Кутовой Ю.Н. ***Украина***
Кунченко Т.Ю. ***Харьков***

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

МЕТОДИКА ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕТИПОВЫХ ЗВЕНЬЕВ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ

В системах автоматического регулирования встречаются звенья, которые отличаются от типовых: неминимально-фазовые, неустойчивые, иррациональные, трансцендентные. Кроме того, в контурах регулирования могут встречаться различные автоматы (синхронные и асинхронные), микроконтроллеры, микропроцессоры и другие устройства определения передаточной функции которых, в некоторых случаях целесообразно производить экспериментальным путем [1]. Для этого на вход устройства подается единичное скачкообразное возмущение, при котором на выходе имеет некоторый переходной процесс $y(t)$. Считая $y(t)$ частным интегралом некоторого линейного дифференциального уравнения, аппроксимируем кривую переходного процесса суммой показательных функций:

$$y(t)=\sum_{i=1}^{n} C_i e^{p_i t}\ , \tag{1}$$

где p_i – корни характеристического уравнения звена.

$$N(p)=a_0p^n+a_1p^{n-1}+\ldots+a_n=0\,. \tag{2}$$

Подставляя, каждый корень в характеристическое уравнение, получим систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} a_0p_1^n+a_1p_1^{n-1}+\ldots+a_n=0;\\ a_0p_2^n+a_1p_2^{n-1}+\ldots+a_n=0;\\ a_0p_3^n+a_1p_3^{n-1}+\ldots+a_n=0;\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ a_0p_n^n+a_1p_n^{n-1}+\ldots+a_n=0. \end{cases} \tag{3}$$

Воспользовавшись условием установившегося режима и решив систему (3), находим коэффициенты a_0, a_1, $a_2 \ldots\, a_n$.

Известно, что решение обыкновенного дифференциального уравнения представляется в виде:

$$y(t)=\sum_{i=1}^{n} C_i e^{p_i t}+y_в\ , \tag{4}$$

где $y_в$ – вынужденная составляющая (установившееся значение).

Кроме того, по теореме разложения:

$$y(t)=\sum_{i=1}^{n}\frac{M(p_i)}{p_iN'(p_i)}e^{p_i t}+\frac{M(0)}{N(0)}, \tag{5}$$

где $M(p)=b_0p^m+b_1p^{m-1}+\ldots+b_m$;

$$\frac{M(p)}{N(p)}=W(p);$$

$N'(p_i)$ - многочлен, который можно разложить на множители:

$$N'(p_i)=\prod_{\substack{i=k\\ i\neq k}}^{n}(p_k-p_i).$$

Сравнив (4) и (5), можно записать

$$y_в=\frac{M(0)}{N(0)}, \tag{6}$$

$$C_i=\frac{M(p_i)}{p_iN'(p_i)}\,. \tag{7}$$

Откуда,

$$M(p_i)=C_ip_iN'(p_i)=b_0p_i^m+b_1p_i^{m-1}+\ldots b_m\,. \tag{8}$$

Записав (8) для каждого из корня, получим систему уравнений:

$$
\begin{cases}
b_0 p_1^m + b_1 p_1^{m-1} + \cdots + b_m = C_1 p_1 (p_1 - p_2)(p_1 - p_3)\ldots(p_1 - p_n); \\
b_0 p_2^m + b_1 p_2^{m-1} + \cdots + b_m = C_2 p_2 (p_2 - p_1)(p_2 - p_3)\ldots(p_2 - p_n); \\
b_0 p_3^m + b_1 p_3^{m-1} + \cdots + b_m = C_3 p_3 (p_3 - p_1)(p_3 - p_2)\ldots(p_3 - p_n); \\
\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\
b_0 p_n^m + b_1 p_3^{m-1} + \cdots + b_m = C_n p_n (p_n - p_1)(p_n - p_2)\ldots(p_n - p_{n-1}).
\end{cases}
\qquad (9)
$$

Решение системы (9) дает коэффициенты b_0, b_1..... b_m многочлена $M(p)$.

Таким образом, из (3) и (9) определяется все коэффициенты искомой передаточной функции звена:

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

где $m \le n$.

Описанная методика применялась для нахождения передаточной функции защиты от буксования, которая позволяет не только обнаружить буксование, но и сформировать сигнал пропорциональный скорости избыточного скольжения колес.

На рис. 1 показана экспериментальная кривая переходного процесса на выходе защиты при скачкообразном входном возмущении. По методу наименьших квадратов найдено аппроксимирующее выражение переходной характеристики:

$$y(t) = 3{,}87 - 3{,}88^{-34{,}483t}.$$

Коэффициенты характеристического уравнения:

$$b_0 = C_1 p_1 = 133{,}79;$$

$$a_1 = \frac{b_0}{y_в} = 34{,}527;$$

$$a_0 = -\frac{a_1}{p_1} = 1{,}0013,$$

позволяют записать передаточную функцию защиты от буксования:

$$W(p) = \frac{3{,}87}{0{,}029p + 1}.$$

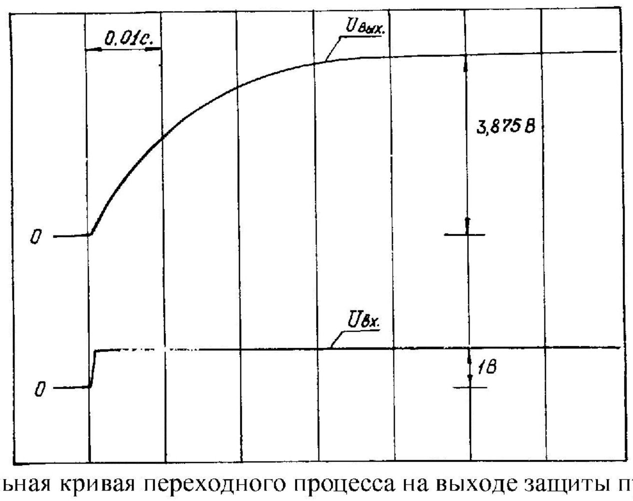

Рисунок 1 – Экспериментальная кривая переходного процесса на выходе защиты при скачкообразном входном возмущении

Литература

1. Л.Левин Методы решения технических задач с использованием аналоговых вычислительных машин. – Москва, изд. «Мир» 1966 г, 415 с.
2. Бронштейн И. Семендяев К.Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – Москва, 1962.