

1503

Министерство путей сообщения
российской федерации

московский государственный университет
путей сообщения
(МИИТ)

Кафедра автоматики и телемеханики
на железнодорожном транспорте

И.С. Лызлов, М.С. Лызлов

Изучение характеристик ТИПОВЫХ ЗВЕНЬЕВ

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине

**“Теоретические основы железнодорожной
автоматики и телемеханики”**

для студентов специальности
“Автоматика, телемеханика и связь
на железнодорожном транспорте”

Москва – 2002 г.

М.У.
№ 1503
00-13207

Лызлов И.С. уч.З
Изучение характеристик
типовых звеньев 02

щения
ии



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ

ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
(МИИТ)

Кафедра автоматики и телемеханики
на железнодорожном транспорте

И.С. Лызлов, М.С. Лызлов

Утверждено
редакционно – издательским
советом университета

Изучение характеристик типовых звеньев

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине

**“Теоретические основы железнодорожной
автоматики и телемеханики”**

для студентов специальности
**“Автоматика, телемеханика и связь
на железнодорожном транспорте”**

Москва – 2002 г.

УДК 656 - 25
Л - 88

Лызлов И.С., Лызлов М.С. Изучение характеристик типовых звеньев:
Методические указания. – М.: МИИТ, 2002. – 12с.

Работа содержит необходимые теоретические сведения для подготовки к выполнению лабораторной работы и методические указания по ее проведению. Изучаются характеристики типовых звеньев, их аналитическое и графическое представление, влияние параметров звеньев на графики характеристик.

© Московский государственный
университет путей сообщения
(МИИТ), 2002

Цель работы – изучение характеристик типовых звеньев, а также влияния параметров звеньев на графики характеристик.

Подготовка к работе

1. Ознакомиться с теоретической частью методических указаний.
2. В соответствии с полученным у преподавателя заданием подготовить и записать в тетради аналитические выражения характеристик звеньев.
3. Ознакомиться с рабочим заданием.

Теоретическая часть

В теории автоматического управления используются понятия : **передаточная функция** и **звено**.

Пусть связь двух физических величин в системе автоматического управления (САУ) или в каком – нибудь ее элементе (элементе САУ) представлена обыкновенным линейным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами

$$\begin{aligned} a_0 y^{(n)}(t) + a_1 y^{(n-1)}(t) + \dots + a_n y(t) &= \\ = b_0 x^{(m)}(t) + b_1 x^{(m-1)}(t) + \dots + b_m x(t) \end{aligned} \quad (1)$$

где : $X(t)$ - независимая (от $y(t)$) величина

$y(t)$ - зависимая (от $X(t)$) величина

Приняв начальные условия уравнения (1) нулевыми и применив к нему преобразование Лапласа, получим уравнение

$$Y(p) = W(p) X(p) \quad (2)$$

где :

$$W(p) = \frac{b_0 p^m + b_1 p^{m-1} + \dots + b_m}{a_0 p^n + a_1 p^{n-1} + \dots + a_n} \quad (3)$$

Уравнение (2) можно рассматривать как преобразование $X(p)$ в $Y(p)$ путем умножения на $W(p)$ и представить на рис.1, используя схемное изображение преобразователя

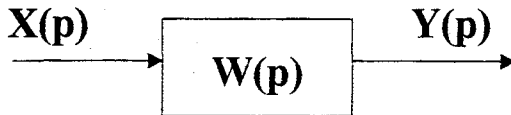


Рис. 1

Следуя логике рис.1, $X(p)$ и $Y(p)$ называются **входной** и **выходной** величинами (точнее – их изображениями), а $W(p)$ называется **передаточной функцией**. Порядок передаточной функции (3) равен наибольшему из чисел m или n .

При высоком порядке $W(p)$ может быть представлена в виде произведения сомножителей, которые сами будут передаточными функциями вида (3) не выше второго порядка.

Пусть, например, передаточная функция представлена в виде произведения двух передаточных функций

$$W(p) = W_2(p) W_1(p)$$

Тогда, вводя промежуточную величину $Z(p)$, уравнение (2) можно преобразовать в систему уравнений

$$\begin{cases} Y(p) = W_2(p) Z(p) \\ Z(p) = W_1(p) X(p) \end{cases}$$

а преобразователь рис.1 – представить в виде эквивалентной схемы с последовательным соединением двух преобразователей, изображенной на рис.2.

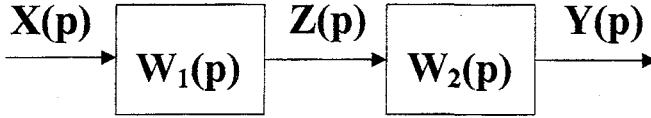


Рис. 2

Передаточную функцию (3) при $m < n$ можно представить в виде суммы элементарных дробей не выше второго порядка. В этом случае получим схему **параллельного** соединения преобразователей.

Рассмотренные преобразования называются разложением (разбиением) на **типовые звенья**. Так, например, передаточная функция нулевого порядка

$$W(p) = K$$

где: **K** - вещественное число, определяет типовое звено, названное **пропорциональным**.

Свойства звена как преобразователя отображают **временные** и **частотные** характеристики. К временным характеристикам относятся **переходная функция** и **импульсная переходная (весовая) функция**.

Переходная функция – это закон изменения выходной величины при входной величине типа единичной ступенчатой функции

$$x(t) = 1(t)$$

Переходную функцию обозначают как **h(t)**, а ее изображение - **H(p)** (рис. 3).

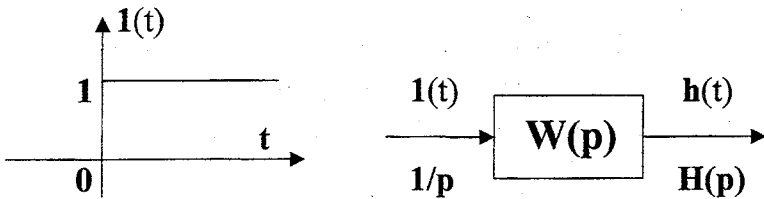


Рис. 3

Изображением **1(t)** является **1/p**, отсюда, на основании (2), получаем

$$H(p) = \frac{W(p)}{p} \quad (4)$$

Если входная величина – типа единичного импульса (дельта – функция)

$$x(t) = \delta(t)$$

то выходная величина – импульсная переходная функция.

$$H_{\delta}(p) = W(p) \cdot 1 \quad (5)$$

Сравнивая (4) и (5), находим следующую взаимосвязь

$$h_{\delta}(t) = h'(t) \quad (6)$$

Если в выражении для $W(p)$ звена сделать замену $p = j\omega$ то получим выражение $W(j\omega)$ - комплексного коэффициента передачи звена, который будет характеризовать преобразование в установленном режиме входной величины типа гармонической функции

$$x(t) = \sin \omega t$$

Если представить $W(j\omega)$ в экспоненциальной форме

$$W(j\omega) = A(\omega) e^{j\varphi(\omega)} \quad (7)$$

то $A(\omega)$ будет определять отношение амплитуд, а $\varphi(\omega)$ - разность фаз гармонически меняющихся величин на входе и выходе звена.

Отношение амплитуд $A(\omega)$ называется амплитудной частотной характеристикой, а разность фаз $\varphi(\omega)$ – фазовой частотной характеристикой звена (АЧХ и ФЧХ). Второе название $W(j\omega)$ - амплитудно – фазовая частотная характеристика (АФЧХ).

В качестве примера рассмотрим нахождение характеристик апериодического (инерционного) звена.

Дифференциальное уравнение апериодического звена

$$T y'(t) + y(t) = K x(t)$$

Применяя преобразование Лапласа и учитывая нулевые начальные условия, получим

$$T p Y(p) + Y(p) = K X(p)$$

Отсюда :

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} = \frac{K}{T p + 1} \quad (8)$$

В соответствии с (4) имеем

$$H(p) = \frac{W(p)}{p} = \frac{K}{p(Tp + 1)}$$

Для нахождения $h(t)$ произведем разложение $H(p)$ на простые дроби

$$\frac{K}{p(Tp + 1)} = \frac{A}{p} + \frac{B}{Tp + 1}$$

Коэффициенты A и B найдем методом неопределенных коэффициентов

$$1. \quad \frac{K}{p(Tp + 1)} = \frac{A(Tp + 1) + Bp}{p(Tp + 1)}$$

$$2. \quad K = (AT + B)p + A$$

$$3. \quad \begin{cases} AT + B = 0 \\ K = A \end{cases}$$

$$4. \quad A = K, \quad B = -\frac{KT}{K}$$

Итак:

$$H(p) = \frac{K}{p} - \frac{KT}{Tp + 1}$$

Учитывая, что $\frac{1}{p} = 1$, $\frac{1}{p + \alpha} = e^{-\alpha t}$

окончательно получаем: $h(t) = K(1 - e^{-t/T})$

В соответствии с (6) получаем

$$h_{\delta}(t) = \frac{K}{T} e^{-t/T}$$

Амплитудную и фазовую частотные характеристики находим в соответствии с (7) и (8)

$$W(j\omega) = \frac{K}{1 + j\omega T} = \frac{K}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}} e^{-j \arctg \omega T}$$

Отсюда

$$A(\omega) = \frac{K}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}} ; \quad \varphi(\omega) = - \arctg \omega T$$

По полученным выражениям при известных коэффициентах (пара – метрах) K и T могут быть построены графики соответствующих характеристик, и наоборот, используя графики и соответствующие им аналитические выражения, можно определить параметры звена.

На графиках некоторых характеристик могут быть выделены точки, по координатам которых наиболее просто определяются параметры звена. Например, для инерционного звена имеем

$$A(0) = K , \quad \varphi (1/T) = - 45^{\circ}$$

Для определения параметров используются также асимптотические значения характеристик, в частности, для переходной характеристики инерционного звена имеем

$$\lim_{t \rightarrow \infty} h(t) = K$$

В заключение, ниже приводятся названия часто встречающихся типовых звеньев и их дифференциальные уравнения

1 Аperiodическое (инерционное)

$$Ty' + y = Kx$$

2 Интегрирующее

$$y' = Kx$$

3 Реальное дифференцирующее

$$Ty' + y = Kx'$$

4 Колебательное

$$T^2 y'' + 2\xi Ty' + y = Kx \quad (0 < \xi < 1)$$

5 Идеальное дифференцирующее

$$y = Kx'$$

6 Интегрирующее с замедлением

$$Ty'' + y' = Kx$$

7 Аперiodическое второго порядка

$$T^2 y'' + 2\xi Ty' + y = Kx \quad (1 \leq \xi)$$

8 Изодромное

$$y' = K(Tx' + x)$$

Рабочее задание

1. Узнать у преподавателя свой номер варианта.
2. Ввести номер варианта в ПЭВМ.
3. По полученным значениям построить график характеристики звена и нанести на нем масштабы по осям координат.
4. Определить название звена.
5. Ввести название звена в ПЭВМ.
6. Повторить пункты 3-5 для других характеристик и звеньев.
7. Определить, используя графики, параметры звеньев.

Методические указания

1. После загрузки программы и запуска ее на исполнение на экране монитора появляется запрос номера варианта задания,

- который необходимо ввести с клавиатуры, для чего надо набрать соответствующий номер и нажать клавишу “ENTER”.
2. Вслед за вводом номера варианта на экране появляется таблица значений одной из характеристик звена, которую следует распечатать на принтере или записать в тетрадь. По полученным значениям построить график характеристики звена и указать на нем масштабы по осям координат.
 3. Для определения названия звена следует сопоставить график характеристики звена с аналитическими выражениями одноименной характеристики звеньев и путем сравнения выявить соответствие с одним из них. При сравнении принимать в расчет наличие и характер асимптот, точек экстремумов, перегиба, пересечения с осями координат и др.
 4. После ввода названия звена и при условии правильности ответа на экран выводится еще одна характеристика какого-либо из звеньев и т.д.
 5. На полученных графиках характеристик выделить расчетные точки и определить параметры звеньев. Для каждого типа звена составить таблицу рассчитанных значений параметров вида : “характеристика – параметр – значение параметра” и сравнить результаты, полученные по разным характеристикам.
 6. Составить сводную по всем звеньям таблицу параметров.

Содержание отчета

1. Для каждого типа звена представляются :
 - а) аналитические выражения характеристик;
 - б) графики характеристик с указанием расчетных точек и результаты проделанных вычислений;
 - в) таблица параметров.
2. Сводная таблица параметров звеньев.
3. Выводы.

Список литературы

1. Сапожников В. В., Кравцов Ю. А., Сапожников Вл. В. Теоретические основы железнодорожной автоматики и телемеханики: Учеб. для вузов / Под ред. В.В. Сапожникова – М.: Транспорт, 1995. – 320с.
2. Воронов А. А. Теория автоматического управления. – М.: Высшая школа, 1986. –367с.
3. Макаров И. М., Менский Б. Н. Линейные автоматические системы. – М.: Машиностроение, 1982. –504с.

Содержание

Подготовка к работе	3
Теоретическая часть	3
Рабочее задание	9
Методические указания	9
Содержание отчета	10
Список литературы	11

Учебно – методическое издание

Лызлов Игорь Сергеевич

Лызлов Михаил Сергеевич

Изучение характеристик ТИПОВЫХ ЗВЕНЬЕВ

Методические указания к лабораторной работе
по дисциплине

**“Теоретические основы железнодорожной
автоматики и телемеханики”**

Подп. в печ. - 16. 01. 02. Формат 60×84/16 Тираж - 100.

Усл. печ. л. - 0,75. Заказ - 46. Изд. - 128-01.

Цена - 4 р 8. 50 коп.

127994, Москва, ул. Образцова, 15
Типография МИИТа