

# ОЦІНЮВАННЯ ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТОК СИЛОВИХ МАСЛЯНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Зроблено акцент на необхідність оцінки залишкового робочого ресурсу ізоляції силового масляного трансформатора, який працює під впливом короткострокових навантажень або перевантажень. На основі математичної моделі, яка дозволяє відслідковувати короточасні стрибки навантажень, запропоновано структуру пристрою для реалізації зазначеного підходу.

**Ключові слова:** залишковий ресурс, силовий трансформатор, ізоляція обмотки, діагностування, пристрій.

## Abstract

Emphasis is placed on the need to assess the residual working life of the insulation of a power oil transformer that operates under the influence of short-term loads or overloads. On the basis of a mathematical model that allows monitoring of short-term load jumps, the structure of the device for the implementation of the specified approach is proposed.

**Keywords:** residual resource, power transformer, winding insulation, diagnostics, device.

Відомо, що силові трансформатори відносяться до основного електрообладнання в тракті передачі електроенергії. Довговічність роботи таких трансформаторів визначається, зокрема, швидкістю старіння ізоляції обмоток, яка залежить в основному від впливу температури внаслідок протікання струму по обмотках та від температури навколишнього середовища [1].

Відомий ряд методів та засобів для оцінки старіння ізоляції силових трансформаторів, однак в переважній більшості вони орієнтовані на відслідковування впливу внаслідок тривалих навантажень або перевантажень трансформатора.

Не менший інтерес має оцінка впливу на старіння ізоляції внаслідок короткотривалих навантажень або перевантажень. Це обумовлено тим, що розповсюдження тепла в обмотках при короткостроковому протіканні струму здійснюється відповідно явищу теплопровідності і в переважній більшості оцінити температуру поверхні обмоток саме за таких впливів складно а інколи неможливо.

В роботі [2] запропоновано математичну модель, яка дозволяє розрахувати температурне поле всієї обмотки трансформатора за формулою

$$T_x = T_m + \frac{q_v \delta}{\alpha} + \frac{q_v \delta^2}{2\lambda} \left[ 1 - \left( \frac{x}{\delta} \right)^2 \right], \quad (1)$$

де  $x$  – відстань від середини шару провідників обмотки до точки досліджуваної температури (м),  $T_m$  – температура трансформаторного масла ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $q_v$  – об'ємна густина внутрішнього джерела теплоти ( $\text{Вт}/\text{м}^3$ ),  $\lambda$  – еквівалентна теплопровідність шару провідника матеріалу ( $\text{Вт}/\text{м}$ ),  $\delta$  – товщина половини пластини провідника (м),  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі.

Згідно цієї формули внаслідок протікання струму можливо оцінити витрачання теплового ресурсу ізоляції обмоток за рівнянням Монтзінгера:

$$T = Ve^{-a\theta}, \quad (2)$$

де  $T$  – термін роботи в роках,  $\theta$  – температура обмотки ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $V$  та  $a$  – коефіцієнти, що залежать від властивостей матеріалу ізоляції.

Виникає питання розробки пристрою оцінки залишкового ресурсу ізоляції силового масляного трансформатора внаслідок дії температури відповідно до наведеної математичної моделі.

В даній роботі пропонується структура пристрою, що дозволяє в певній мірі реалізувати поставлену задачу.

В пристрій введено сенсори температури трансформаторного масла та струму, сигнали з яких через нормуючі перетворювачі у вигляді напруги постійного струму подаються на аналогові блоки, в

яких реалізується обчислення та перетворення сигналу відповідно до формули (1). Внаслідок таких обчислень отримуємо оцінку миттєвого значення витрачання ресурсу ізоляції у вигляді аналогового сигналу, який подається на аналого-цифровий перетворювач і далі у вигляді цифрового коду періодично накопичується в регістрі. По досягненню граничного значення подається сигнал, що свідчить про вичерпання робочого ресурсу.

Зауважимо, що пристрій дозволяє враховувати оцінку витрачання робочого ресурсу ізоляції силового масляного трансформатора, що працює в режимі як довготривалих, так і короткочасних навантажень або перевантажень.

### **Висновки**

1. Зроблено акцент на необхідність визначення впливу на стан ізоляції силових масляних трансформаторів короткострокових навантажень та перевантажень.

2. Запропонована структура пристрою для оцінки залишкового робочого ресурсу ізоляції за тепловим старінням.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Інструкція з технічного обслуговування і ремонту обладнання тягових підстанцій, пунктів живлення і секціонування електрифікованих залізниць [Текст] / - К.: ТОВ «Інпрес», 2008. - 125 с.

2. Grabko, V., Tkachenko, S., Palaniuk, O. (2021). Determination of temperature distribution on windings of oil transformer based on the laws of heat transfer. // ScienceRise, (5), 3-13. <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2021.002140>.

**Грабко Володимир Віталійович** – д.т.н., професор, професор кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, [grabko@vntu.edu.ua](mailto:grabko@vntu.edu.ua)

**Ростецький Руслан Володимирович** – студент факультету електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**Grabko Volodymyr V.** – Dr Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Computerized Electromechanical Systems and Complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, [grabko@vntu.edu.ua](mailto:grabko@vntu.edu.ua)

**Rosteckyi Ruslan V.** - Faculty of Electricity and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia