

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Г. С. АКОПЯН, М. Г. ТЕР-МАРТИРОСЯН

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ В ПРИБОРАХ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ  
 ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Величина абсолютной погрешности прибора является основным показателем. Другая погрешность, которая также является основным качественным показателем процентных приборов [1], — это погрешность, возникающая от колебания напряжения питания испытуемого объекта. Рассмотрим эту погрешность для двух случаев осуществления относительного метода измерения:

1. Логометрами с небольшим начальным моментом измерительного механизма;

2. Подавлением „нуля“ при практически линейной зависимости параметра от напряжения (например, ток короткого замыкания в электрических машинах).

Для первого случая показание прибора, например, амперметра, будет:

$$\alpha = k \frac{I}{I_0 + b}, \quad (1)$$

где  $I$  — ток, создающий момент пропорционально измеряемому параметру;

$I_0$  — ток эталонной цепи, создающий противодействующий момент;

$b$  — постоянная, пропорциональная увеличению  $I$ , на величину, соответствующую противодействующему моменту токоподводов;

$k$  — коэффициент пропорциональности.

Изменению напряжения  $\Delta U$  будут соответствовать изменения токов  $\Delta I$  и  $\Delta I_0$ . Не приводя простых вычислений, можно показать, что

$$\Delta \alpha = k \frac{b \cdot \Delta I + I_0 \Delta I - I \Delta I_0}{(I_0 + b)^2}. \quad (2)$$

Отсюда с учетом равенства  $I_0 \Delta I = I \cdot \Delta I_0$

получим

$$\Delta \alpha = k \frac{b \cdot \Delta I}{(I_0 + b)^2} \quad (3)$$

т. е. величина погрешности при колебаниях напряжения диктуется наличием в приборе токоподводящих пружин и, как правило, невелика.

Для второго случая, можно записать, что

$$\begin{aligned} x &= k (I - I_1), \\ \Delta x &= k (\Delta I - \Delta I_1). \end{aligned} \quad (4)$$

Так как  $\Delta I$  никогда не равен  $\Delta I_1$ , то при практических соотношениях между ними эта погрешность в несколько раз может превышать погрешности первого случая. При непосредственных измерениях, если зависимость параметра от напряжения питания испытуемого объекта нелинейна, то оценка действительного значения параметра, при колебаниях напряжения, только по измерительному прибору становится невозможным. Поэтому в таких случаях приходится или непрерывно поддерживать номинальное напряжение или на испытательном участке иметь высокостабильный источник питания. С применением приборов относительного метода измерения становится возможным, при помощи специальных функциональных преобразователей, встраиваемых в прибор, исключить ошибку нелинейности при колебаниях напряжения сети, т. е. производить контроль параметров без применения дорогостоящих агрегатов со стабилизированным напряжением на выходе. Очевидно, что в этом случае приходится учитывать также ошибки или погрешности, вносимые функциональным преобразователем (ФП).

На рис. 1 приведена блок-схема такого прибора.

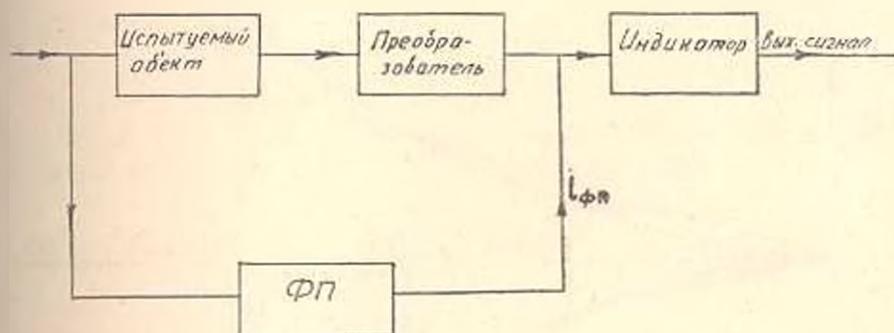


Рис. 1.

В зависимости от принципа осуществления процентного прибора в нем может применяться или потенциметрический, или диодный ФП. Погрешности ФП выражаются различными факторами.

В общем случае абсолютная погрешность нелинейного функционального преобразователя определяется как разность идеального и реального значения функций. Здесь под идеальным значением понимается характеристика самого объекта испытания, и под реальным — выходная величина ФП. Если принять выходным параметром ФП ток, функционально зависящий от напряжения сети, то его относительная погрешность будет равна:

$$\delta = \frac{I_0(U_1) - I_0(U_2)}{I_0(U_1)}. \quad (5)$$

где  $i_n(U_c)$  — идеальное значение тока ФП, соответствующее заданной функции изменения параметра при изменении напряжения сети;

$i_p(U_c)$  — значение реального выходного тока ФП.

Или общая погрешность в выходном токе ФП будет:

$$\Delta i_{\text{вых}} = \left( \frac{di_n}{dU_c} - \frac{di_p}{dU_c} \right) \Delta U_c, \quad (6)$$

где  $i = f(U_c)$  — нелинейная функция.

Для асинхронных электродвигателей, например, Л. М. Пиотровский [2] рекомендует ток холостого хода  $I_{xx} = f(U_c)$  рассчитать по эмпирической формуле

$$I_{xx} = \frac{0,18 + 0,16 U_c}{1 - 0,66 U_c} I_{\text{он}},$$

где  $I_{\text{он}}$  — расчетный номинальный ток холостого хода.

На практике нелинейные  $I_{xx} = f(U_c)$  и мощности  $P_{xx} = f(U_c)$ , с целью получения большой точности, строят на основании опытных данных. На рис. 2 приведен график зависимости мощности холостого

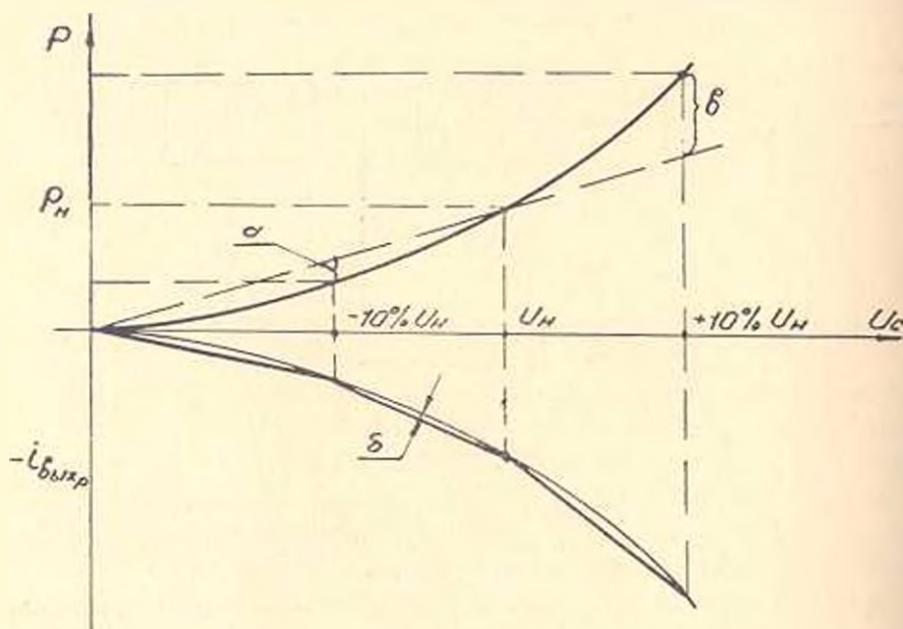


Рис. 2.

хода электродвигателя от напряжения и вид того же графика после аппроксимации с помощью ФП, который призван компенсировать ошибку нелинейности при относительном методе измерения (отрезки «а» и «в» рис. 2). В случае наличия в приборе ФП, если  $\Delta i_{\text{вых}} \neq 0$ , то в (2)

$$I_c \cdot \Delta I(U_c) + I_{\text{ФП}}(U_c)$$

и величина погрешности, если пренебречь произведением  $\Delta I \cdot b$ , из (2), получится

$$\Delta x = k \frac{I_2 I - I_1 I_1}{(I_1 - b)^2} \quad (7)$$

Допустив, например,  $I_1 = \nu I$  с учетом ошибки аппроксимации можно записать, что  $\Delta I_1 = \nu (1 + \delta) \Delta I$ .

Подставив эти значения в (7) и учитывая, что  $I_1 \gg b$  получим

$$\Delta x = k \frac{\Delta I \cdot \delta}{\nu} \quad (8)$$

Зная числитель величины погрешности  $\Delta x$  по формуле (8), можно определять величину  $\nu$ , если известно  $\delta$  и, наоборот, число участков аппроксимации, если известно  $\nu$ .

Для второго случая, т. е. прибора с подавленным нулем, эту погрешность из тех же условий находим из (4)

$$\Delta x = k \Delta I [1 - \nu (1 + \delta)]. \quad (9)$$

Из формулы (9) видно, что при удовлетворении условия  $\nu = \frac{1}{1 + \delta}$  погрешность  $\Delta x = 0$ .

В частности, рассмотрим для примера квадратичную зависимость тока от напряжения  $I = cU^2$  или откуда

$$\Delta I = 2cU \Delta U$$

С учетом ошибки воспроизведения этой функции при колебаниях напряжения погрешность показания прибора определим соответственно по формулам (8) и (9) при кратностях тока  $\nu_1$  и  $\nu_2$ , т. е.

$$\Delta x_1 = k \frac{2cU \cdot \Delta U \cdot \delta}{\nu_1 cU^2} = \frac{2k \cdot \delta}{\nu_1} \cdot \frac{\Delta U}{U}$$

и

$$\Delta x_2 = 2k \cdot cU \Delta U [1 - \nu_2 (1 + \delta)].$$

Анализируя последние два выражения, можно прийти к выводу, что при одинаковых условиях погрешность  $\Delta x_1 > \Delta x_2$ .

Например, если  $\nu_1 = \nu_2 = 1$ , то

$$\frac{\Delta x_1}{\Delta x_2} = \frac{1}{cU^2} < 1.$$

Таким образом, выбор в процентных приборах величины компенсирующего тока должен производиться с учетом допустимой погрешности  $\Delta x$ , обусловленная погрешностью функционального преобразователя при колебаниях напряжения испытуемого объекта.

### Выводы

1. Как показывает опыт, при относительном методе измерения параметров электротехнических изделий возможно удовлетворение

необходимой точности измерения прибором более грубого по классу точности.

2. Осуществление прибора для процентных измерений путем подавления нуля имеет относительно больше погрешности при колебании напряжения питания испытуемого объекта, чем при логометрической конструкции.

Поэтому в таких приборах функциональный преобразователь должен обеспечить воспроизведение нелинейной функции с определенной ошибкой аппроксимации  $\delta$ , удовлетворяющей условию допустимой погрешности показания прибора  $\Delta_{\text{доп}}$ .

ГСОКБ

Поступило 18.IX. 1965.

Հ. Ս. ՀԱՅՈՐՅԱՆ, Մ. Գ. ՏԵՐ-ՄԱՐՏԻՐՈՍՅԱՆ

ԷԼԵԿՏՐԱՏԵԼՆԻԿԱԿԱՆ ԱՐՏԱԳՐԱՆՔԻ ԷՓՈՉՐԵՍ-ՀՈԿԻՉ ԱՎՐՔԵՐԻ  
ԱՆՃՇՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱՆԱԼԻԶԸ

Ա մ փ ո փ ո մ

Արդ իրական դիպքերում չափման անճշտությունը սովորական ճշգրիտ սարքերում կարող է մի քանի անգամ գերադանցել թույլատրելի սահմանը:

Ոգտագործելով չափման հարաբերական մեթոդի վրա հիմնված ճշգրիտ սարքեր [1], հնարավոր է տարբեր տեսակների արտադրանքի որակի գնահատումը կատարել միևնույն ճշտությամբ՝ անկախ նրանից, թե փորձարկվող օբյեկտը սնվում է կայունաղված կամ ոչ կայունաղված լարումներով: Հողվածում ցույց է տրված, որ սարքերում ֆունկցիոնալ ձևափոխիչների առկայությունը բերում է լրացուցիչ համեմատարար մեծ անճշտությունների, երբ օգտագործվում է չափումների «կոմպենսացված գերոյի» մեթոդը:

Լ Ի Տ Ե Ր Ա Տ Ր Ա

1. Самуножян Д. Н., Ходжаянц Ю. М. «Процентные многопредельные приборы автоматического контроля», ж. «Приборы и средства автоматизации», № 7, М., 1964.
2. Пиотровский Л. М. Электрические машины. М., 1949.