ИЗВЕСТИЯ ТОМСКОГО ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА
имени С. М. Кирова

Том 298 1974

УДК 621.372.061

НАХОЖДЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ БОЛЬШИХ ВАРИАЦИЯХ ПАРАМЕТРОВ

Л. А. НАУМОВ, Э. И. ЦИМБАЛИСТ, В. А. БУТЕНКО

(Представлена научным семинаром кафедры радиотехники)

Предложен метод нахождения погрешности измерительных устройств, использующий выражение для коэффициента передачи. Приведено выражение для погрешности, упрощающее вычисление.

Пусть имеется функция передачи измерительного устройства (ИУ)

$$T_{ij} = f(x, D),$$

где x — аргумент $(\omega, \dots t)$,

$D = \{D_1 \dots D_n\}$ — параметры структурной схемы.

В ряде случаев, например, при оценке структур ИУ, при решении задач оптимального распределения погрешностей блоков, недостаточно линейного приближения в области дифференциала функции $f(x, D)$, которая в общем случае имеет нелинейную зависимость от погрешностей $\delta_i = \Delta/D_i/D_i$ блоков.

Вычисление же полного приращения $f(x, D + \Delta D)$ обычным способом громоздко. Объем вычисления можно сократить, если детерминированную погрешность выражать следующим способом:

$$\delta = \frac{\Delta T_{ij}}{T_{ij}} = \frac{f(x, D + \Delta D)}{f(x, D)} - 1. \tag{1}$$

Представим функцию $f(x, D + \Delta D)$ и $f(x, D)$ как отношение адъюнкт

$$f(x, D + \Delta D) = \frac{\Delta_{ij} + \Delta_{ij}^{\alpha}}{\Delta + \Delta^{\beta}}, \tag{2}$$

$$f(x, D) = \frac{\Delta_{ij}}{\Delta}, \tag{3}$$

где Δ_{ij}^{α}, Δ^{β} — члены числителя и знаменателя (1), получившие приращение.

Подставляя (2) и (3) в (1), получим

$$\delta = \frac{\Delta_{ij}^{\alpha} \cdot \Delta - \Delta^{\beta} \cdot \Delta_{ij}}{(\Delta^{\beta} + \Delta) \cdot \Delta_{ij}}. \tag{4}$$

Вычисление δ по формуле (4) освобождает от операции приведения подобных членов $\Delta \cdot \Delta_{ij}$ в отличие от (1).

В качестве примера найдем мультипликативную погрешность ИУ с выделением ошибки и внешним сумматором на входе [1]

$$K = \frac{-K_0}{1 - K_1\gamma + K_1 K_0 \beta} = \frac{\Delta_{ij}}{\Delta}.$$

По формуле (4) находим

$$\delta = \frac{-K_0\delta_0\Delta + K_0(-K_1\delta_1\gamma + K_1\delta_1\cdot K_0\beta + K_1K_0\delta_0\beta + K_1\delta_1K_0\delta_0\beta)}{[\Delta + (-K_1\delta_1\gamma + K_1\delta_1K_0\beta + K_1K_0\delta_0\beta + K_1\delta_1K_0\delta_0\beta)]\cdot(-K_0)} =$$

$$= \frac{\delta_0(1-K_1\gamma) - \delta_1K_1(K_0\beta-\gamma) - K_1K_0\delta_1\delta_0\beta}{1 - K_1\gamma + K_1K_0\beta + \delta_1K_1(K_0\beta-\gamma) + \delta_0K_0K_1\beta + \delta_0\delta_1K_1K_0\beta}. \quad (5)$$

Из выражения (5) очевидно условие параметрической инвариантности (настройки): $K_1\gamma = 1$; $K_0\beta = \gamma$, тогда $K = -K_0$; $\delta = -\dfrac{\delta_1\delta_2}{1+\delta_0+\delta_0\delta_1}$.

При нахождении погрешности обычным способом путем разложения знаменателя в ряд Тейлора получим [1]

$$\delta = -\delta_1\cdot\delta_0.$$

Таким образом, использование (4) позволяет более точно рассчитать погрешность ИУ, в том числе и при больших вариациях параметров, устраняя при этом ряд дубликаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. С. Ройтман, В. М. Сергеев, В. А. Бутенко. Некоторые вопросы теории и практической реализации структурных методов повышения точности измерительных усилителей. Известия ТПИ, т. 270, Томск, изд-во ТГУ, 1973.