

## О ВОЗМОЖНОСТИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ МЕТОДОМ СТРОБИРОВАНИЯ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДАТЧИКА

И. Г. ЛЕЩЕНКО, В. С. ПЛОТНИКОВ, В. Ю. СОСНИН

(Представлена научно-техническим семинаром кафедры информационно-измерительной техники)

Многопараметровые методы неразрушающего контроля находят широкое распространение в различных областях промышленности [1]. Для целей многопараметрового контроля может быть использован известный способ стробирования мгновенных значений выходного сигнала датчика.

В этом случае выходной сигнал датчика можно представить аналитически выражением

$$U_{\text{ВЫХ}}(t) = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \quad (1)$$

где  $x_1$  и  $x_2, x_3, \dots, x_n$  — соответственно контролируемый и мешающие параметры, совокупность которых образует факторное пространство.

Стробируя в различные моменты времени  $t_i$  выходной сигнал датчика  $U_{\text{ВЫХ}}(t)$ , получим систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} U_{\text{ВЫХ}}(t_1) &= f_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \\ U_{\text{ВЫХ}}(t_2) &= f_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \\ U_{\text{ВЫХ}}(t_3) &= f_3(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \\ &\vdots \\ U_{\text{ВЫХ}}(t_n) &= f_n(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где  $U_{\text{ВЫХ}}(t_i)$  — мгновенные значения выходного сигнала датчика в момент времени  $t_i$  при  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Решая систему уравнений аналогично как в [1], получим

$$X_1 = \sum_{i=1}^n b_i U_{\text{ВЫХ}}(t_i) + b_0, \quad (3)$$

где  $b_i, b_0$  — соответственно весовые коэффициенты и свободный член уравнения.

Уравнение (3) может быть получено и другим путем, например, методом множественной регрессии [2]. При выбранном количественном и качественном составе информативных составляющих  $U_{\text{ВЫХ}}(t_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  и заданном виде уравнения взаимосвязи контролируемого параметра  $x_1$  с информативными составляющими  $U_{\text{ВЫХ}}(t_i)$ , применение методов регрессионного анализа позволяет найти оптимальные значения

коэффициентов уравнения (3), при которых средний квадрат отклонений оцениваемого значения контролируемого параметра от его истинного значения минимальный.

Основным условием существования совокупного уравнения связи (3), по которому оценка контролируемого параметра значительно точнее, чем по одной из информативных составляющих, является наличие линейной независимости выбранных информативных составляющих в факторном пространстве.

Выполнение данных условий исследовано при контроле глубины нитроцементации изделий из стали 18ХГТ по мгновенным значениям выходного сигнала электромагнитного датчика для трех партий образцов, прошедших газовую нитроцементацию с закалкой в масле и низкотемпературным отпуском. При изготовлении каждой партии изделий стабилизировались все параметры процесса термообработки, кроме температур: закалки  $t_3$ , отпуска  $t_0$  и масла  $t_m$ . Причем первая партия изделий изготовлялась только при изменении температуры закалки в пределах  $800 \pm 50^\circ\text{C}$ , вторая — при изменении температуры масла —  $160 \pm 20^\circ\text{C}$ , а третья — при изменении температуры отпуска —  $180 \pm 40^\circ\text{C}$ .

Изделия намагничивались в режиме заданного тока, имевшего трапецидальную форму. При этом оценивалось влияние нестабильности температур: закалки, отпуска и масла на мгновенные значения выходного сигнала датчика. Для исследования зависимостей мгновенных

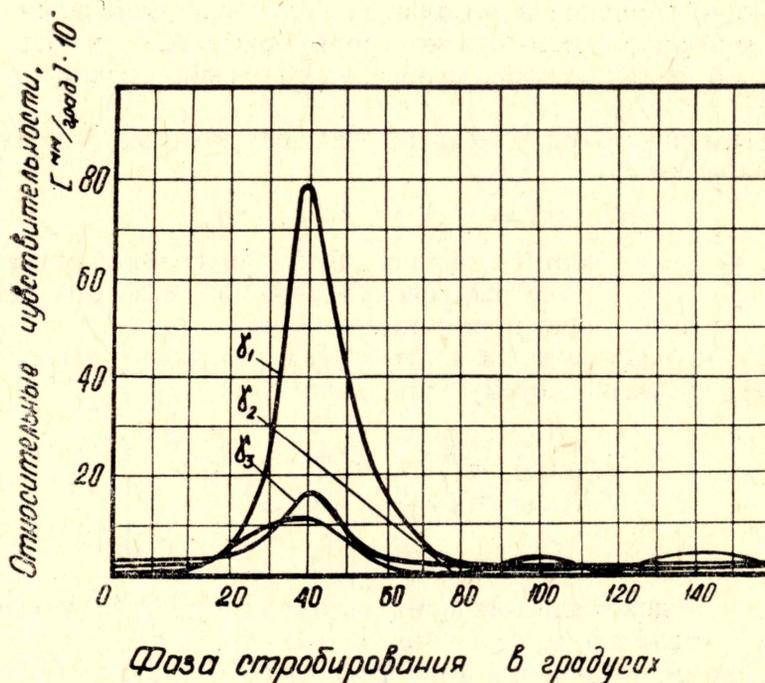


Рис. 1. Зависимости относительных чувствительностей от фазы стробирования выходного сигнала электромагнитного датчика

значений от глубины нитроцементованного слоя на одном образце механически снимался упрочненный слой и определялись чувствительности мгновенных значений э. д. с. датчика к величине оставшегося упрочненного слоя  $S(h)_j$ ,  $j = 1, 2, 3, \dots, m$ ,

где  $m$  — число стробированных значений сигнала датчика. Определенные подобным образом чувствительности эквивалентны, с некоторым приближением, чувствительностям к глубине нитроцементованного слоя.

Затем определялись чувствительности мгновенных значений э. д. с. датчика к изменению температур закалки  $S(t_3)$ , отпуска  $S(t_0)$ , масла  $S(t_m)$  и находились их относительные значения:

$$\gamma_{1j} = \frac{S(t_0)_j}{S(h)_j};$$

$$\gamma_{2j} = \frac{S(t_3)_j}{S(h)_j};$$

$$\gamma_{3j} = \frac{S(t_m)_j}{S(h)_j}.$$

На рис. 1 показаны зависимости относительных чувствительностей от фазы стробирования э. д. с.

Из рисунка видно, что зависимости относительных чувствительностей от фазы стробирования непостоянны, а также не являются линейными комбинациями между собой.

Это свидетельствует о линейной независимости информативных составляющих  $U_{\text{вых}}(t_i)$  в факторном пространстве, образованном переменными: глубиной нитроцементированного слоя  $h$ , температурой закалки  $t_3$ , температурой масла  $t_m$ , температурой отпуска  $t_0$ .

Таким образом, метод стробирования сигнала датчика позволяет осуществить отдельный контроль рассмотренных параметров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Г. Пустынников. Корнемерные методы и устройства в технике неразрушающего многопараметрового контроля. Сб. «Многопараметровый контроль в машиностроении». Ростов-на-Дону, РИСХМ, 1969.
2. Л. З. Румшинский. Элементы теории вероятностей. М., «Наука», 1970.