

В. М. Лагутін, к. т. н., доц.; В. В. Тептя, к. т. н.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИПРОБУВАНЬ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

У роботі розглянуто пристрій, у якому використано аналоговий рідкокристалічний індикатор, який дозволяє безпосередньо визначати коефіцієнт трансформації трансформатора, скоротивши при цьому витрати часу на вимірювання, а отже, підвищити продуктивність праці персоналу, який проводить випробування трансформаторів.

Ключові слова: трансформатор, коефіцієнт трансформації, магазин опорів, потенціал, коливання напруги, діапазон вимірювань.

Вступ

Визначаючи коефіцієнт трансформації трансформаторів, найбільш широко використовують метод двох вольтметрів, коли проводять вимірювання на обмотках трансформатора з подальшою обробкою отриманих результатів. Якщо при цьому наявні коливання напруги, то вимірювання потрібно проводити не більше двох разів, тому необхідно виконувати декілька дослідів та математично обробляти отримані результати, що призводить до значних витрат часу.

З інших способів визначення коефіцієнта трансформації використовують метод містка, оснований на принципі компенсації [1, 2], що дозволяє відносно точно вимірювати коефіцієнт трансформації незалежно від коливань напруги мережі. Проте визначення коефіцієнта трансформації здійснюють підбором положення п'яти декадних перемикачів для встановлення на нуль стрілки гальванометра, що також вимагає значних витрат часу. При цьому в усіх відомих пристроях їх показання конкретно не визначають коефіцієнт трансформації.

Визначення коефіцієнта трансформації трансформаторів із використанням аналогового рідкокристалічного індикатора

У Вінницькому національному технічному університеті розроблено пристрій, у якому використано аналоговий рідкокристалічний індикатор (АРКІ), який дозволяє безпосередньо визначати коефіцієнт трансформації трансформатора. Схему пристрою наведено на рис. 1.

Пристрій має джерело змінної напруги 1, перший та другий магазини опорів 2 та АРКІ 3. До першого входу пристрою підімкнено початок обмотки ВН, до другого – кінець обмотки ВН, до третього – початок обмотки НН, а до четвертого – кінець обмотки НН трансформатора 4, який випробовують.

Пристрій працює так. Після увімкнення джерела змінної напруги 1 до кола, яке складається з послідовно з'єднаних магазинів опорів 2 та високоомного електрода АРКІ 3, та до обмотки ВН трансформатора 4 прикладається вихідна напруга цього джерела. При цьому по обмотці ВН трансформатора 4 протікає струм I_1 , а по колу, яке складається з магазинів опорів 2, – струм I_3 . Для цієї схеми можна записати:

$$I_1 = \frac{\dot{U}_1}{Z_1};$$
$$I_3 = \frac{\dot{U}_1}{R_1 + R_2 + r},$$

де Z_1 – опір обмотки ВН трансформатора 4; R_1 – опір першого магазину опорів 2; R_2 – опір другого магазину опорів 2; r – опір високоомного електрода АРКІ 3.

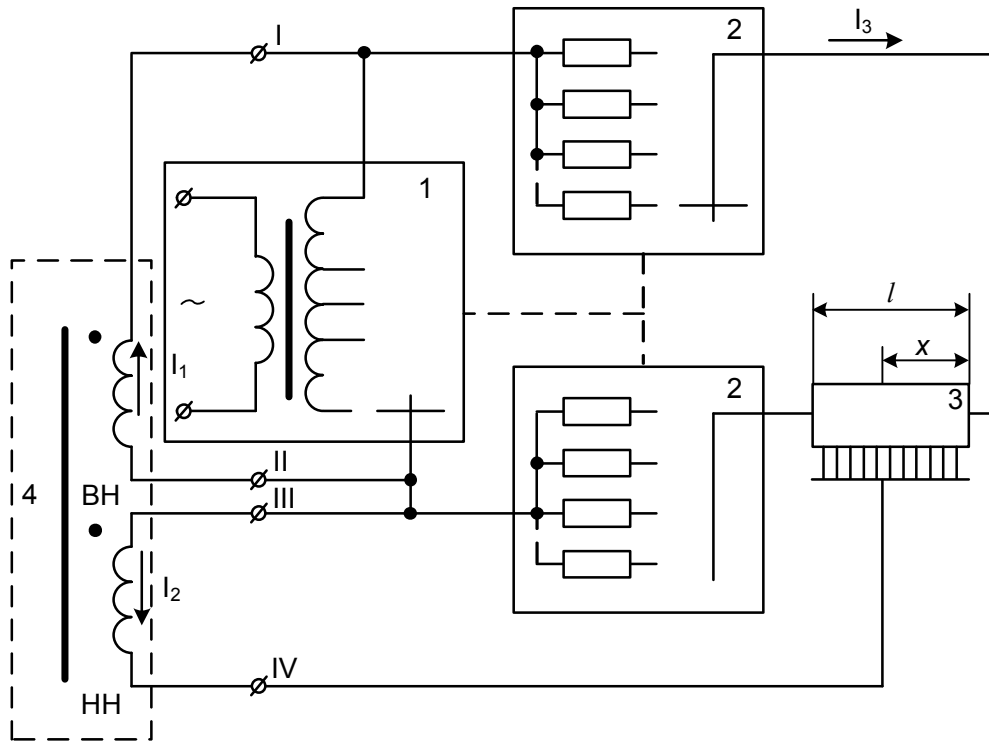


Рис. 1. Схема пристрою для визначення коефіцієнта трансформації трансформаторів

У вторинній обмотці НН трансформатора 4 наводиться ЕРС E_2 , яка дорівнює:

$$\dot{E}_2 = \frac{\dot{E}_1}{K_T},$$

де \dot{E}_1 – ЕРС обмотки ВН трансформатора 4; K_T – коефіцієнт трансформації трансформатора. Струм у цій обмотці визначають за виразом:

$$\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_2}{Z_2 + R_1 + r_k},$$

де Z_2 – опір обмотки НН трансформатора 4; r_k – міжелектродний опір АРКІ 3.

Унаслідок того, що опір r_k має велике значення, струм у обмотці НН трансформатора 4 настільки малий, що трансформатор фактично працює на холостому ході. Тому необхідно враховувати падіння напруги в обмотці ВН і НН трансформатора 4, яке складає за малого збудження частку відсотка. Отже, можна записати:

$$\dot{U}_1 = \dot{E}_1 = \dot{I}_3 \cdot (R_1 + R_2 + r); \tag{1}$$

$$\dot{U}_2 = \dot{E}_2 = \dot{E}_1 / K_T, \tag{2}$$

де \dot{U}_2 – напруга на виводах обмотки НН трансформатора 4.

Приймаючи потенціали початку обмотки ВН та кінця обмотки НН трансформатора такими, що дорівнюють нулю, з урахуванням (1) та (2), отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_e &= \dot{E}_2; \\ \varphi_x &= \dot{E}_1 - \dot{I}_3 \cdot (R_2 + r_0 \cdot x), \end{aligned} \right\} \tag{3}$$

де φ_e – потенціал низькоомного електрода АРКІ 3; φ_x – потенціал у будь-якій точці високоомного електрода АРКІ, яка віддалена від кінця електрода на відстань x ; $r_0 = r/l$ – питомий опір високоомного електрода АРКІ.

Опори R_1 , R_2 магазинів опорів 2 обирають так, щоб коефіцієнт трансформації трансформаторів був у межах вимірювань АРКІ 3, тобто на високоомному електроді цього індикатора розташована точка з потенціалом φ_x , який дорівнює потенціалу φ_e низькоомного електрода АРКІ. У точці, де напруга між електродами нижча за напругу порогу виникнення електрооптичного ефекту U_{II} , рідинні кристали, зберігаючи свою структуру, залишаються прозорими для світла.

У всіх інших точках АРКІ рідинні кристали збуджуються і, змінюючи свою структуру, стають непрозорими для світла, тобто на індикаторі з'являється світлова пляма на відстані x від його краю. Коефіцієнт трансформації з урахуванням (1) та (3) визначають з виразу:

$$\varphi_e = \varphi_x = \dot{E}_2 = \dot{E}_1 \cdot \frac{R_1 + r - r_0 \cdot x}{R_1 + R_2 + r},$$

а, урахувавши, що $K_T = \dot{E}_1 / \dot{E}_2$, отримаємо:

$$K_T = \frac{R_1 + R_2 + r}{R_1 + r - r_0 \cdot x}. \quad (4)$$

З виразу (4) випливає, що коефіцієнт трансформації трансформатора однозначно визначається параметрами схеми пристрою та координатою x світлової плями на АРКІ. Отже, попередньо проградувавши шкалу АРКІ згідно з (4), отримуємо безпосередньо значення коефіцієнта трансформації.

Магазин опорів призначено для вибору діапазону вимірювань коефіцієнта трансформації. Дійсно, з (4) маємо

$$\text{при } x=0: \quad K_{T.\min} = 1 + R_2 / (R_1 + r);$$

$$\text{при } x=l: \quad K_{T.\max} = 1 + (R_2 + r) / R_1,$$

де $K_{T.\min}$, $K_{T.\max}$ – відповідно мінімальне та максимальне значення діапазону вимірювань.

Під час перемикання діапазону вимірювань для збереження мінімальної ширини світлового вікна на шкалі АРКІ для досягнення максимальної точності необхідно змінювати вихідну напругу джерела змінної напруги 1 відповідно до виразу:

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_0 \cdot (R_1 + R_2 + r),$$

де \dot{I}_0 – струм, який протікає на високоомному електроді АРКІ, за якого забезпечується мінімальний розмір світлового вікна на його шкалі.

У розглянутому пристрої перемикання діапазонів вимірювань здійснюється одночасно з перемиканням відпайок джерела змінної напруги, чим досягається постійність струму $I_0 = \text{const}$ та зберігається необхідна точність у всіх діапазонах вимірювань, оскільки розміри світлового вікна на шкалі АРКІ залишаються постійними.

Висновки

Використання аналогового рідкокристалічного індикатора дозволяє замінити операцію точного встановлення стрілки приладу на нуль, яка виконується при використанні відомих пристроїв, більш простою операцією – вибором діапазону вимірювань. Це дозволяє скоротити витрати часу на вимірювання, а отже, підвищити продуктивність праці персоналу, який проводить випробування трансформаторів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Испытание мощных трансформаторов и реакторов / [Алексеев Г. В., Ашрятов А. К., Веремей Е. В. и др.] – М.: Энергия, 1978. – 519 с.
2. Справочник по наладке электрооборудования электростанций и подстанций: [под ред. Э. С. Мусаэляна]. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 344 с.

Лагутін Валерій Михайлович – к. т. н., доцент кафедри електричних станцій та систем, тел.: (0432)-598-377, 598-245;

Тептя Віра Володимирівна – к. т. н., старший викладач кафедри електричних станцій та систем, тел.: (0432)-598-377, 598-245, e-mail: TVV75@list.ru.

Вінницький національний технічний університет.