

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

“ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТИПОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ”

1. Цель работы

Изучение моделей и характеристик основных типовых динамических звеньев систем управления.

2. Краткие теоретические сведения

Элементы, используемые в системах автоматического управления, могут иметь самые различные принципы действия, физическую природу и конструктивное исполнение. Для упрощения анализа и синтеза САУ все эти элементы объединяются в типовые звенья по единству их математического описания. Каждому типовому звену соответствует определенного типа математическое соотношение между входной и выходной величиной. Если это соотношение является простейшим, то звено называется *элементарным*.

Звенья с математическим описанием обыкновенными дифференциальными уравнениями первого и второго порядка называются *типовыми динамическими звеньями*.

Из типовых динамических звеньев составляются алгоритмические структурные схемы систем управления. Знание характеристик типовых звеньев значительно облегчает изучение свойств таких систем.

Классификацию типовых звеньев удобно осуществить, рассматривая различные частные случаи общего дифференциального уравнения

$$a_0 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_2 y(t) = b_0 \frac{dx(t)}{dt} + b_1 x(t). \quad (1)$$

Коэффициенты уравнения (1) для каждого звена определенного типа приведены в табл. 1.

Звенья, у которых коэффициенты $a_2 \neq 0$ и $b_1 \neq 0$, обладают статизмом (однозначной связью между входной и выходной переменными в статическом режиме) и поэтому называются еще *статическими*.

Звенья, у которых $a_2 \neq 0$, $a_1 \neq 0$ и $a_0 \neq 0$ *инерционностью*. К ним относятся звенья № 2, 3, 4, 6, 8, 11, 12.

У звеньев № 1, 5 и 7 только два коэффициента не равны нулю. Они являются простейшими или элементарными. Все остальные звенья могут быть образованы из элементарных звеньев.

Таблица 1

№ п.п.	Наименование звена	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	Примечание
1	Безынерционное (пропорциональное)	0	0	1	0	k	
2	Инерционное 1-го порядка (апериодическое)	0	T	1	0	k	
3	Инерционное 2-го порядка (апериодическое)	T_2^2	T_1	1	0	k	$T_1 > 2T_2$
4	Инерционное 2-го порядка (колебательное)	T_2^2	T_1	1	0	k	$T_1 < 2T_2$
5	Идеальное интегрирующее	0	1	0	0	k	
6	Реальное интегрирующее	T	1	0	0	k	
7	Идеальное дифференцирующее	0	0	1	k	0	
8	Реальное дифференцирующее	0	T	1	k	0	
9	Изодромное (пропорционально-интегрирующее)	1	1	0	k_1	k	
10	Форсирующее (пропорционально-дифференцирующее)	0	0	1	k_1	k	
11	Интегро-дифференцирующее с преобладанием интегрирующих свойств	0	T	1	k_1	k	$k_1/k < T$
12	Интегро-дифференцирующее с преобладанием дифференцирующих свойств	0	T	1	k_1	k	$k_1/k > T$

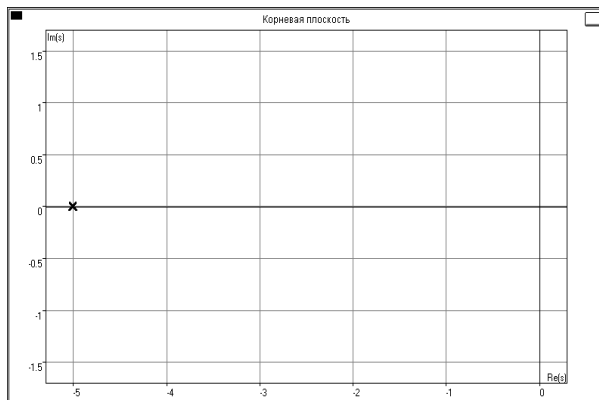
Характеристики основных типовых динамических звеньев приведены на рис. 1 – 5.

На рисунках обозначены характеристики:

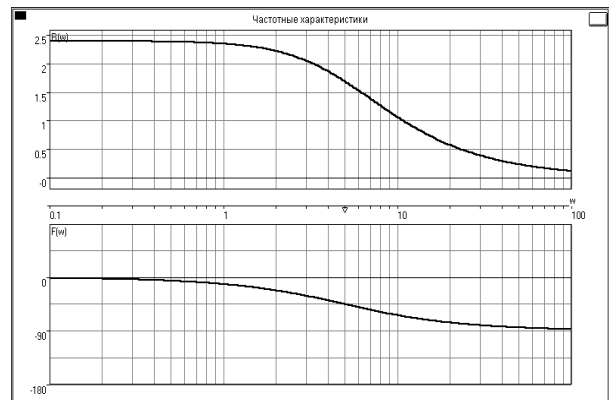
а – нули и полюсы передаточной функции,

б – амплитудная и фазовая частотные характеристики,

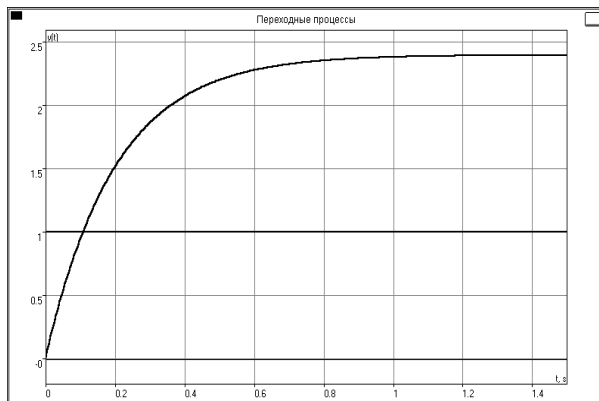
в – переходная характеристика,
 г – логарифмические амплитудная и фазовая частотные характеристики,
 д – импульсная переходная функция,
 е – амплитудно-фазовая характеристика.



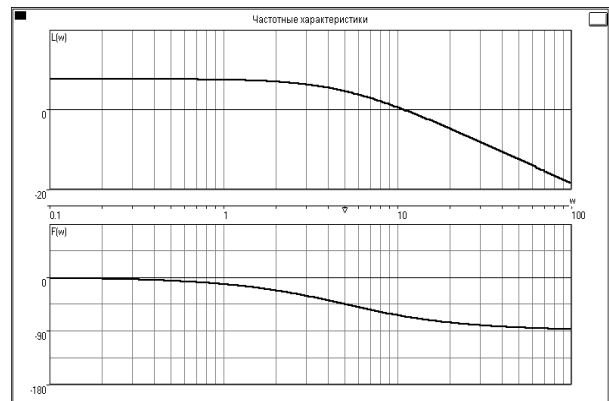
а



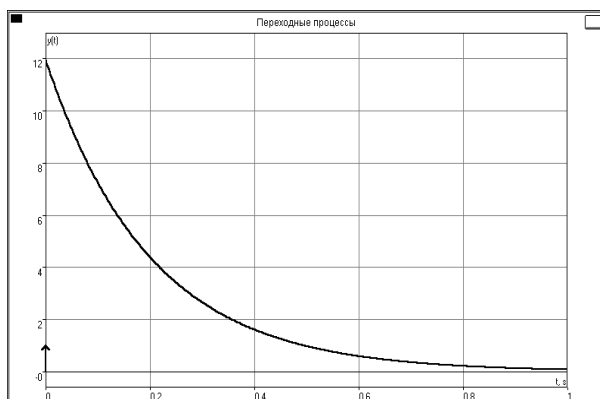
б



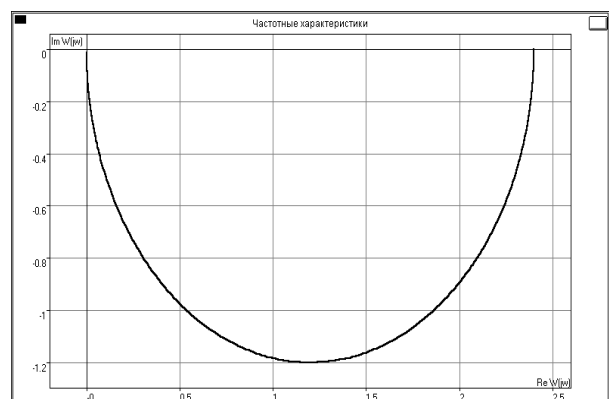
в



г

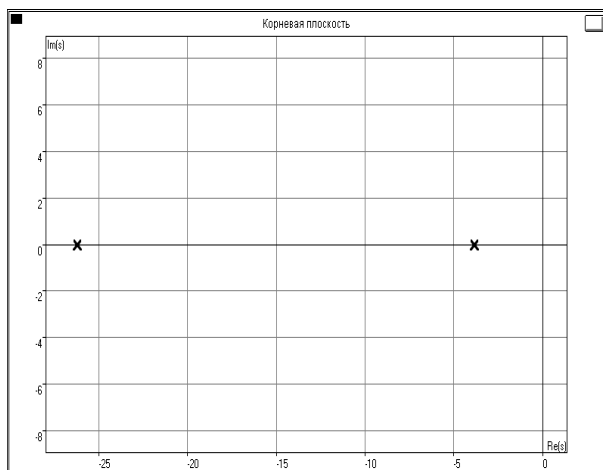


д

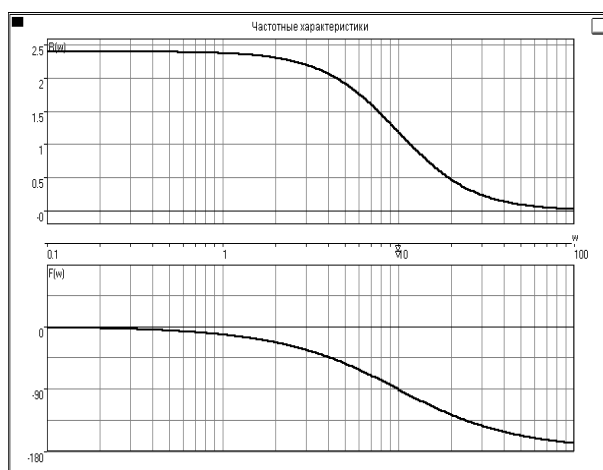


е

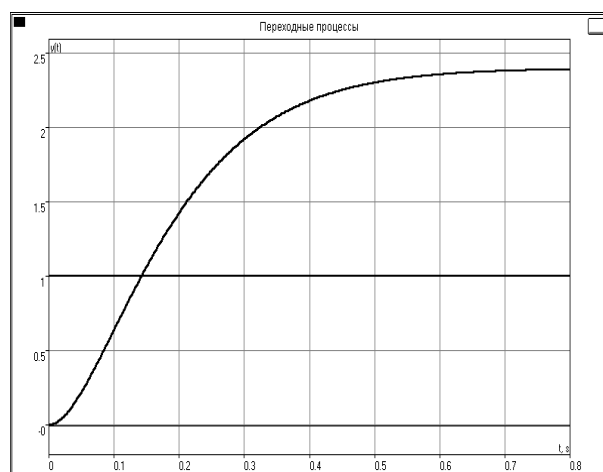
Рис. 1. Характеристики апериодического звена первого порядка



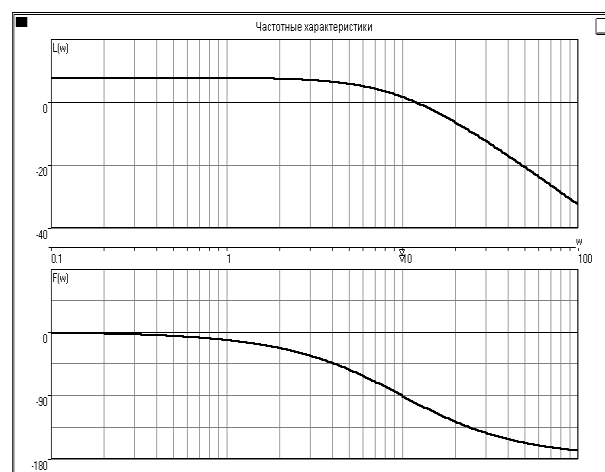
а



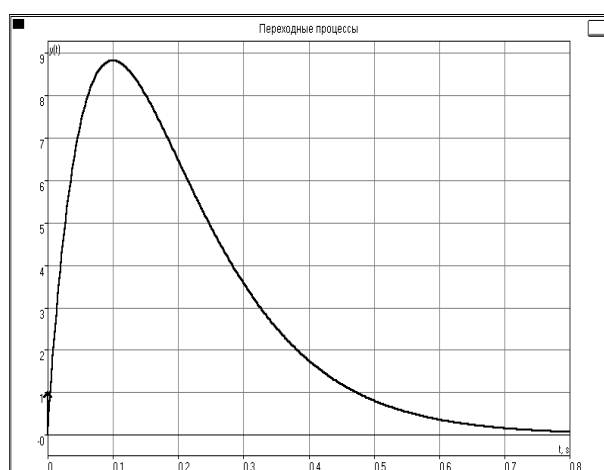
б



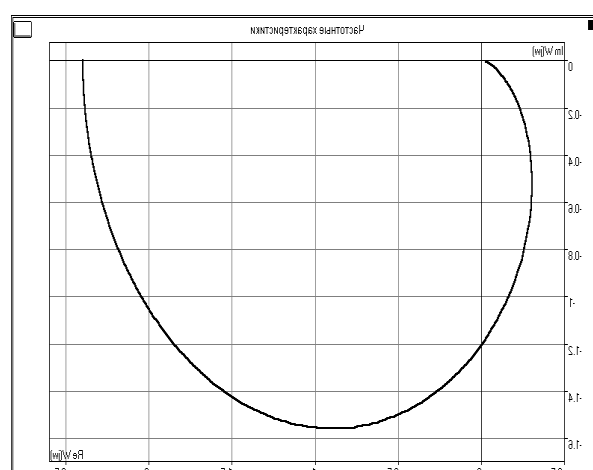
в



г

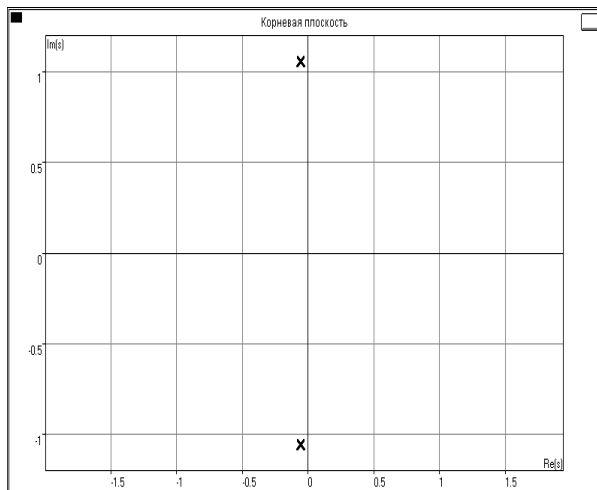


д

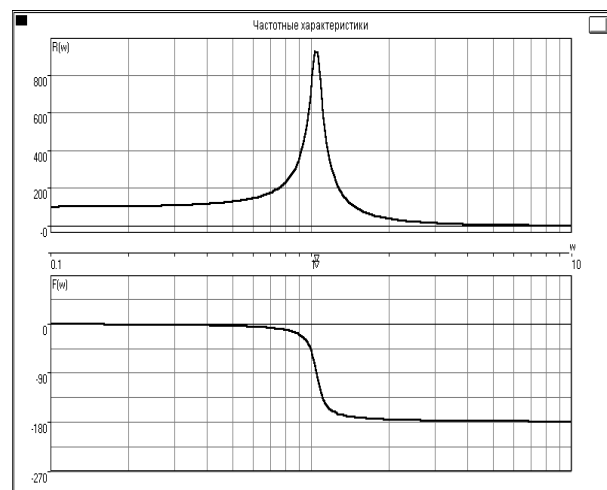


е

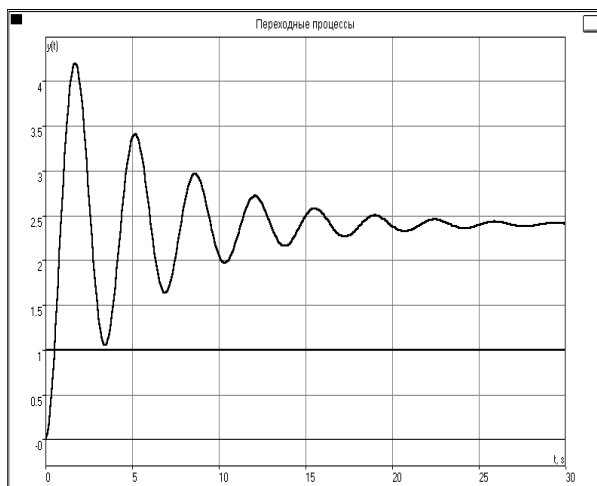
Рис. 2. Характеристики апериодического звена второго порядка



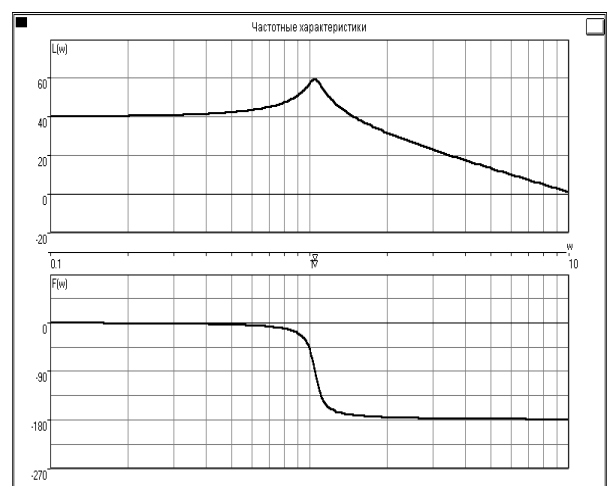
а



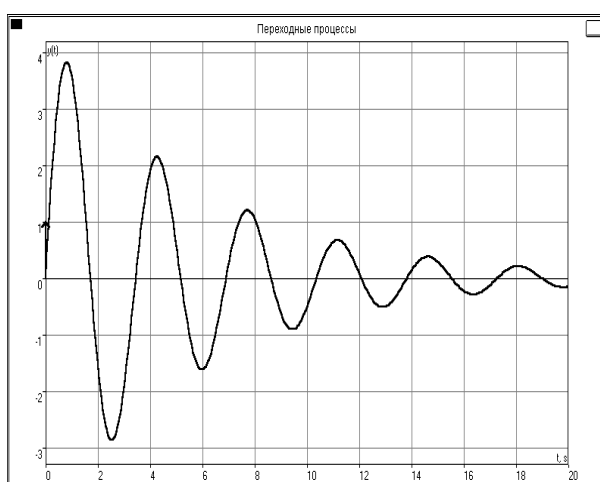
б



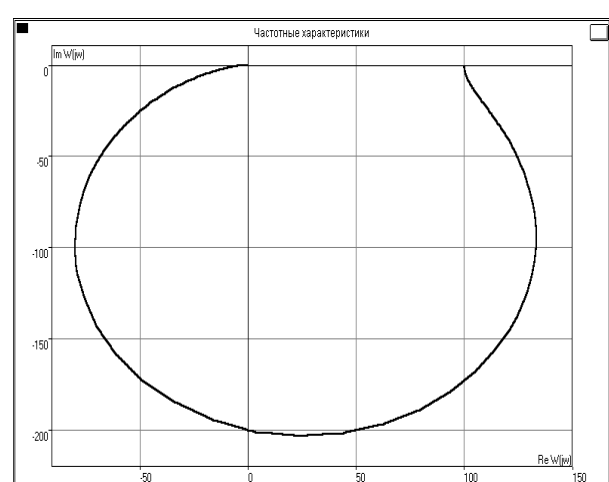
в



г

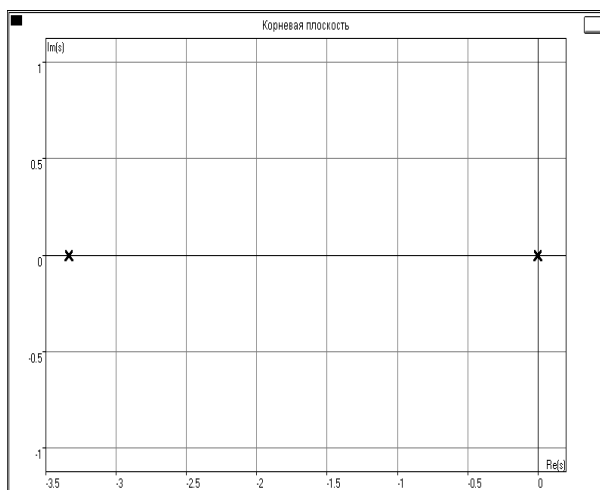


д

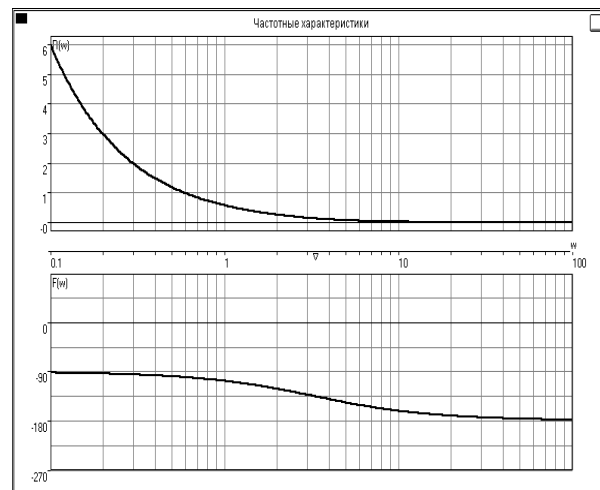


е

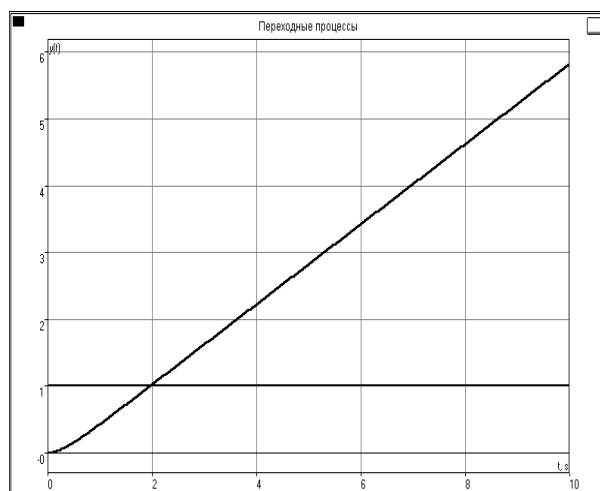
Рис. 3. Характеристики колебательного звена второго порядка



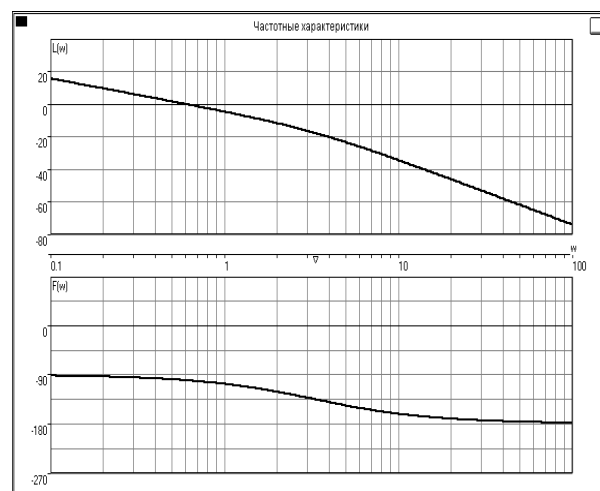
а



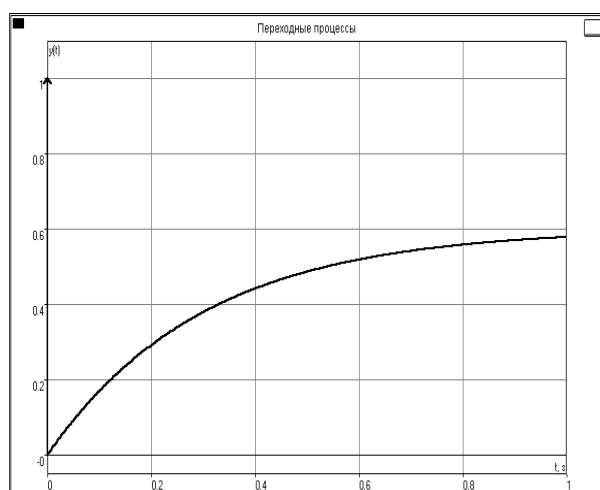
б



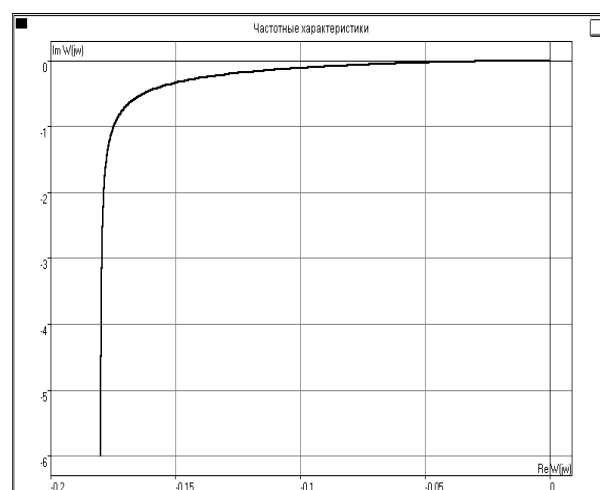
в



г

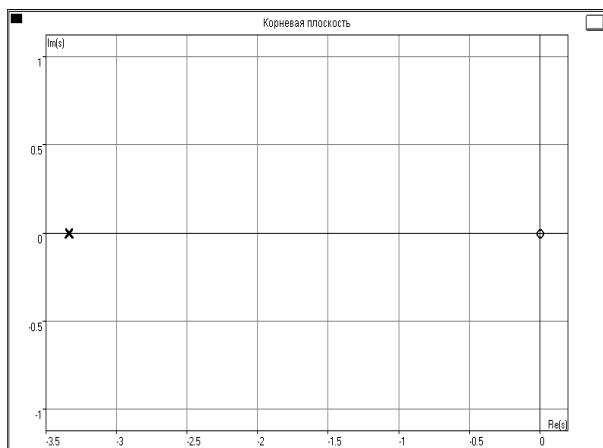


д

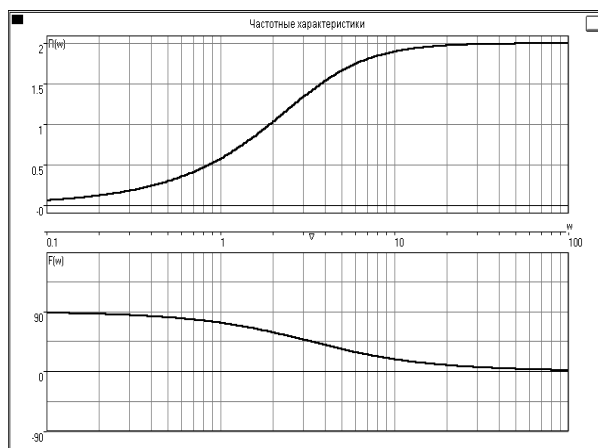


е

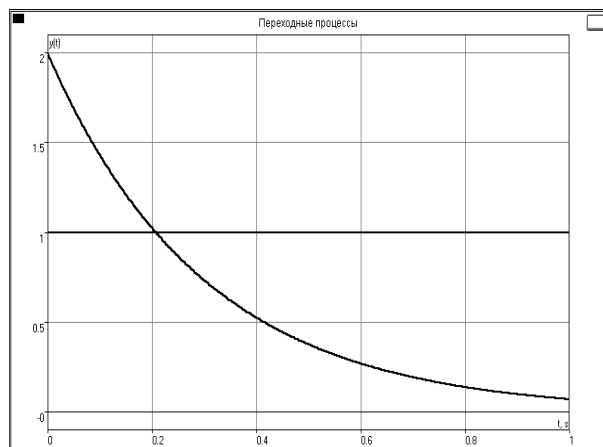
Рис. 4. Характеристики реального интегрирующего звена



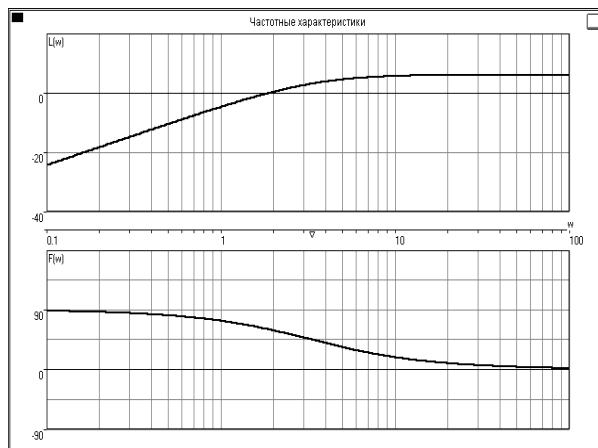
а



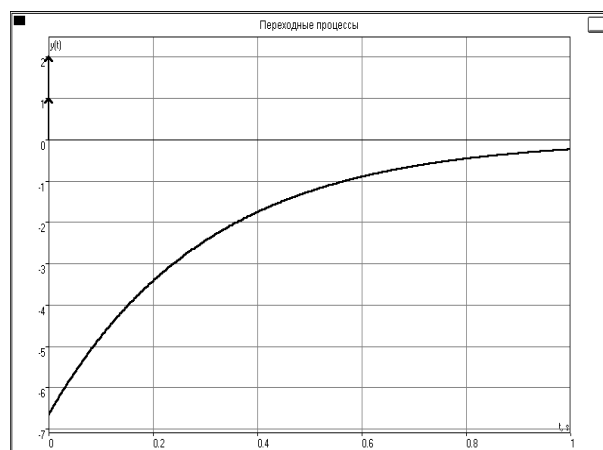
б



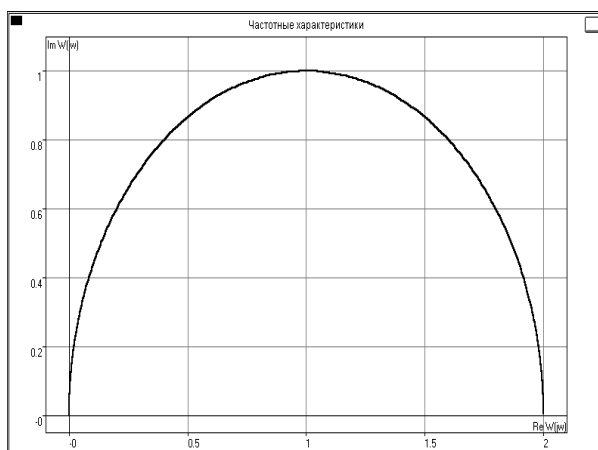
в



г



д



е

Рис. 5. Характеристики реального дифференцирующего звена

3. Пояснения к работе

Работа выполняется в среде моделирующей системы *CLASSIC-3*. Для выполнения программы работы необходимо в окне редактирования установить единственное звено, назначив его входным и выходным одновременно (рис. 6).

Вход Выход

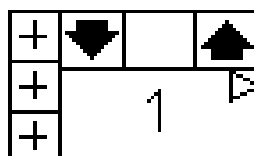


Рис. 6. Исследуемое звено

Таблица 2, вариант 1

№ п.п.	Наименование звена	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	Примечание
1	Безынерционное (пропорциональное)	0	0	1	0	10	
2	Инерционное 1-го порядка (апериодическое)	0	0,1	1	0	10	
3	Инерционное 2-го порядка (апериодическое)	$1,6 \cdot 10^{-3}$	0,1	1	0	10	$T_1 \geq 2T_2$
4	Инерционное 2-го порядка (колебательное)	0,1	0,1	1	0	10	$T_1 < 2T_2$
5	Идеальное интегрирующее	0	1	0	0	10	
6	Реальное интегрирующее	0,1	1	0	0	10	
7	Идеальное дифференцирующее	0	0	1	10	0	
8	Реальное дифференцирующее	0	0,1	1	10	0	

Таблица 2, вариант 2

№ п.п.	Наименование звена	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	Примечание
1	Безынерционное (пропорциональное)	0	0	1	0	20	
2	Инерционное 1-го порядка (апериодическое)	0	0,2	1	0	20	
3	Инерционное 2-го порядка (апериодическое)	$3,2 \cdot 10^{-3}$	0,2	1	0	20	$T_1 \geq 2T_2$
4	Инерционное 2-го порядка (колебательное)	0,5	0,2	1	0	20	$T_1 < 2T_2$
5	Идеальное интегрирующее	0	1	0	0	20	
6	Реальное интегрирующее	0,2	1	0	0	20	
7	Идеальное дифференцирующее	0	0	1	20	0	
8	Реальное дифференцирующее	0	0,2	1	20	0	

Таблица 2, вариант 3

№ п.п.	Наименование звена	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	Примечание
1	Безынерционное (пропорциональное)	0	0	1	0	30	
2	Инерционное 1-го порядка (апериодическое)	0	0,3	1	0	30	
3	Инерционное 2-го порядка (апериодическое)	$4,2 \cdot 10^{-3}$	0,3	1	0	30	$T_1 \geq 2T_2$
4	Инерционное 2-го порядка (колебательное)	0,3	0,3	1	0	30	$T_1 < 2T_2$
5	Идеальное интегрирующее	0	1	0	0	30	
6	Реальное интегрирующее	0,3	1	0	0	30	
7	Идеальное дифференцирующее	0	0	1	30	0	
8	Реальное дифференцирующее	0	0,3	1	30	0	

Таблица 2, вариант 4

№ п.п.	Наименование звена	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	Примечание
1	Безынерционное (пропорциональное)	0	0	1	0	40	
2	Инерционное 1-го порядка (апериодическое)	0	0,4	1	0	40	
3	Инерционное 2-го порядка (апериодическое)	$5,8 \cdot 10^{-3}$	0,4	1	0	40	$T_1 \geq 2T_2$
4	Инерционное 2-го порядка (колебательное)	0,4	0,4	1	0	40	$T_1 < 2T_2$
5	Идеальное интегрирующее	0	1	0	0	40	
6	Реальное интегрирующее	0,4	1	0	0	40	
7	Идеальное дифференцирующее	0	0	1	40	0	
8	Реальное дифференцирующее	0	0,4	1	40	0	

Таблица 2, вариант 5

№ п.п.	Наименование звена	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	Примечание
1	Безынерционное (пропорциональное)	0	0	1	0	50	
2	Инерционное 1-го порядка (апериодическое)	0	0,5	1	0	50	
3	Инерционное 2-го порядка (апериодическое)	$6,7 \cdot 10^{-3}$	0,5	1	0	50	$T_1 \geq 2T_2$
4	Инерционное 2-го порядка (колебательное)	0,5	0,5	1	0	50	$T_1 < 2T_2$
5	Идеальное интегрирующее	0	1	0	0	50	
6	Реальное интегрирующее	0,5	1	0	0	50	
7	Идеальное дифференцирующее	0	0	1	50	0	
8	Реальное дифференцирующее	0	0,5	1	50	0	

Таблица 2, вариант 6

№ п.п.	Наименование звена	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	Примечание
1	Безынерционное (пропорциональное)	0	0	1	0	60	
2	Инерционное 1-го порядка (апериодическое)	0	0,6	1	0	60	
3	Инерционное 2-го порядка (апериодическое)	0,06	0,6	1	0	60	$T_1 \geq 2T_2$
4	Инерционное 2-го порядка (колебательное)	0,6	0,6	1	0	60	$T_1 < 2T_2$
5	Идеальное интегрирующее	0	1	0	0	60	
6	Реальное интегрирующее	0,6	1	0	0	60	
7	Идеальное дифференцирующее	0	0	1	60	0	
8	Реальное дифференцирующее	0	0,6	1	60	0	

Таблица 2, вариант 7

№ п.п.	Наименование звена	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	Примечание
1	Безынерционное (пропорциональное)	0	0	1	0	70	
2	Инерционное 1-го порядка (апериодическое)	0	0,7	1	0	70	
3	Инерционное 2-го порядка (апериодическое)	0,07	0,7	1	0	70	$T_1 \geq 2T_2$
4	Инерционное 2-го порядка (колебательное)	0,7	0,7	1	0	70	$T_1 < 2T_2$
5	Идеальное интегрирующее	0	1	0	0	70	
6	Реальное интегрирующее	0,7	1	0	0	70	
7	Идеальное дифференцирующее	0	0	1	70	0	
8	Реальное дифференцирующее	0	0,7	1	70	0	

Таблица 2, вариант 8

№ п.п.	Наименование звена	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	Примечание
1	Безынерционное (пропорциональное)	0	0	1	0	80	
2	Инерционное 1-го порядка (апериодическое)	0	0,8	1	0	80	
3	Инерционное 2-го порядка (апериодическое)	0,08	0,8	1	0	80	$T_1 \geq 2T_2$
4	Инерционное 2-го порядка (колебательное)	0,8	0,8	1	0	80	$T_1 < 2T_2$
5	Идеальное интегрирующее	0	1	0	0	80	
6	Реальное интегрирующее	0,8	1	0	0	80	
7	Идеальное дифференцирующее	0	0	1	80	0	
8	Реальное дифференцирующее	0	0,8	1	80	0	

Таблица 2, вариант 9

№ п.п.	Наименование звена	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	Примечание
1	Безынерционное (пропорциональное)	0	0	1	0	90	
2	Инерционное 1-го порядка (апериодическое)	0	0,9	1	0	90	
3	Инерционное 2-го порядка (апериодическое)	0,09	0,9	1	0	90	$T_1 \geq 2T_2$
4	Инерционное 2-го порядка (колебательное)	0,9	0,9	1	0	90	$T_1 < 2T_2$
5	Идеальное интегрирующее	0	1	0	0	90	
6	Реальное интегрирующее	0,9	1	0	0	90	
7	Идеальное дифференцирующее	0	0	1	90	0	
8	Реальное дифференцирующее	0	0,9	1	90	0	

Таблица 2, вариант 10

№ п.п.	Наименование звена	a_0	a_1	a_2	b_0	b_1	Примечание
1	Безынерционное (пропорциональное)	0	0	1	0	100	
2	Инерционное 1-го порядка (апериодическое)	0	1	1	0	100	
3	Инерционное 2-го порядка (апериодическое)	0,1	1	1	0	100	$T_1 \geq 2T_2$
4	Инерционное 2-го порядка (колебательное)	1	1	1	0	100	$T_1 < 2T_2$
5	Идеальное интегрирующее	0	1	0	0	100	
6	Реальное интегрирующее	1	1	0	0	100	
7	Идеальное дифференцирующее	0	0	1	100	0	
8	Реальное дифференцирующее	0	1	1	100	0	

Передаточную функцию этого звена необходимо каждый раз редактировать в соответствии с типом исследуемого звена. Исследованию подлежат звенья 1 – 8 согласно табл. 1.

Передаточная функция звена конкретного типа определяется по выражению (1) и табл. 1. Параметры звеньев приведены в табл. 2. согласно варианту.

Чтобы результаты исследований не терялись из-за возможных зависаний программы, рекомендуется отредактированные модели звеньев сохранять отдельными файлами со своими именами.

Моделирующая система при построении частотных характеристик чаще всего устанавливает начальное значение частоты $\omega = 1$, из-за чего начальные участки логарифмических частотных характеристик и амплитудно-фазовой характеристики не изображаются. Для устранения этого недостатка необходимо в режиме просмотра логарифмических характеристик установить начальное значение частоты $\omega = 0,001$. Это же начальное значение частоты необходимо установить и в режиме просмотра амплитудно-фазовой характеристики.

4. Программа работы

1. Для каждого типового звена 1 – 8 (табл. 1) в соответствии с его параметрами (табл. 2) и вариантом вывести выражения передаточных функций.

2. Для каждого звена по его передаточной функции записать операторное уравнение.

3. Последовательно отредактировать модель каждого звена и провести анализ характеристик во временной и частотной областях. Отметить отличительные особенности каждого звена.

4. Определить значения полюсов и нулей передаточных функций, и оценить их влияние на характер переходного процесса.

5. Содержание отчета

В отчете представить результаты выполнения программы работы, анализ результатов и выводы.

Шаблон отчета к лабораторной работе №1 приведен в файле K_Label1.rtf.

6. Вопросы

1. Что такое передаточная функция элемента?
2. С какой целью и каким образом выделяют типовые динамические звенья САУ?
3. Какие звенья называются апериодическими?
4. Как проходят через инерционное звено первого порядка гармонические сигналы низкой и высокой частоты?