

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФОРМЫ КРИВОЙ НАПРЯЖЕНИЯ

А. Н. ОБЕРГАН, И. Г. ЛЕЩЕНКО

(Представлена научно-техническим семинаром факультета автоматки
и вычислительной техники)

При оценке и анализе периодических переменных токов, напряжений и других величин, симметричных относительно оси времени, обычно пользуются понятиями коэффициента формы кривой K_{ϕ} , амплитуды K_a и нелинейных искажений K_{Π} :

$$K_{\phi} = \frac{A_d}{A_{\text{ср}}}, \quad K_a = \frac{A_m}{A_d}, \quad K_{\Pi} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} A_n^2}}{A_1},$$

где

A_d — действующее значение переменной величины,

$A_{\text{ср}}$ — среднее значение переменной величины за период,

A_1 — действующее значение основной гармоники за период.

В статье, опубликованной в данном сборнике, была показана целесообразность и перспективность разработки и производства приборов для непосредственного измерения коэффициента формы переменного тока, напряжения, магнитного потока и других величин, которые в конечном счете при измерениях K_{ϕ} могут быть преобразованы в ток или напряжение.

Во ВНИИМ были проведены попытки разработки и создания нескольких схем приборов для измерения коэффициента формы кривой с целью исследования погрешностей выпрямительных приборов [1]. Применяя в качестве измерительного механизма логометр магнито-электрической системы, предлагалось в указанных схемах использовать линейные и квадратичные рабочие участки вольт-амперных характеристик различных типов выпрямителей. Так, используя квадратичный участок характеристики выпрямителей в цепи действующего значения и линейный участок в цепи среднего значения тока (напряжения), отклонение подвижной части логометра оказывалось пропорциональным коэффициенту формы кривой и действующему значению тока (напряжения). Для устранения зависимости показания прибора от действующего значения напряжения применялись дополнительные схемы возведения в квадрат или извлечения корня квадратного. Естественно, что указанные приборы обладали многими недостатками, низкой точностью и поэтому не нашли применения.

На основании более глубокого анализа существующих и возможных методов построения K_{ϕ} -метров и экспериментальных результатов исследования, в том числе и с логометрическим измерительным механиз-

мом, авторы пришли к заключению о целесообразности и перспективности приборов сравнения для указанных целей. Ниже описывается принцип действия одного из таких приборов и его технические данные для измерения формы кривой напряжения в электротехнических цепях переменного тока. Принцип действия прибора основан на компенсационном методе сравнения предварительно выпрямленного среднего значения напряжения с постоянной эдс вакуумного термоэлектрического преобразователя, пропорциональной действующему значению измеряемой величины.

Электрическая схема прибора (рис. 1) по существу представляет собой компаратор действующего и среднего значений измеряемого напряжения. С безреактивного делителя R_5 напряжение U подается на

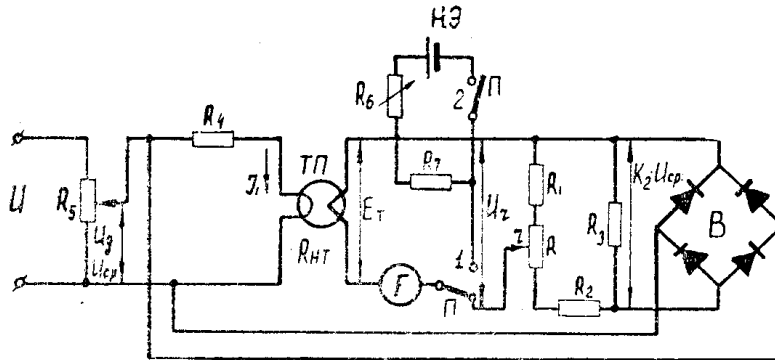


Рис. 1

два канала сравнения. В первом канале действующее значение тока преобразуется в постоянную термоэдс E_T и равно

$$I_d = \frac{U_d}{R_4 + R_{нт}},$$

где R_4 — добавочное безреактивное сопротивление,

$R_{нт}$ — сопротивление нагревателя термопреобразователя. Во втором канале измеряемое напряжение выпрямляется мостовой схемой B , падение выпрямленного напряжения U_r на сопротивлении $R_1 + r$ сравнивается с термоэдс E_T при помощи высокочувствительного, реагирующего на среднее значение тока, магнитоэлектрического гальванометра. При равенстве $E_T = U_r$ показание гальванометра равно нулю и, учитывая, что

$$E_T = K_1 \cdot I_d = \frac{K_1 U_d}{R_4 + R_{нт}}, \quad U_r = K_2 \cdot U_{cp} \frac{R_1 + r}{R_1 + R + R_2},$$

где

K_1 — коэффициент преобразования термопреобразователя и для заданного значения I_d является постоянным,

K_2 — коэффициент преобразования выпрямительного моста, нагруженного в момент измерения ($I_r = 0$) сопротивлением

$$R_n = \frac{R_3 (R_1 + R + R_2)}{R_3 + R_1 + R + R_2},$$

коэффициент формы кривой напряжения

$$K_\Phi = \frac{U_d}{U_{cp}} = \frac{K_2}{K_1} \cdot \frac{(R_4 + R_{нт})(R_1 + r)}{R_1 + R + R_2}.$$

Обозначая все постоянные величины этого выражения через K , получим $K_\Phi = K \cdot (R_1 + r)$.

Как видим, при $K = \text{const}$ коэффициент формы кривой прямо пропорционален сопротивлению $R_1 + r$, а следовательно, и сопротивлению r , устанавливаемому движком потенциометра при уравнивании схемы. Наименьшее возможное значение $K_\phi = 1$ выбирается при $r = 0$, для этого схема рассчитывается из условия $K \cdot R_1 = 1$. Наибольшее возможное значение K_ϕ , на которое рассчитывается прибор, устанавливается выбором сопротивления потенциометра R , так при $R = R_1$ пределы измерения коэффициента формы равны от 1,00 до 2,00. Таким образом, разрешающая способность прибора, многопредельность его и чувствительность определяются выбором потенциометра R и чувствительностью гальванометра (нуль-индикатора). Если сопротивление R выбрать в виде реохорда, то разрешающая способность может быть получена сколь угодно высокой и будет определяться только чувствительностью гальванометра. Для данного прибора при $R_1 = 240 \text{ ом}$, $R = 120 \text{ ом}$ и $R_2 = 285000 \text{ ом}$ ($K_\phi = 1,00 \div 1,50$), длине потенциометра 250 мм цена деления составляет 0,002.

Точность и чувствительность K_ϕ -метра определяются стабильностью коэффициента K и чувствительностями термопреобразователя и гальванометра. Для обеспечения постоянства коэффициента K_1 были исследованы вакуумные бесконтактные термопреобразователи типа ТВБ-3 и ТВБ-4 и использован в приборе термопреобразователь ТВБ-4, имеющий более высокую чувствительность, стабильность коэффициента преобразования и вольт-амперную характеристику на рабочем участке, близкую к линейной. Кроме того, для обеспечения высокой точности измерения рабочая точка характеристики термопреобразователя устанавливается постоянной перед измерением компенсационным методом с помощью нормального элемента. Для этого двойной переключатель Π , изображенный на рис. 1 в виде двух ключей, ставится в положение 2 и регулировкой сопротивления R_5 устанавливается заданное значение \mathcal{E}_T при $I_T = 0$, равное в приборе 7 мв. Непостоянство коэффициента K_2 , обусловленное нелинейностью характеристик выпрямителей, может быть сведено к минимуму подбором выпрямителей и выбором их режима работы. Проведенные исследования разных типов германиевых и кремниевых диодов позволяют заключить о возможности их применения в широком диапазоне частот при условии малого обратного тока и линейной нагрузочной характеристики цепи выпрямления. Последнее условие легко выполняется выбором сопротивления R_3 много больше прямого сопротивления моста. $R_3 = 7720 \text{ ом}$, сопротивление выпрямительного моста равно 600 ом при токе нагрузки 1,1 ма. Все остальные элементы схемы (сопротивления) выбираются высокостабильными марганциновыми, чем одновременно снижаются погрешности от изменения температуры. Изменение эдс нормального элемента от температуры может быть учтено изменением сопротивления R_6 аналогично тому, как это производится в компенсаторах постоянного тока. Защита гальванометра от перегрузки переменной составляющей выпрямленного тока может быть осуществлена, если в этом будет необходимость, шунтированием гальванометра емкостью.

Прибор рассчитан на минимальное напряжение $U_d = 9 \text{ в}$. Переход на более низкое напряжение легко осуществить изменением сопротивлений R_4 и R_3 для обеспечения выбранного рабочего тока термопреобразователя. Нижний предел измеряемого напряжения для данной схемы составляет

$$U_{\text{дн}} = I_d \cdot R_{\text{ит}} = 5 \cdot 10^{-3} \cdot 41 \simeq 0,2 \text{ в.}$$

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Я. Безикович. Погрешность выпрямительных приборов, обусловленная искаженностью формы кривой переменного тока, и способы ее определения. Электрические измерения, Труды ВНИИМ, вып. 14 (74), стр. 134, ГЭМ, 1953.