

ОСОБЛИВОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВИПРОБУВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Досліджені високовольтні випробувальні трансформатори напруги, визначена залежність їх похибки від характеру навантаження

Исследованы высоковольтные испытательные трансформаторы напряжения, определена зависимость их погрешности от характера нагрузки

ВСТУП

Високовольтні випробувальні трансформатори (ВВТ) знаходять широке застосування в експлуатації для тестування електрообладнання високою напругою. Проте питання визначення їх похибок до цього часу достатньо не вивчені, що вимагає детального дослідження ВВТ.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПРОБУВАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

На кафедрі техніки та електрофізики високих напруг НТУУ "КПІ" були проведені дослідження ВВТ з метою визначення залежності їх похибок від величини й характеру навантаження. Дана стаття є продовженням дослідження, опублікованого раніше в [1].

Трансформатор ИОМ-100/25, зав. №9581279, використаний як об'єкт дослідження, мав наступні характеристики:

- напруга на вході низьковольтної обмотки, В: 0-200;
- напруга на виході високовольтної обмотки, кВ: 0-100;
- напруга на виході вимірювальної обмотки, В: 0-100;
- робоча частота, Гц: 50;
- максимальна потужність, кВА: 25.

Були проведені експериментальні дослідження трансформатора на холостому ході, а також з активним і ємнісним навантаженнями, згідно з наведеною на рис. 1 схемою.



Рис. 1. Схема експериментального дослідження трансформатора ИОМ-110/25 з навантаженням

В якості еталонного засобу вимірювань використовувалась вимірювальна система високої напруги ВВН-0,8-100М. Навантаження складалось з активного опору високовольтних резистивних елементів сумарним опором 217 кОм. В якості ємнісного навантаження використовувались високовольтні конденсатори типу ИМ 60 сумарною ємністю 15,4 нФ. Напругу на

виході вимірювальної обмотки ИОМ-100/25 визначали за допомогою цифрового вольтметра В7-21А. Дані, одержані в результаті вимірювань за схемою рис. 1, дозволяють для кожної серії вимірів побудувати графіки залежності коефіцієнта k від напруги (k – коефіцієнт пропорційності між вихідною напругою високовольтної обмотки трансформатора ИОМ-100/25, визначеною за допомогою еталонної вимірювальної системи, а також "розрахунковою" напругою, визначеною за допомогою вимірювальної обмотки ИОМ-100/25 та номінального коефіцієнта трансформації $k_{\text{ном}} = 1000$). Коефіцієнт k визначається за формулою:

$$k = \frac{U_{\text{вим.д.}} \cdot k_{\text{ном}}}{U_{\text{вис.д.}}}, \quad (1)$$

де $U_{\text{вим.д.}}$ – значення діючої напруги на виході вимірювальної обмотки ИОМ-100/25, одержане за допомогою вольтметра В7-21А; $U_{\text{вис.д.}}$ – значення діючої напруги на виході високовольтної обмотки ИОМ-100/25, одержане за допомогою високовольтної вимірювальної системи ВВН-0,8-100М; $k_{\text{ном}}$ – номінальне значення коефіцієнту трансформації за вимірювальною обмоткою ИОМ-100/25 ($k_{\text{ном}} = 1000$).

Графік залежності коефіцієнта k від напруги на виході трансформатора ИОМ-100/25 в режимі холостого ходу, на прикладі однієї з серій випробувань, представлений на рис. 2.

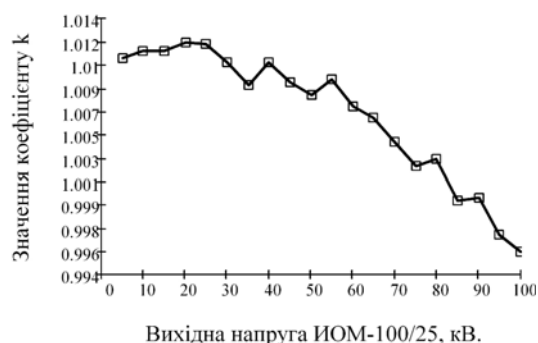


Рис. 2. Залежність коефіцієнта k від напруги на виході трансформатора ИОМ-100/25 при холостому ході

За допомогою програмного пакету MathCad 14 була проведена статистична обробка серій результатів випробувань та апроксимація одержаних даних за методом найменших квадратів. Обробка результатів дозволила побудувати графік залежності коефіцієнта k від напруги на виході ИОМ-100/25.

На графіку, зображеному на рис. 3, простежується нелінійна залежність коефіцієнта k від вихідної

напруги ИОМ-100/25. Одержана залежність k може бути пояснена "певним запасом" кількості витків високовольтної обмотки ИОМ-100/25 (для врахування впливу навантаження), а також насиченням сталі магнітопроводу.

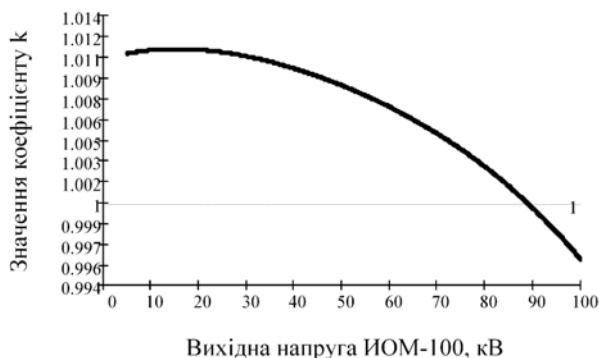


Рис. 3. Графік залежності коефіцієнта k від напруги на виході ИОМ-100/25 при холостому ході

У процесі досліджень, як навантаження використовувалось спочатку чисто активне навантаження, потім – ємнісне.

Побудовані в результаті вимірювань графіки залежності коефіцієнта k від вихідної напруги ИОМ-100/25 під навантаженням представлені на рис. 4, де суцільною лінією представлена залежність коефіцієнта k при ємнісному навантаженні, а штриховою – залежність коефіцієнта k при активному навантаженні від вихідної напруги трансформатора ИОМ-100/25. Коефіцієнти k для даного графіка були одержані аналогічно експерименту на холостому ході за формулою (1).

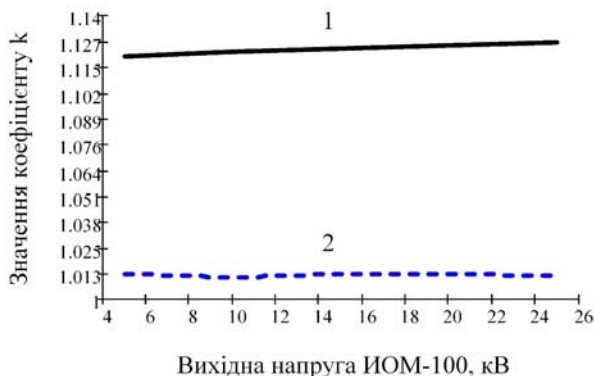


Рис. 4. Залежності коефіцієнта k від вихідної напруги ИОМ-100/25 під навантаженням при ємнісному (1) і чисто активному (2) навантаженнях

Із графіків рис. 4, слідує, що вимірювання вихідної високої напруги ИОМ-100/25 за допомогою вимірювальної обмотки при активному навантаженні дає майже в 10 разів меншу похибку, ніж при ємнісному, причому, похибка вимірювань при ємнісному навантаженні збільшується з ростом напруги.

Дана похибка ИОМ-100/25 при ємнісних навантаженнях (більша 10 %) робить недопустимим використання даного типу випробувального трансформатора, одночасно, в якості засобу вимірювань.

Недоліком випробувальних трансформаторів типу ИОМ-100/25, крім невизначеності їх точності, є також обмежена вихідна напруга – 100 кВ. У зв'язку з цим,

кафедрою техніки та електрофізики високих напруг НТУУ "КПІ" разом з ТОВ "ІнтелТех" розроблений на замовлення Державного підприємства Центральна електроенергетична система НЕК "Укренерго" високовольтний випробувальний комплекс ВВН-180, до складу якого входить випробувальний трансформатор напруги ВТН-180, що має наступні характеристики.

Номинальна напруга обмоток:

- первинної 0,22 кВ;
- вторинної 180 кВ;
- вимірювальної 0,18 кВ.

Вихідна потужність (при коефіцієнті потужності $\cos\phi = 1$)

0...8000 ВА.

Номинальний струм обмоток:

- первинної 36,4 А;
- вторинної 0,044 А.

Діапазон робочих напруг ВТН-180

10 – 180 кВ.

Границі допустимої похибки

вимірювання вторинної

напруги ВТН-180 при вихідній

номинальній потужності 0 – 8000 ВА

±3%.

Габаритні розміри:

- площа до 0,5 м²;
- висота до 1,55 м.
- Маса 400 кг.

ВИСНОВКИ

У високовольтних випробувальних трансформаторах, використовуваних у схемах випробувань прикладеною напругою змінного струму, відбуваються складні процеси, досі не досліджені детально.

Похибка вимірювання випробувальної напруги в таких схемах може істотно перевищувати допустиме значення ±3 %, причому дана ситуація призводить до масових випробувань продукції заниженими значеннями напруг, що створює передумови для підвищеної аварійності високовольтної техніки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамов В. Б., Анохин Ю.Л., Бржезицкий В. А., Гаран Я.А., Кикало В. Н., Маслоченко И. Н., Хоминич В.И., Чиженко П. Н., Яценко А. А. Испытательный трансформатор напряжением 180 кВ с гарантированной точностью его измерения // Техническая электродинамика. Тематичний випуск. Проблеми сучасної електротехніки. ч. 5. – 2008. – С. 100-101.

Надійшла 12.10.2009

Бржезицький Володимир Олександрович, д.т.н, проф.,

Гаран Ярослав Олександрович, учбовий майстер

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

Україна, 03056, Київ, пр. Перемоги, 37

НТУУ "КПІ", кафедра "Техніка і електрофізика

високих напруг"

тел. (044) 406-82-35

V.A. Brzhezitsky, Y.A. Garan

Features of high-voltage test transformers characteristics

High-voltage test transformers are investigated, dependence of their inaccuracy on loading condition is determined.

Key words – high-voltage test transformers, inaccuracy, loading condition, characteristics