

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра радиотехнических систем

С. А. Ганкевич

***ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ
СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ***

Методическое пособие
к лабораторной работе по дисциплине «Радиоавтоматика» для студентов
специальности 1-39 01 01 «Радиотехника» и дисциплине «Автоматика
информационных систем» для студентов специальности
1-39 01 03 «Радиоинформатика»

Минск БГУИР 2010

УДК 681.513.3(076.5)

ББК 32.965.8я73

Г19

Ганкевич, С. А.

Г19

Исследование типовых динамических звеньев следящих систем : метод. пособие к лаб. работе по дисциплине «Радиоавтоматика» для студ. спец. 1-39 01 01 «Радиотехника» и дисциплине «Автоматика информационных систем» для студ. спец. 1-39 01 03 «Радиоинформатика» / С. А. Ганкевич. — Минск : БГУИР, 2010. — 22 с.

ISBN 978-985-488-580-3.

В пособии изложены теоретические сведения о характеристиках типовых динамических звеньев. Описаны исследуемые модели. Даны указания по выполнению лабораторной работы.

Приведены вопросы для самопроверки.

УДК 681.513.3 (076.5)

ББК 32.965.8я73

ISBN 978-985-488-580-3

© Ганкевич С. А., 2010

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2010

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	4
2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ	4
2.1. Классификация динамических звеньев	4
2.2. Характеристики типовых динамических звеньев.....	5
2.2.1. Позиционные звенья.....	5
2.2.2. Дифференцирующие звенья.....	9
2.2.3. Интегрирующие звенья	11
2.2.4. Модели типовых динамических звеньев.....	14
3. ОПИСАНИЕ ИССЛЕДУЕМЫХ МОДЕЛЕЙ	17
4. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ	19
4.1. Исследование реакции динамических звеньев на входные сигналы	19
4.2. Исследование характеристик динамических звеньев	19
5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	20
6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	20
ЛИТЕРАТУРА	21

Библиотека БГУИР

ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение типовых динамических звеньев систем радиоавтоматики и исследование их временных и частотных характеристик.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Классификация динамических звеньев

Следящие системы содержат динамические звенья, описываемые дифференциальными уравнениями высоких порядков.

Для упрощения анализа следящих систем сложные динамические звенья разбивают на ряд простых таким образом, чтобы дифференциальные уравнения, описывающие их работу, не превышали второго порядка:

$$(a_0 + a_1 p + a_2 p^2) \cdot x_2(t) = (b_0 + b_1 p) \cdot x_1(t),$$

где $p = \frac{d}{dt}$; a_i, b_i – коэффициенты; $x_1(t)$ – входное воздействие; $x_2(t)$ – выходная величина.

Этому уравнению соответствует передаточная функция

$$W(p) = \frac{X_2(s)}{X_1(s)} = \frac{b_0 + b_1 s}{a_0 + a_1 s + a_2 s^2}.$$

Здесь $s = c + j\omega$ – комплексная переменная; $X_1(s), X_2(s)$ – изображения по Лапласу входной и выходной величин соответственно.

Всё множество динамических звеньев независимо от их назначения, конструктивных особенностей, элементной базы, используемой для их реализации, классифицируется по виду дифференциального уравнения, описывающего работу звена или его передаточной функции. В соответствии с этим признаком классификации различают следующие типы динамических звеньев:

- позиционные;
- интегрирующие;
- дифференцирующие.

К *позиционным* звеньям относятся: безынерционное, апериодическое первого порядка, апериодическое второго порядка, колебательное.

К *дифференцирующим* звеньям относятся: идеальное дифференцирующее, инерционное дифференцирующее, форсирующее.

К *интегрирующим* звеньям относятся: идеальное интегрирующее, инерционное интегрирующее, изотропное.

2.2. Характеристики типовых динамических звеньев

2.2.1. Позиционные звенья

К апериодическим звеньям 1-го порядка относятся звенья, описываемые дифференциальным уравнением следующего вида:

$$T \frac{dx_2(t)}{dt} + x_2(t) = kx_1(t) \text{ или } (T \cdot p + 1)x_2(t) = kx_1(t),$$

где $x_2(t)$ – выходная величина; $x_1(t)$ – входная величина; T – постоянная времени звена; k – коэффициент передачи.

Операторный коэффициент передачи

$$W(p) = \frac{x_2(t)}{x_1(t)} = \frac{k}{T \cdot p + 1}$$

и передаточная функция

$$W(s) = \frac{k}{T \cdot s + 1},$$

где $p = \frac{d}{dt}$; $s = c + j\omega$.

К этим звеньям относятся исполнительные двигатели, усилители мощности, магнитные усилители, RC-фильтры.

АЧХ звена определяется выражением

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = \frac{k}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}} = \frac{k}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^2}},$$

где $\omega_1 = \frac{1}{T}$ – сопрягающая частота.

ФЧХ звена $\Psi(\omega) = -\text{arctg}(\omega T)$.

Переходная характеристика

$$q(t) = k(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \cdot 1(t).$$

Весовая функция (импульсная характеристика)

$$h(t) = \frac{k}{T} \cdot e^{-\frac{t}{T}}.$$

Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика (ЛАЧХ)

$$L(\omega) = 20 \lg A(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^2}.$$

Графическое изображение переходной функции (переходная характеристика) и логарифмическая амплитудно-частотная характеристика приведены на рис. 1, а, б соответственно.

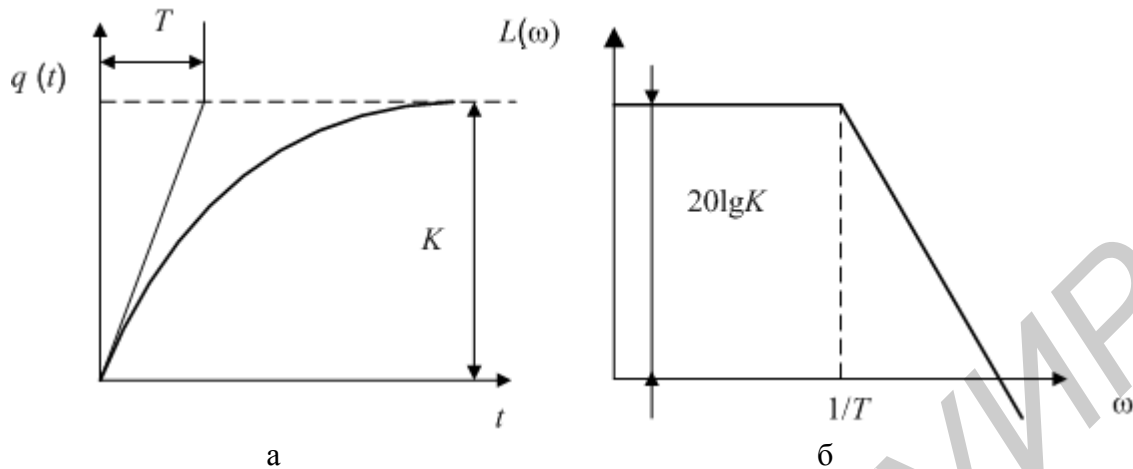


Рис. 1

Длительность переходного процесса $t_n = 3T$; $q(t_n) = 0,95q$.

Полоса пропускания $\omega_n = \frac{1}{T}$.

При уменьшении постоянной времени T увеличивается ω_n и при $T = 0$ полоса пропускания $\omega_n = \infty$. В результате переходная характеристика будет повторять форму входного процесса, а апериодическое звено первого порядка трансформируется в безынерционное звено.

Безынерционное звено описывается уравнением

$$x_2(t) = kx_1(t).$$

Передаточная функция, АЧХ и ФЧХ звена равны соответственно

$$W(s) = k; \quad A(\omega) = k; \quad \Psi(\omega) = 0.$$

К безынерционным звеньям обычно относят звенья, ширина спектра сигналов на входах которых значительно превышает их полосы пропускания.

Рассмотрим пример RC -цепи (рис. 2).

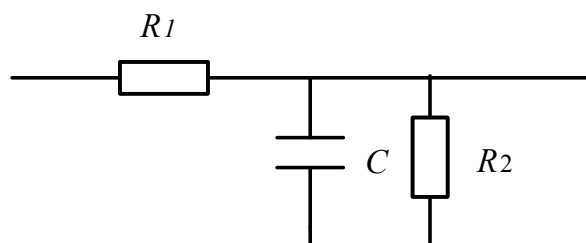


Рис. 2

Такая цепь является апериодическим звеном и описывается передаточной функцией

$$W(s) = \frac{k}{1 + Ts},$$

где $T = R_1 R_2 C / (R_1 + R_2)$; $k = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$.

При $C \rightarrow 0$ постоянная времени $T \rightarrow 0$ и апериодическое звено трансформируется в безынерционное звено.

К колебательным звеньям относят звенья, описываемые дифференциальным уравнением следующего вида:

$$(T^2 p^2 + 2\xi \cdot T \cdot p + 1)x_2(t) = k \cdot x_1(t),$$

где ξ – коэффициент затухания (для звеньев автоматических систем коэффициент затухания $\xi = 0,5 \dots 0,7$).

К таким звеньям относятся RLC -контуры, акселерометры и др.

Обозначим $\frac{1}{T} = \omega_0$ (ω_0 – собственная частота звена) и разделим почленно все слагаемые числителя и знаменателя на T^2 . В результате получим дифференциальное уравнение в следующем виде:

$$(p^2 + 2\xi \cdot \omega_0 \cdot p + \omega_0^2) x_2(t) = k \cdot \omega_0^2 x_1(t).$$

Основные характеристики звена:

$$W(p) = \frac{k\omega_0^2}{p^2 + 2\xi \cdot p \cdot \omega_0 + \omega_0^2}; \quad A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + 4\xi^2 \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}};$$

$$L(\omega) = 20 \lg k \pm 20 \lg \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + 4\xi^2 \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}}; \quad \psi(\omega) = -\arctg \frac{2\xi \frac{\omega}{\omega_0}}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}};$$

$$q(t) = k[1 - e^{-\xi\omega_0 t} (\cos \lambda t + \frac{\xi\omega_0}{\lambda} \sin \lambda t)] \cdot 1(t),$$

где $\lambda = \omega\sqrt{1 - \xi^2}$ – частота затухающих колебаний.

$$\text{Весовая функция } h(t) = \frac{k\omega_0^2}{\lambda} e^{-\xi\omega_0 t} \sin \lambda t \cdot 1(t).$$

По мере увеличения коэффициента затухания ξ длительность переходного процесса увеличивается, частота колебаний уменьшается и при $\xi \geq 1$ процесс может быть описан дифференциальным уравнением следующего вида:

$$(T_a p^2 + T_b p + 1)x_2(t) = k \cdot x_1(t)$$

или

$$(T_1 T_2 p^2 + (T_1 + T_2)p + 1)x_2(t) = k \cdot x_1(t),$$

где $T_b \geq 2T_a$, $T_{1,2} = \frac{T_b}{2} \pm \sqrt{\frac{T_b^2}{4} - T_a^2}$.

Такое звено называется апериодическим звеном второго порядка. Передаточная функция звена определяется выражением

$$W(s) = \frac{k}{(1 + sT_1)(1 + sT_2)}.$$

Апериодическое звено второго порядка может быть представлено как два последовательно соединенных апериодических звена первого порядка. Характеристики звена:

$$A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_2}\right)^2}},$$

где $\omega_1 = \frac{1}{T_1}$ и $\omega_2 = \frac{1}{T_2}$ – сопрягающие частоты.

$$\text{ЛАЧХ: } L(\omega) = 20 \lg k - 20 \lg \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^2} - 20 \lg \sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_2}\right)^2}.$$

$$\text{ФЧХ: } \psi(\omega) = -\arctg \omega T_1 - \arctg \omega T_2.$$

Переходная характеристика

$$q(t) = k \left[\left(1 + \frac{T_1}{T_1 - T_2}\right) e^{-\frac{t}{T_1}} + \left(1 + \frac{T_2}{T_1 - T_2}\right) e^{-\frac{t}{T_2}} \right] \cdot 1(t).$$

Переходная характеристика звена и ЛАЧХ приведены на рис. 3, а, б соответственно.

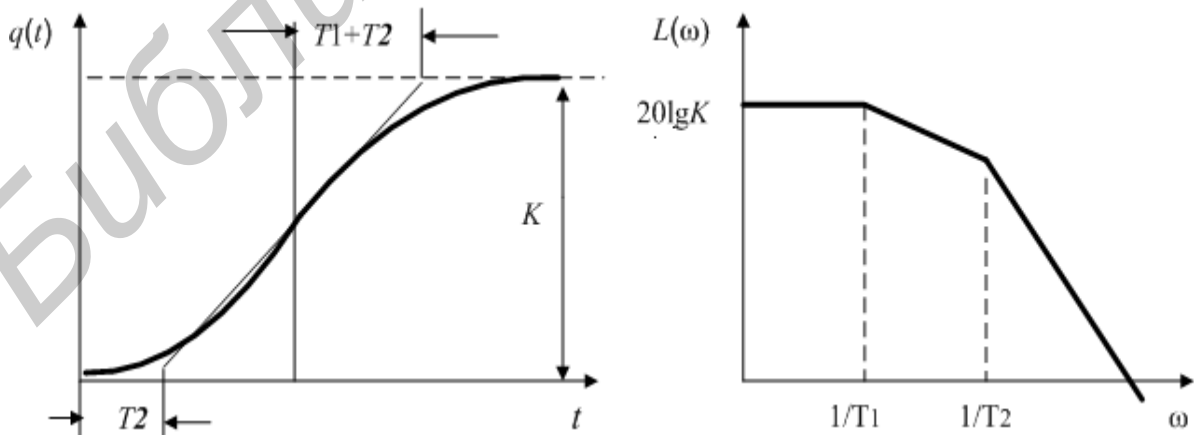


Рис. 3

2.2.2. Дифференцирующие звенья

К идеальным дифференцирующим звеньям относят звенья, выходная величина которых пропорциональна производной входной величины:

$$x_2(t) = k \cdot \dot{x}_1(t); \quad x_2(t) = k \cdot p \cdot x_1(t).$$

Операторный коэффициент передачи

$$W(p) = \frac{x_2(t)}{x_1(t)} = k \cdot p.$$

Передаточная функция

$$W(s) = \frac{x_2(s)}{x_1(s)} = k \cdot s.$$

В автоматических системах примером идеального дифференцирующего звена является тахогенератор.

Величина k имеет размерность времени и называется постоянной времени T дифференцирующего звена.

Если входная и выходная величины имеют одну и ту же физическую природу (например напряжение), постоянная времени определяется как интервал времени от момента подачи на вход линейно изменяющегося напряжения до момента времени, когда напряжение на входе сравняется с напряжением на выходе (рис. 4).

Характеристики идеального дифференцирующего звена:

$$A(\omega) = k\omega; \quad L(\omega) = 20 \lg k \cdot \omega; \quad \psi(\omega) = -\arctg \frac{\pi}{2}; \quad q(t) = k \delta(t);$$

$$W(j\omega) = k \cdot j\omega.$$

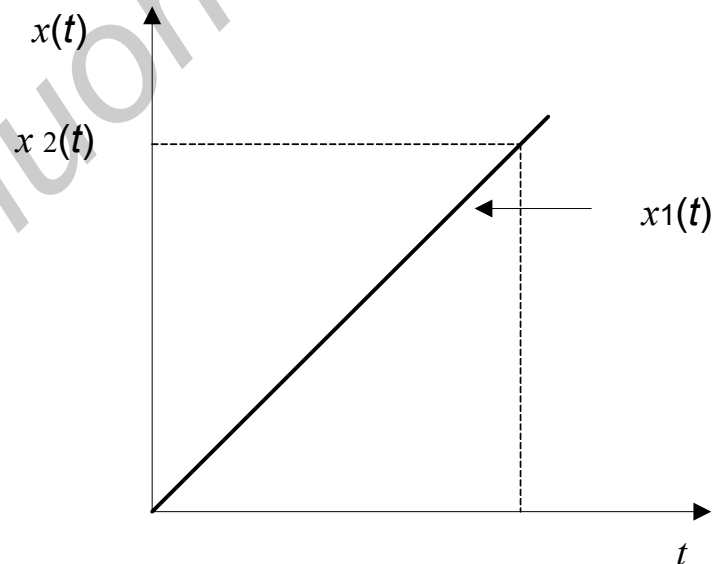


Рис. 4

К инерционным дифференцирующим звеньям относятся звенья, имеющие следующие характеристики:

$$W(p) = \frac{kp}{1+pT}; \quad A(\omega) = \frac{k\omega}{\sqrt{1+(\omega T)^2}}; \quad L(\omega) = 20 \lg k \cdot \omega - 20 \lg \sqrt{1+(\omega T)^2};$$

$$\psi(\omega) = \frac{\pi}{2} - \arctg \omega T.$$

Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика звена приведена на рис. 5.

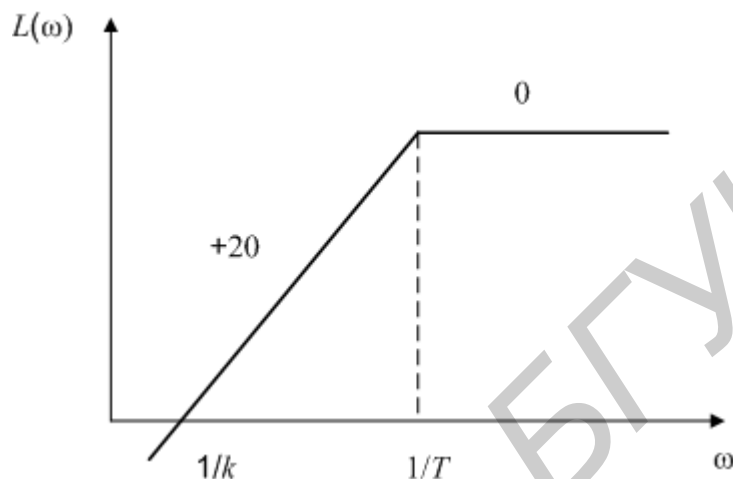


Рис. 5

Примером инерционного дифференцирующего звена является RC -цепь (рис. 6).

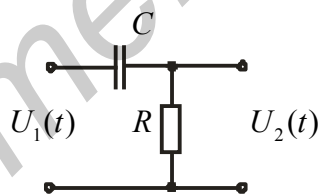


Рис. 6

Форсирующее звено формируется параллельным соединением безынерционного и идеального дифференцирующего звеньев:

$$W(p) = k + k_1 p = k \left(1 + \frac{k_1}{k} p \right) = k(1 + T p).$$

Звено используется для коррекции передаточных функций систем (компенсирует запаздывание фазы, вносимое интегрирующими звеньями).

Характеристики звена :

$$A(\omega) = k \sqrt{1 + (\omega T)^2};$$

$$L(\omega) = 20 \lg k + 20 \lg \sqrt{1 + (\omega T)^2}; \quad \psi(\omega) = \arctg \omega T.$$

На рис. 7, а, б приведены переходная и логарифмическая амплитудно-частотная характеристики звена соответственно.

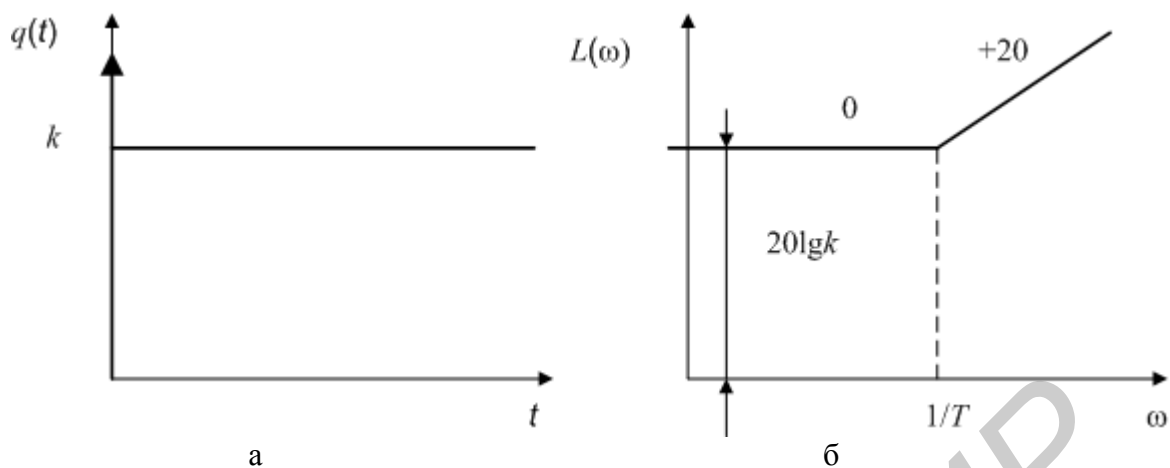


Рис. 7

2.2.3. Интегрирующие звенья

К идеальным интегрирующим звеньям относят звенья, выходная величина которых пропорциональна интегралу от входной величины:

$$x_2(t) = k \int_0^t x_1(t) dt; \quad \frac{dx_2}{dt} = kx_1(t),$$

где $k = \frac{1}{T}$; T – постоянная времени звена.

Если физическая природа входной и выходной величин одинакова (например напряжение), постоянная времени определяется как интервал времени от момента подачи на вход постоянного напряжения до момента времени, когда напряжение на выходе сравняется с напряжением на входе (рис. 8).

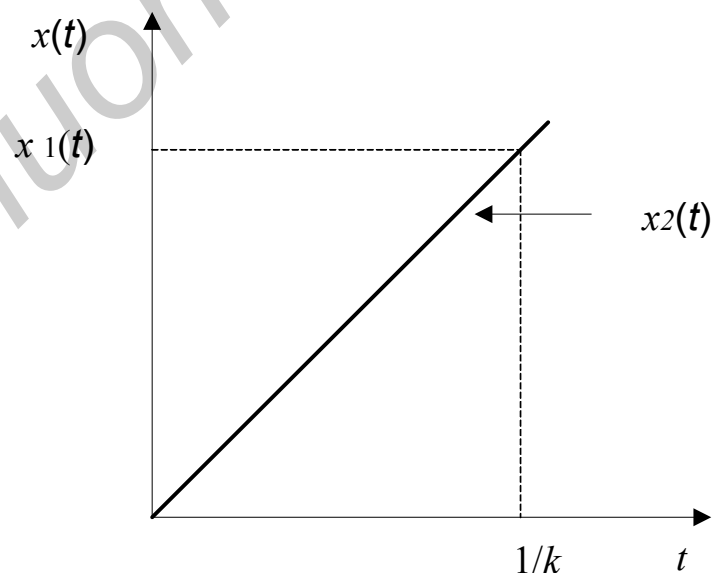


Рис. 8

Характеристики идеального интегрирующего звена определяются следующими выражениями:

$$h(t) = kt \cdot 1(t); W(p) = \frac{k}{p}; W(j\omega) = \frac{k}{j\omega}; A(\omega) = \frac{k}{\omega};$$

$$L(\omega) = 20 \lg \frac{k}{\omega}; \psi(\omega) = -\frac{\pi}{2}.$$

Примером такого звена является исполнительный двигатель, у которого угол поворота ротора пропорционален интегралу от входного напряжения.

На рис. 9, а, б приведены переходная характеристика и ЛАЧХ идеального интегрирующего звена.

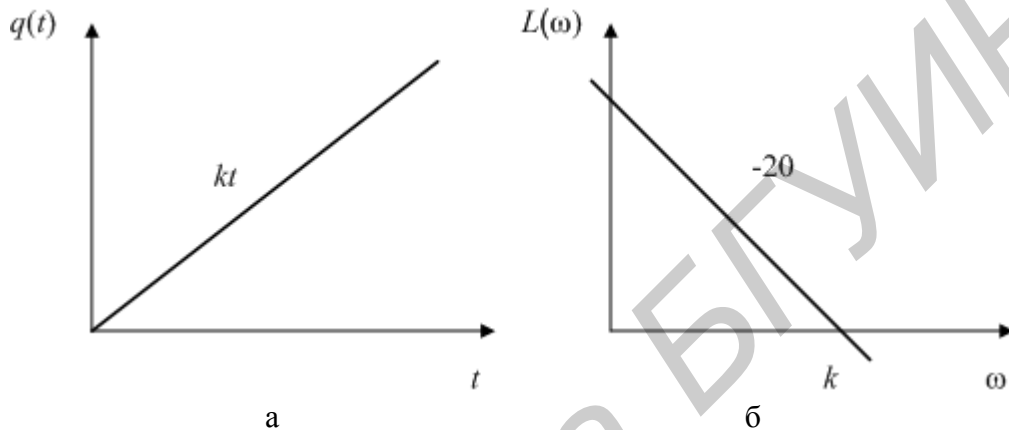


Рис. 9

К инерционным интегрирующим звеньям относятся звенья, передаточная функция которых определяется выражением

$$W(s) = \frac{k}{s(1 + sT)}.$$

Другие характеристики звена:

$$W(j\omega) = \frac{k}{j\omega(1 + j\omega T)}; A(\omega) = \frac{k}{\omega\sqrt{1 + (\omega T)^2}};$$

$$L(\omega) = 20 \lg \frac{k}{\omega} - 20 \lg \sqrt{1 + (\omega T)^2}; \psi(\omega) = -\frac{\pi}{2} - \arctg \omega T.$$

Это звено можно рассматривать как последовательное соединение апериодического звена 1-го порядка и идеального интегратора. ЛАЧХ и переходная характеристики звена приведены на рис. 10, а, б соответственно. Там же для сравнения приведена переходная характеристика $q(t)$ идеального интегрирующего звена, изменяющаяся по линейному закону kt .

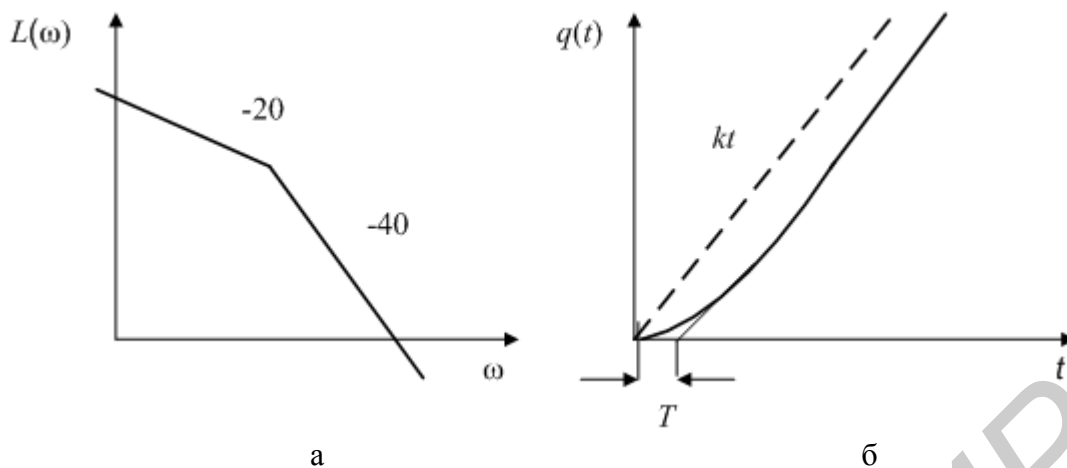


Рис. 10

Изодромное звено формируется параллельным соединением безынерционного и идеального интегрирующего звеньев:

$$W(p) = k_1 + \frac{k_2}{p} = k_2 \left(\frac{k_1}{k_2} p + 1 \right) \cdot \frac{1}{p} = k_2 (1 + pT) \cdot \frac{1}{p},$$

где $T = \frac{k_1}{k_2}$.

Характеристики звена:

$$A(\omega) = \frac{k_2}{\omega} \sqrt{1 + (\omega T)^2}; \quad L(\omega) = 20 \lg \frac{k_2}{\omega} + 20 \lg \sqrt{1 + (\omega T)^2}; \quad \psi(\omega) = -\frac{\pi}{2} + \arctg \omega T.$$

Переходная характеристика и ЛАЧХ звена изображены на рис. 11, а, б соответственно.

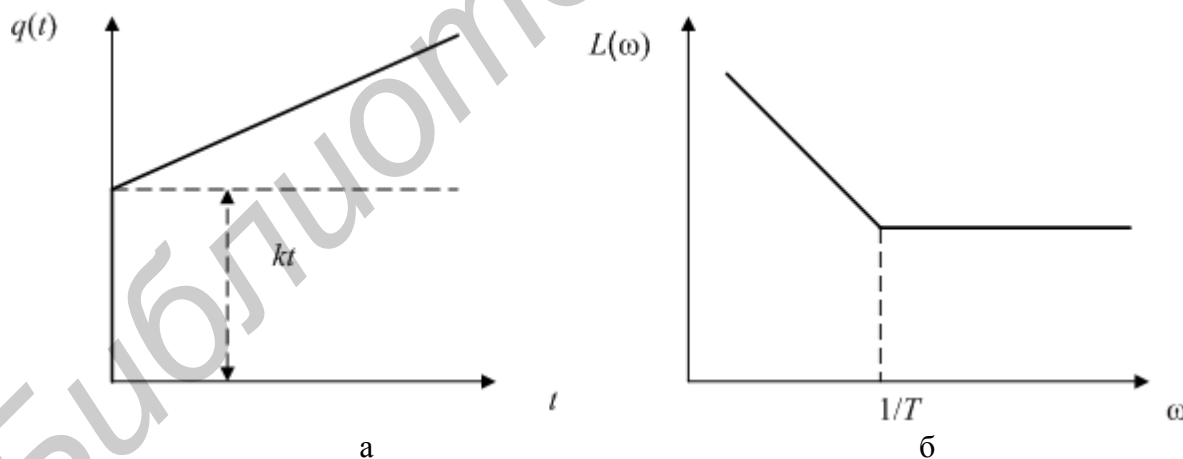


Рис. 11

Характеристики звена временного запаздывания, которое может быть представлено как n последовательно соединенных апериодических звеньев первого порядка:

$$W(p) = e^{-pT}; \quad A(\omega) = 1; \quad \psi(\omega) = -\omega T.$$

2.2.4. Модели типовых динамических звеньев

При моделировании динамических звеньев на аналоговых вычислительных машинах и электронных моделях динамические звенья набираются по схемам, приведенным в таблице. Основным элементом звена является операционный усилитель с большим коэффициентом усиления, охваченный отрицательной обратной связью.

Модели типовых динамических звеньев

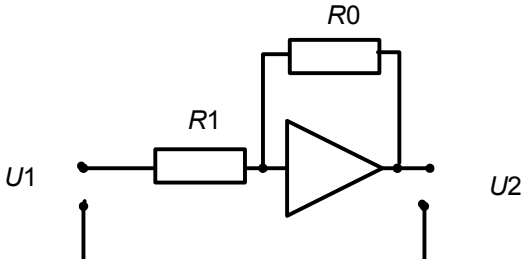
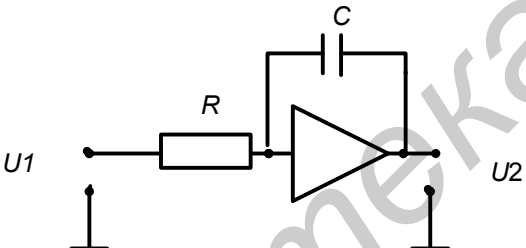
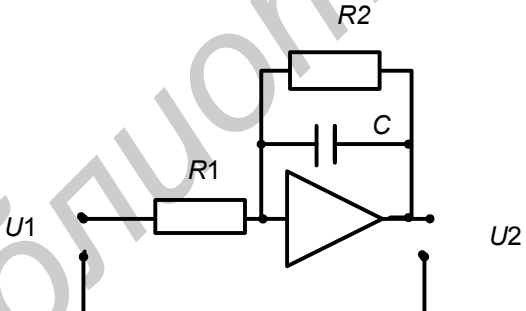
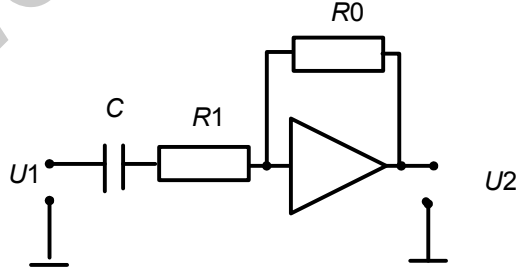
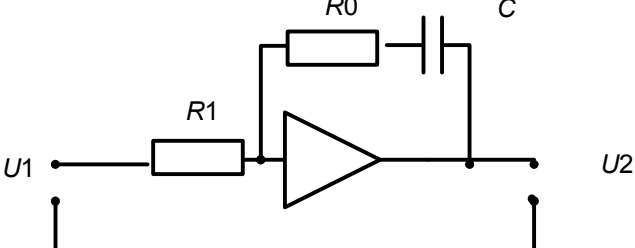
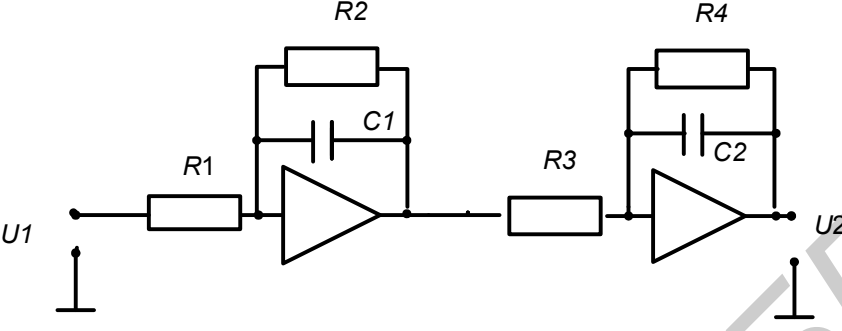
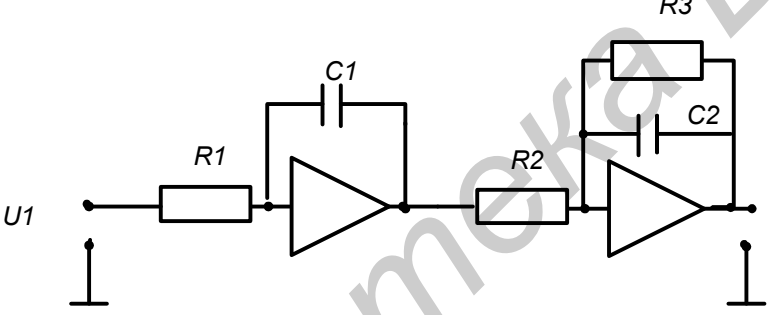
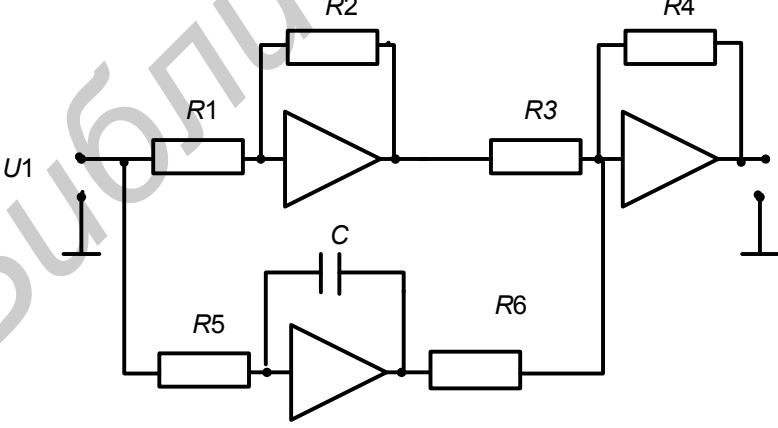
Схема звена	Тип звена, передаточная функция
	Безынерционное $W(s) = k;$ $k = -R_0 / R_1.$
	Идеальное интегрирующее $W(s) = k / s;$ $k = -1 / (RC).$
	Аperiodическое звено первого порядка $W(s) = k / (1 + Ts);$ $k = -R_2 / R_1;$ $T = R_2 C.$
	Инерционное дифференцирующее $W(s) = ks / (1 + Ts);$ $k = -R_0 C; T = R_1 C.$

Схема звена	Тип звена, передаточная функция
	<p>Изодромное</p> $W(s) = k(1 + Ts)/s;$ $k = -1/R_1C; T = R_0C.$
	<p>Апериодическое звено второго порядка</p> $W(s) = k / \left[(1 + T_1s) \times \right. \\ \left. \times (1 + T_2s) \right];$ $k = \frac{R_2R_4}{R_1R_3}; T_1 = R_2C_1;$ $T_2 = R_4C_2.$
	<p>Инерционное интегрирующее звено</p> $W(s) = \frac{k}{s(1 + sT)};$ $k = \frac{R_3}{R_1R_2C_1};$ $T = R_3C_2.$
	<p>Изодромное звено</p> $W(s) = k_0 + \frac{k_1}{s};$ $k_0 = \frac{R_2R_4}{R_1R_3};$ $k_1 = \frac{R_5R_6C}{R_4}.$

Колебательное звено формируется путем охвата отрицательной обратной связью инерционного интегрирующего звена (рис. 12).

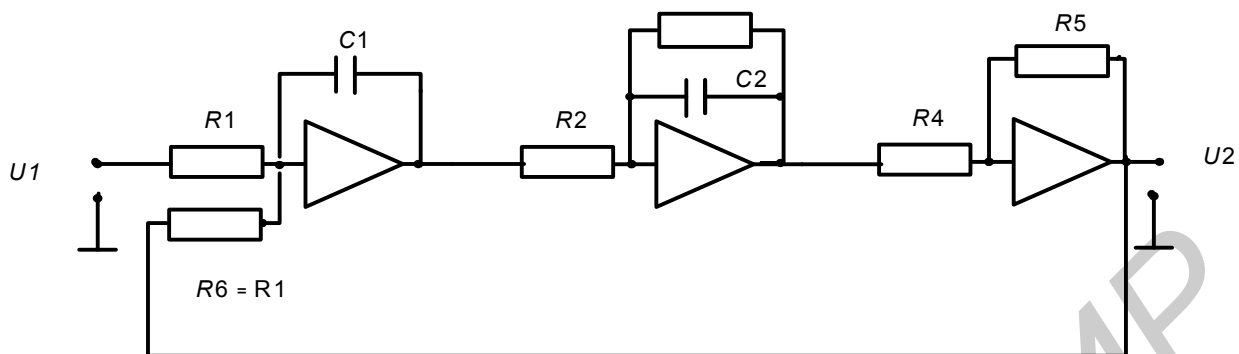


Рис. 12

Передаточная функция звена

$$W(s) = \frac{k}{s(1+Ts) + k} = \frac{k}{Ts^2 + s + k} = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\xi\omega_0 s + \omega_0^2},$$

где $k = \frac{1}{R_1 C_1} \frac{R_3 R_5}{R_2 R_4}$; $T = R_2 C_2$; $\omega_0 = \sqrt{k/T}$; $\xi = 1/(2\sqrt{kT})$.

3. ОПИСАНИЕ ИССЛЕДУЕМЫХ МОДЕЛЕЙ

Лабораторный стенд состоит из трех компьютерных моделей, каждая из которых содержит коммутируемые модели динамических звеньев, заданных передаточными функциями, коммутируемые источники сигналов, осциллографы и формирователь шины Bus Creator (рис. 13–15).

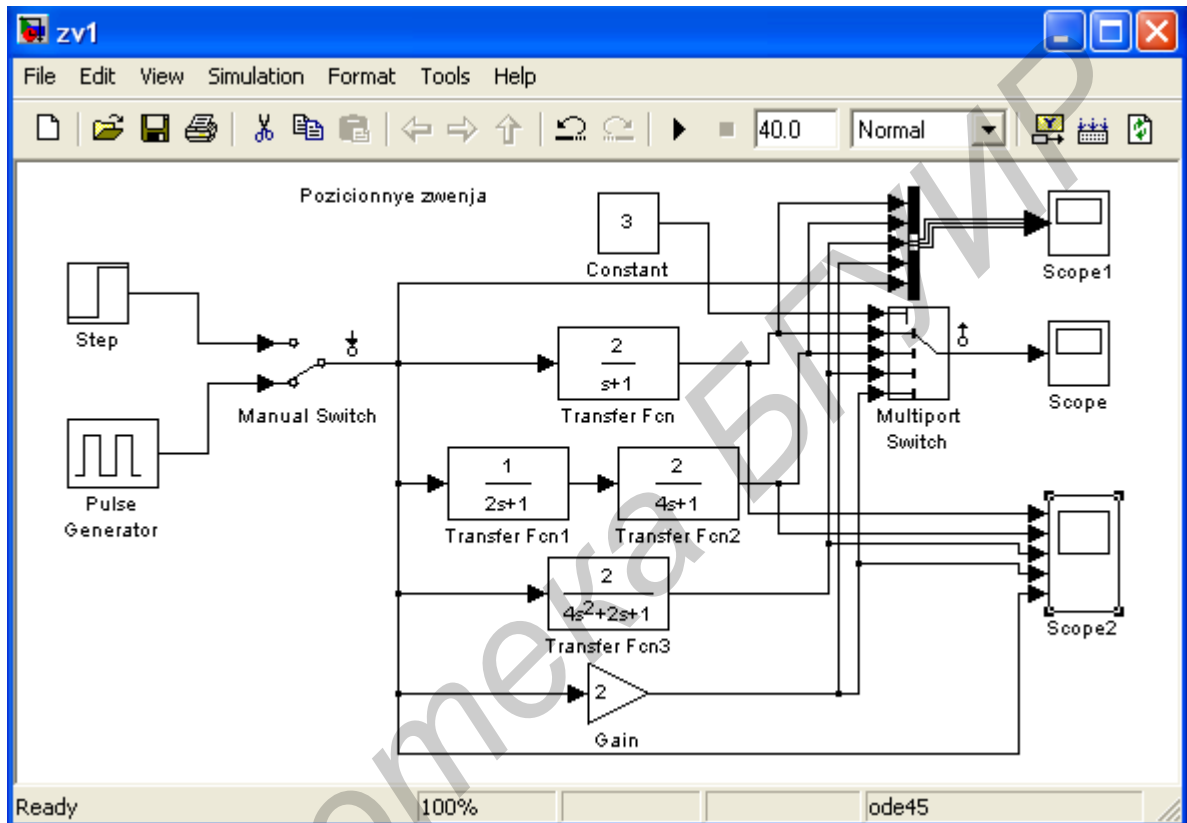


Рис. 13

Коэффициенты усиления и постоянные времени динамических звеньев задаются с клавиатуры. Для этого необходимо навести курсор на изображение соответствующего динамического звена на модели следящей системы и два раза щелкнуть левой клавишей мыши, после чего на экране появится диалоговое окно, позволяющее ввести желаемые параметры.

В компьютерной модели имеется генератор импульсов, формирующий напряжение прямоугольной формы, и генератор ступенчатого напряжения. Амплитуда, длительность и частота следования импульсов на выходе генератора регулируются с клавиатуры. Для открытия диалогового окна также необходимо навести курсор на изображение генератора и два раза щелкнуть левой клавишей мыши.

Для запуска программы моделирования необходимо:

- загрузить систему MATLAB (6.5 или более поздних версий);

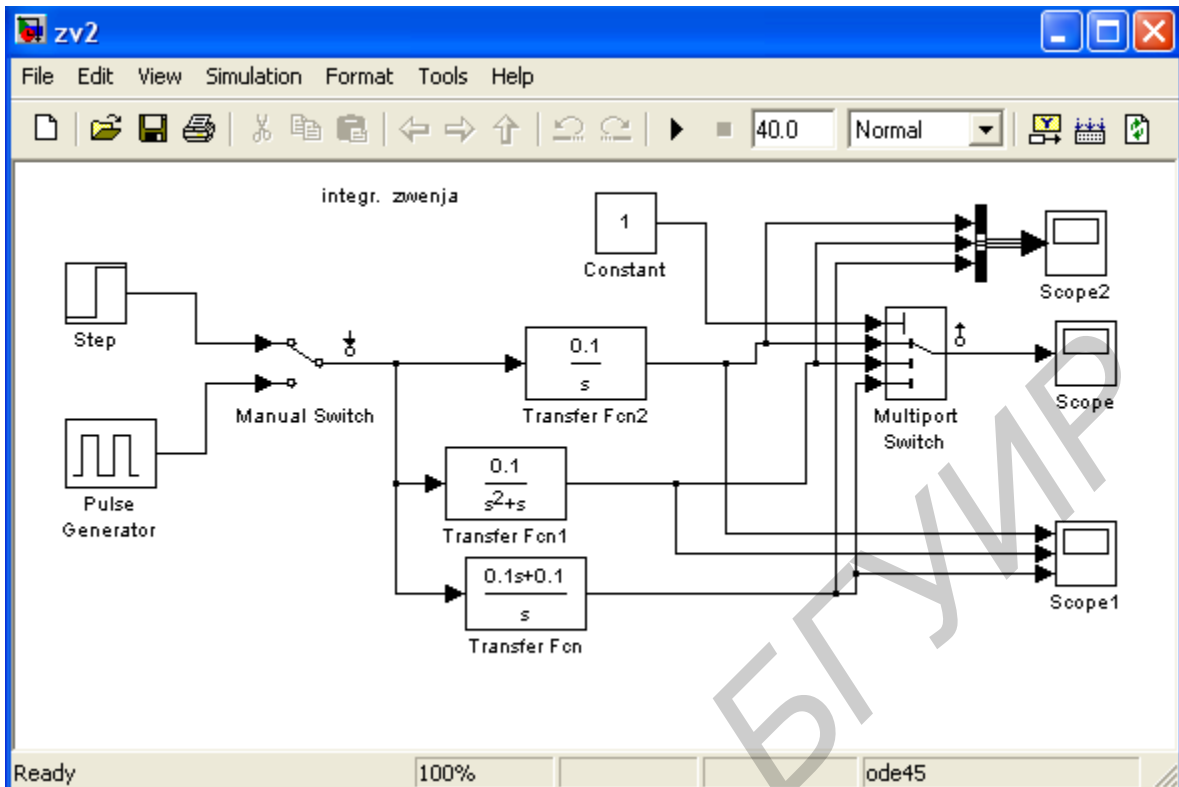


Рис. 14

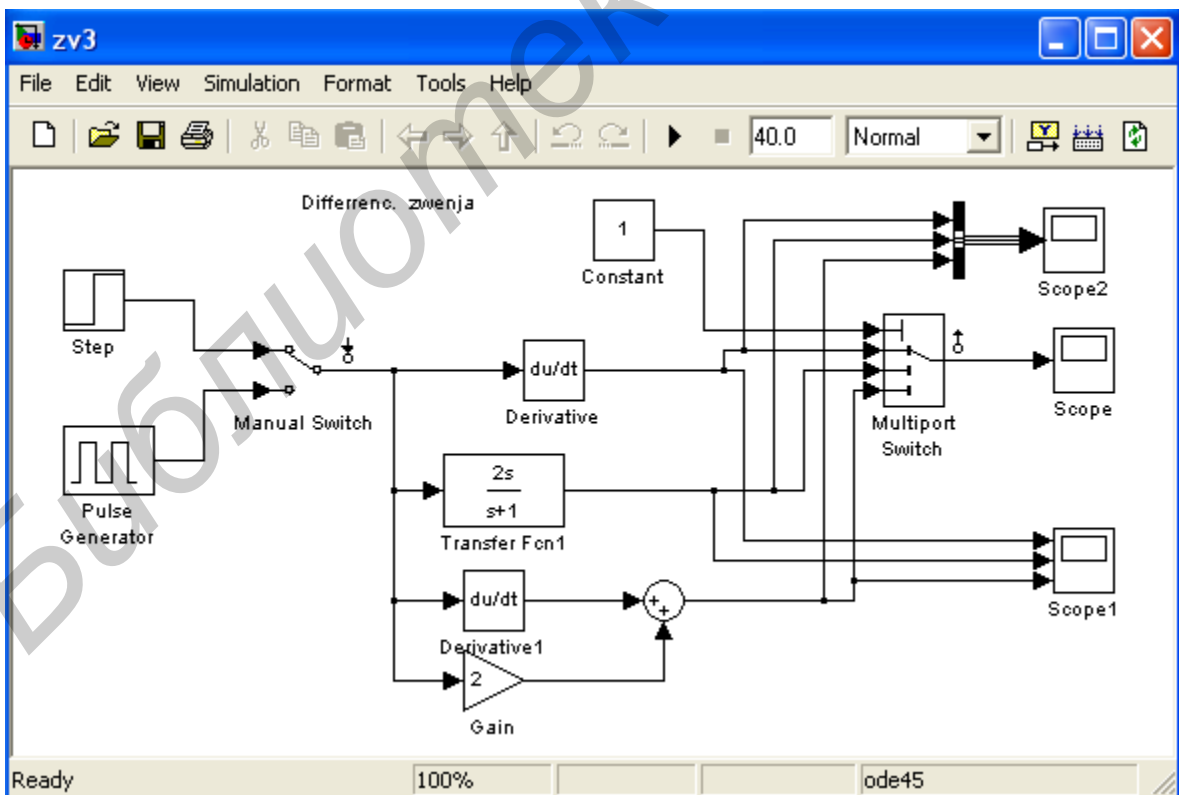


Рис. 15

- запустить Simulink, нажав кнопку Simulink на панели инструментов или исполнив в командной строке команду « >> simulink »;
- нажав кнопку обзора «Browse for folder», выбрать директорию, в которую были помещены файлы программы;
- открыть папку с файлами исследуемых систем, выбрать и открыть соответствующий файл, после чего исследуемая система должна отобразиться графически;
- задать параметры звеньев и испытательного сигнала;
- на инструментальной панели нажать клавишу « Start » или из меню «Simulation» выбрать команду «Start».

4. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

4.1. Исследование реакции динамических звеньев на входные сигналы

Для исследования реакции динамических звеньев на входные сигналы необходимо:

- поочередно загрузить соответствующую модель ($zv1$, $zv2$, $zv3$);
- произвести моделирование нажатием клавиши « Start » или выбором из меню « Simulation » команды «Start»;
- зарисовать временные диаграммы в окнах осциллографов Scope 1 и Scope 2;
- ручной переключатель Manual Switch перевести во второе положение и повторить процесс исследования в соответствии с предыдущим пунктом.

Для идентификации диаграмм использовать осциллограф Scope с коммутируемым входом, а в качестве параметров звеньев – параметры, заданные по умолчанию.

Проанализировать полученные результаты.

Параметры звеньев задаются преподавателем.

4.2. Исследование характеристик динамических звеньев

Исследование характеристик динамических звеньев и производится с помощью LTI-Viever. Для коммутации выходов необходимо использовать управляемый многоходовый переключатель Multiport Switch.

При исследовании зависимости временных и частотных характеристик позиционных динамических звеньев от постоянных времени и коэффициента затухания (для колебательного звена) необходимо построить:

- переходную характеристику;
- импульсную характеристику;
- амплитудно-частотную и фазочастотную характеристики (диаграмма Боде);
- годограф Найквиста.

С этой целью:

- загрузить модель $zv1$;
- с помощью многовходового переключателя подключить к выходу модели выход апериодического звена;
- используя ЛТИ –Viever, построить заданные характеристики; по переходной характеристике определить длительность переходного процесса;
- увеличить вдвое постоянную времени звена и повторить исследования по предыдущему пункту;
- последовательно подключая к выходу модели выходы апериодического звена второго порядка, колебательного и безынерционного звеньев, повторить исследования в соответствии с изложенной выше методикой.

Примечание. Для колебательного звена исследование характеристик произвести также и в зависимости от величины коэффициента затухания, для чего при фиксированном значении постоянной времени уменьшить вдвое коэффициент затухания и повторить исследования.

Повторить исследования, изложенные выше, для моделей $zv2$ и $zv3$.

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Схемы исследуемых компьютерных моделей.
3. Результаты исследований (временные диаграммы, характеристики).
4. Выводы.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислить типы позиционных звеньев и определить их передаточные функции.
2. Перечислить типы дифференцирующих звеньев и определить их передаточные функции.
3. Перечислить типы интегрирующих звеньев и определить их передаточные функции.
4. Как определить передаточную функцию звена по экспериментально снятой переходной характеристике?
5. Какие временные и частотные характеристики звеньев используют для их описания? Каково их назначение и физический смысл?
6. Пояснить принцип построения частотных характеристик.
7. Изобразить схемы электронных моделей динамических звеньев.
8. Как влияет величина постоянной времени звена на временные и частотные характеристики ?
9. Как определить величину постоянной времени идеального дифференцирующего звена по переходной характеристике?
10. Как определить величину постоянной времени идеального интегрирующего звена по переходной характеристике?

ЛИТЕРАТУРА

1. Радиоавтоматика / В. А. Бесекерский [и др.] ; под ред. В. А. Бесекерского. – М. : Высш. шк., 1985. – 271 с.
2. Коновалов, Г. Ф. Радиоавтоматика : учебник для вузов по спец. «Радиотехника» / Г. Ф. Коновалов. – М. : ИПРЖР, 2003. – 288 с.
3. Дьяконов, В. П. MATLAB R2006/2007/2008+ Simulink 5/6/7. Основы применения / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2008. – 799 с.

Библиотека БГУИР

Учебное издание

Ганкевич Сергей Антонович

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЗВЕНЬЕВ
СЛЕДЯЩИХ СИСТЕМ**

Методическое пособие
к лабораторной работе по курсу «Радиоавтоматика» для студентов
специальности 1-39 01 01 «Радиотехника» и курсу
«Автоматика информационных систем для студентов
специальности 1-39 01 03 «Радиоинформатика»

Редактор Н. В. Гриневич
Компьютерная верстка М. В. Чечетко

Подписано в печать
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 1, 2.

Формат 60x84 1/16.
Отпечатано на ризографе.
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л.
Заказ 301.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровки, 6