

ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО БАЗИСУ МОДЕРНІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ SMART GRID

S. DENYSIUK

MODERNIZATION OF TECHNOLOGICAL BASIS MAINS USING THE CONCEPT OF SMART GRID

Анотація. Розглянуто особливості реалізації концепції Smart Grid при модернізації розподільних електромереж. Наведено основні напрями формування технологічного базису модернізації вітчизняних розподільних електричних мереж.

Ключові слова: Smart Grid, інтелектуалізація електромереж, технологічний базис.

Аннотация. Рассмотрены особенности реализации концепции Smart Grid при модернизации распределительных электросетей. Приведены основные направления формирования технологического базиса модернизации отечественных распределительных электрических сетей.

Ключевые слова: Smart Grid, интеллектуализация электросетей, технологический базис.

Annotation. He features of the concept of Smart Grid at modernizing the distribution grid. The basic directions of forming the basis of technological modernization of Ukrainian mains.

Key words: Smart Grid, intellectualization power, technological basis.

Загальна структура електроенергетичної системи нашої країни, що склалася на початку ХХІ ст., вкрай різноманітна за широкою сукупністю техніко-технологічних та інших параметрів і характеристик, що стримує процес ліквідації існуючих диспропорцій і потребує впорядкування в рамках єдиного підходу, який доцільно сформувати на нових принципах побудови енергосистем. На сьогодні в Україні актуальними є забезпечення ефективної передачі та збуту електроенергії, підвищення якості енергопостачання, рівня обслуговування населення при зниженні технологічних втрат і забезпеченні найбільш повних розрахунків населення в умовах функціонування єдиної енергосистеми України. Потребує свого розв'язання проблема підвищення ефективності вирішення оперативних, поточних питань в електромережевому комплексі України.

Відповіддю нашої країни на енергетичні виклики ХХІ ст. має стати модернізація української електроенергетики з впровадженням системних інноваційних рішень. Важливо сформулювати власний підхід до створення в Україні інтелектуальної електроенергетичної (ЕЕС) системи, спираючись на зарубіжний досвід і тенденції розвитку світової та вітчизняної електроенергетики.

Світовий досвід модернізації електромереж показав, що сучасна електрична мережа має інтегрувати всі види генерації (у тому числі малу генерацію) та будь-які типи споживачів для ситуаційного керування попитом на їх послуги; змінювати в режимі реального часу параметри і топологію мережі за поточними режимними умовами; забезпечувати розширення ринкових можливостей інфраструктури шляхом взаємного надання послуг суб'єктами ринку та інфраструктурою; мінімізувати втрати, розширити системи самодіагностики і самовідновлення при виконанні умов надійності та якості електроенергії; інтегрувати електромережеву та інформаційну інфраструктуру для створення всережимної системи керування з повномасштабним інформаційним забезпеченням [1,3,5,8].

Одним із завдань оновлення Енергетичної стратегії України до 2030 року, яке включено до переліку пріоритетних напрямків діяльності Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, є модернізація магістральних та розподільних електричних мереж. Основною метою реалізації інноваційної політики в розподільному електромережевому комплексі України є побудова мереж нового покоління на основі концепції Smart Grid, що враховує світові тенденції розвитку мереж на основі застосування сучасного високотехнологічного устаткування та передових технологій керування передачею, розподілом і споживанням електроенергії.

Основні характерні риси Smart Grid системи: самовідновлення при аварійних збуреннях; мотивація активної поведінки кінцевого споживача; опір негативним впливам; забезпечення надійності та якості електроенергії; різноманіття типів електростанцій і систем акумулювання електроенергії; розширення ринків потужності та енергії до кінцевого споживача. До ключових технологічних інструментів для формування Smart Grid належать: інтелектуальне силове

обладнання; комунікації на основі сучасних автоматизованих систем; бази даних; автоматизована система запобігання несанкціонованого доступу до керування; програмно-апаратні комплекси [8–11,15–17]. Фактично мова йде про технології, які спроможні зробити електричну мережу та її навантаження транспортними та керованими.

Головний принцип, на якому має базуватися Smart Grid, полягає у визнанні споживача рівноправним суб'єктом електроенергетики і максимальному використанні його технічних можливостей для керування режимами електромережі. Такий тип споживачів отримав на Заході назву «активний споживач» або prosumer.

Поєднання наших зусиль за напрямком інтелектуалізації енергетики доцільно вести як у вертикальному (енергетична система – електроенергетичні мережі – розподільні мережі – споживач / генератор електроенергії), так і в горизонтальному (країна – регіон – територіальне утворення / промисловий вузол, місто – територіальна громада – підприємство / організація / домогосподарство) напрямках.

Вважається, що сучасна інтелектуальна мережа, побудована на основі концепції Smart Grid, містить такі складові: автоматизовані системи роботи зі споживачами; часткову автоматизацію мереж з функціями самовідновлення; віддалене керування та контроль мережі; активне використання аналітики для оптимізації потоків електроенергії; автоматизовану віддалену диспетчеризацію робіт; керування активами за станом. До основних перспективних властивостей інтелектуальних електричних мереж можна віднести: мережева архітектура; мультиагентне керування; активна адаптація (самоорганізація), галузева інтеграція; масштабованість; зв'язок з глобальним інформаційними простором; відкритість щодо споживача.

Інтелектуальна мережа є наступним еволюційним кроком після «розумної» мережі [5,10,11]. Їх основні відмінності полягають у структурі та динаміці розвитку. У інтелектуальній мережі на перше місце виходять завдання оцінки і керування ризиками та узгодження інтересів множини суб'єктів системи, в той час як «розумна» мережа вирішує завдання диспетчеризації і диспетчерського керування в умовах суворой ієрархічної структури.

Широкий закордонний досвід побудови інтелектуальних мереж свідчить, 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.

Інтелектуальні мережі мають забезпечити заплановані заходи щодо лібералізації Оптового ринку електроенергії України та створення ефективного конкурентного середовища на ринку електричної енергії з врахуванням основних вимог законодавства ЄС, у тому числі передбачених Директивою ЄС № 2003/54/ЄС про загальні правила функціонування внутрішнього ринку електроенергії. Необхідно забезпечити недискримінаційний доступ до ринку його суб'єктів та всіх категорій споживачів, а також стабільність і безперебійність поставок електроенергії шляхом запровадження системи конкуренції складових ринку – ринків двосторонніх договорів, балансуєчого ринку та ринку на добу вперед.

У зв'язку зі зміною ролі споживачів істотну трансформацію в ЕЕС зазнає розподільна мережа, яка стає активним елементом всієї ЕЕС: вона стає спостережуваною, керованою, а споживачі проявляють адаптивність до режимних і ринкових умов функціонування ЕЕС з метою підвищення економічної ефективності енергоспоживання.

Розподільні мережі нового покоління – це мережі, в основі яких закладені нові принципи побудови, виконані з використанням нових технологій, конструкцій та матеріалів, а також оснащені сучасним електрообладнанням, засобами керування, автоматизації та захисту, що задовольняють вимогам споживача по якості електроенергії та надійності електропостачання [5,–7, 12].

З точки зору функціонування електроенергетичних систем можна виділити три рівня їх інтелектуалізації: верхній – інтелектуалізація енергосистеми в цілому, як єдиної мегасистеми; середній – інтелектуалізація комплексів обладнання (наприклад, електростанцій чи електромереж); нижній – інтелектуалізація окремих видів силового обладнання і технологічних комплексів споживачів.

На новому етапі модернізації електроенергетичного сектора нашої країни доцільно враховувати особливості зміни вітчизняної інфраструктури; нову роль ринку електроенергії, формування балансуєчого ринку; нові співвідносини «власник генеруючих та розподільних мереж» – «покупець електроенергії»; формування «енергетичних хабів» у кінцевого споживача.

Сучасна система керування розподілом електроенергії (DMS) – важливий інструмент Smart Grid – має представляти програмне забезпечення, яке оснащено засобами аналізу стандартних електричних мереж, включаючи засоби аналізу потоків потужності та оцінки станів [11,13]. Без таких систем реалізація керування віртуальною електростанцією VPP є неможливою. DMS базується на моделях мережі різного ієрархічного рівня, динамічних даних, алгоритмах керування незбалансованими потоками потужності. Вона повинна мати такі функціональні можливості: оперативне планування і аналіз, мінімізація втрат; підтримка засобів керування для усунення перебоїв в електропостачанні; регулювання напруги та реактивної потужності. Функції керування попитом: обмежене регулювання напруги – CVR (відоме як керування попитом в мережі розподілу електроенергії – DSDR); безпосереднє керування попитом; відключення навантаження / ізолювання.

Сукупність технологій на стороні споживання електроенергії (Demand side integration), що включають розосереджену генерацію, накопичувачі енергії, регульоване навантаження та ін. технології, дозволяє отримати ряд нових ефектів [1,3,5,7,10]:

- зниження або зсув піку навантаження і вирівнювання графіка навантаження;
- можливість двостороннього обміну енергією з енергосистемою;
- автоматичну синхронізацію з ЕЕС;
- обмеження струмів КЗ та забезпечення якості електроенергії;
- можливість безперебійного електропостачання, в т.ч. при аварійному відділенні від ЕЕС, із забезпеченням необхідної якості по частоті і напрузі електричного струму на шинах споживача.

Важливою ланкою архітектури інтелектуальної мережі стає інфраструктура керування даними та їхній аналіз в реальному часі, що вимагає забезпечення інтенсивного інформаційного обміну. Можливості інтелектуальних мереж, зокрема, моніторингу та прогнозування режимів і керування ними, дозволяє помітно підвищити ефективність та адаптивність керування електроенергетичними системами, ефективність формування корпоративних, регіональних та національних електронних баз знань у сфері електроенергетики.

Ключовими характеристиками інтелектуальних електромереж стає можливість автоматично запобігати або зменшувати перерви електропостачання, розвиваючи завдання превентивного режимного і протиаварійного керування, вирішувати завдання керування якістю електропостачання, контролю протікання аварій, в т.ч. каскадного типу, а також процесу відновлення електропостачання. Досягнення цих ефектів можливо при насиченні ЕЕС технічними засобами, що підвищують інформативність процесів і інтелектуальність керування в кожному критичному вузлі та забезпечують миттєвий зворотний зв'язок.

Перехід до інтелектуальних розподільних електричних мереж в Україні має бути спрямований на вирішення наступних основних завдань [4–12]:

- керування транспортом електричної енергії та зниження втрат в елементах електричної мережі при її передачі;
- підвищення надійності та стійкості системи електропостачання споживачів за рахунок моніторингу технічного стану елементів мережі, попередження та локалізації аварійних ситуацій;
- підтримання розподільної електричної мережі в стабільному режимі роботи за рахунок згладжування графіків навантаження;
- забезпечення споживача електроенергією належної якості;
- підвищення керованості розподільної електричної мережі та її спостережуваності;
- широкої інтеграції розосереджених джерел електроенергії в електричну мережу.

У схемі розвитку сучасних розподільних мереж повинні обґрунтовуватися і визначатися:

- основні технічні напрями розвитку розподільних електричних мереж;
- необхідні обсяги нового будівництва, технічного переозброєння і реконструкції розподільних електричних мереж;
- вибір оптимальних класів напруги;
- допустимі значення струмів короткого замикання;
- необхідність компенсації ємнісних струмів замикання на землю в мережах 6 – 35 кВ, а також компенсації реактивної потужності;
- загальні вимоги до організації системи обліку електричної енергії;
- вимоги щодо мережевого резервування і застосування автономних джерел

електропостачання;

- визначення «закритих» для технологічного приєднання центрів живлення;
- основні технічні вимоги при видачі потужності об'єктів малої генерації;
- надійність електропостачання великих міст і мегаполісів.

В інтелектуальних електромережах підвищується якість зворотного зв'язку з кінцевими споживачами електричної енергії, що надає нові можливості в забезпеченні надійності розподільної мережі за рахунок:

- використання засобів автоматичного виявлення порушень;
- автоматизації підстанцій та зменшення часу оперативних перемикачів;
- підвищення адаптивності засобів релейного захисту до мінливих режимних ситуацій;
- керування кінцевим попитом за рахунок автоматизації електроприймачів для безпосереднього керування та економічного стимулювання проходження бажаного графіка навантаження;
- оптимізації використання потужностей «великої» генерації, розосередженої генерації і накопичувачів енергії для взаємного резервування;
- динамічної зміни меж навантажувальної спроможності обладнання електричної мережі відповідно з фізичними умовами роботи.

В частині забезпечення системної надійності інтелектуальні електромережі включають нові ефективні засоби підвищення спостережуваності електричного режиму і керованості основної електричної мережі:

- пристрої контролю запасів стійкості ЕЕС і електричного навантаження основного обладнання;
- автоматизовані підстанції та керовані електропередачами на базі технологій двонаправленого регулювання потоків енергії, зокрема, технології Flexible Alternative Current Transmission Systems (FACTS) та FACDS; напівпровідникові трансформатори (SST); напівпровідникові ізолюючі пристрої (SS FID); пристрої забезпечення заданих рівнів електромагнітної сумісності;
- адаптивні системи керування мережами в аварійних ситуаціях, автоматичні реєстратори перехідних процесів і порушень;
- моніторинг технічного стану силового обладнання та прогнозування його ресурсу;
- засоби моделювання систем, в т.ч. прогнозування потужності генерації на базі відновлюваних джерел енергії, системи інформаційної підтримки прийняття рішень.

На перших етапах впровадження технології Smart Grid в розподільній мережевий комплекс, інтелектуальні електромережі повинні розглядатися як локалізований об'єкт з високим ступенем керування, що включає в себе відокремлені розосереджені джерела електричної енергії і з'єднані між собою локальними електричними мережами із споживачами. Дані об'єкти повинні мати не менше двох точок приєднання до розподільної електричної мережі.

При розробці техніко-економічного обґрунтування на створення інтелектуальної мережі, необхідно визначити режим роботи мережі, з урахуванням приєднаних до неї об'єктів генерації на паралельну або роздільну роботу із зовнішньою розподільною мережею, а також отримати відповідні технічні умови на створення і приєднання інтелектуальних електромереж.

Паралельна робота інтелектуальних електромереж з зовнішньої розподільною мережею припускає видачу надлишкової потужності об'єктів генерації в зовнішню розподільну мережу або споживання електроенергії з неї в обсязі, достатньому для покриття дефіциту генерації у інтелектуальній електромережі. Паралельна робота інтелектуальних електромереж із зовнішньої розподільною мережею вимагає розробки схемних рішень, прийняття проектних рішень по параметрах будівництва локальної розподільної мережі, а також за параметрами реконструкції прилеглої зовнішньої розподільної мережі напругою 6–20 кВ з урахуванням зміни рівнів струмів КЗ і перетоків потужності в обох напрямках.

Підключення об'єкта малої генерації до електричних мереж проводиться на підставі технічних умов на приєднання, в яких доцільно передбачати:

- наявність пристроїв автоматичної синхронізації генераторів з ЕЕС;
- релейного захисту та протиаварійної автоматики, що виключають несинхронно включення енергетичних установок в електричну мережу, а також подачу несинхронного напруги на енергетичні установки від електричних мереж;
- організацію каналів передачі оперативної та технологічної інформації.

Паралельна робота інтелектуальних електромереж без розподіленої генерації з зовнішньої розподільною мережею повинна допускати роботу тільки накопичувача енергії в режимі набору ємності.

При видачі потужності з накопичувача в інтелектуальну електромережу, паралельна робота останньою з розподільною електричною мережею не допускається з метою максимального використання ККД накопичувача при його роботі на виділене (локальне) навантаження і зниження необґрунтованих втрат у зовнішній розподільній мережі. При зниженні ємності накопичувача, в процесі його роботи (визначається рівнем напруги) локальна мережа повинна включатися через АВР у зовнішню розподільну мережу з одночасним відключенням накопичувача від локальної мережі.

В рамках формування інтелектуальних розподільних електромереж розширюється сфера застосування пристроїв силової електроніки [3,4,9,10], в першу чергу, генерації заданих рівнів активної і реактивної потужностей та покращення якості електроенергії. Сфера застосування першої групи пристроїв – системи постачання на основі технологій FACTS. Сфера застосування другої групи пристроїв, відомих як Custom Power System (CUPS), що зосереджуються на системі розподілу електроенергії, забезпечуючи електроенергією кінцевого користувача, є технологія, створена у відповідь на повідомлення про низьку якість постачання електроенергії, що впливає на роботу підприємств, організацій та сферу домашнього господарства.

Системи розподілу електроенергії з використанням пристроїв силової електроніки:

- пристрої для забезпечення відповідності параметрів і для зв'язку розосереджених джерел з лініями електропередачі або локальними кінцевими споживачами, а також для регулювання рівнів генерації електроенергії цими джерелами;
- пристрої для забезпечення відповідності параметрів і зв'язку накопичувачів електроенергії з лініями електропередачі, а також для керування обміном енергії між системами зберігання та лініями електропередачі;
- пристрої для покращення якості електропостачання та електромагнітної сумісності, зокрема, компенсації падінь напруги та імпульсних завад, несиметрії та спотворення напруги живлення, а також як компенсації спотворення, несиметрії та фазового зсуву в струмі навантаження.

Буде зростати роль технологій накопичення електроенергії, зокрема, за напрямками: створення резервів потужності у споживача; використання махових накопичувачів, хімічних технологій; стабілізація режиму та ефективного балансування навантаження; використання акумуляторів високої ефективності (ємності).

Широко застосовуватиметься побудова локальних систем Microgrid. Проблема оптимізації підключення малих виробників енергії до загальної мережі – це проблема відсутності ефективних технологій. Переваги мікромережових технологій – зниження втрат енергії, зростання ефективності та доступності надійного високоякісного енергопостачання. Локальна система Microgrid включає, як правило, кілька джерел генерації та розподільних підстанцій, комплекси збереження енергії, регулятори потоків електроенергії, що дозволяє Microgrid функціонувати як в автономному режимі, так і бути зв'язаною із зовнішньої енергосистемою. Microgrid добре справляються з задачею підвищення надійності енергопостачання за рахунок оперативного переключення споживачів між загальною енергосистемою і місцевими джерелами енергії у випадку перевантажень та стрибків напруги. Сьогодні існують два шляхи розвитку мікромережових технологій. Основний метод, визнаний більшістю, передбачає постійний дистанційний комп'ютерний контроль усіх ділянок Microgrid. Альтернативний підхід передбачає автоматичну зміну значимих параметрів Microgrid, базуючися на зміні частоти в мережі.

Технічні рішення, прийняті в схемах інтелектуальних розподільних електричних мереж, повинні забезпечувати: нормовані рівні надійності для кожної групи споживачів; необхідну якість електроенергії у споживачів; оптимальні втрати електроенергії в елементах мережі; підтримку необхідних параметрів технологічного режиму роботи обладнання при зміні електричних навантажень; зниження експлуатаційних витрат.

З точки зору виконання своїх функцій у сучасних електромережах силове електротехнічне обладнання має бути енергоефективним з якісно новим рівнем керування, екологічно чистим, безпечним, надійним та зручним в експлуатації. Новий рівень керування означає використання мікропроцесорної техніки, контролерів, терміналів віддаленого доступу (RTUs), інтелектуальних електронних приладів (IED).

Сьогодні інтелектуальним визначається обладнання, яке забезпечує максимально можливий контроль стану всіх його систем, самодіагностику та видачу рекомендацій щодо подальших дій у випадку виявлення пошкоджень, які можуть розвиватися, чи появи ненормованого впливу. Принципово важливо, що при цьому обладнання має забезпечити автоматичний режим керування своїми регульованими підсистемами, з повним контролем правильності виконання команд.

Крім того, інтелектуальне обладнання може розглядатися як деяка елементарна базова ланка інтелектуальної електромережі. Тому загалом необхідними є також застосування надійних системних засобів, що забезпечуватимуть керування та контроль, захист і автоматизацію всієї системи в цілому, а також об'єднання окремих комплексів та обладнання.

Важливою новою властивістю інтелектуального обладнання стає можливість роботи його систем керування, захисту, моніторингу не тільки «по вертикалі» (через системи керування верхнього рівня), але й «по горизонталі» (через зв'язок з іншим обладнанням).

Для підвищення ефективності роботи мереж відбувається пошук рішень зазначених основних проблем, які виникають при модернізації електромереж та інтеграції розосереджених джерел енергії в розподільні мережі. Так, перспективні роботи EPRI спрямовані на розробку засобів координації функціонування великої кількості розосереджених джерел енергії та двонаправлених мереж зв'язку [14]:

- стандартів функціональної сумісності обладнання інтелектуальних мереж та розосереджених джерел енергії для їх більш глибокої інтеграції;
- засобів та стандартів, які полегшують реалізацію інтелектуальної мережі, зокрема, використання методології IntelliGridSM, призначеної для вибору додатків, інфраструктури системи керування, а також комунікаційної та інформаційної інфраструктур, необхідних для інтеграції розосереджених джерел енергії;
- концепції інтеграції розосереджених джерел енергії, концепції Smart Substation, формування універсальних технологій «зв'язку» (UIT);
- платформи керування потужністю інтегрованих розосереджених джерел енергії;
- нової структури споживання електроенергії електромобілями, які заряджаються від мережі (керування великою кількістю вітрогенераторів і фотоелектричних систем з використанням як баластного навантаження заряджання електромобілів);
- механізмів і алгоритмів використання сучасних приладів обліку на основі принципу динамічного ціноутворення; оцінки впливу інтелектуальних лічильників і динамічного ціноутворення на поведінку споживачів;
- способів координації великої кількості розосереджених джерел енергії, множини яких розглядаються як віртуальні електростанції (VPP).

За даними IEEE найбільш перспективними сферами дослідження є прогнозування навантаження ЕЕС; діагностика та локалізація несправностей; оптимізація розподілу навантаження; оцінка надійності; динамічна стійкість ЕЕС. Оскільки на перше місце виходять потреби споживача-людини, то крім технологічних, управлінських та економічних аспектів в енергетиці майбутнього будуть важливими ще й соціально-психологічні аспекти.

Проведений аналіз показав, що реформування розподільних мереж на основі концепції Smart Grid має передбачити:

- 1) створення організаційно-економічних передумов впровадження нових засобів вимірювання, контролю та керування в електричних мережах;
- 2) визначення ролі мережевих технологій у підвищенні якості та безперебійності поставок електроенергії, забезпеченні рівноваги між виробництвом і споживанням електроенергії, а також ролі пристроїв керування у збільшенні пропускної спроможності ЛЕП та зниженні втрат електроенергії, регулюванні напруги в інтелектуальних мережах.
- 3) моніторинг режимів електричних мереж за рахунок використання автоматизованих систем контролю, обліку та керування енерговикористанням; цифрової реєстрації та аналізу аварійних процесів у мережах; контролю та аналізу якості електричної енергії;
- 4) комерційний облік електроенергії та контроль параметрів режимів електроспоживання в умовах перспективних моделей енергоринку, зокрема, при уніфікації засобів і систем контролю, обліку та керування енерговикористанням; використання методів та засобів синхронізації вимірювань, забезпечення достовірності даних; забезпечення інформаційної взаємодії АСКОЕ; організації двосторонньої взаємодії суб'єктів енергоринку;
- 5) визначення місця і ролі споживачів електроенергії (зокрема, активних споживачів (prosumer) та споживачів-регуляторів) в інтелектуальних мережах (місце сучасних споживачів у

інтелектуальних мережах, механізмів взаємодії споживачів з інтелектуальною мережею в умовах самоенергозабезпечення споживачів);

6) керування режимами електроспоживання споживачів, у тому числі керування режимами електроспоживання в умовах перспективних моделей енергоринку;

9) використання сучасних методів і програмних засобів розрахунку режимів розподільних електричних мереж та технічних втрат потужності: оперативне ведення режимів розподільних електричних мереж; розрахунок усталених режимів та втрат електроенергії; вибір оптимальних місць розмикання та створення схем післяаварійного режиму; впровадження автоматизованих інформаційно-розрахункових систем для експлуатації електричних мереж);

10) впровадження сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, зокрема, архітектур EnergyWeb та eNetworks;

11) реалізацію сучасних механізмів формування і функціонування фінансово-економічного блоку керування енергокомпанією (керування активами за станом; організація економічного та фінансового менеджменту в енергетиці; керування ризиками; формування договірних відносин на роздрібних ринках електроенергії; залучення інвестиційних механізмів реалізації проектів модернізації).

Реформування розподільних мереж на основі концепції Smart Grid доцільно виконувати поетапно:

1-й етап – визначення концепції побудови мережі, принципів її функціонування, а також розробка основних вимог до реалізації пілотних проектів розподільної мережі з вибором комплексу взаємопов'язаних рішень по силовому обладнанню, автоматизованих системах керування, програмному забезпеченні, засобах збору і передачі інформації;

2-й етап – реалізація ряду пілотних проектів мережі в режимі дослідно-промислової експлуатації з метою отримання розрахункових параметрів системи, техніко-економічних показників, а також аналізу та узагальнення досвіду експлуатації;

3-й етап – розробка нормативно-правових документів, що регламентують юридичні аспекти, організаційні та технічні заходи, а також послідовність їх реалізації при створенні інтелектуальних розподільних електромереж;

4-й етап – повномасштабна реалізація проектів інтелектуальних розподільних електромереж.

Доцільною також є розробка стратегії та програми розвитку розподільних мереж у відповідності до положень концепції Smart Grid. Така стратегія та програма розвитку електромереж, перш за все, має передбачати:

- інтелектуальний облік для зменшення комерційних втрат та полегшення процесу розрахунків;
- сучасну топологію мереж для підвищення рівня надійності та збільшення пропускної здатності з використанням нових технологій регулювання напруги та компенсації реактивної потужності (пристрої силової електроніки, технології FACTS, реклоузери);
- системи моніторингу, автоматики, телемеханіки та комерційного обліку на основі розгалужених інформаційних каналів (цифрова реєстрація та аналіз аварійних процесів в електричних мережах; реєстратори аварійних процесів і аналізатори якості електричної енергії);
- цифрові підстанції – підвищення рівня надійності та зменшення технологічних втрат електроенергії.

До першочергових завдань таких програм розвитку розподільних мереж можна віднести:

- визначення ролі споживачів-регуляторів (активного поживача);
- методи та засоби керування режимами електроспоживання споживачів; керування режимами електроспоживання в умовах перспективних моделей енергоринку;
- комерційний облік електроенергії та контроль параметрів режимів електроспоживання в умовах перспективних моделей енергоринку;
- визначення технічно та економічно можливої частки використання НВДЕ в мережах;
- аналіз впливу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії на підключення;
- аналіз технічних можливостей електричних мереж в територіальному розрізі;
- прогнозування попиту;
- аналіз режимів роботи напружених ліній.

Література

1. Вариводов В.Н. Интеллектуальные электроэнергетические системы / В.Н. Вариводов, Ю.А.

- Коваленко // Электричество. – 2011. – № 9. – С. 4–9.
2. Дорофеев В.В. Активно-адаптивная сеть – новое качество ЕЭС России / В.В. Дорофеев, А.А. Макаров // Энергоэксперт. – 2009. – № 4. – С. 28–34.
 3. Каменев А.С., Королев С.Ю. Интеллектуальные сети – идеологическая и инфраструктурная основа энергетики будущего / А.С. Каменев, С.Ю. Королев // Энергетическая политика. – 2012. – № 1. – С. 42–48.
 4. 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.
 5. Кучеров Ю.Н. Анализ условий развития интеллектуальных энергосистем с учетом особенностей надежности и стандартизации / Ю.Н. Кучеров, Ю.Г. Федоров // Энергетическая политика. – 2012. – № 1. – С. 27–41.
 6. Положение о единой технической политике ОАО «Холдинг МРСК» в распределительном сетевом комплексе. – М.: Холдинг «МРСК», 2011. – 102 с.
 7. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения / А.В. Праховник // К.: Освіта України, 2007. – 464 с.
 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. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, А.В. Праховник, С.П. Денисюк // Техн. Електродинаміка. – 2012. – № 5. – С. 52–67.
 12. 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.
 13. Demand Side Integration | CIGRE TB 475, WG C6.09. – 2011. – 144 p.
 14. EPRI's IntelliGridSM initiative. [Electronic resource] – Mode of access: <http://intelligrid.epri.com>
 15. European Technology Platform – Smartgrids, April 2010: “Strategic Deployment document for Europe's Electricity Networks of the Future.
 16. Grid 2030: A National Version for Electricity's Second 100 Years // Office of Electric Transmission and Distribution United State Department of Energy, July 2003.
 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>
-
-
-