

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕМОНТУ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ

Вінницький національний технічний університет

**Анотація:** В роботі досліджено особливості ремонту високовольтних трансформаторів струму. Запропоновано та розроблено заходи та засоби для сушіння ізоляції трансформатора струму

**Ключові слова:** трансформатори струму, вакуум-сушильна піч, ремонт, експлуатація.

**Abstracts:** The peculiarities of repair of high-voltage current transformers are investigated in the work. Measures and means for drying the current transformer insulation are proposed and developed

**Keywords:** current transformers, vacuum drying oven, repair, operation.

### Вступ

Метою нової Енергетичної стратегії України є забезпечення потреб суспільства та економіки в паливно-енергетичних ресурсах у технічно надійний спосіб для гарантування поліпшення умов життєдіяльності суспільства. Однією з найважливіших складових добробуту в цивілізованих державах є забезпечення громадян і компаній необхідними енергоресурсами.

Як зазначено в енергетичній стратегії України, одними з головних напрямів підвищення енергетичної ефективності економіки України є її підвищення в секторі виробництва і трансформації енергії шляхом технічної та технологічної модернізації та повнота обліку всіх форм енергії.

Водночас відомо, що реалізація цих напрямів напряму зв'язана з надійною та якісною експлуатацією високовольтних вимірювальних трансформаторів струму [1].

Вимірювальний трансформатор струму – трансформатор, призначений для перетворення струму до значення, зручного для вимірювання. Первинна обмотка трансформатора струму включається послідовно в ланцюг з вимірюваним змінним струмом, а у вторинну включаються вимірювальні прилади. Струм, що протікає по вторинній обмотці трансформатора струму, пропорційний струму, що протікає в його первинній обмотці [2].

### Результати дослідження

Трансформатори струму широко використовуються для вимірювання електричного струму і в пристроях релейного захисту електроенергетичних систем, в зв'язку з чим на них накладаються високі вимоги по точності. Трансформатори струму забезпечують безпеку вимірювань, ізолюючи вимірювальні ланцюги від первинного кола з високою напругою, часто складовим сотні кіловольт.

До трансформаторів струму пред'являються високі вимоги по точності. Як правило, трансформатори струму виконують з двома і більше групами вторинних обмоток: одна використовується для підключення пристроїв захисту, інша, більш точна – для підключення засобів обліку і вимірювання.

Трансформатори струму типу ТФЗМ 110-500 кВ мають істотний недолік – недостатній захист від атмосферної вологи. Це призводить до того, що через 10-15 років у трансформаторів напруги та через 20-25 років у трансформаторів струму вологість твердої ізоляції досягає небезпечних значень (4-6%), що призводить до замикання частини витків обмотки високої напруги і підвищення напруги на вторинній стороні [2].

Існують небезпечні фактори при роботі трансформатора струму:

- Ймовірність ураження високовольтним струмом у випадку пробією ізоляції;
- Небезпека ураження високовольтним потенціалом при пошкодженні вторинного ланцюга [3].

Трансформатори струму класифікуються за такими ознаками:

– В нормальних умовах експлуатації: за температурою атмосферного повітря; висотою встановлення над рівнем моря; вібрацією або поштовхами землетрусу; за умовами експлуатації для внутрішнього встановлення або для зовнішнього встановлення;

– В спеціальних умовах експлуатації: за температурою навколишнього повітря; за висотою встановлення над рівнем моря; системою заземлення [4].

Залежно від умов експлуатації доцільно періодично проводити вимірювання тангенса кута діелектричних втрат основної ізоляції при напрузі 10 кВ в нагрітому стані при температурі 60 °С і нагрітому стані при температурі 20 °С. Орієнтовний час прогріву близько трьох днів.

Якщо значення тангенса кута діелектричних втрат ізоляції обмотки в нагрітому стані (до 60 °С) перевищує значення тангенса кута діелектричних втрат ізоляції обмотки в нагрітому стані (при 20 °С) більше ніж у двічі, трансформатор струму підлягає заміні. Відновлення його практично неможливе [5].

Існують такі методи випробувань вимірювальних трансформаторів струму:

- метод вимірювання температури ізоляції обмоток трансформаторів струму;
- метод суміщення фаз струмів впливу і об'єкта;
- метод вимірювання опору ізоляції;
- метод вимірювання тангенса кута діелектричних втрат;
- контроль якості масла [6].

В процесі технічного обслуговування маслонаповнених трансформаторів струму проводиться комплекс профілактичних робіт з підтримки їх в робочому стані, а за необхідності – ремонт або модернізація.

Обсяг ремонтних робіт на маслонаповненому трансформаторі струму багато в чому визначає умови їх проведення. Найбільші по обсягу такі ремонтні роботи: заміна скла покажчиків рівня масла, усунення течі масла, малий ремонт фарфорових покришок, які, як правило, виконуються на місці встановлення трансформатора струму. Роботи, пов'язані з розбиранням трансформаторів струму: заміна масла, сушіння паперової ізоляції, рекомендується проводити в умовах ремонтних майстерень [6].

Під час підготовки до ремонту необхідно:

1. Визначити місце ремонту. Ремонтна площадка має відповідати наступним вимогам: розміри ремонтної площадки повинні забезпечувати вільне та зручне розміщення на ній вантажопідійомного та технологічного обладнання; мати під'їзди для переміщення механізмів та забезпечувати протипожежну безпеку; гарантувати можливість захисту ізоляційних деталей та активної частини від прямого попадання вологи та пилу.

2. Визначити тривалість робіт, необхідний склад персоналу, завантаженість машин та механізмів. Вибрати необхідне технологічне обладнання.

3. Розробити заходи з техніки безпеки та пожежної безпеки.

4. Підготувати та розробити комплект технічної документації на ремонт трансформатора струму.

Основне обладнання для ремонту трансформатора струму:

1. Обладнання для вакуумування баку трансформатора струму.

2. Обладнання для підготовки ізоляційного масла, ємність для зливу масла з трансформатора струму об'ємом 30 м<sup>3</sup>.

3. Установка для подання до баку осушеного повітря.

4. Обладнання для сушіння ізоляції трансформатора.

5. Комплект обладнання для проведення аналізів масла, прилад для вимірювання залишкового тиску від 0 до 1330 Па, прилад для вимірювання точки роси осушеного повітря (межа вимірювання від -20 °С до -70 °С, комплект слюсарного інструменту для монтажу складових частин трансформатора струму, комплект засобів протипожежної безпеки.

## Висновки

В роботі розглянуто актуальне питання дослідження особливостей експлуатації та ремонту високовольтних трансформаторів струму.

Відповідно до поставленої мети в роботі розв'язано такі основні задачі:

1. Розглянуто основні відомості про високовольтні вимірювальні трансформатори та досліджено їх конструктивні особливості.

2. Проаналізовано основні методи експлуатації високовольтних вимірювальних трансформаторів струму.
3. Розроблено заходи та засоби сушіння ізоляції трансформатора струму.
4. Запропоновано технологію робіт з ремонту трансформатора струму, направлену на покращення якості ремонтів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронний ресурс. Режим доступу: Нова Енергетична стратегія України до 2035 року.
2. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://ua.eliz.zp.ua/current-transformers/>.
3. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://rem.in.ua/transformatori-strumu-princip-roboti-i-vikoristannya/>.
4. ДСТУ ІЕС 60044-1:2008. Трансформатори вимірювальні. Частина 1. Трансформатори струму (ІЕС 60044-1:2003, ІДТ) – 39 с. Електронний ресурс. Режим доступу: [http://odz.gov.ua/lean\\_pro/standardization/files/transformatory\\_toka\\_2014\\_03\\_11\\_1.pdf](http://odz.gov.ua/lean_pro/standardization/files/transformatory_toka_2014_03_11_1.pdf)
5. Типовая инструкция по эксплуатации измерительных трансформаторов тока и напряжения 110 кВ и выше. – М.: ЗАО «Энергетические технологии», 2008. – 64 с.
6. Бажанов С.А. Маслонаполненные трансформаторы тока / С.А. Бажанов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 80 с.

**Гасич Владислав Володимирович** – студент, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [gasich.vlad5@gmail.com](mailto:gasich.vlad5@gmail.com)

Науковий керівник: **Тептя Віра Володимирівна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [teptyavira@gmail.com](mailto:teptyavira@gmail.com)

**Gasych Vladyslav V.** - student, Vinnitsa National Technical University, student of the department of electric power stations and systems; Vinnitsa, Ukraine; e-mail: [gasich.vlad5@gmail.com](mailto:gasich.vlad5@gmail.com)

Supervisor: **Teptia Vira V.** - Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the department of electric power stations and systems, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: [teptyavira@gmail.com](mailto:teptyavira@gmail.com)