления математических моделей элементов САУ в виде передаточных функций	построения САУ и форму представления математических моделей элементов САУ в виде передаточных функций
	уметь:				
	Проводить оценку устойчивости и качества САУ	Свободно проводит оценку устойчивости и качества САУ	Умеет применять частотные критерии для оценки устойчивости минимально-фазовых САУ и оценивать качество статических САУ	Слабо ориентируется в оценке устойчивости и качества САУ	Не умеет проводить оценку устойчивости и качества САУ
	владеть:				
Методикой применения стандартных настроек САУ	Методикой применения стандартных настроек САУ	Владеет навыками применения стандартных настроек САУ на оптимум по модулю	Владеет слабыми навыками применения стандартных настроек САУ	Не владеет навыками и применения стандартных настроек САУ	

*Оценка «отлично» выставляется за выполнение практических и лабораторных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание принципов построения систем автоматического управления, методов их анализа и синтеза, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);*

*Оценка «хорошо»* выставляется за выполнение практических и лабораторных работ в семестре; тестовых заданий; понимание принципов построения систем автоматического управления, методов их анализа и синтеза, хорошие ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

*Оценка «удовлетворительно»* выставляется за выполнение практических и лабораторных работ в семестре; тестовых заданий; удовлетворительное понимание принципов построения систем автоматического управления, методов их анализа и синтеза; удовлетворительные ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

*Оценка «неудовлетворительно»* выставляется за неполное выполнение практических и лабораторных работ в семестре; тестовых заданий; неудовлетворительные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание).

### **3. Перечень оценочных средств**

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Тест (Тест)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося	Комплект тестовых заданий
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Отчет по лабораторной работе (ОЛР)	Выполнение лабораторной работы, обработка результатов испытаний, измерений, эксперимента. Оформление отчета, защита результатов лабораторной работы по отчету	Перечень заданий и вопросов для защиты лабораторной работы, перечень требований к отчету
Курсовой проект (КП)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследо-	Темы проектов

	вательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся	
--	--	--

#### 4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

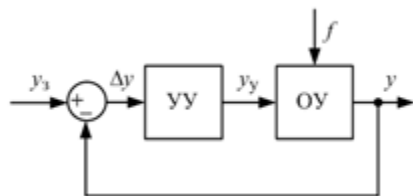
##### Примеры заданий

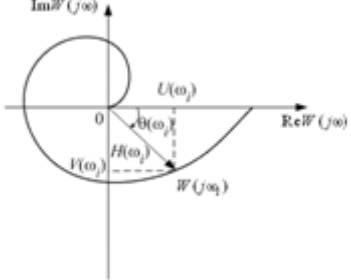
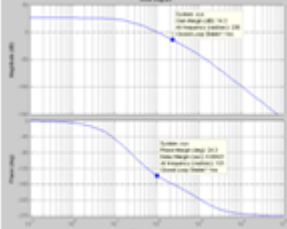
##### Для текущего контроля ТК1:


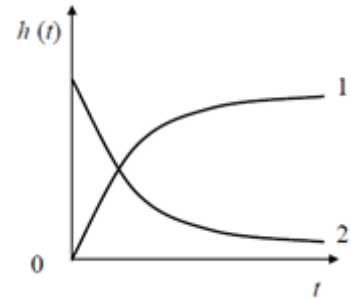
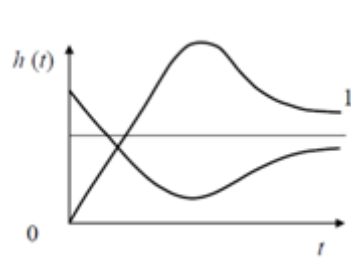
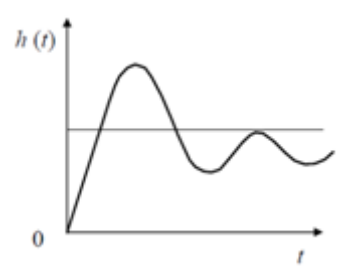
Проверяемая компетенция: ПК-1 Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем. ПК-1.4 Разбирается в принципах построения систем автоматического управления, закономерностях переходных процессов, протекающих в электроэнергетических системах, методах их анализа и синтеза

##### Тест

Вопрос	Варианты ответа	
Система автоматического управления – это	совокупность объекта управления и устройства управления, которые взаимодействуют между собой в соответствии с целью управления объект управления с устройством управления устройства управления, обеспечивающие работу объекта управления	
Задающее воздействие	в соответствии с определённым законом определяет требуемое значение управляемой величины, характеризующей работу объекта управления вызывает нежелательные отклонения управляемой величины от требуемого значения формируется устройством управления согласно закону управления	
Структурная схема какой САУ изображена на рисунке?	разомкнутой замкнутой комбинированной	
Установить соответствие аналитических выражений принципам управления	$y_y = F(\Delta y)$	по задающему воздействию
	$y_y = F(y_3)$	возмущающему воздействию
	$y_y = F(f)$	по отклонению



<p>Чему равна установившаяся ошибка астатической САУ при воздействии, стремящемся к установившемуся значению?</p>		
<p>Установить соответствие вида задающего воздействия названию системы.</p>	случайное	стабилизации
	изменяющееся по заданному закону	следающая
	постоянное	программного управления
<p>Установить соответствие аналитических выражений форме представления дифференциальных уравнений.</p>	$W(p) = \frac{B(p)}{D(p)} = \frac{b_m p^m + b_{m-1} p^{m-1} + \dots + b_1 p + b_0}{d_n p^n + d_{n-1} p^{n-1} + \dots + d_1 p + d_0}$	стандартная
	$\prod_{i=1}^n T_i u_{\text{ВЫХ}}^{(n)} + \prod_{j=1}^{n-1} T_j u_{\text{ВЫХ}}^{(n-1)} + \dots + T_1 \dot{u}_{\text{ВЫХ}} + u_{\text{ВЫХ}} =$ $= K \left( \prod_{l=1}^m \tau_l u_{\text{ВХ}}^{(m)} + \prod_{k=1}^{m-1} \tau_k u_{\text{ВХ}}^{(m-1)} + \dots + \tau_1 \dot{u}_{\text{ВХ}} + u_{\text{ВХ}} \right)$	в виде передаточных функций
	$d_n u_{\text{ВЫХ}}^{(n)} + d_{n-1} u_{\text{ВЫХ}}^{(n-1)} + \dots + d_1 \dot{u}_{\text{ВЫХ}} + d_0 u_{\text{ВЫХ}} =$ $= b_m u_{\text{ВХ}}^{(m)} + b_{m-1} u_{\text{ВХ}}^{(m-1)} + \dots + b_1 \dot{u}_{\text{ВХ}} + b_0 u_{\text{ВХ}}$	общая
<p>Передаточной функцией называется</p>	отношение входной величины $U_{\text{вх}}$ к выходной $U_{\text{вых}}$ в изображении по Лапласу	
	отношение выходной величины $U_{\text{вых}}$ ко входной $U_{\text{вх}}$ в изображении по Лапласу	
	отношение полинома $B(p)$ при входной координате $U_{\text{вх}}$ к полиному $D(p)$ при выходной координате $U_{\text{вых}}$	
<p>Установить соответствие между графиками и их названиями</p>		логарифмические частотные характеристики
	переходная характеристика	

		<p>годограф</p>
<p>Единичный импульс называют так потому, что</p>	<p>его амплитуда равна 1</p> <p>его площадь равна 1</p> <p>его длительность равна 1</p>	
<p>Установить соответствие между графиками переходных характеристик и их названиями</p>		<p>апериодические переходные характеристики</p>
		<p>монотонные переходные характеристики</p>
		<p>колебательные переходные характеристики</p>

### Вопросы к комплексному заданию ТК1

1. Принципы автоматического управления
2. Разомкнутые и замкнутые САУ
3. Линейные законы управления
4. Общая форма представления дифференциальных уравнений
5. Стандартная форма представления дифференциальных уравнений
6. Форма представления дифференциальных уравнений в виде передаточных функций
7. Форма представления дифференциальных уравнений в виде частотных передаточных функций
8. Амплитудно-фазо-частотная характеристика
9. Логарифмические частотные характеристики
10. Типовые входные воздействия

11. Переходная функция

12. Импульсная переходная функция

Типовые задачи:

1. Преобразовать линеаризованное дифференциальное уравнение ЭМУ поперечно-продольного поля

$$u_y = \frac{L_B L_{K3} L_C}{K_1 K_2} \cdot \frac{d^3 i_H}{dt^3} + \frac{(L_B R_{K3} + L_{K3} R_B) L_C + L_B L_{K3} R_C}{K_1 K_2} \cdot \frac{d^2 i_H}{dt^2} + \frac{(L_B R_{K3} + L_{K3} R_B) R_C + R_H R_B L_C}{K_1 K_2} \cdot \frac{d i_H}{dt} + \frac{R_{K3} R_B R_C}{K_1 K_2} i_H.$$

в общую форму представления дифференциального уравнения ЭМУ.

2. Записать уравнение ЭМУ поперечно-продольного поля

$$d_3 \ddot{i}_H + d_2 \dot{i}_H + d_1 i_H + d_0 i_H = b_0 u_y$$

$$d_3 = \frac{L_B L_{K3} L_C}{K_1 K_2}; \quad d_2 = \frac{(L_B R_{K3} + L_{K3} R_B) L_C + L_B L_{K3} R_C}{K_1 K_2};$$

$$d_1 = \frac{(L_B R_{K3} + L_{K3} R_B) R_C + R_H R_B L_C}{K_1 K_2}; \quad d_0 = \frac{R_{K3} R_B R_C}{K_1 K_2}; \quad b_0 = 1$$

в стандартной форме.

3. Определить передаточную функцию в форме изображений Лапласа ЭМУ поперечно-продольного поля по дифференциальному уравнению

$$T_B T_{K3} T_C \ddot{i}_H + (T_B T_C + T_{K3} T_C + T_B T_{K3}) \dot{i}_H + (T_B + T_{K3} + T_H) i_H + i_H = K_{ЭМУ} u_y.$$

4. Построить амплитудно-фазовую частотную характеристику (АФЧХ) ЭМУ поперечно-продольного поля с применением системы MATLAB.

$$W_{ЭМУ}(s) = \frac{K_{ЭМУ}}{T_B T_{K3} T_C s^3 + (T_B T_C + T_{K3} T_C + T_B T_{K3}) s^2 + (T_B + T_{K3} + T_H) s + 1}$$

Исходные данные для расчёта: (постоянная времени обмотки возбуждения

$T_B = 0,06$  с; постоянная времени короткозамкнутой обмотки  $T_{K3} = 0,03$  с;

постоянная времени цепи нагрузки  $T_H = 10T_C = 0,01$  с; коэффициент передачи

ЭМУ  $K_{ЭМУ} = 20$ ).



5. Построить логарифмические частотные характеристики (ЛЧХ) ЭМУ поперечно-продольного поля с применением системы MATLAB.

$$W_{\text{ЭМУ}}(s) = \frac{K_{\text{ЭМУ}}}{T_{\text{В}}T_{\text{КЗ}}T_{\text{С}}s^3 + (T_{\text{В}}T_{\text{С}} + T_{\text{КЗ}}T_{\text{С}} + T_{\text{В}}T_{\text{КЗ}})s^2 + (T_{\text{В}} + T_{\text{КЗ}} + T_{\text{Н}})s + 1}$$

Исходные данные для расчёта: (постоянная времени обмотки возбуждения

$T_{\text{В}} = 0,06$  с; постоянная времени короткозамкнутой обмотки  $T_{\text{КЗ}} = 0,03$  с;

постоянная времени цепи нагрузки  $T_{\text{Н}} = 10T_{\text{С}} = 0,01$  с; коэффициент передачи

ЭМУ  $K_{\text{ЭМУ}} = 20$ ).

6. Построить переходную характеристику ЭМУ поперечно-продольного поля с применением системы MATLAB.

$$W_{\text{ЭМУ}}(s) = \frac{K_{\text{ЭМУ}}}{T_{\text{В}}T_{\text{КЗ}}T_{\text{С}}s^3 + (T_{\text{В}}T_{\text{С}} + T_{\text{КЗ}}T_{\text{С}} + T_{\text{В}}T_{\text{КЗ}})s^2 + (T_{\text{В}} + T_{\text{КЗ}} + T_{\text{Н}})s + 1}$$

Исходные данные для расчёта: (постоянная времени обмотки возбуждения

$T_{\text{В}} = 0,06$  с; постоянная времени короткозамкнутой обмотки  $T_{\text{КЗ}} = 0,03$  с;

постоянная времени цепи нагрузки  $T_{\text{Н}} = 10T_{\text{С}} = 0,01$  с; коэффициент передачи

ЭМУ  $K_{\text{ЭМУ}} = 20$ ).

7. Построить импульсную переходную характеристику ЭМУ поперечно-продольного поля с применением системы MATLAB.

$$W_{\text{ЭМУ}}(s) = \frac{K_{\text{ЭМУ}}}{T_{\text{В}}T_{\text{КЗ}}T_{\text{С}}s^3 + (T_{\text{В}}T_{\text{С}} + T_{\text{КЗ}}T_{\text{С}} + T_{\text{В}}T_{\text{КЗ}})s^2 + (T_{\text{В}} + T_{\text{КЗ}} + T_{\text{Н}})s + 1}$$

Исходные данные для расчёта: (постоянная времени обмотки возбуждения

$T_{\text{В}} = 0,06$  с; постоянная времени короткозамкнутой обмотки  $T_{\text{КЗ}} = 0,03$  с;

постоянная времени цепи нагрузки  $T_{\text{Н}} = 10T_{\text{С}} = 0,01$  с; коэффициент передачи

ЭМУ  $K_{\text{ЭМУ}} = 20$ ).

8. Определить частотную передаточную функцию ЭМУ поперечно-продольного поля с применением системы MATLAB.

$$W_{\text{ЭМУ}}(s) = \frac{K_{\text{ЭМУ}}}{T_{\text{В}}T_{\text{КЗ}}T_{\text{С}}s^3 + (T_{\text{В}}T_{\text{С}} + T_{\text{КЗ}}T_{\text{С}} + T_{\text{В}}T_{\text{КЗ}})s^2 + (T_{\text{В}} + T_{\text{КЗ}} + T_{\text{Н}})s + 1}$$

Исходные данные для расчёта: (постоянная времени обмотки возбуждения

$T_{\text{В}} = 0,06$  с; постоянная времени короткозамкнутой обмотки  $T_{\text{КЗ}} = 0,03$  с;

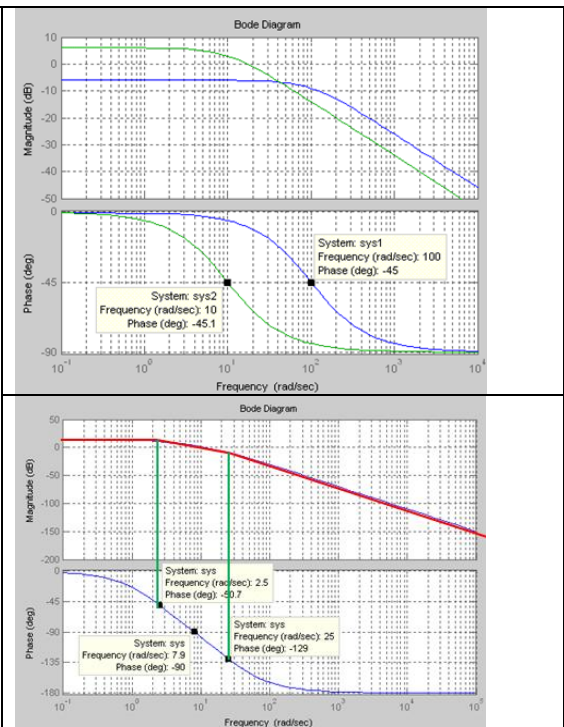
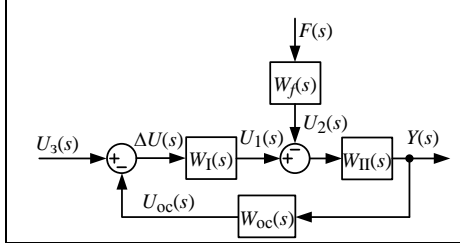
постоянная времени цепи нагрузки  $T_{\text{Н}} = 10T_{\text{С}} = 0,01$  с; коэффициент передачи

ЭМУ  $K_{\text{ЭМУ}} = 20$ ).

### Для текущего контроля ТК2:

Проверяемая компетенция: ПК-1 Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем. ПК-1.4 Разбирается в принципах построения систем автоматического управления, закономерностях переходных процессов, протекающих в электроэнергетических системах, методах их анализа и синтеза

Вопрос	Варианты ответа
Фазовый сдвиг, вносимый интегрирующим звеном равен	
<p>Передаточная функция разомкнутой САУ равна</p>	$W(s) = W_{\text{I}}(s)W_{\text{oc}}(s)$
	$W(s) = W_{\text{I}}(s)W_{\text{II}}(s)W_{\text{oc}}(s)$
	$W(s) = W_{\text{I}}(s)W_{\text{II}}(s)$
Фазовый сдвиг, вносимый инерционным звеном равен	

<p>Установить соответствие графиков характеристик, показанных на рисунках их названиям</p>		<p>ЛЧХ аperiodического звена второго порядка</p> <p>ЛЧХ инерционного звена</p>
<p>Передаточная функция замкнутой САУ по выходной координате относительно задающего воздействия равна</p> 	$\Phi(s) = \frac{Y(s)}{U_3(s)} = \frac{W(s)}{[1 + W(s)]W_{oc}(s)}$ $\Phi(s) = \frac{Y(s)}{U_3(s)} = \frac{W(s)}{[1 + W(s)]}$ $\Phi(s) = \frac{Y(s)}{U_3(s)} = \frac{W(s)}{[1 - W(s)]W_{oc}(s)}$	
<p>Установить соответствие между аналитическими выражениями ЛАЧХ и названиями динамических звеньев</p>	$L(\omega) = 20 \lg K$ $L(\omega) = 20 \lg(K/\omega)$ $L(\omega) = 20 \lg \frac{K}{\sqrt{1 + T^2 \omega^2}}$ $L(\omega) = 20 \lg \frac{K}{\sqrt{(1 - T^2 \omega^2)^2 + (2\xi T \omega)^2}}$	<p>интегрирующее звено</p> <p>безынерционное звено</p> <p>колебательное звено</p> <p>инерционное звено</p>
<p>Установить соответствие между аналитическими выражениями переходных характеристик и названиями динамических звеньев</p>	$h(t) = K 1(t)$ $h(t) = K t 1(t)$ $h(t) = K \left( 1 - e^{-\frac{t}{T}} \right) 1(t)$ $h(t) = K \delta(t)$	<p>интегрирующее звено</p> <p>безынерционное звено</p> <p>дифференцирующее звено</p> <p>инерционное звено</p>

Установите соответствие между выражениями функций и названиями типовых динамических звеньев	$W(s) = K$	безынерционное
	$W(s) = \frac{K}{s} = \frac{1}{Ts}$	инерционное
	$W(s) = \frac{K}{Ts + 1}$	интегрирующее
	$W(s) = \frac{K}{T^2 s^2 + 2\xi Ts + 1}$	колебательное
	$W(s) = \frac{K}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)}$	консервативное
	$W(s) = \frac{K}{T^2 s^2 + 1}$	апериодическое второго порядка
Установите соответствие между выражениями функций и названиями типовых динамических звеньев	$W(s) = Ks$	форсирующее звено первого порядка
	$W(s) = K(Ts + 1)$	идеальное дифференцирующее звено
	$W(s) = Ke^{-s\tau}$	звено запаздывания
становите соответствие соотношений для переходной и импульсной переходной функций	$L^{-1} \left[ \frac{W(s)}{s} \right]$	переходная функция
	$L^{-1} [W(s)]$	импульсная переходная функция

### Вопросы к комплексному заданию ТК2

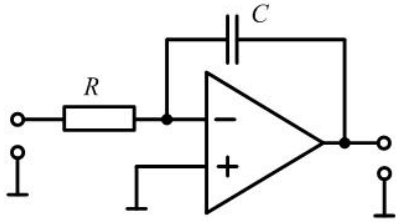
1. Безынерционное (пропорциональное) звено
2. Интегрирующее звено
3. Апериодическое звено первого порядка (инерционное звено)
4. Колебательное звено
5. Апериодическое звено второго порядка
6. Консервативное звено
7. Идеальное дифференцирующее звено
8. Реальное дифференцирующее звено (дифференцирующее звено с замедлением)
9. Форсирующее звено первого порядка
10. Звено запаздывания

### Типовые задачи:

1. Построить логарифмические частотные характеристики безынерционного звена.  
Исходные данные:  $K_1 = 0,1$ ;  $K_2 = 10$ .
2. Построить переходную характеристику безынерционного звена.

Исходные данные:  $K_1 = 0,1$ ;  $K_2 = 10$ .

3. По электрической схеме интегратора на ОУ определить передаточную функцию.



Исходные данные:  $R = 200$  кОм,  $C = 1$  мкФ.

4. По передаточной функции интегратора на ОУ построить частотные и временные характеристики.

5. Определить передаточную функцию двигателя постоянного тока независимого возбуждения без учёта индуктивности обмотки якоря ( $L_{я}=0$ ).

$$T_M \Omega_{дв}(s)s + \Omega_{дв}(s) = K_{дв} U(s)$$

Построить частотные и временные характеристики.

Исходные данные:

а)  $K_{дв} = 0,5 \frac{\text{рад}}{\text{В} \cdot \text{с}}$ ,  $T_M = 0,01$  с; б)  $K_{дв} = 2,0 \frac{\text{рад}}{\text{В} \cdot \text{с}}$ ,  $T_M = 0,1$  с.

Провести сравнительный анализ результатов моделирования.

6. Определить передаточную функцию двигателя постоянного тока независимого возбуждения с учётом индуктивности якорной цепи.

$$T_M T_{\text{я}} \ddot{\Omega}_{дв} + T_M \dot{\Omega}_{дв} + \Omega_{дв} = K_{дв} u$$

Построить частотные и временные характеристики.

Исходные данные:

$$K_{дв} = 5 \frac{\text{рад}}{\text{В} \cdot \text{с}}, T_M = 0,03 \text{ с}; T_{\text{я}} = 0,04 \text{ с};$$

7. Определить передаточную функцию двигателя постоянного тока независимого возбуждения с учётом индуктивности якорной цепи.

$$T_M T_{\text{я}} \ddot{\Omega}_{дв} + T_M \dot{\Omega}_{дв} + \Omega_{дв} = K_{дв} u$$

Построить частотные и временные характеристики.

Исходные данные:

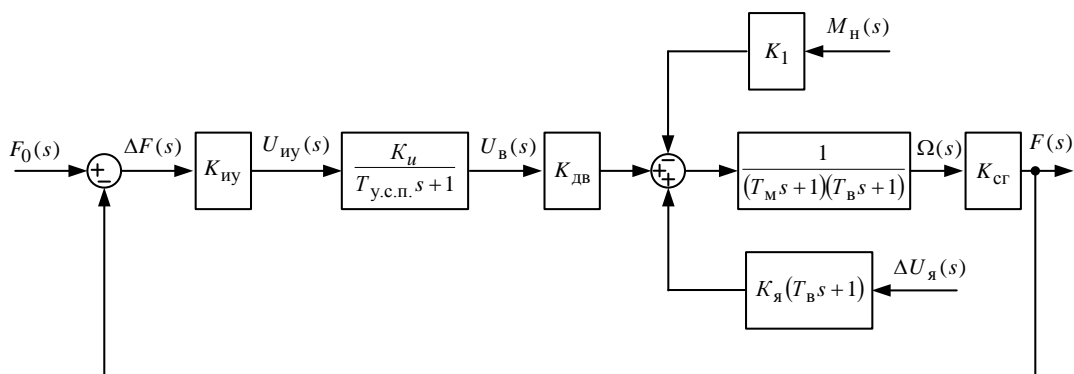
$$K_{дв} = 5 \frac{\text{рад}}{\text{В} \cdot \text{с}}, T_M = 0,4 \text{ с}; T_{\text{я}} = 0,04 \text{ с}.$$

8. Получить передаточную функцию и построить временные характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения с учётом индуктивности якорной цепи. Активным сопротивлением якоря  $R_{\text{я}}$  пренебречь ( $R_{\text{я}}=0$ ).

Исходные данные:

$$K_{\text{дв}} = 5 \frac{\text{рад}}{\text{В} \cdot \text{с}}, T_{\text{м}} = 0,4 \text{ с}; T_{\text{э}} = 0,04 \text{ с}.$$

9. Записать передаточные функции для разомкнутой системы стабилизации частоты синхронного генератора, показанной на рисунке



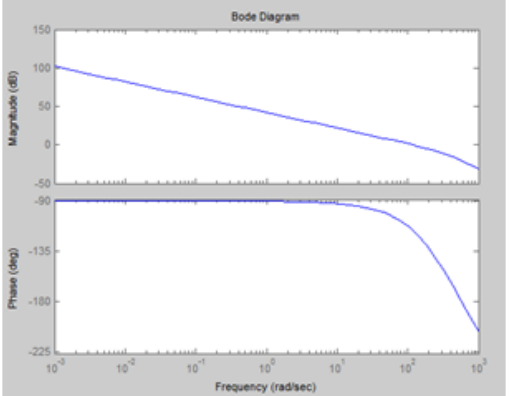
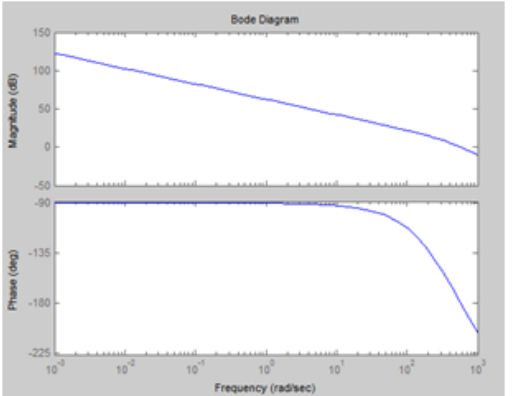
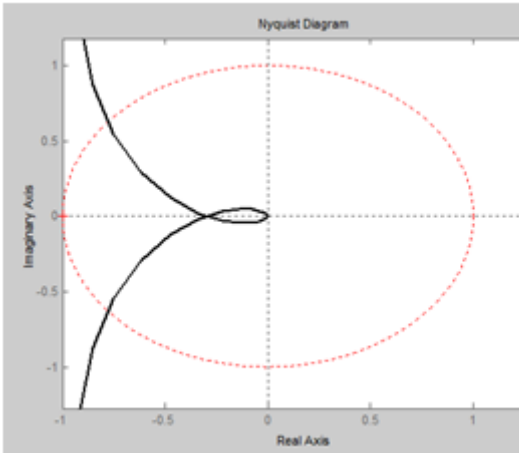
Исходные данные:

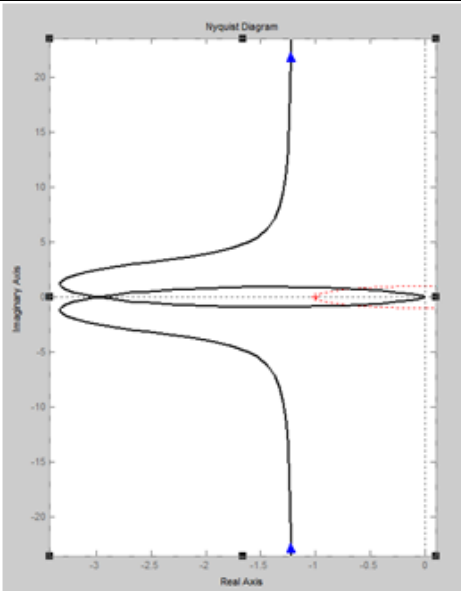
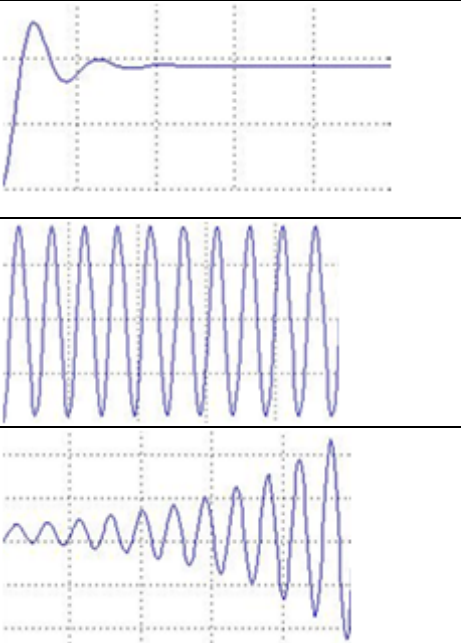
$K_{\text{иу}} = 5 \text{ В/Гц}$ ;  $K_{\text{u}} = 4,22$ ;  $T_{\text{у.с.п.}} = 0,0125 \text{ с}$ ;  $K_{\text{дв}} = 1,706 \text{ рад/В} \cdot \text{с}$ ;  $T_{\text{м}} = 0,4 \text{ с}$ ;  $T_{\text{в}} = 0,02 \text{ с}$ ;  $K_{\text{ср}} = 0,48 \text{ Гц} \cdot \text{с/рад}$ ;  $K_1 = 10 \text{ 1/Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$ ;  $K_{\text{я}} = 227 \text{ рад/В} \cdot \text{с}$ ;  $M_{\text{н}} = 0,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  $f_0 = 500 \text{ Гц}$ ;  $\Delta U_{\text{я}} = 2 \text{ В}$ .

10. Записать передаточные функции для замкнутой системы стабилизации частоты синхронного генератора.

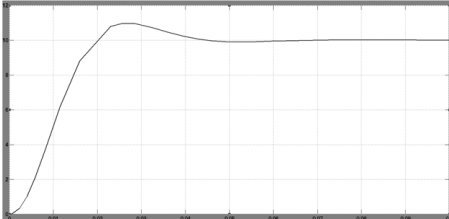
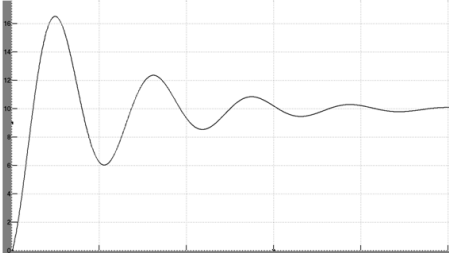
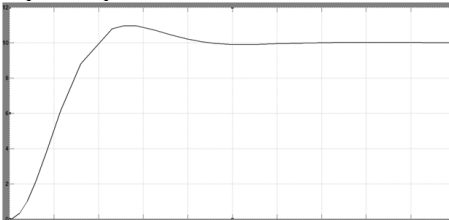
**Для текущего контроля ТКЗ:**

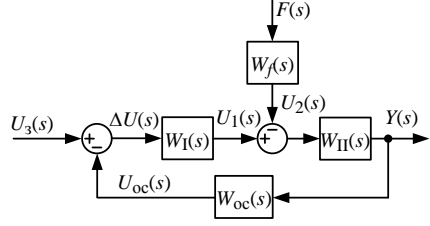
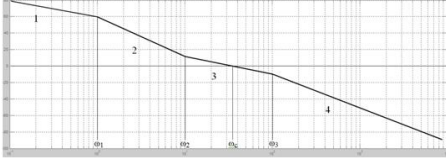
Проверяемая компетенция: ПК-1 Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем. ПК-1.4 Разбирается в принципах построения систем автоматического управления, закономерностях переходных процессов, протекающих в электроэнергетических системах, методах их анализа и синтеза

Вопрос	Варианты ответа	
<p>Установить соответствие графиков ЛЧХ состоянию системы</p>		<p>неустойчивая</p>
<p>Установить соответствие графиков АФЧХ статических САУ состоянию системы</p>		<p>устойчивая</p>
		<p>устойчивая</p>

		<p><i>неустойчивая</i></p>
<p><i>Установить соответствие графиков переходных характеристик состоянию САУ</i></p>		<p><i>на границе устойчивости</i></p> <p><i>устойчивая</i></p> <p><i>неустойчивая</i></p>
<p><i>Главный определитель Гурвица для характеристического уравнения</i>  <math>a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0 = 0</math></p>	$\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_2 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_1 & a_2 \\ 0 & 0 & a_0 \end{vmatrix};$ $\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_3 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & a_2 \\ 0 & 0 & a_1 \end{vmatrix};$ $\Delta_3 = \begin{vmatrix} a_1 & 0 & 0 \\ a_1 & a_2 & 0 \\ 0 & 0 & a_3 \end{vmatrix};$	
<p><i>Формулировка критерия Найквиста для статических минимально-фазовых САУ</i></p>	<p><i>для устойчивости замкнутой линейной стационарной минимально-фазовой системы необходимо и достаточно, чтобы АФЧХ разомкнутой системы не охватывала точку с координатами <math>-1; j0</math></i></p> <p><i>для устойчивости замкнутой линейной стационарной минимально-фазовой системы необходимо и достаточно, чтобы АФЧХ разомкнутой системы охватывала точку с</i></p>	



	<p>координатами <math>-1; j0</math></p> <p>для устойчивости замкнутой линейной стационарной минимально-фазовой системы необходимо и достаточно, чтобы АФЧХ разомкнутой системы не охватывала точку с координатами <math>+1; j0</math></p>
<p>Формулировка критерия Найквиста для минимально-фазовых САУ применительно к ЛЧХ</p>	<p>для устойчивости минимально-фазовой системы необходимо и достаточно, чтобы частота <math>\omega_\pi</math> была меньше частоты <math>\omega_c</math></p> <p>для устойчивости минимально-фазовой системы необходимо и достаточно, чтобы частота <math>\omega_\pi</math> была больше частоты <math>\omega_c</math></p> <p>для устойчивости минимально-фазовой системы необходимо и достаточно, чтобы частота <math>\omega_\pi</math> была равна частоте <math>\omega_c</math></p>
	<p>характеризует момент окончания переходного процесса, который соответствует ограничению <math> h(t) - h_{уст}  \leq \Delta = 0,05h_{уст}</math></p> <p>характеризует момент окончания переходного процесса, который соответствует ограничению <math> h(t) - h_{уст}  = 0</math></p> <p>определяется в точке первого пересечения переходной характеристики <math>h(t)</math> и ее установившегося значения <math>h_{уст}</math></p>
<p>Определите время нарастания САУ по переходной характеристике</p> 	
<p>Определите время регулирования САУ по переходной характеристике</p> 	
<p>Определите перерегулирование САУ по переходной характеристике</p> 	

<p>Ошибка САУ без интегрирующих звеньев при обработке постоянного задающего воздействия равна</p> 	
<p>Для обеспечения требуемого запаса устойчивости среднечастотный участок ЛАЧХ должен отвечать следующим требованиям</p> 	<p>ЛАЧХ вблизи частоты среза <math>\omega_c</math> должна иметь наклон <math>-20</math> дБ/дек</p> <p>АЧХ вблизи частоты среза должна иметь наклон <math>-20</math> дБ/дек., протяженность этого участка должна быть не меньше декады, т.е. <math>\frac{\omega_3}{\omega_2} \geq 10</math> и отношение частот <math>2 \leq \frac{\omega_3}{\omega_c} \leq 4</math></p> <p>ЛАЧХ вблизи частоты среза должна иметь наклон <math>-40</math> дБ/дек., протяженность этого участка должна быть не меньше декады, т.е. <math>\frac{\omega_3}{\omega_2} \geq 10</math> и отношение частот <math>2 \leq \frac{\omega_3}{\omega_c} \leq 4</math></p>
<p>Запишите значение перерегулирования для контура, настроенного на оптимум по модулю</p>	
<p>Запишите значение перерегулирования для контура, настроенного на симметричный оптимум</p>	
<p>Запишите значение запаса устойчивости по фазе для контура, настроенного на оптимум по модулю</p>	
<p>Запишите значение запаса устойчивости по фазе для контура, настроенного на симметричный оптимум</p>	

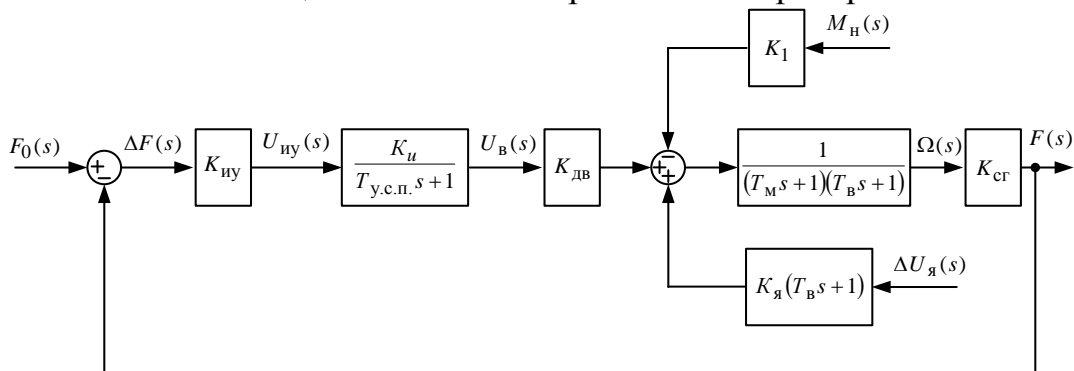
### Вопросы к комплексному заданию ТКЗ

1. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица
2. Критерий устойчивости Найквиста для статических САУ
3. Критерий устойчивости Найквиста для астатических САУ
4. Особенности применения критерия Найквиста для неминимально-фазовых систем
5. Показатели качества переходного процесса
6. Расчет установившихся ошибок статических САУ

7. Расчет установившихся ошибок астатических САУ
8. Методы повышения точности систем в установившемся режиме
9. Методы коррекции динамических свойств систем
10. Интегрирующий RC-контур первого порядка
11. Дифференцирующий RC-контур первого порядка
12. Коррекция динамических свойств системы с помощью ПКУ
13. Коррекция динамических свойств системы с помощью ОС
14. Методика синтеза корректирующих устройств
15. Стандартные настройки и их применение

Типовые задачи:

1. На основании критерия Рауса-Гурвица получить условия устойчивости системы стабилизации частоты синхронного генератора.



Исходные данные:  $K_{иу} = 5$  В/Гц;  $K_u = 4,22$ ;  $T_{у.с.п.} = 0,0125$  с;  $K_{дв} = 1,706$  рад/В·с;  $T_M = 0,4$  с;  $T_B = 0,02$  с;  $K_{сг} = 0,48$  Гц·с/рад;  $K_1 = 10$  1/Н·м·с;  $K_я = 227$  рад/В·с;  $M_H = 0,2$  Н·м;  $f_0 = 500$

2. Определить критический коэффициент передачи стабилизации частоты синхронного генератора.  $K_{кр}$  из условия нахождения системы на колебательной границе устойчивости и провести её моделирование.
3. На основании критерия устойчивости Найквиста оценить устойчивость ССЧСГ с помощью АФЧХ.
4. На основании критерия устойчивости Найквиста оценить устойчивость САУ по АФЧХ, если передаточная функция разомкнутой системы имеет вид

$$W(s) = \frac{3(0,2s + 1)(0,1s + 1)}{(0,25s - 1)(0,5s - 1)}$$

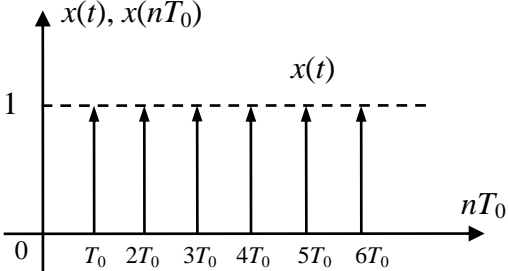
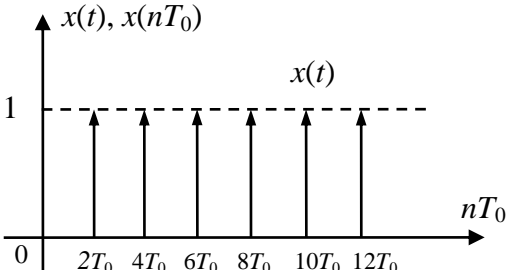
5. На основании критерия устойчивости Найквиста оценить устойчивость САУ по ЛЧХ, если передаточная функция разомкнутой системы имеет вид

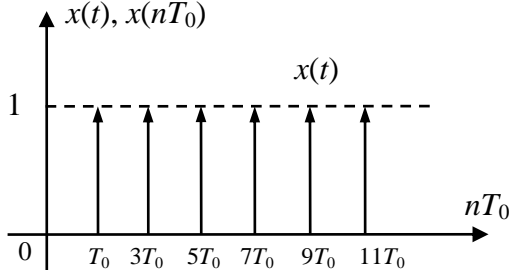
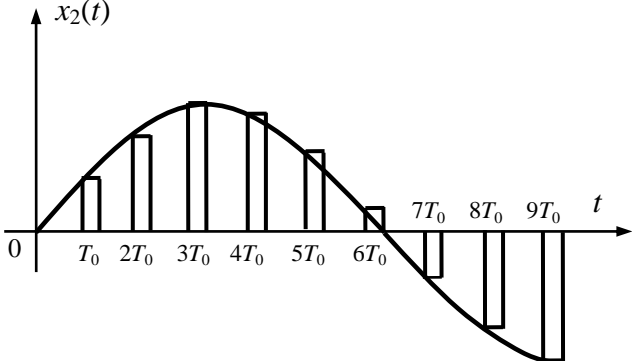
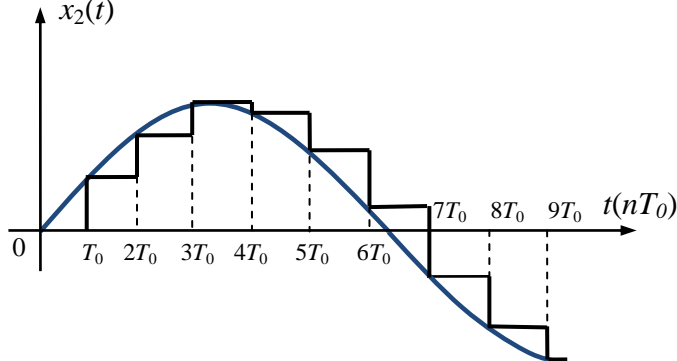
$$W(s) = \frac{300(0,2s + 1)(0,1s + 1)}{s^2(0,25s - 1)}$$

6. Определить суммарную статическую ошибку системы стабилизации частоты синхронного генератора расчетным методом.
7. Определить суммарную статическую ошибку системы стабилизации частоты синхронного генератора моделированием с применением Matlab-Simulink.
8. Синтезировать корректирующее устройство для системы стабилизации частоты синхронного генератора с использованием метода ЛЧХ.
9. Синтезировать регулятор частоты (РЧ), обеспечивающий настройку ССЧСГ на ОМ.
10. Синтезировать регулятор частоты (РЧ), обеспечивающий настройку ССЧСГ на СО.

**Для текущего контроля ТК4:**

Проверяемая компетенция: ПК-1 Способен применять методы выработки, передачи, распределения и преобразования электрической энергии, понимать закономерности функционирования электротехнологического оборудования, электрических сетей и энергосистем. ПК-1.4 Разбирается в принципах построения систем автоматического управления, закономерностях переходных процессов, протекающих в электроэнергетических системах, методах их анализа и синтеза

Вопрос	Варианты ответа
<p>Дискретной называется САУ, в которой</p>	все элементы являются дискретными
	имеется хотя бы один элемент, преобразующий непрерывный сигнал в дискретный
	большинство элементов являются дискретными
<p>Графическое представление единичной решетчатой функции</p>	
	

		
<p>Дискретное преобразование Лапласа выполняется по формуле</p>	$X(s) = L[x(t)] = \int_0^{\infty} x(t)e^{-st} dt$	
	$X^*(s) = D[x(nT_0)] = \sum_{n=0}^{\infty} x(nT_0)e^{-snT_0}$	
	$X^*(s) = \sum_{n=0}^{\infty} x(nT_0)e^{snT_0}$	
<p>Установите соответствие графиков выходных сигналов названию устройств</p>		<p>фиксатор нулевого порядка</p>
		<p>экстраполятор нулевого порядка</p>

<p>Установите соответствие графиков, поясняющих способы квантования их названиям</p>		квантование по уровню
		квантование по времени
		квантование по уровню и времени

### Вопросы к комплексному заданию ТК4

1. Общие понятия и определения теории дискретных САУ
2. Квантование по уровню
3. Квантование по времени
4. Квантование по времени и уровню
5. Решетчатая функция
6. Линейные разностные уравнения с постоянными коэффициентами
7. Дискретное преобразование Лапласа
8. Математическое описание процессов в дискретных элементах
9. Структурно-динамическая схема и дискретные передаточные функции цифровой САУ
10. Необходимое и достаточное условие устойчивости дискретной САУ
11. Особенности анализа устойчивости линейных дискретных стационарных систем
12. Особенности анализа качества линейных дискретных стационарных систем

**Для промежуточной аттестации:**

## Примеры экзаменационных билетов

### Билет 1

1. Тест
1. Принципы автоматического управления.
2. Построить переходную характеристику САУ с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{5}{(0,4s + 1)(0,04s + 1)}$$

и оценить показатели качества переходного процесса и запасы устойчивости.

### Билет 2

1. Тест.
2. Разомкнутые и замкнутые САУ.
3. Построить переходную характеристику и ЛЧХ системы с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{20}{1,8 \cdot 10^{-6} s^3 + 0,00189s^2 + 0,1s + 1}$$

и оценить показатели качества переходного процесса и запасы устойчивости.

### Билет 3

1. Тест.
2. Линейные законы управления.
3. Построить переходную характеристику и ЛЧХ системы с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{5}{0,0012s^2 + 0,003s + 1}$$

### Билет 4

1. Тест.
2. Классификация систем автоматического управления.
3. Построить переходную характеристику и ЛЧХ системы с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{15}{0,0006s^2 + 0,003s + 1}$$

и оценить показатели качества переходного процесса и запасы устойчивости.

### Билет 5

1. Тест.
2. Стандартная форма представления дифференциальных уравнений.

3. Построить переходную характеристику и ЛЧХ системы с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{5}{0,016s^2 + 1}$$

и оценить показатели качества переходного процесса и запасы устойчивости.

#### Билет 6

1. Тест.

2. Форма представления дифференциальных уравнений в виде частотных передаточных функций.

3. Построить переходную характеристику и ЛЧХ системы с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{0,5s}{0,000001s + 1}$$

и оценить показатели качества переходного процесса и запасы устойчивости.

#### Билет 7

1. Тест.

2. Логарифмические частотные характеристики.

3. Построить переходную характеристику и ЛЧХ системы с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{0,25s}{1}$$

и оценить показатели качества переходного процесса и запасы устойчивости.

#### Билет 8

1. Тест.

2. Дифференцирующий RC-контур второго порядка.

3. Построить переходную характеристику и ЛЧХ системы с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{4,73s^4 + 702,7s^3 + 5,219 \cdot 10^{-4}s^2 + 7,594 \cdot 10^{-2}s}{0,1454s^4 + 85,36s^3 + 2,558s^2 + 1,258s}$$

и оценить показатели качества переходного процесса и запасы устойчивости.

#### Билет 9

1. Тест.

2. Стандартные настройки и их применение.

3. Построить переходную характеристику и ЛЧХ системы с передаточной функцией



$$W(s) = \frac{0,6 s^4 + 80 s^3 + 6000 s^2 + 8600 s}{0,07 s^4 + 42 s^3 + 1200 s^2}$$

и оценить показатели качества переходного процесса и запасы устойчивости.

Билет 10

1. Тест.
2. Пассивные корректирующие устройства.
2. Построить переходную характеристику и ЛЧХ системы с передаточной функцией

$$W(s) = \frac{0.22s}{0,000009s + 1}$$

и оценить показатели качества переходного процесса и запасы устойчивости.

*Перечень вопросов*

### **Раздел 1. Введение. Принципы построения САУ. Представление математических моделей элементов САУ**

1. Принципы автоматического управления
2. Разомкнутые и замкнутые САУ
3. Линейные законы управления
4. Классификация систем автоматического управления
5. Формы представления дифференциальных уравнений
6. Общая форма представления дифференциальных уравнений
7. Стандартная форма представления дифференциальных уравнений
8. Форма представления дифференциальных уравнений в виде передаточных функций
9. Форма представления дифференциальных уравнений в виде частотных передаточных функций
10. Амплитудно-фазо-частотная характеристика
11. Логарифмические частотные характеристики
12. Типовые входные воздействия
13. Переходная функция
14. Импульсная переходная функция
15. Виды переходных функций

### **Раздел 2. Динамические звенья и передаточные функции структурных схем САУ**

16. Типовые динамические звенья
17. Безынерционное (пропорциональное) звено
18. Интегрирующее звено

16. Апериодическое звено первого порядка (инерционное звено)
17. Колебательное звено
18. Апериодическое звено второго порядка
19. Консервативное звено
20. Идеальное дифференцирующее звено
21. Реальное дифференцирующее звено (дифференцирующее звено с замедлением)
22. Форсирующее звено первого порядка
23. Звено запаздывания
24. Минимально-фазовые и неминимально-фазовые динамические звенья
25. Структурные схемы и передаточные функции систем автоматического управления
26. Правила преобразования структурных схем САУ
27. Передаточная функция разомкнутой САУ
28. Передаточная функция замкнутой САУ по выходной координате относительно задающего воздействия
29. Передаточная функция замкнутой САУ по выходной координате относительно возмущающего воздействия
30. Передаточная функция замкнутой САУ по ошибке (отклонению) относительно задающего воздействия
31. Передаточная функция замкнутой САУ по ошибке (отклонению) относительно возмущающего воздействия

### **Раздел 3. Устойчивость и качество САУ. Синтез САУ**

32. Устойчивость непрерывных линейных систем автоматического регулирования
33. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица
34. Критерий устойчивости Найквиста для статических САУ
35. Критерий устойчивости Найквиста для астатических САУ
36. Особенности применения критерия Найквиста для неминимально-фазовых систем
37. Показатели качества переходного процесса
38. Оценка качества регулирования в установившемся режиме. Теорема о конечном значении
39. Расчет установившихся ошибок статических САУ
40. Расчет установившихся ошибок астатических САУ
41. Методы повышения точности систем в установившемся режиме
42. Методы коррекции динамических свойств систем
43. Пассивные корректирующие устройства
44. Интегрирующий RC-контур первого порядка
45. Дифференцирующий RC-контур первого порядка
46. Интегрирующий RC-контур второго порядка
47. Дифференцирующий RC-контур второго порядка
48. Коррекция динамических свойств системы с помощью ПКУ
49. Коррекция динамических свойств системы с помощью ОС

50. Общие сведения о синтезе САУ и синтезе корректирующих устройств
51. Методика синтеза корректирующих устройств
52. Стандартные настройки и их применение
53. Настройка на оптимум по модулю
54. Настройка на симметричный оптимум

#### **Раздел 4. Дискретные САУ**

55. Общие понятия и определения теории дискретных САУ
56. Квантование по уровню
57. Квантование по времени
58. Квантование по времени и уровню
59. Решетчатая функция
60. Линейные разностные уравнения с постоянными коэффициентами
61. Дискретное преобразование Лапласа
62. Математическое описание процессов в дискретных элементах
63. Структурно-динамическая схема и дискретные передаточные функции цифровой САУ
64. Необходимое и достаточное условие устойчивости дискретной САУ
65. Особенности анализа устойчивости линейных дискретных стационарных систем
66. Особенности анализа качества линейных дискретных стационарных систем