



Лекція № 2

Тема: **ОСНОВНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ SMART GRID**

План

- 1. Найвагоміші фактори в електроенергетиці та ефекти створення Smart Grid;*
- 2. Вихідні положення концепції Smart Grid за кордоном;*
- 3. Функціональні характеристики Smart Grid;*
- 4. Базові підходи і ключові вимоги в концепції Smart Grid;*
- 5. Функціональні властивості енергосистеми на базі Smart Grid;*
- 6. Групи технологій Smart Grids;*
- 7. Технології оперативного контролю для автономних енергосистем.*



1. Найвагоміші фактори в електроенергетиці та ефекти створення Smart Grid

Інтелектуальна енергетика справедливо розглядається як цілісна технологічна платформа, що відповідає енергетичним потребам нової, інноваційної економіки 21 століття, запитам постіндустріального суспільства, вимогам сталого розвитку (sustainable development). Саме тому все більшої актуальності набуває оцінка так званих зовнішніх, екстремальних ефектів, очікуваних від створення Smart Grid. Ефекти від впровадження енергосистеми на базі концепції Smart Grid показані в таблиці 2.1.

Дані ефекти акцентують увагу на тому, якою мірою створення ІЕС відповідає соціальному запиту суспільства та економіки до нових стандартів енергопостачання, і тому також повинні стати складовою частиною розгорнутого техніко-економічного обґрунтування створення інтелектуальної енергетики, доповнюючи основні технологічні і прямі економічні ефекти.



Таблиця 2.1. Ефекти від впровадження енергосистеми на базі концепції Smart Grid

Параметри	2000	2025		
	Базис	Енергетична система без Smart Grid (сценарій 1)	Енергетична система на базі Smart Grid (сценарій 2)	Відношення показників сценарію 2 до сценарію 1
Споживання електро-енергії (млрд. кВт*год)	3800	5800	4900-5200	10-15% зниження
Зниження інтенсивності системи розподілу (кВт*год/\$ВВП)	0,41	0,28	0,2	29 % зниження
Зниження попиту в пікове навантаження (%)	6 %	15 %	25 %	66 % зростання
Викиди CO ₂ (млн. тон вуглецю)	590	900	720	20 % зниження
Рівень зростання продуктивності (%/рік)	2,9	2,5	3,2	28 % зростання
Реальний ВВП (млрд. доларів)	9200	20700	24300	17 % зростання
Вартість втрат від аварій для бізнесу (billions of dollars)	100	200	20	90 % зниження



Інтелектуалізація приносить багато позитивних ефектів, а саме:

1) Зниження екологічного навантаження.

Створення нових технологічних можливостей для масштабного розвитку відновлюваної енергетики, підвищення енергоефективності при передачі, розподілі та кінцевому споживанні електроенергії потенційно може забезпечити помітне зниження використання органічного палива в електроенергетиці а, отже - зниження викидів забруднюючих речовин і парникових газів. Застосування нових технологій в мережевому комплексі дозволяє також знизити рівні електромагнітного випромінювання при передачі та розподілі електроенергії та значне скорочення обсягів відчужуваної землі.

2) Інноваційний імпульс для економіки.

Розвиток інтелектуальної енергетики формує масовий попит на науково-дослідні роботи для створення інноваційних продуктів енерго-машинобудування та електротехнічної промисловості (розробка та освоєння нових технологій відновлюваної енергетики, зберігання електроенергії).



3) Підвищення енергетичної безпеки.

Найбільш очевидним і значущим ефектом в цій сфері є підвищення надійності енергопостачання. Інтеграція та оперативність управління генерацією, мережами і кінцевим попитом дозволяють значно знизити ймовірність порушень енергопостачання, частоту і тривалість відключень. Наявність джерел розподіленої генерації, максимально наближених до споживача, різні форми акумулювання електроенергії, розвиток мікромереж, підвищують рівень локальної енергозабезпеченості, створюючи можливості для оперативного переходу споживачів до автономного енергопостачання у разі системних аварій.

Ключовим економічним показником для оцінки даного ефекту є зниження економічних збитків у різних категорій споживачів, пов'язаних з упущеною вигодою або збільшеними виробничими витратами при порушенні нормального режиму виробничої або комерційної діяльності.

Крім цього, інтенсивне залучення локальних (насамперед - відновлюваних) енергоресурсів при створенні Smart Grid дозволяє знизити рівень залежності від зовнішніх поставок (чи імпорту) органічного палива або електроенергії на рівні окремих регіонів або країни в цілому.



4) Поліпшення умов для економічної інтеграції та конкуренції

Підвищення гнучкості режимів функціонування мережевої інфраструктури, нові засоби управління пропускними можливостями і потоками потужності дозволяють подолати існуючі обмеження для тіснішої комерційної взаємодії оптових ринків електроенергії і перейти до нового етапу економічної інтеграції в електроенергетиці, формування більших об'єднаних ринків в національному та транснаціональному масштабах (зокрема формування єдиного електроенергетичного ринку ЄС).

Впровадження інтелектуальних систем обліку електроенергії, розвиток можливостей двосторонньої комунікації та автоматизація спільного управління режимами передачі, розподілу та споживання електроенергії, а також розподіленої генерації роблять реальним якісно нове, динамічне ціноутворення для кінцевих споживачів і забезпечують можливості їх активного включення у формування кривої попиту на ринку. В цілому, перехід до інтелектуальної електроенергетики є необхідною умовою для запуску повномасштабної конкуренції на рівні кінцевих споживачів. Це в підсумку відбивається на зниженні середньої вартості електроенергії та оптимізації фінансових витрат споживачів.



5) Підвищення продуктивності та безпеки праці

Активне впровадження автоматизованих систем віддаленого контролю та управління у сфері Smart Grid (цифрові підстанції, датчики, інтелектуальні лічильники і т. д.), нові типи технічних пристроїв із зниженими показниками аварійності, збільшеним експлуатаційним ресурсом дозволяють помітно скоротити чисельність обслуговуючого персоналу. Одночасно з цим, створюється більш безпечне і комфортне середовище для виробничого персоналу, як в електроенергетиці, так і для обслуговування пристроїв у кінцевих споживачів.

Найвагомішими чинниками впливу на швидкість розвитку Smart Grid є:

- обмеженість можливості подальшого нарощування, як обсягів, так і підвищення ефективності генеруючих потужностей (в силу вичерпності в довгостроковій перспективі не поновлюваних видів палива, а також і появи істотних екологічних обмежень), стримування розвитку мережевої інфраструктури, в першу чергу, в районах з високою густиною населення, зростаючими техногенними та інфраструктурними ризиками розвитку;



- низький потенціал підвищення ефективності використання ресурсів (існуюча технологічна база енергетики практично вичерпала можливості підвищення продуктивності обладнання);
- обмеженість інвестиційних ресурсів для будівництва нових енергетичних об'єктів і розвитку мережевої інфраструктури.

Основні чинники, що визначаються необхідність змін у розвитку електроенергетики показані на рис. 2.1.

Результати досліджень показали, що врахування всіх чинників розвитку електроенергетики в майбутньому вимагає зміни принципів і механізмів її функціонування, здатних забезпечити суспільний розвиток, проривне підвищення споживчих властивостей та ефективності використання енергії.

Ці результати спонукали розробку нової концепції інноваційного розвитку електроенергетики, яка, з одного боку, відповідала б сучасним поглядам, меті та цінностям соціального і суспільного розвитку, що формуються і очікуваними потребами людей і суспільства в цілому, а, з іншого, максимально враховувала основні тенденції та напрямки науково-технічного прогресу у всіх галузях, сферах життя і діяльності суспільства. Такою концепцією і стала Smart Grid.



Зміна умов функціонування ринків електроенергії та потужності



Поява прогресивних технологій в результаті НТП, що не знайшли належного застосування в сучасній електроенергетиці

Зниження надійності енергопостачання

Зростання вимог споживачів до надійності і якості електропостачання

Необхідність підвищення енергетичної та екологічної ефективності електроенергетики

Постійне підвищення вартості електроенергії у всьому світі

Рисунок 2.1 – Основні чинники, що визначають необхідність змін у розвитку електроенергетики

Слід зазначити, що публічно представлені на сьогодні розроблені підходи і варіанти концепції не сприймаються як щось закінчене і нормативно зафіксоване – їх формування, розвиток, конкретизація і апробація ставиться як одне з основних завдань.



2. Вихідні положення концепції Smart Grid за кордоном

Аналіз зарубіжного досвіду дозволив сформулювати такі вихідні положення, які прийняті при розробці та розвитку концепції Smart Grid:

1. Концепція Smart Grid передбачає системне перетворення електроенергетики (енергосистеми) і всіх її основних елементів: генерацію, передачу і розподіл (включаючи і комунальну сферу), збут і диспетчеризацію;

2. Енергетична система розглядається в майбутньому як подібна мережі Інтернет інфраструктура, призначена для підтримки енергетичних, інформаційних, економічних і фінансових взаємовідносин між усіма суб'єктами енергетичного ринку та іншими зацікавленими сторонами;

3. Розвиток електроенергетики має бути спрямований на розвиток існуючих і створення нових функціональних властивостей енергосистеми і її елементів, що забезпечують найбільшою мірою досягнення ключових цінностей нової електроенергетики, вироблених в результаті спільного бачення усіма зацікавленими сторонами мети та шляхів її досягнення;



4. Електрична мережа та її елементи розглядаються як основний об'єкт формування нового технологічного базису, що дає можливість істотного поліпшення досягнутих та створення нових функціональних властивостей енергосистеми;

5. Розробка концепції комплексно охоплює всі основні напрямки розвитку: від досліджень до практичного застосування та тиражування і повинна вестися на науковому, нормативно-правовому, технологічному, технічному, організаційному, управлінському та інформаційному рівнях.

6. Реалізація концепції носить інноваційний характер і дає поштовх для переходу до нової технологічної структури в електроенергетиці та в економіці в цілому.

Виходячи з цього, був проведений глибокий аналіз можливих шляхів розвитку електроенергетики, і встановлено наявність серйозних обмежень можливостей розвитку галузі, в рамках колишньої екстенсивної концепції, заснованої переважно на поліпшенні окремих видів обладнання і технологій, що володіють навіть більш досконаліми порівняно з досягнутими на сьогодні функціями і характеристиками.



3. Функціональні характеристики Smart Grid

У рамках концепції Smart Grid для досягнення ключових вимог (цінностей) передбачається розвиток таких функціональних характеристик:

1) *Самовідновлення при аварійних збуреннях*: енергосистема та її елементи повинні постійно підтримувати свій технічний стан на необхідному рівні шляхом ідентифікації, аналізу та переходу від управління за фактом збурення до попередження аварійного пошкодження.

2) *Мотивація активної поведінки кінцевого споживача*: забезпечення можливості самостійної зміни споживачами обсягу і споживчих характеристик (рівня надійності, якості тощо) одержуваної енергії на підставі балансу своїх потреб і можливостей енергосистеми з використанням інформації про характеристики цін, обсягів, надійності, якості та ін.

3) *Опір негативним впливам*: наявність методів забезпечення стійкості та живучості, що знижують фізичну та інформаційну вразливість всіх складових енергосистеми і сприяють як запобіганню, так і швидкому відновленню її після аварій відповідно до вимог енергетичної безпеки.



4) *Забезпечення надійності та якості електроенергії* шляхом переходу від системно-орієнтованого підходу (System - Based Approach) до забезпечення цих властивостей до клієнтоорієнтованої (Customer-based) і підтримці різних рівнів надійності та якості енергії в різних цінових сегментах.

5) *Різноманіття типів електростанцій і систем акумулювання електроенергії (розподілена генерація)*: оптимальна інтеграція електростанцій і систем акумулювання електроенергії різних типів і потужностей шляхом підключення їх до енергосистеми за стандартизованими процедурами технічного приєднання та перехід до створення «мікроенергосистем» (Microgrid) на стороні кінцевих користувачів.

6) *Розширення ринків потужності та енергії до кінцевого споживача*: відкритий доступ на ринки електроенергії активного споживача і розподіленої генерації, який сприяє підвищенню результативності та ефективності роздрібного ринку.

7) *Оптимізація управління активами*: перехід до віддаленого моніторингу виробничих активів в режимі реального часу, інтегрованому в корпоративні системи управління, для підвищення ефективності оптимізації режимів роботи та вдосконалення процесів експлуатації, ремонтів і заміни обладнання за його станом, та зниження загальносистемних витрат.



Реалізація висунутих ключових вимог (цінностей) і здійснення функціональних властивостей (принципових характеристик) розглядаються в рамках концепції Smart Grid з позицій ідентифікації забезпечення їх ключових (базових) технологічних областей і технологій або технологічного базису, що вимагають відповідного інноваційного розвитку.

Під технологічним базисом розуміють сукупність технологій, що дозволяють забезпечувати узгоджену структуру проміжних і кінцевих продуктів і послуг на певному етапі розвитку галузі. У концепції Smart Grid при формуванні технологічного базису розглядається, як необхідне питання забезпечення технологічної наступності переходу від існуючої технологічної бази енергетики до нової з мінімально можливими витратами.



4. Базові підходи і ключові вимоги в концепції Smart Grid

Реалізація ключових вимог (цінностей) в концепції Smart Grid ґрунтується на таких базових підходах:

1) *Орієнтація на вимоги зацікавлених сторін і клієнтоорієнтованість.* Прийняття рішень щодо розвитку і функціонування електроенергетики здійснюється на основі балансу вимог усіх зацікавлених сторін з урахуванням очікуваних ними вигод і витрат, де споживачеві відведена ключова роль активного учасника і суб'єкта прийняття рішень шляхом самостійного формування своїх вимог до обсягу одержуваної електроенергії, якості та характеру її споживчих властивостей і енергетичних послуг.

Таким чином, концепція Smart Grid передбачає перехід до активного споживача і - по суті споживач стає, з одного боку, активним суб'єктом прийняття рішень щодо розвитку і функціонування енергосистеми, а з іншого - об'єктом управління, що забезпечує реалізацію ключових вимог.

2) *Зростання ролі управління, як основного чинника розвитку і способу забезпечення вимог* (цінностей) з відповідним різким підвищенням керованості, як окремих елементів, так і енергосистеми в цілому.



Саме зростання ролі управління розглядається як альтернатива забезпечення вимог і функцій в електроенергетиці за рахунок нарощування потужностей і зв'язків (мереж), розвитку не стільки через покращення їх традиційних фізичних, енергетичних і технологічних характеристик, скільки шляхом широкої (глибокої) адаптації, використання і впровадження в електроенергетиці рішень та інновацій, в тому числі з інших галузей, в першу чергу, інформаційно-комунікаційних і комп'ютерних технологій.

3) *Інформація виступає як головний засіб забезпечення ефективного управління.* При цьому принципово важливо підкреслити, що управлінські та інформаційні зв'язки перетворюються на системо-створюючий чинник, що забезпечує перехід до нової якості: від енергетичної до енерго-інформаційної системи.

Енергоінформаційна інфраструктура є базою для комплексного управління всією енергетичною системою на базі концепції Smart Grid, включаючи технологічну інтеграцію електричних та інформаційних мереж.



5. Функціональні властивості енергосистеми на базі Smart Grid

Реалізація ключових вимог (цінностей) на основі розглянутих базових підходів, можуть бути забезпечені як шляхом розвитку традиційних, так і створення нових функціональних властивостей енергосистеми і її елементів.

У рамках концепції Smart Grid для досягнення ключових вимог (цінностей) передбачається розвиток таких функціональних властивостей:

1) *Самовідновлення при аварійних ситуаціях*: енергосистема та її елементи повинні постійно підтримувати свій технічний стан на рівні, що забезпечує необхідну надійність та якість електропостачання, шляхом ідентифікації, аналізу та переходу від управління за фактом виникнення ситуації до превентивного (попереджувального) її появи.

Самовідновлення енергосистеми повинне максимально можливо мінімізувати збої (збурення) за допомогою розгалужених систем збору даних, і «розумних» пристроїв (digital devices) що реалізують спеціальні методи та алгоритми підтримки і прийняття рішень, які засновані в першу чергу, на розподілених принципах управління.



Діагностика стану обладнання та оцінка можливих ризиків його відмови ґрунтується на вимірах, здійснених у режимі реального часу на обладнанні електростанцій, підстанцій і лініях електропередачі. При цьому під пріоритетний контроль переводяться елементи системи, що мають найбільшу ймовірність відмови. Аналіз наслідків аварій, можливих при даному режимі роботи, здійснений в режимі реального часу, в енергосистемі на базі концепції Smart Grid визначає загальний стан мережі, дає раннє попередження про можливу відмову мережі і виробляє список необхідних негайних дій оперативно-диспетчерського персоналу, формує і виконує керуючі команди для виконавчих механізмів електроенергетичної системи.

2) *Мотивація активної поведінки кінцевого споживача:* забезпечення можливості самостійної зміни споживачами обсягу і функціональних властивостей (рівня надійності, якості тощо) одержуваної електроенергії на підставі балансу своїх потреб і можливостей енергосистеми з використанням інформації про характеристики цін, обсягів поставок електроенергії, надійності, якості та ін.



3) *Опір негативним впливам:* наявність спеціальних методів забезпечення стійкості та живучості, що знижують фізичну та інформаційну вразливість всіх складових енергосистеми і сприяють запобіганню та швидкому відновленню після аварій.

Енергосистема на базі концепції Smart Grid буде мати здатність практично діяти по відношенню до мінливих системних умов. Вона буде відслідковувати проблеми, що насуваються в системі ще до того, як вони вплинуть на надійність та якість електропостачання, з використанням автоматичних перемикачів, «інтелектуальних» систем контролю, обладнання для альтернативного електропостачання, засобів візуалізації і т. п..

З точки зору безпеки енергосистема на базі концепції Smart Grid даватиме гнучку і адекватну відповідь на будь-які несанкціоновані втручання ззовні. Алгоритми системи захисту Smart Grid міститимуть елементи стримування, запобігання, виявлення, відповіді і пом'якшення для мінімізації нападу на мережу та її впливу на економіку в цілому. Низька сприйнятливість і гнучкість мережі, зроблять її важкодоступною для терористичних атак.



4) *Забезпечення надійності і якості електроенергії* шляхом переходу від системно-орієнтованого підходу (system - Based Approach) до забезпечення цих властивостей до клієнтоорієнтованої (user (customer)-based), і підтримці різних рівнів надійності і якості електроенергії в різних цінових сегментах.

Smart Grid повинна дозволити значно поліпшити якість електроенергії та надійність її поставок. Інтелектуальні технології, що забезпечують двосторонні комунікації, та інтегровані в мережу, дозволять енергетичним компаніям більш динамічно визначати, локалізувати, ізолювати і відновлювати електропостачання на відстані (віддалено) без залучення «польових» працівників. Очікується, що реалізація концепції Smart Grid може знизити екстрені виклики до 50 %.

Енергетична система на базі концепції Smart Grid повинна володіти можливістю диференціювати послуги електропостачання за допомогою пропозиції різних рівнів надійності та якості електропостачання за різною ціною, забезпечуючи в режимі реального часу моніторинг, діагностику та швидку реакцію на зміни надійності та якості електропостачання.



Рівень надійності електропостачання може варіюватися від «стандартного» до «преміум», залежно від уподобань споживача. Забезпечення різних рівнів надійності електропостачання потребують особливого фокусування на усуненні неполадок в мережі. Smart Grid повинна забезпечувати можливість швидко визначати причину і джерело проблем з надійністю і якістю електропостачання, а також можливість динамічно або автономно усувати цю проблему швидко і ефективно.

5)Різноманіття типів електростанцій і систем акумуляування електроенергії (розподілена генерація): оптимальна інтеграція електростанцій і систем акумуляування електроенергії різних типів і потужностей шляхом підключення їх до енергосистеми за стандартизованими процедурами технічного приєднання та перехід до створення «мікромереж» на стороні кінцевих користувачів.

Вдосконалені стандарти технічного приєднання дозволять підключати до системи електрогенеруючі джерела на будь-якому рівні напруги, що стане додатковим стимулом для розвитку розподілених джерел електроенергії.



Для споживачів, які приймають рішення щодо використання послуг енергопостачальних організацій, і які керуються критерієм ефективності й корисності повинні бути створені всі умови для створення власних генеруючих і акумулюючих потужностей, в першу чергу, екологічно-чистих джерел енергії, такі як вітрові, біо- та сонячні електростанції, які розглядаються як ключові в розвитку електроенергетики майбутнього.

Енергетична система на базі концепції Smart Grid повинна спростити взаємозв'язок розподіленої генерації і систем зберігання електроенергії за допомогою створення стандартизованого взаємозв'язку мережа-генерація, близького концепції Plug and Play («підключи і працюй»), застосовуваної в сучасних комп'ютерних системах. Поширення розподіленої генерації створить нові виклики для мережі завдяки своїй більш мобільній природі і менш стабільним характеристикам, які можуть породжувати перебої і різкі зниження напруги в мережі. Відповідь на ці виклики може бути дана за допомогою більш інтенсивного залучення інформації, двосторонньої комунікації, «інтелектуального» контролю та правильної конфігурації розподіленої генерації, зберігання і управління попитом на електроенергію.



б) Розширення ринків електроенергії та потужності до кінцевого споживача: відкритий доступ на ринки електроенергії активного споживача і розподіленої генерації, який сприяє підвищенню результативності та ефективності роздрібного ринку.

Енергосистема на базі концепції Smart Grid надає великі можливості виходу на ринок, як споживачів, так і виробників за рахунок збільшення пропускнуєї спроможності магістральних мереж, проведення ініціатив з колективного управління споживанням, розташуванню розподілених джерел енергії в розподільних мережах, ближче до споживачів. При цьому, зміна статусу споживача як учасника ринкових відносин, зумовлене можливістю створення ним власних джерел електропостачання, направлено на розвиток в електроенергетиці конкурентного середовища, стимулювання підприємств галузі до зміни підходів і бізнес-моделей, тривалий час вживаних ними, але не досить ефективних в сучасних умовах.



7) *Оптимізація управління активами*: перехід до віддаленого моніторингу виробничих активів в режимі реального часу, інтегрованому в корпоративні системи управління, для підвищення ефективності оптимізації режимів роботи та вдосконалення процесів експлуатації, ремонтів та заміни обладнання за його станом, і, як наслідок, забезпечення зниження загальносистемних витрат.

Розвинена система інформації та баз даних різко збільшить можливості по оптимізації режимів роботи і вдосконаленню процесів експлуатації обладнання, дасть можливість проєктувальникам і інженерам приймати оптимальні рішення, в тому числі й інвестиційні. Сукупність цих змін дозволить підвищити ефективність управління як капітальними витратами, так і витратами на технічне обслуговування та ремонти обладнання.

Енергосистема на базі концепції Smart Grid буде використовувати динамічні дані, одержувані від устаткування і датчиків, щоб оптимізувати пропускну здатність мереж і знизити ймовірність аварії.



Вона знизить системні втрати, мінімізує простої і резервні потужності, скоротить капітальні витрати і витрати на обслуговування за допомогою оптимізації використання генеруючих і мережевих ресурсів і коригування графіка навантаження.

Інформація про стан мережі дозволить запобігти більшості аварій і набагато швидше провести ремонтні роботи, коли аварія все ж таки трапилася. Інженери і проектувальники матимуть необхідну інформацію, щоб будувати «те, що потрібно і там, де потрібно»; продовжити життя активів; проводити ремонт обладнання до того, як воно несподівано вийде з ладу.



6. Групи технологій Smart Grids

Моніторинг активності в сфері електромереж показує, що рівень інноваційності прийнятих рішень в розподільному комплексі вищий ніж області передачі електроенергії високою напругою.

Це пояснюється цілою сукупністю чинників, і насамперед, це наслідок необхідності приєднання ВДЕ і розподіленої генерації, а також безпосереднім зв'язком зі споживачем.

Проте, мережі високої напруги є найважливішою складовою концепції Smart Grid, що підтверджується широким спектром пілотних проектів та інноваційних рішень у цій області. В даний час в секторі магістральних мереж найбільше поширення і розвиток отримали групи технологій вказані у табл. 2.2.

Ці технології є частиною програми впровадження автономних енергосистем, метою якої є забезпечення підключення і ефективна експлуатація розподіленої генерації, запобігаючи впливу на якість електропостачання і безпеку.



Таблиця 2.2 - Ключові технології, що розвиваються у секторі магістральних мереж

Інноваційні компоненти та технології	Технології акумулювання електроенергії
	Технології надпровідності
	Струмо-обмежуючі пристрої
	Технології цифрової підстанції
	Технології передачі електроенергії постійним струмом
	Технології керованих електропередач змінного струму
Системи моніторингу і захисту від зовнішніх пошкоджень	Технології контролю і захисту від зовнішніх дій
	Технології моніторингу і діагностики електричних мереж
Системи управління	Технології адаптивного автоматизованого та автоматичного управління
	Технології інтелектуального управління



7. Технології оперативного контролю для автономних енергосистем

Були проведені демонстраційні випробування, які підтвердили, що в результаті застосування розробленого методу ізольоване функціонування всієї мережі низької напруги може тривати під час аварій, не допускаючи відключень у побутових споживачів.

1. « Strong Smart Grid ». Проект китайської мережевої компанії State Grid спільно з McKinsey: State Grid планує розгорнути систему Смарт Грід, в яку з в нього входить передача надвисокої напруги (UHV) з удосконаленими обліковими приладами (AMI) і модернізованими мережевими пристроями.

Пристроям мережі надається особлива увага у короткостроковому періоді, оскільки Китай планує розвинути систему передачі на надвисокій напрузі, щоб поліпшити передачу з енергонадлишкових центральних і західних районів в енергодефіцитні райони узбережжя.

Журнал Transmission & Distribution World та консалтингова компанія Black & Veatch провели глобальне дослідження, спрямоване на оцінку спрямованості електромережних компаній в галузі розвитку Smart Grid (Black & Veatch і T & D World опитали представників 91 компанії).



Близько 80 % респондентів планують реалізовувати проекти по створенню інтелектуальної мережі, вважаючи підвищення надійності головним чинником, що зумовлює актуальність цього завдання, і зниження операційних витрат другого за значимістю фактором. Близько 23 % респондентів вказали, що вони планують витратити на реалізацію проектів Smart Grid до 10 млн. дол, 21 % заявили обсяг інвестицій від 1 до 5 млн. дол.

Переважна більшість опитаних (79 %) назвали розвиток систем автоматизованого комерційного обліку енергоресурсів першочерговим завданням на шляху до Smart Grid. Також відзначається висока позиція систем автоматизації розподільних мереж і систем управління та моніторингу навантаження в рейтингу технологій інтелектуальних мереж.

Концепція Smart Grid не має меж між передачею і розподілом електроенергії тому що в перспективі буде поступово стиратися межа, що базується на режимах роботи.

Завдання, визначені зарубіжними країнами для впровадження концепції Smart Grid в сфері магістральних мереж:



- оцінка безпеки магістральних електромереж в режимі реального часу
інноваційні рішення для потреб аналізу безпеки в режимі реального часу енергосистем з високим навантаженням і для застосування в динамічних розрахунках при прийнятті рішень в режимі реального часу;

- оцінка стану передавальних електромереж - нові прийоми для забезпечення якості і точності даних про енергосистемі в режимі реального часу (наприклад, більш широке застосування технології WAMS);

- підвищення безпеки передавальних електромереж - нові прийоми в підвищенні безпеки електромереж та забезпечення не-перевищення встановлених меж функціональної стабільності;

Візуалізація: подання комплексних і критичних умов системи через інтерфейс користувача. В останні роки до здійснення програм і проектів у напрямку Smart Grid, що охоплюють широкий спектр проблем і завдань, приступила переважна більшість індустріально розвинених країн, а також багато країн, що розвиваються. Наймасштабніші програми і проекти розроблені і здійснюються в США, Канаді та країнах Євросоюзу.



Масштаби, спрямованість, інтенсивність і темпи цієї діяльності в різних країнах не однакові, в чому вони визначаються ступенем різноманітності елементів енергетичної системи, розвитку таких функцій як взаємодія із споживачами, характерними методами об'єднання в єдину енергосистему малих джерел енергії, включаючи і нетрадиційні, іншими факторами.

В більшості країн, основним ініціатором робіт та інвестицій Smart Grid виступає держава. Практично у всіх країнах стимулювання інноваційної активності в сфері інтелектуальної енергетики здійснюється у форматі державно - приватного партнерства.

При цьому держава не тільки формує сприятливе регулятивне поле, але і в значних обсягах безпосередньо фінансово підтримує конкретні програми і проекти, задаючи тим самим темпи та напрями технологічного оновлення галузі. Так, у 2019 р. найбільш великі державні інвестиції в розвиток «інтелектуальної» електроенергетики були виділені урядами Китаю (17,3 млрд. дол), США (17,1 млрд. дол), Японії, Південної Кореї та Іспанії (кожна - близько 2 млрд. дол.) Європейський Союз виділив 12 млрд дол. на 9 - річну програму НДДКР в області Smart Grid.



У США державне фінансування розвитку інтелектуальної енергетики законодавчо є частиною прийнятого Конгресом комплексу заходів зі стимулювання національної економіки. Обсяг державних інвестицій в Smart Grid збільшується майже на 20 % в рік.

У Канаді держава активно підтримує лише частину технологій Smart Grid, які відносяться до «чистої», відновлюваної енергетики. На федеральному рівні діє програма ecoENERGY з розвитку відновлюваної (вітрової, океанічної, геотермальної, сонячної, біо- та гідроенергетики) з бюджетом близько 1,5 млрд дол.

Економічна підтримка відновлюваної енергетики на регіональному рівні носить непрямий характер і здійснюється через тарифи. Разом з тим, інші напрямки інтелектуальної енергетики в Канаді не мають прямої державної підтримки та зніщуються і реалізуються як комерційні проекти енергетичних компаній. Найбільш великими прикладами таких проектів є масова установка інтелектуальних лічильників; при цьому витрати мережевих організації з їх встановлення згодом включаються в тарифи на постачання електроенергії споживачам.



На рівні Європейського союзу прийнята програма НДДКР з розвитку загальноєвропейських мереж (European Electricity Grid Initiative, EEGI) фінансується спільно за рахунок централізованих коштів Євросоюзу, країн-членів та учасників ринку:

- з коштів Європейського Союзу фінансується 65-70 % програми в частині розвитку магістральних мереж, а також 30-40 % у частині розвитку розподільних мереж;
- країни- члени ЄС фінансують 40-50% програми в частині розвитку розподільних мереж;
- з тарифних джерел фінансується 25-30 % програми в частині розвитку магістральних мереж і 10-30 % в частині розвитку розподільних;
- інвестиції незалежних учасників ринку складають 5-15 %.

Контрольні запитання

1. Які вам відомі початкові положення, прийняті при розробці і розвитку концепції Smart Grid за кордоном?
2. Які вам відомі групи ключових вимог (цінностей) нової електроенергетики Smart Grid?



3. Розвиток яких ключових вимог (цінностей) передбачається в рамках концепції Smart Grid?

4. Які п'ять груп ключових технологічних областей забезпечують, проривний характер у створенні нового, інноваційного технологічного базису енергетики?

ЛІТЕРАТУРА:

1. Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник М.А. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навчальний посібник.

Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 332 с. ISBN 978-966-949-435-1;

2. Кириленко О.В. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими: Інститут електродинаміки НАН України. К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2016. 400 с. ISBN 978-966-02-7913-1.

3. Матвійчук В.А., Рубаненко О.Є., Рубаненко О.О., Гунько І.О. Інтелектуалізація електроенергетичних систем. Навчально-методичний посібник для підготовки студентів освітнього рівня «Магістр» в галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка». *Вінниця: Видавничий центр ВНАУ, 2019. 109 с.*