



УДК 622.323

**PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION OF SMART GRID SYSTEM
ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ СИТЕМИ SMART GRID****Myhajliv M. / Михайлів М.І.**
*d.t.s., as.prof. / д.т.н., проф.***Fedoriv M. / Федорів М.Й.**
*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.***Galushchak I. / Галушчак І.Д.**
*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.***Myhajliv I. / Михайлів І.М.**
Kiyanjuk O. / Кіянюк О.І.*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,
15 Karpatska Str, Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine.**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019*

Анотація. В статті проведений аналіз експлуатації основних об'єктів електроенергетичних систем в умовах багаторічного функціонування. На основі представлених даних для різних задач запропоновано застосовувати платформу Smart Grid, яку можна використовувати в різних режимах роботи, визначені умови її функціонування. В результаті досліджень визначені обсяги і напрями застосування даної системи та економічні перспективи її впровадження.

Ключові слова: функціонування енергетичних об'єктів, система Smart Grid, обсяги і напрями застосування, перспективи впровадження системи.

Вступ.

Платформа Smart Grid – це електричні установки, які відповідають вимогам ефективного та надійного функціонування енергосистеми, яке забезпечується скоординованим керуванням та організацією двосторонніх комунікацій між електричними мережами, електричними станціями, відновлювальними джерелами електричної енергії та споживачами» [1]. Smart Grid створюється для забезпечення надійної та ефективної інтеграції електростанцій з відновлюваними джерелами енергії з їхніми недостатньо прогнозованими режимами роботи в традиційні енергосистеми.

У цілому термін Smart Grid трактується сьогодні як концепція інноваційного перетворення електроенергетики, яка обумовлює перегляд існуючих базових принципів модернізації галузі.

При цьому системна модернізація електроенергетики стосується всіх її складових – систем генерації, передачі, розподілу і споживання електричної енергії. Енергетична система забезпечує підтримку енергетичних, інформаційних, економічних і фінансових взаємин між суб'єктами енергетичного ринку та іншими зацікавленими сторонами.

Основний текст.

Із загальної кількості підстанцій 220 – 750 кВ (137 ПС) понад 50% об'єктів (72 ПС) експлуатується 40 років і більше без проведення їх реконструкції, з них введено в експлуатацію:

- у 50-х р. минулого століття – 18 підстанцій (Дніпровська ЕС – 3 ПС,



- Донбаська ЕС – 7 ПС, Західна ЕС – 3 ПС, Кримська ЕС – 1 ПС, Південна ЕС – 2 ПС, Північна ЕС – 1 ПС, Центральна ЕС – 1 ПС);
- у 60-х р. минулого століття – 40 підстанцій (Дніпровська ЕС – 8 ПС, Донбаська ЕС – 8 ПС, Західна ЕС – 7 ПС, Кримська ЕС – 4 ПС, Південна ЕС – 1 ПС, Південно-Західна ЕС – 3 ПС, Північна ЕС – 5 ПС, Центральна ЕС – 4 ПС);
 - у 1970–74 р. – 14 підстанцій (Дніпровська ЕС – 4 ПС, у тому числі 1 ПС-750 кВ; Донбаська ЕС – 5 ПС, у тому числі 1 ПС-750 кВ; Західна ЕС – 2 ПС, у тому числі 1 ПС-750 кВ; Південна ЕС – 1 ПС; Південно-Західна ЕС – 1 ПС; Центральна ЕС – 1 ПС).

На таких підстанціях більша частина електротехнічного обладнання відпрацювала свій ресурс, обладнання фізично і морально застаріло і потребує заміни.

На окремих з цих підстанцій мають місце такі факти:

- не забезпечується надійність енергопостачання у зв'язку з недостатньою потужністю силових трансформаторів або їх перевантаженням в окремих ситуаціях (ПС “Вінницька - 750 кВ”, ПС-330 “Житомирська”, ПС “Козятин-330”, ПС “Тернопіль-330”, ПС “Чернівці - 330”, ПС “Краснодонська-220”, ПС “Черкаська-220”, ПС “Амвросіївська-220”);
- відсутня або не працює система пожежогасіння трансформаторів (ПС-330 “Першотравнева”, ПС-330 “Південна”, ПС-330 “Нікопольська”, ПС “Азовська-220”);
- відсутня система біозахисту (ПС “Чайкіне-330”, ПС “Макіївська-330”, ПС “Харцизька - 330”, ПС-330 “Броварська”);
- мають значне корозійне зношення повітропроводи (на 19 підстанціях 220-330 кВ необхідно замінити повітропроводи загальною довжиною 10,5 км).

Основні недоліки, характерні для більшості підстанцій:

- ✓ на багатьох ПС з повітряними вимикачами повітропроводи перебувають в незадовільному стані і потребують часткової заміни;
- ✓ значна кількість опорної ізоляції (ізолятори СТ-110, УСТ-110, ОНС-110, АКО-110, КО-400, ШТ-35 тощо) роз'єднувачів і шинних опор 110-750 кВ підлягає заміні;
- ✓ у незадовільному стані перебувають кабельні канали і лотки та плити їх перекриття;
- ✓ майже на кожній ПС є окремі споруди ВРП (стійки та портали), які потребують термінового ремонту або заміни;
- ✓ вичерпався ресурс, морально і фізично зношені та мають граничні показники ряд маслонаповнених вводів;
- ✓ потребують реконструкції щити постійного струму та підзарядні пристрої (вимоги нових норм проектування);
- ✓ через конструктивні недоліки ненадійно працює електромагнітне блокування;
- ✓ у незадовільному стані перебувають і потребують заміни контрольні кабелі з паперовою ізоляцією;



- ✓ штатний розпис ПС забезпечує укомплектування ремонтними працівниками в середньому лише на 80%. Через брак коштів не вдається усунути ряд "вузьких місць" і недоліків.

Станом на 01.01.2017 р. введені у промислову експлуатацію тільки на 9 ПС в 6 ЕС, що контролюють 58 приєднань (у 2015р. – 48) споживачів та суб'єктів ОРЕ із різкозмінними, нелінійними та несиметричними навантаженнями, зокрема які виробляють електричну енергію з альтернативних джерел енергії.

Загальна кількість засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) за винятком вимірювальних комплексів електроенергії (лічильників електричної енергії, трансформаторів струму та трансформаторів напруги) складає 44478 шт. В експлуатації знаходиться значна кількість ЗВТ, термін експлуатації яких становить понад 25 років. В основному це щитові стрілочні прилади для вимірювання тиску, температури та електричних величин. Термін експлуатації ЗВТ понад 25 років призводить до збільшення трудовитрат на їх ремонт. Для більшості ЗВТ встановлено термін практичного використання не більше 10 років. Відповідно, переважна більшість ЗВТ вже пройшла межу ресурсу і потребує планомірної заміни.

Але в метрологічному забезпеченні вимірювань при експлуатації магістральних і міждержавних електричних мереж є зміни. Завдяки технічному переоснащенню діючих підстанцій та будівництву нових вводяться в експлуатацію цифрові вимірювальні прилади.

Компанія СЕА пропонує систему комплексної диспетчеризації трансформаторних підстанцій власної розробки. Основними (стандартними) функціями пропонованої системи диспетчеризації ТП є: дистанційний збір і візуалізація інформації про вимірах і стан обладнання трансформаторних підстанцій в режимі реального часу (фазні струми і напруги, температура трансформаторного масла); забезпечення каналу голосового зв'язку між диспетчером приміщенням підстанції; оперативне управління вимикачем навантаження.

Додатковими функціями системи є: охоронні функції - контроль дверей, можливість підключення датчиків руху; можливість конфігурації системи відповідно до технічного завдання замовника.

До складу системи входить пульт диспетчера, реалізований на базі персонального комп'ютера з встановленим ПЗ «Диспетчеризація ТП», комплект зв'язкового обладнання - диспетчерський термінал з телефонною трубкою; та термінал «СЕА КСДП», який здійснює передачу інформації на пульт диспетчера по мережі стільникового зв'язку стандарту GSM.

Основними відмітними ознаками пропонованої системи від існуючих аналогів є використання в системі двох дублюючих каналів зв'язку - GPRS / Інтернет канал, GSM / голосовий канал, реалізація сучасного підходу до проектування систем на базі бездротових мікропроцесорів, можливість розширення системи, при повному або локальній перевантаженні мережі і, внаслідок цього, недоступності каналу GPRS у стільникового оператора або при недоступності інтернет-каналу в диспетчерському центрі, система автоматично продовжує працювати в голосовому (найбільш пріоритетному)



каналі

Перевагами системи диспетчеризації підстанцій виробництва СЕА є невисока вартість, в порівнянні з існуючими аналогами, невеликі експлуатаційні витрати на утримання системи, висока надійність обладнання і відсутність необхідності технічного обслуговування, при відсутності Інтернет-каналу і GPRS-каналу система повністю зберігає свою працездатність, функціонування терміналу при відсутності електроенергії (час автономної роботи від акумулятора - не менше 5-ти годин), візуалізація даних.

Економічний ефект впровадження системи диспетчеризації забезпечується дистанційним включенням та відключенням живлення, моніторингом напруг і струмів (а також урахуванням споживаної електроенергії), що дозволяє скоротити робочий час і транспортні витрати, кількість необхідного оперативного персоналу, захистом обладнання ТП (прийняття рішення про припинення експлуатації в разі великої ймовірності виникнення аварійної ситуації), простотою монтажу і мінімальними вимогами до поточного обслуговування (1 раз в рік).

Енергетична система на базі концепції мереж Smart Grid - це єдиний енергоінформаційний комплекс, в якому керовані об'єкти повинні дозволяти здійснювати дистанційне управління, а системи оцінювання ситуації та протиаварійного автоматики - знижувати надлишкові вимоги до резервів силових та інформаційних потужностей.

Такі мережі дають можливість забезпечити нові властивості і ефекти за рахунок нових засобів і нової організації управління функціонуванням і розвитком інтелектуальної енергетичної системи: живучість, «цифрове» якість енергії, можливість її акумулювання, управління міжсистемними перетіканнями і зняття зайвих обмежень на синхронну роботу всіх частин системи, сегментацію та ієрархію силових енергетичних та інформаційних потоків, розподілу прийнятих керуючих рішень (поточних і перспективних) і відповідальності за них, оптимізації використовуваних первинних енергетичних ресурсів та інвестиційних вкладень, а також розширене відтворення виробничих і фінансових активів, усього енергетичного потенціалу країни.

Перехід до мереж нового покоління створить умови для модернізації електроенергетики на новій організаційній, інформаційній та технологічній основах, і стане стимулом для інноваційного розвитку суміжних галузей (енергомашинобудування, будівництва, транспорту та зв'язку, сервісних підприємств і т.д.), енергетичної науки і професійних кадрів для енергетики.

Основними питаннями розробки концепції Smart Grid в Україні є: формування стратегічного бачення майбутньої електроенергетики в Україні на базі концепції Smart Grid; перерозподіл основних вимог та функціональних властивостей вітчизняної електроенергетики на базі концепції Smart Grid; визначення основних напрямків розвитку всіх елементів енергетичної системи генерації, передачі, розподілу, збуту, споживання та диспетчеризації; перерозподіл основних компонентів, технологій, інформаційних і управлінських рішень у всіх вищезгаданих сферах, забезпечення координації



модернізації (подолання технологічного розриву) та інноваційного розвитку в українській електроенергетиці.

В Україні потрібна серйозна технологічна модернізація мережі, зокрема, із використанням пристроїв регулювання напруги та потоків потужності, створення резервних ємностей для вирівнювання профілів генерації.

Поряд із створенням концепції Smart Grid в Україні важливо розробити відповідне нормативно-правове та технічне забезпечення інтеграції розосереджених джерел енергії з використанням наявних на ринку нашої країни пристроїв СЕ та накопичувачів, створити платформу керування потужністю інтегрованих розосереджених джерел енергії на основі сучасних технологій Smart Grid, забезпечити реалізацію міжнародних стандартів функціональної сумісності обладнання інтелектуальних мереж відповідних регламентів і технічних умов. Основна увага має бути спрямована на вивчення зв'язку процесів передачі та розподілу електроенергії, а також пов'язаних з цим «інтелектуальними» вимірами, питаннями роботи ринків та дії регулюючих норм.

Основним об'єктом об'єкт формування нового технологічного базису, який дає можливість створення нових функціональних властивостей енергосистеми є електрична мережа. Концепція містить весь комплекс робіт – від попередніх досліджень до широкого впровадження інновацій і виконується на науковому, нормативно-правовому, технологічному, технічному, організаційному, інформаційному рівнях та рівні керування. Реалізація концепції має інноваційний характер і визначається як економіка сталого розвитку і зводиться до таких цінностей як доступність, надійність, економічність, ефективність, органічний зв'язок з навколишнім середовищем [2].

Програми з розвитку концепції Smart Grid вже прийняли такі країни світу: США, країни Європейського союзу та Китай. Висвітлені проблеми присутні і в Україні, і тому необхідним є формування власної концепції Smart Grid. Якщо розвиток електроенергетики України буде базуватися на старій ідеології, то вона не зможе інтегруватися з Європою. Для України найбільш близькою є концепція, яка була прийнята в США яку можна сформулювати як концепцію побудови повністю інтегрованої, саморегульованої і самовідновлюваної електроенергетичної системи (ЕЕС) з мережевою топологією, що об'єднує всі генератори електричних станцій, магістральні і розподільні електричні мережі та споживачів електричної енергії, які керуються автоматизованими пристроями в реальному часі тобто створення інтелектуальних електричних мереж (ІЕМ) ЕЕС. Передбачається проведення комплексу організаційних змін, побудова нових моделей процесів, залучення нових рішень у галузі інформаційних технологій, а також інновацій у сфері створення автоматизованих систем керування технологічними процесами і реформування диспетчерського керування. Значною мірою концепція перебудови енергетики України буде близькою до концепції перебудови єдиної енергосистеми (ЄЕС), яка відрізняється від інших значною територією паралельної роботи, конфігурацією електричних мереж і централізацією оперативного керування тобто створення електроенергетичної системи з активно-адаптивною мережею



[3].

Прогноз технічно досяжного використання потенціалу ВДЕ в 2030 році складе 12,6% всієї встановленої потужності або 8 ГВт (14 ГВт з урахуванням ГЕС) [4]. Відновлювальні джерела мають такі переваги як зниження рівня викидів в атмосферу, невичерпність відновлюваних джерел, невеликий терміни окупності, їх використання пов'язане з розвитком наукомістких галузей; наближеність до споживача і зменшення втрат при передачі, розподілі і транспортуванні електричної енергії.

Основні заходи з реалізації стратегічних цілей у секторі ВДЕ :

- проведення стабільної та прогнозованої політики щодо стимулювання будівництва електричних станцій з використанням відновлювальних енергоресурсів;
- заохочення до входу на ринок ВДЕ України міжнародних інвесторів;
- збільшення використання біомаси у генерації електро- та теплоенергії;
- імплементація провідних стандартів корпоративного управління;
- впровадження сучасних практик корпоративного управління енергетичними компаніями;
- передача ресурсів і відповідальності за функціонування житлово-комунальної сфери та комунальної енергетики на місцевий рівень.

При створенні концепції Smart Grids необхідна реалізація ключових вимог побудови ІЕМ ЕЕС, які будуть реалізовуватись шляхом вдосконалення традиційних і створення принципово нових характеристик енергосистеми.

Впровадження технології Smart Grid забезпечить оптимальний розподіл потоків потужності електричної мережі, сприятиме зменшенню втрат електричної енергії, забезпечить скоординовану реакцію під час виникнення аварій, створить можливість об'єднання в єдину енергосистему як великих електростанцій, так і сучасних відновлюваних джерел енергії. Ефективність технології визначається автоматизацією прийняття рішень з керування, підвищенням оперативності керування нормальними і аварійними режимами. Все це пов'язано з показниками ефективності енергокомпаній – якістю і надійністю електропостачання при оптимізації власних витрат та потребує від первинного обладнання якісно нового рівня інформатизації. Істотно розширяться вимоги до кількості вимірюваних сигналів і телекомунікаційних інтерфейсів.

Що стосується подальшого розвитку ОЕС України, то він пов'язаний з реалізацією нових підходів, коли основна роль приділяється впровадженню нових технологій, зокрема FACTS, та створенню адаптивного електротехнічного мережевого обладнання, розвитку електричних мереж з розподіленою генерацією як структури, що забезпечить надійність і ефективність функціонування та зв'язок генерації і споживачів, створенню нового покоління систем автоматизації електроенергетичних об'єктів - АСК ТП та ін. Реалізація такої концепції істотно підвищить надійність та економічність функціонування і розвитку енергосистеми, поліпшить якість обслуговування споживачів при здешевленні електроенергії.

Вирішальну роль у реалізації концепції Smart Grid відіграє вибір технічних



засобів. В першу чергу це інтелектуальні давачі інформації, контрольно-вимірювальні засоби, прилади обліку та відповідні пристрої. Мова йде про прилади вимірювання параметрів мережі в нормальних, передаварійних, аварійних і післяаварійних режимах роботи засоби контролю стану об'єктів, що забезпечують роботу систем моніторингу, контролю, діагностування і керування, та інтелектуальні лічильники

По-друге це операційні засоби, які реалізують функції збору, контролю і моніторингу, діагностування та видачі рекомендацій, організації взаємодії з корпоративними системами та оперативним персоналом.

По-третє це інтегровані системи організації вимірювання і обліку споживання електроенергії, телекомунікаційні системи на базі різноманітних ліній зв'язку та системи візуалізації, системи моніторингу перехідних режимів (WAMS), розподілені системи захисту і протиаварійної автоматики (WAPS).

По-четверте це гнучкі системи передачі змінного струму (FACTS), технології регулювання реактивної потужності, розподіленої генерації, накопичення енергії, нове кабельне обладнання, елементи силової електроніки, комутаційне обладнання та ін.

По-п'яте це системи, які здійснюють обмін даними та інформацією для забезпечення функціонування всіх засобів.

Можливі два підходи до вибору засобів і впровадження заходів зміни рівня надійності електроенергетичних систем.

1. Ранжування всіх передбачених заходів у відповідності із затратами і відбір тільки тих з них, які задовольняють умови мінімуму цільової функції. Так як перелічені засоби підвищення надійності, як правило, застосовуються комплексно, то існує різноманітність варіантів їх реалізацій, тому однозначне виконання умов, особливо для систем складної конфігурації з мережами різних номінальних напруг представляє собою складне науково-технічне завдання, яке повністю ще не розв'язане.

В практичних розрахунках звичайно розглядаються всі альтернативні варіанти схем електричних мереж з різною ступеню резервування споживачів і вибирається варіант, що відповідає мінімуму затрат з врахуванням збитків від недовідпуску енергії споживачам. Цей прийом застосовується на стадії проектування.

2. Вибір і ранжування тільки тих технічних заходів підвищення надійності, затрати на які збільшують затрати базового варіант не більше ніж на деяку відносно малу величину (не більше 5%).

В цьому підході також не виключається застосування комплексу заходів, тому число варіантів може бути великим, але задача розв'язується дещо простіше у порівнянні з першим підходом.

Змінюючи значення приросту затрат можна створити системи, які забезпечують заданий рівень надійності електропостачання. Цей підхід більш доцільний під час експлуатації електричних систем.

Як і перший, так і другий підхід в якості невід'ємної складової частини алгоритму прийняття рішень передбачає необхідність кількісної оцінки показників надійності з множини варіантів.



Висновки.

Таким чином, керування рівнем надійності електропостачання з використанням в тій іншій формі «механізму» дисконтованих затрат з врахуванням техніко-економічних оцінок перерви електроспоживання внаслідок недовідпуску електричної енергії є достатньо ефективним при проектуванні енергосистем і планування їх розвитку в експлуатації.

Література

1. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, С.П. Денисюк // Технічна електродинаміка. — 2010. — № 6. — С. 44-50.
2. Ковалев В.Д., Ивакин В.Н., Фотин В.П. Новые технологии и перспективы развития электроэнергетики // Электричество. — 2006. - №9. — С. 8-14.
3. Шакарян Ю.Г., Новиков Н.Л. Технологическая платформа Smart Grid (основные средства) // Энергоэксперт. — 2009. - №4. — С. 42-49.
4. Енергетична стратегія України на період до 2030 р.: розпорядження Кабінету Міністрів від 24.07.2013 № 1071/ Кабінет Міністрів України / Офіц. вид. — К.: Парлам. вид-во, 2013. — 166 с.

***Abstract.** The article analyzes the operation of the main objects of electric power systems in the conditions of long-term operation. Based on the presented data for different tasks, it is proposed to use the Smart Grid platform, which can be used in different modes of operation, defined the conditions of its operation. As a result of research the volumes and directions of application of this system and economic prospects of its introduction are defined.*

***Keywords:** reliability indicators, mathematical model, drilling rig, complex reliability indicators, construction of mathematical model.*