



Громадське обговорення робіт, які допущені до участі у конкурсі на здобуття Державної премії України в галузі науки і техніки 2010 року



БУТКЕВИЧ О.Ф.

УДК 621.311

БУТКЕВИЧ О.Ф., канд. техн. наук, проф.,
ТУТИК В.Л., канд. техн. наук,
Інститут електродинаміки НАН України

МОНІТОРИНГ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА СИСТЕМ УКРАЇНИ НА БАЗІ КОМПЛЕКСІВ "РЕГІНА"



ТУТИК В.Л.

Основне енергетичне та електротехнічне обладнання об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України має значну фізичну зношеність та моральну застарілість і все більше "заглиблюється" в зону технологічних відмов та зростання імовірності виникнення аварійних ситуацій. Процес ре-

абілітації та відновлення потужностей енергоблоків теплових електростанцій і технічного переозброєння галузі потребує значного фінансування і триватиме ще не один рік. За такого стану справ виникнення аварій внаслідок пошкодження (відмов) обладнання та їх переростання в системні внаслідок помилок персоналу можуть призводити до величезних економічних збитків, про що свідчить сумна статистика системних аварій останнього десятиліття в енергооб'єднаннях (ЕО) світу. Найменш витратний і одночасно найбільш ефективний спосіб запобігання таким аваріям, який підвищує надійність функціонування ЕО та ефективність керування їх режимами в цілому – це широке впровадження та використання систем діагностування обладнання, досконалих систем моніторингу режимних параметрів та систем підтримки оперативного персоналу у прийнятті рішень на різних рівнях ієрархії керування ЕО. Крім того, задача створення сучасної системи моніторингу режимних параметрів постала перед ОЕС України як одна із обов'язкових умов забезпечення її готовності до паралельної роботи з об'єднанням енергосистем європейських країн (ENTSO-E).

Зазначену проблему для ОЕС України вирішено комплексно на сучасному світовому рівні як теоретично, так і практично на базі роз-

робки, виробництва і широкого впровадження апаратно-програмних комплексів "РЕГІНА" різного функціонального призначення (розроблено 14 типів) з одночасним створенням системи єдиного часу в енергетиці України. Для цього в Інституті електродинаміки НАН України було виконано низку теоретичних, експериментально-розрахункових (шляхом математичного моделювання процесів на ЕОМ) та експериментальних досліджень, спрямованих на забезпечення інформаційних потреб усього спектру задач електроенергетичного виробництва на різних рівнях ієрархії керування. Розроблено наукові засади побудови багатофункціональних мікропроцесорних систем, призначених для розв'язання широкого кола задач моніторингу та діагностування електроенергетичних об'єктів і систем. Створено та реалізовано методи, алгоритми і засоби діагностування різноманітного електроенергетичного обладнання.

Разом з МПП "Анігер" було створено мікропроцесорні системи для захисту, вимірювання, реєстрації параметрів аварійних режимів електроенергетичних систем та швидкоплинних процесів в електротехнологічних установках, діагностування стану обладнання електроенергетичних об'єктів (ЕЕО), зокрема визначення залишкового ресурсу високовольтних вимикачів, діагностування ізоляції високовольтного обладнання та ін. Засобами комплексів "РЕГІНА" [6] контролюється правильність функціонування пристроїв релейного захисту та автоматики, визначаються місця пошкодження при коротких замиканнях на лініях електропередачі, виконується аналіз розвитку аварійних ситуацій, відбувається фазовий та гармонійний аналіз сигналів, виділяються симетричні складові в трифазних мережах змінної напруги, відбувається формування добової відомості режимів та ін. Результати обробки даних

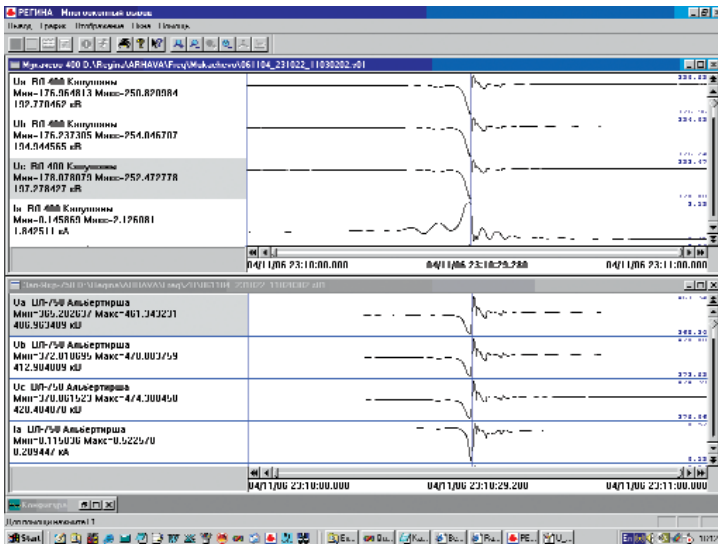


Рис. 1. Багатовіконне представлення інформації про зміну у часі режимних параметрів, вимірюваних на різних ЕЕО ОЕС України, під час аварії в УСТЕ 04.11.2006 р.

виводяться як на екран дисплею, так і на принтер у вигляді, найбільш інформативному та зручному для персоналу (текстові повідомлення, графіки, таблиці, осцилограми та ін.). Забезпечується збереження та передача зареєстрованої і обробленої інформації на будь-які рівні ієрархії керування ОЕС України. Програмні засоби візуалізації інформації можуть бути налаштовані на одночасне одержання та використання інформації із баз даних різних ЕЕО. Завдяки можливості візуалізації інформації щодо поточного режиму ОЕС України, одержаної від систем моніторингу різних ЕЕО, диспетчерський персонал має можливість контролювати та правильно його оцінювати [9]. На Рис.1 наведено приклад багатовіконного представлення інформації, одночасно одержаної з електричних підстанцій 400 кВ "Мукачєво" та 750 кВ "Західноукраїнська" під час аварії в електричних мережах УСТЕ 04.11.2006 р.

Зазначимо деякі із розроблених систем моніторингу та діагностування.

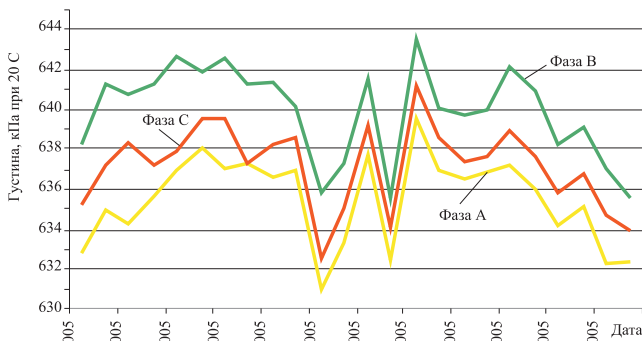


Рис. 2. Графік виміру густини елегазу вимикача GL318 на приєднанні Р-15 електричної підстанції 750 кВ "Західноукраїнська"

Система моніторингу елегазових вимикачів — здійснює постійний контроль технологічних параметрів: тиску й відносної щільності елегазу [7], стану пружини (для пружинних приводів) або тиску в гідравлічній системі (для гідравлічних приводів), справності й рівня напруги електричних кіл керування, положення полюсів контактів щодо крайніх станів, величину струму відключення [5]. Первинна інформація збирається функціональними давачами. На Рис. 2 наведено графік виміру даною системою густини елегазу вимикача GL318 на приєднанні Р-15 електричної підстанції 750 кВ "Західноукраїнська". Дані отримано 14.10.2005 р., час початку запису — 0:48:00, час закінчення — 23:48:00): при зниженні тиску елегазу до рівня 400 кПа вимикач буде заблоковано і команду на виконання комутаційної операції не буде виконано.

Система діагностування ізоляції високовольтних вводів обладнання — здійснює неперервний моніторинг ізоляції в умовах експлуатації шляхом автоматичного контролю стану основної ізоляції за зміною тангенсу кута діелектричних втрат $\Delta tg\delta$, ємності $\Delta C/C$ та модуля по-

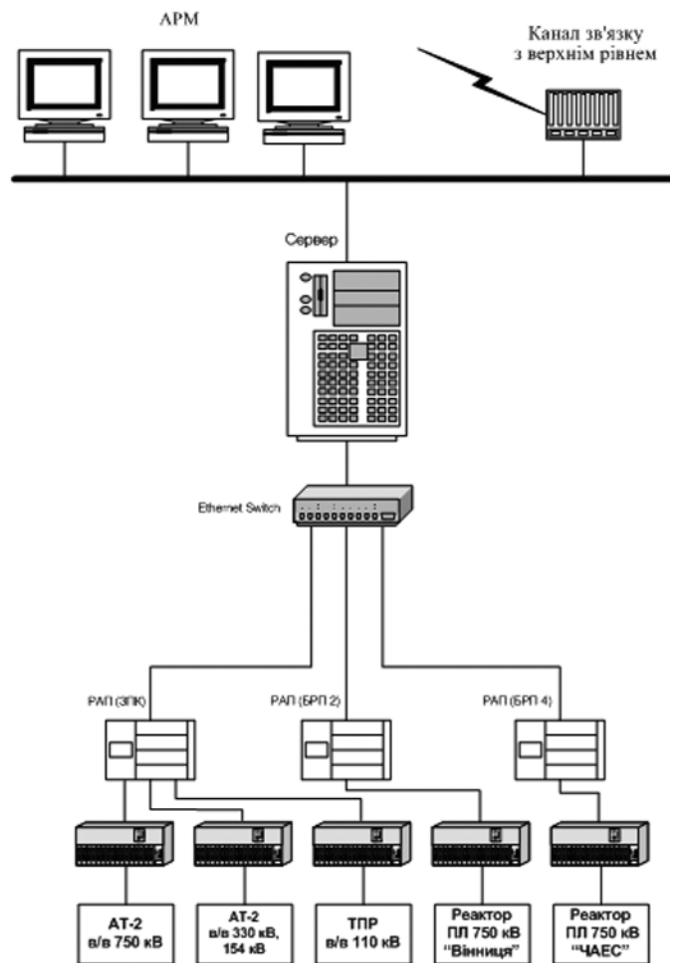


Рис. 3. Структура системи неперервного діагностування ізоляції високовольтних вводів устаткування електричної підстанції



вної провідності $\Delta Y/Y$. Зміна значень контрольованих параметрів визначається за різницею результатів поточних вимірювань та відповідних значень, одержаних на час введення системи діагностування в експлуатацію [10]. Таку систему виконано у вигляді локальної обчислювальної мережі (Рис. 3). Її ядром є сервер, який одночасно виконує функції файлового накопичувача, мережевого маршрутизатора та інтеграційного шлюзу (gateway) для зв'язку з іншими системами. Сервер реалізовано на базі двоядерної платформи. Контролювати процеси, що відбуваються як в мережі, так і в ізоляції високовольтних вводів устаткування, можна на автоматизованому робочому місці (АРМ) чергового персоналу, яке спеціально введено до структури системи з цією метою.

За час експлуатації систем діагностування високовольтної ізоляції та елегазових вимикачів обслуговуючий персонал був своєчасно попереджений про можливе погіршення стану трансформатору струму 750 кВ (електрична підстанція "Вінницька-750 кВ", 2006 р.) та елегазового вимикача (електрична підстанція 750 кВ "Західноукраїнська", 2006 р.), що дозволило своєчасно вивести обладнання з експлуатації та виконати профілактичні роботи з усунення неполадок. Зазначені порушення могли призвести до аварій, економічні збитки від яких були б досить значними.

До сімейства комплексів "РЕГІНА" належить і створений електровимірювальний реєструючий прилад (ЕВРП) "РЕГІНА-Ч", який за своїми технічними характеристиками та функціональними можливостями не має аналогів в Україні і не лише знаходиться на рівні кращих світових зразків подібних приладів, що виготовляються провідними інофірмами-виробниками (RES-521 – розробка фірми АВВ, NCT2000 Туре А – розробка фірми Toshiba, PowerLog PL134 – розробка фірми AENEА GmbH), а за деякими показниками має суттєві переваги. Наприклад, ЕВРП "РЕГІНА-Ч" має більшу інформаційну ємність і забезпечує можливість запису аварійної інформації в разі зміни частоти в ЕЕС на 0,001 Гц, в той час як крок відповідної уставки для PowerLog PL134 починається лише з 0,005 Гц, що свідчить про вищу чутливість ЕВРП "РЕГІНА-Ч" до зміни режимів ЕС, його кращу "розрізняючу спроможність". Крім того, ЕВРП "РЕГІНА-Ч" значно дешевший у порівнянні із закордонними аналогами.

Принципова відмінність ЕВРП "РЕГІНА-Ч" від комплексів "РЕГІНА" інших типів полягає, насамперед, у використанні інформаційної технології синхронізованих вимірювань векторів на-

пруги з використанням сигналів GPS, що відкриває принципово нові можливості для визначення динамічних властивостей ОЕС України, оцінювання її стану, удосконалення системи протиаварійної автоматики та ефективного ведення режимів з максимальним використанням пропускної спроможності внутрішніх та міжсистемних електричних зв'язків [2–4]. Особливо важливе значення для розв'язання задач оцінювання та діагностування режимів ОЕС мають синхронізовані виміри фазних кутів напруги, практичне одержання та використання яких із впровадженням ЕВРП "РЕГІНА-Ч" стало можливим. Використання ЕВРП "РЕГІНА-Ч" для створення систем моніторингу надає нові можливості для розв'язання найбільш актуальних задач системного значення [1,8,9,11], частина яких без таких систем моніторингу не могла бути розв'язана взагалі, а якість результатів розв'язання іншої частини задач не завжди відповідала сучасним вимогам.

Об'єкти першочергового встановлення систем моніторингу на базі ЕВРП "РЕГІНА-Ч" – це потужні електричні підстанції напругою 330–750 кВ, а також електростанції, зокрема АЕС (визначення ЕЕО, на яких слід встановлювати ЕВРП "РЕГІНА-Ч" з метою одержання максимального системного ефекту, обумовлюється задачами, для розв'язання яких використовується інформація, що її надає ЕВРП "РЕГІНА-Ч"). Інформація щодо зареєстрованих подій та перехідних режимів передається від систем моніторингу ЕЕО на рівень диспетчерського центру (ДЦ) ОЕС України. Тому така система моніторингу є одночасно і системою моніторингу перехідних режимів (СМПР) ОЕС України, загальну схему організації якої наведено на рис. 4.

Наразі в ОЕС України створено першу чергу системи моніторингу перехідних процесів (СМПР), "географію" якої представлено на рис. 5, де зазначено ЕЕО, на яких встановлено ЕВРП "РЕГІНА-Ч" (інформація надходить в диспетчерський центр ОЕС України (НЕК "Укренерго"), а також надається Системному Оператору Центрального диспетчерського управління Єдиної енергосистеми Росії – СО ЦДУ ЄЕС).

Наявний досвід експлуатації ЕВРП "РЕГІНА-Ч" переконливо свідчить про їх високі функціонально-технічні характеристики. Так, під час системної аварії, яка мала місце 4.11.2006 р. в УСТЕ (на півночі Німеччини) з поділом енергооб'єднання на три острови (Захід, Північний Схід та Південний Схід), встановленими на той час на підстанціях 750 кВ "Західноукраїнська" та 400 кВ "Мукачево" ЕВРП "РЕГІНА-Ч" було зареєстро-

