

УДК 621.3.07

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ
В РАМКАХ КОНЦЕПЦІЇ SMART GRID

В.С.Лупіков, В.Ф. Болюх, Є.І.Байда, Н.В.Крюкова, І.С.Варшамова, М.А.Лелюк, В.В.Литвиненко,
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут",
вул. Фрунзе, 21, Харків, 61002, Україна.

Наведено результати аналізу концепції Smart Grid в частині використання електричних апаратів. Сформульовано основні задачі розвитку електричних апаратів та шляхи їх розв'язання. Бібл. 4.

Ключові слова: електротехніка, електричні апарати, моніторинг, сенсори, кріоохолодження.

В енергетиці останніх років відбуваються бурхливі зміни, які спрямовані на створення "інтелектуальної" або "розумної" світової енергетики, що відомі як технологія Smart Grid. Ця технологія відображає прагнення керувати процесами одночасної генерації електроенергії у масштабах країн, суттєво зменшити її втрати і забезпечити якість передачі, ефективне і контрольоване споживання на рівні підприємств і житлових будинків та збереження навколишнього середовища [1]. На відміну від відомих технологій Smart Grid включають три обов'язкові компоненти: *сенсори* (датчики) як частину архітектури мережі, що контролюють якість потужності в режимі реального часу; *засоби зв'язку* для передачі даних, що виходять з сенсорів на сервісні оператори для прийняття рішень; *засоби керування*, які дозволяють проводити необхідні операції в мережі з центральної диспетчерської.

Виходячи з такого стану енергетики перед електротехнікою ближнього майбутнього ставляться нові складні науково-технічні завдання: створення нового покоління сенсорів для забезпечення двосторонніх потоків електрики і інформації в реальному масштабі часу; інтенсивний розвиток систем і засобів моніторингу та діагностики електротехнічного устаткування; розробка принципово нових і удосконалення існуючих систем керування пристроями перетворення і захисту для електротехнічного устаткування об'єктів енергетики. Окремі з цих завдань можуть бути вирішено тільки за рахунок розвитку теорії і практики електричних апаратів. Особливо гостро стає проблема створення електричних апаратів при зміні частоти мережі 50 Гц на більш високі частоти – до 20 кГц. Остання тенденція обумовлена прагненням зменшення матеріалоемності і габаритів електричних апаратів, що використовуються в електричних мережах, і обговорюється серед фахівців в Європі.

Аналіз проблем електричних мереж низької напруги [2] свідчить про те, що вони часто відключаються внаслідок перевантаження. Це обумовлено тим, що при наявності десятків тисяч точок підключення кінцевих споживачів в теперішній час є дуже обмежена інформація про те, що відбувається у різних ланках цих мереж. При втратах енергії неможливо визначити точне місце її виток, бо такі електричні апарати просто відсутні. Крім того неможливо забезпечити моніторинг якості електричної енергії в мережі з урахуванням змін конфігурації з'єднань і потребі значного часу на диспетчерських пунктах для оновлення схеми з'єднань.

Перевантаження електричних апаратів, особливо в аварійних режимах роботи мереж. Основним параметром електричного апарату захисту (плавкий запобіжник, автоматичний вимикач, термореле) є температура перегріву. Принципи спрацювання цих апаратів захисту практично перевірено для мереж живлення частотою до 400 Гц. Основний з них – узгодження параметрів механічних і електричних кіл електричного апарату захисту. Наприклад, для забезпечення відключення аварійного струму швидкодіючим автоматичним вимикачем обирається час спрацювання (*механічний параметр*) на рівні 0,001–0,01 с, чим забезпечується час протікання аварійного струму (*електричний параметр*) в межах напівперіоду частоти мережі (0,01 с) без зміни напрямку, що дозволяє спростити гасіння електричної дуги в межах напівперіоду без виникнення перенапруг в мережі, а відібрана у електричної дуги тепла енергія може бути розсіяна або поглинена без теплового пошкодження елементів вимикача. Тобто функція захисту мережі від аварійного струму виконана електричним апаратом в межах тільки його об'єму без пошкодження апарату і перенапруг мережі. Для частот мереж в декілька кГц час спрацювання електричного апарату захисту повинен складати 5 мс–25 мкс, що ускладнює задачу, переводить її з електротехніки в електроніку.

Обмежені функції (датчиків) сенсорів, що використовують в електротехніці. Різноманітні датчики, перетворювачі, реле для електротехніки відносяться до електричних апаратів. Принципи їх роботи визначаються виходячи з аналізу різних за походженням процесів: електричних, магнітних, механічних (теплових) тощо. На сьогодні функції цих апаратів вузькоспеціалізовані і не відповідають вимогам технології Smart Grid.

Для низьковольтного електроустаткування дотепер практично не використовуються *засоби керування*.

За результатами досліджень пропонуються два напрямки перспективних досліджень: *кріоохолодження і магнітні сенсори*.

Кріоохолодження. Світовий досвід робіт з енергозбереження (однієї зі складових технологій Smart Grid) свідчить про те, що найбільш перспективним є охолодження малих об'єктів рідинним азотом. Такі технології вже використовують в комп'ютерній техніці, кріобіології, медицині. Привабливою рисою такого кріоохолодження є те, що його отримання не має технічних завад, а при охолодженні у відкритому просторі утворюються безпечні для навколишнього середовища і людей пари азоту. В літературі [3, 4] наведено опис наступних мето-

дів криогенного охолодження: метод прямоочних трубок (OPS –open pulled straw); метод мікрокрапель (micro-droplet); метод твердоповерхового охолодження (cold surface solidification); метод мідних ґрат електронних мікроскопів (copper grids); метод криопетель (cryo-loop). Контактні системи, обмотки і інші елементи електричного апарату можуть бути охолоджені за короткий час. Граничні величини коефіцієнта теплопередачі для відомих способів оцінюються в теорії на рівні 10^6 – 10^7 °C/хв., а в експериментах – від 30 до 1500 °C/хв.

На кафедрі "Електричні апарати" Національного технічного університету "ХПІ" розпочато цикл дослідних робіт з криоохолодження елементів електричних апаратів. Розглядаються питання охолодження рідинним азотом контактних систем і електричної дуги в момент відключення електричного апарату. Створено діючу лабораторію криогенного охолодження. Проведено перші експериментальні дослідження в режимі охолодження контактів відкритими струменями рідинного азоту під тиском. Дослідження показали ефективність і перспективність цього напрямку, можливість отримання надшвидкого охолодження елементів апаратів.

Магнітні сенсори. Другим перспективним напрямком використання електричних апаратів в технологіях Smart Grid, на думку авторів, є створення різноманітних магнітних сенсорів, вхідним параметром яких є магнітне поле. Як показали багаторічні дослідження авторів з компенсації зовнішнього магнітного поля електротехнічного устаткування, магнітне поле несе набагато більшу інформацію про процеси в електроустаткуванні, ніж класичні параметри – струм, напруга. Наприклад, технологічні відхилення у виготовленні елементів електроустаткування, зміна порядку чергування фаз живлення, зміна структури силових кіл при комутації або аваріях, різноманітні асиметрії (геометрична, магнітна, електрична) відразу ж змінюють параметри магнітного поля. На основі аналізу часової і просторової структури цього поля за відомими методами вдається отримати корисну інформацію не тільки про вхідні параметри низьковольтної мережі, а і про стан ланок мережі. Перевага таких сенсорів полягає у тому, що вони є безконтактними і їхнє розташування не обмежується тільки струмопровідними елементами електроустаткування. У цьому разі використання таких сенсорів дозволяє отримати інформацію про місця, де порушуються умови нормальної роботи (аварії, виток енергії, зміна конфігурації мереж).

На основі систем таких магнітних сенсорів можуть бути створено відповідні засоби керування.

1. *Каплун В.В., Козирський В.В.* Smart Grid як інноваційна платформа розвитку електроенергетичних систем // Енергетика та Електрифікація. – 2011. – №5. – С. 13–18.

2. *Rittidech S., Boonyaeat A., Tipnet P.* CPU Cooling of Desktop PC by Closed-end Oscillating Heat-pipe (CEOHP) // American Journal of Applied Sciences. – 2005. – No. 2(12). – Pp. 1574–1577.

3. *Лушков В.С., Лелюк Н.А., Король Е.Г. и др.* Обзор методов сверхбыстрого охлаждения малых объектов // Вісник національного технічного університету "ХПІ". – 2010. – № 29. – С. 76–88.

4. *Лушков В.С.* Перспективы применения криогенного охлаждения в электрических аппаратах // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – 2011. – № 48. – С. 45–49.

УДК 621.3.07

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ SMART GRID

В.С. Лушков, В.Ф. Болюх, Е.И. Байда, Н.В. Крюкова, И.С. Варшамова, Н.А. Лелюк, В.В. Литвиненко, Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", ул. Фрунзе, 21, Харьков, 61002, Украина.

Приведены результаты анализа концепции Smart Grid в части использования электрических аппаратов. Сформулированы основные задачи развития электрических аппаратов и пути их решения. Бібл. 4.

Ключевые слова: электротехника, электрические аппараты, мониторинг, сенсоры, криоохлаждение.

PROSPECTS OF ELECTRIC DEVICES USING WITHIN THE SMART GRID CONCEPT

V.S. Lupikov, V.F. Boliuh, Je.I. Baida, N.V. Kriukova, I.S. Varshamova, N.A. Leliuk, V.V. Litvinenko, National Technical University "Kharkov Polytechnical Institute", str. Frunze, 21, Kharkov, 61002, Ukraine.

Analysis of the Smart Grid concept are resulted regarding of electric devices using . Primary tasks of electric devices development and their decision are formulated. Бібл. 4.

Keywords: electrical engineering, electrical devices, monitoring, sensors, cryogenic cooling.

1. *Kaplun V.V., Kozyrskiy V.V.* Smart Grid iak innovatsiina platforma rozvytku elektroenerhetychnyh system // Enerhetyka ta elektryfikatsiia. – 2011. – №5. – Pp. 13–18. (Ukr)

2. *Rittidech S., Boonyaeat A., Tipnet P.* CPU Cooling of Desktop PC by Closed-end Oscillating Heat-pipe (CEOHP) // American Journal of Applied Sciences. – 2005. – No. 2(12). – Pp. 1574–1577.

3. *Lupikov V. S., Leliuk N.A., Korol E.G. est.* Obzop metodov sverhbystrogo ohlazhdeniia malyh objektov // Visnyk Natsionalnogo Tekhnichnogo Universytetu "KhPI". – 2010. – № 29. – Pp. 76–88. (Rus)

4. *Lupikov V. S.* Perspektivy primenenija krioohlazhdenija v elektricheskikh apparatah // Visnyk Natsionalnogo Tekhnichnogo Universytetu "KhPI". –2011. – № 48. – Pp. 45–49. (Rus)

Надійшла 05.01.2012

Received 05.01.2012