

МОНІТОРИНГ СТАНУ ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Хоменко О.В., к.т.н., доцент, Карпенко Д.А., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. У найближчій перспективі планується під'єднання електричної мережі України до об'єднаної електричної мережі країн Європейського союзу. Для реалізації цього необхідно виконання кількох умов, а саме підвищення надійності енергосистеми та значне збільшення якості електроенергії. Одним із ефективних засобів досягнення таких умов є система моніторингу стану обладнання електричних мереж.

Мета дослідження. Висвітлення основних принципів побудови сучасних систем моніторингу обладнання електричних мереж, докладний розгляд системи моніторингу стану силового трансформатора 330/110/11 кВ типу АТДЦТН-200000/330.

Матеріали та результати досліджень. Система моніторингу стану обладнання – спеціально організована система, яка проводить безперервне автоматичне спостереження за технічним станом та технологічними процесами різноманітного електроенергетичного обладнання. На базі вимірювальних даних система у режимі реального часу оцінює поточний стан обладнання, проводить ретроспективний аналіз та формує підсумковий висновок технічного стану, який формується на підставі використання декількох діагностичних методів, враховує попередні етапи експлуатації, спирається на прогноз ймовірного розвитку дефектних ознак [1].

Для правильної роботи системи моніторингу при проектуванні, експлуатації та реконструкції необхідно врахувати такі загальні принципи [2]: достатність; інформаційна повнота; іноваційність; самодіагностика; структурна гнучкість; корекція; дружність інтерфейсу при максимальній інформаційній місткості; багаторівнева організація.

Системи моніторингу стану обладнання поділяються на кілька видів, які узагальнюються за певними критеріями. Класифікація має таку структуру [2]:

- за класом напруги (моніторинг мереж 0,38 кВ; моніторинг мереж 3, 6, 10 кВ; моніторинг мереж 27, 35 кВ; моніторинг мереж 110 кВ і вище);
- за об'єктом спостереження (моніторинг силових трансформаторів, моніторинг кабельних ліній, моніторинг повітряних ліній);
- за рівнем проведення (на рівні району електричних мереж, на рівні електропередавальної організації, на рівні ОЕС України);
- за часовим горизонтом (оперативний, тактичний, стратегічний);
- за періодичністю (безперервний, періодичний).

Типова архітектура систем моніторингу обладнання електричних мереж показана на рис 1. Основними елементами виступають датчики, сенсори, блоки

вимірювання, кабелі зв'язку з обладнанням на щиті управління, де безпосередньо розміщена приймально-перетворююча апаратура з центральним сервером.

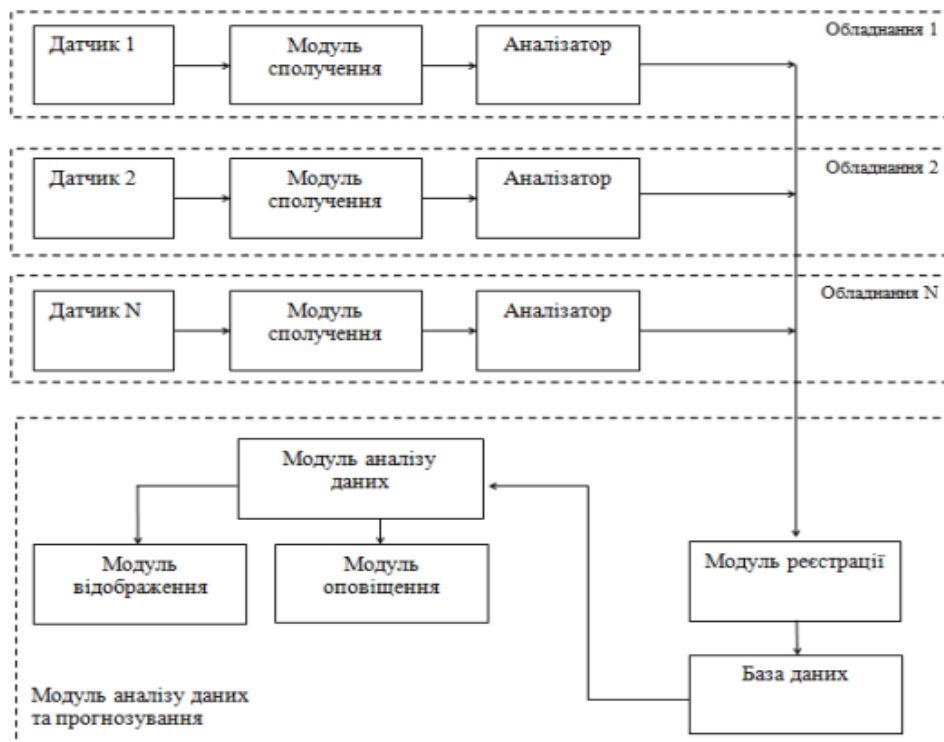


Рисунок 1 – Типова архітектура системи моніторингу

На даний момент у світі функціонує велика кількість систем моніторингу стану обладнання електричних мереж, у кожній країні може бути або своя окрема система, або кілька країн можуть об'єднатися навколо однієї [3].

У Великобританії (National Grid) здійснюється моніторинг процесів у режимі реального часу, діагностика строку роботи трансформаторів, FLEXNET (технології гнучких мереж), дослідження по удосконаленню захисту та управління мережею. Німеччина (E.ON) та Італія (ENEL) здійснюють моніторинг розподіленої генерації, поновлюваних джерел енергії, мікрогенеруючих установок, Smart Meters («інтелектуальної» системи обліку електроенергії). Бразилія (СТЕЕР) розробляє системи управління електричним навантаженням, переключеннями, "інтелектуальні" системи моніторингу електрообладнання і управління перетоками потужності. Канада (BCTC) впроваджує високовольтні кабельні технології, FACTS, накопичення енергії, Smart-обладнання для моніторингу та дистанційного зондування мереж, створення підстанцій нового покоління. Система Coreso (Coordination of Electricity System Operators) при проведенні моніторингу режимів енергосистем Франції, Бельгії, Німеччини, Нідерландів і Люксембургу здійснює їхню централізацію та координацію. Система кожного дня обраховує і надає інформацію по поточному розподілу диспетчерському персоналу електроенергетичних систем цих країн [3].

В Україні використовуються системи SCADA, що забезпечують обробку і інтерпретацію отриманих від вимірювальних блоків даних. Моніторинг не тільки

забезпечує підвищення надійності транспортування електроенергії, але і сприяє зменшенню витрат на обслуговування ліній електропередачі за рахунок більш оперативних і точних даних при локалізації аварій, а також прогнозування проблемних ситуацій на трасі [3].

Відповідно до загальної структури систем моніторингу обладнання електричних мереж (Рис.1) побудована *система моніторингу стану силових трансформаторів* [1]. Вона включає такі основні елементи:

- первинні датчики;
- модулі обробки та збереження сигналів отриманих від датчиків;
- модулі параметричної діагностики дефективних ознак та оцінки технічного стану обладнання;
- математичні модулі, експертні алгоритми. Призначені для формування загальних висновків стану обладнання;
- технічні та програмні засоби візуалізації результатів роботи системи моніторингу на локальному рівні АСУТП;
- системні засоби для АСУТП більш високого рівня, перегляд інформації, формування рекомендацій для оптимального управління експлуатацією обладнання.

Основні діагностичні параметри, які контролює система моніторингу стану силового трансформатора:

- Розчинені в маслі гази і вміст вологи у маслі;
- Часткові розряди;
- Струм, напруга, потужність – робочі параметри трансформатора;
- Температура масла в різних точках трансформатора;
- Комутаційні та атмосферні перенапруги;
- Струми короткого замикання;
- Моніторинг технічного стану та ізоляції високовольтних вводів трансформатора;
- РПН;
- Параметри стану (дискретні).

До вихідних параметрів систем моніторингу відносяться:

- безпосередньо вимірювані та похідні величини;
- величини, що характеризують моментальний стан;
- часові ряди вимірюваних і похідних величин;
- модель для розрахунку найбільш нагрітої точки обмотки – hot spot;
- модель теплового балансу з контролем потоку енергії;
- аварійна сигналізація при перевищенні граничних величин;
- самодіагностика системи моніторингу.

Додатково до зазначених основних параметрів виробники систем моніторингу пропонують, також, інші можливості вимірювання/аналізу: пряме вимірювання температури обмотки за допомогою оптоволокна; температура сервера; додаткова цифрова інформація; вологість масла в РПН;

кількість і швидкість зміни газів в газовому реле; тиск масла в вводи, різниця тисків у вводах; вібраційні характеристики трансформатора, РПН; рівень масла; вологість повітря в розширювачі тощо.

Розглянемо систему моніторингу стану автотрансформатора, яку доцільно використовувати для АТ типу АТДЦТН-20000/330/115/10,5. Загальні характеристики таких АТ наведені у таблиці 1 [4].

Таблиця 1 – Загальна характеристика АТДЦТН-20000/330/115/10,5

Тип трансформатора		АТДЦТН-20000/330/115/10,5
Номинальна потужність S_n , МВА		200
Напруга обмотки, кВ	ВН	330
	СН	115
	НН	10,5
Втрати холостого ходу P_x , кВт		155
Втрати КЗ P_k , кВт	ВН-СН	560
	ВН-НН	400
	СН-НН	350
Напруга КЗ, %	ВН-СН	10,5
	ВН-НН	38
	СН-НН	25
Струм холостого ходу I_x , %		0,45
Потужність обмотки НН $S_{нн}$, МВА		80

Моніторинг стану трансформатора проводить система SITRAM (виробник Siemens). Її структура показана на рис. 2. Ця система одночасно реалізує кілька цілей, а саме уникає незапланованих простоїв та пов'язаних з ними подальших пошкоджень і ранньому виявленню помилок, а також дозволяє експлуатувати трансформатори без пошкоджень під час коротких періодів перевантаження.

Сімейство SITRAM[®] Guards складається зі стандартизованих перевічених різних типів інструментів, які попереджають та сповіщають персонал про відхилення, які можуть призвести до помилок або незапланованих простоїв, а також повідомляють про необхідність ремонту [5].

До сімейства входять: GAS-Guard8 (аналіз газів в маслі), PD-Guard (моніторинг часткового розряду), BUSHING-Guard (моніторинг втулок), TAPGUARD (моніторинг пристрою РПН).

Дані із цих систем передаються в Condition Monitor (CM). CM — це модульна система, яка об'єднує інформацію з окремих датчиків і SITRAM Guards для кожного трансформатора. Цей моніторинг граничних значень – із набором стандартних алгоритмів інтерпретації – є економічно ефективним способом стежити за важливими параметрами трансформатора. Виміряні значення зберігаються локально в блоці збору даних і можуть бути доступні віддалено через різні складні комунікаційні інтерфейси [5].

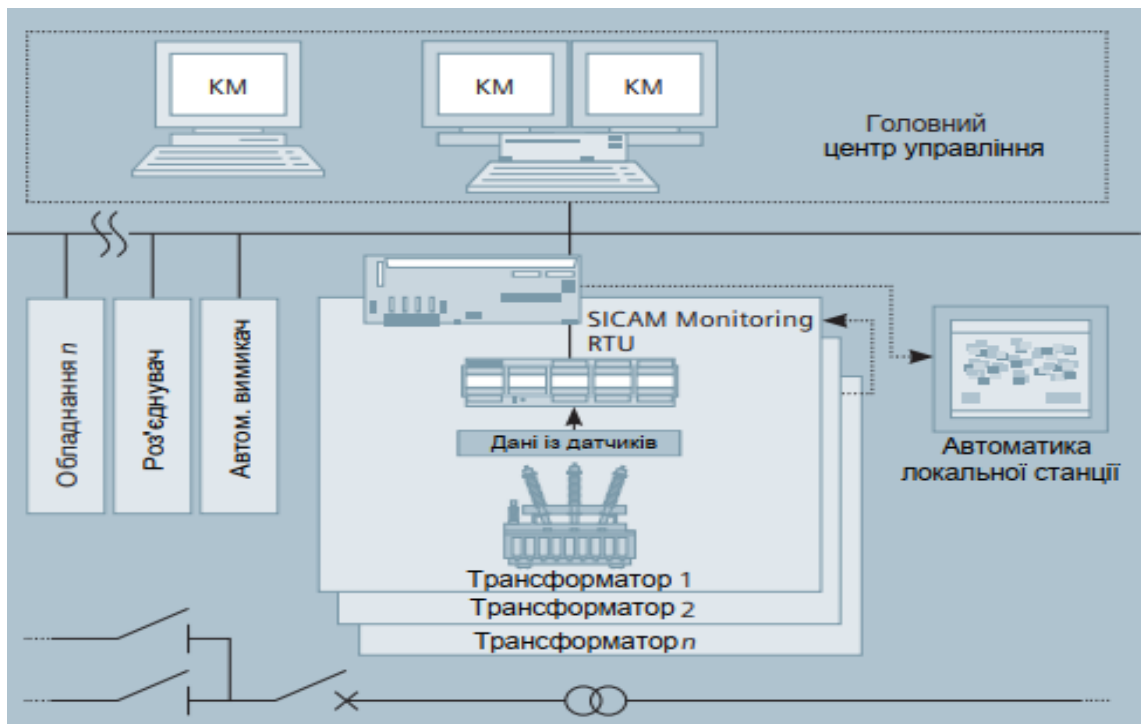


Рисунок 2 – Архітектура системи моніторингу SITRAM

Основні принципи вибору та використання систем моніторингу визначаються відповідно до IEEE C57.143-2012. IEEE Guide for Application for Monitoring Equipment to Liquid-Immersed Transformers and Components.

Висновки. Розглянута типова побудова сучасних систем моніторингу обладнання електричних мереж, в тому числі силових трансформаторів. Розглянута система моніторингу SITRAM яка, можливо, є однією з ефективних, найкращих та найзручніших в експлуатації.

Перелік посилань

1. Піротті О.Є., Баленко О.І., Бречко В.О., Гузін М.Ю., Гонтар Ю.Г. Аналіз принципів побудови та функціональних можливостей систем моніторингу стану високовольтних силових трансформаторів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика надійність та енергоефективність, № 1 (1), 2020.
2. Новоселов С.П., Белей Р.С. Аналіз загальних принципів побудови автоматизованих систем тестування стану технологічного обладнання. Вісник харківського національного університету радіоелектроніки, кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматики і мехатроніки, 2020.
3. Попадченко С.А., Тоберт М.Ю. Аналіз існуючих методів і технічних засобів організації моніторингу електричної мережі. Харківський національний технічний університет сільського господарства імені П. Василенка, 2018.
4. Каталог ЗТР. Інтернет джерело: http://www.ztr.ua/files/ztr_d77-ztr_product_catalogue_2014.pdf
5. Каталог Siemens. Transforming knowledge into availability SITRAM® MONITORING from TLM™ – Transformer Lifecycle Management™. SiemensAG, Energy Sector. 2011.