

5. Manturov, O. (1991). Higher mathematics course. Moscow.: "Vysšaâ shkola", 251.
6. Dobrovolsky, V. (2005). Basical theory of ecological systems. Kiev: PUBLISHING HOUSE «Pro», 272.
7. Timonin, Y. O., Brodsky, Y. B., Grabar, I. G. (2009). Universal model of systems: methodological aspect. Vis. ŽNAEU: of Sciences.-teoret. UK, 1, 358–366.
8. Timonin, Y. O. (1999). Conceptual basis of business engineering. Economics and management, 1 (2), 74–79.
9. Timonin, Y. O. (1999). Principles of energy interactions of systems. Visn. ZITI, 9, 150–155.
10. Modeling and forecasting the dynamics of artiodactyl in hunting farms of radioactively contaminated territory of Zhytomyr region: report of the GDR (2011). ZNAEU, Myn. Agrarian policy of Ukraine; Sciences. Coeur. and a. Pilkevich. DR № 0111U009694. Zhytomyr, 84.
11. Majewski, O. V., Pilkevich, I. A., Kotkov, V. I. (2012). Substantiation of generalized logistic model of dynamics of populations. Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies, 1/4 (55), 63–66. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/4145/3908>
12. Guidelines on the arrangement of hunting grounds (2002). Kiev: Publishing House of Deržkomlisu Ukraine, 113.
13. Feller, V. (1984). Introduction to probability theory and its application. Vol. 1. Moscow: Mir, 527.
14. Kolmogorov, A. N., Petrovskij, N. G., Piskunov, N. S. (1937). Study of diffusion equation, connected with the increase of substance and its application to a biological problem. Newsletter. The moscow state university. Ser. A. mathematics and mechanics, 1 (6), 1–16.
15. Vandermeer, J. (1982). On the resolution of chaos in population models. Theoretical population biology, 22 (1), 17–27. doi: 10.1016/0040-5809(82)90033-8

Дата надходження рукопису 20.03.2015

Маєвський Олександр Володимирович, аспірант, кафедра моніторингу навколишнього природного середовища, Житомирський національний агроекологічний університет, Старий бульвар, 7, м. Житомир, Україна, 10008

E-mail: eko_univer@i.ua.

Пількевич Ігор Анатолійович, доктор технічних наук, професор, кафедра комп'ютерних систем, Житомирський військовий інститут ім. С. П. Корольова Державного університету телекомунікацій, пр. Миру, 22, м. Житомир, Україна, 10004

E-mail: igor.pilkevich@mail.ru.

Бродський Юрій Борисович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра комп'ютерних технологій і моделювання систем, Житомирський національний агроекологічний університет, Старий бульвар, 7, м. Житомир, Україна, 10008

E-mail: yu.brodskiy@mail.ru

УДК 621.315

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.40239

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ SMART GRID В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНУ ГАЛУЗЬ УКРАЇНИ

© М. М. Черемісін, В. В. Черкашина, С. А. Попадченко

Проанализированы особенности внедрения технологий Smart Grid в электроэнергетическую отрасль Украины с целью "интеллектуализации" электрических сетей и представлены принципиальные изменения по сравнению с существующим состоянием энергосистемы при внедрении технологий Smart Grid, что значительно повысит эффективность функционирования отрасли в целом. Так же обоснована необходимость поддержки внедрения технологий Smart Grid в электроэнергетическую отрасль Украины на законодательном уровне

Ключевые слова: "интеллектуализация", Smart Grid, мощность, отрасль, сеть, технологии, электроэнергетика, электроэнергия, энергосистема, эффективность

The features of introduction of Smart Grid technologies are analysed in electric power industry of Ukraine with the purpose of "intellectualization" of electric networks and fundamental changes are presented as compared to the existent state of grid at introduction of Smart Grid technologies that will promote efficiency of functioning of industry considerably. The necessity of introduction support of Smart Grid technologies is similarly proved for electric power industry of Ukraine at legislative level

Keywords: "intellectualization", Smart Grid, power, industry, network, technologies, electric power industry, electric power, electric power system, efficiency

1. Вступ

Розвиток електроенергетичної галузі шляхом впровадження технологій Smart Grid може бути успішно реалізовано за наявності:

– різних типів потужностей, що генеруються;

– розгалуженої конфігурації розподільних систем;

– розвиненої системи диспетчерського управління;

– вагової частки джерел відновлюваної енергії;

– широкої гами перетворювачів параметрів електричної енергії, що забезпечують її високу якість в вузлах генерації, контролю (спостереження), управління і споживання.

Проекти з "інтелектуальними" електричними мережам стикаються з питаннями без рішення яких їх впровадження може залишитися тільки на папері. Це питання функціональної сумісності обладнання і технічних стандартів; підвищення рівня інформаційної безпеки мереж управління обладнанням і передавання даних; залучення споживачів електроенергії в реалізацію "інтелектуальних" електричних мереж.

При експлуатації "інтелектуальних" електричних мереж, які безпосередньо впливають на життя споживачів, велике значення набувають програми участі споживачів, їх навчання особливостям функціонування Smart Grid і безперервна технічна підтримка. В рамках таких програм енергетичні компанії повинні надавати споживачам інформацію, написану на зрозумілій мові, застосовувати схеми матеріального стимулювання, нові методи та шляхи подачі інформації, щоб підвищити довіру споживачів і показати ті вигоди, які проект вносить в їх повсякденне життя.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Із аналізу інформаційних джерел слідує, що завдяки технології Smart grid електрична мережа майбутнього вже не буде мати ієрархічної структури і крупні споживачі будуть в ній перемішані з великою кількістю малопотужних джерел енергії, а також одиничних потужних станцій, регуляторів напруги, компенсаторів реактивної потужності. Це буде складна, неструктурована, розгалужена мережа, до якої будуть входити інтелектуальні лічильники, в перспективі буде реалізовано динамічне управління електромережами, регулювання попиту, підвищення безпеки і, як наслідок, економія витрат [1–7].

Для скорочення втрат енергії та збереження екології у різних країнах світу вже реалізований ряд проектів з впровадження "інтелектуальних" електричних мереж.

Концептуальні визначення "інтелектуальної" електричної мережі вказують на її роль в подальшому розвитку технологічному, економічному та екологічному розвитку суспільства. Крім вирішення задач зниження навантаження на навколишнє середовище, зменшення енергетичного дефіциту за рахунок використання відновлюваних джерел енергії, підвищення якості та надійності роботи енергосистеми "інтелектуальна" електрична мережа є також каталізатором економічного підйому [5].

Реалізація проектів з "інтелектуальними" електричними мережам відображає розвиток інноваційних технологій, розширення масштабів виробництва "високоінтелектуальної" продукції, більш інтенсивне застосування електроенергії в транспортній інфраструктурі (використання автомобілів з електродвигунами), розвиток нових ринкових відносин з залученням в енергетику споживачів в якості активних гравців ринку (можливість продавати електроенергію, використовуючи локальні генеруючі джерела).

Завдяки реалізації "інтелектуальних" електричних мереж людство вступить у нову фазу існування, яка характеризуватиметься гармонійною взаємодією з навколишнім середовищем, поліпшенням якості життя і загальним економічним підйомом [3, 4].

Мета статті. Проаналізувати особливості впровадження технологій Smart Grid в електроенергетичну галузь України з метою "інтелектуалізації" електричних мереж.

3. Дослідження особливостей впровадження технологій Smart Grid для "інтелектуалізації" електричних мереж

В результаті проведеного багатьма дослідниками аналізу було показано, що успішне вирішення нових завдань в рамках існуючого екстенсивного розвитку електроенергетичної галузі переважно шляхом тільки нарощування потужностей та розширення кількісного складу енергетичного та електротехнічного обладнання, навіть з поліпшеними характеристиками, виявляється недостатнім. Роль революційної ініціативи, що стимулює економічний розвиток в провідних країнах світу приділяється впровадженню технологій Smart Grid.

Однозначною і загальноприйнятою інтерпретацією терміна Smart Grid поки не існує. В різних публікаціях Smart Grid трактується дещо по різному, відбиваючи в першу чергу погляди і позиції сторін, що беруть участь у розробці даного напрямку відповідно до їх інтересів.

Державні структури в більшості країн розглядають Smart Grid як ідеологію національних програм розвитку електроенергетики; компанії-виробники обладнання та технологій – як перспективну основу оптимізації бізнесу; енергетичні компанії – як базу для забезпечення сталої інноваційної модернізації своєї діяльності.

Відповідно до Європейської технологічної платформи Smart Grid – це "електричні мережі, що задовольняють вимогам енергоефективного та економічного функціонування енергосистеми за рахунок скоординованого управління і за допомогою сучасних двосторонніх комунікацій між елементами електричних мереж, електричними станціями, акумулюючими джерелами і споживачами". В Європі вважають за краще розробляти Smart Grid насамперед для надійної та ефективною інтеграції електрогенераторів на поновлюваних джерелах енергії (вітер, сонце, малі ГЕС та інші з їх погано передбачуваними режимами роботи), з споживачами і традиційною енергосистемою.

Загальну функціонально-технологічну ідеологію концепції Smart Grid IEEE визначає як концепцію повністю інтегрованої, саморегулюючої і самовідновної електроенергетичної системи, що має мережеву топологію і включає в себе всі генеруючі джерела, магістральні і розподільчі мережі і всі види споживачів електричної енергії, керовані єдиною мережею автоматизованих пристроїв в режимі реального часу.

Міністерство енергетики позиціонує Smart Grid як "повністю автоматизовану систему, що забезпечує двосторонній потік електричної енергії та інформації між енерго об'єктами повсюдно. Smart Grid

за рахунок застосування новітніх технологій, інструментів і методів наповнює електроенергетику знаннями, що дозволяють різко підвищити ефективність роботи галузі".

NETL визначає Smart Grid як сукупність організаційних змін, нової моделі процесів, рішень в області інформаційних технологій, а також інновацій у сфері АСУ ТП і диспетчерського управління в електроенергетиці. Відзначимо, що спочатку американська компанія GE Energy створювала Smart Grid як технологію, що дозволяє використовувати в електричних мережах безліч розподілених джерел відновлюваної енергії.

Закономірним політичним слідством і в США, і в Європі стали значні бюджетні субсидії програм по впровадженню технологій Smart Grid. Показовим у цьому відношенні приклад США з прийнятим там 17 лютого 2009 законом - "Акт про реінвестиції та відновленні Америки" (The American Recovery and Reinvestment Act), який визначив величезні суми бюджетного фінансування даних технологій [3–7].

Згідно [2] технології Smart grid – це швидкозростаючий комплекс технологій, технологічних процесів, улаштувань та додатків, за допомогою яких створюються електронні комунікації нового покоління, що дозволяє підвищити рівень "інтелекту" електричних мереж.

Технології Smart grid здатні вирішити такі проблеми, як доступність енергії, ефективно її використання та недолік інформації після її споживання.

В Україні на даний час електричні мережі працюють за принципом (генератор – системоутворюючі електричні мережі – розподільні електричні мережі – споживачі). Системоутворюючі мережі в більшості випадків зацікловані, а розподільні електричні мережі складаються із радіальних ліній з одностороннім живленням

Концепція "інтелектуальної" електричної мережі пропонує інший принцип побудови. Це система генератор – лінія передавання – споживач, але споживач приймає участь у виробництві та перерозподілі енергії.

Останні події в країні привели до дефіциту і значного підвищення вартості палива, що стимулює розвиток альтернативних джерел електроенергії. Тобто генеруючі потужності в майбутній системі електропостачання будуть більше розподілені, ніж концентрованими, як зараз.

Особливістю альтернативних джерел електроенергії джерел є їх відносно невелика потужність і нестабільність параметрів потужності, що генерується. Очевидно, що для стабілізації параметрів таких джерел та їх автоматичної синхронізації з мережею необхідні досить "інтелектуальні" керуючі пристрої.

Запаси вугілля та газу недостатні, і освоєння відновлюваних джерел енергії з подальшим включенням їх в єдину енергетичну систему країни є стратегічно важливим завданням.

Паралельно зростаюча стурбованість з приводу нанесення екологічного збитку викопного палива електростанцій, які призводять до порушення водного і екологічного балансу призвела до бажання вико-

ристовувати більшу кількість відновлюваних джерел енергії.

Такі джерела як вітроенергетика та сонячна енергетика, вкрай непостійні, і тому виникає потреба в більш складних системах управління, для полегшення їх підключення до джерел високого ступеня керованої мережі. Потужність від сонячних батарей (і в меншій мірі вітрогенераторів) ставить під сумнів необхідність великих, централізованих електростанцій.

Також зростаюча стурбованість з приводу тероризму спонукає до необхідності створення більш надійної енергетичної системи, яка менш залежна від централізованих електростанцій - потенційних цілей терористичної атаки. [6].

В зв'язку з ситуацією в країні вірогідність підвищення навантажень мережі, зношування систем, збільшення кількості об'єктів, що вимагають підвищеної надійності електропостачання.

На сьогодні існує два основні сценарії розвитку енергосистем:

– підвищення надійності за рахунок резервного підключення іншого виду джерел для мінімізації збитку при аварійних подіях. При цьому, пропускна здатність, ресурс основних елементів при номінальних режимах будуть використані мінімально, що призведе до відносного подорожчання мережевої інфраструктури;

– "інтелектуалізація" електричної мережі, пов'язана з поєднанням комплексних інструментів управління, контролю, моніторингу та комунікації дозволяє забезпечити значно вищу продуктивність і надійність мережі, підвищення якості енергії.

При впровадженні технологій Smart Grid в Україні, важливо враховувати можливі сценарії. Так, при використанні альтернативних джерел в якості класичної електростанції існує досить багато технічних питань по частині інтеграції непостійного джерела в енергосистему з фіксованими параметрами. Перебої в генерації при роботі висувають особливі вимоги до роботи технологій Smart Grid. При застосуванні альтернативних джерел централізовано в глобальному масштабі проблеми збільшуються. При ізолюваному підході – локалізуються і стають значно простіше.

Впровадження технологій Smart Grid також означає фундаментальну реорганізацію електроенергетичної галузі:

– забезпечення безперебійної роботи електричної мережі в умовах зростання навантаження;

– скорочення втрат електроенергії за рахунок побудови систем "інтелектуального" обліку з можливістю обліку якості електроенергії та обмеження навантаження;

– розвиток комунікаційного середовища, здатного надійно і якісно підтримувати двонаправлений інформаційний обмін між постачальниками і споживачами енергоресурсів. Одним із способів рішення даної задачі є застосування безпроводних інтелектуальних комунікаційних пристроїв;

– підвищення якості електроенергії за рахунок застосування пристроїв компенсації реактивної потужності;

– застосування "інтелектуального" обладнання і програмних комплексів для управління топологією мережі з метою забезпечення надійності функціонування;

– використання накопичувачів енергії великої ємності для вирівнювання графіка навантаження, а також для забезпечення безперебійної роботи особливо важливих об'єктів;

– розвиток ринкових відносин в енергобізнесі із залученням споживачів електроенергії (створення окремих ділянок мережі – аналог мікромереж) як можливих постачальників електроенергії в необхідний час в потрібні ділянки мережі;

– розробка і виробництво вітчизняними компаніями високотехнологічної конкурентної продукції для забезпечення функціонування "інтелектуальної" електричної мережі;

– розвиток розподіленої енергетики, в тому числі когенерації за рахунок модернізації існуючих котельень, для покриття максимумів навантажень та усунення енергодефіциту.

Особливості інноваційного перетворення електроенергетики з впровадженням технологій Smart Grid засновані на наступних вихідних положеннях:

– системна модернізація галузі охоплює всі її складові: генерацію електроенергії, передачу і розподіл (у тому числі в комунальній сфері), збут і диспетчеризацію;

– енергетична система розвивається як інтернет подібна інфраструктура для підтримки енергетичних, інформаційних, економічних і фінансових взаємовідносин між суб'єктами енергетичного ринку та іншими зацікавленими сторонами;

– електрична мережа (всі її сегменти) розглядаються як основний об'єкт формування нового технологічного базису, що дає можливість істотного поліпшення колишніх і створення нових функціональних властивостей енергосистеми, що забезпечують найбільшою мірою досягнення ключових цілей, визначених у результаті спільного вибору усіма зацікавленими сторонами.

Реалізація ключових вимог (цінностей) на базі розглянутих підходів може здійснюватися шляхом вдосконалення традиційних і створення нових характеристик енергосистеми.

В цьому сенсі впровадження "інтелектуальних" електричних мереж багато в чому залежить від загальної стратегії розвитку електроенергетичної галузі в Україні.

В нашій країні відсутня, на відміну від європейських, система штрафів за виникнення перебоїв в електропостачанні, порушення якості електроенергії або аварій в мережах. Законодавчо встановлені норми по якості в мережах не виконуються, відсутні економічні стимули.

При стратегії впровадження технологій Smart Grid необхідно враховувати такі положення:

– підвищення надійності електропостачання споживачів;

– зниження втрат електроенергії у всіх елементах мережі;

– підвищення якості електричної енергії;

– збільшення тривалості міжремонтного експлуатаційного періоду при збереженні надійності електропостачання;

– зниження енергоємності економіки;

– підвищення електричної і екологічної безпеки країни в цілому;

– створення умов для надійного розвитку галузей промисловості, а також будівництва;

– розвиток альтернативних джерел живлення та поєднання в єдину енергетичну систему на умовах взаємовигідних з законодавчим закріпленням.

В зв'язку з новими обставинами розвитку України змінюється напрямок розвитку електроенергетики, яка набуває при цьому ряд особливостей:

– активне стимулювання енергозбереження і зниження втрат електроенергії;

– швидке зростання альтернативних джерел енергії;

– дотримання високих стандартів надійності та якості електропостачання;

– зростання інформаційної забезпеченості суб'єктів електроенергетики;

– на базі технологій Smart Grid повинна бути розроблена система захистів на будь-які несанкціоновані втручання ззовні. Система захисту повинна мати елементи знаходження порушників, запобігання, відповіді на втручання, з метою мінімізації наслідків кібервтручання в мережу і вплив на економіку;

– автоматичне відшукування, усунення або зменшення наслідків порушень в роботі електроенергетичної системи як на локальному, так і на системному рівні;

– примусове обмеження електроспоживання та стимулююче управління попитом.

4. Результати досліджень

Процес впровадження технологій Smart Grid для української електроенергетики спричинить наступні принципи зміни в порівнянні з існуючим станом енергосистеми:

– перехід від централізованих методів генерації і передачі електроенергії до розподілених з можливістю управління об'єктами енерговиробництва і топологією мережі в будь-якій точці, в тому числі на рівні споживача;

– заміна централізованого прогнозування попиту методологією активного впливу споживача, який стає елементом і суб'єктом системи управління;

– відмова від жорсткого диспетчерського регулювання на користь координації роботи всіх складових мережі;

– переклад на Smart-технології процесів контролю, обліку та діагностики активів, що забезпечить перспективні можливості самовідновлення енергосистеми, а також ефективний режим експлуатації основних фондів;

– побудова високопродуктивної інформаційно-обчислювальної інфраструктури, як ядра енергетичної системи;

– формування передумов для широкого впровадження нових пристроїв, що підвищують маневреність і керованість обладнання – гнучких зв'язків,

вставок постійного струму, накопичувачів енергії тощо;

– розвиток розподілених "інтелектуальних" систем управління та аналітичних інструментів для підтримки вироблення та реалізації рішень в режимі реального часу;

– створення операційних додатків наступного покоління (SCADA/EMS/NMS), що дозволяють використовувати інноваційні алгоритми і методи управління енергосистемою, в тому числі її новими активними елементами.

На основі зазначених ознак можна дати досить точне визначення "інтелектуальної" електричної мережі, як сукупності підключених до генеруючих джерел і електроустановок споживачів програмно-апаратних засобів, а також інформаційно-аналітичних і керуючих систем, що забезпечують надійну та якісну передачу електричної енергії від джерела до приймача в потрібний час і в необхідній кількості.

Але все це перспективні напрямки розвитку, які потребують значних державних вкладень та законодавчої підтримки.

5. Висновки

1. Проаналізовані шляхи впровадження технологій Smart Grid в Україні з метою "інтелектуалізації" електричних мереж, що значно підвищить ефективність функціонування електроенергетичної галузі.

2. Представлені принципи зміни в електроенергетичній галузі в порівнянні з існуючим станом енергосистеми при впровадженні технологій Smart Grid.

3. Обґрунтовано необхідність підтримки впровадження технологій Smart Grid в електроенергетичну галузь України на законодавчому рівні.

Література

1. European Smart Grids Technology Platform. Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future [Text] / Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2006.

2. Дорофеев, В. В. Активно-адаптивная сеть – новое качество ЕЭС России [Текст] / В. В. Дорофеев, А. А. Макаров // Энергоэксперт. – 2009. – № 4 – С. 15.

3. Кобец, Б. Б. Smart Grid в электроэнергетике [Текст] / Б. Б. Кобец, И. О. Волкова // Энергетическая политика. – 2009. – № 6. – С. 54–56.

4. Кучеров, Ю. Н. Развитие нормативного и методического обеспечения надежности сложных энергосистем и энергообъединений в условиях либерализованной энергетики [Текст] / Ю. Н. Кучеров, Ю. Г. Федоров // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность. – 2010. – № 6. – С. 2–11.

5. Ледин, С. В. Концепция «электроэнергия – товар» как катализатор развития Smart Grid [Текст] / С. В. Ледин // Автоматизация в промышленности. – 2012. – № 4. – С. 4.

6. Толшаков, А. В. SMART GRID: развитие, практика, проблемы [Текст] / А. В. Толшаков // Энергоназор. – 2014. – № 1. – С. 53. № 2. – С.54.

7. Smart Grids [Electronic resource] / Available at: <http://www.oe.energy.gov/smartrid.htm>

References

1. European Smart Grids Technology Platform. Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future (2006). Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

2. Dorofeev, V. V., Makarov, A. A. (2009). Aktivno-adaptivnaja set' – novoe kachestvo EJeS Rossii. Jenergojeksper, 4, 15.

3. Kobec, B. B., Volkova, I. O. (2009). Smart Grid v jelektrojenergetike. Jenergeticheskaja politika, 6, 54–56.

4. Kucherov, Ju. N., Fedorov, Ju. G. (2010). Razvitie normativnogo i metodicheskogo obespechenija nadezhnosti slozhnyh jenergosistem i jenergoob'edinenij v uslovijah liberalizovanoj jenergetiki. JeLEKTRO. Jelektrotehnika, jelektrojenergetika, jelektrotehnicheskaja promyshlennost', 6, 2–11.

5. Ledin, S. V. (2012). Konceptija «jelektrojenergija — tovar» kak katalizator razvitiya Smart Grid. Avtomatizacija v promyshlennosti, 4, 4.

6. Tolshakov, A. V. (2014). SMART GRID: razvitie, praktika, problemy. Jenergonadzor, 1, 53. 2, 54.

7. Smart Grids. Available at: <http://www.oe.energy.gov/smartrid.htm>

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Бондаренко В. О.
Дата надходження рукопису 26.03.2015*

Черемісін Микола Михайлович, кандидат технічних наук, професор, кафедра Передачі електричної енергії, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002
E-mail: cheremisin.energy@rambler.ru

Черкашина Вероніка Вікторівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра Передачі електричної енергії, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Фрунзе, 21, м. Харків, Україна, 61002
E-mail: cherk34@rambler.ru

Попадченко Світлана Анатоліївна, кафедра Електропостачання і енергетичного менеджменту, Харківський Національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка, вул. Енгельса, 19, м. Харків, Україна, 61002
E-mail: svanp111@gmail.com