МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра радиотехнических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
_____ И.С. Огнев
(подпись)

«17» мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Цифровые следящие системы»

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)
Телекоммуникационные системы и технологии

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «13» апреля 2022 года, протокол № 8

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Цифровые следящие системы» являются изучение принципов построения, функциональных и структурных схем цифровых следящих систем различного назначения; освоение математических методов анализа качества систем, в том числе устойчивости, анализа процессов при детерминированных и случайных воздействиях.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Цифровые следящие системы» относится к дисциплинам по выбору блока Б1 (Б1.В.ДВ.02.01).

Для освоения данной дисциплиной студенты должны владеть математическим аппаратом дифференциального исчисления, уметь решать основные типы дифференциальных уравнений, знать основы теории функций комплексного переменного. В процессе изучения курса «Цифровые следящие системы» используются знания, полученные при изучении дисциплин "Теория функции комплексного переменного", "Численные методы и математическое моделирование" и модуля "Электроника".

Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины "Цифровые следящие системы", будут востребованы при изучении других дисциплин блока Б1, при выполнении курсовых и выпускных работ, а также для продолжения обучения в магистратуре по направлению Радиофизика.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесённые с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	**Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)**	**Перечень планируемых результатов обучения**
Профессиональные компетенции		
ПК-1 Способен осуществлять сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач в области радиофизики, осуществлять поиск, анализ и выбор методов их решения.	ИД_ПК-1.1 Осуществляет сбор и обработку исходных данных для решения поставленных профессиональных задач.	Знать базовые принципы построения, функционирования, эксплуатации следящих систем; принципы расчёта характеристик следящих систем. Уметь формулировать основные технические требования к следящим системам; прогнозировать значения основных характеристик следящих систем; анализировать основные процессы, связанные с разработкой систем;
	ИД_ПК-1.2 Проводит анализ и обоснованный выбор методов решения профессиональных задач в области радиофизики.	Владеть навыками компьютерного моделирования систем и процессов с использованием пакетов прикладных программ; разработки следящих систем с использованием современных САПР.

4. Объём, структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **2** зачёт. ед., **72** акад. час.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоёмкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)* Формы ЭО и ДОТ *(при наличии)*
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение в дисциплину. Основные понятия и определения. Принципы построения следящих систем (ЦСС).	7	1						
2	Классификация ЦСС. Элементы ЦСС.	7	1						
3	Модели ЦСС.Методы анализа. Квазилинейные и квазинепрерывные модели ЦСС.	7	1						
4	Дискриминаторы цифровых следящих систем.	7	1						
5	Обобщенная структурная схема квазинепрерывной модели. Передаточные функции. Частотные характеристики.	7	2		2			2	Задания для самостоятельной работы Самостоятельная работа №1
6	Качество работы системы в переходном режиме. Показатели качества. Устойчивость.	7	2		2			2	Задания для самостоятельной работы Защита лаб.работы №1 Самостоятельная работа №2
7	Качество работы системы в установившемся режиме. Динамические и флуктуационные ошибки.	7	2					2	Задания для самостоятельной работы Самостоятельная работа №3
8	Сравнительный анализ типовых систем по показателям качества и основным характеристикам.	7	2					3	Задания для самостоятельной работы

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоёмкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)* Формы ЭО и ДОТ *(при наличии)*
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
9	Коррекция систем слежения. Синтез систем по заданной передаточной функции.	7	2		2	1		2,7	Задания для самостоятельной работы Защита лаб.работы №2
10	Нелинейные режимы СС. Срыв слежения. Анализ с помощью теории марковских процессов.	7	2			1		2	Самостоятельная работа №4
11	Проектирование цифровых следящих систем. Внешнее и внутреннее проектирование.	7			2			2	Самостоятельная работа №5
12	Расчёт характеристик систем автоматического сопровождения по дальности, скорости, угловым координатам моноимпульсной РЛС.	7			8	1		3	Защита лаб.работы №2
13	Расчёт характеристик систем слежения по задержке, частоте, фазе сигнала ГЛОНАСС.	7			8	1		3	Контрольная работа Самостоятельная работа №6
14	Проектирование следящих систем на основе ЦСП и ПЛИС.	7			8	1		3	Защита лаб.работы №2
	Аттестация промежуточная						0,3		Зачёт
	ИТОГО		**17**		**34**	**5**	**0,3**	**15,7**	

Содержание разделов дисциплины

1. Введение в дисциплину. Общие понятия и определения. Принципы построения следящих систем (СС).
2. Основные характеристики СС. Классификация СС. Цифровые следящие системы (ЦСС). Элементы ЦСС. Примеры ЦСС за радиосигналами и видеосигналами.
3. Модели ЦСС. Методы анализа. Квазилинейные и квазинепрерывные модели ЦСС. Эквивалентные характеристики. Квазилинейные типовые астатические модели.

4. Дискриминаторы цифровых следящих систем. Дискриминационные и флуктуационные характеристики.
5. Обобщённая структурная схема квазинепрерывной модели. Передаточная функция разомкнутой системы. Передаточная функция замкнутой системы по выходной величине. Передаточная функция замкнутой системы по ошибке. Частотные свойства следящей системы по выходной величине и по ошибке. Частотные характеристики в полулогарифмическом масштабе.
6. Оценка качества работы системы в переходном режиме. Показатели качества: длительность переходных процессов, величина перерегулирования. Интегральный квадратичный критерий качества. Устойчивость в «большом» и «малом». Частотный критерий устойчивости. Запас устойчивости по фазе, запас устойчивости по усилению. Связь показателей качества с эквивалентной шумовой полосой.
7. Оценка качества работы системы в установившемся режиме. Детерминированные и случайные воздействия. Динамические и флуктуационные ошибки. Коэффициенты ошибок. Связь ошибок с эквивалентной шумовой полосой. Параметрическая оптимизация в условия случайных задающего и возмущающего воздействий.
8. Сравнительный анализ типовых систем по показателям качества в условиях детерминированных и случайных воздействий.
9. Коррекция систем слежения. Связь показателей качества в переходном и установившемся режимах с параметрами частотных характеристик. Синтез системы слежения по заданной передаточной функции.
10. Нелинейные режимы СС. Методы анализа. Срыв слежения. Анализ с помощью теории марковских процессов. Вероятность и частота срыва. Среднее время до первого срыва.
11. Проектирование цифровых следящих систем. Внешнее проектирование, внутреннее проектирование. Примеры расчетов различных типовых систем.
12. Расчет характеристик систем автоматического сопровождения по дальности(АСД), скорости (АСС), угловым координатам (АСН) моноимпульсной РЛС.
13. Расчет характеристик систем слежения по задержке, частоте, фазе спутникового навигационного сигнала ГЛОНАСС.
14. Проектирование следящих систем на основе ЦСП и ПЛИС. Достижимые характеристики.

Список лабораторных работ

1. Исследование аналоговой системы фазовой синхронизации 1-го порядка.
2. Исследование типовых звеньев автоматических систем.
3. Исследование аналоговой системы фазовой синхронизации 2-го порядка.
4. Исследование цифровых систем фазовой синхронизации 1-го и 2-го порядка.
5. Исследование цифровой системы фазовой синхронизации с квадратурным детектором.

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – даёт первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Даётся краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках

данной дисциплины, а также даётся анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция(или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, чёткая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Лабораторное занятие - занятие посвящённое выполнению лабораторных работ по программе курса "Цифровые следящие системы". Учебный процесс организован на базе лаборатории кафедры радиотехнических систем. Каждая лабораторная работа обеспечена макетом для исследования, комплектом методических указаний по выполнению работ, комплектом приборов для проведения практических измерений. Задания и исследования компьютерных моделей выполняются на базе кафедры. Теоретические знания преподаются традиционно: доска, мел, тряпка. Контроль выполнения работ осуществляется поэтапно.

Консультация – занятие, посвящённое консультациям по организации самостоятельной работы, ответам на вопросы студентов или разбору трудных тем.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

– для формирования текстов материалов для промежуточной и текущей аттестации – MicrosoftOffice;

– для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ– Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине *(при необходимости)*

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:
Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» *(при необходимости)*, рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Перов А. И. Радиоавтоматика: учебник для вузов. / А. И. Перов, В. Н. Замолодчиков, В. М. Чиликин; УМО вузов по унив. политехническому образованию - М.: Радиотехника, 2014. - 318 с.
2. Казаков Л. Н. Статистический анализ цифровых систем радиоавтоматики: учеб. пособие. / Л. Н. Казаков, А. Б. Силантьев; Яросл. высш. зенитное ракетное училище противоздушной обороны; Военно-воздушная академия - Ярославль: Б.и., 2009. - 164 с.

б) дополнительная литература

1. Цифровые системы фазовой синхронизации. / [М. И. Жодзишский, С. Ю. Сила-Новицкий, В. А. Прасолов, П. П. Загнетов, В. Н. Белых, В. П. Максаков]; под ред. М. И. Жодзишского - М.: Советское радио, 1980. - 208 с.
2. Бесекерский В. А. Теория систем автоматического регулирования. / В.А.Бесекерский,Е.П.Попов - 3-е изд.,испр. - М.: Наука, 1975. - 767с.

3. Казаков Л. Н. Цифровая система фазовой синхронизации с измерителем фазы на входе [Электронный ресурс]: Метод. указания. / Л. Н. Казаков; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова - Ярославль: ЯрГУ, 1998. - 26 с. http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/19980701.pdf
4. Казаков Л. Н. Цифровая система фазовой синхронизации с квадратурным преобразователем на входе [Электронный ресурс]: Метод. указания. / Л. Н. Казаков, М. В. Башмаков; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова - Ярославль: ЯрГУ, 1998. - 26 с.
5. http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/19980702.pdf

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения лекционных занятий и практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Число посадочных мест в аудитории для практических занятий (семинаров) больше либо равно списочному составу группы обучающихся.

Число посадочных мест в аудитории для лабораторных работ больше либо равно половине списочного состава группы обучающихся. (Для проведения лабораторных работ группа обучающихся делится на две подгруппы).

Учебно-методическое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав:

а) Профессиональные базы данных:

1. Портал научной электронной библиотеки - http://elibrary.ru/defaultx.asp
2. Федеральная университетская компьютерная сеть России - http://www.runnet.ru/

б) Информационные справочные правовые системы:

1. СПС «Консультант-плюс» - http://www.consultant.ru/
2. СПС «Гарант» - http://www.garant.ru/

Автор(ы):

Заведующий кафедрой РТС, д.т.н., профессор Л.Н. Казаков

Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины
«Цифровые следящие системы»
наименование дисциплины

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля успеваемости
и промежуточной аттестации студентов
по дисциплине

Заданиядля самостоятельной работы

Задание по теме №5
Задание5.1.
Постройте график ЛАХ для системы с коэффициентом передачи

1. $W(p) = k\frac{(1+T_3p)}{(1+T_1p)(1+T_2p)}; T_1 > T_2 > T_3$

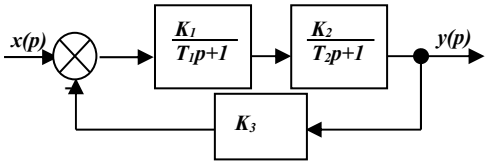
2. $W(p) = k\frac{(1+T_3p)}{(1+T_1p)(1+T_2p)}; T_1 > T_3 > T_2$

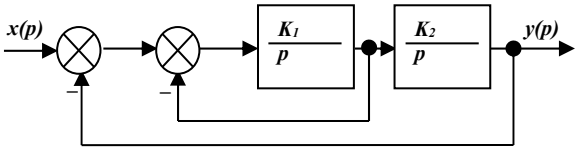
3. $W(p) = k\frac{(1+T_3p)}{(1+T_1p)(1+T_2p)}; T_3 > T_2 > T_1$

4. $W(p) = k\frac{(1+T_2p)}{p(1+T_1p)}; T_1 > T_2$

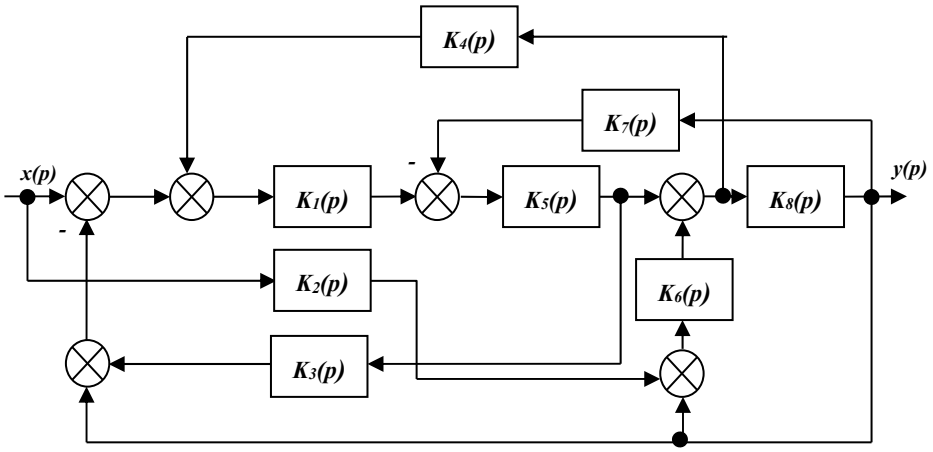
5. $W(p) = k\frac{(1+T_2p)}{p(1+T_1p)}; T_2 > T_1$

Задание 5.2.
Выполнить структурные преобразования для линейных систем автоматического регулирования и привести их к расчетному виду.



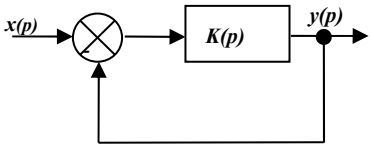


Задание 5.3.
Выполнить структурные преобразования для линейных систем автоматического регулирования и привести их к расчетному виду.



в

Задания по теме № 6. Оценка устойчивости.
Устойчивость САУ. Алгебраические, частотные критерии. Критерии Михайлова, Найквиста.
Задание 6.1.
Исследовать устойчивость системы, пользуясь критерием устойчивости Гурвица.



Задание	*K(p)*	Задание	*K(p)*
1	$10/p^2$	6	100(p+1)/p(4p+1)
2	$5/p^2(2p+1)$	7	5(2p+1)/p(0.5p+1)
3	2(p+1)/	8	10/(p+1)/p
4	10p(p+1)/p(2p+1)	9	5/(p+1)(p+2)
5	5(4p+1)/p(p+1)	10	(5+p)/(p+1)(p+2)

Задания по теме № 6. Оценка качества работы систем автоматического управления.
Задание 6.2.
Найти интегральный квадратичный критерий качества переходного процесса в системе управления антенной.
Передаточная функция разомкнутой системы

$$K(p) = \frac{K}{p(1 + K + pT)}$$

Задания по теме № 7. Показатели качества работы систем автоматического управления.
Задание 7.1.

Требуется определить порядок астатизма системы по отношению к задающему сигналу *x(t)* и возмущению *v(t)* и вычислить ошибку системы в установившемся режиме (по общей формуле и через коэффициенты ошибок). Задан коэффициент передачи разомкнутой системы и входное воздействие.

Задание	*K(p)*	*x(t)*	*v(t)*	Задание	*K(p)*	*x(t)*	*v(t)*
1	$\frac{2p}{p+1}$	5·1(t)	0,5t	6	$\frac{5(2p+1)}{p^2}$	-4t	2·1(t)
2	$\frac{5p}{p+1}$	2·1(t)	0,2t	7	$\frac{(p+2)}{p^2}$	4t	-2·1(t)
3	$\frac{2p+1}{p+1}$	1,5·1(t)	0,2t	8	$\frac{2p+3}{p}$	$0{,}5t^2$	2t
4	$\frac{2}{p}$	2·1(t)	0,2·1(t)	9	$\frac{7}{p^2}$	5t	0,4·1(t)
5	$\frac{4}{2p+1}$	5·1(t)	0,5·1(t)	10	$\frac{5(2p^2+1)}{p^2}$	t^2	0

Задания по теме № 7. Коэффициенты передачи систем автоматического управления.
Задание 7.2.
Для системы автоматического регулирования известен коэффициент передачи замкнутой системы *W(p)=K(p)*. Необходимо вычислить коэффициент передачи системы по ошибке.

Задание	*K(p)*	Задание	*K(p)*
1	$\frac{10}{p^2}$	6	$\frac{100(p+1)}{p(p+3)}$
2	$\frac{5}{p^2(p+1)}$	7	$\frac{5(2p+3)}{3p^2}$
3	$\frac{2p(p+1)}{p^2}$	8	$\frac{p+3}{p^2(p+2)}$
4	$\frac{10(p+1)}{p(2p+1)}$	9	$\frac{p^2}{(p+2)(p+3)}$
5	$\frac{5p}{p+1}$	10	$\frac{7}{(p+1)(p+2)}$

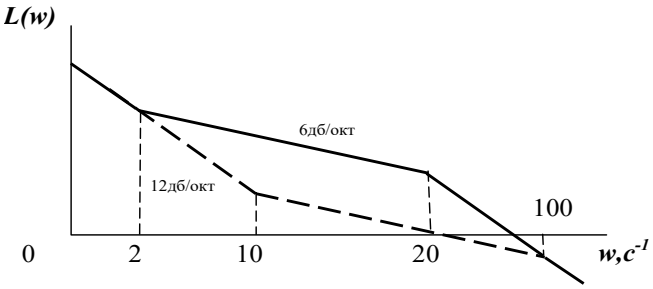
Задания по теме № 8. Характеристики воздействий и случайные ошибки систем автоматического управления.
Задание 8.1.
Задана передаточная функция разомкнутой системы $W_r(p)$.
Требуется определить эквивалентную шумовую полосу замкнутой системы.

Задание	$W_r(p)$	Задание	$W_r(p)$

1	$W_r(p) = \frac{1}{2p+1}$	16	$W_r(p) = \frac{p^2+p+10}{12p^2+4p}$
2	$W_r(p) = \frac{p}{0.1p+1}$	17	$W_r(p) = \frac{p^2+p+10}{8p^2+3p}$
3	$W_r(p) = \frac{0.1p+1}{0.2p+1}$	18	$W_r(p) = \frac{2p}{7p^3+p+12}$
4	$W_r(p) = \frac{p}{4p+7}$	19	$W_r(p) = \frac{p-2}{4p^2+5}$
5	$W_r(p) = \frac{5}{(p+10)(p+5)}$	20	$W_r(p) = \frac{p(4p+1)}{12p^2+p+2}$

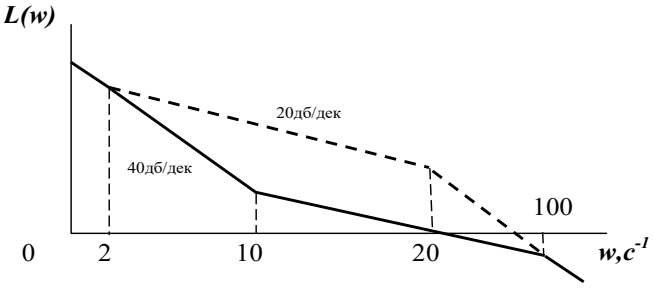
Задания по темам № 9. Коррекция коэффициента передачи систем автоматического управления. Синтез систем автоматического управления.

Задание 9.1.



Определите передаточную функцию корректирующего устройства, если желаемая ЛАХ (пунктиром) и ЛАХ исходной некорректированной системы (сплошной график) САУ имеют вид, приведенный на рисунке

Задание 9.2.



Определите передаточную функцию корректирующего устройства, если желаемая ЛАХ (пунктиром) и ЛАХ исходной некорректированной системы (сплошной график) САУ имеют вид, приведенный на рисунке

Задание 9.3.

Пусть на вход интегрирующего звена с передаточной функцией $W(p)=k/p$ действует белый шум с корреляционной функцией $B(\tau)=N_0\delta(\tau)$. Необходимо определить дисперсию выходного сигнала.

Самостоятельная работа № 1

Задание

Постройте логарифмические амплитудные характеристики звеньев с коэффициентами передачи

$$K(p) = \frac{K_0}{p(1+T_1 p)} \quad ;$$

$$K(p) = \frac{K_0\,(1+T_1 p)}{(1+T_2 p)} \;;\; T2 > T1$$

Самостоятельная работа № 2

Задание

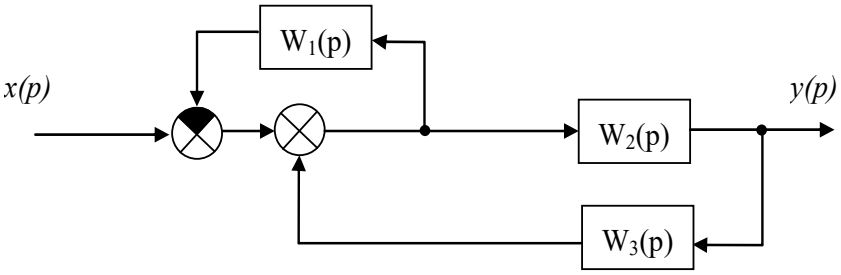
Постройте логарифмические амплитудные характеристики звеньев с коэффициентами передачи

$$K(p) = K_0 \frac{(1+T_2 p)(1+T_5 p)}{p(1+T_1 p)(1+T_3 p)\,(1+T_4 p)} \;;\; T1>T2>T3>T4>T5$$

Самостоятельная работа № 3

Задание

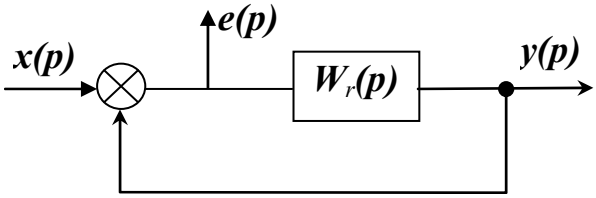
Найдите передаточную функцию системы $W_{xy}(p)$



Самостоятельная работа № 4

Задание

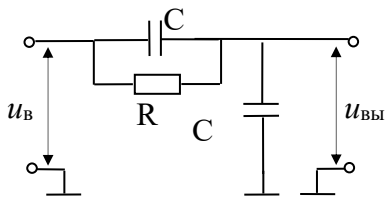
Определить передаточную функцию по ошибке $e(p)/x(p)=W_e(p)$ системы с обратной связью, если передаточная функция разомкнутой системы имеет вид



$$W_r(p) = \frac{5(p+1)}{(2+p)(1+3p)};$$

Самостоятельная работа № 5

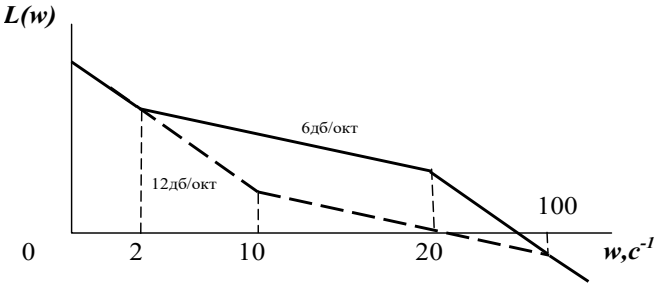
Задание



Найдите коэффициент передачи звена.
Постройте для полученной передаточной функции логарифмические амплитудную и фазовую характеристики

Самостоятельная работа № 6

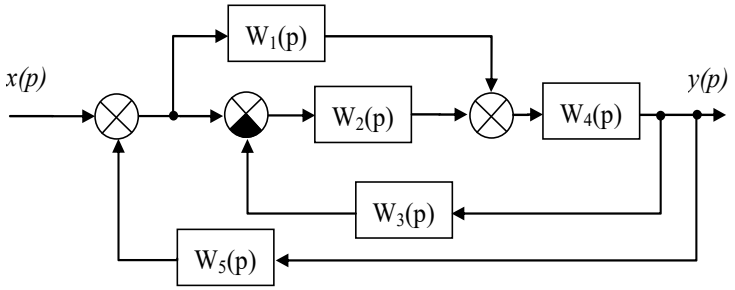
Задание



Определите передаточную функцию корректирующего устройства, если желаемая ЛАХ (пунктиром) и ЛАХ исходной некорректированной системы (сплошной график) САУ имеют вид, приведенный на рисунке

Контрольная работа № 1

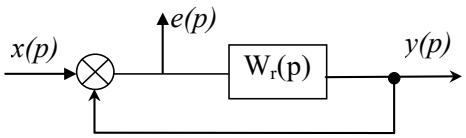
1. Найдите коэффициент передачи системы $W_{xy}(p)=y(p)/x(p)$



2. Постройте логарифмические амплитудные характеристики звена с коэффициентом передачи

$$K(p) = K_0 \frac{(1+T_1 p)\,(1+T_2 p)}{(1+T_3 p)\,(1+T_4 p)}\ ;\ T2>T3>T4>T1$$

3. Для системы с обратной связью



a) Определите передаточную функцию по ошибке $e(p)/x(p)=W_e(p)$, если передаточная функция разомкнутой системы имеет вид

$$W_r(p)=\frac{10(1+5p)}{(1+0.1p)(1+3p)};$$

b) Определите передаточную функцию $y(p)/x(p)=W(p)$ всей системы, если передаточная функция по ошибке замкнутой системы имеет вид

$$W_e(p)=\frac{p(2+p)}{2p(1+0.5p)+4(1+2p)};$$

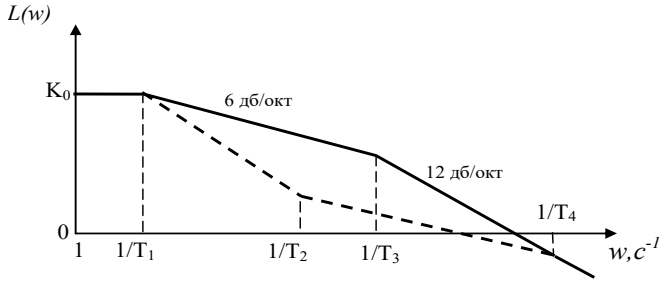
4. Определите порядок астатизма системы с обратной связью, если передаточная функция разомкнутой системы имеет вид

$$W_r(p)=\frac{10(1+0.2p+7p^2)p}{p^3(1+0.1p)(1+10p)}$$

Найдите реакцию замкнутой системы на входное воздействие вида

$x(t)=a_0 - a_1t$

5. Определить передаточную функцию корректирующего устройства, если желаемая ЛАХ(пунктир) и ЛАХ исходной (сплошная линия) САУ имеют вид, приведенный на рисунке



Критерии оценивания решения задач в рамках заданий для самостоятельной работы, самостоятельных работ №1-6 и контрольной работы №1

Показатели	Критерии
Понимание условия задачи	– Краткая запись условия. – Использование физической символики. – Запись единиц измерения и перевод их в СИ – Хорошее оформление работы, четкие рисунки и чертежи. – Нахождение и запись необходимых табличных и дополнительных данных.
План решения задачи	– Обоснование выбора физических формул для решения. – Рациональный способ решения – Запись формул
Осуществление решения	– Вывод расчетных(ой) формул(ы), решение задачи в общем виде – Математические операции с единицами измерения физических величин, вычисления
Правильность	– Краткое объяснение решения.

Показатели	Критерии
решения задачи	– Анализ полученных результатов

Шкала оценивания:
0 баллов – полное отсутствие критерия;
1 балл – частичное выполнение критерия;
2 балла – полное выполнение критерия

Суммируются баллы за каждую задачу.

Оценка проставляется по количеству набранных баллов:
менее 60% от максимально возможного количества баллов - неудовлетворительно,
60-75% от максимально возможного количества баллов - удовлетворительно,
76-85% от максимально возможного количества баллов - хорошо,
86-100% от максимально возможного количества баллов – отлично.

Защита лабораторных работ

Перед выполнением лабораторных работ необходимо сдать теоретический минимум – ответить кратко, но верно на вопросы из списка вопросов к зачёту, относящиеся к теме данной работы.

В ходе защиты лабораторной работы необходимо обосновать адекватность результатов, а также ответить на типичные вопросы и вопросы по теме.

Критерии оценивания ответов на вопросы при допуске и защите лабораторных работ

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Ответы на вопросы при допуске и защите	Правильные ответы на большинство вопросов, однако, излишне краткие или с ошибками в терминологии.	Полные ответы практически на все вопросы с незначительными недостатками и некоторой нехваткой терминологической лексики	Развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.

Критерии оценивания выполнения и защиты лабораторных работ

Выполнение работы оценивается бинарно («зачтено»/«незачтено»):

«Зачтено» - выполнены все условия задания, программа работает, выдаёт адекватные результаты, ответы на вопросы при защите корректные, дан ответ на все вопросы.

«Незачтено» - задание выполнено не полностью, программа не работает или выдаёт неадекватные результаты, дан ответ не на все вопросы или ответы при защите неверные.

Итоговая оценка за лабораторную работу определяется оценкой за ответы на вопросы, при условии, что за выполнение получено «зачтено».

1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачёту:

1. Основные понятия и определения следящих систем. Структурная и функциональные

схемы системы. Виды воздействий.

2. Классификация СС (по принципам управления, по виду математических моделей, по целевому назначению).
3. Уравнения и характеристики стационарных систем. Передаточные функции.
4. Уравнения и характеристики стационарных систем. Частотные характеристики. Формы представления частотных характеристик.
5. Уравнения и характеристики стационарных систем. Временные характеристики.
6. Типовые звенья. Временные и частотные характеристики идеального интегрирующего и дифференцирующего звеньев.
7. Типовые звенья. Временные и частотные характеристики апериодического и дифференцирующего звеньев 1-го порядка.
8. Типовые звенья. Временные и частотные характеристики звена 2-го порядка.
9. Структурные схемы и их преобразования. Последовательное, параллельное и соединение с обратной связью.
10. Преобразование структурной схемы САУ к стандартному виду. Правила преобразований.
11. Передаточные функции разомкнутой и замкнутой системы. Передаточная функция ошибки по задающему воздействию.
12. Передаточные функции разомкнутой и замкнутой системы. Передаточные функции ошибки по возмущающим воздействиям.
13. Логарифмические частотные характеристики систем автоматического управления. Правила построения ЛАХ и ЛФХ.
14. Понятие устойчивости СС. Необходимые и достаточные условия устойчивости.
15. Алгебраический критерий устойчивости. Пример расчёта устойчивости СС.
16. Частотный критерий устойчивости. Формулировка критерия для случая устойчивости разомкнутой системы. Запасы устойчивости по амплитуде и фазе.
17. Логарифмический критерий устойчивости. Запасы устойчивости по амплитуде и фазе.
18. Режимы работы стационарных систем. Анализ качества СС в переходном режиме. Показатели качества СС, приближенные формулы их нахождения. Интегральный квадратичный критерий качества переходного режима.
19. Анализ точности при регулярных воздействиях. Определение динамических ошибок с помощью ряда ошибок.
20. Понятие астатизма. Статические и астатические СС. Влияние порядка астатизма на величину динамической ошибки.
21. Необходимость коррекции и способы коррекции. (Последовательная коррекция, параллельная коррекция - их сравнительная характеристика, коррекция с помощью дополнительных обратных связей). Сравнительная характеристика.
22. Постановка задачи синтеза корректирующих устройств. Типы коррекции. Требования к желаемым ЛЧХ.
23. Синтез последовательного корректирующего устройства методом ЛАХ.
24. Случайные ошибки СС. Общие понятия о вероятностном анализе СС. Характеристики воздействий.
25. Прохождение случайного процесса через звенья СС. Оценка дисперсии на выходе системы в установившемся режиме.
26. Дискретные СС и их основные функциональные элементы.
27. Математическое описание процессов управления в дискретных системах. Временные характеристики. Пример.
28. Критерии устойчивости дискретных СС. Примеры.
29. Качество дискретных систем в переходном режиме. Реакция на регулярные воздействия. Определение динамических ошибок с помощью ряда ошибок.
30. Качество дискретных систем в установившемся режиме при регулярных воздействиях.

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (*не относящееся к вопросу не подлежит проверке*)	Полное	Полное
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Исчерпывающий полный ответ

2. Перечень компетенций, этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

2.1 Шкала оценивания сформированности компетенций и её описание

Оценивание уровня сформированности компетенций в процессе освоения дисциплины осуществляется по следующей трехуровневой шкале:

Пороговый уровень - предполагает отражение тех ожидаемых результатов, которые определяют минимальный набор знаний и (или) умений и (или) навыков, полученных студентом в результате освоения дисциплины. Пороговый уровень является обязательным уровнем для студента к моменту завершения им освоения данной дисциплины.

Продвинутый уровень - предполагает способность студента использовать знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, полученные при освоении дисциплины, для решения профессиональных задач. Продвинутый уровень превосходит пороговый уровень по нескольким существенным признакам.

Высокий уровень - предполагает способность студента использовать потенциал интегрированных знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, полученных при освоении дисциплины, для творческого решения профессиональных задач и самостоятельного поиска новых подходов в их решении путем комбинирования и использования известных способов решения применительно к конкретным условиям. Высокий уровень превосходит пороговый уровень по всем существенным признакам.

Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины
«Цифровые следящие системы»
наименование дисциплины

Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Дисциплина «Цифровые следящие системы» преподается в течение одного семестра. Основной формой изложения учебного материала по дисциплине являются лекции. Объем изучаемого материала в рамках дисциплины достаточно большой, вместе с тем учебный план предполагает всего одно аудиторное занятие в неделю. Вследствие этого для успешного изучения дисциплины очень студентам важно проделывать большой объем самостоятельной работы. На такую работу учебным планом отводится достаточно большое количество часов.

Учебным планом предусмотрено выполнение лабораторных работ, которые являются неотъемлемой частью изучения дисциплины. В ходе лабораторных занятий под руководством преподавателя студенты осваивают навыки настройки, моделирования и исследования реальных радиотехнических устройств, применяют на практике теоретические знания и умения, полученные на лекционных и практических занятиях. Без выполнения лабораторных работ в полном объеме освоение материала дисциплины невозможно.

В конце семестра изучения дисциплины студенты сдают зачет. Оценка за зачетформируется по итогам выполнения студентом самостоятельных и контрольных работ в течение семестра и по итогам заключительного контроля.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Цифровые следящие системы» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать зачет по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.

Критерии оценивания решения задач в рамках заданий для самостоятельной работы, самостоятельных работ №1-6 и контрольной работы №1

Показатели	Критерии
Понимание условия задачи	– Краткая запись условия. – Использование физической символики. – Запись единиц измерения и перевод их в СИ – Хорошее оформление работы, четкие рисунки и чертежи. – Нахождение и запись необходимых табличных и дополнительных данных.
План решения задачи	– Обоснование выбора физических формул для решения. – Рациональный способ решения – Запись формул
Осуществление решения	– Вывод расчетных(ой) формул(ы), решение задачи в общем виде – Математические операции с единицами измерения физических величин, вычисления
Правильность решения задачи	– Краткое объяснение решения. – Анализ полученных результатов

Шкала оценивания:
0 баллов – полное отсутствие критерия;

1 балл – частичное выполнение критерия;
2 балла – полное выполнение критерия

Суммируются баллы за каждую задачу.

Оценка проставляется по количеству набранных баллов:
менее 60% от максимально возможного количества баллов - неудовлетворительно,
60-75% от максимально возможного количества баллов - удовлетворительно,
76-85% от максимально возможного количества баллов - хорошо,
86-100% от максимально возможного количества баллов – отлично.

Защита лабораторных работ

Перед выполнением лабораторных работ необходимо сдать теоретический минимум – ответить кратко, но верно на вопросы из списка вопросов к зачету, относящиеся к теме данной работы.

В ходе защиты лабораторной работы необходимо обосновать адекватность результатов, а также ответить на типичные вопросы и вопросы по теме.

Критерии оценивания ответов на вопросы при допуске и защите лабораторных работ

Критерий	Пороговый уровень	Продвинутый уровень	Высокий уровень
Ответы на вопросы при допуске и защите	Правильные ответы на большинство вопросов, однако, излишне краткие или с ошибками в терминологии.	Полные ответы практически на все вопросы с незначительными недостатками и некоторой нехваткой терминологической лексики	Развёрнутые, корректные ответы на все вопросы, с отсылками к наименованиям и формулировкам законов, указанием методов, аргументация логичная.

Критерии оценивания выполнения и защиты лабораторных работ

Выполнение работы оценивается бинарно («зачтено»/«незачтено»):

«Зачтено» - выполнены все условия задания, программа работает, выдаёт адекватные результаты, ответы на вопросы при защите корректные, дан ответ на все вопросы.

«Незачтено» - задание выполнено не полностью, программа не работает или выдаёт неадекватные результаты, дан ответ не на все вопросы или ответы при защите неверные.

Итоговая оценка за лабораторную работу определяется оценкой за ответы на вопросы, при условии, что за выполнение получено «зачтено».

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)	Продвинутый уровень (на «хорошо»)	Высокий уровень (на «отлично»)
Соответствие ответа	Хотя бы частичное (*не относящееся к вопросу не подлежит проверке*)	Полное	Полное

вопросу			
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры	Много примеров	Есть практически ко всем утверждениям
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.	Ответ почти полный, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Исчерпывающ ий полный ответ

Учебно-методическое обеспечение
самостоятельной работы студентов по дисциплине

Существует достаточно большое количество хороших книг по "Цифровые следящие системы". Это и классические монографии (особо стоит выделить книги по теории систем автоматического управления В.А. Бесекерского) и публикации, освещающие ограниченный круг вопросов, связанных с системами управления и применением их в радиотехнике. Некоторые из публикаций, ознакомиться с которыми студентам будет полезно при изучении курса, перечислены в п. 7 данной рабочей программы.

Также для подбора учебной литературы рекомендуется использовать широкий спектр интернет-ресурсов:

1. **Международный научно-образовательный сайт EqWorld.** Сайт EqWorld содержит обширную информацию о различных классах обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), дифференциальных уравнений с частными производными (УрЧП), интегральных уравнений, функциональных уравнений и других математических уравнений. На портале представлены практически все типы ДУ, рассматриваемые при изучении курса"Цифровые следящие системы".Приведены таблицы точных решений, описаны методы решения уравнений, есть интересные статьи, даны ссылки на математические программы, указаны адреса научных сайтов, издательств, журналов и др. Для продвинутых пользователей имеется динамический раздел EqArchive, который дает возможность авторам оперативно публиковать свои уравнения и их точные решения, первые интегралы и преобразования. Содержит учебную физико-математическую библиотеку, в которую авторы могут добавлять свои книги и диссертации, а также форум для вопросов и дискуссий.

EqWorld работает на русском и английском языках (главная стр. сайта переведена также на немецкий, французский, итальянский и испанский языки) и предназначен для широкого круга ученых, преподавателей вузов, инженеров, аспирантов и студентов в различных областях математики, механики, физики, химии, биологии и инженерных наук. Все ресурсы сайта являются бесплатными для его пользователей.

EqWorld содержит около 2000 веб-страниц (книги библиотеки не учитываются), его посещают люди из 200 стран мира, средняя посещаемость сайта превышает 3000 человек в сутки.Адреса сайта в Интернете: http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm (рус.), http://eqworld.ipmnet.ru (англ.).

Для самостоятельного подбора литературы в библиотеке ЯрГУ рекомендуется использовать:

1. **Личный кабинет** (http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_login.php)дает возможность получения on-line доступа к списку выданной в автоматизированном режиме литературы,

просмотра и копирования электронных версий изданий сотрудников университета (учеб.и метод. пособия, тексты лекций и т.д.) Для работы в «Личном кабинете» необходимо зайти на сайт Научной библиотеки ЯрГУ с любой точки, имеющей доступ в Internet, в пункт меню «Электронный каталог»; пройти процедуру авторизации, выбрав вкладку «Авторизация», и заполнить представленные поля информации.

2. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php) содержит более 2500 полных текстов учебных и учебно-методических материалов по основным изучаемым дисциплинам, изданных в университете. Доступ в сети университета, либо по логину/паролю.

3. Электронная картотека «Книгообеспеченность» (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_bookreq_find.php) раскрывает учебный фонд научной библиотеки ЯрГУ, предоставляет оперативную информацию о состоянии книгообеспеченности дисциплин основной и дополнительной литературой, а также цикла дисциплин и специальностей. Электронная картотека «Книгообеспеченность» доступна в сети университета и через Личный кабинет.