Практическая работа №2

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТИПОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЯХ

Цель работы: ознакомление с методами построения переходных характеристик типовых динамических звеньев в системе имитационного моделирования CLASSIC, и ознакомление с методиками определения основных параметров типовых динамических звеньев по виду переходных характеристик.

1 Теоретические сведения

Существует большое разнообразие автоматических систем, выполняющих различные функции по управлению физическими процессами во всех областях техники. В этих системах сочетаются весьма разнообразные по конструкции механические, электрические и другие устройства, составляя сложный комплекс взаимодействующих друг с другом звеньев. Такие звенья называются динамическими звеньями.

Под динамическим звеном понимают устройство любого физического вида и конструктивного оформления, но описываемое определенным дифференциальным уравнением. В соответствии с этим классификация звеньев происходит по виду дифференциального уравнения или по виду передаточной функции (формулы). Передаточные функции, вводятся для сокращения записи дифференциальных уравнений и также представляют собой символическую запись дифференциальных уравнений.

1. Дифференциальное уравнение

$$a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \ldots + a_0 y(t) =$$

$$b_n \frac{d^m x(t)}{dt^m} + b_{n-1} \frac{d^{m-1} x(t)}{dt^{m-1}} + \ldots + b_0 x(t)$$

где x(t) - входное воздействие;

y(t) - выходной сигнал (управляемая переменная);

a_n, a_{n-1}, … , a_0, b_m, b_{m-1}, … , b_0 – постоянные коэффициенты, определяемые физическими параметрами звена (системы);

2. Передаточная функция

Предыдущее уравнение удобно записывать в символической форме, введя алгебраизированный оператор дифференцирования $p = \frac{d}{dt}$

$$W(p)=\frac{y(p)}{x(p)}=\frac{\sum_{i=0}^{m} b_i p^i}{\sum_{k}^{n} a_k p^k}$$

где p – оператор;
y(p) и x(p) – изображения y(t) и x(t) соответственно;

3. Передаточная функция Лапласа

$$W(s)=\frac{y(s)}{x(s)}=\frac{\sum_{i=0}^{m} b_i s^i}{\sum_{k}^{n} a_k s^k}$$

где s – оператор Лапласа;
y(s) и x(s) - изображения по Лапласу y(t) и x(t) соответственно:

$$s=\frac{d}{dt}.$$

Одним и тем же уравнением могут описываться весьма разнообразные устройства (механические, гидравлические, электрические и т.д.). Для теории управления это будет один и тот же тип звена.

Звенья бывают позиционные, дифференцирующие и интегрирующие.

В звеньях позиционного типа связаны линейной зависимостью выходная и входная величина в установившемся режиме:

$$x_2=kx_1$$

Коэффициент пропорциональности k между выходной и входной величинами представляет собой коэффициент передачи звена.

В звеньях интегрирующего типа линейной зависимостью связаны производная выходной величины и входная величина в установившемся режиме:

$$\frac{dx_2}{dt}=kx_1.$$

В этом случае для установившегося режима будет справедливо равенство:

$$x_2=k\int x_1 dt.$$

Коэффициент пропорциональности k между выходной и входной величинами здесь также представляет собой коэффициент передачи звена.

В звеньях дифференцирующего типа линейной зависимостью связаны в установившемся режиме выходная величина и производная входной:

$$\frac{dx_2}{dt} = kx_1 .$$

Коэффициент пропорциональности k между выходной и входной величинами представляет собой коэффициент передачи звена.

В таблице 1 приведены некоторые разновидности типовых динамических звеньев. Под типовым звеном понимается такое звено, которое описывается дифференциальным уравнением не выше второго порядка

Таблица1

	Тип звена		***Передаточная функция***
1	Позиционные	Безинерционное	$W(s) = K$
2		Апериодическое первого порядка	$W(s) = \frac{K}{Ts+1}$
3		Апериодическое второго порядка	$W(s) = \frac{K}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)}$
4		Колебательное	$W(s) = \frac{K}{T^2 s^2 + 2\xi Ts+1}$
5		Консервативное	$W(s) = \frac{K}{T^2 s^2 + 1}$
6	Интегрирующие	Идеальное интегрирующее	$W(s) = \frac{K}{s}$
7		Интегрирующее с замедлением	$W(s) = \frac{K}{s(Ts+1)}$
8		Изодромное	$W(s) = \frac{K(Ts+1)}{s}$
9	Дифференци-рующие	Идеальное дифференцирующее	$W(s) = Ks$
10		Дифференцирующее с замедлением	$W(s) = \frac{Ks}{Ts+1}$

Динамические свойства звена могут быть определены по его переходной функции и функции веса.

Реакция звена при подаче на его вход единичной ступенчатой функции называется переходной функцией, или переходной характеристикой, *h(t)* представляющей собой переходной процесс (на производстве разгонная характеристика) на его выходе.

Ступенчатая функция (рисунок 1) является самым распространенным видом входного воздействия в автоматических системах. К такому виду сводятся мгновенное изменение нагрузки генератора, мгновенное возрастание нагрузки на валу двигателя и т.п.

$$x_1(t) = \begin{cases} 0, & t \prec 0 \\ 1, & t \succ 0 \end{cases}$$

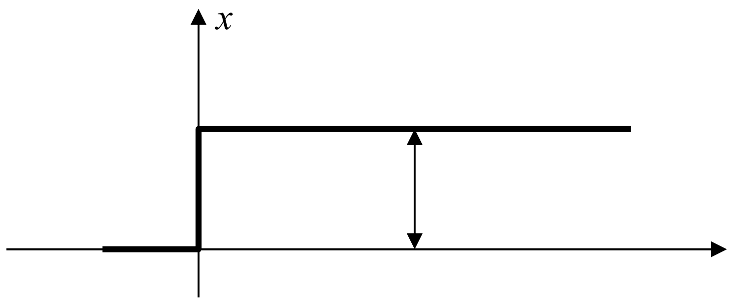


Рисунок 1 – Единичный ступенчатый сигнал

Если входное воздействие представляет собой неединичную ступенчатую функцию $x_1(t) = N \cdot 1(t)$, выходная величина будет равна $x_2(t) = N \cdot h(t)$, в данном случае переходную характеристику определяем как отношение выходной величины звена $x_2(t)$ к высоте ступенчатого скачка $x_1(t) = N \cdot 1(t)$ на его входе, т.е. $h(t) = N^{-1} \cdot x_2(t)$.

Реакция звена на единичную импульсную функцию (рисунок 2), поданную на его вход, называют функцией веса $\omega(t)$, которая как бы определяет вес, с которым каждый входной импульс, полученный при разложении входного сигналу, участвует в формировании выходного сигнала в следующий момент времени.

Единичная импульсная функция (дельта-функция), представляет собой производную от единичной ступенчатой функции: δ(t) = 1’(t). Дельта-функция тождественно равна нулю в любой токе, кроме точки t=0, где она стремится к бесконечности.

Основное свойство дельта-функции заключается в том, что:

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta(t)dt = 1$$

,

т.е. она имеет единичную площадь.

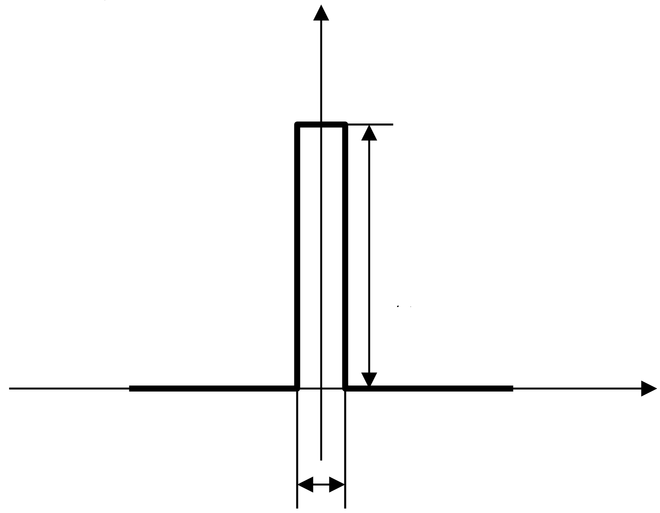


Рисунок 2 – Единичная импульсная функция

Для установления связи между переходной функцией и функцией веса рассмотрим входное воздействие звена в виде конечного по высоте и ширине импульса с площадью $N_\varepsilon=1$, прикладываемого в момент времени $t=0$.

Такой импульс можно представить двумя ступенчатыми функциями $N\cdot 1(t)$ и $-N\cdot 1(t-\varepsilon)$, прикладываемыми ко входу звена со сдвигом во времени ε. После преобразований получим:

$$\omega(t)=\lim_{\varepsilon\to 0}\frac{N_\varepsilon\left[h(t)-h(t-\varepsilon)\right]}{\varepsilon}=\frac{dh(t)}{dt}$$

Импульсная функция является также распространенным на практике видом входного воздействия (кратковременный удар нагрузки на валу двигателя, кратковременный ток короткого замыкания и т. д.).

По реакции динамической системы на ступенчатый сигнал можно определить ряд практически важных параметров.

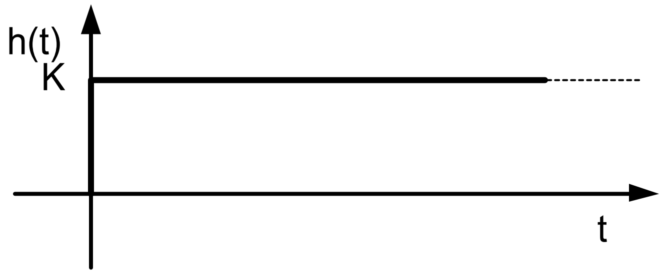
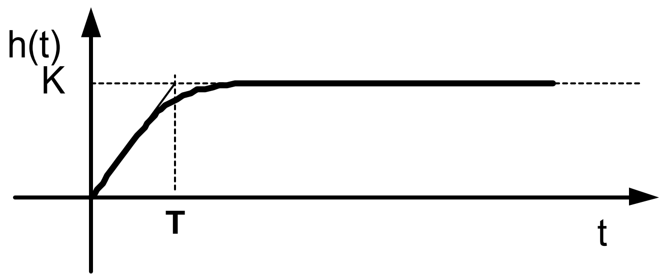
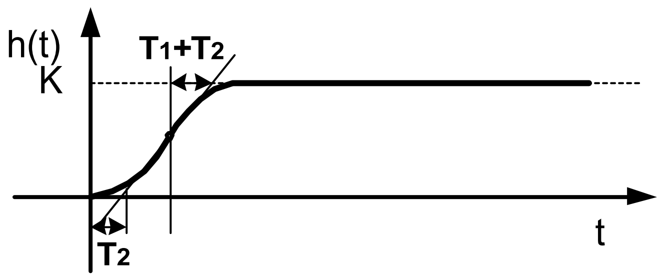
Все экспериментальные методы базируются на предположении о сосредоточенности параметров звена (системы), стационарности во времени его динамических свойств и их линейности при малых изменениях входных воздействий.

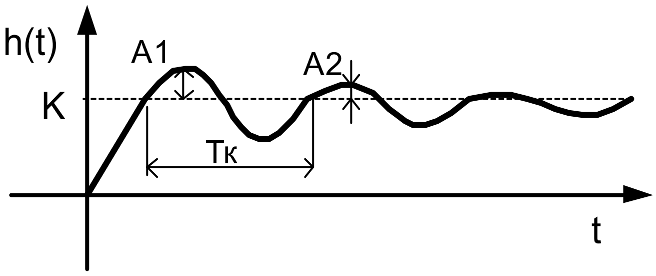
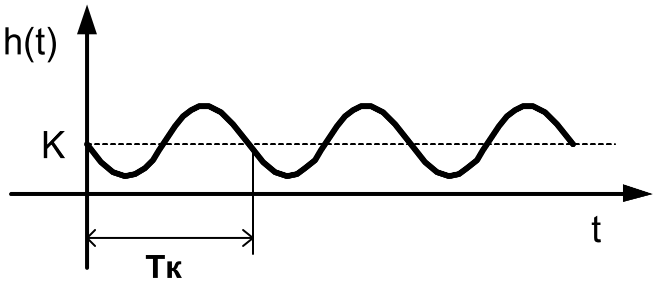
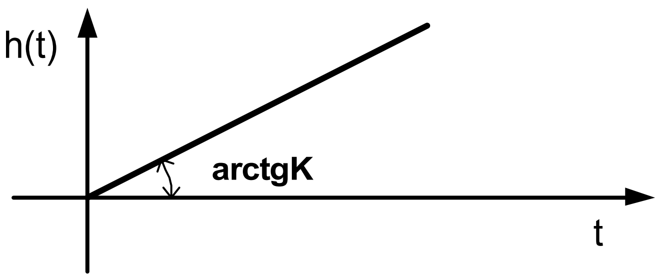
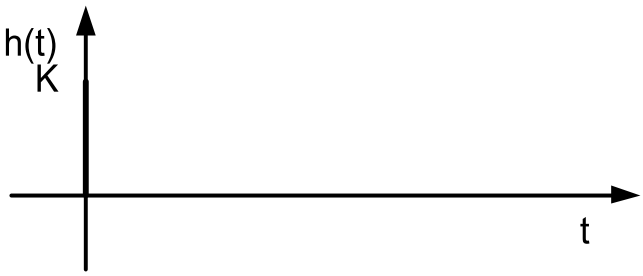
Определение параметров динамических звеньев по временным характеристикам

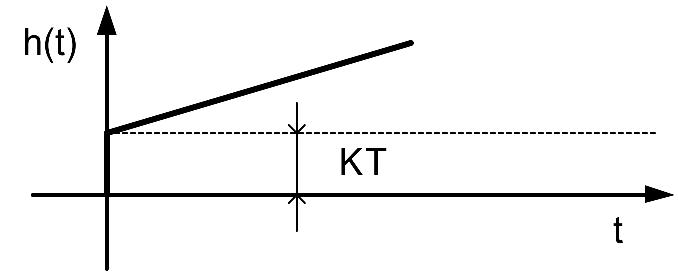
По реакции динамической системы на ступенчатый сигнал можно определить ряд практически важных параметров.

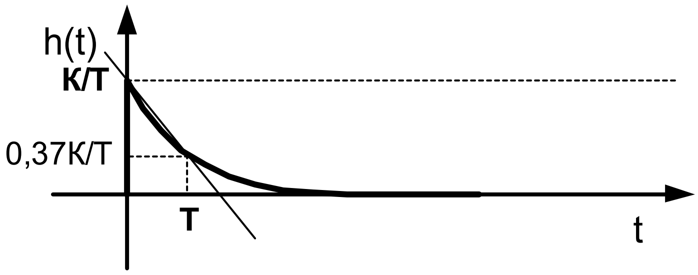
При подборе параметров модели K и T по переходным характеристикам реального объекта высокого порядка стремятся это сделать так, чтобы лучшим образом приблизить аппроксимирующую переходную характеристику к действительной. Одним из решений этой задачи является графический способ определения параметров динамических звеньев (таблица 2).

Таблица 2

Тип звена, передаточная функция	Переходная функция
$W(s) = K$	 $h(t) = K \cdot 1(t)$
$W(s) = \dfrac{K}{Ts+1}$	 $h(t) = K(1 - e^{\frac{-t}{T}}) \cdot 1(t)$
$W(s) = \dfrac{K}{(T_1 s+1)(T_2 s+1)}$	 $h(t) = K(1 - \dfrac{T_1}{T_1 - T_2} e^{\frac{t}{T_1}} + \dfrac{T_2}{T_1 - T_2} e^{\frac{t}{T_2}}) \cdot 1(t)$

$W(s)=\dfrac{K}{T^2s^2+2\xi Ts+1}$	 $h(t)=K\left[1-e^{\gamma t}(\cos\lambda t+\dfrac{\gamma}{\lambda}\sin\lambda t)\right]\cdot 1(t)$ $\gamma=\dfrac{\xi}{T_к}$; $\lambda=\dfrac{\sqrt{1-\xi^2}}{T_к}$
$W(s)=\dfrac{K}{T^2s^2+1}$	 $h(t)=K(1-\cos\dfrac{t}{T})\cdot 1(t)$
$W(s)=\dfrac{K}{s}$	 $h(t)=Kt\cdot 1(t)$
$W(s)=Ks$	 $h(t)=K\cdot\delta(t)$

<table>
<tr>
<td>$$W(s)=\frac{K(Ts+1)}{s}$$</td>
<td>

$$h(t)=(KT+tK)\cdot 1(t)$$</td>
</tr>
<tr>
<td>$$W(s)=\frac{Ks}{Ts+1}$$</td>
<td>

$$h(t)=\frac{K}{T}e^{\frac{-t}{T}}\cdot 1(t)$$</td>
</tr>
</table>

2 Задание на практическую работу

1. По структурной схеме (рисунок 3) построить схему моделирования в системе CLASSIC.

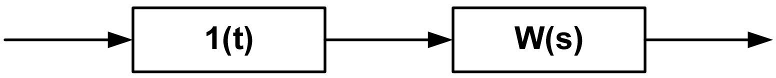


Рисунок 3 – Структурная схема

2. Построить переходные процессы для следующих типовых динамических звеньев: пропорционального, интегрального, интегрального с замедлением, апериодического первого порядка, апериодического второго порядка, колебательного, дифференциального.(данные коэффициентов *К* и постоянных времени *Т,* для типовых динамических звеньев, брать, в соответствии с вариантом, из таблицы 3, ξ=0,01). Переходные процессы построить дважды для различных значений *Т* и *К*.

Таблица 3

вариант	K		T_1		T_2	
1	1	9	0,5	0,05	0,01	0,25
2	2	4	0,3	0,25	0,5	0,06
3	3	7	0,1	0,5	0,3	0,1
4	1	5	0,25	0,05	0,2	0,25
5	1	3	0,2	1	0,75	0,4
6	2	5	0,06	0,7	0,2	0,045

3. Зарисовать полученные в ходе эксперимента переходные характеристики с нанесенными масштабами, обозначениями и соответствующими исходными данными.

4. Полученные таким образом переходные процессы необходимо сравнить и сделать необходимые выводы о влиянии на вид переходного процесса постоянных времени T и коэффициентов усиления K

5. Определить графоаналитическим методом по экспериментальным переходным характеристикам параметры передаточных функций типовых динамических звеньев.

3 Содержание отчета

1. Название работы, цель.
2. Структурную схему моделирования.
3. Преобразованную схему моделирования.
4. Рисунки полученных графиков переходного процесса, численные значения постоянных времени T и коэффициентов усиления K , определенных графоаналитическим методом.
5. Необходимые выводы.

4 Контрольные вопросы

1. Какие воздействия являются типовыми?
2. Что такое переходной процесс?
3. Какие вы знаете временные характеристики?
4. Начертите переходные процессы типовых динамических звеньев?
5. Что такое весовая функция?
6. Как связаны между собой весовая и переходная функции?
7. Как определить постоянную времени T и коэффициент усиления K по переходной характеристике?
8. Что такое коэффициент передачи?
9. Что такое переходный процесс?