

где n – кратность изменения электрического сопротивления столба электролита при изменении температуры от t_1 до t_2 .

Из полученного видно, что измерительная схема с выпрямлением напряжений перед сумматором имеет температурную погрешность коэффициента преобразования вдвое меньше, чем схема с фазочувствительным выпрямлением.

УДК 62-50:62-529

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНЫМ КОТЛОМ

Э. М. Виноградов

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

Рассмотрено использование программного пакета Scilab для анализа микроконтроллерной системы автоматического управления нагревательным котлом.

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

MICROCONTROLLER AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR HEATING BOILER

E. M. Vinahradau

Sukhoi State Technical University Gomel, the Republic of Belarus

The report considers usage of software package Scilab for analysis automatic control system for heating boiler.

Keywords: package Scilab, automatic control system, heating boiler, transfer function, time response functions.

Современные вычислительные средства позволяют без особого труда и затрат времени решать задачи управления в технических системах с использованием математического аппарата любой степени сложности. В последнее время начал широко использоваться бесплатный, свободно распространяемый программный продукт – пакет Scilab, который предназначен для выполнения инженерных и научных вычислений. Следует отметить, что имеется очень мало русскоязычных руководств по Scilab, особенно его применения для решения задач автоматического управления. В работе [1] приведен пример исследования с помощью пакета Scilab линейной системы автоматического управления.

В статье рассмотрен пример применения пакета Scilab для исследования системы автоматического управления (САУ) электрическим водонагревателем. Она используется для поддержания температуры в резервуаре на желаемом уровне. Температура воды измеряется с помощью датчика (интегральная схема LM35DZ). Выходной сигнал датчика преобразуется микроконтроллером в цифровую форму и сравнивается с заданной желаемой температурой для формирования сигнала ошибки. Для нахождения передаточной функции системы надо рассмотреть математические модели ее элементов.

Теплоту E , поступающую в систему, примем равной сумме нагрева и тепловых потерь системы. Таким образом:

$$E = (m_1 c_1 + m_2 c_2) \frac{(dT_q)}{t} + h S T_q.$$

Здесь m_1 – масса воды внутри бака; c_1 – теплоемкость воды; m_2 – масса бака; c_2 – теплоемкость бака; S – площадь поверхности бака; h – постоянная, зависящая от внешних условий; T_q – изменение температуры.

Приняв $k_1 = m_1 c_1 + m_2 c_2$ и $k_2 = hS$ и выполнив преобразование по Лапласу, получим передаточную функцию бака в виде:

$$\frac{Tq(S)}{E(s)} = \frac{1}{sk_1 + k_2}.$$

Для управления нагревателем в САУ используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Предполагая, что нагревательный элемент имеет только активное сопротивление R , средняя мощность, подаваемая на нагреватель, может быть рассчитана как:

$$P_{AV} = R I_{rms}^2 = R I_0^2 \frac{M}{\tau} = \alpha M,$$

где $\alpha = \frac{R I_0^2}{\tau}$, I_0 – амплитуда тока ШИМ; M – длительность импульса; τ – период ШИМ.

Если принять $R = 1,2$ Ом, $I_0 = 10$ А, $\tau = 1$ мс, то передаточная функция нагревателя будет:

$$P_{AV} = \frac{1,2 \cdot 100}{10^{-3}} M$$

или

$$\frac{P_{AV}}{M} = 1,2 \cdot 10^5.$$

В САУ используется датчик температуры LM35DZ, имеющий аналоговый выход с соотношением 10 мВ/°С. Его передаточная функция

$$V_0 = 0,01T,$$

где V_0 – выходное напряжение датчика, T – температура, °С.

Структурная схема САУ, состоящей из двух динамических звеньев, приведена на рис. 1.

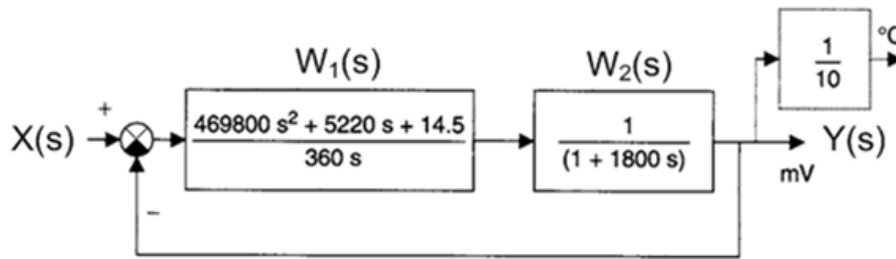


Рис. 1. Структурная схема САУ

Для анализа САУ требуется выполнить следующее:

- 1) преобразовать структурную схему и найти эквивалентную передаточную функцию САУ;
- 2) построить графики переходной и импульсно-переходной характеристик;
- 3) определить устойчивость САУ.

Для решения поставленных задач было создано 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', (469800*s*s+5220*s+14.5), (360*s));
W2 = syslin('c', 1, (1+1800*s));
// преобразование структурной схемы
W12 = W1 * W2;
W = W12 / (1 + W12);
// эквивалентная передаточная функция САУ
disp("Передаточная функция САУ: W = ");
disp(W);
```

Результат выполнения скрипта имеет следующий вид:

Передаточная функция САУ:

$$W = \frac{0,000013 + 0,0046699s + 0,4202899s^2}{0,000013 + 0,0049919s + s^2}.$$

2. Текст скрипта для построения графиков временных функций САУ:

```
t = 0 : 0.01 : 10000; // 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
```

Результат выполнения скрипта представлен на рис. 2.

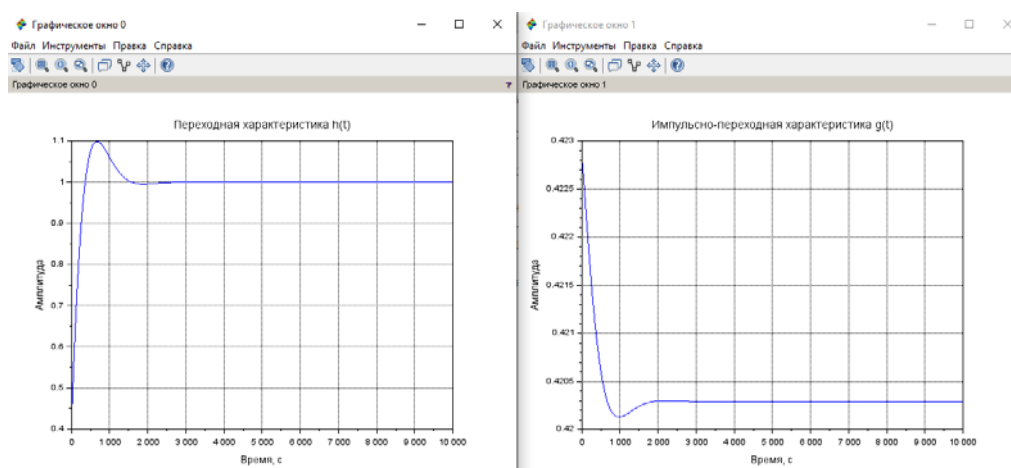


Рис. 2. Графики переходной и импульсно переходной характеристик САУ

3. 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:

– $0.002496 + 0.0025965i$

– $0.002496 - 0.0025965i$

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

Литература

1. Виноградов, Э. М. Анализ системы автоматического управления с помощью программного пакета Scilab / Э. М. Виноградов // Современные проблемы машиноведения : сб. науч. тр. В 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь [и др.] ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2023. – С. 197–200.

УДК 62-83-52

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В СТЕНДЕ НАГРУЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА

М. Н. Погуляев, Д. Ю. Мельников

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

Представлен анализ процессов, протекающих при нагружении двигателей постоянно-го тока по методу взаимной нагрузки. На физической и на компьютерной моделях стенда проведены исследования характеристик двигателей постоянного тока ПЛ-062, приведены полученные результаты.

Ключевые слова: двигатель постоянного тока, стенд, имитационная модель, управляемый выпрямитель, тиристорный регулятор.