
ТЕХНОЛОГІЇ TECHNIQUE

УДК 621.31

Ю.І.ЯКИМЕНКО, В.В.ПРОКОПЕНКО, С.П.ДЕНИСЮК, О.М.ЗАКЛАДНИЙ

SMART СИСТЕМИ ЯК ОДНА ІЗ ОСНОВНИХ СКЛАДОВИХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ

YI.YAKIMENKO, V.PROKOPENKO, S.DENYSIUK, O.ZAKLADNYI

SMART SYSTEMS AS ONE OF THE MAIN COMPONENTS OF ENERGY FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Анотація. Розглянуто особливості реалізації концепції Smart Grid за кордоном. Наведено науково-технічні досягнення спеціалістів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» у сфері інтелектуалізації електроенергетики. Охарактеризовано основні напрямки побудови Smart систем як однієї із основних складових сталого розвитку енергетики.

Ключові слова: Smart системи, Smart Grid, інтелектуалізація електроенергетики, сталий розвиток енергетики.

Аннотация. Рассмотрены особенности реализации концепции Smart Grid за рубежом. Приведены научно-технические достижения специалистов Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт» в сфере интеллектуализации электроэнергетики. Охарактеризованы основные направления построения Smart систем как одного из основных составляющих устойчивого развития энергетики.

Ключевые слова: Smart системы, Smart Grid, интеллектуализация электроэнергетики, устойчивое развитие энергетики.

Annotation. The features of the concept of Smart Grid abroad. The scientific and technological achievements of specialists of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute" in the intellectualization of electricity. The basic directions of building Smart Systems as one of the key components of sustainable energy.

Key words: Smart Systems, Smart Grid, intellectualization power, sustainable energy development.

Сучасний розвиток паливно-енергетичного комплексу у глобальному та національному масштабах має відповідати не тільки новим цілям і тенденціям розвитку світової та національних економік країн у ХХІ ст., але й новому характеру загроз економічного, екологічного та соціального характеру [7–10].

Дослідження проблем, пов'язаних з негативним впливом діяльності людини на навколишнє середовище, та шляхів його зменшення призвело до розробки ще в 90-х рр. ХХ ст. основних положень стратегії «сталого розвитку – *sustainable development*». При цьому термін «сталій розвиток» розглядається як розвиток, при якому задоволення сьогоденних потреб людини не призводить до обмежень здатності майбутніх поколінь задовольняти їхні потреби [5–8]. Для забезпечення сталого розвитку суспільства мають бути забезпечені відповідні умови функціонування всіх його складових, серед яких однією з найважливіших є енергетика [3, 8].

У світі відбулися значні зміни щодо стратегії розвитку енергетики. Був визначений комплекс завдань для різних країн з побудови енергетичних стратегій ХХІ ст. Головний наголос зроблено на забезпеченні нерозривності та узгодженості дій при забезпеченні трьох складових: енергозабезпечення (безперебійне постачання електричною енергією відповідної якості), енергодоступність (енергоощадність та доступна ціна на електроенергію) та енергоприйнятність (мінімальний вплив на навколишнє середовище) [4, 6–8]. Ці складові розглядаються як основа для досягнення глобальної мети – забезпечення стабільного розвитку, що гарантує стаке зростання економіки, рівня життя населення, захист навколишнього природного середовища.

Проведений аналіз можливих шляхів розвитку електроенергетики показав наявність серйозних обмежень можливостей розвитку електроенергетичної галузі в рамках колишньої екстенсивної концепції, заснованої переважно на покращенні окремих видів обладнання і технологій. Одним із магістральних шляхів розвитку енергетики визначено шлях її «інтелектуалізації» [8–19].

Для оцінки рівня «інтелектуалізації» енергетики у світі став загальноповживаним у світі термін Smart Grid [10, 13–18]. За найбільш поширеним трактуванням Smart Grid – концепція повністю

інтегрованої, саморегулюючої і самовідновлюваної електроенергетичної системи, що має мережеву топологію і включає в себе всі генеруючі джерела, магістральні та розподільні мережі і всі типи споживачів електричної енергії, керовані єдиною мережею інформаційно-керуючих пристроїв і систем в режимі реального часу [1–3, 12, 13, 15]. Так, в США концепції Smart Grid відводиться роль революційної ініціативи, яка дає енергетиці «друге дихання» і стимулює економічний розвиток. Концепція Smart Grid в країнах ЄС розглядається як ідеологія загальноєвропейської програми розвитку електроенергетики, база інноваційної модернізації та перетворення електроенергетики, основа побудови «Європейської електричної мережі майбутнього».

Сьогодні зворот «інтелектуальна енергетика» стає терміном, що позначає нові принципи роботи енергетики, як в Україні, так і за кордоном. Сучасні електронні, інформаційні, телекомунікаційні, обчислювальні технології вдосконалюють процеси енерговиробництва та керування енергетичними потоками на підприємствах, роблять їх надійними, безпечними і ефективними, наділяють споживача новими можливостями.

Виникла нагальна необхідність у розробці нових підходів до керування зростаючими та різноплановими за інтенсивністю і напрямками потоками паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), що дозволяє безпечно та ефективно їх використовувати в існуючих і майбутніх енергетичних системах, зокрема, необхідно відзначити актуальність розробка положень концепції Smart Grid та її адаптації до українських реалій [3, 5–11].

В основу реалізації такої концепції мають бути покладені наступні принципові позиції [4, 8, 11, 13, 14, 17]:

- енергетика є інфраструктурною базою розвитку економіки, в якій зацікавлені всі інститути: держава, бізнес, наука, населення; товари та послуги, вироблені в енергетичному секторі, мають високий рівень суспільної значущості і практично не мають замінників.
- оптимізація якості та ефективності використання всіх видів ресурсів (паливних, технічних, управлінських, інформаційних тощо) і енергетичних активів;
- у сучасному і майбутньому суспільстві енергія розглядається як джерело (інструмент або засіб), що забезпечує отримання людиною та суспільством певних споживчих цінностей (життєвих благ, рівня комфорту тощо);
- визначаючи для себе такий набір, рівень і характеристики цих цінностей, споживач (з урахуванням його особливостей) не повинен отримувати обмеження з боку енергетики, вибираючи, де йому жити, якими приладами та послугами користуватися, здійснювати свою діяльність і т.ін.;
- задоволення потреби в електричній енергії суспільства у XXI ст. має здійснюватися при одночасному істотному зниженні тиску на екологію планети.

У рамках концепції Smart Grid інтелектуальна електроенергетична система розглядається як єдина мережа інформаційно-керуючих систем, що забезпечує:

- інтеграцію всіх видів генерації (у тому числі малої генерації) і будь-які типи споживачів (від домашніх господарств до великої промисловості) для ситуаційного керування попитом на їхні послуги та забезпечення активної їх участі у роботі енергосистеми;
- зміну в режимі реального часу параметрів і топології мережі за поточними режимними умовами, виключаючи виникнення та розвиток аварій;
- розширення ринкових можливостей інфраструктури шляхом взаємного надання широкого спектру послуг суб'єктами ринку та інфраструктурою;
- мінімізацію втрат, розширення самодіагностики і самовідновлення при дотриманні умов надійності та якості електроенергії;
- інтеграцію електромережевої та інформаційної інфраструктури для створення всережимної системи керування з повномасштабним інформаційним забезпеченням.

На сучасному етапі сталого розвитку енергетики технічні засоби Smart Grid відіграють вирішальну роль у реалізації положень концепції Smart Grid. Перспективні технічні засоби можна розділити на наступні основні групи [4, 8, 11–14]:

- інтелектуальні давачі інформації, контрольно-вимірювальні засоби, прилади обліку та контролю;
- системи збору та передачі даних, що містять розподілені інтелектуальні пристрої та аналітичні інструменти для підтримки комунікацій на рівні об'єктів енергосистеми, які працюють в режимі реального часу;
- інтелектуальні системи прогнозування, підтримки та прийняття рішень (зокрема,

інтелектуальні адаптивні системи захисту та автоматики з функцією автоматичного відновлення живлення;

- вдосконалені технології та активні силові компоненти електричної мережі;
- інтегровані системи інформаційного обміну.

На сьогодні основними організаціями в реалізації положень концепції Smart Grid в Україні є Інститут електродинаміки НАН України (під керівництвом академіків НАН України Стогнія Б.С. і Кириленка О.В.) та Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» (НТУУ «КПІ») (зокрема, Інститут енергозбереження та енергоменеджменту (ІЕЕ) та НДІ прикладної електроніки).

У першу чергу необхідно відзначити піонерські досягнення ІЕД НАН України, де протягом останніх десяти років проводились інтенсивні роботи в галузі інформатизації електроенергетики. Так, впровадження в ОЕС України автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ) забезпечує реалізацію всіх основних функцій, пов'язаних з обліком електроенергії. Створені та виробляються первинні та вторинні датчики і прилади для потреб енергетики від зразкових до робочих. Створені та широко впроваджені 14 типів інформаційних систем на базі комплексу «Регіна», які забезпечують практично всі сучасні завдання інформатизації електроенергетики: моніторинг всіх режимів, контроль, діагностику [10, 11]. Розроблена на рівні кращих світових аналогів система моніторингу та керування підстанції «Київська-750». Така система, створена вперше, розроблена в рамках єдиного комплексу технічних і програмних засобів зі створенням єдиної інформаційної бази систем релейного захисту, противарійної автоматики, вимірювання та засобів керування обладнанням підстанції.

Біля витоків формування та вирішення проблем інтелектуалізації української енергетики в НТУУ «КПІ» стояв д.т.н., проф. Праховник А.В., який очолював Інститут енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ» у 1997–2012 р. та кафедру електропостачання у 1988–2012 рр., а власне розпочав працювати над цією тематикою з середини 1970-х рр. ХХ ст.

Праховник А.В. був одним із засновників національної наукової школи з керування енерговикористанням. Він відомий своїми фундаментальними працями з питань моделювання в енергетиці, автоматизації керування енергетичними об'єктами, прогнозування, оптимізації режимів електроспоживання, енергетичного менеджменту, сталого розвитку енергетики, зокрема, з формування принципів побудови електричних станцій на базі розосереджених джерел генерації та Smart-мікроенергетичних систем, включаючи нетрадиційні та відновлювані джерела енергії (НВДЕ), та екоенергоєфективних Smart-будинків і Smart-міст.

Так, у 1971 р. Артур Веніамінович захистив кандидатську дисертацію, в якій вперше було запропоновано широке застосування технічного потенціалу промислових підприємств для керування навантаженням в електроенергетичних системах. У 1982 р. він захистив докторську дисертацію, де вперше визначено доцільність комплексного дослідження режимів електроспоживання, розроблено АСКОЕ, що працює в реальному часі, яка відрізнялася від відомих як елементною базою, так і додатковими функціями, наприклад, мала функцію прогнозування та керування навантаженням в реальному часі.

Під керівництвом А.В. Праховника співробітниками кафедри електропостачання було виконано низку фундаментальних досліджень, які стали базовими елементами у процесі підвищення рівня інтелектуалізації енергетичних систем України.

У 2000–2002 роках під керівництвом А.В. Праховника виконувався проект «Створення автоматизованої системи обліку, контролю та управління використанням енергоресурсів» (номер держреєстрації (РК) 100U002239).

Метою проекту була розробка програмного та методичного забезпечення системи у відповідності до існуючих нормативних документів, банків даних з енерговикористання для вирішення проблем раціонального використання енергоресурсів, створення методичного забезпечення, подальший розвиток досліджень методів та засобів керування системами енергоспоживання, методів підвищення точності визначення і прогнозу електричних навантажень.

При виконанні у 2003–2005 роках проекту «Розробка методів оптимального керування електроспоживанням при поліваріантності тарифів та/або в умовах обмежень» (номер держреєстрації (РК) 0103U000256) запропоновано підхід до вирішення задачі оптимального керування електроспоживанням при поліваріантності тарифів та/або в умовах обмежень, який базується на використанні методів інтегрованого ресурсного планування. Основою такого підходу є стимулювання споживачів до вирівнювання графіка навантаження за допомогою прогресивних тарифів на електроенергію з використанням можливостей АСКОЕ, інформаційно-обчислювальних комплексів. Виконано аналіз електроспоживання та вибір споживачів-регуляторів, визначено

оптимальний для підприємства тариф, моделі та методи реалізації контролю і керування електроспоживанням підприємства.

При виконанні у 2006–2008 роках проекту «Розробка методів інтегрування розосередженої генерації в централізовану систему енергопостачання» (номер держреєстрації (РК) 0106U002932) здійснено дослідження з питань ефективного використання засобів розосередженої генерації в системах енергопостачання, керування розосередженою генерацією з позицій інтегрованого ресурсного планування, визначено загальну концепцію інтегрування джерел розосередженої генерації в існуючі системи енергопостачання, запропоновано критерії та моделі вибору параметрів, режимів та місць встановлення джерел розосередженої генерації. Розроблено методичну та алгоритмічну бази для комплексного визначення впливу джерел розосередженої генерації на режими систем електропостачання (СЕП), забезпечення задач керування інтегрованими системами з метою підвищення економічності, надійності та якості електропостачання, що дозволяє визначити раціональну структуру систем, зменшити негативний вплив на стан навколишнього середовища, тощо.

Оцінено вплив засобів розосередженої генерації на режими розподільних мереж і екологічні фактори. Досліджено питання раціонального розміщення джерел розосередженої генерації з урахуванням мінімізації втрат енергії в СЕП. Проаналізовано вплив засобів генерації на режим напруги в розподільних мережах, методи вибору параметрів регулюючих пристроїв з урахуванням наявності джерел розосередженої генерації.

У відповідності до завдань проекту «Розробка сучасної концепції, методологічних засад та заходів забезпечення сталого розвитку енергетики України» (строки виконання 2009–2010 рр.; номер держреєстрації (РК) 0109U002587) авторським колективом під керівництвом А.В. Праховника здійснено аналіз і сформовано концепцію розвитку електроенергетичної галузі з використанням інтелектуалізації мереж, сучасних інформаційних технологій та математичного апарату, ефективного керування джерелами розосередженої генерації. Розроблено математичне і методичне забезпечення та реалізовано задачі оцінювання потенціалу засобів розосередженої генерації з урахуванням економічних та кліматичних особливостей регіонів. Розроблено методичне забезпечення задач аналізу та вибору потенційних джерел енергії для задоволення енергетичних потреб об'єктів. Задача розробки технологічних схем мікроенергетичних осередків реалізована на прикладі формування проекту створення фрагментів розосередженої енергостанції ІЕЕ НТУУ «КПІ». Визначено основні принципи і запропоновано математичні моделі формування електричних навантажень споживачів і джерел генерації.

Під керівництвом А.В. Праховника у 2011 р. в ІЕЕ НТУУ «КПІ» були розпочаті комплексні дослідження в рамках проекту «Розробка моделей та методів управління інтегрованими системами енергозабезпечення та контроль ефективності енерговикористання». Метою цього проекту є створення системи моделей і методик для забезпечення керування інтегрованими системами енергозабезпечення, розробка сучасних інформаційних технологій та математичного апарату для забезпечення ефективного використання джерел розосередженої генерації, а також визначення принципів формування дієвої системи контролю та аналізу ефективності енерговикористання, яка базується на застосуванні сучасних методів, альтернативних нормуванню питомих витрат ПЕР.

Запропоновано новий підхід до формування систем енергопостачання з урахуванням інтегрування засобів розосередженої генерації, визначенням їх впливу на надійність електропостачання, якість електричної енергії, режими споживання, економічні показники. Розробляються методи керування такими системами, нові методи підвищення встановлення планових питомих витрат ПЕР, забезпечення систематичного об'єктивного контролю ефективності енерговикористання.

У рамках проекту «Інтелектуальний енергоефективний екобудинок з комплексним використанням відновлюваних та традиційних джерел енергії» під керівництвом А.В. Праховника створено фізичну модель системи керування режимами роботи розосереджених джерел генерації енергії екобудинку. Розроблено інформаційний базис системи енергозабезпечення екобудинку з реалізацією режимів структурної та функціональної адаптації мікроенергостанції будинку з урахуванням метеорологічних факторів навколишнього середовища, параметрів комфортного мікроклімату всередині будівлі, режимів зовнішнього енергозабезпечення, енергетичних показників системи накопичення енергії.

Практична реалізація наукових положень інтелектуалізації об'єктів електроенергетики, отриманих в ІЕЕ НТУУ «КПІ», здійснюється через Науково-дослідний інститут автоматичної та

енергетики «Енергія», засновником (1991 р.) та директором, а потім науковим керівником якого був А.В. Праховник. До основних наукових здобутків НДІ «Енергія» належать:

- розробка та впровадження методів і засобів обліку, контролю і керування режимами енергоспоживання;
- аналіз, прогноз та контроль використання енергії;
- багатокритеріальна оптимізація розподілу енергоресурсів;
- розробка багатофункціональної системи тарифів на електроенергію;
- розробка методів і систем комплексного керування (активною та реактивною потужністю, напругою) режимами систем електропостачання промислових об'єктів;
- розробка Концепції побудови автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії в умовах енергоринку;
- розробка технічних вимог до систем комерційного обліку електроенергії;
- розробка типових проектних рішень побудови автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії для різних категорій споживачів;
- розробка та впровадження систем контролю енергоносіїв.

Науково-технічні розробки під керівництвом Праховника А.В. знайшли широке впровадження в національній економіці України. Зокрема, був організований серійний випуск комплексу технічних засобів інформаційної системи ЦТ 5000, програмного контролера ЦТ 5000, інформаційно-логічної системи ІЛСЕ 1-32, датчиків споживання електроенергії Е-440, УП-1. З 1996 року в НДІ «Енергія» розроблені та серійно випускаються комплекси пристроїв ІТЕК – пристрої інформаційні електровимірювальні ІТЕК-210 (ІТЕК-310) призначені для комерційного та технічного обліку електроенергії (диференційованого в часі) і побудови АСКОЕ. Розроблено пристрої ІТЕК-410 (аналогічний ІТЕК-210, призначений для чотирьох каналів обліку); ІТЕК-010 (багатоканальний багатофункціональний пристрій для визначення кількості та якості електричної енергії); ІТЕК-220 та ІТЕК-320 (для використання в системах автоматизованого комерційного обліку та телеметричного контролю відпуску і споживання рідин, газів, пари та теплової енергії); датчики споживання електроенергії УП-2, УП-3, УП-4 (для перетворення кількості обертів диску електроділічильників в послідовність імпульсів); пристрій збору інформації/мікросервер «itekWEB» (для збирання інформації з інтелектуальних лічильників та лічильників з імпульсним виходом, формування проміжної бази про електроспоживання по об'єктах обліку), що реалізує функції WEB-сервера для доступу до інформації про електроспоживання технічних засобів локального рівня.

Серед найбільш вагомих здобутків є впровадження АСКОЕ на ВАТ «Концерн Стирол», Івано-Франківському цементно-шиферному заводі, Дніпропетровському трубному заводі, Малинській фабриці банкотного паперу, заводі ім. Ілліча, Вільногірському ДМК, ВАТ «Рівнеазот», НЕК «Укренерго», ВАТ ЕК «Хмельницькобленерго», Миколаївській та Чернігівській ТЕЦ та на багато інших.

За ініціативою А.В. Праховника рішенням Вченої ради НТУУ «КПІ» від 6 квітня 2009 р. та наказом № 2-62 від 27 квітня 2009 р. започатковано Комплексну програму НТУУ «КПІ» «Енергетика сталого розвитку», наказом №2-93 від 25 травня 2009 р. при ІЕЕ НТУУ «КПІ» створено Навчально-науковий центр «Енергетика сталого розвитку». Центр «Енергетика сталого розвитку» створено для узагальнення світового та національного досвіду розробки енергоефективних технологій, пристроїв і систем з метою їх впровадження для підвищення рівня енергетичної незалежності та екологічної безпеки як в масштабах об'єкту або групи об'єктів, так і в масштабах регіону та країни. Основні напрямки діяльності створеного центру:

- розробка новітніх методів та моделей забезпечення енергетичних потреб розосереджених об'єктів енергоспоживання промислового та/або комунального застосування шляхом впровадження smart-технологій на базі розосереджених енергостанцій з комплексним використанням традиційних та відновлюваних джерел енергії;
- створення демонстраційного навчально-наукового комплексу новітніх енергоефективних технологій.

Інтелектуалізація електроенергетики України неможлива без надійних датчиків та силового регулюючого обладнання, що має забезпечувати гнучке ефективне керування.

На практичну реалізацію наукових здобутків у сфері інтелектуалізації електроенергетичного сектора нашої країни за цими напрямками спрямовано діяльність НДІ прикладної електроніки (директор – академік НАН України Якименко Ю.І.). Головні напрямки роботи інституту: функціональна електроніка на основі сегнето-, п'єзоматеріалів; п'єзоелектричні двигуни;

енергозберігаючі технології; фотоелектричні перетворювачі енергії; матеріали та прилади оптоелектроніки; мікроелектронні датчики фізичних величин;.

Фахівці НДІ прикладної електроніки зробили вагомий внесок у розвиток вітчизняної електроніки та інформатики, створили наукову школу з розробки п'єзо- та сегнето-електричних приладів, електронних компонентів і систем для енергетики, здійснили фундаментальні розробки нового класу мікрохвильових компонентів, інформаційних систем і мереж.

Основні здобутки інституту за напрямком інтелектуалізації енергетики:

- станції керування та захисту електродвигунів з мікропроцесорним керуванням;
- компенсатори реактивної потужності паралельного типу на модулях IGBT;
- зарядно-розрядні та зарядно-стабілізуючі пристрої;
- системи безперебійного електроживлення 0,3–6 кВА;
- п'єзоелектричні двигуни систем автоматики з моментом до 40 кг·м;
- п'єзокерамічні електричні фільтри на частоти до 10 МГц;
- фотоелектричні панелі та перетворювачі;
- сенсори та датчики систем автоматики;
- комп'ютерні системи безпеки VisaNet™.

НДІ прикладної електроніки є єдиним підприємством в Україні, яке розробляє та виготовляє під замовлення п'єзоелектричні двигуни та приводи на їх основі. П'єзоелектричний двигун є електричним двигуном принципово нового типу, в якому мідні обмотки для збудження обертового моменту замінені елементами з керамічного матеріалу. Двигун може використовуватися в технічних і технологічних цілях, медичному обладнанні в режимі прямого приводу (без застосування редукторів), що значно зменшує шуми та підвищує надійність приводу. На відміну від електромагнітних аналогів, п'єзоелектричний двигун практично миттєво набирає швидкість та миттєво загальмовується, а у вимкненому стані його ротор затиснутий. Спеціалістами НДІ створено функціональний ряд високомоментних п'єзоелектричних двигунів для діапазону швидкостей від 0 до 60 обертів на хвилину та діапазоном моментів навантаження від 1 до 300 кг·см. На їх основі виробляється електрично керована регулююча арматура для теплових електростанцій та мереж теплопостачання і водопостачання з підвищеними параметрами на діаметри проходного отвору від 12,5 до 250 мм (0,5"…10"), а також економічні приводи платформ з навантажувальною здатністю від 1 до 200 кг.

Для промислових підприємств і транспорту, які широко використовують акумуляторні батареї (мобільний транспорт), розроблено та випускаються зарядні установки ЗУ100-100А та зарядно-розрядні установки ЗРУ30-120М, ЗРУ50-120М, ЗРУ100/80-100Б. Установки ЗРУ50-120М призначені для заряду та розряду акумуляторних батарей ємністю до 250 А/год на електротранспорті, в електроенергетиці, промисловості при проведенні періодичних регламентних робіт. Вони принципово відрізняються від традиційних пристроїв аналогічного призначення тим, що в режимі розряду повертають енергію батареї в трифазну мережу змінного струму 380 В, 50 Гц. Установки ЗРУ30-120М та ЗРУ50-120М понад чотири роки успішно експлуатуються в електродепо «Оболонь» і «Дарниця» КП «Київський метрополітен».

Як елемент інтелектуалізації енергетичних об'єктів знаходять широке застосування системи автоматичного керування промисловим насосним обладнанням. Установки АКН-2 (для свердловинних водяних насосів потужністю 0,37–4,5 кВт), АКН-3 (для свердловинних водяних насосів потужністю 1,1–32 кВт) та АКН-4 (для циркуляційних водяних насосів потужністю 1,1–32 кВт) призначені для автоматичного керування насосним обладнанням за тиском (рівнем) з одночасним його захистом від аварійних ситуацій. Установки забезпечують автоматичний запуск обладнання після аварійного відключення.

У НДІ прикладної електроніки випускається ряд систем для контролю, обліку та безпеки роботи окремих підприємств та їх підрозділів. Перш за все, це перша вітчизняна комп'ютерна система відеонагляду і охорони VisaNet™. Можливості системи дозволяють записувати телевізійний сигнал від 1 до 16 відеокамер, обирати режими відеокомпресії та запису відеокадрів, незалежно програмувати режими запису та контролю кожної з 16 відеокамер, визначати наявність руху в кадрі, архівувати записані відеокадри, здійснювати пошук відеокадрів з архіву по часу та даті, переглядати відео архів і поточне зображення по комп'ютерній мережі на відстані.

НДІ прикладної електроніки в рамках зазначених науково-технічних напрямків плідно співпрацює з кафедрою промислової електроніки факультету електроніки НТУУ «КПІ». За результатами діяльності слід відзначити перспективні здобутки кафедри промислової електроніки у сфері інформаційно-комунікаційних технологій, які можуть бути використані в Smart системах. Спеціалістами кафедри промислової електроніки розроблено модем для зв'язку по лініях силової

електропроводки, який використовується при організації сенсорних мереж, побутової та промислової автоматизації. Розроблений модем використовує лінії силової електропроводки для передачі цифрових даних між пристроями збору даних, виконавчими пристроями, а також пристроями керування та інтерфейсу з ПК. Використання ліній електропроводки дозволяє зв'язати між собою частини електронної системи без використання радіозв'язку та прокладання додаткових кабелів зв'язку. Даний модем використовує технологію Narrowband Powerline Communication (NPLC) та тип модуляції Frequency Shift Keying (FSK). Центральна частота складає 132 кГц. Сигнали, що відповідають біту «0» і «1», ортогональні, а частота їх несучих відрізняються всього на 4 кГц, що дозволяє значно спростити схему вхідного фільтра. Для зменшення показника BER (Bit Error Rate) при обладнанні приміщень такими модемами здійснюється аналіз спектра завод та використовується протокол передачі CAN (Controlled Access Network), адаптований під технологію NPLC, – послідовний протокол зв'язку з підтримкою розосередженого контролю в реальному часі.

Розроблено нову мініатюрну платформу для створення інтелектуальних сенсорів і побудови сенсорних мереж. Тип датчиків, що використовуються в сенсорах, може бути довільним – температура, вологість, тиск, освітлення тощо. Для забезпечення максимальної універсальності передбачені наступні можливості: знижене енергоспоживання; обмін даними по кількох інтерфейсах (USB, RS-485, 1-Wire та ін); живлення від різних джерел (батарея або зовнішнє джерело живлення); збереження (кешування) зібраних датчиком даних в бортовій пам'яті; підключення радіопередавачів (ZigBee, Bluetooth і т.п.); незалежні бортові годинники реального часу; підключення зовнішнього РК-дисплея та кнопок; підключення додаткових датчиків (температура, вологість, тиск, освітлення і т.п.).

Розроблено нову технологію широкосмугового зв'язку та кодового розділення каналів для застосування нового спектрального перетворення з метою підвищення заводозахисності та збільшення пропускної спроможності каналів зв'язку, збільшення заводостійкості комунікацій у системі дистанційного керування та моніторингу. Підвищення заводостійкості досягається за рахунок використання технології передачі з розширенням спектра сигналу дистанційного керування промисловим обладнанням за допомогою прямої цифрової послідовності (DSSS). Технологія використовується в прототипі системи заводостійкого дистанційного керування по лініях електромережі, який призначений для керування перетворювачами електроенергії в енергосистемі з фотогенераторами і трифазним випрямлячем.

Розвиток наукових основ Smart систем як важливої складової сталого розвитку енергетики в Україні набирає обертів. Очікується, що інтелектуальні мережі нададуть ще більше вигод споживачам і виробникам електроенергії, дозволяючи знизити пікові навантаження, підвищувати експлуатаційну ефективність енергетичних компаній, полегшити інтеграцію в мережу великої кількості розосереджених джерел енергії і зарядку електромобілів від електромережі.

Основні технології інтелектуальної електроенергетики (сучасні тренди розвитку передачі електроенергії) [1, 8–11, 13, 14]: системи моніторингу та діагностики (WAMS); уніфікована система керування енергопотоками (UPFC); гнучкі технології передачі на змінному струмі (FACTS, FACDS); гнучкі технології передачі на постійному струмі (FACDS); лінії електропередачі постійного струму (HVDC), надпровідні матеріали. У передових країнах світу визначились такі тенденції у розвитку Smart Grid на найближчі роки: керування великими потоками інформації, розвиток інтелектуальних трансформаторів, впровадження акумуляторів (систем зберігання електроенергії) в комерційні електромережі, розвиток програмного забезпечення та Інтернет-мережі, розвиток «інтернет-речей» та систем передплати за електроенергію, розвиток інтелектуальних датчиків, у першу чергу, термостатів.

Для України основною метою розвитку інтелектуальної електроенергетики залишається перехід до енергетичних систем нового покоління з новими якостями: керування попитом в режимі реального часу, розвиток далекого транспорту електроенергії, розвиток технологій накопичення електроенергії, розвиток розосередженої генерації та НВДЕ, побудова інтегрованих систем енергопостачання.

Розпочаті дослідження в рамках реалізації загальноприйнятих положень побудови Smart систем в НТУУ «КПІ» продовжуються, зокрема, за напрямками:

- підвищення рівня енергоефективності роботи електроенергетичної системи України за рахунок формування ієрархічної структури енергокластерів та використання принципів мультиагентної взаємодії з визначенням оптимальних рівнів розосередженої генерації та акумуляування електроенергії;
- підвищення рівня енергоефективності роботи електроенергетичної системи України за

рахунок оптимізації рівнів використання різних типів джерел НВДЕ;

- інтелектуалізація процесів генерації та розподілу електроенергії (концепції Smart Grid) в інтегрованих системах електропостачання з активним споживачем;
- аналіз особливостей функціонування та побудови в Україні локальних систем електроживлення – Microgrid;
- розширення застосування пристроїв силової електроніки (СЕ), електронних компонент для підвищення ефективності сучасних електроенергетичних та електротехнічних систем.

Сьогодні з метою підвищення надійності та економічності роботи енергетичного сектора, оновлення інфраструктурного базису забезпечення енергобезпеки в Україні є актуальною технологічна докорінна модернізація електричних мереж, у першу чергу, із використанням пристроїв регулювання напруги та потоків потужності, створення резервних ємностей (накопичувачів енергії) для вирівнювання профілів генерації електроенергії та зниження пікових рівнів енергоспоживання. У відповідності до режимної ситуації в електроенергетичних системах значно зростає бажаний рівень гнучкого регулювання параметрів електричної мережі, з'являються можливості віддаленого керування силовими напівпровідниковими вентилями, які змінюють топологію мережі; досягти суттєвого підвищення якості надання послуг з передачі електроенергії та підвищення рівня енергоефективності електричних мереж у цілому.

Потрібно розробити науково-технічні засади підвищення рівня ефективності роботи електроенергетичної системи України, інтегровану платформу побудови систем за рахунок формування ієрархічної структури енергокластерів із заданим рівнем розосередженої генерації, акумулювання та регулювання графіків генерації (навантаження). Використання принципів мультиагентної взаємодії об'єктів електроенергетичної системи з виділенням ієрархічної структури енергокластерів має бути направлено на підвищення енергоефективності електроенергетичних комплексів, підвищення надійності та стійкості режимів генерації та споживання електроенергії.

Зокрема, важливо здійснити такі наукові дослідження:

- розробка механізмів стимулювання процесів впровадження та визначення оптимальних рівнів використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії; формування портфелю проєктів (дослідження перспективних місць розташування генеруючих потужностей) з урахуванням функціональної сумісності та екологічної прийнятності елементів системи;
- розробка методології вирівнювання профілів генерації електроенергії на основі забезпечення заданих рівнів електромагнітної сумісності та виділення енергонезмінних і значимих станів при заданих рівнях накопичення енергії та формування прийнятних профілів генерації і споживання електроенергії;
- розв'язання задач динамічного балансу споживання та генерації на макро- і мікрорівнях на основі принципів технологічної єдності та використання технологій двонаправленого регулювання потоків енергії на базі пристроїв СЕ;
- аналіз та розробка структур, законів і алгоритмів керування, інтегрованих пристроїв-регуляторів потоків електроенергії, направлених на можливість функціонування Microgrid як в автономному режимі (режимі «острів»), так і бути зв'язаними із зовнішньою енергосистемою;
- реалізація в українських електроенергетичних мережах перспективних архітектур побудови систем (наприклад, архітектур на основі концепції FREEDM), що базуються на концепції побудови та використання універсальних пристроїв регулювання;

Інтегровані системи електропостачання (СЕР) з активним споживачем в сучасних умовах стають дієвим механізмом керування попитом на електричну енергію та підвищення рівня ефективності енерговикористання у виділених системах. Це обумовлює необхідність вирішення наступних задач:

- зниження рівнів введення нової генерації за рахунок більш ефективного керування динамічними потоками електроенергії, зокрема, графіками навантажень;
- створення сучасних інтелектуальних засобів контролю та керування інтегрованими СЕР, оснащення мереж електротехнічним обладнанням нового покоління, у першу чергу, пристроями СЕ;
- широкомасштабний моніторинг режимів з метою забезпечення високої надійності та стійкості процесів передачі і розподілу електроенергії та підвищення керованості електричної мережі;
- посилення ролі on-line керування розподільними мережами, підвищення ефективності їх функціонування за рахунок мережевого моніторингу роботи розосереджених технічних засобів регулювання та генерації електроенергії;

- ефективне керування роботою активного споживача.

При побудові інтегрованих СЕП з активним споживачем доцільно здійснити наукові дослідження:

- розробка основних положень інноваційної політики в розподільчому електромережевому комплексі України на основі концепції Smart Grid;
- аналіз впливу та особливостей інтеграції різнорідних джерел енергії та елементів інтелектуальної енергетики на протікання енергопроцесів в інтегрованих СЕП з активним споживачем;
- оцінка оптимальних рівнів використання пристроїв СЕ при регулюванні графіків генерації та споживання електроенергії;
- розробка методів та алгоритмів залучення оперативних даних від елементів мережі для моделювання режимів розподільних мереж (нормальних, аномальних, включення / виключення), формування протоколів обміну даними у квазіреальному часі (режимі on-line);
- формування методології та відповідного методичного забезпечення багатокритеріального обґрунтування раціональних місць розміщення та вибору параметрів джерел розосередженої генерації з урахуванням визначення структури, потужності та профілів генерації для віртуальних електростанцій (комплексних джерел енергії);
- розробка інтегрованої технологічної платформи і методів оперативного керування роботою комплексних джерел електричної та теплової енергії на основі багатокритеріальних евристичних алгоритмів розподілення ресурсів;
- удосконалення (адаптація) існуючих закордонних та розробка нових рекомендацій і регламентів щодо ефективного використання інтерфейсів (зокрема, на основі пристроїв СЕ) для двостороннього обміну енергією з метою підключення джерел розосередженої генерації в інтегрованих СЕП з активним споживачем.

Для широкомасштабної реалізації здобутків українських вчених у сфері інтелектуалізації вітчизняної електроенергетики на часі розробка концепції Smart Grid для України та відповідної програми реалізації комплексних проектів у сфері інтелектуалізації вітчизняної електроенергетики.

Запорукою консолідації наших зусиль на першому етапі має стати формування технологічної платформи «Інтелектуальні електроенергетичні мережі України» та організація Навчально-наукового комплексу «Інтелектуальні електроенергетичні та електронні системи» на базі ІЕД НАН України та структурних підрозділів НТУУ «КПІ» (ІЕЕ, НДІ прикладної електроніки, факультет електроніки).

Література

1. Кириленко О.В. Перетворювачі параметрів електроенергії в Smart системах енергетики / О.В. Кириленко, Ю.І. Якименко, В.Я. Жуйков, С.П. Денисюк // Спец. випуск Праць Ін-ту електродинаміки НАН України (Матеріали I Міжнародної науково-технічної конференції «Інтелектуальні енергетичні системи – ІЕС'10») – К.: ІЕД НАНУ, 2010. – С. 17–23.
2. Кириленко О.В. Силова електроніка: стан використання, наукове і технологічне забезпечення, перспективи розвитку в ХХІ столітті / О.В. Кириленко, Ю.І. Якименко, В.Я. Жуйков, С.П. Денисюк, Р. Стржелецьки // Техн. електродинаміка. Темат. вип. «Проблеми сучасної електротехніки». – 2004. – Ч.1. – С. 58–71.
3. Кириленко О.В. Енергетика сталого розвитку: виклики та шляхи побудови // О.В. Кириленко, А.В. Праховник // Спец. випуск Праць Ін-ту електродинаміки НАН України (Матеріали I Міжнародної науково-технічної конференції «Інтелектуальні енергетичні системи – ІЕС'10») – К.: ІЕД НАНУ, 2010. – С. 10–16.
4. Кобец Б. Б. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid / Б.Б. Кобец, И.О. Волкова. – М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.
5. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения / А.В. Праховник // К.: Освіта України, 2007. – 464 с.
6. Праховник А.В. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства / А.В. Праховник, В.В. Прокопенко, О.М. Закладний, В.І. Дешко та інш. – Луганськ: Місячне сяйво, 2010. – 696 с.
7. Праховник А.В. Розосереджена генерація: стан і перспективи / А.В. Праховник, В.А. Попов, В.В. Ткаченко, F.A. Farret, L. Canha, S. Frieta // Новини енергетики. – 2003. – № 3-1. – С. 54–58.
8. Стогній Б.С. Сталий розвиток енергетики та інтелектуальні енергетичні системи // Б.С. Стогній // Спец. випуск Праць Ін-ту електродинаміки НАН України (Матеріали I Міжнародної науково-технічної конференції «Інтелектуальні енергетичні системи – ІЕС'10») – К.: ІЕД

НАНУ, 2010. – С. 6–9.

9. Стогній Б.С. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, С.П. Денисюк // Техн. електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 44–50.
 10. Стогній Б.С. Інтелектуальні електричні мережі: світовий досвід і перспективи України / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, А.В. Праховник, С.П. Денисюк // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. Спец. випуск. Ч. 1. – К.: ІЕД НАНУ, 2011. – С. 5–20.
 11. Стогній Б.С. Технологічний базис Інтелектуальної об'єднаної енергетичної системи України / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, А.Г. Баталов, С.П. Денисюк // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. Спец. випуск. Ч. 1 – К.: ІЕД НАНУ, 2011.– С. 20–31.
 12. EPRI's IntelliGridSM initiative. [Electronic resource] – Mode of access: <http://intelligrid.epri.com>
 13. EPRI Smart Grid Demonstration Initiative. Two year update. – Electric Power Research Institute (EPRI). – USA, California, 2010.
 14. European Technology Platform – Smart grids, April 2010: “Strategic Deployment document for Europe’s Electricity Networks of the Future.
 15. Grid 2030: A National Vision for Electricity’s Second 100 Years // Office of Electric Transmission and Distribution United State Department of Energy, July 2003.
 16. Smart Grid – European Technology Platform for Electricity Networks of the Future. – European Commission, 2005. [Electronic resource] – Mode of access: <http://www.smartgrids.eu/>
 17. Smart Power Grids – Talking about a Revolution // IEEE Emerging Technology portal, 2009. 2011. [Electronic resource] – Mode of access: <http://www.ieee.org/portal/site/emergingtech/techindex.jsp?techId=1220>
 18. The Modern Grid Initiative Version 2.0, Conducted by the National Energy Technology Reliability, January 2007. [Electronic resource] – Mode of access: <http://www.netl.doe.gov/moderngrid/resources.html>
 19. The National Energy Technology Laboratory: A vision for the Modern Grid, March 2007. [Electronic resource] – Mode of access: http://www.bpa.gov/energy/n/smart_grid/docs/Vision_for_theModernGrid_Final.pdf
-
-
-