

3. Способ определения постоянной времени переходного процесса и устройство для его осуществления : пат. 20066 Респ. Беларусь на изобретение, МПК6 G 01R 29/02 / Козусев Ю. А. ; 30.04.16 // Афіцыйны бюл. / Вынаходствы. Карысныя мадэлі. Прамысловыя ўзоры. – 2016. – № 2. – С. 115.
4. Способ определения постоянной времени переходного процесса и устройство для его осуществления : пат. 20094 Респ. Беларусь на изобретение, МПК6 G 01R 29/02 / Козусев Ю. А., Кухаренко С. Н. ; 30.04.16 // Афіцыйны бюл. / Вынаходствы. Карысныя мадэлі. Прамысловыя ўзоры. – 2016. – № 2. – С. 116.

УДК 62-50:62-529

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА SCILAB

Э. М. Виноградов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Рассмотрено использование программного пакета Scilab для анализа линейной системы автоматического управления.

Ключевые слова: пакет Scilab, система автоматического управления, передаточная функция, временные характеристики, частотные характеристики.

CONTROL SYSTEM ANALYSIS WITH A HELP OF SOFTWARE PACKAGE SCILAB

E. M. Vinogradov

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The report considers usage of software package Scilab for analysis linear control system.

Keywords: linear control system, transfer function, time response functions, frequency functions.

В последнее время в учебных целях начал широко использоваться бесплатный, свободно распространяемый программный продукт *Scilab*, который предназначен для выполнения инженерных и научных вычислений. Последнюю версию пакета вместе с технической документацией на английском языке можно скачать с официального сайта программы – www.scilab.org. Следует отметить, что имеется очень мало русскоязычных руководств по *Scilab*, особенно по способам его применения для решения задач автоматического управления.

В инженерной практике наиболее часто используется представление системы автоматического управления в виде структурной схемы, состоящей из типовых динамических звеньев. Каждое звено описывается передаточной функцией. *Scilab* также позволяет использовать этот подход.

В пакете *Scilab* имеется функция *syslin()*, которая определяет линейное динамическое звено (или систему) по ее передаточной функции $W(s)$ следующим образом:

$$W = \text{syslin}('c', W(s)),$$

где параметр 'c' указывает, что система с непрерывным временем, а s – символьная переменная. Затем, используя обычные правила преобразования структурных схем, необходимо получить эквивалентную функцию всей системы управления.

В *Scilab* имеется функция $csim()$, с помощью которой можно рассчитать временные характеристики системы по ее передаточной функции. Функция $csim()$ вычисляет реакцию системы на определенные входные сигналы. Имеется два вида стандартных входных сигналов и соответственно два варианта функции $csim()$:

$$h = csim('step', t, W),$$

где $'step'$ – это входной единичный ступенчатый сигнал $1(t)$, а h – это переходная функция $h(t)$;

$$g = csim('impulse', t, W),$$

где $'impulse'$ – это входной бесконечный импульс $\delta(t)$ (единичная функция Дирака), а g – это импульсно-переходная функция $g(t)$.

В обоих случаях переменная t – это вектор, определяющий время вычисления функции, а W – передаточная функция системы, определяемая с помощью функции $syslin()$.

В пакете *Scilab* имеется несколько функций, с помощью которых можно вычислить и построить графики различных частотных характеристик линейных систем, заданных передаточными функциями. Наиболее часто используются следующие функции: $bode()$ – диаграмма Боде; $nyquist()$ – годограф Найквиста; $gainplot()$ – вычисляет и строит логарифмическую частотную характеристику; $phaseplot()$ – вычисляет и строит фазовую частотную характеристику.

В пакете *Scilab* имеется особая часть программ, называемая *Xcos*, которая позволяет осуществить визуальное математическое моделирование динамических систем различных объектов. Создавать модель в *Xcos* удобно непосредственно по структурной схеме системы управления. С помощью блочной модели можно исследовать поведение системы при различных видах сигналов: ступенчатом, импульсном, гармоническом.

Приведен пример исследования с помощью пакета *Scilab* системы автоматического управления (САУ), состоящей из трех линейных динамических звеньев. Структурная схема САУ приведена на рис. 1.

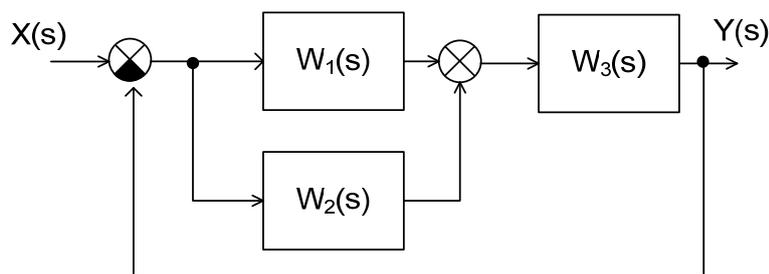


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического управления

Передаточные функции звеньев:

$$W_1(s) = 4; \quad W_2(s) = (0.05s + 1) / (0.1s + 1); \quad W_3(s) = 1 / s(0.5s + 1).$$

Требуется выполнить следующее:

1) преобразовать структурную схему и найти эквивалентную передаточную функцию САУ;

- 2) определить устойчивость САУ;
- 3) построить графики переходной и импульсно-переходной характеристик.

Для решения поставленных задач создадим несколько скрипт-файлов с помощью редактора *SciNotes*, входящего в пакет *Scilab*.

1. Текст скрипта для преобразования структурной схемы САУ и нахождения эквивалентной передаточной функции системы:

```
s = %s; // объявление символьной переменной
// определение передаточных функций отдельных звеньев
W1 = syslin('c', 4, 1);
W2 = syslin('c', 0.05*s + 1, 0.1*s + 1);
W3 = syslin('c', 1, s*(0.5*s + 1);
// преобразование структурной схемы
W12 = W1 + W2;
W123 = W12 * W3;
W = W123 / (1 + W123);
// эквивалентная передаточная функция САУ
disp("Передаточная функция САУ: W = ");
disp(W);
```

Результат выполнения скрипта имеет следующий вид:

Передаточная функция САУ: $W =$
 $(100 + 9s) / (100 + 29s + 12s^2 + s^3)$

2. Текст скрипта для вычисления корней характеристического уравнения САУ с целью определения устойчивости:

```
den = W.den; // вычисление знаменателя передаточной функции САУ
r = roots(den); // вычисление корней характеристического уравнения
disp("Корни характеристического уравнения САУ равны: ");
disp(r);
```

Результат выполнения скрипта имеет следующий вид:

Корни характеристического уравнения САУ равны:
-10.109902
-0.9450491 + 2.9996958i
-0.9450491 - 2.999698i

Все корни характеристического уравнения имеют отрицательные вещественные части, поэтому можно сделать вывод, что заданная САУ будет устойчивой.

3. Текст скрипта для построения графиков временных функций САУ:

```
t = 0 : 0.01 : 10; // диапазон времени и шаг
h = csim('step', t, W);
plot(t, h); // график функции h(t) в окне с номером 0
xtitle("Переходная характеристика h(t)", "Время, с", "Амплитуда");
xgrid(); // отобразить сетку
scf(1); // открыть новое графическое окно с номером 1
g = csim('impulse', t, W);
plot(t, g); // график функции g(t) в окне с номером 1
xtitle("Импульсно-переходная характеристика g(t)", "Время, с", "Амплитуда");
xgrid(); // отобразить сетку
```

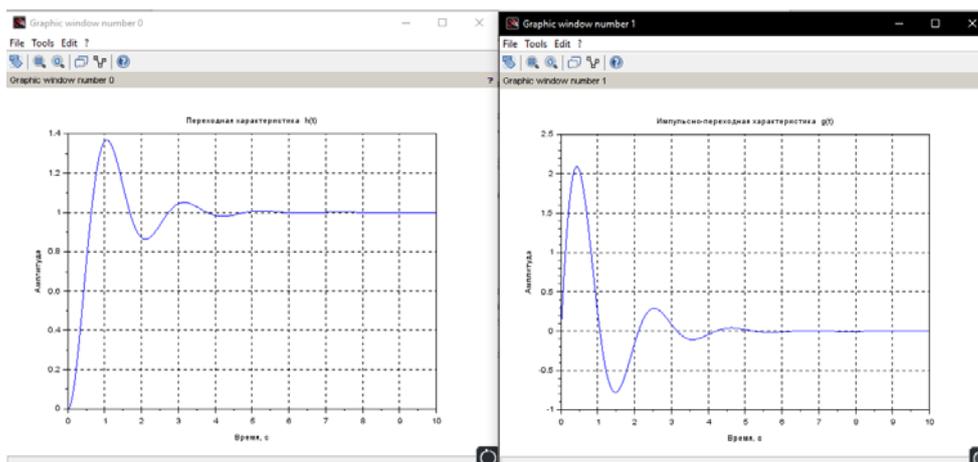


Рис. 2. Графики переходной и импульсно-переходной характеристик системы автоматического управления

Результат выполнения скрипта представлен на рис. 2.

УДК 531.746.088.2

ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ УРОВНЯ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ГОРИЗОНТА, ПИТАЕМЫЙ ДУМЯ КРАТНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ

В. А. Карпов, О. М. Ростокина, Ю. Е. Котова, А. В. Карпов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Рассмотрен способ питания электродов оси X электролитического чувствительного элемента напряжением с одной частотой, а оси Y – удвоенной частотой, с последующим фазочувствительным детектированием для разделения полезных составляющих информационных сигналов осей X и Y.

Ключевые слова: электролитический чувствительный элемент, питание кратными напряжениями, фазочувствительный детектор.

ELECTROLYTIC SENSITIVE ELEMENT OF THE LEVEL OF THE DEVELOPMENT FROM THE HORIZON, SUPPLIED WITH TWO MULTIPLE VOLTAGES

U. A. Karpau, V. M. Rastokina, Y. Y. Kotava, A. U. Karpau

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

The report considers a method of powering the electrodes of the X axis of an electrolytic sensing element with a voltage with one frequency, and the Y axis with a double frequency, followed by phase-sensitive detection to separate the useful components of the information signals of the X and Y axes.

Keywords: electrolytic sensing element, multiple voltage supply, phase-sensitive detector.

Двухосевые электролитические чувствительные элементы (ЭЧЭ) используются в различных технических задачах. Однако в силу их конструктивных особенностей возникает необходимость реализовывать операцию измерения отклонения основа-