

КОМПЕНСАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ФОРМЫ КРИВЫХ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ

И. Г. Лещенко, А. Н. Оберган, В. И. Панов

(Рекомендована I научно-технической конференцией Томского института радиоэлектроники и электронной техники)

Для исследования влияния высших гармоник тока нагрузки на форму и амплитуду напряжения генераторов, трансформаторов и других устройств [1] необходимо иметь приборы для измерения коэффициента формы кривой тока с требуемой точностью и пределами измерения.

Анализ возможных [2, 3, 4] и исследованных авторами [5, 6] методов измерения коэффициента формы кривых тока и напряжения (K_f) показал целесообразным вести разработку и усовершенствование указанных приборов по блок-схеме (рис. 1), объединяющей способы измерения K_f , основанные на нулевом сравнении действующего и среднего значения тока.

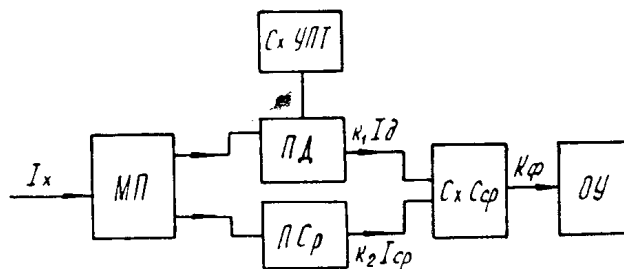


Рис. 1

Блок-схема содержит следующие преобразователи:

МП — масштабный преобразователь, состоящий из делителя напряжения и усилителя переменного тока без искажения формы измеряемого сигнала;

ПД — преобразователь действующего значения тока;

ПСр — преобразователь среднего значения тока, состоящий из выпрямителя и магнитоэлектрического измерительного механизма или гальванометрического компенсатора;

Сх Ср — схема сравнения электрических сигналов, пропорциональных действующему и среднему значениям тока или напряжения;

ОУ — отчетное устройство значения коэффициента формы;

Сх УРТ — схема установки рабочего тока в цепи преобразователя действующего значения тока.

На рис. 2 а, б, в приведены принципиальные схемы измерения K_f , в которых преобразователь действующего значения тока включен после-

довательно в цепь преобразователя среднего значения. Такое включение позволяет снизить погрешность измерения K_{Φ} от нелинейности вольтамперной характеристики выпрямителя.

По схеме рис. 2, а для заданного значения тока $I_{\text{д}}$ или входного на-

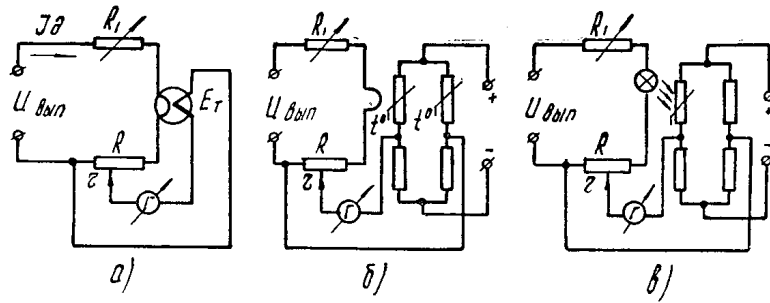


Рис. 2

пряжения $U_{\text{вх}}$ потенциометром R уравнивается эдс вакуумного термопреобразователя с падением среднего значения напряжения, т. е.

$$k \cdot I_{\text{д}}^2 = \gamma \cdot I_{\text{ср}}$$

Отсюда

$$K_{\Phi} = \frac{I_{\text{д}}}{I_{\text{ср}}} = \frac{\gamma}{k \cdot I_{\text{д}}} \rightarrow C \cdot \gamma,$$

где C — постоянная прибора;

γ — сопротивление потенциометра, отградуированного в значениях K_{Φ} .

Шкала K_{Φ} -метра равномерная. Точность измерения определяется чувствительностью гальванометра, установкой заданного входного напряжения $U_{\text{вх}}$ и нестабильностью характеристик элементов схемы. Однако, как показали исследования, основная погрешность измерения схемы вызвана неточностью установки действующего значения тока, так как характеристика термоэдс нелинейная (рис. 3). При изменении тока на величину $\Delta I_{\text{д}}$ эдс термопреобразователя, обладающего практически

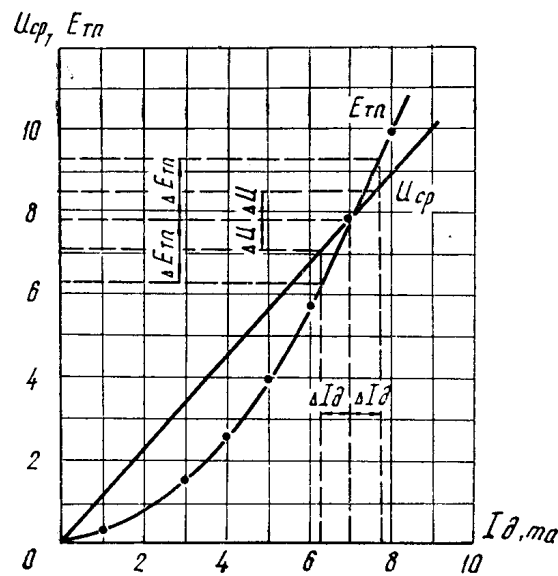


Рис. 3

квадратичной характеристикой, изменится на $\Delta E_{\text{ти}} = 2k \cdot I_{\text{д}} \cdot \Delta I_{\text{д}}$, а среднее значение напряжения на $\Delta U_{\text{ср}} = r \cdot \Delta I_{\text{ср}}$.

Не трудно показать, что погрешность измерения $K_{\text{ф}}$ при новом уравновешивании системы будет прямо пропорциональна относительному изменению действующего значения тока, т. е. будет определяться погрешностью установки рабочего тока.

Схемы приборов с подогревным термосопротивлением (рис. 2, б) или фотопреобразователем (рис. 2, в) позволяют использовать в цепи сравнения вместо гальванометра щитовой микроамперметр, что весьма удобно для создания переносных $K_{\text{ф}}$ -метров повышенной точности. В этих схемах нетрудно получить повышенную чувствительность, особенно с преобразователем фотосопротивление—лампочка. Однако погрешность измерения будет определяться в основном нестабильностью рабочего тока и вспомогательного источника питания (требуется стабилизированный источник питания). При правильно выбранных параметрах цепи сравнения отсчет измеряемого коэффициента формы тока может быть осуществлен непосредственно микроамперметром. При установке заданного сопротивления r прибор может быть отградуирован в значениях только приращения $\Delta K_{\text{ф}}$ от заданной формы, например, синусоиды, т. е. $I, II \pm \Delta K_{\text{ф}}$.

Для разработки приборов повышенной точности рекомендуется схема, представленная на рис. 4, в которой используется принцип компараторов одновременного сравнения [7]. При выборе термопреобразователей с идентичными характеристиками в диапазоне рабочего тока

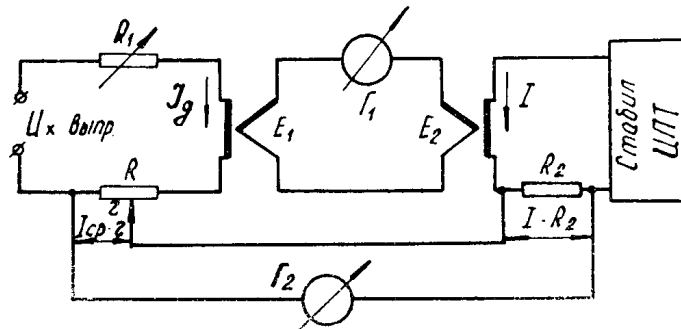


Рис. 4

исключается практически погрешность как от нестабильности измеряемого тока, так и от нестабильности источника постоянного тока.

В уравновешенном состоянии измерительной схемы $I_{\text{д}} = I$, $I_{\text{ср}} \cdot r = I \cdot R_2$, $K_{\text{ф}} = \frac{r}{R_2}$, т. е. прямо пропорционален сопротивлению r потенциометра R .

Каждая из исследованных схем может быть использована для разработки $K_{\text{ф}}$ -метров, предназначенных для измерения коэффициента формы тока и напряжения в той или иной исследуемой цепи, аналогично обычным приборам непосредственной оценки.

Для целей исследования влияния коэффициента формы тока для синхронных генераторов до 5 квт, которые работают на низкоомную нагрузку (10—15 ом), $K_{\text{ф}}$ -метр тоак должен иметь входное сопротивление порядка сотых ома на токи до 10 а. Ввиду отсутствия таких преобразователей авторами разработан прибор, который включается в измеряемую цепь с помощью шунта. Падение напряжения на шунте порядка нескольких милливольт усиливается широкополосным усилителем переменного тока, выполненным на транзисторах с глубокими отрицатель-

ными обратными связями. Основные характеристики усилителя представлены на рис. 5 и 6 для синусоидального входного напряжения. Аналогичные зависимости получены для прямоугольного и треугольного входных сигналов.

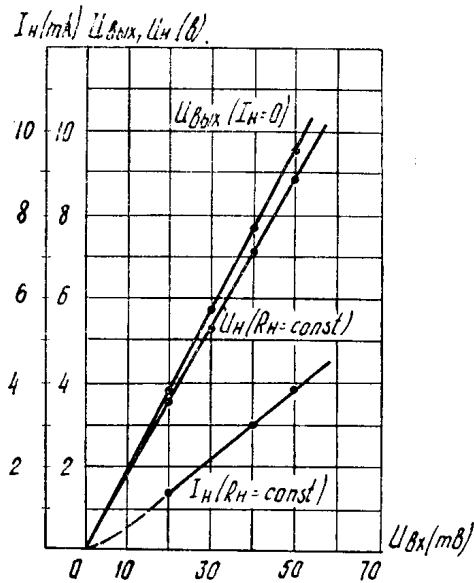


Рис. 5

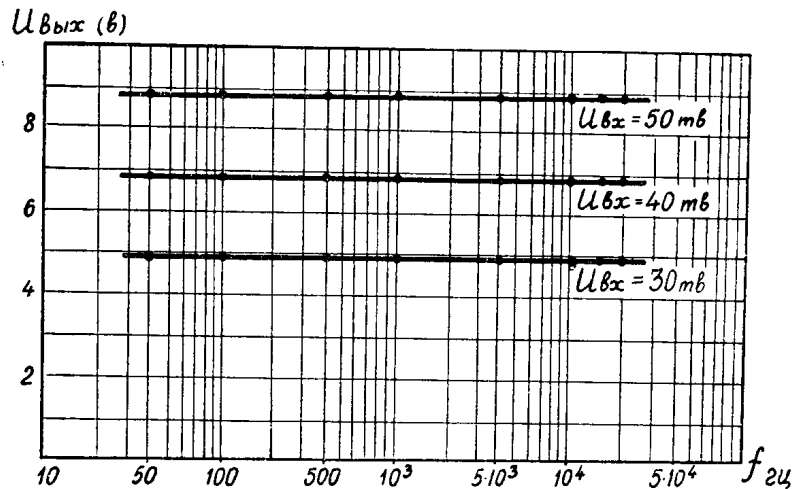


Рис. 6

Из характеристик видно, что зависимость между $U_{\text{вых}}$ и f линейна в диапазоне частот от 50 до 15000 гц, т. е. частотные искажения в этом диапазоне практически равны нулю. Нелинейные искажения усилителя измерялись прибором ИНИ-12, при этом при многократных измерениях нелинейные искажения на выходе по отношению к входу не превышали 0,5%.

Технические характеристики прибора

1. Предел измерения по Кф от 1,00 до 2,00.
2. Предел измерения по току $1 \div 10 \text{ а}$.
3. Наименьший предел измеряемых напряжений — 20 мв.

4. Диапазон основных частот от 50 гц ÷ 1000 гц.
5. Точность измерения $< 1\%$ при использовании нуль-индикатора в цепи установки рабочего тока с чувствительностью $0,5 \cdot 10^6$ дел/а. Можно значительно повысить точность измерения использованием более чувствительного нуль-индикатора или применением УПТ.
6. Потребляемая от измеряемой цепи мощность — 0,2 вт при наибольшем измеряемом токе 10 а.

ЛИТЕРАТУРА

1. И. Г. Лещенко, А. Н. Оберган. Научный отчет по теме: «Разработка и исследование средств и методов анализа зависимости напряжения источников переменного тока от искажения формы тока нагрузки», часть 1, Томск, ТПИ, 1968.
 2. 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.
 3. Д. С. Русев. Апарат за измерване на коэффициента на формата на периодична функция. Авт. свид. № 1004, кл. 21^е, 36/10, Болгария.
 4. Л. Ш. Херещ. Прибор для непосредственного измерения коэффициента формы кривой переменного тока. Авт. свид., кл. 21^е, 36, № 107409, 1956.
 5. И. Г. Лещенко, А. Н. Оберган. Об измерении коэффициента формы кривой. Изв. ТПИ, т. 194.
 6. А. Н. Оберган, И. Г. Лещенко. Прибор для измерения коэффициента формы кривой напряжения. Изв. ТПИ, т. 194.
 7. Т. Б. Рождественская. Электрические компараторы для точных измерений тока, напряжения и мощности. Изд. Стандартов, М., 1964.
-