

УДК 621.314.212:543.544.3

**АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ РАНЬОГО ВИЯВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІКИ ЗМІНИ НОМОГРАМ ДЕФЕКТІВ****Шутенко О.В.***Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,  
Україна, м. Харків*

Несвоєчасне виявлення або пропуск дефекту в силових трансформаторах може привести до їх аварійного пошкодження, що в свою чергу супроводжується значним економічним збитком. В таких умовах принципово важливим є можливість своєчасного виявлення і розпізнавання розвиваючих дефектів. Однак норми і критерії, що регламентуються як міжнародними, так і національними стандартами з інтерпретації результатів аналізу розчинених в маслі газів (АРГ), як одного з найбільш поширених методів виявлення розвиваються дефектів в маслонаповненому обладнанні, дозволяють діагностувати дефекти тільки в разі перевищення концентраціями газів граничних значень. Очевидно, що в ситуації, що склалася виникає об'єктивна необхідність в розробці підходів, що дозволяють виявляти дефекти силових трансформаторів на ранній стадії. Одним з можливих шляхів вирішення даного завдання є аналіз динаміки зміни критеріїв використовуваних для інтерпретації результатів АРГ в часі. Ефективність такого підходу підтверджують результати досліджень наведені в [1-3]. Однак в даних роботах основний акцент досліджень був спрямований на аналіз динаміки зміни в часі значень концентрацій газів і значень відносин газів. У той же час аналізу динаміки зміни номограм, в процесі розвитку дефектів, практично не розглядався, за винятком [4].

Виконані дослідження динаміки зміни номограм дефектів по 141 трансформатору з дефектами різного типу дозволили встановити, що номограми дефектів, побудовані за результатами АРГ трансформаторів, відповідають тому чи іншому типу дефекту ще до того моменту коли концентрації газів перевищать граничні значення, що може бути використано для раннього виявлення дефекту. Нижче наведено кілька прикладів розвитку дефектів в силових трансформаторах.

Трансформатор типу ТРДН, номінальною потужністю 25 МВА і напругою 110 кВ, був пошкоджений дуговим розрядом 25.06.2008 р. Варто зазначити, що в двох пробах взятих за чотири і два місяці перед пошкодженням трансформатора, значення концентрацій газів не перевищували граничні значення. При цьому в пробах масла взятих 25.02.08 (за чотири місяці до пошкодження трансформатора) значення всіх концентрацій газів відповідали рівню І, що характерно для нормально працюючих, справних трансформаторів. А ось в пробах масла отриманих через два місяці після попереднього відбору (25.04.08) концент-

рація метану збільшилася до рівня II, що при значеннях швидкостей наростання газів перевищують 30 мкл/добу може свідчити про наявність дефекту. Однак швидкість наростання метану в даному трансформаторі не перевищила 10 мкл/добу, внаслідок чого було прийнято рішення про відсутність дефекту. На рис. 1 наведено динаміку зміни номограм, побудованих за результатами АРГ даного трансформатора. Як видно з рисунку, номограми побудовані за результатами АРГ, отриманих за чотири і за два місяці до пошкодження відповідають перегрівам в діапазоні середніх температур [5]. Скоріш за все дуговий розряд, який призвів до пошкодження трансформатора, з'явився наслідком розвитку локального перегріву, про що свідчить номограма побудована за результатами АРГ від 25.04.08.

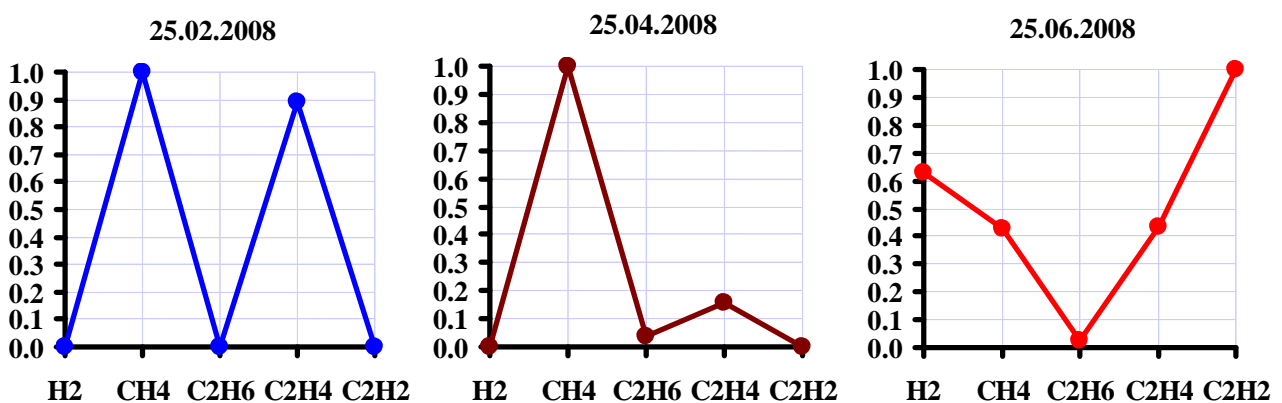


Рисунок 1 – Динаміка зміни номограм дефектів в трансформаторі ТРДН - 25 110 кВ

На рис. 2, наведені номограми, побудовані за результатами АРГ трансформатора 250 кВ гідроелектростанції "Nelson river", Північна Канада, [3] за 10 місяців до пробою (рис. 2а) і після пошкодження (рис. 2б). Даний трансформатор був виготовлений в 1977 р, пошкоджений в лютому 1994 р Трансформатор відключився через 16 хвилин після пошкодження, коли спрацювало газове реле. В результаті розбору трансформатора, на сполучному кінці на ляльці виявлені сліди мідних частинок, які викликали тепловий пробій. Огляд обмотки після пробою показав наявність частинок в обмотці і на магнітопроводі. Слід зазначити, що значення концентрацій газів, за якими побудована номограма на рис. 2а, відповідали справному стану а отже, формальних приводів для прийняття рішення про наявність дефекту у персоналу станції не було. А ось значення концентрацій всіх п'яти газів, за якими побудована номограма на рис. 2б, перевищували граничні значення. При цьому згідно [5] номограми, аналогічні наведеним на рис. 2, характерні для термічних дефектів в діапазоні температур 150-300 °С і низькотемпературним перегрівів, які супроводжуються розрядами.

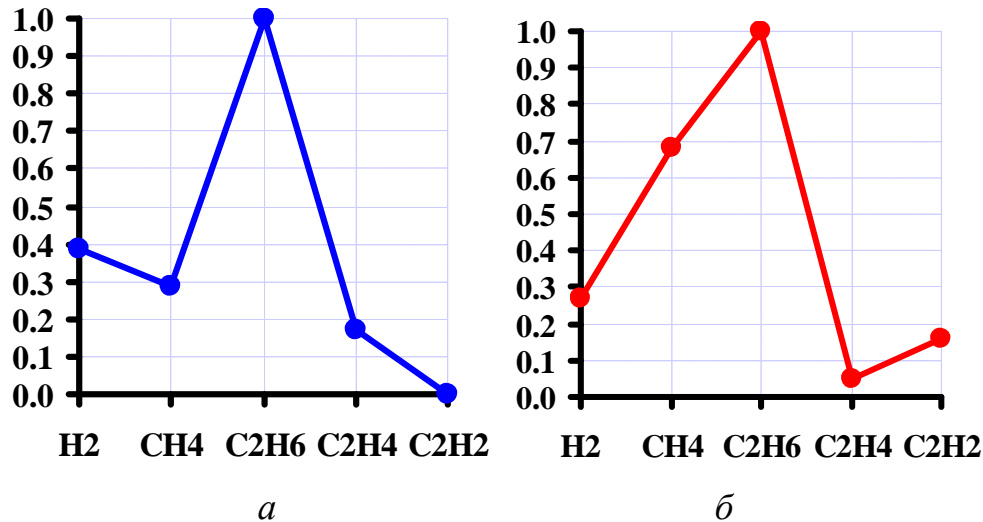


Рисунок 2 – Номограми, побудовані за результатами АРГ трансформатора 250 кВ гідроелектростанції "Nelson river", Північна Канада за 10 місяців до пробою (а), і після пробою (б)

На рис. 3 наведено номограми, побудовані за результатами АРГ трансформатора 1250 кВ гідроелектростанції "Nelson river", Північна Канада [3], за 5 днів до пробою (рис. 3а) і після пошкодження (рис. 3б).

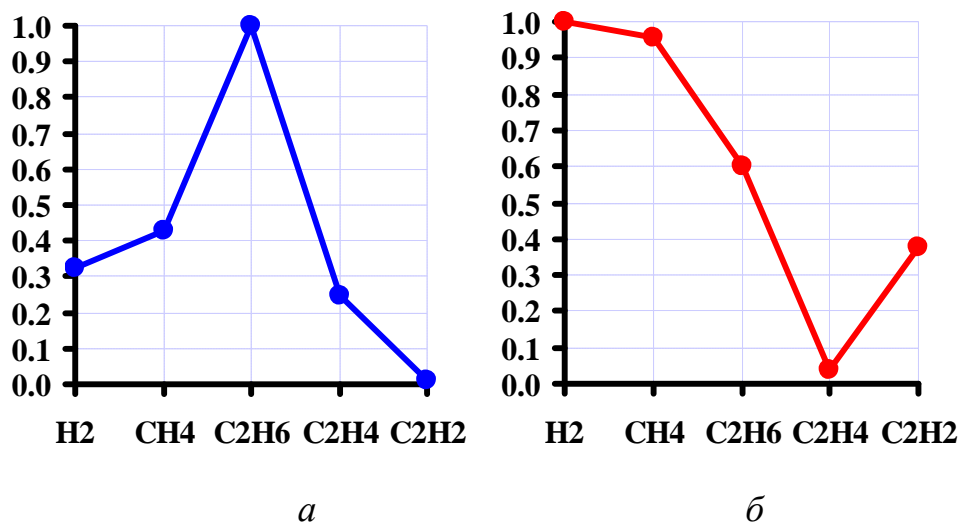


Рисунок 3 – Номограми, побудовані за результатами АРГ трансформатора 125 кВ гідроелектростанції "Nelson river", Північна Канада за 5 днів до пробою (а), і після пробою (б)

Даний трансформатор був виготовлений в 1977 р, працював із завантаженням 75% від номінальної потужності, пошкоджений в серпні 1998 р. Трансформатор був обладнаний найсучаснішим аналізатором розчинених в маслі газів типу «Atom» і крім того, аналізатором водню і суми горючих газів з бака типу Hydран 201Т. однак обидві системи не запобігли пробою. Також як і в попередньому випадку значення концентрацій газів, за якими побудована номо-

грама на рис. 3а, відповідали справному стану. Значення концентрацій, отримані після пошкодження, вже перевищували граничні значення. Причиною пробою було пошкодження ізоляції між котушками і витковою ізоляцією. Як видно з рисунка номограми, побудовані за результатами АРГ, отримані до і після пробою ізоляції трансформатора істотно відрізняються і при цьому згідно [5] номограма наведена на рис. 3а відповідає перегрівів в діапазоні температур 150-300 °С, а на рис. 3б – низькотемпературних перегрівів, які супроводжуються розрядами.

Наведені приклади наочно ілюструють, що прояв дефектів має місце ще до того моменту коли значення концентрацій газів перевищать свої граничні значення, що дає можливість для раннього виявлення розвиваються пошкоджень. Більш того, у всіх трьох наведених прикладах спостерігається зміна типу дефекту в процесі його розвитку. З номограм дефектів чітко видно, що процеси починалися з температурних перегрівів, причому в двох останніх випадках температура гарячої точки не перевищувала 300 °С, а в процесі розвитку перетворилися в розряди або перегриви, які супроводжуються розрядами. При цьому у всіх випадках Трансформатори були пошкоджені. Отже, при оцінці можливості подальшої експлуатації трансформаторів крім ступеня небезпеки дефекту і швидкості його розвитку необхідно враховувати можливість перетворення дефекту з менш «небезпечного» в більш «небезпечний» і швидко розвивається.

### Список використаних джерел:

1. Шутенко О.В. Анализ причин газовой выделения в силовых трансформаторах, на основе исследования корреляционных связей между растворенными в масле газами / О.В. Шутенко, Д.Н. Баклай, Т.А. Острикова, Н.Ю. Мельник // Світлотехніка та електроенергетика. – Харків: «ХНАМГ». – 2012. – №3. – С. 72–81.
2. Shutenko O. Method for Detection of Developing Defects in High-Voltage Power Transformers by Results of the Analysis of Dissolved Oil Gases. Acta Electrotechnica et Informatica. – 2018. – Vol. 18. – №. 1. – P. 11–18. DOI: 10.15546/aei-2018-0002.
3. Шутенко О. В. Особенности динамики изменения критериев используемых для интерпретации результатов ХАРГ в силовых трансформаторах с разными типами дефектов / О. В. Шутенко // Новое в Российской электроэнергетике. – Москва. – 2017. – № 9. – С. 30–49.
4. Shutenko O. Analysis of gas composition in oil-filled faulty equipment with acetylene as the key gas / O. Shutenko // Energetika. – 2019. – Vol. 65, No. 1. – PP. 21-38. DOI: 10.6001/energetika.v65i1.3973.
5. Шутенко О.В. Анализ графических образов, построенных по результатам ХАРГ для высоковольтных силовых трансформаторов с различными типами дефектов / О.В. Шутенко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – №31 (1253). – С. 97–121.