

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:

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

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

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

Звенья, у которых коэффициенты $a_0 \neq 0$, $b_0 \neq 0$, обладают статизмом (однозначной связью между входной и выходной переменными в статическом режиме) и поэтому называются еще *статическими*.

Звенья, у которых $a_0 \neq 0$, $a_1 \neq 0$, $a_2 \neq 0$, обладают *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.

Табл. 1

№ п.п.	Наименование звена	a_2	a_1	a_0	b_1	b_0	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. 1–8.

На рисунках обозначены характеристики:

а – нули и полюсы передаточной функции – это такие значения переменной p , при которых передаточная функция $W(p)$ обращается в нуль и бесконечность соответственно;

б – амплитудная частотная характеристика – это зависимость отношения амплитуд выходного и входного сигнала от частоты;

в – фазовая частотная характеристика – это зависимость фазового сдвига между входным и выходным сигналами от частоты;

г – переходная характеристика – это изменение выходной величины, возникающее после подачи на вход единичного ступенчатого воздействия при нулевых начальных условиях (из установившегося состояния);

д – логарифмическая амплитудная частотная характеристика;

е – логарифмическая фазовая частотная характеристика;

ж – импульсная переходная функция – это изменение выходной величины, возникающее после подачи на вход дельта-функции при нулевых начальных условиях (из установившегося состояния);

з – амплитудно-фазовая характеристика – представляет собой геометрическое место концов векторов (годограф), соответствующих частотной передаточной функции $W(j\omega)$.

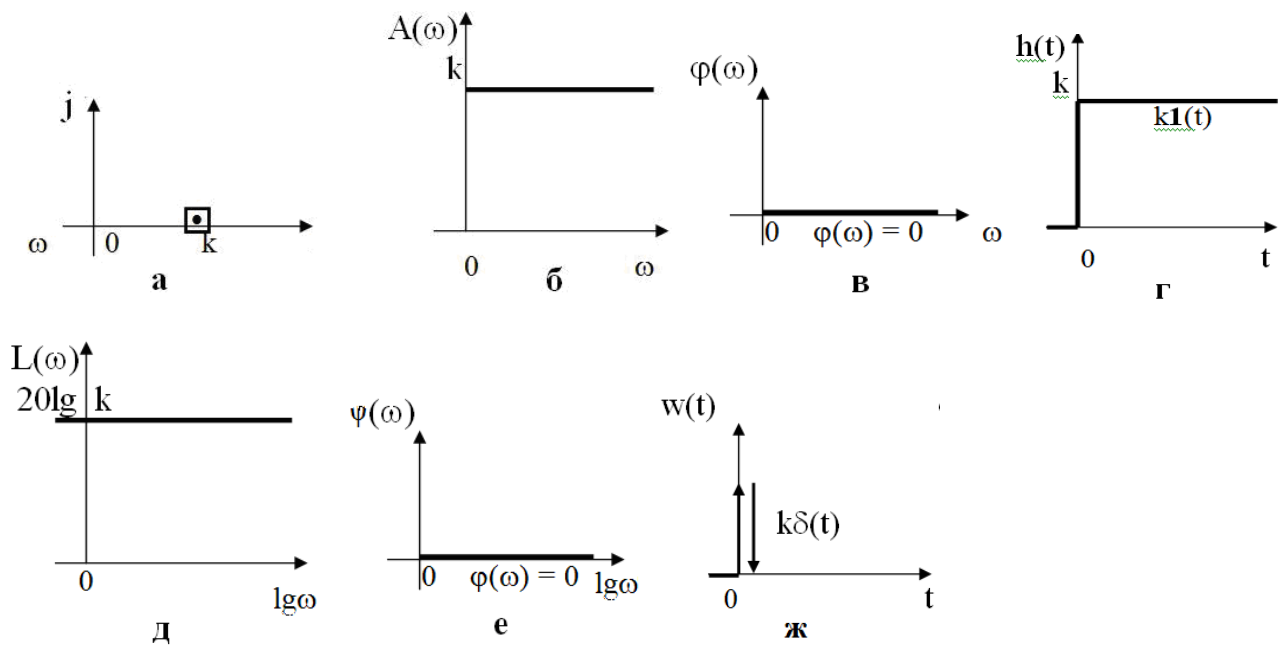


Рис. 1. Характеристики безынерционного звена.

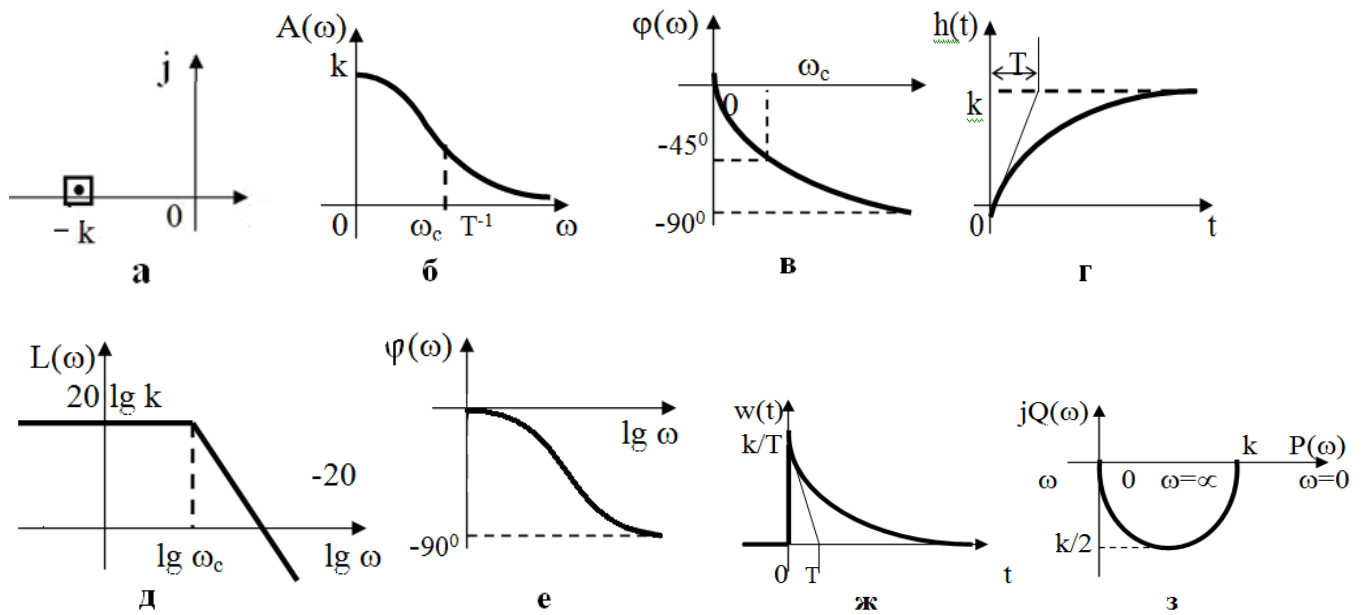


Рис. 2. Характеристики аperiodического звена первого порядка.

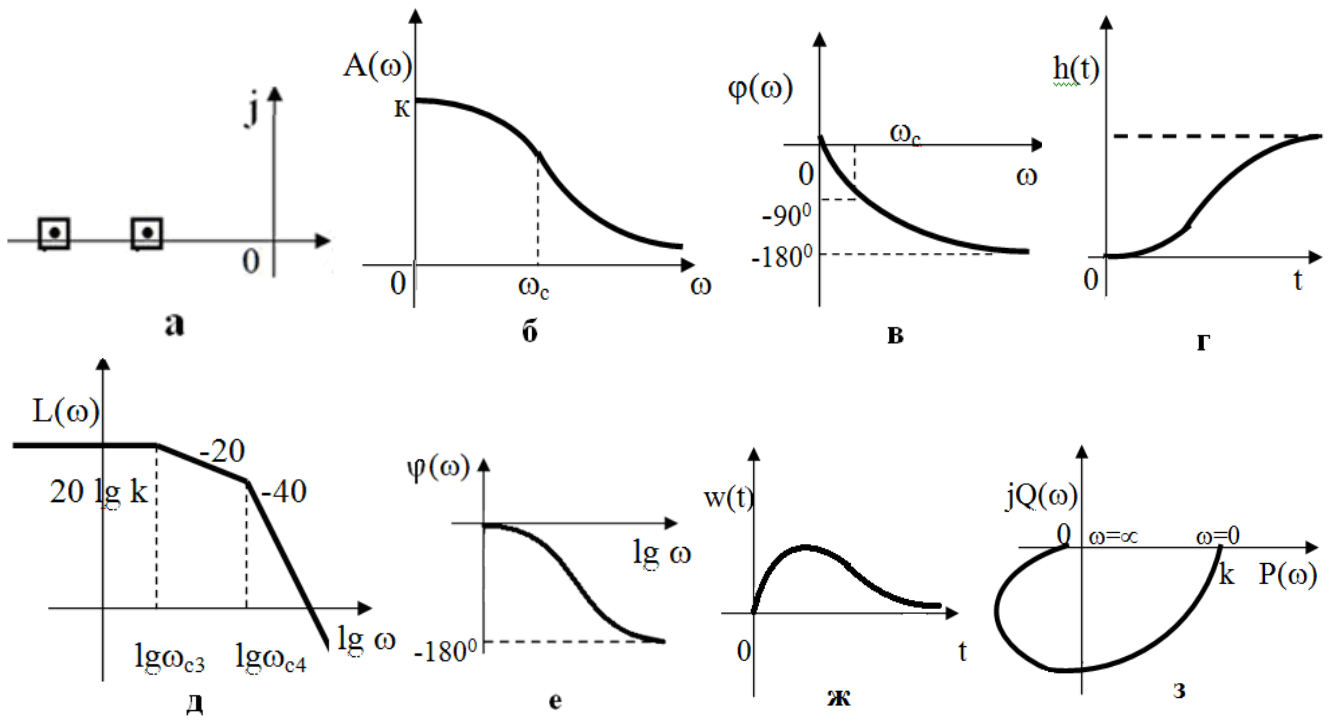


Рис. 3. Характеристики аperiodического звена второго порядка.

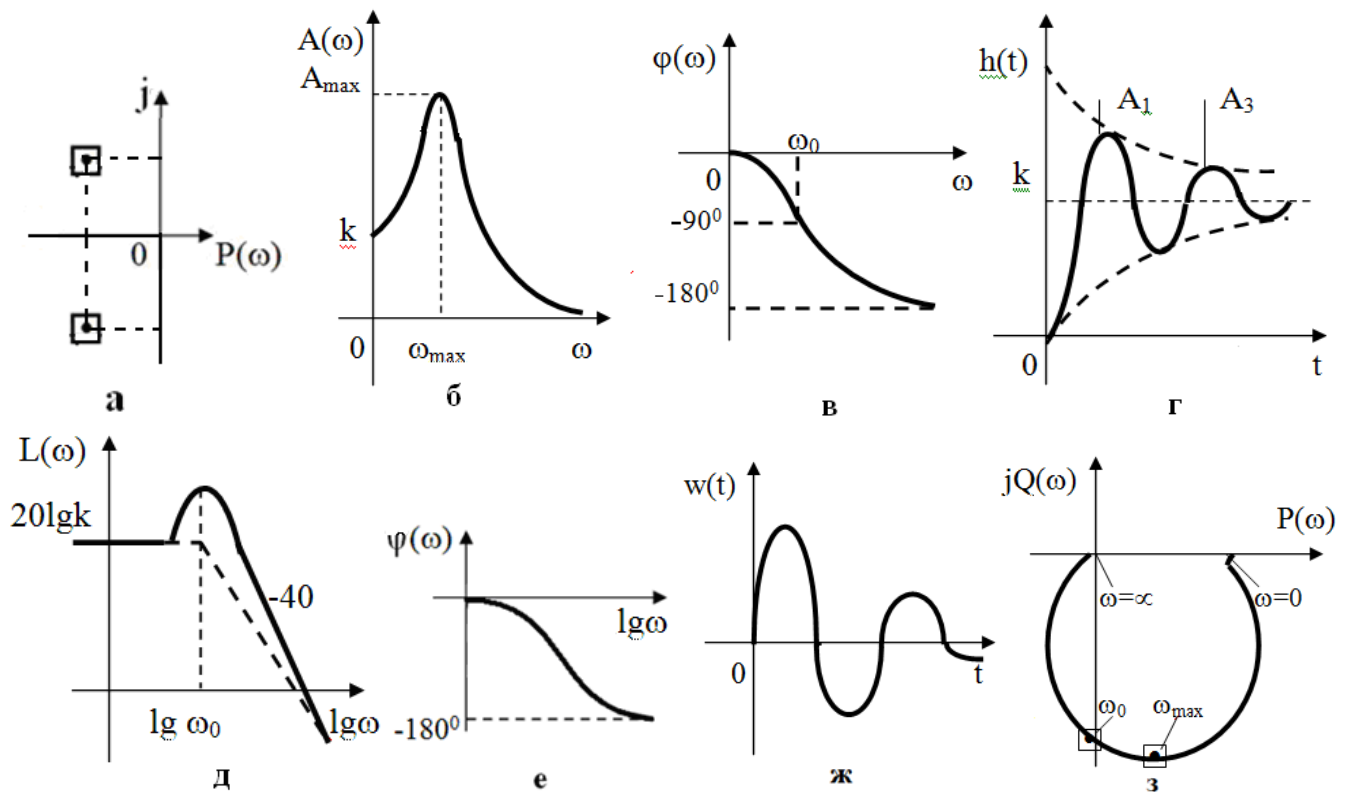


Рис. 4. Характеристики колебательного звена второго порядка.

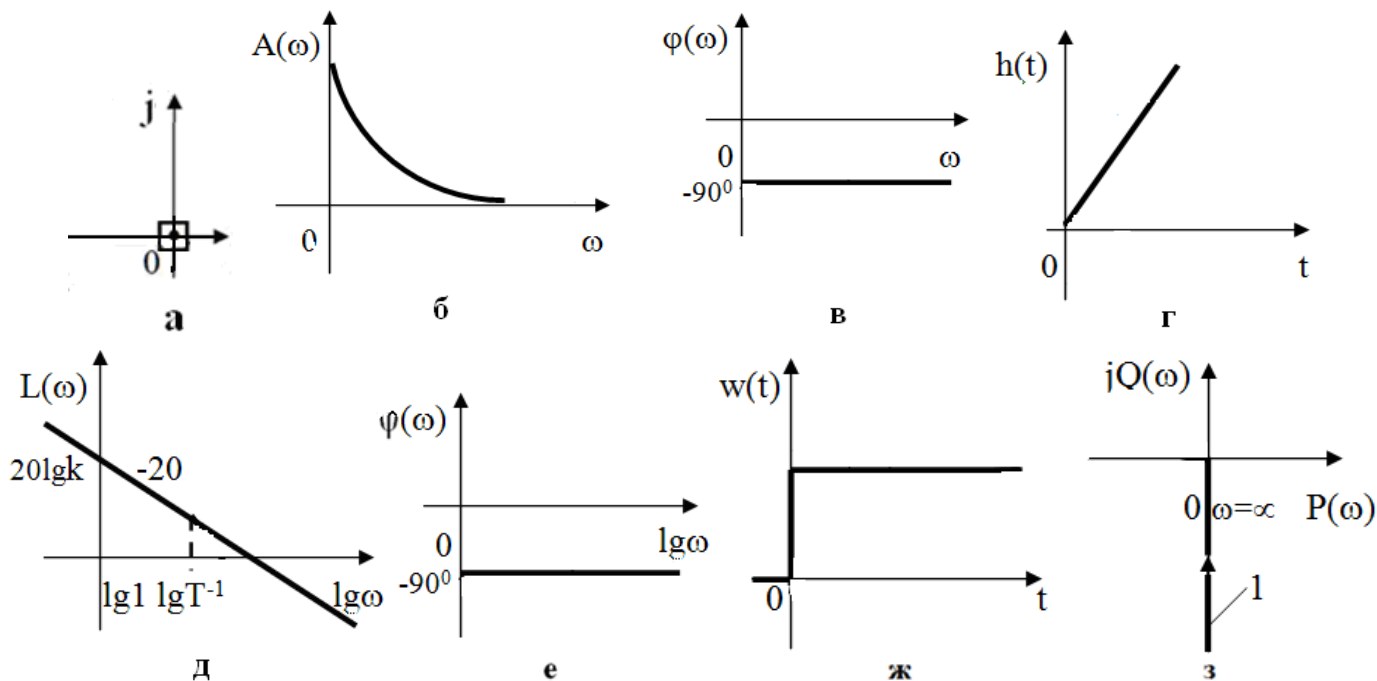


Рис. 5. Характеристики идеального интегрирующего звена.

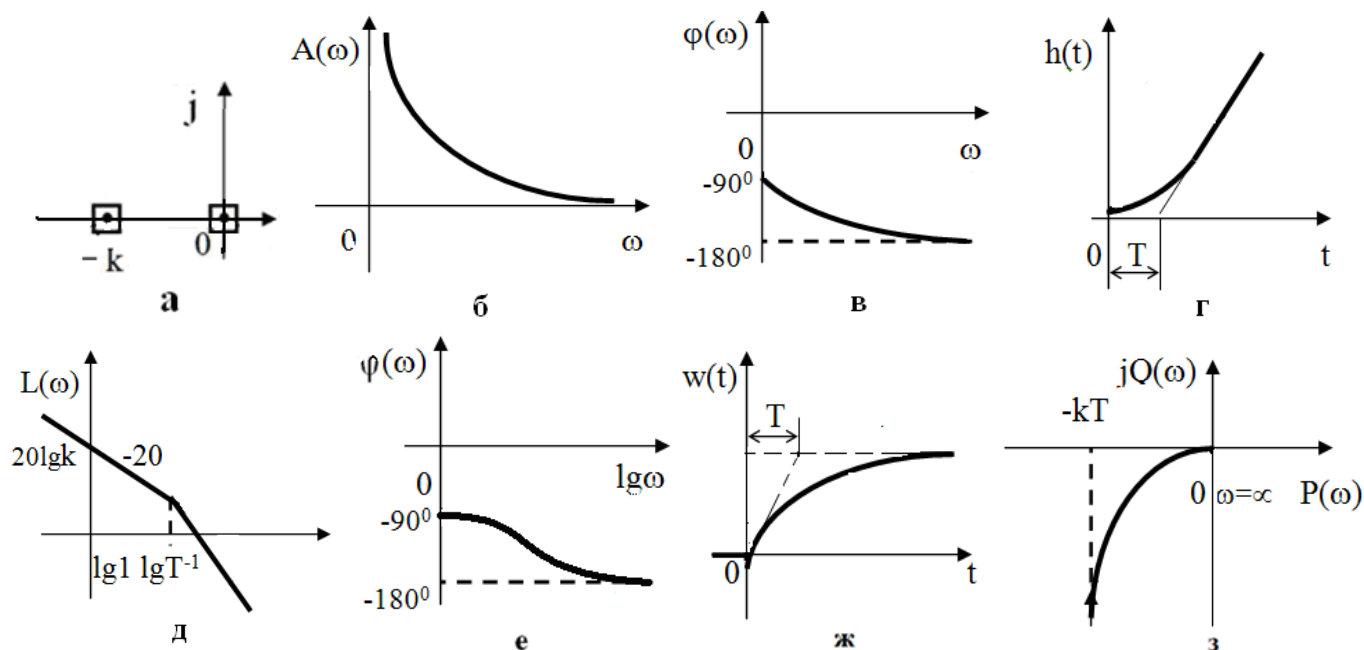


Рис. 6. Характеристики реального интегрирующего звена.

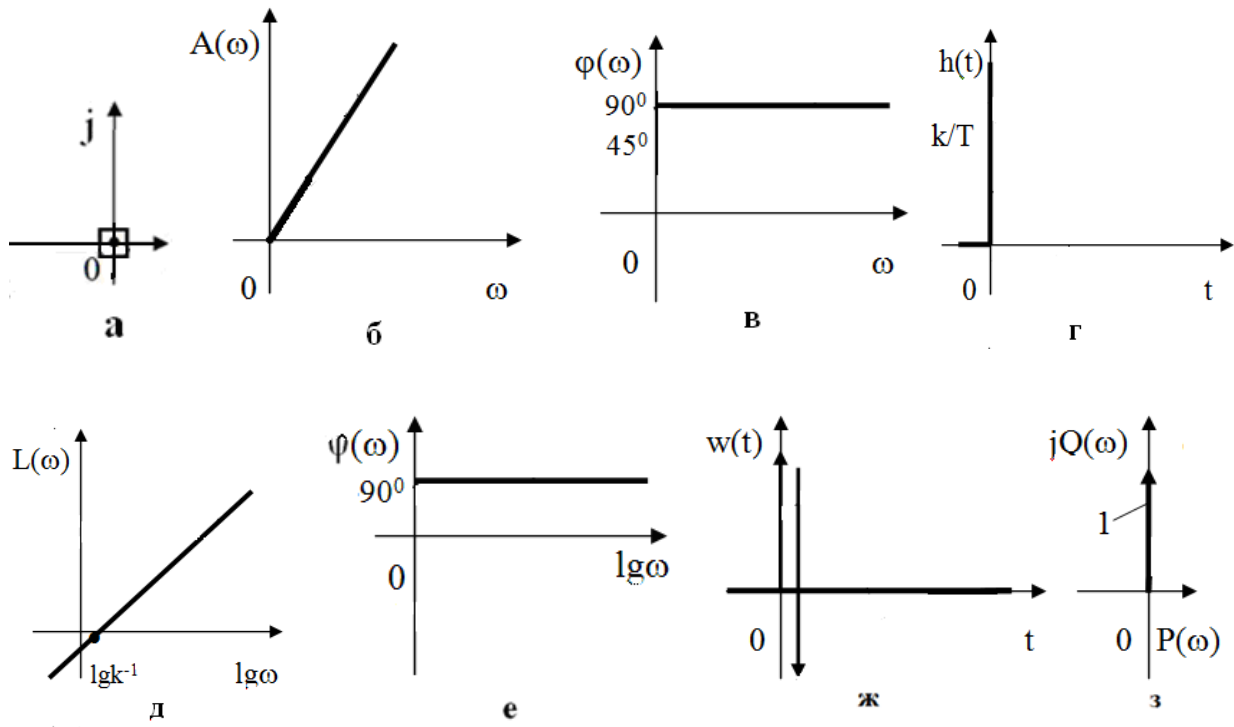


Рис. 7. Характеристики идеального дифференцирующего звена.

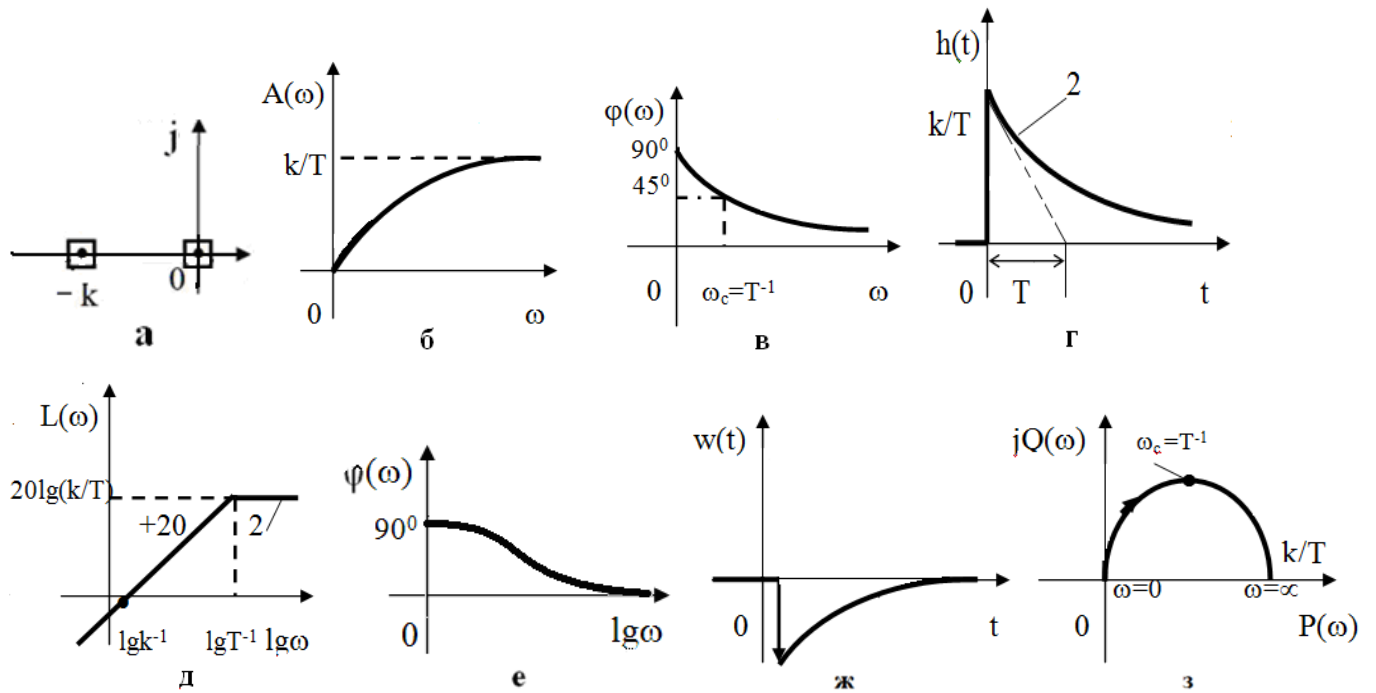


Рис. 8. Характеристики реального дифференцирующего звена.

3. Программа работы

1. Для каждого типового звена 1–8 в соответствии с его параметрами вывести выражение передаточных функций.
2. Для каждого звена по его передаточной функции записать операторное уравнение.
3. Построить характеристики основных типовых динамических звеньев.
4. Определить значения полюсов и нулей передаточных функций и оценить их влияние на характер переходного процесса.
5. Оценить влияние параметра k (табл. 1) на переходный процесс, увеличив значение параметра в 2 раза.
6. Оценить влияние параметра T (T_1, T_2) на переходный процесс, изменив значение параметра ($T' = n \cdot T$) в соответствии с вариантом, указанным в таблице.
7. Проанализировать полученные результаты, обработать графики.

Табл. 2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№ звена по табл. 3	2	3	4	6	8	3	4	2	3	4	6	8	3	4	2
Варьируемый параметр T	T	T_1	T_1	T	T	T_2	T_2	T	T_1	T_1	T	T	T_2	T_2	T
n	3	0,25	5	8	12	7	0,05	2	0,2	6	5	7	8	0,02	5

Табл. 3

№ п.п.	Наименование звена	a_2	a_1	a_0	b_1	b_0	Примечание
1	Безынерционное (пропорциональное)	0	0	1	0	10	
2	Инерционное 1-ого порядка (апериодическое)	0	$T=0,1$	1	0	10	
3	Инерционное 2-ого порядка (апериодическое)	$T_2^2=1,6 \cdot 10^{-3}$	$T_1=0,1$	1	0	10	$T_1 > 2 T_2$
4	Инерционное 2-ого порядка (колебательное)	$T_2^2=0,04$	$T_1=0,1$	1	0	10	$T_1 < 2 T_2$
5	Идеальное интегрирующее	0	1	0	0	10	
6	Реальное интегрирующее	$T=0,1$	1	0	0	10	
7	Идеальное дифференцирующее	0	0	1	10	0	
8	Реальное дифференцирующее	0	$T=0,1$	1	10	0	

4. Пояснения к работе

Работа выполняется в программе Matlab. Для выполнения программы работы необходимо задать уравнение передаточной функции звена в общем виде и параметры звеньев из табл. 3.

Передаточная функция звена конкретного типа определяется по выражению

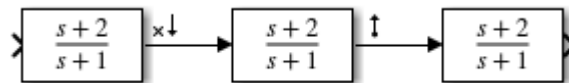
$$W(p) = \frac{b_1 p + b_0}{a_2 p^2 + a_1 p + a_0}$$

При подстановке коэффициентов получаем

$$W(p) \rightarrow \frac{73}{0,17p + 1}$$

Для при исследовании типовых динамических звеньев удобно использовать блок задания передаточной функции >Transfer Fcn> и дифференциатор >Derivative>.

В блоке >Transfer Fcn> в прямоугольные скобки задаются через пробел коэффициенты числителя и коэффициенты знаменателя.



Ко входу и выходу блока типового динамического звена присоедините какой-либо другой блок (можно скопировать этот же). На выпадающем списке при правом клике мышки по линии связи выберите Linear Analysis Points и далее Open-Loop Input для входа звена и Output Measurement для выхода.

Схема готова к анализу.

В меню окна нажмите Analysis/Control Design/Linear Analysis...

5. Содержание отчета

В отчете представить результаты выполнения программы работы (п. 3) с краткими пояснениями, анализом результатов и выводами.

6. Вопросы

1. Что такое передаточная функция элемента?
2. С какой целью и каким образом выделяют типовые динамические звенья САУ?
3. Что такое переходная характеристика?
4. Понятие частот сопряжения и среза, их место на графике ЛАЧХ.
5. Влияние вида корней характеристического уравнения на характер переходной характеристики.
6. Что такое нули и полюсы передаточной функции? Как их можно вычислить?
7. Передаточная функция $W(p) =$; Определите К и Т.
8. Как отличить левые и правые корни?
9. Какие звенья называются апериодическими?

10. На что влияют K и T на графике переходного процесса? Покажите на графике K и T .
11. Как и где можно найти K и T на графике ЛАЧХ?
12. Какие простейшие формулы преобразования Лапласа Вы знаете?
13. По каким формулам вычисляются ЛАЧХ и ЛФЧХ?
14. Чем отличаются переходные характеристики апериодического, колебательного и интегрирующего звеньев?
15. Чем отличаются графики ЛАЧХ и их наклон для:
 - апериодического и колебательного звеньев;
 - интегрирующего и дифференцирующего звеньев.
16. Чем отличаются передаточные функции интегрирующего, колебательного и дифференцирующего звеньев?
17. Как проходят через апериодическое звено гармонические сигналы низкой и высокой частоты (на примере ЛЧХ или АФХ)?

Первая редакция 06.09.2018 г.

Вопросы и предложения по методическим указаниям можно отправлять сюда:

vasilevas@tpu.ru