МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»
(СГТУ имени Гагарина Ю.А.)
САРАТОВСКИЙ КОЛЛЕДЖ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭНЕРГЕТИКИ

РАССМОТРЕНО
на заседании ПЦМК
технических дисциплин
протокол № __________
от «___» ________20__ г.
Председатель ________/Л.Б. Шаврина

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по УР
________С.В. Клюквина
«_____» ________20___ г.

Методические рекомендации для студентов
по проведению лабораторных работ
по МДК 01.01 Технология формирования систем автоматического управления типовых технологических процессов, средств измерений, несложных мехатронных устройств и систем
для специальности 15.02.07 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Саратов, 2019 г

Разработал преподаватель СКМ и Э ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А» **Шаврина Л.Б.**

Данные методические рекомендации предназначены для студентов 3 курса, специальности 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям)

<u>Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий</u>

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

Лабораторные занятия, как виды учебных занятий, направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и формирование учебных и профессиональных практических умений и составляют важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки.

В процессе лабораторного занятия обучающиеся выполняют одно или несколько заданий под руководством преподавателя в соответствии с изучаемым содержанием учебного материала.

Выполнение обучающимися лабораторных занятий проводится с целью:

формирования практических умений в соответствии с требованиями к уровню подготовки обучающихся, установленными рабочей программой дисциплины по конкретным разделам/ темам дисциплины;

обобщения, систематизации, углубления, закрепления полученных теоретических знаний;

совершенствования умений применять полученные знания на практике, реализации единства интеллектуальной и практической деятельности;

развития интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;

выработки таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива при решении поставленных задач при освоении общих компетенций.

В результате освоения междисциплинарного курса формируются следующие профессиональные (ПК) и общие (ОК) компетенции:

Код	Наименование результата обучения
ПК 1.1	Проводить анализ работоспособности измерительных приборов и средств автоматизации.
ПК 1.2	Диагностировать измерительные приборы и средства автоматического управления.
ПК 1.3	Производить поверку измерительных приборов и средств автоматизации.
ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, определять методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.
ОК 3.	Решать проблемы, оценивать риски и принимать решения в нестандартных ситуациях.
ОК 4.	Осуществлять поиск, анализ и оценку информации, необходимой для постановки и решения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.
ОК 5.	Использовать информационно-коммуникационные технологии для совершенствования профессиональной деятельности.
ОК 6.	Работать в коллективе и команде, обеспечивать ее сплочение, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.
ОК 9.	Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности.

Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий

Организация лабораторного занятия

Лабораторное занятие должно проводиться в учебных лабораториях или специально оборудованных помещениях (площадках, полигонах и т.п.) - лаборатории «Автоматического управления».

В соответствии с требованиям ФГОС СПО 15.02.07 Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям) реализация ППССЗ должна обеспечивать выполнение обучающимися лабораторных занятий, включая как обязательный компонент лабораторные занятия (с использованием персональных компьютеров).

Выполнению лабораторных занятий предшествует проверка знаний обучающихся - их теоретической готовности к выполнению задания.

Лабораторные занятия могут носить репродуктивный, частично-поисковый и поисковый характер.

Работы, носящие репродуктивный характер, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся пользуются подробными инструкциями, в которых указаны: цель работы, пояснения (теория, основные характеристики), оборудование, аппаратура, материалы и их характеристики, порядок выполнения работы, таблицы, выводы (без формулировки), контрольные вопросы, учебная и специальная литература.

Работы, носящие частично-поисковый характер, отличаются тем, что при их проведении обучающиеся не пользуются подробными инструкциями, им не дан порядок выполнения необходимых действий, и они требуют от обучающихся самостоятельного подбора оборудования, выбора способов выполнения работы в инструктивной и справочной литературе и др.

Работы, носящие поисковый характер, характеризуются тем, что обучающиеся, опираясь на имеющиеся у них теоретические знания, должны решить новую для них проблему.

При планировании практических занятий необходимо находить оптимальное соотношение репродуктивных, частично-поисковых и поисковых работ, чтобы обеспечить высокий уровень интеллектуальной деятельности.

Формы организации обучающихся при проведении лабораторных занятий - фронтальная, групповая и индивидуальная.

При фронтальной форме организации занятий все обучающиеся выполняют одновременно одну и ту же работу.

При групповой форме организации занятий одна и та же работа выполняется бригадами по 2 - 5 человек.

При индивидуальной форме организации занятий каждый обучающийся выполняет индивидуальное задание.

Для повышения эффективности проведения лабораторных занятий рекомендуется:

разработка сборников задач, заданий и упражнений;

разработка контрольно-диагностических материалов для контроля за подготовленностью обучающихся к лабораторных занятиям, в том числе в форме педагогических тестовых материалов для автоматизированного контроля;

подчинение методики проведения лабораторных занятий ведущим дидактическим целям с соответствующими установками обучающимся;

Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий

Лабораторная работа №1, №2

Тема: «Исследование характеристик типовых динамических звеньев первого и второго порядка»

Цель работы: научиться исследовать характеристики типовых динамических звеньев первого и второго порядка.

Тип урока – лабораторное занятие.

Методы обучения – репродуктивный и поисковый

Ход работы: идеальное интегрирующее звено определяется по формуле

$$W(p) = \frac{k}{p}$$

[1]: k = 20

[2]: k = 30

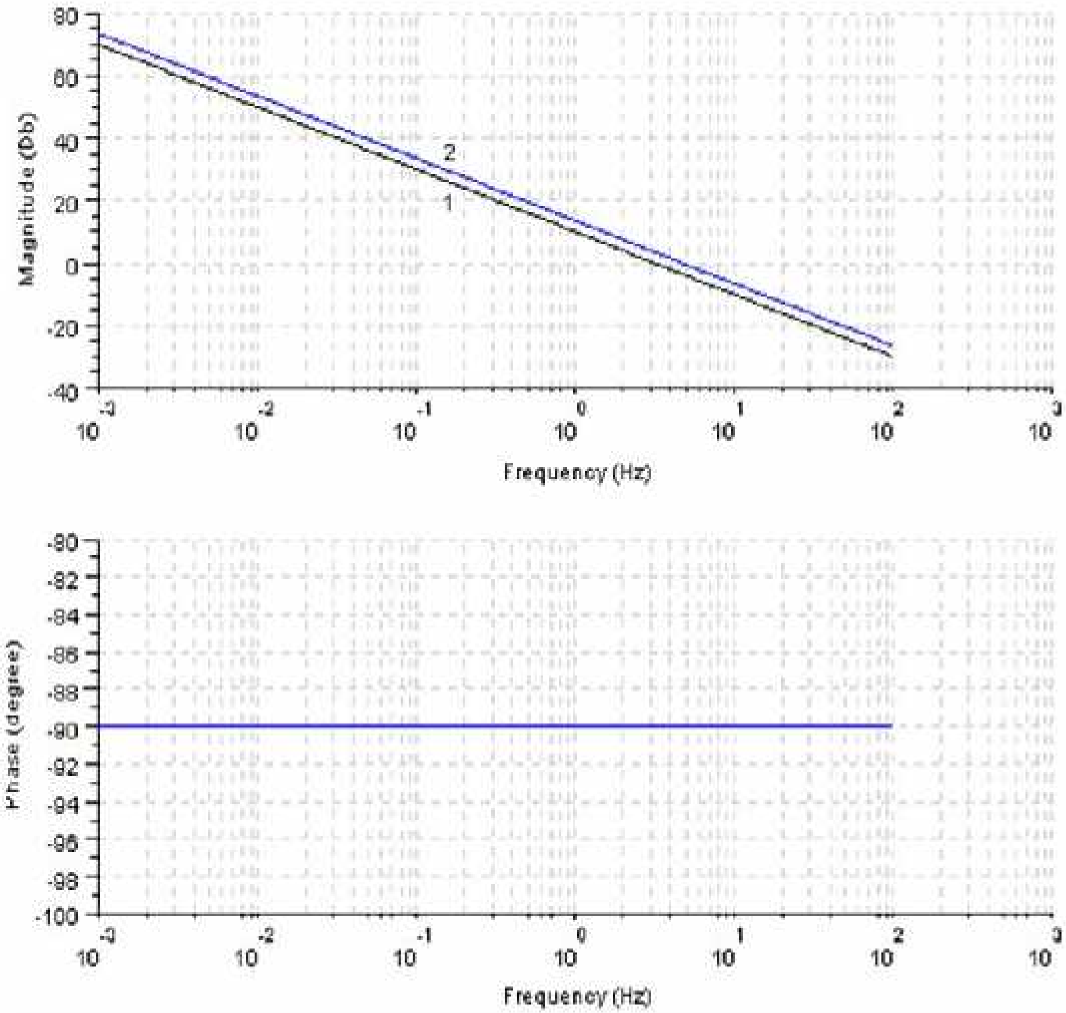


Рисунок 1 – Графики ЛАХ и ЛФХ для интегрирующего звена

При увеличение коэффициента усиления k на графике ЛАХ происходит увеличение амплитуды, а график ЛФХ остается неизменным.

Программа Scilab – 5.0.2 не позволяет построить график АФЧХ, так как построение графика осуществляется по точкам, а при построения графика АФЧХ для интегрирующего звена происходит деление на 0.

Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий

График совпадает с отрицательной мнимой полуосью и не зависит от коэффициента k, начинается от минус бесконечности и стремится к нулю.

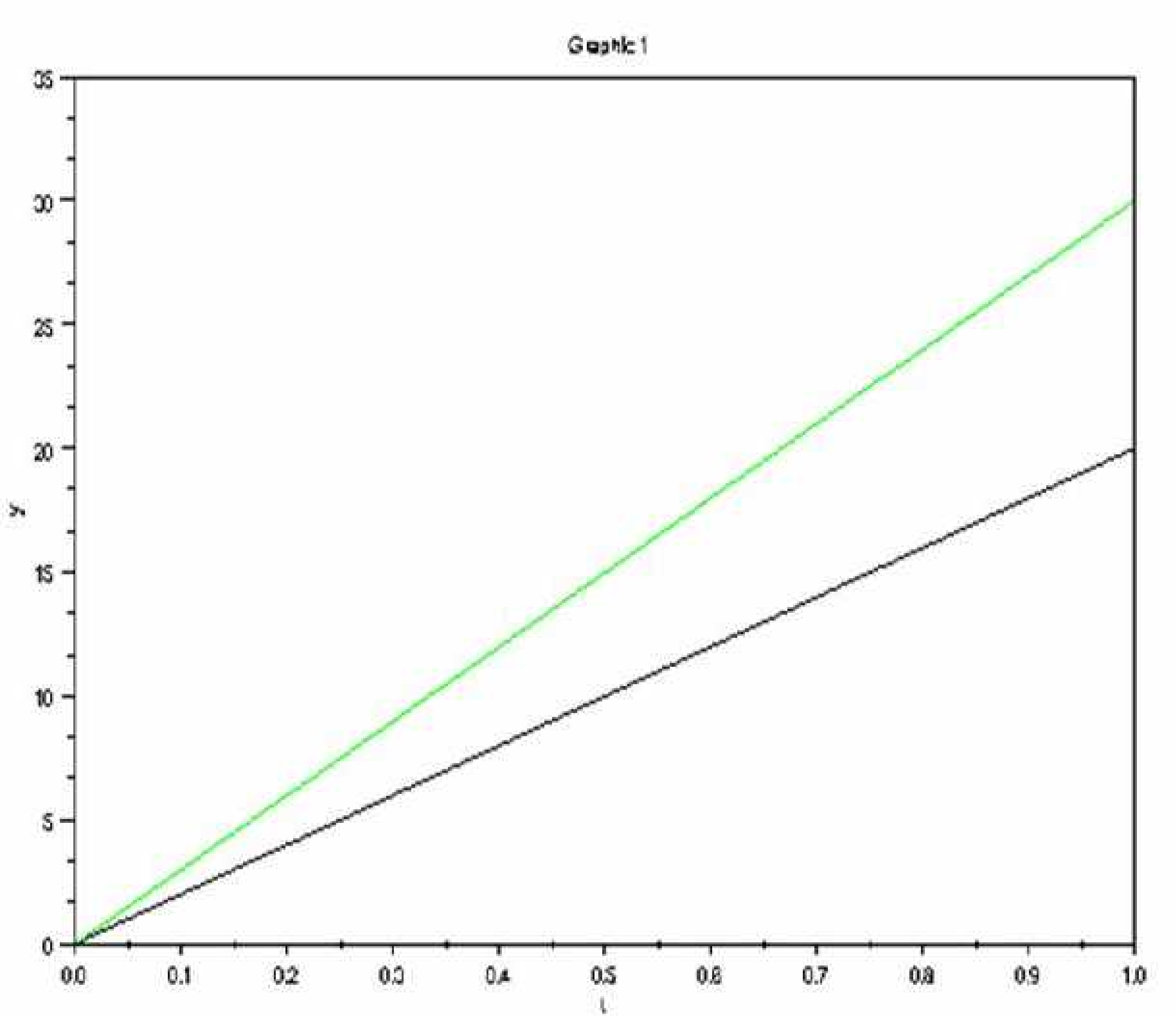
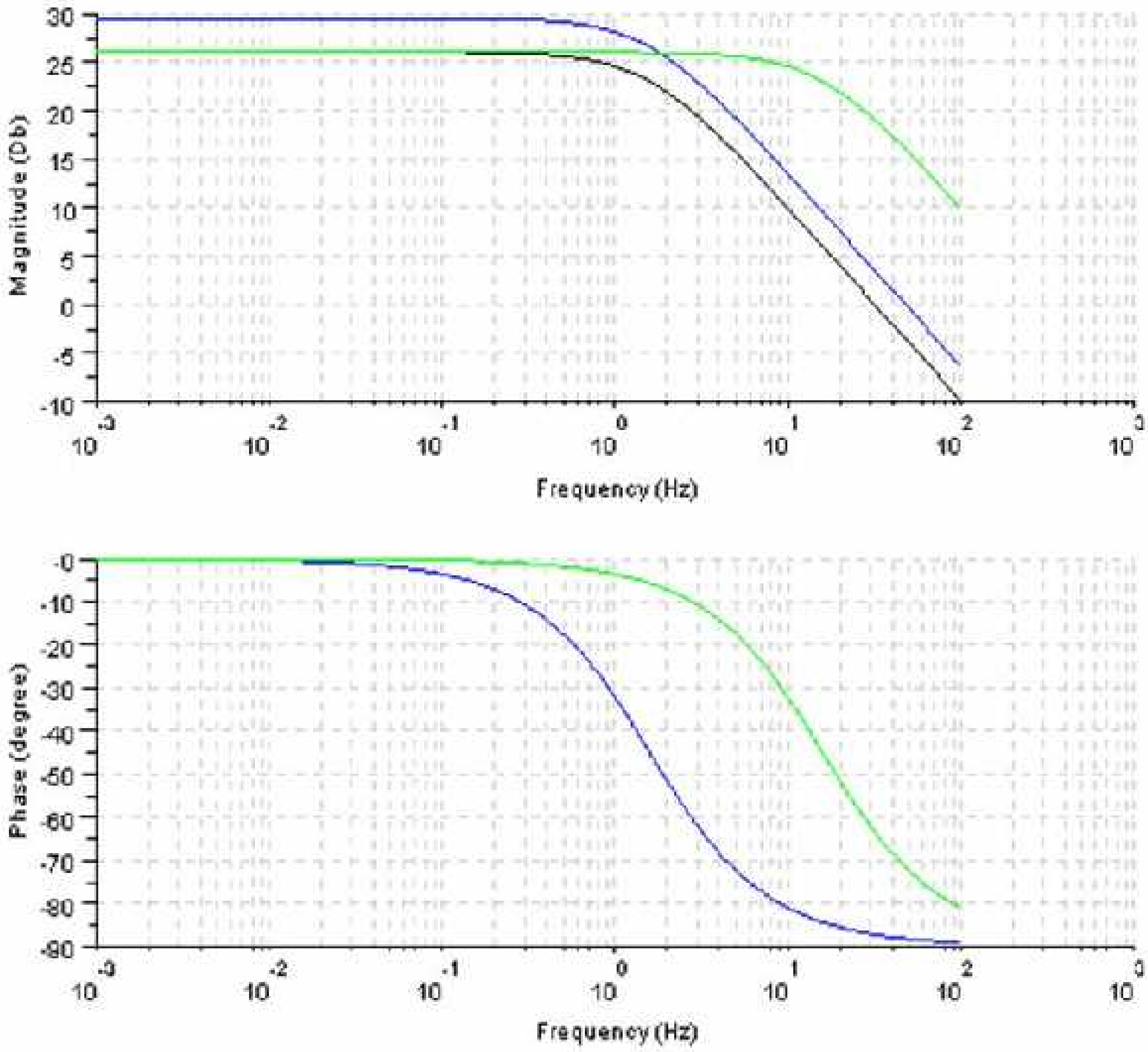


Рисунок 2 – График переходного процесса для интегрирующего звена

Апериодическое звено $$W(p) = \frac{k}{1 + Tp}$$

[1]: k = 20; T = 0,1;
[2]: k = 30; T = 0,1;



[3]: k = 20; T = 0,01

Рисунок 3– Графики ЛАХ и ЛФХ для апериодического звена

При увеличение коэффициента усиления k на графике ЛАХ происходит увеличение амплитуды. А график ЛФХ остается неизменным. При увеличение временной постоянной T, уменьшается сопряженная частота во столько же раз, на графике ЛАХ происходит искривление по чстоте, а на графике ЛФХ, кривая смещается влево параллельно самой себе.

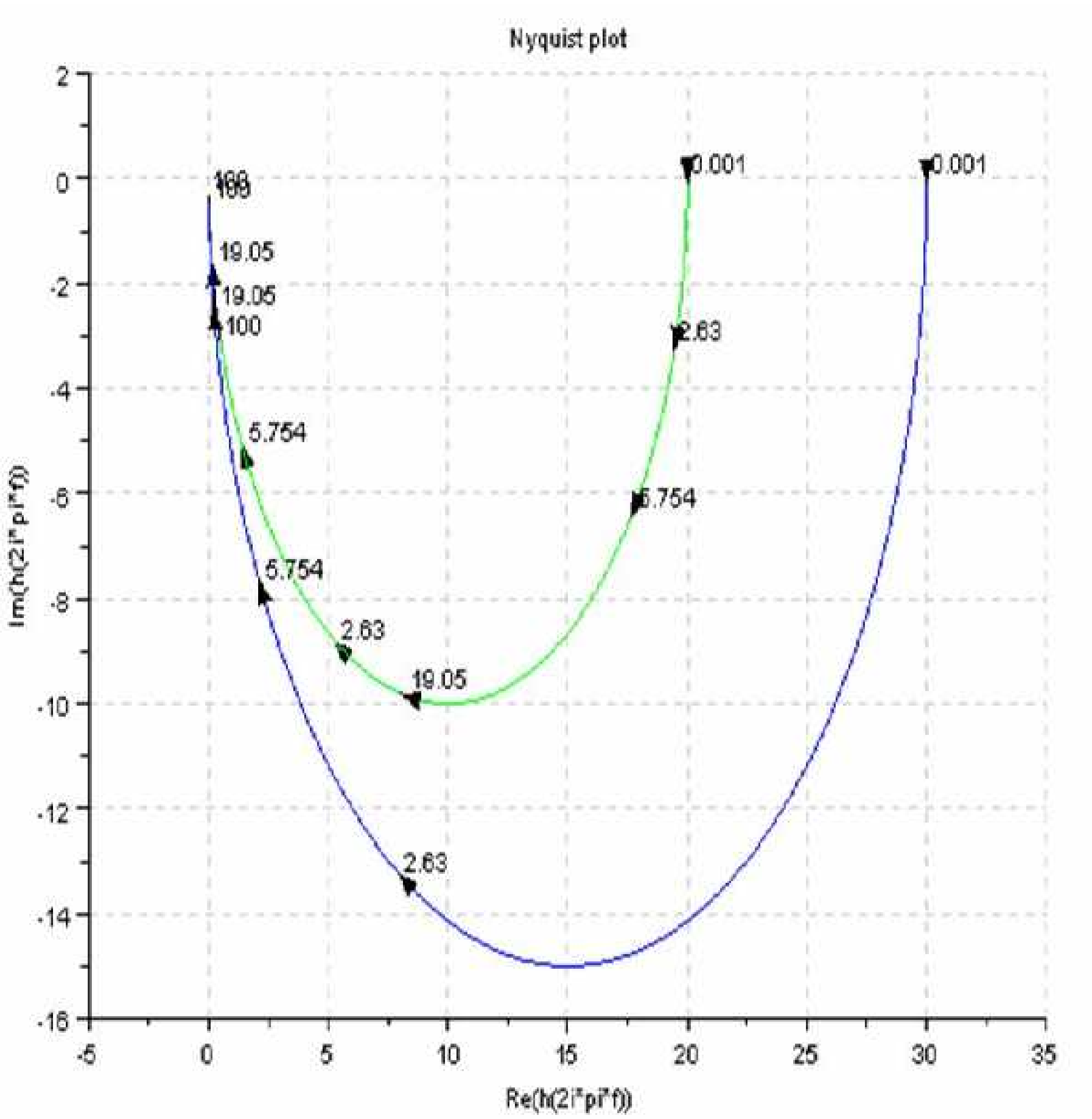


Рисунок 4 – График АФЧХ для апериодического звена.

При изменении коэффициента k изменяется радиус полуокружности графика АФЧХ. А при изменении временной постоянной T - график не изменяется.

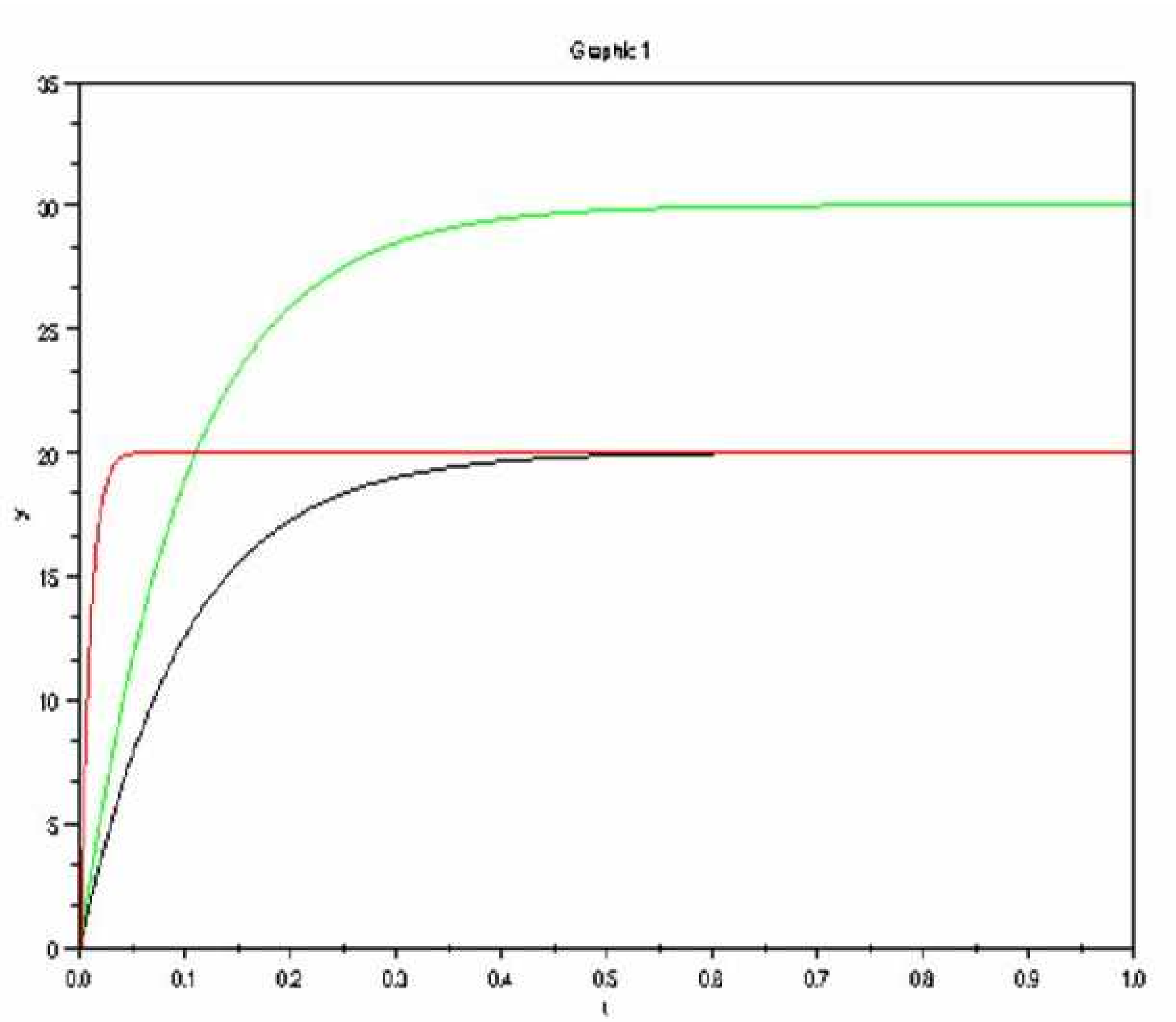


Рисунок 5 – Графики переходного процесса для апериодического звена.

Колебательное звено $$W(p) = \frac{k}{1 + 2\xi Tp + T^2 p^2}$$

[1]: k = 20; T = 0,1; x = 0,8;
[2]: k = 30; T = 0,1; x = 0,8;
[3]: k = 20; T = 0,01; x = 0,8;
[4]: k = 20; T = 0,1; x = 0,08

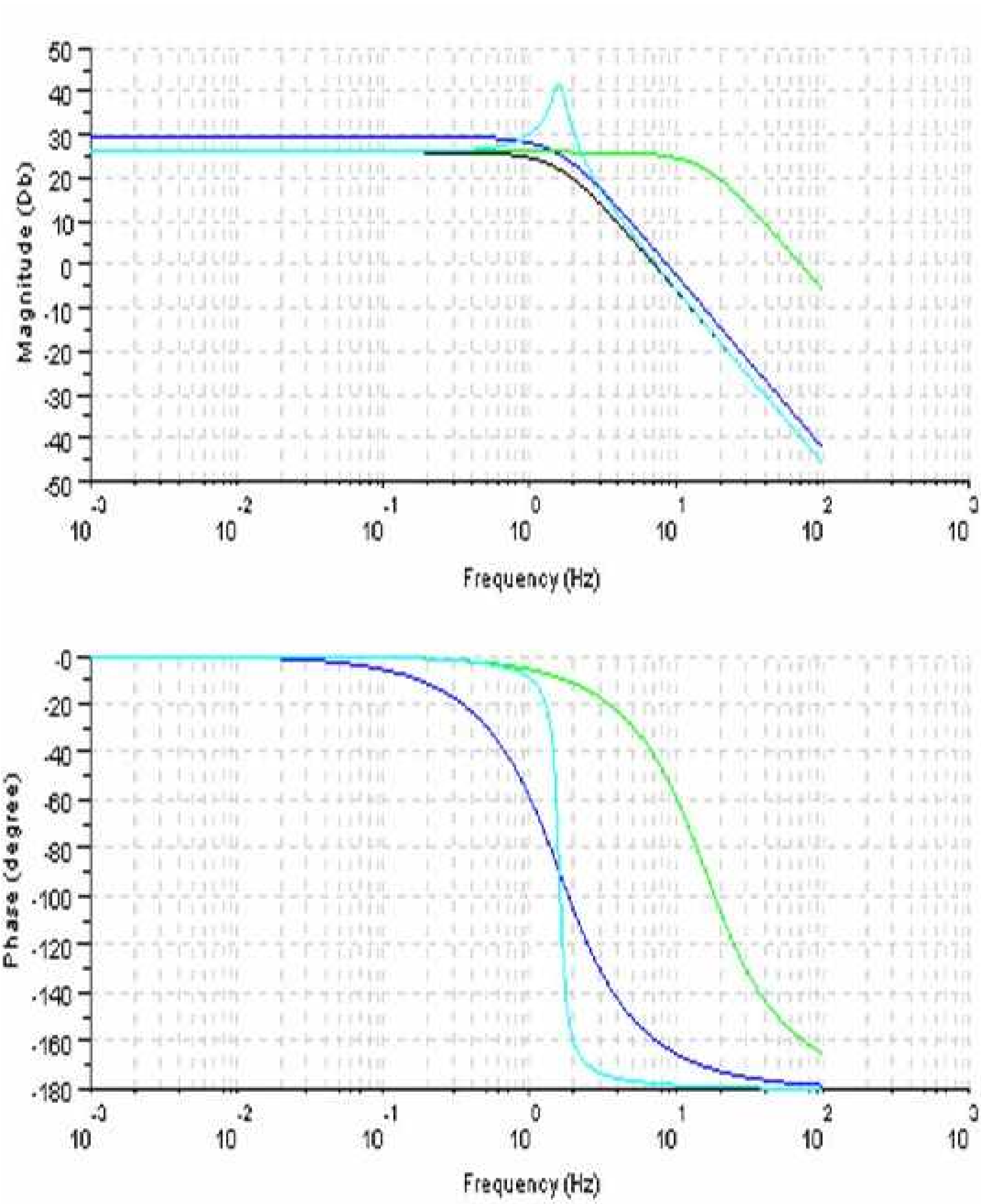


Рисунок 6 – Графики ЛАХ и ЛФХ для колебательного звена.

При увеличение коэффициента усиления k на графике ЛАХ происходит увеличение амплитуды. А график ЛФХ остается неизменным. При увеличение временной постоянной T, уменьшается сопряженная частота во столько же раз, на графике ЛАХ происходит искривление по чстоте, а на графике ЛФХ, кривая смещается влево параллельно самой себе. Изменение ξ ведёт к скачку амплитуды.

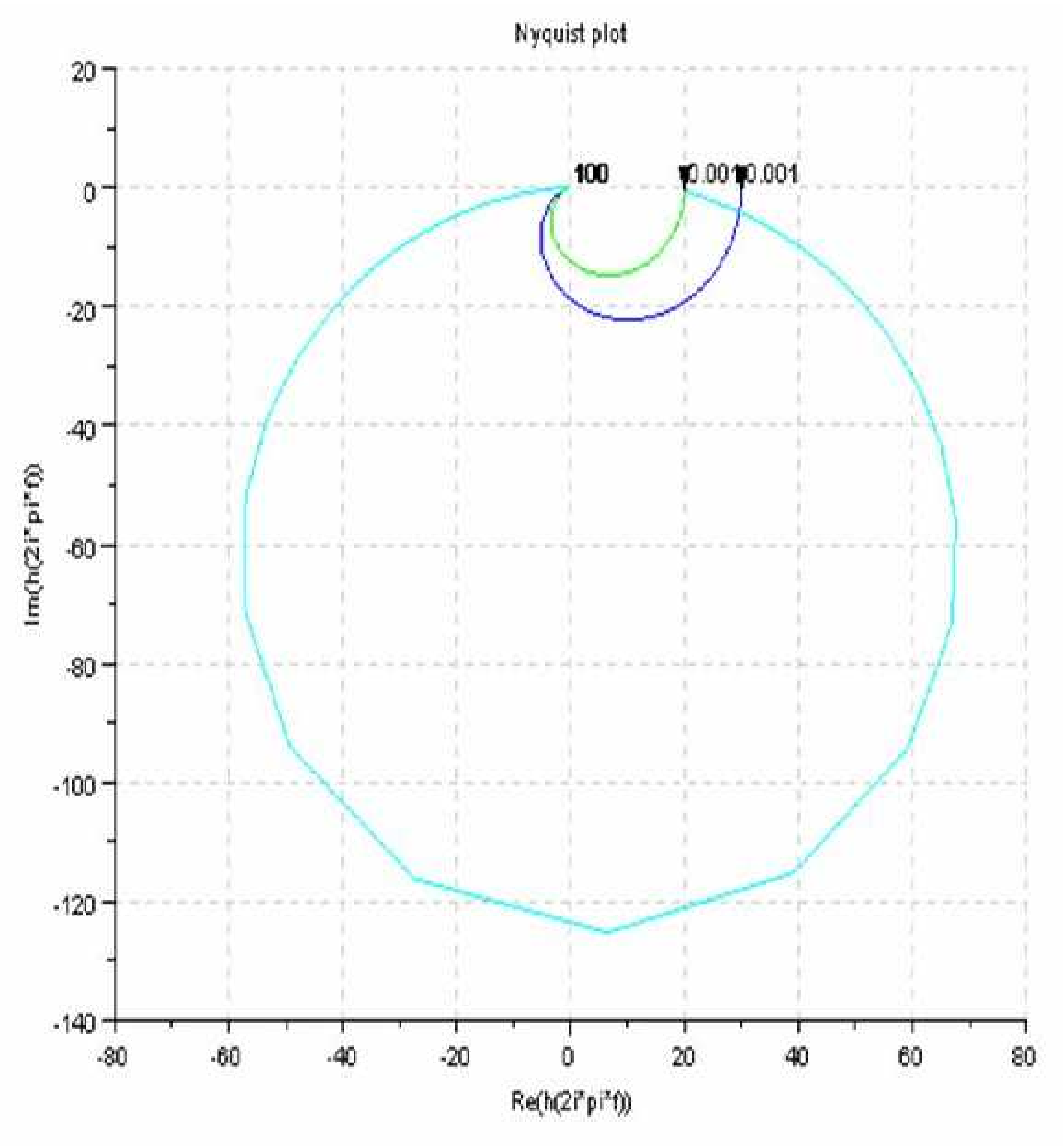


Рисунок 7 – Графики АФЧХ для колебательного звена.

При изменение k ведёт к изменению величины амплитуды; изменение T не влияет на изменение графика, а изменение x ведёт к резкому увеличение амплитуды.

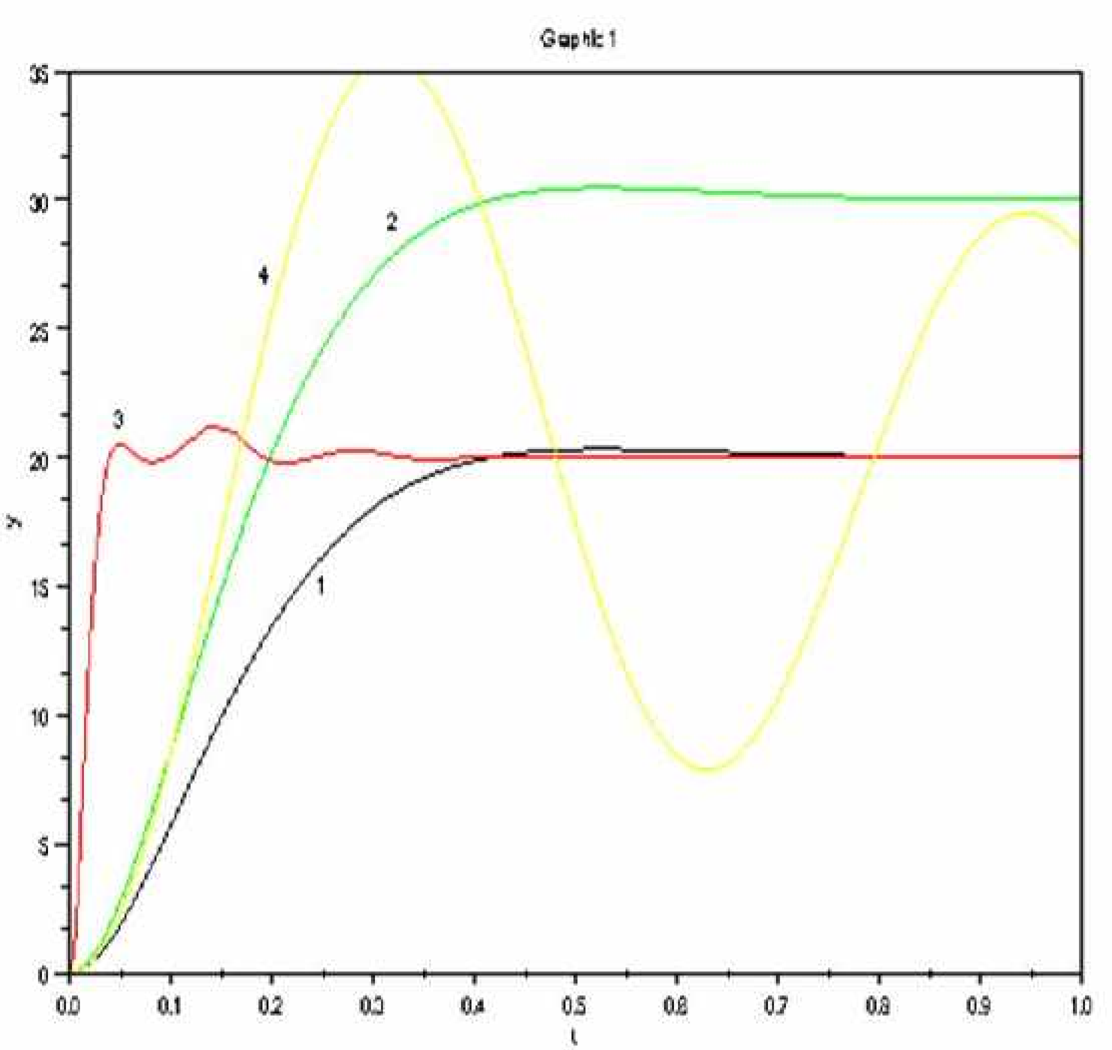


Рисунок 8 – Графики переходного процесса для колебательного звена.

Задание: научиться исследовать характеристики типовых динамических звеньев первого и второго порядка.

Литература:

1. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования – 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2018. – 256с.

2. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования – 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2018. – 352

3. Шишмарев В.Ю. Типовые элементы систем автоматического управления: Учебник для сред. проф. Образования / Владимир Юрьевич Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 304 с.

Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий

Лабораторная работа №3

Тема: «Последовательная коррекция системы автоматического управления»

<u>Цель работы:</u> исследовать последовательную коррекцию системы автоматического управления

<u>Тип урока</u> – лабораторное занятие.

<u>Методы обучения</u> – репродуктивный и поисковый

<u>Ход работы:</u>

Любая система должна быть устойчивой и удовлетворять требованиям по точности и качеству переходного процесса.

Существует два пути достижения этих целей:

1. Изменение варьируемых параметров системы (параметры регулятора), но требования по качеству и устойчивости часто являются противоречивыми, например, увеличение коэффициента усиления системы повышает точность системы, но при этом система может стать неустойчивой.

2. Изменение структуры системы, путем введения дополнительных устройств, называемых корректирующими.

При коррекции систем управления решается задача синтеза корректирующего устройства, которая заключается в определении структуры и параметров корректирующего устройства, включение которого делает систему удовлетворяющей поставленным к ней требованиям.

2. Корректирующие устройства

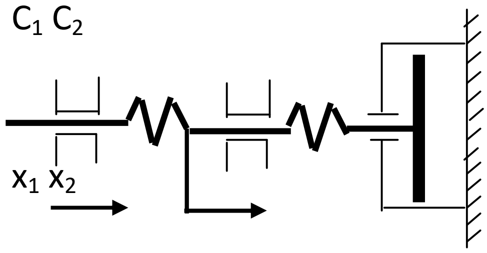
Корректирующие устройства чаще всего представляют собой пассивные четырехполюсники, состоящие из RC – элементов. Эффективность корректирующих устройств определяется правильным выбором их параметров (ki , Ti). Если сигналы электрические используются RC – цепи, если не электрические, то используются их механические аналоги (рис. 1а).

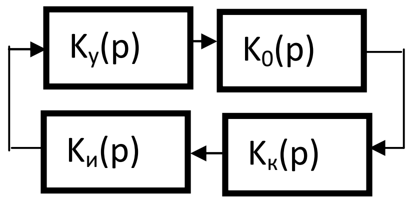
Корректирующие устройства можно классифицировать:

1. По видам: последовательные и параллельные.

2. По типам: дифференцирующие, интегрирующие и интегро-дифференцирующие.

Последовательная коррекция. При последовательной коррекции корректирующее устройство включается последовательно в контур управления (рис. 1б).





б)

При этом передаточная функция разомкнутой системы, независимо от места включения корректирующего устройства равна

$$K'_p(p) = K_p(p) \cdot K_k(p).$$

Так как корректирующее устройство чаще всего представляет собой пассивный RC – фильтр, то ставить его в цепь, где передаются большие мощности, не рационально с точки зрения энергетических затрат, так как при этом необходимы дорогостоящие корректирующие устройства (большие потери мощности).

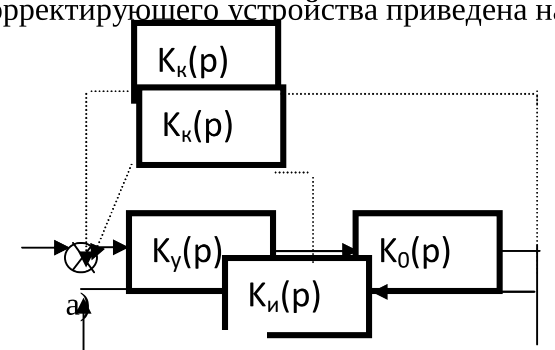
Так как ОУ - мощное устройство, УУ - менее мощное устройство, ИУ - маломощное устройство, то обычно корректирующие устройства включаются на входе системы либо выходе измерительного устройства.

Параллельная коррекция. При параллельной коррекции, корректирующее устройство может быть включено параллельно любому звену или соединению звеньев (рис. 2а).

При этом передаточная функция скорректированной системы зависит от места включения корректирующего устройства. Синтез параллельных корректирующих устройств сложнее, чем последовательных.

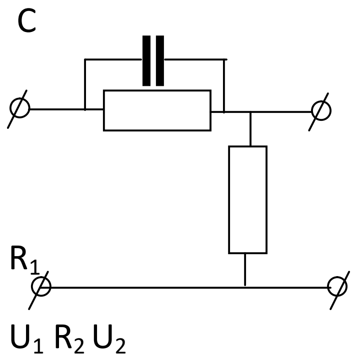
Рассмотрим различные типы корректирующих устройств и их характеристики.

Дифференцирующее корректирующее устройство. Схема дифференцирующего корректирующего устройства приведена на рис. 2б.



а

Рис.2



Передаточная функция дифференцирующего корректирующего устройства имеет вид

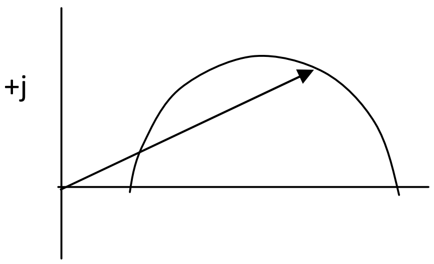
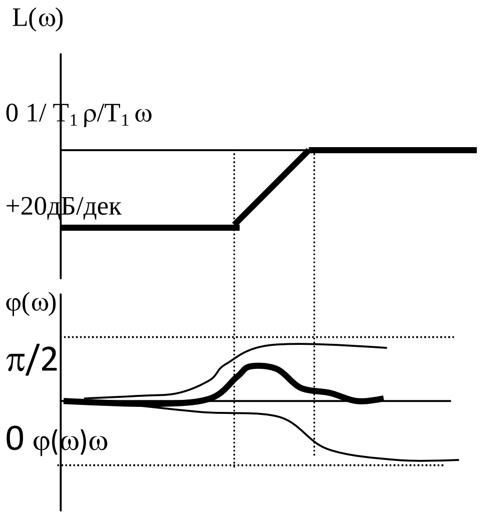
$$K_\partial(p) = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} = \frac{R_2}{R_2 + \dfrac{R_1/Cp}{R_1 + 1/Cp}} = \frac{R_2(R_1Cp+1)}{R_2(R_1Cp+1)+R_1} = \frac{1}{\circ}\,\frac{T_1p+1}{(\dfrac{T_1}{\circ}\,p+1)},$$

где $T_1 = R_1C;\quad \circ = 1 + R_1/R_2;\quad k = 1/\circ;\quad \circ > 1;\quad k < 1;\quad T_1 > T_1/\circ;$

k -коэффициент ослабления контура.

Частотные характеристики дифференцирующей цепи, приведены в таблице 1.

Таблица 1

АФХ	Логарифмические характеристики
$K_{\partial}(j\mu)=\dfrac{T_1 j\mu+1}{\circ(\frac{T_1}{\circ}j\mu+1)}$; $\mu=0 \quad K_{\partial}(0)=\dfrac{1}{\circ}$; $\mu=\infty \quad K_{\partial}(\infty)=1.$  	

Работа дифференцирующего корректирующего устройства. Введение дифференцирующего корректирующего устройства уменьшает коэффициент усиления на низких частотах, что уменьшает точность системы, но увеличивает запас устойчивости.

За счет положительного фазового сдвига, вносимого контуром, увеличивается частота среза, а значит, уменьшается время регулирования, т. е. повышается быстродействие системы, но расширение полосы пропускания увеличивает действие помех.

Интегрирующее корректирующее устройство. Схема интегрирующего корректирующего устройства приведена на рис. 3а.

На схеме рис. 5 приняты следующие обозначения

$$T_2=R_2C;\ \ T_3=(R_1+R_2)C\ .$$

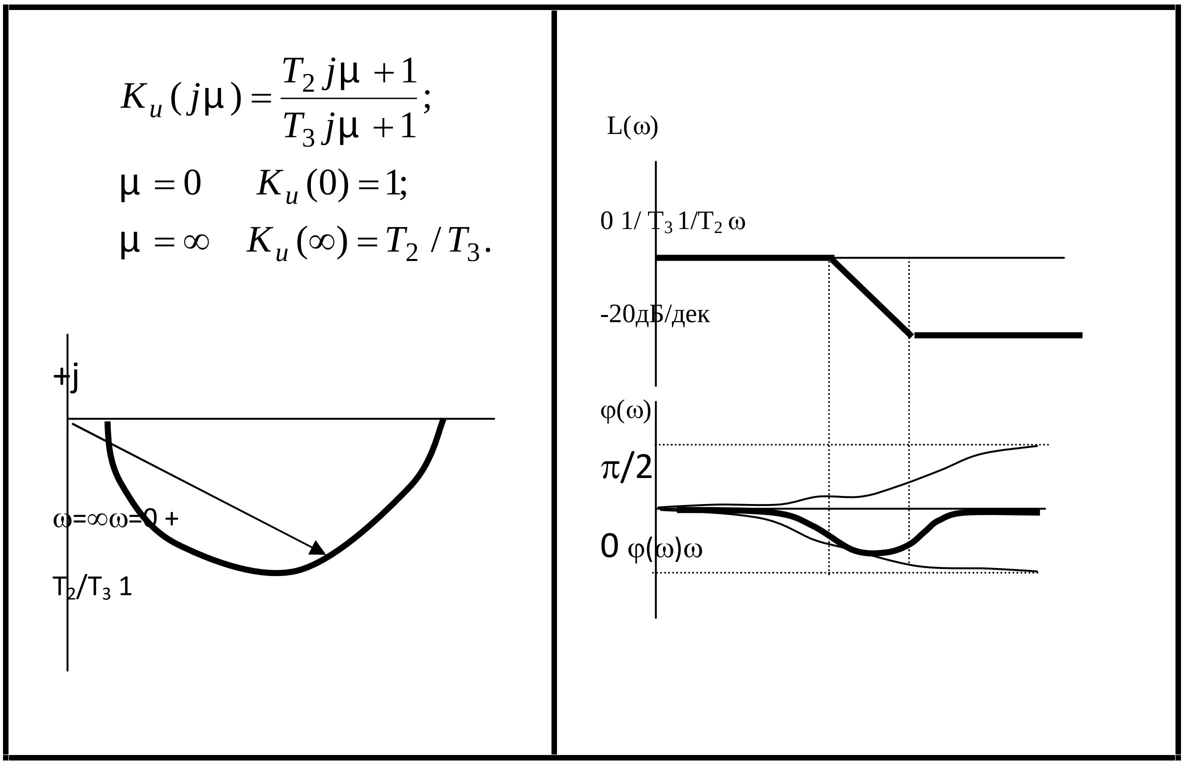
Передаточная функция интегрирующей цепи имеет вид

$$K_u(p)=\frac{U_2(p)}{U_1(p)}=\frac{R_2+1/pC}{R_1+R_2+1/pC}=\frac{R_2Cp+1}{(R_1+R_2)Cp+1}=\frac{T_2p+1}{T_3p+1}.$$

Условие, при котором данная цепь будет обладать интегрирующими свойствами Т3> Т2. Частотные характеристики интегрирующей корректирующей цепи приведены в таблице 2.

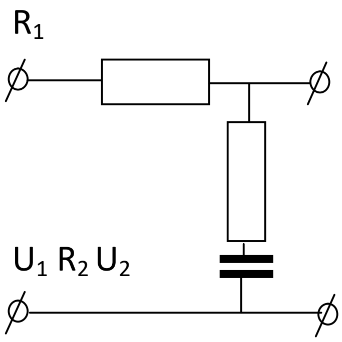
Таблица 2

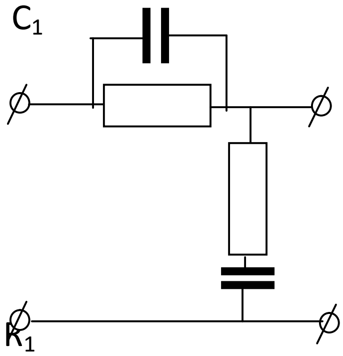
АФХ	Логарифмические характеристики



Работа дифференцирующего корректирующего устройства. Введение интегрирующего корректирующего устройства уменьшает коэффициент усиления на высоких частотах, что уменьшает действие помех, но ухудшает переходный процесс.

Интегро-дифференцирующее корректирующее устройство. Схема интегро-дифференцирующего корректирующего устройства приведена на рис. 3б





Для интегро-дифференцирующего контура, обычно C2> C1. В области низких частот C1можно пренебречь, и контур работает как интегрирующий, а в области высоких частот C2можно пренебречь, и контур работает как дифференцирующий.

(В ТАУ НЧ 0 ≤ω≤ 5 с-1; СЧ 5 ≤ω≤ 50 с-1; ВЧ 50 ≤ω≤∞ с-1).

Передаточная функция цепи, представленной на рис. 3б имеет вид

$$K_{ид}(p) = \frac{U_2(p)}{U_1(p)} = \frac{R_2 + 1/pC_2}{R_2 + 1/pC_2 + \dfrac{R_1/pC_1}{R_1 + 1/pC_1}} =$$

$$= \frac{R_2Cp + 1}{\left[R_2C_2p + 1 + \dfrac{R_1C_2p}{R_1C_1p + 1}\right]} = \frac{(R_1C_1p + 1)(R_2C_2p + 1)}{(R_1C_1p + 1)(R_2C_2p + 1) + R_1C_2p} =$$

$$= \frac{(T_1p + 1)(T_2p + 1)}{(T_1p + 1)(T_2p + 1) + T_{12}p} = \frac{(T_1p + 1)(T_2p + 1)}{(T_3p + 1)(T_4p + 1)}.$$

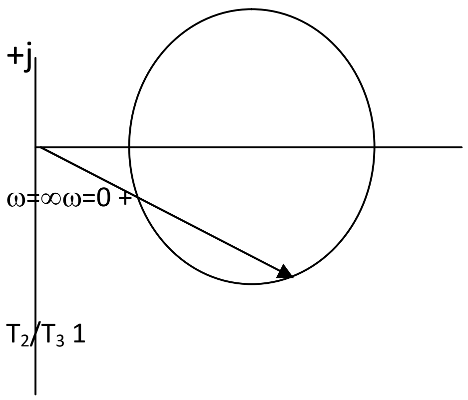
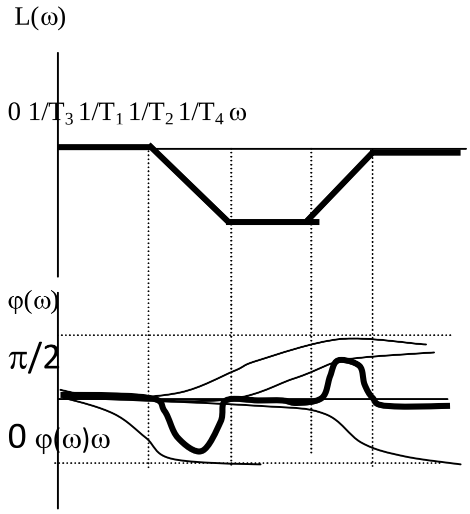
$$T_1 = R_1C_1;\ T_2 = R_2C_2;\ T_3 = R_3C_3;\ T_{12} = R_1C_2;$$

$$T_1T_2p^2 + (T_1 + T_2 + T_{12})p + 1 = T_3T_4p^2 + (T_3 + T_4)p + 1;$$

$$\begin{cases} T_3T_4 = T_1T_2; \\ T_3 + T_4 = T_1 + T_2 + T_{12}. \end{cases}$$

Частотные характеристики цепи, приведены в таблице 3.

Таблица 3

АФХ	Логарифмические характеристики
$K_{ид}(j\mu) = \frac{(T_1 j\mu + 1)(T_2 j\mu}{(T_3 j\mu + 1)(T_4 j\mu}$ $\mu = 0 \quad K_{ид}(0) = 1;$ $\mu = \infty \quad K_{ид}(\infty) = 1.$ 	

Работа интегро–дифференцирующего корректирующего устройства.

Интегро-дифференцирующее корректирующее устройство в области низких частот работает как интегрирующее, а в области высоких частот как дифференцирующее, поэтому оно совмещает достоинства интегрирующего и дифференцирующего устройств.

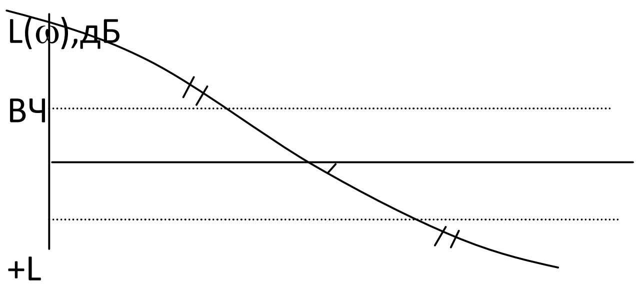
За счет уменьшения коэффициента усиления на низких частотах увеличивается запас устойчивости.

За счет положительного фазового сдвига, вносимого контуром, увеличивается частота среза, а значит, уменьшается время регулирования, т. е. повышается быстродействие системы.

3. Методы синтеза последовательных корректирующих устройств

При расчете параметров корректирующих устройств можно использовать любой из методов определения качества, но наиболее часто используют частотные методы, в частности, логарифмические частотные характеристики.

Рассмотрим, как по виду ЛАЧХ можно судить о качестве переходного процесса (рис. 4).



<u>Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий</u>

Характеристику разбивают на три части: НЧ - определяет статику; СЧ - определяет динамику; ВЧ – не играет роли.

Точка пересечения ЛАЧХ с осью абсцисс характеризует частоту среза - ωc .

1. Время переходного процесса является функцией частоты среза $t п = f(\omega c)$;$t п = c/\omega c$.

2. Число перерегулирований является функцией угла пересечения ЛАЧХ оси абсцисс N = f(α). Обычно N = 2÷3, при этом $\alpha \approx$-20 дБ/дек.

3. Величина перерегулирования является функцией запаса устойчивости по амплитуде – L. σ% = f(L). Обычно σ% = 20÷30, при этом L≈20 дБ.

4. Порядок синтеза последовательного корректирующегоустройства

Порядок синтеза последовательного корректирующего устройства рассмотрим на конкретном примере.

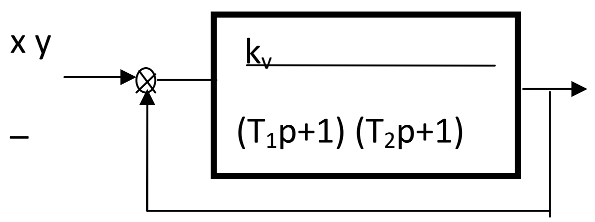
Пример 1. Дана система, схема которой приведена на рис. 5.

ПустьT1 = 1 с, T2 = 0,1 с, kv = 10 с-1. Необходимо синтезировать последовательное корректирующее устройство, обеспечивающее следующие показатели качества:

1. Величина статической ошибки εc = 0.
2. Частота среза желаемой системы ωсж = 1 с-1.

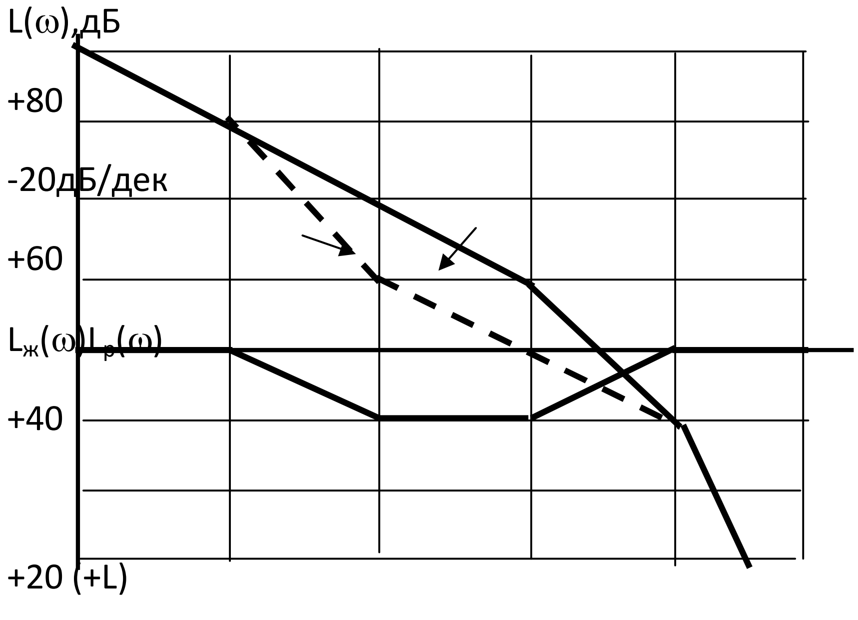
Величина относительного перерегулирования σ% = 20÷30.

Число перерегулирований N = 2÷3.



Решение.

1. Строим ЛАЧХ заданной (реальной) системы (рис. 6).



Строим ЛАЧХ желаемой системы исходя из следующего:

- для обеспечения требуемого времени переходного процесса ЛАЧХ желаемой системы должна пересекать ось абсцисс в точке ωсж = 1с-1.

-для обеспечения требуемого числа перерегулирований N = 2÷3 угол пересечения ЛАЧХ оси абсцисс должен равняться α≈-20 дБ/дек.

- для обеспечения требуемой величины перерегулирования σ% = 20÷30 запас устойчивости по амплитуде должен равняться L = ±20 дБ.

-для обеспечения требуемой величины статической ошибки εс= 0 логарифмическая характеристика желаемой системы в области низких частот должна иметь наклон –20 дБ/дек.

3. Сочленяем ЛАЧХ исходной Lр (ω) и желаемой системы Lж(ω) в области низких и высоких частот.

4. Вычитаем из ЛАЧХ исходной Lр (ω) ЛАЧХ желаемой системы Lж(ω), и получаем ЛАЧХ корректирующего устройства Lку(ω).

5. По виду ЛАЧХ корректирующего устройства Lку(ω) определяем его структуру и параметры.

Для рассматриваемого примера, корректирующее устройство представляет собой интегро-дифференцирующее звено, передаточная функция имеет вид:

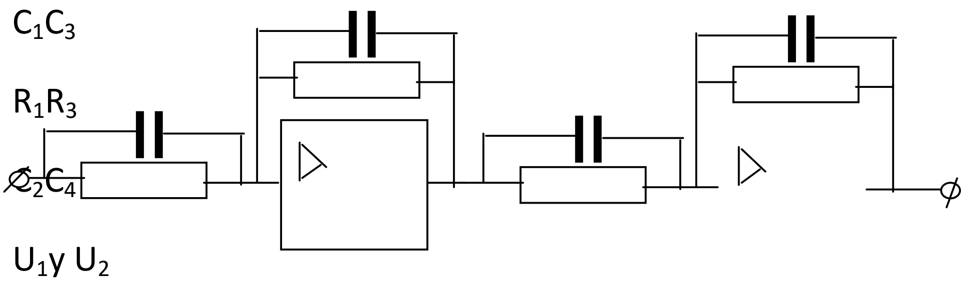
$$K_{ид}(p) = \frac{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)}{(T_3 p + 1)(T_4 p + 1)} = \frac{(10p + 1)(p + 1)}{(100p + 1)(0.1p + 1)}.$$

В зависимости от величин постоянных времени схемная реализация корректирующего устройства может быть различной:

- при 0 ≤Ti≤ 10 с-1 можно использовать пассивный RC –четырех-полюсник (рис. 3б);

- при 10 с-1≤Ti≤ 100 с-1 можно использовать активный фильтр (рис. 7);

- при Ti> 100 с-1 можно использовать цифровой фильтр.



6. Записываем передаточную функцию скорректированной системы, строим переходный процесс и определяем показатели качества, если они удовлетворяют необходимым показателям, то процесс синтеза окончен.

5. Параллельные корректирующие устройства

Параллельные корректирующие устройства используются в виде местных, охватывающих отдельные элементы систем, и главных обратных связей. При этом в основном используются отрицательные обратные связи (ООС), повышающие устойчивость систем. Положительные обратные (ПОС) связи иногда используют как местную обратную связь для повышения коэффициента усиления на каком-либо участке системы.

Корректирующие обратные связи бывают гибкие и жесткие.

Жесткие ООС (ЖООС) действуют как в переходном, так и установившемся режиме. В качестве ЖООС используются следующие звенья:

$$K_{oc}(p) = k_{oc}; \quad K_{oc}(p) = \frac{k_{oc}}{T_{oc}P + 1}.$$

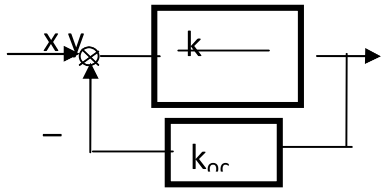
Гибкие ООС (ГООС) действуют только в переходном режиме (пропускают высокочастотные составляющие сигнала и не пропускают низкочастотных).

В качестве ГООС используются следующие звенья:

$$K_{oc}(p) = k_{oc}\,p; \quad K_{oc}(p) = \frac{k_{oc}\,p}{T_{oc}P + 1}.$$

Рассмотрим влияние обратной связи на параметры звеньев (к и Т).

Пример 2. Для заданной системы (рис.8). Определить влияние ЖООС на параметры звеньев.



Решение: Передаточная функция замкнутой системы равна:

$$K_3(p)=\frac{k}{(Tp+1)\left[1+\frac{kk_{oc}}{Tp+1}\right]}=\frac{k}{Tp+1+kk_{oc}}=\frac{k_0}{T_0 p+1};$$

$$k_0=\frac{k}{(1+kk_{oc})}; \quad T_0=\frac{T}{1+kk_{oc}}.$$

Охват инерционного звена ЖООС уменьшает постоянную времени звена и его коэффициент усиления.

Задание: исследовать последовательную коррекцию системы автоматического управления

Литература:

1. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования – 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2018. – 256с.
2. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования – 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2018. – 352
3. Шишмарев В.Ю. Типовые элементы систем автоматического управления: Учебник для сред. проф. Образования / Владимир Юрьевич Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 304 с.

Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий

Лабораторная работа №4

Тема: «Встречно-параллельная коррекция системы автоматического управления»

Цель работы: исследовать встречно-параллельную коррекцию системы автоматического управления

Тип урока – лабораторное занятие.

Методы обучения – репродуктивный и поисковый

Ход работы:

Выяснить причины возникновения перерегулирования и колебаний в замкнутых системах автоматического регулирования при ступенчатом входном воздействии. Установить зависимости перерегулирования от инерционности обратной связи.

Задание к работе

k1 = 3, k2 = 1 для всех вариантов

Вариант	T1, c	T2, c	T3, c
1 – 1 1 – 2 1 – 3	0,104 0,104 0,156	0,10 0,40 0,10	1,540 0,088 0,176
2 – 1 2 – 2 2 – 3	0,412 0,812 0,412	0,025 0,025 0,100	1,540 0,088 0,176
3 – 1 3 – 2 3 – 3	0,208 0,812 0,208	0,05 0,05 0,05	1,540 0,088 0,176
4 – 1 4 – 2 4 – 3	0,208 0,812 0,412	0,05 0,10 0,05	0,740 0,176 0,264

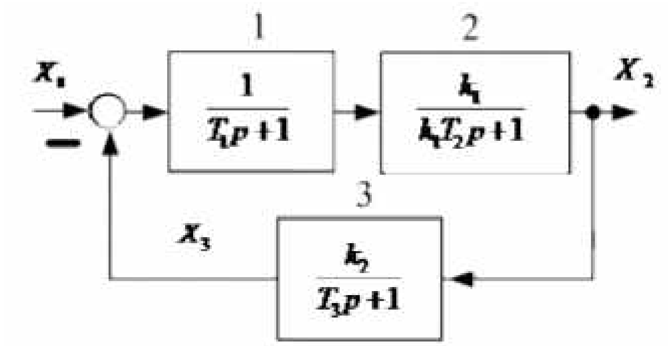


Рис. 1. Структурная схема и параметры САУ к лабораторной работе № 4

Программа самостоятельной работы

1. По заданным параметрам своего варианта (рис. 1) построить точные ЛАЧХ и ЛФЧХ САУ.

2. По результирующей ЛАЧХ построить переходную функцию и определить основные показатели регулирования.

3. Данные расчётов свести в таблицу рис. 4.

Программа работы в лаборатории

1. Собрать исследуемую систему на наборном поле.

2. На экране компьютера снять и построить переходные процессы при единичном ступенчатом входном воздействии, определить показатели этих процессов и занести их в таблицы рис. 4 (см. п. 1.2.2).

3. По кривым переходного процесса своего варианта и двух других вариантов своей бригады оценить влияние постоянной времени цепи ОС на характер переходного процесса в САУ.

Исследуемая система (рис. 1) состоит из трёх апериодических звеньев, входящих в прямой канал (звенья 1 и 2) и в обратную связь (звено 3). Характерной особенностью таких систем является склонность их к перерегулированию и колебаниям. При определённом сочетании параметров в подобных системах могут возникнуть незатухающие или расходящиеся колебания, т. е. система может стать неустойчивой.

Для построения результирующей ЛЧХ встречно-параллельно соединённых звеньев можно воспользоваться следующей методикой.

Пусть имеются встречно-параллельно соединённые звенья с передаточной функцией прямого канала W1(p) и передаточной функцией W2(p) канала ОС (рис. 6 а). Таким образом, известны АФЧХ прямого канала $W_1(j\omega) = A_1(\omega)e^{j\varphi_1(\omega)}$ и соответственно ЛЧХ – $L_1(\omega)$ и $\varphi_1(\omega)$. АФЧХ канала обратной связи $W_2(j\omega) = A_2(\omega)e^{j\varphi_2(\omega)}$ и соответственно ЛЧХ – $L_2(\omega)$ и $\varphi_2(\omega)$.

Понятие обратных частотных характеристик звена обратной связи следующее:

– обратная АЧХ $A_2^{-1}(\omega) = 1/A_2(\omega)$;

– обратная ФЧХ $\varphi_2^{-1}(\omega) = -\varphi_2(\omega)$;

– обратная ЛАЧХ $L_2^{-1}(\omega) = -L_2(\omega)$.

Таким образом, обратные ЛЧХ являются зеркальным отображением прямых ЛЧХ относительно оси абсцисс (оси lgw).

Известно, что передаточная функция встречно-параллельного соединения звеньев с ООС определяется соотношением

$$W(p) = \frac{W_1(p)}{1 + W_1(p) \cdot W_2(p)}, \qquad (2.1)$$

для частотных характеристик

$$W(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)} = \frac{W_1(j\omega)}{1 + W_1(j\omega) \cdot W_2(j\omega)} = \frac{A_1(\omega)e^{j\varphi_1(\omega)}}{1 + A_1(\omega) \cdot A_2(\omega)e^{j[\varphi_1(\omega)+\varphi_2(\omega)]}}. \qquad (2.2)$$

В общем случае в некоторой области частот может соблюдаться соотношение $A_p(\omega) = A_1(\omega) \cdot A_2(\omega) < 1$, или $A_p(\omega) = \frac{A_1(\omega)}{A_2^{-1}(\omega)} < 1$, т. е. $L_1(\omega)$ лежит ниже $L_2^{-1}(\omega)$.

Тогда уравнение (2.2) можно представить в виде

$$W_p(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)} = \frac{A_1(\omega)e^{j\varphi_1(\omega)}}{1 + A_p(\omega)e^{j\varphi_p(\omega)}}. \qquad (2.3)$$

Очевидно, что в знаменателе дроби стоит выражение, мало отличающееся от единицы.

В оставшейся области частот $A_p(\omega) = A_1(\omega) \cdot A_2(\omega) > 1$, или $A_p^{-1}(\omega) = \frac{A_2^{-1}(\omega)}{A_1(\omega)} < 1$, т. е. $L_2^{-1}(\omega)$ лежит ниже $L_1(\omega)$.

Тогда, представив уравнение (2.2) в виде

$$W(j\omega) = A(\omega)e^{j\varphi(\omega)} = \frac{A_2^{-1}(\omega)e^{j\varphi_2^{-1}(\omega)}}{1 + A_p^{-1}(\omega)e^{j\varphi_p^{-1}(\omega)}}, \qquad (2.4)$$

можно снова отметить, что в знаменателе дроби стоит выражение, мало отличающееся от единицы.

Таким образом, результирующая АФЧХ встречно-параллельно соединённых звеньев с ООС идёт по АФЧХ прямого канала в области частот, где $A_1(\omega) < A_2^{-1}(\omega)$ и по обратной АФЧХ канала ОС в области частот, где $A_2^{-1}(\omega) < A(\omega)$ с учётом поправочного коэффициента, равного в первом случае

$$\frac{1}{1 + A_p(\omega)e^{j\varphi_p(\omega)}} \quad \text{и} \quad \frac{1}{1 + A_p^{-1}(\omega)e^{j\varphi_p^{-1}(\omega)}} \qquad (2.5)$$

во втором.

Переходя к ЛЧХ, последнее можно сформулировать следующим образом.

Результирующая ЛЧХ встречно-параллельного соединенных звеньев с ООС идёт по ЛЧХ прямого канала в области частот, где $L_1(\omega)$ лежит ниже $L_2^{-1}(\omega)$, и по обратной ЛЧХ канала ОС в области частот, где $L_2^{-1}(\omega)$ лежит ниже $L_1(\omega)$, за вычетом координат поправок, т. е.

$$L(\omega) = L_1(\omega) - L_П(\omega), \qquad \varphi(\omega) = \varphi_1(\omega) - \varphi_П(\omega)$$

$$\text{или} \quad L(\omega) = L_2^{-1}(\omega) - L_П(\omega), \qquad \varphi(\omega) = \varphi_2^{-1}(\omega) - \varphi_П(\omega).$$

<u>Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий</u>

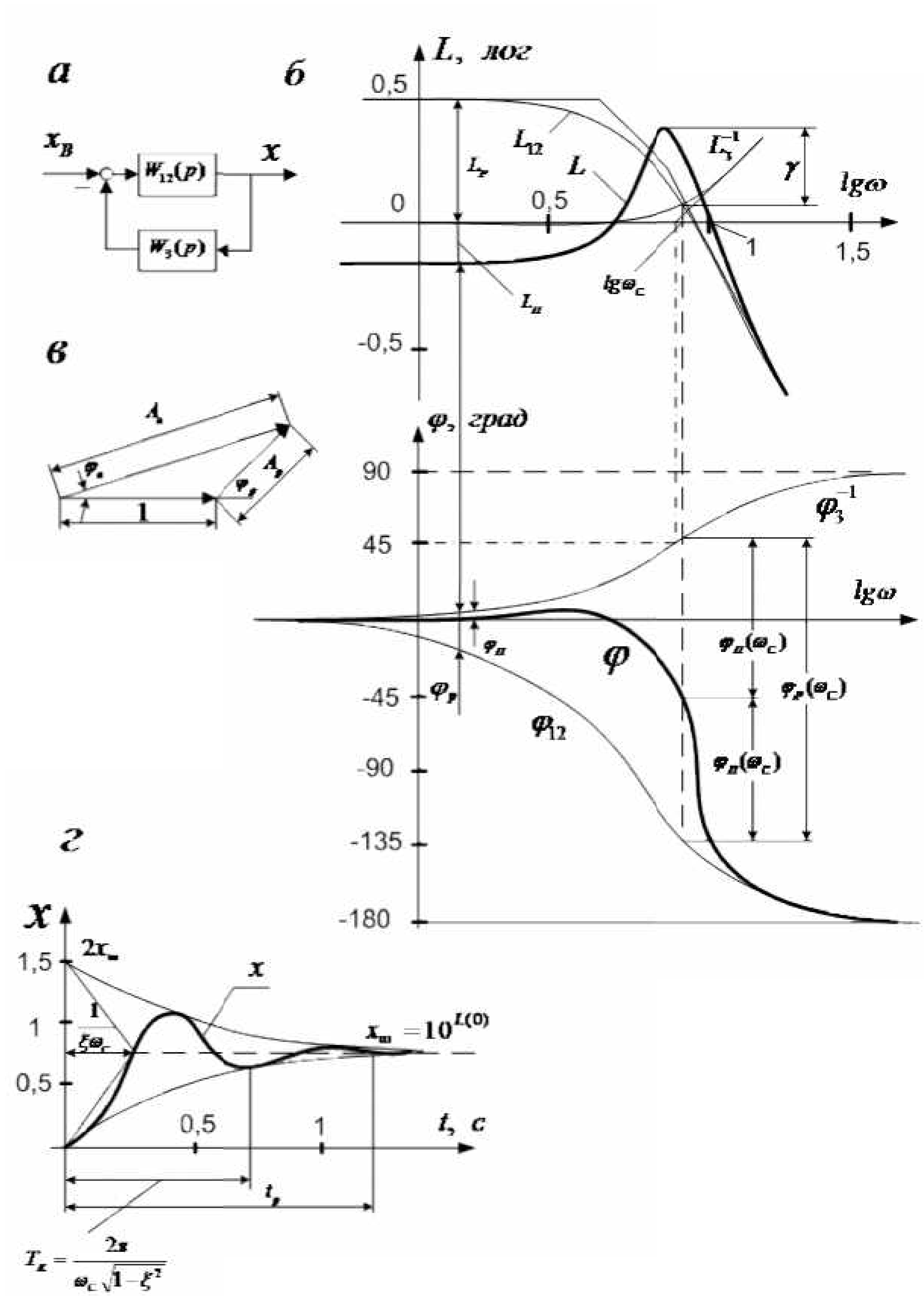


Рис. 6. Структурная схема (а), ЛЧХ (б), поправочный вектор (в) и переходная функция (г) САУ

Нахождение поправочного вектора

Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий

$$A_П(\omega)e^{j\varphi_П(\omega)} = 1 + A_p(\omega)e^{j\varphi_p(\omega)} \text{ или } A_П(\omega)e^{j\varphi_П(\omega)} = 1 + A_p^{-1}(\omega)e^{j\varphi_p^{-1}(\omega)}$$, (2.6)

иллюстрируется векторной диаграммой (рис. 6 в).

Для удобства нахождения поправочных координат на рис. 7 приведена номограмма, в которой вместо абсолютных значений амплитуд $A_p(A_p^{-1})$ и $A_П$, даны их логарифмы, т. е. $L_p(L_p^{-1})$ и $L_П$.

Таким образом, для построения результирующей ЛЧХ встречно-параллельно соединённых звеньев (рис. 6 б) необходимо:

– построить $L_{12}(\omega), \varphi_{12}(\omega)$ прямого канала и $L_3^{-1}(\omega), \varphi_3^{-1}(\omega)$ канала ОС;

– задавшись частотой wi , определить $L_p(\omega_i)\left[L_p^{-1}(\omega_i)\right]$ как расстояния между $L_{12}(\omega_i)$ и $L_3^{-1}(\omega_i)$, а $\varphi_p(\omega_i)\left[\varphi_p^{-1}(\omega_i)\right]$ как расстояние между $\varphi_{12}(\omega_i)$ и $\varphi_3(\omega_i)$ (рис. 6 б);

– по $L_p(\omega_i)\left[L_p^{-1}(\omega_i)\right]$ и $\varphi_p(\omega_i)\left[\varphi_p^{-1}(\omega_i)\right]$ в номограмме рис. 7 найти LП(wi) и jП(wi). Lp(w) отложены в кружках по центру номограммы; jp(w) – на концах лучей, исходящих из центра нижней линии номограммы; LП(w) – в кружках на окружностях с центром в левом нижнем углу; j П(w) – на концах лучей, исходящих из левого нижнего угла номограммы (рис. 7);

– значение LП(wi) отнимается от значения L12(wi) или L3(wi), лежащих ниже относительно друг друга, с учётом знака поправки, полученной по номограмме;

– значение jП(wi) откладывается от фазы звена, ЛАЧХ (или обратная ЛАЧХ) которого лежит ниже. jП(wi) откладывается всегда вовнутрь пространства, лежащего между j12(w) и j3-1(w);

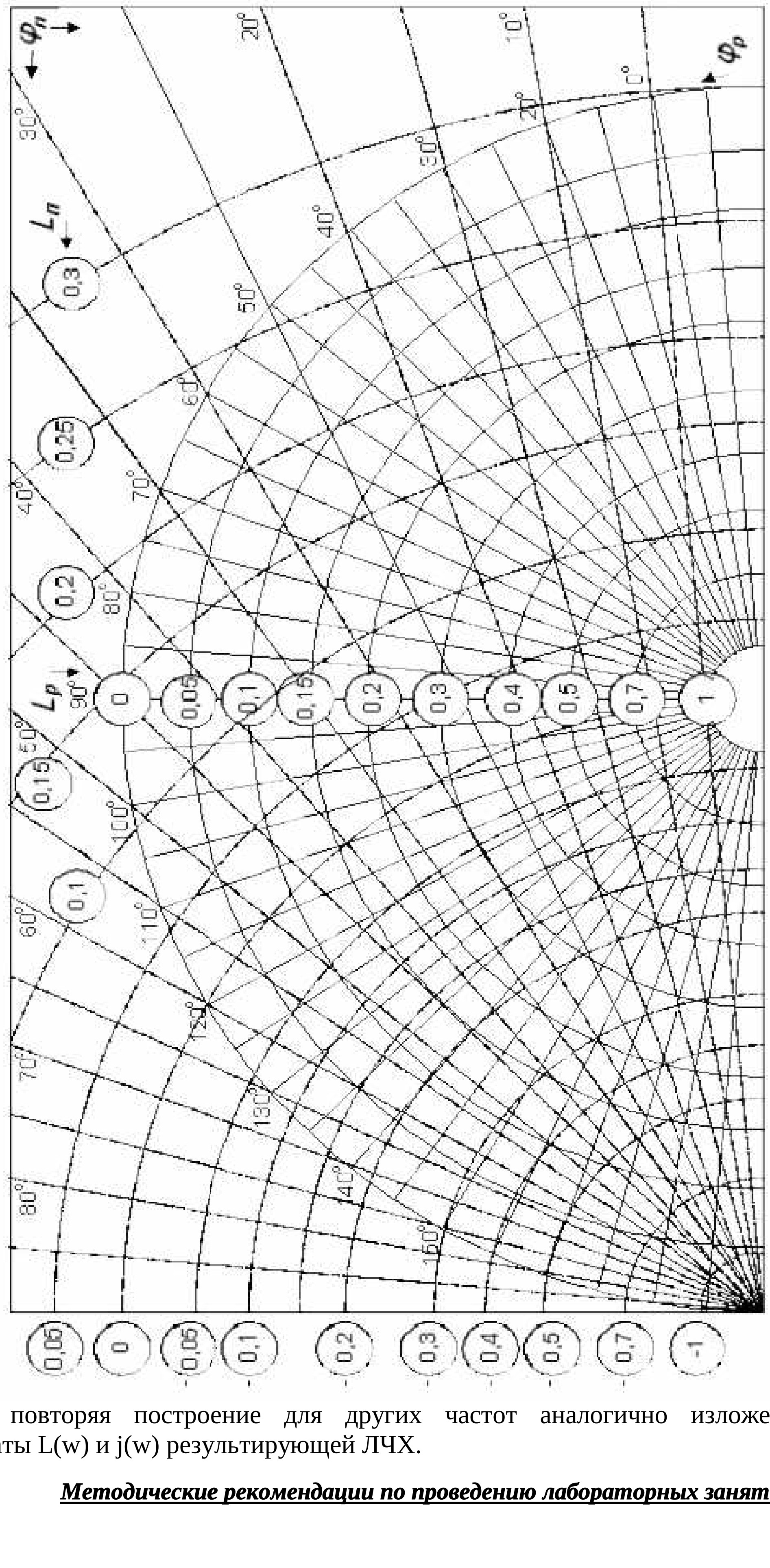


Рис 8. Номограмма для построения ЛЧХ при встречно-параллельном соединении звеньев

– повторяя построение для других частот аналогично изложенному, находят координаты L(w) и j(w) результирующей ЛЧХ.

<u>Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий</u>

Наибольшие поправки будут в частоте пересечения $L_{12}(\omega)$ и $L_3^{-1}(\omega)$ – частоте среза wC замкнутого контура. Действительно, при этой частоте $A_p(\omega_C) = A_p^{-1}(\omega_C) = 1$, $L_p(\omega_C) = L_p^{-1}(\omega_C) = 0$ и величина поправки будет полностью определяться фазой $\phi_p(\omega_C)$. При $|\phi_p(\omega_C)| = 90^\circ$ поправка будет 0,15 лог, что соответствует поправке аппроксимированного апериодического звена, т. е. в этом случае переходный процесс будет иметь апериодический характер, время регулирования составит примерно (3 – 4)/wC. При $|\phi_p(\omega_C)| = 120^\circ$ поправка в частоте wC равна нулю – процесс может иметь перерегулирование 18–25 % и колебательность 1–2 колебания.

В пределе при $|\phi_p(\omega_C)| = 180^\circ$ система находится на грани устойчивости, и в ней возникают незатухающие колебания с частотой wC. Амплитуда поправки при этом равна нулю, а $L_H = -\infty$, т. е. результирующая ЛАЧХ имеет бесконечное возрастание (разрыв) в частоте среза.

Установившееся значение регулируемой величены определяется значением результирующей ЛАЧХ в области малых частот (при w = 0 в пределе), поэтому следует обратить внимание на определение поправок в области низких частот. Если учесть, что $L(0) = \lg A(0)$, то правильность нахождения поправок при w = 0 можно проверить определением A(0), придавая в формуле (2.2) w = 0 (или полагая в формуле (2.1) p= 0).

В данной работе исследуется устойчивая система. При этом варианты для членов бригады подобраны так, что подъём результирующей ЛАХ в одном случае почти отсутствует, в другом варианте он в основном определяется инерционностью ОС, в третьем варианте он появляется в основном за счёт поправок. Первому случаю соответствует монотонный переходный процесс, второму – переходный процесс с большим перерегулированием, третьему – колебательный переходный процесс.

Переходный процесс в первых двух случаях может быть построен по методике, описанной в п. 2.1.3 (рис. 4). В третьем случае переходный процесс может быть построен, если САУ представить эквивалентным колебательным звеном второго порядка. При этом частота $\omega_K = \omega_C\sqrt{1-\xi^2}$ (период TK = 2p/wK) и постоянная затухания $T_3 = \frac{1}{\omega_C \xi}$ зависят от коэффициента демпфирования x. По аналогии с колебательным звеном x может быть определён высотой g всплеска ЛАЧХ типа L (рис. 7, б), т. е. $\xi = 10^{-\gamma}/2$. Построение приближённой кривой переходного процесса (рис. 7 г) сводится к построению огибающих с подкасательной Tз и вписанных между огибающими колебаний X с периодом TK.

<u>Вопросы для самопроверки:</u>

1. Как построить результирующие ЛЧХ при встречно-параллельном соединении звеньев?
2. При каких условиях в замкнутой САУ возникают колебания выходной величины?
3. С помощью ЛЧХ пояснить влияние значения ТОС на качество переходного процесса.

<u>Литература</u>:

1. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования – 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2018. – 256с.
2. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования – 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2018. – 352

<u>Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий</u>

3. Шишмарев В.Ю. Типовые элементы систем автоматического управления: Учебник для сред. проф. Образования / Владимир Юрьевич Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 304 с.

Лабораторная работа №5

Тема: «Согласно-параллельная коррекция системы автоматического управления»

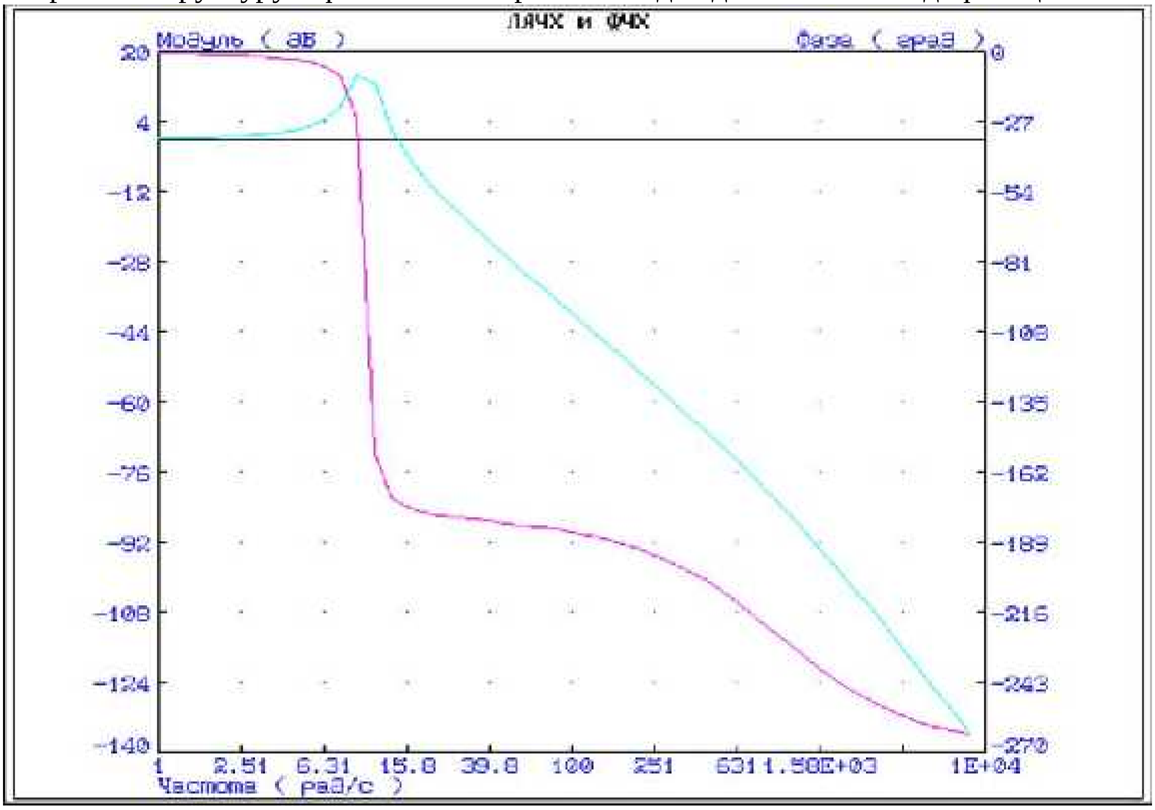
Цель работы: исследовать согласно-параллельную коррекцию системы автоматического регулирования

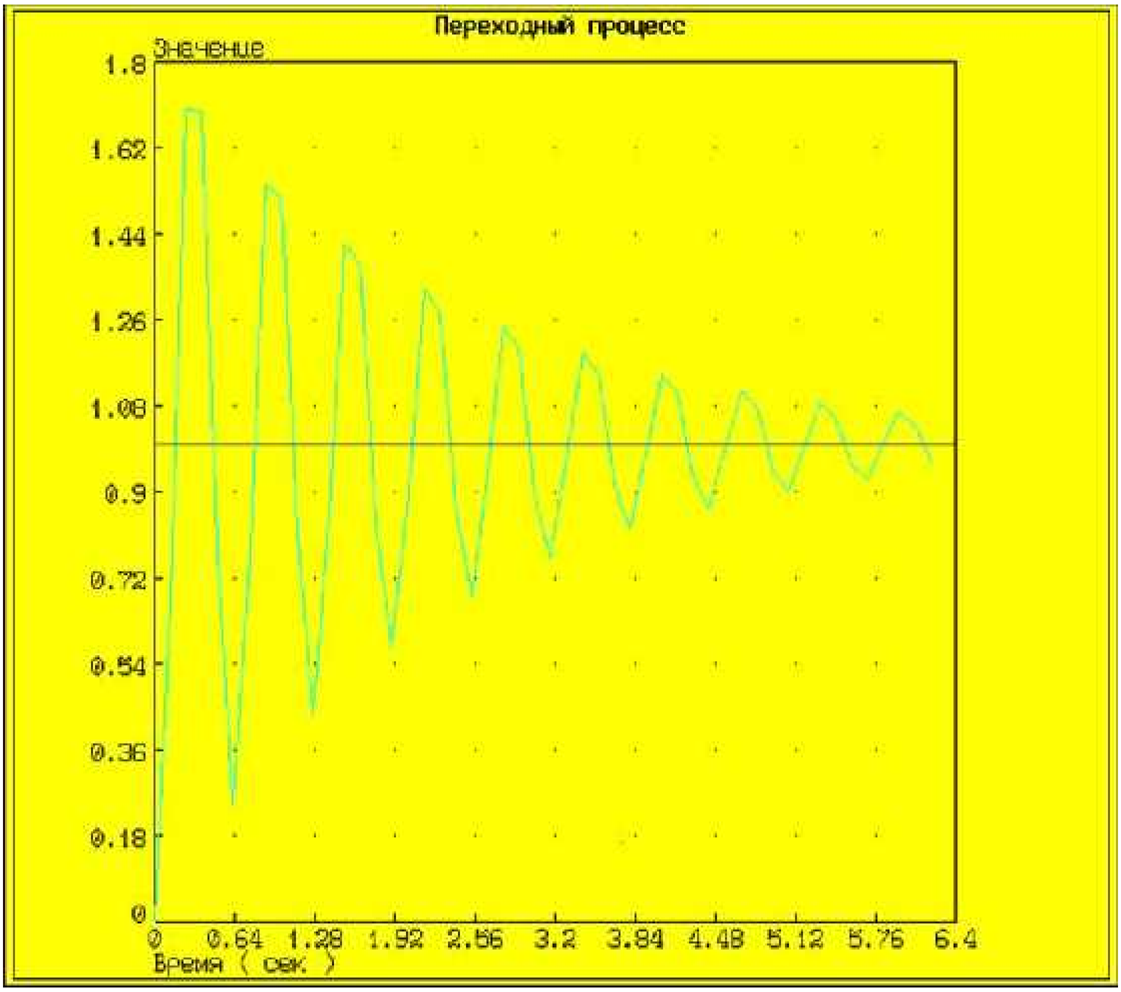
Тип урока – лабораторное занятие.

Методы обучения – репродуктивный и поисковый

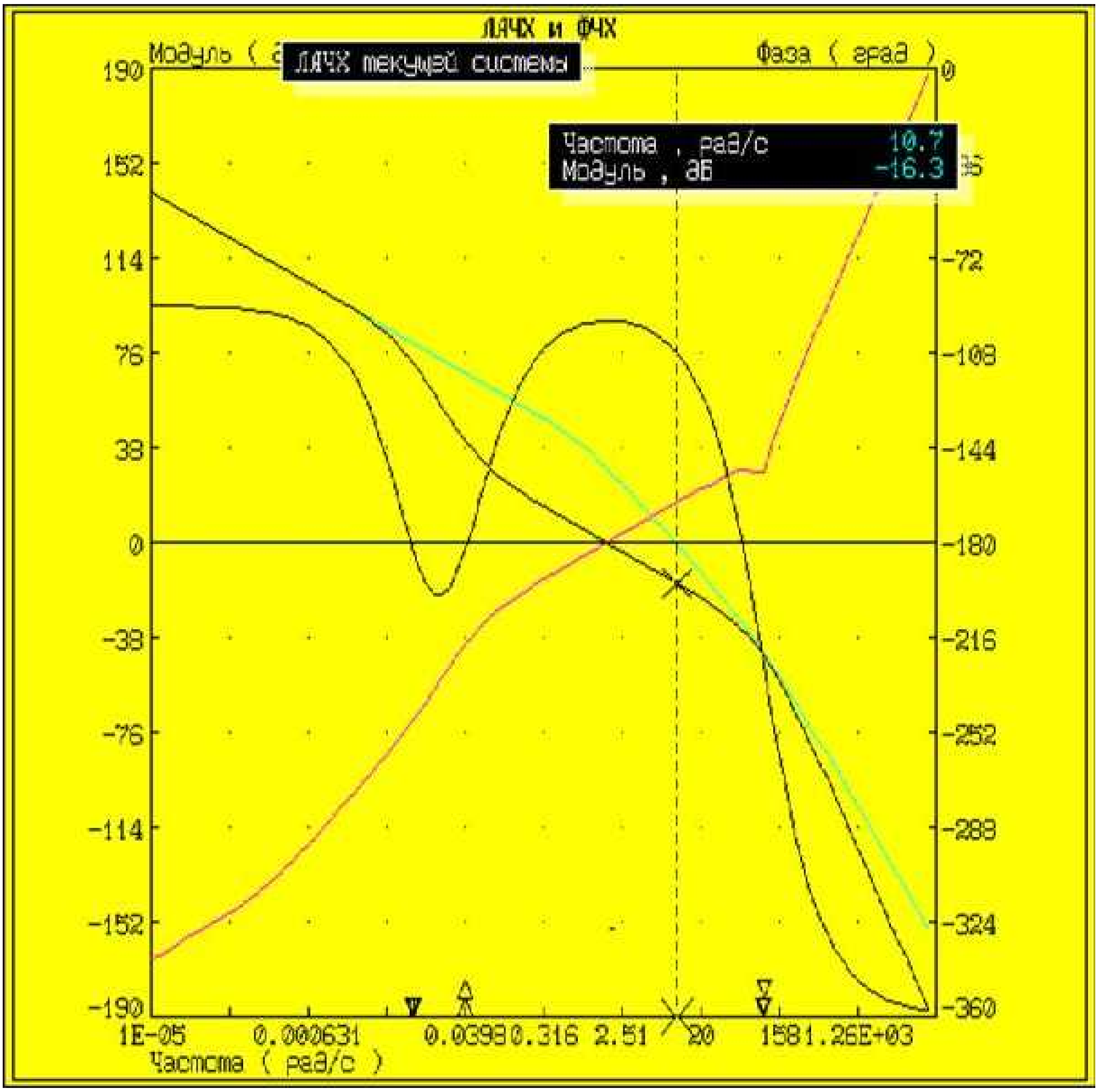
Ход работы:

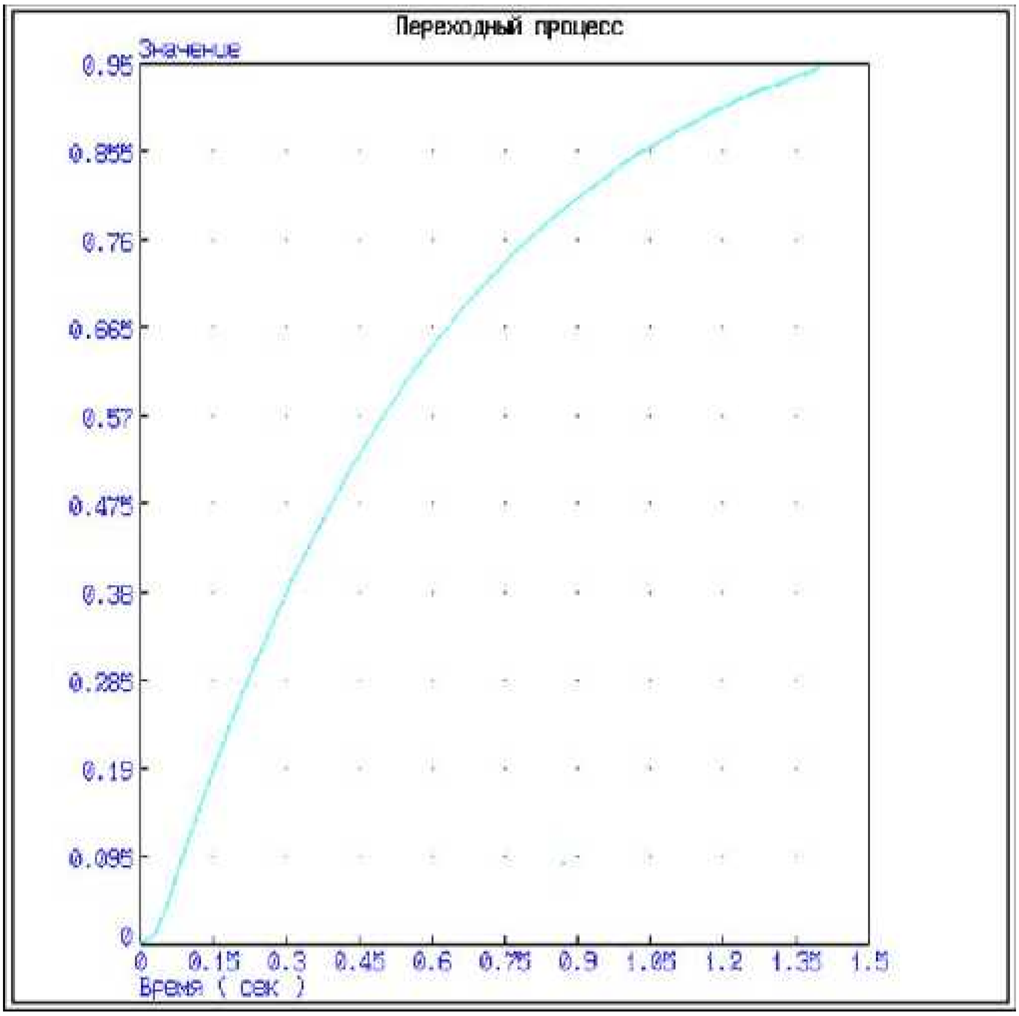
Сформировать структуру замкнутой САУ, состоящей из идеального интегратора и двух апериодических звеньев первого порядка с постоянными времени T1=1, T2=0.01, K1 =100. Общий коэффициент усиления разомкнутой САУ 100 . Ввести главную обратную связь и параллельную корректирующую цепь с W(s)=0. Выполнить анализ характеристик замкнутой САУ. Сохранить структуру в файле и скопировать ее для дальнейших модификаций.



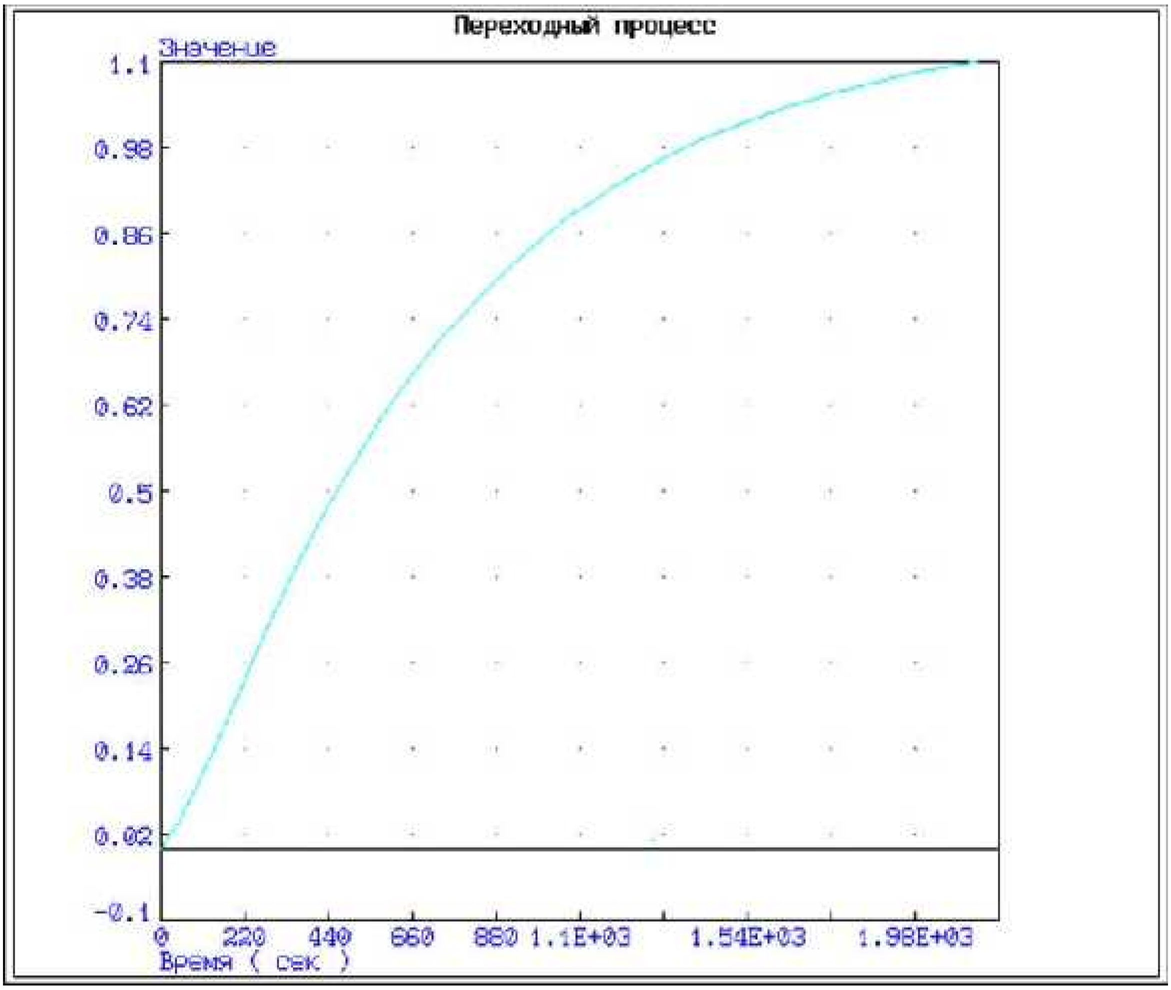


2. В режиме "Частотный синтез" проанализировать ЛЧХ исходной системы и сформировать желаемую ЛЧХ с частотой единичного усиления около 1. Записать полученную передаточную функцию в модель системы. Произвести расчет переходного процесса скорректированной САУ.

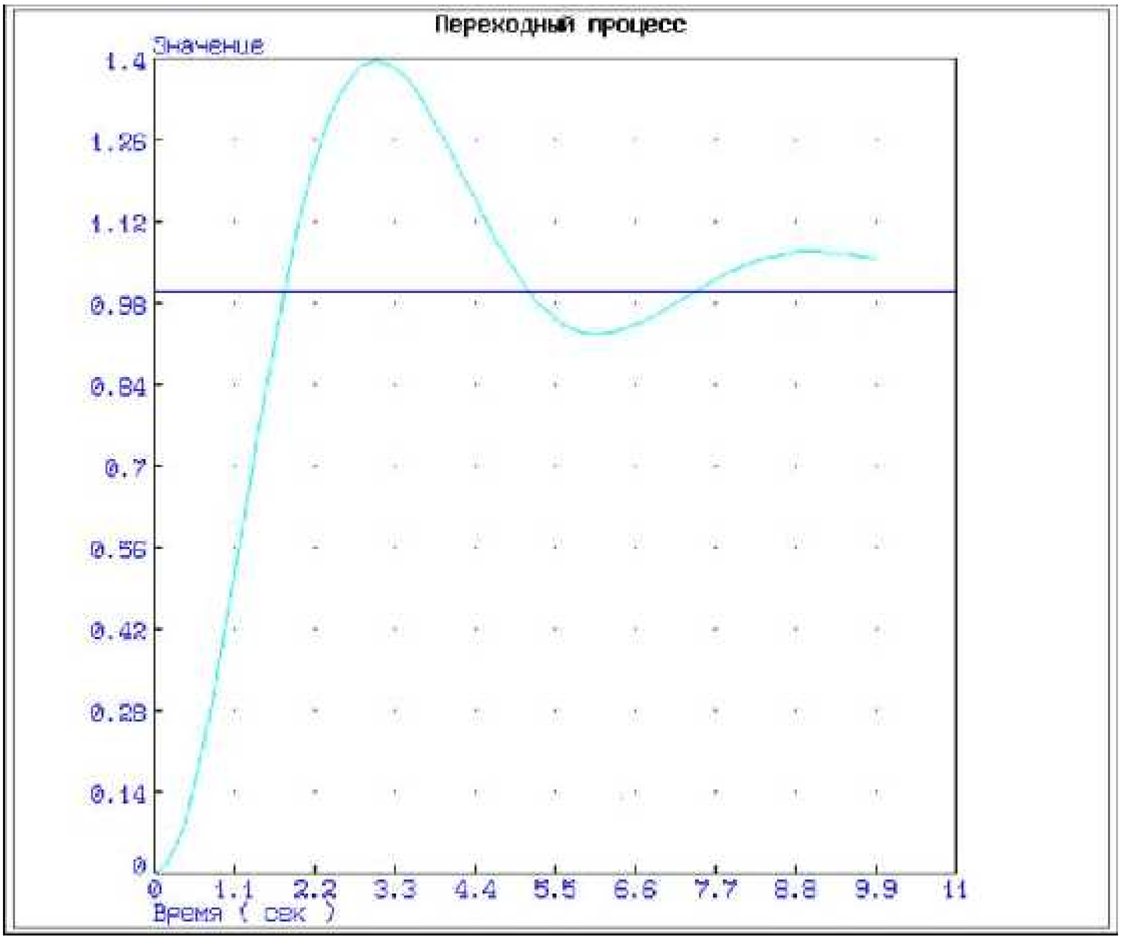

ЛАЧХ и ФЧХ
Модуль (
ЛАЧХ текущей системы
Фаза (град)
Частота , рад/с 10.7
Модуль , дБ -16.3
190
152
114
76
38
0
-38
-76
-114
-152
-190
0
-72
-108
-144
-180
-216
-252
-288
-324
-360
1E-05
0.000631
0.0398
0.316
2.51
20
158
1.26E+03
Частота (рад/с)



3. Повторить синтез корректора, обеспечив совпадение желаемой ЛЧХ с высокочастотной частью ЛЧХ исходной системы. Записать полученную передаточную функцию в модель системы. Произвести расчет переходного процесса скорректированной САУ.

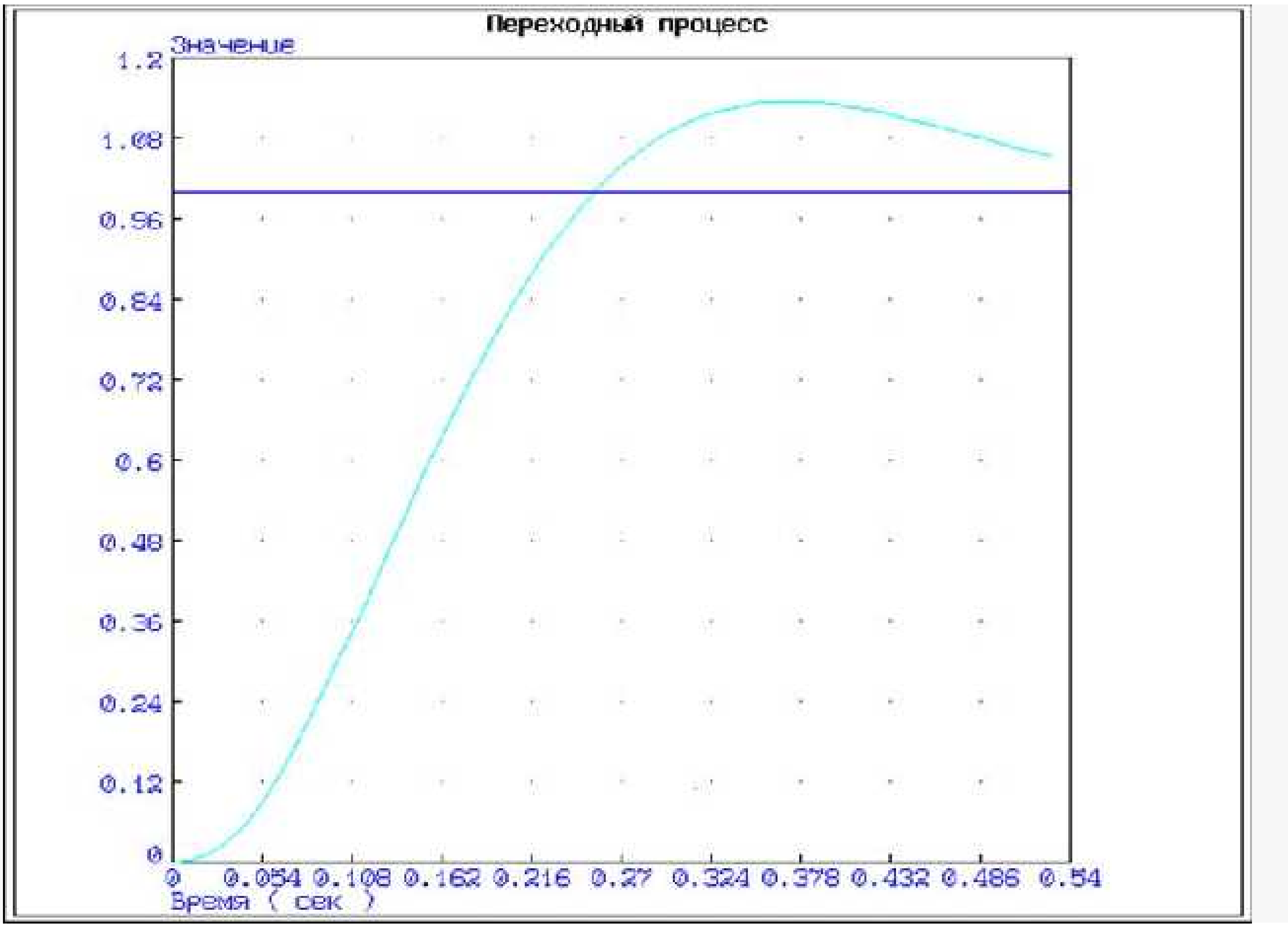


4. Изменить структуру системы, охватив корректирующей цепью только апериодический усилитель. Выполнить синтез корректора и записать полученную передаточную функцию в модель системы. Произвести расчет переходного процесса скорректированной САУ.



5. Изменить структуру системы, охватив корректирующей цепью интегратор. Выполнить синтез корректора и записать полученную передаточную функцию в модель системы. Произвести расчет переходного процесса скорректированной САУ.

6. Для структуры САУ, сформированной в п.1, осуществить коррекцию параллельной отрицательной обратной связью по ускорению W(s)=ks2 /(Ts+1). Не используя режим частотного синтеза определить параметры корректора, обеспечивающие апериодический или близкий к нему характер переходного процесса.. Сравнить передаточные функции корректора с результатами частотного синтеза.



<u>Задание:</u> исследовать согласно-параллельная коррекция системы автоматического управления

<u>Литература</u>:

1. Александровская А.Н. Автоматика: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования – 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2018. – 256с.

2. Шишмарёв В.Ю. Автоматизация технологических процессов : учебник для студ. учреждений сред. проф. образования – 3-е изд., стер – М.: «Издательский центр «Академия», 2018. – 352

3. Шишмарев В.Ю. Типовые элементы систем автоматического управления: Учебник для сред. проф. Образования / Владимир Юрьевич Шишмарев. – М.: Издательский центр «Академия», 2018. – 304 с.

<u>Методические рекомендации по проведению лабораторных занятий</u>