

## К ОЦЕНКЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОШИБКИ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО СТЕНДА

А. Е. Божко

Харьков

Электродинамический вибрационный стенд при воспроизведении кривой записи вибраций, происходящих в условиях эксплуатации аппаратуры автоматики, представляет собой быстродействующую следящую систему. Поэтому для определения динамической ошибки воспроизведения заданной виброграммы можно применять метод «приближения с помощью дифференциального уравнения» [3].

Система вибростенда структурно представлена на рисунке, где  $x$  — входной электрический сигнал, снимаемый с усилителя воспроизведения виброграммы;

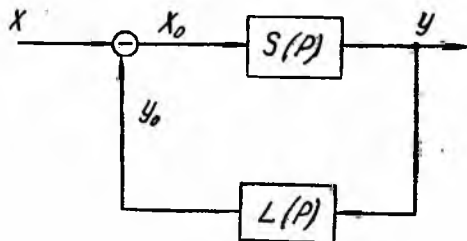
$y$  — колебание платформы стенда;

$x_0$  — рассогласование;

$S(p)$  — передаточная функция стенда;

$L(p)$  — передаточная функция обратной связи.

Ошибка  $x_0$  представляет собой функциональную зависимость от параметров системы стенда и входного сигнала  $x$ . Для определения этой зависимости в общем виде составим на основании рисунка следующие уравнения:



$$x_0 = x - y_0; \quad (1)$$

$$\frac{y}{x_0} = S(p); \quad (2)$$

$$\frac{y}{x} = \frac{S(p)}{1 + S(p)L(p)}. \quad (3)$$

Разделив (3) на (2), получим

$$x_0 = \frac{x}{1 + S(p)L(p)}. \quad (4)$$

Чтобы определить  $x_0$  в виде зависимостей от параметров стенда, необходимо ввести выражение передаточной функции стенда  $S(p)$  и передаточной функции обратной связи  $L(p)$ . Передаточная функция разомкнутой системы стенда в месте измерения сигнала  $x_0$

$$S(p) = \frac{k}{(T_k p + 1)(T_c^2 p^2 + 2\zeta T_c p + 1)}, \quad (5)$$

где  $k$  — коэффициент передачи;

$T_k$  — постоянная времени электрической цепи обмотки подвижной катушки стенда;

$T_c$  — постоянная времени подвижной системы стенда;

$\xi$  — коэффициент затухания.

Звено обратной связи системы воспроизведения кривой записи вибрации является практически безынерционным усилителем, состоящим из последовательного соединения пьезоэлектрического акселерометра, катодного (эмиттерного) повторителя, усилителя напряжения, интегратора второго порядка и усилителя [1].

Передаточная функция

$$L(p) = b, \quad (6)$$

где  $b$  — коэффициент усиления.

Итак, из уравнений (4 + 6) выведем операторное уравнение для ошибки  $x_0$  относительно сигнала  $x$ :

$$x_0 = \frac{x(T_k p + 1)(T_c^2 p^2 + 2\xi T_c p + 1)}{(T_k p + 1)(T_c^2 p^2 + 2\xi T_c p + 1) + \kappa b}, \quad (7)$$

или

$$\begin{aligned} x_0 T_k T_c^2 p^3 + x_0 [T_k T_c 2\xi + T_c^2] p^2 + x_0 [2\xi T_c + T_k] p + x_0 [1 + \kappa b] = \\ = x T_k T_c^2 p^3 + x [T_c^2 + 2\xi T_c T_k] p^2 + x [T_k + 2\xi T_c] p + x. \end{aligned} \quad (8)$$

При удовлетворительном воспроизведении кривой вибрации амплитуда ошибки  $x_0$  должна быть малой. Поэтому, согласно [3], можно пренебречь эффектом производных от  $x_0$ . Тогда из уравнения (8) получим

$$x_0 \approx (T_3 p^3 + T_2 p^2 + T_1 p + 1) x, \quad (9)$$

где

$$\begin{aligned} T_1 &= T_k + 2\xi T_c; \\ T_2 &= T_c^2 + 2\xi T_c T_k; \\ T_3 &= T_k T_c^2. \end{aligned}$$

Продифференцируем уравнение (9). В результате получим приближительное значение  $p x_0$  (при этом пренебрегаем производными сигнала  $x$  выше второго порядка)

$$p x_0 \approx [T_1 p^2 + p] x. \quad (10)$$

Подставляя (10) в (8) и пренебрегая членами производных от  $x_0$  выше первого порядка, получим более точное значение динамической ошибки стенда:

$$x_0 = \frac{x}{1 + \kappa b} [T_3 p^3 + (T_2 - T_1^2) p^2 + 1]. \quad (11)$$

Уравнение (11) является отображением установившегося мгновенного значения ошибки, так как принимались нулевые начальные значения производных. Таким образом, динамическая ошибка воспроизведения кривой записи вибрации на электродинамическом стенде определяется параметрами стенда, величиной, ускорением и скоростью ускорения входного сигнала.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. И. Иорш. Виброметрия. Машгиз, 1963.
2. В. С. Пугачев. Основы автоматического управления. Физматгиз, 1963.
3. Г. Честнат и Р. Майер. Проектирование и расчет следящих систем и систем регулирования. Госэнергоиздат, 1959.