

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ОЛИВИ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

В роботі звертається увага на те, що під час здійснення процедур аналізу трансформаторної оливи, необхідно враховувати вимоги до лабораторії, обладнання та кваліфікації фахівців для проведення випробувань. Раннє діагностування силового оливо наповненого електричного обладнання є однією з важливих та актуальних задач для запобігання аварій в енергосистемах. Завдяки своєчасному аналізу трансформаторної створюються передумови для зменшення неочікуваних ремонтних витрат.

**Ключові слова:** трансформаторна олива, діагностика, аналіз, методи діагностики, розчинені гази, механічні домішки.

## STUDY OF DIAGNOSTIC METHODS TRANSFORMER OIL

### *Abstract*

*The attention is drawn to the fact that during the implementation of the analysis of transformer oil, it is necessary to take into account the requirements for the laboratory, equipment and qualifications of experts for testing. Early diagnostics of power oil filled electrical equipment is one of the important and urgent tasks for preventing accidents in power systems. Due to the timely analysis of the transformer, prerequisites are created to reduce unexpected repair costs.*

**Key words:** transformer oil, diagnostics, analysis, diagnostic methods, dissolved gases, mechanical impurities.

### Вступ

В даний час результати діагностування оливи прийнято вважати основними при аналізі технічного стану силових трансформаторів і прогнозуванні причин наявних дефектів. Прогнозування причин дефектів здійснюється на підставі експериментальних досліджень і побудованих на їх основі емпіричних залежностей. У багатьох країнах застосовуються різні методи і критерії оцінювання стану трансформаторної оливи.

Таким чином **метою роботи** є аналіз методів діагностування трансформаторної оливи.

### Результати досліджень

Олива в трансформаторі використовується як діелектрик і в якості теплоносія. Діелектричні властивості оливи досліджуються шляхом вимірювання її фізичних характеристик. На фізичні характеристики оливи впливають вода і присутні в ній гази, а також продукти розпаду твердої ізоляції і домішки. Методики і критерії оцінювання стану оливи по всім параметрам в комплексі широкого застосування в практиці досліджень не отримали через відсутність необхідної для цього функції якості. Разом з тим розробка такої функції, методик і критеріїв оцінки по ній якості оливи є перспективним напрямком досліджень.

Для того, щоб вчасно провести діагностування оливи і запобігти її повного окислення, а, разом з тим, і виявити можливі причини аварій оливо наповненого електричного вартісного обладнання, олива піддається випробуванням. Відносно свіжа олива або тільки залита в обладнання (після регенерації) олива підлягає аналізам та випробуванням, які поділяються на три види:

- випробування на електричну міцність, які містять визначення пробивної напруги, наявності води, а також проводиться візуальне визначення вмісту механічних домішок;
- скорочений аналіз, додатково передбачає визначення кислотного числа, визначення вмісту водорозчинних кислот, визначення температури спалаху і кольору оливи;

– випробування в обсязі повного аналізу а саме: всі випробування скороченого аналізу з урахуванням визначення тангенса кута діелектричних втрат ( $\tan \delta$ ), стабільності проти окислення і кількісного визначення вмісту вологи і механічних домішок та ін.

Однією зі складових повного аналізу трансформаторної оливи є *хроматографічний аналіз* розчинених у оливі газів, який набрав популярності на ринку оливних технологій і проводиться на високо-технологічному обладнанні для перевірки олив на промислових підприємствах. Даний метод призначений спеціально для виявлення пошкоджень високовольтного обладнання та дефектів його окремих конструктивних вузлів, твердої ізоляції і т.п. Однак, такий аналіз дає недостатньо інформації про якість та стан самої оливи.

Незважаючи на це, він дозволяє стежити за розвитком процесів в трансформаторі, передбачити пошкодження, які не можна виявити традиційними методами, характеризує пошкодження і допомагає орієнтуватися під час визначення їх місця пошкодження. Сам хроматографічний аналіз займає близько 30 хвилин. Комплекс обладнання складається з декількох (для великої кількості і повного переліку аналізу оливи) або з одного хроматографа (для невеликої кількості і неповного обсягу досліджуваних параметрів оливи), містить допоміжне обладнання разом з витратними матеріалами, за допомогою яких здійснюється аналіз оливи та її діагностування [1].

*Скорочений аналіз* трансформаторної оливи орієнтований на огляд її зовнішній вигляду та кольору; на перевірку наявності механічних домішок і вільної води (візуально), пробивної напруги, кислотного числа і температури спалаху, а також на дослідження реакції водної витяжки.

На відміну від скороченого, *повний аналіз* крім вже названих випробувань під час скороченого аналізу, характеризує такі показники: тангенс кута діелектричних втрат при  $90^\circ \text{C}$ ; кількісний вміст механічних домішок; кількісний вміст води; загальний відсоток газівмісту; наявність розчиненого шламу (осаду); вміст антиокисної присадки іонол; стабільності оливи проти окислення.

Повний аналіз трансформаторної оливи проводиться на підставі обчислень скороченого аналізу, тобто даних одного або декількох показників робочого стану оливи, і лише тоді, якщо їх норма перевищена. За допомогою повного аналізу готується прогноз тривалості експлуатації оливи, виявляються причини забруднення, і підбирається необхідна методика для відновлення його експлуатаційних властивостей.

Для вимірювання вмісту механічних домішок і води під час випробувань оливи застосовують *якісний і кількісний методи*.

При кількісній оцінці вмісту механічних домішок в оливі вона спочатку пропускається через сухий та чистий, попередньо зважений паперовий фільтр. Потім фільтр висушується і зважується, а різниця у вазі дає масу механічних домішок. Якісне визначення вмісту вологи в оливі здійснюють шляхом нагрівання оливи до  $130^\circ \text{C}$ . Наявність води підтверджується, якщо під час вспінювання трансформаторної оливи не менше двох разів чути тріск.

Наявність в оливі водорозчинних кислот, які є досить агресивними сполуками, викликає корозію металів і прискорює старіння твердої ізоляції. Визначення вмісту водорозчинних кислот і луг ґрунтується на їх вилученні з оливи за допомогою води або водного розчину спирту. Так само для виявлення луг використовують 1%-ий спиртовий розчин фенолфталеїну, який змінює свій колір при наявності шкідливих компонентів. Згодом під час виявлення водорозчинних кислот і лугів здійснюється регенерація оливи.

Для виявлення дефектів високовольтного обладнання, проводять аналіз температури спалаху трансформаторної оливи. Якщо температура, при якій пари оливи, що нагрівається в закритій посудині, утворюють з повітрям суміш, яка спалахує при піднесенні до неї полум'я, знижується більш, ніж на  $5^\circ \text{C}$ , то тоді потрібне комплексне обстеження трансформатора для виявлення причини цього зниження [2].

Огляд методів, що застосовуються під час діагностування трансформаторної оливи, яка знаходиться в баку силових трансформаторів та їх РПН, представлений в [3]. Відповідно до цього огляду, для аналізу технічного стану оливи використовуються відношення розчинених в оливі газів  $\text{CH}_4 / \text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4 / \text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2 / \text{C}_2\text{H}_4$  і в якості допоміжного аналізу, для оцінювання старіння паперу, визначають відношення  $\text{CO}_2 / \text{CO}$  та відношення  $\text{C}_2\text{H}_2 / \text{H}_2$ , для оцінювання проникнення газів з баку РПН в бак трансформатора, якщо це можливо за конструкцією трансформатора.

Також оцінювання стану оливи проводиться за трьома співвідношеннями концентрацій газів, а саме:  $\text{C}_2\text{H}_2 / \text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{CH}_4 / \text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4 / \text{C}_2\text{H}_6$ , без врахування попередніх вимірювань і передісторії. Оцінювання виконується порівняння отриманих значень з граничними значеннями цих відношень. Під ча-

соціювання технічного стану оливи розглядаються відношення  $\text{CH}_4 / \text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6 / \text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4 / \text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2 / \text{C}_2\text{H}_4$ .

### Висновки

1. Під час здійснення процедур аналізу трансформаторної оливи, необхідно враховувати вимоги до лабораторії, обладнання та кваліфікації фахівців для проведення випробувань.
2. Раннє діагностування силового оливо наповненого електричного обладнання є однією з важливих та актуальних задач для запобігання аварій в енергосистемах.
3. Завдяки своєчасному аналізу трансформаторної створюються передумови для зменшення неочікуваних ремонтних витрат.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Manjeet S. T. A review on prognosis and diagnosis of transformer oil quality using intelligent techniques based on dissolved gas analysis // Manjeet Singh Taneja , Kamlesh Pandey , Sumeet Sehrawat / 7th India International Conference on Power Electronics (IICPE) 17-19 Nov. 2016. ISSN: 2160-3170;
2. Gradnik M. K. Physical-chemical oil tests, monitoring and diagnostics of oil-filled transformers / M. K. Gradnik / Proceedings of 2002 IEEE 14th International Conference on Dielectric Liquids. ICDL 2002 (Cat. No.02CH37319) 12-12 July 2002.
3. Алексеев Б. А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. (Основное эл-троснабженя в энергосистемах: обзор отечественного и зарубежного опыта) М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.

**Брацлавський В. Л.** – студент групи 1E-156 , Факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Науковий керівник: **Олександр Євгенійович Рубаненко** – к.т.н., професор, доцент кафедри електричних станцій та систем, Факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця; e-mail: rubanenkoae@ukr.net

**Viacheslav L. Bratslavsky** – student of the group 1E-15b of the Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Supervisor: **Oleksandr E. Rubanenko** – Cand. Sc. (Eng), professor, assistant professor of the Department of Electric Stations and Systems, Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine; e-mail: rubanenkoae@ukr.net