

ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВПЛИВИ НА НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ В АПК

к.т.н., доц. Попова І.О., Сідельніков Б.Ю., Щербаков С.В.
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра
Моторного, м. Мелітополь*
e-mail: irinapopova54@gmail.com
Науковий керівник: к.т.н., доц. Попова І.О.

Безперебійне електропостачання споживачів електричної енергії агропромислових підприємств в більшій ступені залежить від надійності системи електропостачання в цілому і силових трансформаторів (СТ) КТП 10/0,4 кВ зокрема. В агропромисловому комплексі щорічно з ладу виходять 8-10 % СТ. Причинами такого стану є специфічні умови роботи СТ споживчих підстанцій, до яких зокрема відносяться несиметричне навантаження фаз, сезонний графік навантаження, коливання температури навколишнього середовища, велика протяжність ліній електропередач та економічні умови в країні, у зв'язку з якими майже 70 % силового обладнання виробило свій ресурс. І хоча відсоток виходу з ладу силових трансформаторів споживчих трансформаторних підстанцій в агропромисловому комплексі залишається невеликий, однак вихід з ладу хоча б одного джерела електропостачання може спричинити значні економічні втрати за рахунок недовипуску продукції та послуг десятками об'єктів енергоспоживання [1].

Головними причинами виходу СТ є короткі замикання в електричній мережі, перевантаження, атмосферні перенапруження, зниження якості трансформаторного масла під час експлуатації, погіршення умов охолодження, асиметрія струмів навантаження. Значну роль у забезпеченні надійності відіграє розташування трансформаторних підстанцій на великій відстані від центрів обслуговування, їх розпорощення на значних площах. При цьому слід враховувати, що значна частина СТ сільських споживчих підстанцій виробила свій ресурс (25 років), а технічне переоснащення, в силу економічних умов, йде дуже повільно. В Мелітопольському районі Запорізької області за 2005 рік оновлено 1,2 % трансформаторів, 2006 рік -1,1 %, 2007 – 1,1 % [1].

Аналіз розподілу основних пошкоджень вузлів силових трансформаторів 63-250 кВА Мелітопольського району Запорізької області (2005-2010 рр.) у відсотковому відношенні демонструє такі показники: пошкодження високовольтних вводів - 21 %; пошкодження обмоток та ізоляції - 57 %; пошкодження або течі трансформаторного масла - 9 %, пошкодження магнітопроводів 4-5%. Найістотніші наслідки спостерігаються при таких дефектах, як: зниження електричної міцності масляного каналу високовольтних герметичних введень; зволоження, забруднення й зношування ізоляції обмоток. Зауважимо, що у роботі силових трансформаторів частка тих пошкоджень, що

супроводжуються внутрішніми короткими замиканнями з пошкодженням обмоток трансформаторів, становить близько 50 % від загальної кількості від загальної кількості аварій після 10 років експлуатації, 60 % – після 20 років експлуатації і 61 % – після 25 років експлуатації [1]. В Україні зростає парк СТ, що мають термін експлуатації більше ніж 30 років - частка такого устаткування становить 50 %, а в найближчі п'ять років збільшиться ще на 20 % [2].

Як відомо, проблеми надійності силового електрообладнання умовно можна поділити на конструкційну та експлуатаційну. До конструкційних дефектів окремих складових СТ можна віднести дефекти ізоляції провідників, недосконалість технологій виготовлення обмоток і недосконалість виготовлення магнітопроводу. Впливати на конструкційну надійність споживач не в змозі, залишається лише підвищувати експлуатаційну складову [2].

Надійність СТ визначається надійністю його обмоток, яка, в свою чергу, залежить від стану ізоляції провідникового матеріалу. СТ містять в собі визначені дефекти виготовлення на виробництві. Початкові дефекти технологічного походження під дією експлуатаційних впливів отримують подальший розвиток. Однак в СТ вони не є визначальними у розвитку процесів і пошкодження ізоляції. Визначальне роль відіграють природні процеси її старіння під впливом експлуатаційних факторів. Тепловий знос ізоляції є визначальним у загальному її зносі, що викликає як локальні дефекти ізоляції витків обмотки, так і повні виткові замикання і відмову силового трансформатора. Під час експлуатації СТ піддаються різноманітним експлуатаційним впливам.

Температура навколишнього середовища та сонячна радіація є найбільш розповсюдженими факторами, що впливають на СТ. Температура повітря має значні коливання як продовж доби, так і на протязі сезонної зміни. Підвищення температури оточуючого середовища безпосередньо викликає перегрів ізоляції, інтенсивний знос та руйнування її, виткові і між фазні замикання, відмову силового трансформатора (рисунок 1).

Вологість навколишнього середовища впливає на ізоляційні властивості трансформаторного масла, зволоженню масла, накопиченню у маслі кисню, старінню трансформаторного масла, накопиченню осаду на активних частинах СТ, зниженню механічної міцності ізоляції і, найголовніше, зносу ізоляції. Також в процесі експлуатації трансформаторів в маслі накопичуються інші гази, що можуть характеризувати певні види дефектів у трансформаторі: водень H_2 , ацетилен C_2H_2 , етан C_2H_6 , метан CH_4 , етилен C_2H_4 , окис CO і двоокис CO_2 вуглецю. Водень характеризує дефекти електричного характеру (часткові, іскрові і дугові розряди в маслі); ацетилен – перегрів активних елементів; етан – термічний нагрів масла і твердої ізоляції обмоток у діапазоні температур до $300^\circ C$; етилен – високотемпературний нагрів масла й твердої ізоляції обмоток вище $300^\circ C$; окис і двоокис вуглецю – перегрів і розряди у твердій ізоляції обмоток.

Наступним експлуатаційним впливом є перевантаження СТ. Графік навантаження СТ має залежність від сезонності роботи, кількості і виду споживачів та ін. Перевантаження СТ може також бути пов'язані з

недосконалістю проектування електричних мереж, відсутністю засобів автоматизації і контролю за навантаженням робочих машин і механізмів, як найбільш потужних споживачів електроенергії [3].



Рисунок 1 – Структурна схема впливів і наслідків на елементи СТ

Експлуатаційними впливами на ізоляцію СТ є пускові струми потужних електродвигунів в умовах спів вимірної їх потужності, короткі замикання і комутаційні перенапруги в розподільних мережах. Систематичні перевантаження трансформаторів, динамічні зусилля внаслідок коротких замикань і старіння ізоляції приводять до міжвиткового замикання і виходу з ладу трансформатора в цілому.

Погіршення умов охолодження ізоляційної конструкції – також одна з найпоширеніших причин виходу з ладу СТ, яка виникає через витік трансформаторного масла, недостатню природну вентиляцію. Вихід

трансформатора з ладу може відбуватися внаслідок «пожежі сталі» через порушення ізоляції між сталевими листами або стяжними болтами, слабким пресуванням стали, утворенням короткозамкненого кола.

Перелічені фактори можуть впливати як окремо так і сукупно у різних комбінаціях. Це впливає на надійність ізоляційної конструкції обмоток СТ, оскільки саме обмотки є най уразливішим з конструктивних елементів. Також причинами пошкоджень масляних СТ можуть бути: пошкодження в системі захисту, нечітке регулювання перемикального пристрою, між фазне коротке замикання, забруднення виводів, недостатня якість трансформаторного масла, незадовільний стан виводів в точці з'єднання обмоток.

Таким чином, з урахуванням викладеного вище, у подальших дослідженнях необхідно враховувати причинно-наслідкові зв'язки експлуатаційних причин, через які СТ виходить з ладу. В СТ конструкційна надійність не є визначаючою в розвитку процесів ушкодження ізоляції. Вагому роль відіграють природні процеси її старіння під впливом експлуатаційних факторів. А тепловий знос ізоляції є тим фактором, що відіграє головну роль у загальному її зношенні. Більшість факторів призводять саме до підвищення нагріву ізоляції і викликає збільшення її теплового зносу.

Висновок. Проведений аналіз експлуатаційних впливів на пошкодження основних елементів конструкції силового трансформатора з дослідженням надійності стану цих елементів доводить, що обмотки трансформатора є найбільш уразливим елементом конструкції, а в обмотках найбільше ушкоджується ізоляція проводів. Аналіз експлуатаційних впливів на надійність елементів конструкції СТ дозволяє виявити діагностичні параметри для контролю стану силового трансформатора в АПК.

Список літератури:

1. Попова І.О. Причини і наслідки пошкоджень силових трансформаторів сільських споживчих підстанцій / І.О. Попова, С.Ф. Курашкін, В.С. Попрядухін // Збірник наукових праць Переяслав-Хмельницького державного педагогічного університету імені Григорія Сковороди. – Вип. 314. – С. 618-622.

2. Курашкін С.Ф. Механізм пошкодження елементів конструкції силового трансформатора. / Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Технічні науки. // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Вип.186. – Харків: ХНТУСГ, 2017. – С.62-63.

3. Kurashkin S. F Specific operation conditions of power transformers and reasons for their failure. / S. F. Kurashkin, I. A. Popova, A. Yu. Vovk // Scientific achievements of modern society. Abstracts of the 1st International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom. 2019. – P. 238-242.