

ВИЗНАЧЕННЯ СТРОКІВ ВИПРОБУВАНЬ ІЗОЛЯЦІЇ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ

Проценко О.Р., к.т.н., доц., Павлович Т.Р., студент

НТУУ «КПІ», кафедра техніки і електрофізики високих напруг

Вступ. Норми та строки випробувань ізоляції високовольтного електроустантування складаються виходячи з практичного досвіду їх експлуатації, за рекомендаціями заводів-виробників, результатами випробувань при вводі в експлуатацію, після капітальних, середніх та поточних ремонтів та в міжремонтних періодах [1].

Технологія виробництва ізоляції обладнання передбачає застосування ізоляційних матеріалів з певними допусками за розмірами, діелектричними характеристиками, структурним складом та технологією обробки. Відмінності у технологіях та матеріалах впливають на швидкість старіння ізоляції.

Мета роботи полягає в аналізі можливості застосуванні принципів планування періодів діагностичного обстеження високовольтної ізоляції електроустантування заснованих на прогнозуванні її залишкового ресурсу.

Матеріали та результати досліджень. Необхідність гнучкого планування строків випробувань ізоляції електроустантування підтверджується тим фактом, що близько 80% аварій відбувається тоді, коли результати останніх випробувань не віщували такого розвитку подій.

Варто відзначити, що розроблені до теперішнього часу методи прогнозування залишкового ресурсу ізоляції не дають можливості передбачати раптові відмови, тобто відмови, які характеризуються стрибкоподібною зміною параметрів ізоляції електроустантування до крайнього значення. Прогнозувати з певним ступенем точності можна поступові відмови, які характеризуються плавною зміною параметрів технічного стану і обумовлені старінням матеріалу ізоляції електроустантування.

Визначення залишкового ресурсу ізоляції електроустантування дозволяє об'єктивно визначити момент необхідності проведення поточних або капітальних ремонтів, який відповідає найповнішому використанню її ресурсу. При цьому можна користуватися поняттям коефіцієнту технічного ресурсу [2,3]. Для параметрів, абсолютні значення яких збільшуються в процесі експлуатації електроустантування, коефіцієнт технічного ресурсу підраховується за формулою:

$$k_{\text{зал}} = \frac{P_{\Gamma} - P_{\text{В}}}{P_{\Gamma} - P_{\text{Н}}}, \quad (1)$$

де: P_{Γ} - граничне значення параметра; $P_{\text{Н}}$ - номінальне значення параметра; $P_{\text{В}}$ - виміряне значення параметра.

Якщо у процесі експлуатації значення параметра зменшується, то коефіцієнт залишкового ресурсу визначається виразом:

$$k_{\text{зал}} = \frac{P_{\text{В}} - P_{\Gamma}}{P_{\text{Н}} - P_{\Gamma}}. \quad (2)$$

Для нової ізоляції електрообладнання $k_{зал}=1$, а для тої, що повністю вичерпала свій ресурс $k_{зал}=0$.

Якщо проаналізувати типові об'єм та строки випробувань ізоляції електроустаткування (на прикладі силових трансформаторів класів напруг 35-110 кВ [1]), то серед основних параметрів та критеріїв для аналізу якості ізоляції можна виділити :

- вимір опору ізоляції обмоток. З досвіду експлуатації відомо, що цей параметр має властивість зменшуватись з плином часу в процесі експлуатації трансформатора. Періодичність проведення вимірів – 1 раз в 4 роки;

- вимір тангенсу кута діелектричних втрат ізоляції обмоток. З плином часу цей параметр має тенденцію до збільшення. Періодичність проведення вимірів – не менше 1-го разу в 4 роки;

- вимір опору ізоляції вводів та тангенсу кута діелектричних втрат. Періодичність проведення вимірів – не менше 1-го разу в 4 роки.

Виходячи з характеру змін діагностичних параметрів ізоляції трансформатора, а узагальнюючи – всього однотипного електроустаткування підстанції, найбільш доцільними методами прогнозування ресурсу та визначення термінів наступного випробування ізоляції, які не потребують складного математичного апарату, є метод лінійного прогнозування та метод багатоступеневого лінійного прогнозування.

Метод лінійного прогнозування. В його основу покладено припущення, що у процесі експлуатації зовнішні впливи на ізоляцію електрообладнання, яка діагностуються, є незмінними, а залежність зміни величини діагностичного параметру від часу - лінійна. Для застосування методу необхідно мати дані про напрацювання об'єкта з початку експлуатації до моменту діагностування, а також про межеве (мінімальне або максимальне) і номінальне значення параметра. Ці дані для електроустаткування (наприклад, трансформаторів) зазвичай присутні в їх технічній документації.

Напрацювання об'єкта діагностування до настання граничного стану $t_{зал}$ визначають за формулою:

$$t_{зал} = t \frac{k_{зал}}{1 - k_{зал}}, \quad (3)$$

де: t – напрацювання від початку експлуатації до моменту діагностування, годин; $k_{зал}$ – коефіцієнт залишкового ресурсу.

Метод доцільно використовувати для орієнтовного визначення залишкового ресурсу високовольтної ізоляції електроустаткування.

Метод багатоступеневого лінійного прогнозування. Метод базується на даних вимірювань, які проводяться при систематичних діагностуваннях через будь-які проміжки часу – планові, чи позапланові. За цим методом визначається час безвідмовної експлуатації електрообладнання до наступної перевірки його параметрів (діагностування).

Метод багатоступеневого лінійного прогнозування враховує існуючу закономірність старіння ізоляції в даних конкретних умовах експлуатації. Крім того, при прогнозуванні часу до наступного діагностування приймається, що

об'єкт діагностування буде працювати у найбільш несприятливих умовах. Таким чином ресурс безвідмовної роботи визначається за максимально можливою середньою інтенсивністю зміни параметра за період між останніми двома діагностуваннями. Після наступного діагностування знову встановлюють гарантований ресурс безвідмовної роботи ізоляції електроустаткування. Діагностування проводять таким чином до повного вичерпання ресурсу об'єкта або коли прогнозований час між діагностуванням стане надто коротким. В цьому випадку робиться висновок щодо необхідності проведення ремонтно-відновлювальних робіт електроустаткування, яке діагностувалось.

Перевагою методу багатоступеневого лінійного прогнозування є те, що він не потребує даних про напрацювання і зміну величини параметрів з початку експлуатації електроустаткування. В результаті лінійної апроксимації та екстраполяції зміни параметрів на деякий проміжок часу отримують величину періоду безвідмовної роботи завжди меншу дійсного, тобто завжди резервується певний запас надійності результатів прогнозу.

Гарантований ресурс безвідмовної роботи ізоляції стан якої характеризується параметрами, що мають лінійні або криволінійні залежності від часу роботи, визначається із виразу [2]:

$$t_{\text{гар}} = \frac{\Pi_{\Gamma} - \Pi_{\text{В}}}{\Pi_{\text{В}} * \Pi_{\text{В}-1}} * t_0 k_0, \quad (4)$$

де: $t_{\text{гар}}$ – гарантований ресурс безвідмовної роботи, Π_{Γ} – граничне значення параметра, $\Pi_{\text{В}}$ - вимірне значення параметра $\Pi_{\text{В}-1}$ – вимірне значення параметра при попередньому діагностуванні, t_0 - період між даним і попереднім діагностуваннями, годин; k_0 – коригувальний коефіцієнт.

Якщо діагностування проводилося у моменти часу t_1 , t_2 , t_3 і при цьому отримані значення параметра відповідно Π_1 , Π_2 , Π_3 , то середня інтенсивність зміни параметру за відрізок часу між 1-м і 2-м, 2-м і 3-м діагностуваннями складає:

$$t_{\text{ср1-2}} = \frac{\Pi_2 - \Pi_1}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

$$t_{\text{ср2-3}} = \frac{\Pi_3 - \Pi_2}{t_3 - t_2} \quad (6)$$

По результатам визначення середньої інтенсивності зміни параметру за час між останнім і попереднім діагностуванням можливо коригування результату прогнозування. При цьому припускається, що за період часу, який прогнозується, до наступного діагностування інтенсивність зміни параметра не може перевищити інтенсивність, яка була у попередньому періоді. У іншому випадку закономірність зміни параметра повинна змінитися, тобто спадна інтенсивність повинна змінитися на зростаючу.

Коригувальний коефіцієнт k_0 введений у вираз у зв'язку з тим, що діагностичні параметри ізоляції електрообладнання можуть змінюватися як в сторону зменшення так і в сторону збільшення своєї величини.

Якщо діагностичний параметр змінюється за зростаючою криволінійною залежністю зі зростаючою інтенсивністю, то коригувальний коефіцієнт визначається як відношення значень параметра при попередньому і даному діагностуванні, тобто:

$$k_0 = \frac{P_{B-1}}{P_B} \quad (7)$$

У випадках зменшення параметра при роботі об'єкта діагностування зі зростаючою інтенсивністю, коригуючий коефіцієнт визначають за формулою:

$$k_0 = \frac{P_{\text{поч}} + P_B - P_{B-1}}{P_{\text{поч}}}, \quad (8)$$

де $P_{\text{поч}}$ – початкове значення параметру.

Таким чином, для підвищення достовірності даних при прогнозуванні ресурсу ізоляції електроустаткування за допомогою багатоступеневого лінійного методу прогнозування, необхідно попередньо знати загальну закономірність зміни діагностичних параметрів. Якщо загальна закономірність параметрів невідома, то розрахунок гарантованого ресурсу безвідмовної роботи проводиться з урахуванням коригувального коефіцієнта, обчисленого за формулою, яка відповідає закономірності зі зростаючою інтенсивністю зміни параметра. При цьому гарантований ресурс роботи до наступного діагностування буде скоригований у бік зменшення.

Визначення строків планових випробувань електроустаткування проводиться з урахуванням визначених вищенаведеними способами гарантованого ресурсу безвідмовної роботи електроустаткування. Якщо об'єкт діагностування складається з декількох конструктивно пов'язаних елементів або матеріалів (наприклад трансформатор-ввід-масло), то з трьох визначених періодів часу безвідмовної роботи для кожного з них при встановленні наступного строку діагностування об'єкту вибирається менший. Більш точні методи визначення залишкового ресурсу та періодичність діагностування визначаються по показникам, які характеризують вірогідність безвідмовної роботи обладнання з урахуванням вартісних показників [3].

Висновки. Головним завданням при плануванні строків проведення випробувань ізоляції високовольтного електроустаткування є визначення залишкового ресурсу ізоляції. Це дає можливість коректувати об'єм робіт, які виконуються при поточних ремонтах, встановлюючи їх лише за необхідністю, скоротити їх трудомісткість і вартість. Базуючись на знанні залишкового ресурсу ізоляції можна обґрунтовано встановити наступні терміни проведення випробувань.

Перелік посилань

1. Программы испытаний электрооборудования ОАО «А.Е.С. КИЕВОБЛЭНЕРГО» - Киев 2002. – 104 с.
2. Мозгалеvский А.В. Техническая диагностика – М: Высшая школа, 1975 – 73с.
3. Харазов А.М. Техническая диагностика гидроприводов машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 112 с.