

БЕЗПЕРЕРВНИЙ КОНТРОЛЬ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ВВОДІВ В СЕРЕДОВИЩІ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ "СИРЕНА"

Шутенко О. В., Загайнова О. А., Сердюкова Г. М.

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Запропоновано метод безперервного контролю стану ізоляції високовольтних вводів і трансформаторів струму. Дано опис пристрою для контролю ізоляції конденсаторного типу під робочою напругою. Розглянуто реалізація запропонованого методу в середовищі інформаційно-аналітичної системи "СИРЕНА".

Постановка проблеми. В умовах постаріння парку високовольтного енергетичного устаткування, і вкрай низьких темпів його заміни, забезпечення його надійної експлуатації є завданням державної ваги. Найбільшу небезпеку для обладнання є дефекти, які розвиваються в період часу від частки секунд до декількох годин. Як правило, такі дефекти супроводжуються внутрішніми короткими замиканнями і призводять до тяжких аварійних наслідків. При цьому традиційна система періодичного контролю не дозволяє своєчасно виявляти такі дефекти. У зв'язку з цим розробка принципово нових та удосконалення вже існуючих систем безперервного контролю стану ізоляції високовольтного обладнання є актуальним і практично важливим завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Принципи та методи контролю стану ізоляції високовольтного обладнання під робочою напругою [1] розроблені і в даний час широко використовуються в умовах реальної експлуатації. Найбільш повний аналіз методів безперервного контролю наведено в [2]. В останні роки практична реалізація методів безперервного контролю здійснюється у вигляді систем моніторингу [3-7], які дозволяють виконувати контроль стану високовольтного обладнання в режимі реального часу. В даний час в енергокомпаніях України та за її межами впроваджені такі системи моніторингу стану високовольтного обладнання: "ТДМ", "R-1500", "B-500", "FARADAY™MEDIC", "ABB T-monitor", "Siemens Legacy Transformer Monitoring & Diagnostic System-TMDS 2000 L", "MS 3000" і ряд інших. Паралельно з системами моніторингу йде розробка експертних систем для діагностики стану обладнання [8-11]. Найбільш відомими експертними системами, які експлуатуються в енергосистемах є: ЕДІС "Альбатрос", "Діагностика +", "ІС діагностики стану ЕО", "ANNERS" і ряд інших. Аналіз принципів побудови і функціональних можливостей цих та деяких інших експертних систем наведені в [12]. Однак, незважаючи на значну кількість вже розроблених і введених в експлуатацію систем моніторингу та експертних систем, розробка нових аналогів, що володіють більш широкими функціональними можливостями триває і в даний час. Однією з таких систем є інформаційно-аналітична система (ІАС) "СИРЕНА", опису якої і присвячена ця стаття.

Мета статті. У статті наведено опис реалізації методу безперервного контролю стану високовольтних вводів і трансформаторів струму, з ізоляцією конденсаторного типу в ІАС "СИРЕНА".

Метод безперервного контролю внутрішньої ізоляції високовольтних вводів і вимірювальних трансформаторів струму. Метод безперервного контролю [13] заснований на безперервному вимірі струму в колі заземлення виводу від вимірювальної обкладання ізоляції об'єкта контролю і фазної напруги вказаного об'єкта, с подальшим визначенням зміни в часі потужності втрат, шляхом множення миттєвих значень струму, на миттєві значення напруги і розрахунку середнього значення добутку за період промислової частоти. Контроль стану об'єкта, що діагностується виконується в наступній послідовності.

1. Виконується вимірювання навантаження і коефіцієнта потужності навантаження вимірювального трансформатора напруги, який приєднаний до тієї ж фази системи шин, що і контрольований об'єкт.

2. Виконується розрахунок похибки по напрузі і куту, і їх компенсація.

3. Визначається фазна напруга об'єкта контролю і результат опосередкованих вимірювань потужності втрат.

4. Запам'ятовуються значення робочого фазної напруги і множать при кожному контролі результат опосередкованих вимірювань потужності втрат в ізоляції контрольованого об'єкта на квадрат відносини робочих фазних напруг.

Підвищення достовірності контролю полягає в наступному. Контроль ізоляції конденсаторного типу по зміні в часі модуля повної провідності згідно [8] засновано як на зміні $\text{tg}\delta$, так і на зміні ємності ізоляції конструкції C , тобто

$$\left| \frac{\Delta Y}{Y_0} \right| \cong \left[(\Delta \text{tg}\delta)^2 + (\Delta C/C_0)^2 \right]^{1/2}. \quad (1)$$

Доповнення цього контролю контролем зміни в часі потужності діелектричних втрат в ізоляції, тобто зміни $\Delta \text{tg}\delta$, яке забезпечує ваттметровий метод, дає можливість класифікувати дефекти контрольованих об'єктів. Дійсно, згідно з [1] при контролі під робочою напругою методи, які використовують зміну в часі діелектричних втрат, найбільш ефективні при дефектах в твердій ізоляції, які знаходяться в ізоляційному остові апарату. Крім того, компенсація похибки по напрузі і куту вимірювального трансформатора напруги дозволяє забезпечити реєстрацію дефекту, який розвивається, в ізоляції конденсаторного типу.

Для практичної реалізації даного методу було зроблено пристрій контролю, який інтегровано в ін-

формаційно-аналітичну систему "СИРЕНА" [14, 15], яка в даний час розробляється на кафедрі "Передача електричної енергії" НТУ "ХПІ" та призначена для діагностики стану високовольтного маслонаповненого обладнання. Функціональна схема пристрою контролю на основі ІАС "СИРЕНА" наведена на рис. 1.

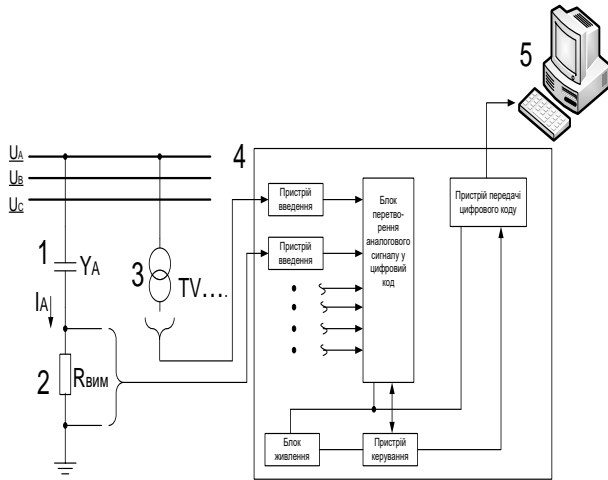


Рисунок 1 – Функціональна схема пристрою контролю на основі ІАС "СИРЕНА"

Як видно з рисунку, пристрій контролю (4) має два входи. Один вхід приєднується до ізоляції об'єкту, що контролюється (1), через вимірювальний резистор пристрою приєднання до потенційного виводу вимірювальної обкладання ізоляції конденсаторного типу (2). Другий вхід пристрою приєднаний до вимірювального трансформатора напруги (3), який приєднаний до тієї ж фази системи шини, що і контрольований об'єкт. Вимірювальний пристрій виконує функції прийому вхідних сигналів, перетворення їх в цифровий сигнал і передачу на вхід ЕОМ (5).

Функціональні можливості ІАС "СИРЕНА". ІАС "СИРЕНА" може працювати як на одному робочім місці, так і у випадку розподіленої бази даних. Блоки інформаційно-аналітичної системи встановлюються в районах енергомереж (РЕС), на мережевих підприємствах (ПЕС), у хімлабораторії (ХЛІ) і в керуванні енергокомпанії. Бази даних (БД) і бази знань (БЗ) різних вузлів синхронізуються за допомогою механізму реплікації. Між вузлами передаються тільки спеціальні файли зі змінами. Система забезпечує зберігання інформації в таблицях реляційних баз даних (БД) і виклик програм для окремих записів (рядків) цих таблиць. Для забезпечення швидкого й зручного пошуку інформаційних об'єктів використовуються спеціально розроблений модуль "Навігатор" (рис. 2). Навігатор – це деревоподібна структура, що складається з інформаційних об'єктів, зв'язаних між собою асоціативними зв'язками. Перегляд і редагування інформаційних об'єктів забезпечується універсальною програмою, яка дані з таблиць баз даних підставляє в діалогові форми, що спрощує роботу фахівця з великим набором даних.

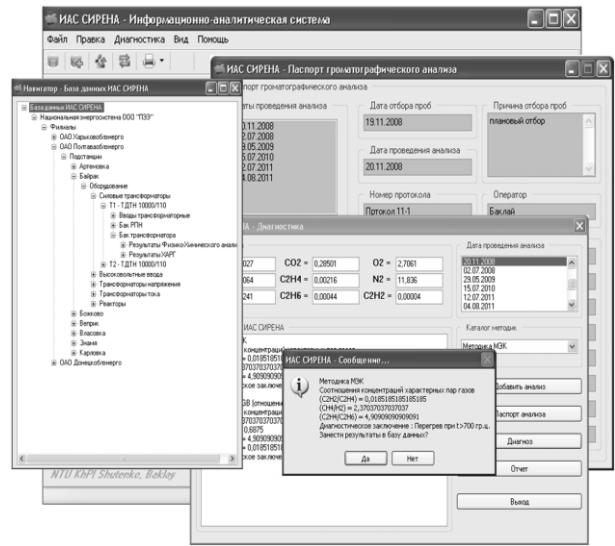


Рисунок 2 – Загальний вид діалогових вікон ІАС "СИРЕНА"

Функціональні переваги використання ІАС: **Зберігання інформації:**

- уведення й зберігання паспортних даних устаткування;
- уведення й зберігання даних вимірів і випробувань устаткування;
- уведення й зберігання даних про режими експлуатації устаткування;
- уведення й зберігання в базі даних інформації про аварійні режими роботи електричних мереж і їх параметрів;
- уведення й зберігання обліку ремонтів устаткування;
- уведення й зберігання нормативно-довідкової бази даних.

Представлення інформації:

- вивід до друку паспортних даних устаткування;
- формування й друк зведеного протоколу по конкретних випробуваннях за зазначений період часу;
- формування й друк комплексного протоколу по всіх видах випробувань;
- графічне представлення результатів випробувань, як у вигляді тимчасових рядів контрольованих параметрів, так і у вигляді залежностей по запиту оператора;
- графічне представлення результатів діагностичних оцінок, стану об'єктів.

Обробка інформації:

- оцінка стану електроенергетичного устаткування на основі результатів випробувань, регламентованими національними нормативними документами й закордонними методиками;
- використання альтернативних методик оцінки стану устаткування, у тому числі й авторських методик;
- діагностика дефектів, що розвиваються в устаткуванні;
- прогнозування залишкового ресурсу основних елементів ізоляції;

- формування й видача рекомендацій про можливість подальшої експлуатації устаткування за результатами випробувань;

- планування складу й строків проведення випробувань;

- планування строків ремонтних робіт зі стану устаткування, а не за календарним планом.

Важливою перевагою ІАС "СИРЕНА" перед існуючими аналогами є те, що при діагностиці стану устаткування використовуються не тільки методи, регламентовані в нормативній документації але й знання експертів і авторські методики для:

➤ оцінки достовірності результатів періодичного контролю стану трансформаторних масел;

➤ виявлення дефектів, що розвиваються, за результатами хроматографічного аналізу розчинених у маслі газів, на основі аналізу динаміки зміни концентрацій;

➤ розпізнавання причин росту концентрацій розчинених у маслі газів;

➤ автоматичної побудови й розпізнавання образів дефектів;

➤ визначення типових і граничних концентрацій розчинених у маслі газів;

➤ оцінки ступеня старіння трансформаторних масел;

➤ кількісної оцінки ефективності методів сушіння й регенерації масел;

➤ прогнозування значень показників трансформаторних масел.

Дослідницькі функції ІАС "СИРЕНА":

○ дослідження особливостей дрейфу діагностичних ознак в умовах тривалої експлуатації;

○ аналіз факторів, що впливають на інтенсивність процесів старіння ізоляції устаткування, в умовах тривалих експлуатаційних впливів;

○ оцінка тісноти стохастичною зв'язку між різними діагностичними ознаками;

○ визначення законів розподілу діагностичних ознак;

○ оцінка можливих ризиків при використанні обраної методики, діагностичних ознак або їх граничних значень;

○ формування діагностичних обстежень, вибір граничних значень показників з умови мінімуму ризику.

○ додавання в базу знань нових правил, що сприяє підвищенню "рівня інтелектуальності" системи.

Реалізація методу безперервного контролю стану внутрішньої ізоляції високовольтних вводів і вимірювальних трансформаторів струму в ІАС "СИРЕНА". Наведений вище метод безперервного контролю був програмно реалізований у вигляді окремого модуля ІАС "СИРЕНА". Структурна схема програмної реалізації методу контролю діелектричних характеристик внутрішньої ізоляції конденсаторного типу вводів силових трансформаторів і вимірювальних трансформаторів струму під робочою напругою приведена на рис. 3.

Слід зазначити, що інтеграція методу безперервного контролю в середовище інформаційно-аналітичної системи дозволяє не тільки оперативно виконувати необхідні розрахунки і оцінювати стан

ізоляції об'єктів, які контролюються, а й зберігати результати контролю за попередні періоди, що дозволяє виконати оцінку динаміку зміни діагностичних показників.

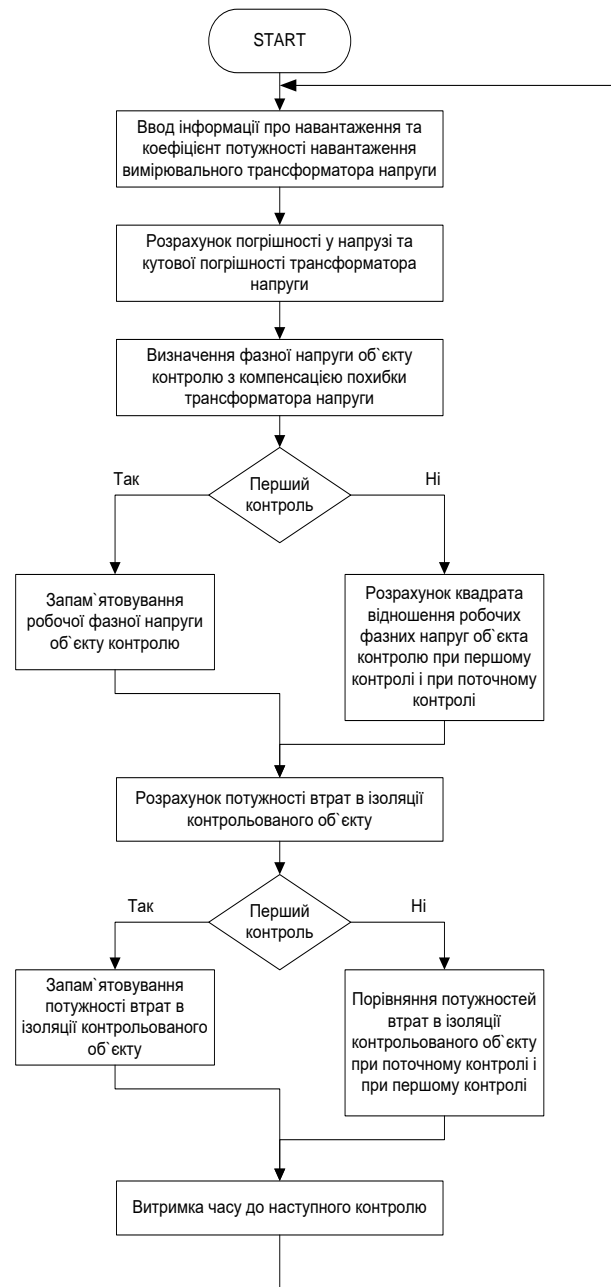


Рисунок 3 – Структурна схема програмної реалізації способу контролю діелектричних характеристик внутрішньої ізоляції конденсаторного типу під робочою напругою

Крім того, ІАС "СИРЕНА" дозволяє зіставляти результати безперервного і періодичного контролю стану ізоляції (наприклад, аналіз розчинених газів, фізико-хімічний аналіз масла і т.д.), що дозволить значно підвищити експлуатаційну надійність обладнання.

Висновки. Наведено опис методу безперервного контролю стану ізоляції високовольтних вводів і трансформаторів струму, який полягає в перевірці в часі зміни потужності втрат у внутрішній ізоляції об'єкта, що контролюється. Розроблено пристрій для контролю

ізоляції конденсаторного типу під робочою напругою, та розглянута реалізація запропонованого методу в середовищі ІАС "СИРЕНА". Впровадження запропонованої системи безперервного контролю, дозволить значно підвищити експлуатаційну надійність високовольтного обладнання, особливо того, що експлуатується за межами нормативного терміну служби.

Список використаних джерел

1. Сви П. М. Методы и средства диагностики оборудования высокого напряжения / П. М. Сви. –М.: Энергоатомиздат, 1992. –239 с.

2. Рассальский А. Н. Анализ методов непрерывного контроля характеристик изоляции трансформаторов тока и вводов на подстанциях 330-750 кВ / А. Н. Рассальский, А. А. Сахно, С. П. Конограй, А. Г. Спица, А. А. Гук // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2009. – № 3 (56). – С. 67-70.

3. Живодерников С. В. Зарубежный опыт мониторинга состояния маслонаполненного оборудования / С. В. Живодерников, А. Г. Овсянников, В. А. Русов // Материалы четвертого семинара Общественного Совета специалистов Сибири и Востока по проблемам мониторинга трансформаторного оборудования, Новосибирск, ГЦРО. – 2009. – С. 7-22.

4. Андриенко П. Д. Особенности мониторинга технического состояния основной изоляции высоковольтных вводов и трансформаторов тока / П. Д. Андриенко, А. А. Сахно, С. П. Конограй, А. Г. Спица, Л. С. Скрупская // Электротехника та Електроенергетика. – 2014. – № 1. – С. 43-48.

5. Сахно А. А. Диагностирование высоковольтного оборудования распределительных установок 110 - 750 кВ в непрерывном режиме / А. А. Сахно, С. П. Конограй // Электрические сети и системы. – 2012. – № 4. – С. 61-65.

6. Ботов С. В. Комплексный подход к мониторингу трансформаторных вводов с твердой RIP-изоляцией / С. В. Ботов, В. А. Русов // Энергоэксперт. – 2014. – № 3. – С. 50-52.

7. Tarik Al Abri Bushing Failure- Investigation process & findings / Al Abria Tarik, Lal Mohan, Al Balushi Ibrahim, Al Zedjali Mohammed // Procedia Engineering. – 2017. – №202. – С. 88-108.

8. Назарычев А. Н. Основные принципы системы технического обслуживания и ремонта электрооборудования по техническому состоянию / А. Н. Назарычев // Надежность либерализованных систем энергетики. Новосибирск: Наука. – 2004. – С.173–189.

9. Г. В. Попов Экспертная поддержка при диагностике состояния силовых трансформаторов / Г. В. Попов, А. В. Ватлецов, С. С. Аль-Хамри // Электротехника. – 2003. – № 8. – С. – 5–11.

10. Е. Б. Игнатъев Оценка состояния электрооборудования на основе программного комплекса "Диагностика+" в режиме on-line / Е. Б. Игнатъев, Е. Ю. Комков, Г. В. Попов // VIII Симпозиум "Электротехника 2010". Сборник тезисов докладов, доклад 4.13, М.: ВЭИ. – 2005.

11 И. В. Давиденко Система компьютерной диагностики маслонаполненного оборудования в рамках энергосистемы / И. В. Давиденко, В. П. Голубев, В. И.

Комаров, В. Н. Осотов, С. В. Туркевич // Энергетик. – 2000. – № 11. – С. 52–56.

12. Шутенко О. В. Анализ функциональных возможностей экспертных систем, используемых для диагностики состояния высоковольтного маслонаполненного оборудования / О. В. Шутенко, Д. В. Баклай // Вісник НТУ "ХПІ": Енергетика: надійність та енергоефективність. – 2011. – №3. – С. 179-193.

13. Загайнова А. А. Усовершенствованный метод и устройство контроля изоляции конденсаторного типа высоковольтного оборудования под рабочим напряжением / А. А. Загайнова //Методи та прилади контролю якості. Івано-Франківськ. – 2013. – №30. – С. 102-107

14. Шутенко О. В. Организация реляционных баз данных в информационно-аналитической системе "СИРЕНА", предназначенной для диагностики высоковольтного маслонаполненного оборудования / О. В. Шутенко, Д. Н. Баклай // Вісник НТУ "ХПІ". Тематичний випуск: Енергетика: надійність і енергоефективність. – 2011. – №41. – С. 15-22.

15. Шутенко О. В. Информационно-аналитическая система для диагностики состояния высоковольтного электроэнергетического оборудования / О. В. Шутенко, Д. Н. Баклай // Энергетика та електрифікація. Київ. – 2011. – №8. – С. 32 – 41.

Аннотация

НЕПРЕРЫВНЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВВОДОВ В СРЕДЕ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ "СИРЕНА"

Шутенко О. В., Загайнова А. А., Сердюкова Г. Н.

Предложен метод непрерывного контроля состояния изоляции высоковольтных вводов и трансформаторов тока. Дано описание устройства для контроля изоляции конденсаторного типа под рабочим напряжением. Рассмотрена реализация предложенного метода в среде информационно-аналитической системы "СИРЕНА".

Abstract

CONTINUOUS CONTROL OF THE CONDITION OF ISOLATION OF BUSHINGS IN THE ENVIRONMENT OF INFORMATION AND ANALYTICAL SYSTEM "SIRENA"

O. Shutenko, A. Zagaynova, G. Serdyukova

A method for continuous monitoring of the insulation state of high-voltage bushings and current transformers is proposed. A description is given of a device for monitoring the insulation of a capacitor type under operating voltage. The implementation of the proposed method in the environment of the information and analytical system "CIRENA" is considered.