

УДК 621.3.048.1

Барабан О.Д.¹, Поляков М.О.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² д-р техн. наук, проф. НУ «Запорізька політехніка»

АНАЛІЗ ЗАДАЧІ МУЛЬТИПОЛЬОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗНОСУ ЦЕЛЮЛОЗНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ СИЛОВОГО МАСЛОНАПОВНЕНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Предмет роботи: стан целюлозної ізоляції, який безпосередньо впливає на ресурс силового трансформатора. Прогнозування та оцінка стану целюлозної ізоляції вимагає застосування комп'ютерного моделювання.

Мета роботи є підвищення точності прогнозування шляхом переходу до використання польових моделей.

Завданням роботи є аналіз завдання мультипольового моделювання, огляд літератури щодо різних моделей.

Паралельно існує проблема, яка потребує вирішення та уточнення, а саме – фактор прикладеного зусилля до целюлозної ізоляції в конкретний момент часу який не використовується в сучасних моделях.

У сучасному світі надзвичайно складно уявити функціонування будь-якої системи без електроенергії. Забезпечення стабільної системи електроживлення має велике значення. Надійність силових трансформаторів є вирішальним фактором для забезпечення функціонування будь-якої системи електроживлення. В свою чергу, надійність силових трансформаторів залежить від якості целюлозної ізоляції, що піддається оцінці стану та процесу старіння.

Дослідження щодо швидкості старіння целюлозної ізоляції силових трансформаторів виконується багатьма науковцями по всьому світу для визначення факторів, які впливають на процес прискорення старіння целюлозної ізоляції. Сучасні моделі діляться за полями, які впливають на прискорення старіння целюлозної ізоляції. [1]:

1. Вплив підвищеної температури.
2. Вплив вологості в целюлозній ізоляції та трансформаторному маслі.
3. Вплив кисню в баку трансформатора.
4. Вплив продуктів старіння масла.
5. Вплив механічних (вібраційних) навантажень на целюлозну ізоляцію трансформатора.

Проаналізуємо сучасні моделі старіння целюлозної ізоляції маслонаповнених силових трансформаторів:

Модель деструкції піролізу базується на рівнянні Арреніуса що є одним з найбільш поширених для оцінки стану та швидкості старіння целюлозної ізоляції. Модель базується на тому що швидкість старіння пропорційна

експоненціальній функції від температури. У 1889 році Арреніус запропонував рівняння, яке описує залежність постійної швидкості реакції від температури [1].

$$k = A \times e^{\frac{-E}{R \times T}} \quad (1)$$

де k – константа швидкості реакції; A – показник старіння, обумовленого впливом вологи, кислот та кисню, год^{-1} ; E – енергія активації для процесу теплового старіння паперу у трансформаторному маслі, кДж/моль ; R – молярна газова стала Дж/моль/К ; T – температура, $^{\circ}\text{C}$.

Проаналізувавши модель видно з формули, що дана модель не враховує вплив вологості в целюлозній ізоляції та трансформаторному маслі, вплив кисню в баку трансформатора, вплив продуктів старіння масла та вплив механічних (вібраційних) навантажень на целюлозну ізоляцію трансформатора.

Модель деструкції гідролізу вона базується на степені зволоженості целюлозної ізоляції [1].

$$L(t_0, t_0 + T) = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0 + T} V(K_W) dt \quad (2)$$

де $L(t_0, t_0 + T)$ – скорочення строку служби ізоляції в інтервалі часу, який починається в момент t_0 та має тривалість T ; V – відносна швидкість скорочення строку служби ізоляції трансформатора; K_W – коефіцієнти впливу вологи на старіння ізоляції трансформатора, відповідно.

Проаналізувавши модель видно з формули, що дана модель не враховує вплив підвищеної температури, вплив кисню в баку трансформатора, вплив продуктів старіння масла та вплив механічних (вібраційних) навантажень на целюлозну ізоляцію трансформатора.

Модель деструкції окислення вона базується на тому що кількість кисню в баці трансформатора та окислення масла в баку трансформатора експоненціально пришвидшує старіння целюлозної ізоляції трансформатора [1]

$$L(t_0, t_0 + T) = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0 + T} (K_A, V_{O_2}) dt \quad (3)$$

де K_4 , K_{O_2} – коефіцієнти впливу кисню та розчинних кислот на старіння ізоляції трансформатора.

Проаналізувавши модель видно з формули, що дана модель не враховує вплив підвищеної температури, вплив вологості, вплив продуктів старіння масла та вплив механічних (вібраційних) навантажень на целюлозну ізоляцію трансформатора.

Пошарова модель [2] ґрунтується на концепції активної маси і містить у собі різні чинники, такі як температура, вологість, кисневе оточення і тиск.

$$L(t_0, t_0 + T) = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0 + T} (V_\theta \cdot V_w \cdot V_K) dt \quad (4)$$

де V_K – відносна швидкість старіння ізоляції, що залежить від ступеня окислення трансформаторного масла; V_w – відносна швидкість старіння ізоляції в залежності від ступеня вологості паперу; V_θ – швидкість теплового зносу ізоляції; T – тривалість часового інтервалу.

Згідно з формулою, наведеною вище, дана модель не враховує вплив механічних (вібраційних) навантажень на процес старіння целюлозної ізоляції трансформатора.

Висновок роботи: У цьому дослідженні був проведений аналіз актуальних моделей визначення ресурсних характеристик целюлозної ізоляції трансформаторів. З отриманих результатів видно, що існуючі моделі, використані для прогнозування скорочення терміну служби целюлозної ізоляції, не враховують фактор прикладеного зусилля до целюлозної ізоляції в конкретний момент часу, що може негативно позначитися на строку служби трансформатора.

Для розробки нової моделі необхідно перейти до використання польових моделей, оскільки лише вони можуть описати складний нерівномірний просторовий розподіл полів, що впливають на процес старіння ізоляції. Для розробки більш точної моделі треба використання полів впливу підвищеної температури, вологості в целюлозній ізоляції та трансформаторному маслі, кисню в баку трансформатора, продуктів старіння масла, механічних (вібраційних) навантажень на целюлозну ізоляцію трансформатора все це є необхідним для повного прогнозування стану ізоляції з урахуванням просторової нерівномірності розподілу полів, які впливають на старіння ізоляції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конограй, С. П. Застосування моделі старіння твердої ізоляції силових маслонаповнених трансформаторів для їхньої діагностики в режимі експлуатації [Текст] / С. П. Конограй // Електротехніка та Електромеханіка. – 2010. – № 1. – С. 43-45.

2. Poliakov, M.A. Layered model of the consumption of the insulation resource of the windings of a power oil-immersed transformer [Text] / M.A. Poliakov, V.V. Vasilevskij, P.D. Andrienko // 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine. – 2020. – P. 1–4.