

19. Sustainable development analysis: global and regional contexts / International Council for Science etc.; scientific adviser M. Zgurovsky. Part 1. Global analysis of quality and security of life (2013), K. : NTUU "KPI". 2014. 168 p.
20. Sustainable Development Goals: Ukraine (National baseline report). Ministry of economic development and trade of Ukraine. 2017. 168 p. URL: <https://drive.google.com/drive/u/0/folders/0B9O3ySgVVRL5MTJHMFBqQUQtNkk>
21. Sustainable development knowledge platform. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/>
22. The 2018 Environmental Performance Index. Methodology. URL: <https://epi.envirocenter.yale.edu/2018-epi-report/methodology>
23. The official web-site of World Data Center for Geoinformatics and Sustainable Development. URL: <http://wdc.org.ua/>

УДК 338.27

JEL classification: O3, Q4, Q5

Шевчук О.А.

канд. економ. наук, доцент

Борданова Л. С.

канд. економ. наук

Наухацька Т.А.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕКОНОМІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ SMART GRID

THE ECONOMY ENERGY EFFICIENCY OPTIMIZATION USING SMART GRID TECHNOLOGICAL CONCEPT

В статті розглядається питання сучасного стану електроенергетики та можливі шляхи подальшого розвитку. Зокрема, особлива увага зосереджена на реалізації концепції Smart grid. Аналізуючи передумови та причини розвитку «інтелектуальних» мереж доведено, що впровадження концепції Smart grid є природним етапом еволюції електроенергетичної системи. «Розумні» мережі – це закономірний етап розвитку соціально-економічних відносин, реалізований в технологічну концепцію. У ході оцінювання переваг, недоліків та досвіду країн зроблено висновок, що Smart grid - це не стільки технологія, скільки інструмент розвитку нетрадиційної, децентралізованої (розподіленої) енергетики. Така система - надзвичайно ефективний інструмент геоекономічного та геополітичного управління, вона не тільки підтримує єдність регіонів і економічних комплексів країни, а й діє як інструмент, що забезпечує національний суверенітет і можливість протидіяти зовнішньому тиску в енергетичній сфері в його організаційних, технологічних тощо. формах, в тому числі в умовах надзвичайних ситуацій військового, природного і т.п. характеру [17]. Синтезуючи виявлено, що запровадження технології Smart grid повинно відбуватися в умовах тісної взаємодії спеціалістів в області енергетики і інформаційних технологій з широким використанням імітаційних моделей на різних рівнях планування і розробки. Головними цілями повинні стати безпека та безперебійне постачання енергією, автоматичний контроль за

показниками якості електроенергії на всіх ділянках ланцюга, швидке реагування на виникаючі неполадки, що дозволить запобігти аварійного розвитку подій. Вкрай необхідно встановити прилади контролю стану мережі та обладнання підстанцій, щоб попереджати розвиток аварійних ситуацій. Нові лічильники, що дозволяють вести розрахунки зі споживачами більш точно і запобігають розкрадання енергії, успішно виконують свої функції в усьому світі. Доцільність їх установки підтверджена безліччю проектів. Головними умовами успішної реалізації проекту Smart grid є підтримка і контроль держави інвестицій в дану сферу, створення нормативно-правової бази, активне донесення до кінцевого споживача його прав і можливостей.

Ключові слова: концепція Smart grid, «інтелектуальна» енергосистема, «розумні» мережі, енергоефективність, електроенергетична інфраструктура, імітаційне моделювання, розвиток енергетики.

The article tells about the current state of electric power industry and further possible ways development. In particular, special attention is focused on the implementation of the Smart grid concept. Analyzing the preconditions and reasons for the development of «intelligent» networks, it is proved that the introduction of the concept of Smart grid is a natural stage in the evolution of the power system. «Smart» networks are logical stage of socio-economic relations development, realized into the technological concept. During the advantages, disadvantages and countries experience assessments, it was concluded that Smart grid is not only a technology but also an instrument for the development of non-traditional, decentralized (distributed) energy. Such a system is an extremely effective tool of geo-economic and geopolitical management, it not only supports the unity of the regions and economic complexes of the country, but also acts as a tool that provides national sovereignty and the ability to counter external pressure in the energy sector in its organizational, technological, etc. forms, including in emergency situations of military, natural, etc. character [17]. It is determined that the Smart grid technologies appliance should take place in the context of close cooperation between energy and information technology specialists with wide use of simulation models at different planning and development levels. The main objectives should be the safety and uninterrupted supply of energy, automatic control over the quality of electricity in all parts of the chain, rapid response to emerging problems, which will prevent emergency events. It is extremely necessary to install devices for monitoring the state of the network and substation equipment to prevent the development of emergency situations. The new meters, which allow for more accurate calculations with consumers and prevent energy theft, successfully perform their functions around the world. The feasibility of their installation is confirmed by many projects. The main conditions for the successful implementation of the Smart grid project is the support and control of the state investment in this area, the creation of a regulatory framework, active communication to the end user of his rights and opportunities.

Key words: Smart grid concept, «intelligent» power system, "Smart" networks, energy efficiency, electric power infrastructure, simulation modeling, energy development.

Вступ. У всьому світі мільярди доларів інвестуються в технології чистої енергії того чи іншого типу: від сонячних батарей і вітрових турбін до електромобілів. Але є проблема, що ховається в енергосистемі, яка пов'язує їх разом. Відновлювальні джерела енергії, як правило, розподіляються і не здатні видавати постійне значення, що ускладнює їх інтеграцію в існуючу мережу. Щоб врахувати потік енергії між новими джерелами живлення і новими формами попиту, електричні мережі в світі повинні стати набагато розумнішими[1].

Smart grid дозволяє не тільки об'єднувати в мережу відновлювані джерела енергії - наприклад, вітрову, сонячну, - «розумні» мережі допомагають боротися зі зміною клімату. Фахівці оцінюють скорочення викиду CO₂ до 2020 року на більш ніж один мільярд тон завдяки впровадженню технологій *Smart grid*. Поки весь світ ще не прийшов до єдиної думки про те, чи так шкідливі викиди вуглекислого газу, «інтелектуальні» мережі приносять практичну користь, скорочуючи втрати електроенергії. І в цьому сенсі мережі *Smart grid* представляють великий інтерес для сучасного світу[2].

Необхідність створення та розвиток технологічної концепції *Smart grid* протягом останніх років відображені в працях багатьох вчених та дослідників, зокрема К. Cornish, А. Carvalho, J. Cooper, J. Hoiland, F. Saeed, Балашова О.В., Беляєва А.Н., Боевої Е.Ю., Бударгина О.М., Бурмана А.П., Бурнашева К.Г., Волкової І.О., Воропая Н.І., Гуревича В.І., Деркач Н.Л., Іванова П.Г., Івановського Р.І., Карпова Ю.Г., Кобця Б.Б., Кунікеєва Б.А., Логінова Е.Л., Розанова Ю.К., Рябченка В.Н., Синтульського С.С., Сотнікова К.А., Таджибаєва А.І., Тульського В.Н., Шакаряна Ю.Г. Проте, незважаючи на стійкий інтерес до цієї проблеми, безліч її аспектів залишається недостатньо дослідженими та потребує подальшого опрацювання.

Постановка завдання. Реалізація концепції *Smart grid* – це процес запровадження сучасних інноваційних технологій, в тому числі інформаційних і телекомунікаційних, в електроенергетичні системи для підвищення їх ефективності, економічності і надійності. Ініціатива створення і запровадження *Smart grid* отримує все більше розповсюдження у всьому світі: давно назріла необхідність кардинального рішення проблем, які пов'язані з масштабними аваріями електромереж, великими втратами в лініях електропередач, архаїчними технологіями диспетчерування і керування енергомережами, проблемами включення в енергомережу нових споживачів і альтернативних джерел енергії. Тому актуальності набувають дослідження, спрямовані на обґрунтування необхідності створення технологічної концепції *Smart grid*, аналіз її переваг і недоліків, та розробку можливих шляхів подальшого розвитку електроенергетики та економіки.

Метою роботи є аналіз розвитку технологічної концепції *Smart grid* в електроенергетиці з метою створення умов для підвищення енергоефективності та надійності економіки.

Методологія. Основою проведеного дослідження стали загальнонаукові та специфічні методи дослідження, зокрема методи аналізу, синтезу, наукових індукції і дедукції, метод ранжування тощо.

Результати досліджень. Необхідність створення нової концепції розвитку енергетики була продиктована економічним ростом, нерозривно пов'язаним зі збільшенням об'єму енергоспоживання і підвищенням вимог до якості і рівня надійності енергопостачання, разом з чим і виникли істотні обмеження технологічного, економічного і екологічного планів. Тому

можливі два шляхи подальшого розвитку енергетики і виходу із ситуації сьогодення:

Перший шлях – екстенсивний, нарощування потужностей і розширення кількісного складу енергетичного і електротехнічного обладнання, а також збільшення об'ємів добутку ресурсів.

Другий шлях – проривний, інноваційний, який передбачає можливість економічного зросту при зберіганні справжнього рівня добутку первинних енергоносіїв за рахунок перетворення структури ресурсоспоживання і активного впровадження енергозберігаючого обладнання, нових передових технологій, автоматизації, відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) тощо. Це шлях обліку і економії викопних, не відновлювальних природних ресурсів[3].

В результаті аналізу проведеного в Європейському Союзі та США було виявлено, що успішний розвиток країн і рішення нових задач в рамках колишнього шляху (концепції) екстенсивного розвитку енергетики шляхом розширення кількісного складу енергетичного і електротехнічного обладнання та нарощування потужностей, навіть що має покращені характеристики, буде недостатнім, тому в цих країнах був вибраний інноваційний (проривний) шлях розвитку [4].

Вихідною точкою розробки концепції Smart grid в більшості розвинених країн стало формування чіткого стратегічного бачення цілей і задач розвитку енергетики, яка буде відповідати майбутнім вимогам суспільства і всіх зацікавлених сторін: держави, науки, економіки, бізнесу, споживачів тощо.

Розробка стратегічного бачення виходила із наступного базового положення: «Здійснити прорив в енергетичній системі (енергетиці) шляхом інтеграції технологій XXI століття, щоб досягти плавного переходу на нові технології в генерації, передачі і споживанні електричної енергії, які забезпечать вигоди для держави і суспільства в цілому»[5].

В умовах сьогодення такі системи називають «інтелектуальними енергосистемами», «розумними мережами», «активно-адаптивними енергосистемами» тощо [10]. Деякі дослідники називають технологію Smart grid «Інтернетом енергії», маючи на увазі, що вона зможе забезпечити двосторонній потік електроенергії і інформації, що дозволяє в реальному часі контролювати систему електропередачі. Передбачається, що ринок «розумних» мереж може в сотні разів перевищити ринок Інтернету.

Причинами розвитку концепції Smart grid є:

1. Прагнення як можна повніше враховувати об'єми реального споживання електроенергії крупними об'єктами, щоб виключити переавантаження мережі і аварій в енергосистемі.

2. Процеси, що пов'язані з розширенням і ускладненням енергосистеми, вимагають підвищення якості керування нею. В іншому випадку масштабних аварій не уникнути.

Передумовами розвитку електричних мереж подібного роду є розвиток розподіленої генерації, поява «гнучких» елементів, нові можливості

акумулювання енергії, поява нових технологій вимірювання, розвиток інформаційних технологій [7]. Зокрема були розроблені багатотарифні лічильники, які не просто можуть враховувати весь об'єм спожитої електроенергії, але і диференціювати його по часу доби. Це дає можливість ввести різні тарифи на електроенергію в залежності від часу доби і стимулювати крупних клієнтів зменшувати споживання електроенергії в години пікових навантажень на електромережу. А зниження пікового навантаження робить роботу електромережі значно надійнішою.

Тому необхідність створення мережі Smart grid визначається такими основними положеннями: «розумні» мережі необхідні для забезпечення автоматичного контролю і управління енергосистемою; Smart grid дозволяють в автоматичному режимі ліквідувати, а іноді і попереджувати аварійні ситуації, таким чином можна підвищити ефективність і надійність мережі, виробництво і розподіл електроенергії стає вигіднішим; «розумні» мережі необхідні для введення в енергосистему ВДЕ (генеруюча потужність змінна), можливе оперативне підключення додаткового навантаження; Smart grid дозволяє скоротити втрати в електричних мережах всіх класів напруг більш ніж на 25%, зменшуючи потребу в нових потужностях; Smart grid дозволяє знизити об'єм капіталовкладень в розвиток розподільчих і магістральних мереж за рахунок збільшення їх пропускної здатності; знизити капіталовкладення в будівництво нових об'єктів; Smart grid грає важливу роль в подальшому технологічному, економічному і екологічному розвитку суспільства і виступає каталізатором економічного росту.

Аналізуючи питання варто відмітити, що поява і розвиток концепції Smart grid є природним етапом еволюції електроенергетичної системи. Це обумовлено, з однієї сторони, нагальними потребами енергоринку, на якому взаємодіють виробники і споживачі електроенергії, а з іншої сторони, наявністю технічних можливостей вирішувати ці проблеми, в першу чергу, з використанням нових комп'ютерних і телекомунікаційних технологій. Загальні ідеї, які закладені в Smart grid зображені на рис. 1, а саме показано взаємодію елементів традиційної енергосистеми (електроенергетична інфраструктура), з однієї сторони, і системи керування, системи телекомунікацій, «розумних» пристроїв обліку, вітрогенераторів, сонячних панелей тощо («інтелектуальна» інфраструктура) – з іншої сторони[9].

Структура Smart grid включає в себе такі складові (рис.2): «інтелектуальний» облік (це перший крок на шляху до «розумної» енергосистеми); розумна мережа; енергоефективність; технології споживачів.

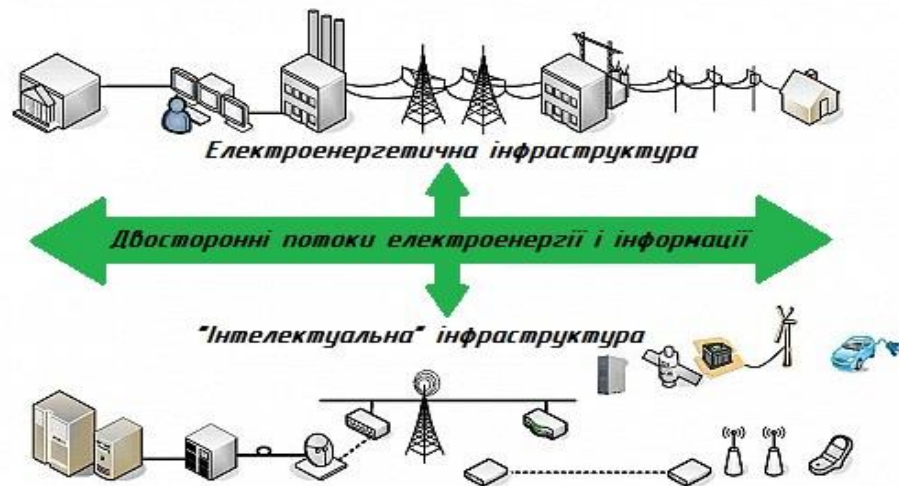


Рисунок 1 – Концептуальна модель енергосистеми [9]

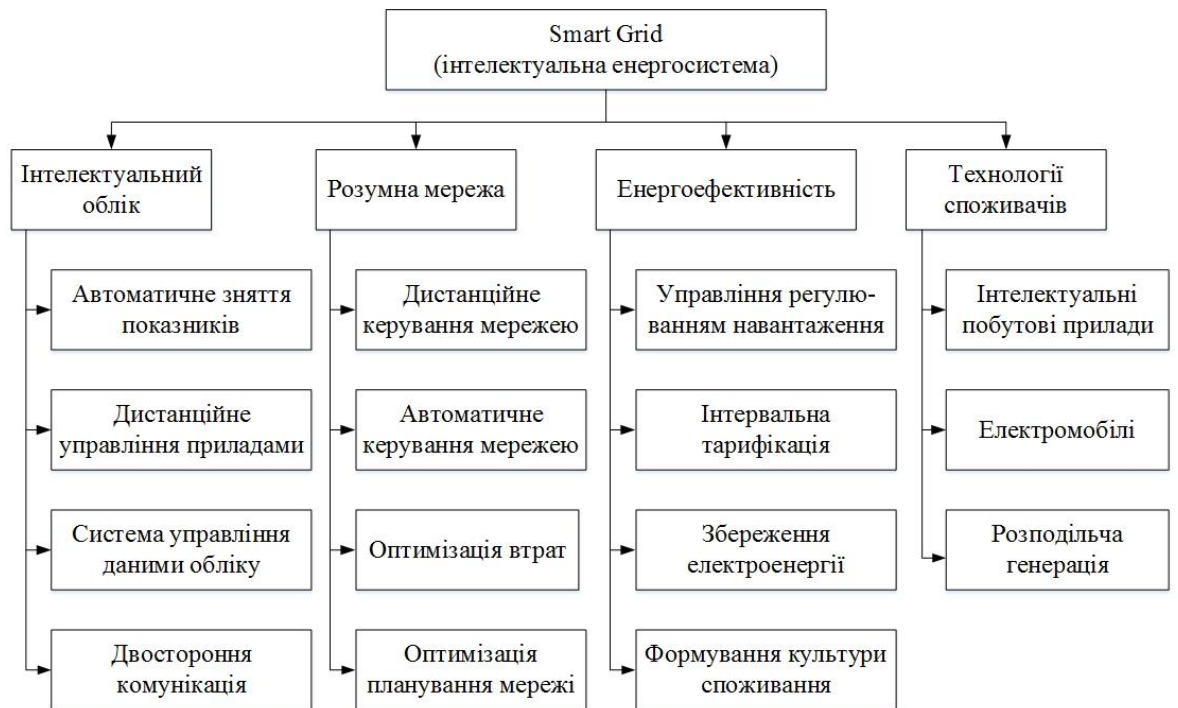


Рисунок 2 – Структура Smart grid [3]

Основна відмінність в роботі Smart grid полягає в тому, що в традиційних мережах струм по проводах потрапляє від генерації до споживача у відповідності з зарані заданим рівнем напруги і опору. Якщо ж запровадити Smart grid в енергосистему, то вони зможуть самостійно регулювати подачу електроенергії в залежності від зниження чи збільшення режиму споживання [3].

Таким чином запровадження в економіці будь-якої країни інтелектуальних мереж Smart Grid дозволить (рис. 3):

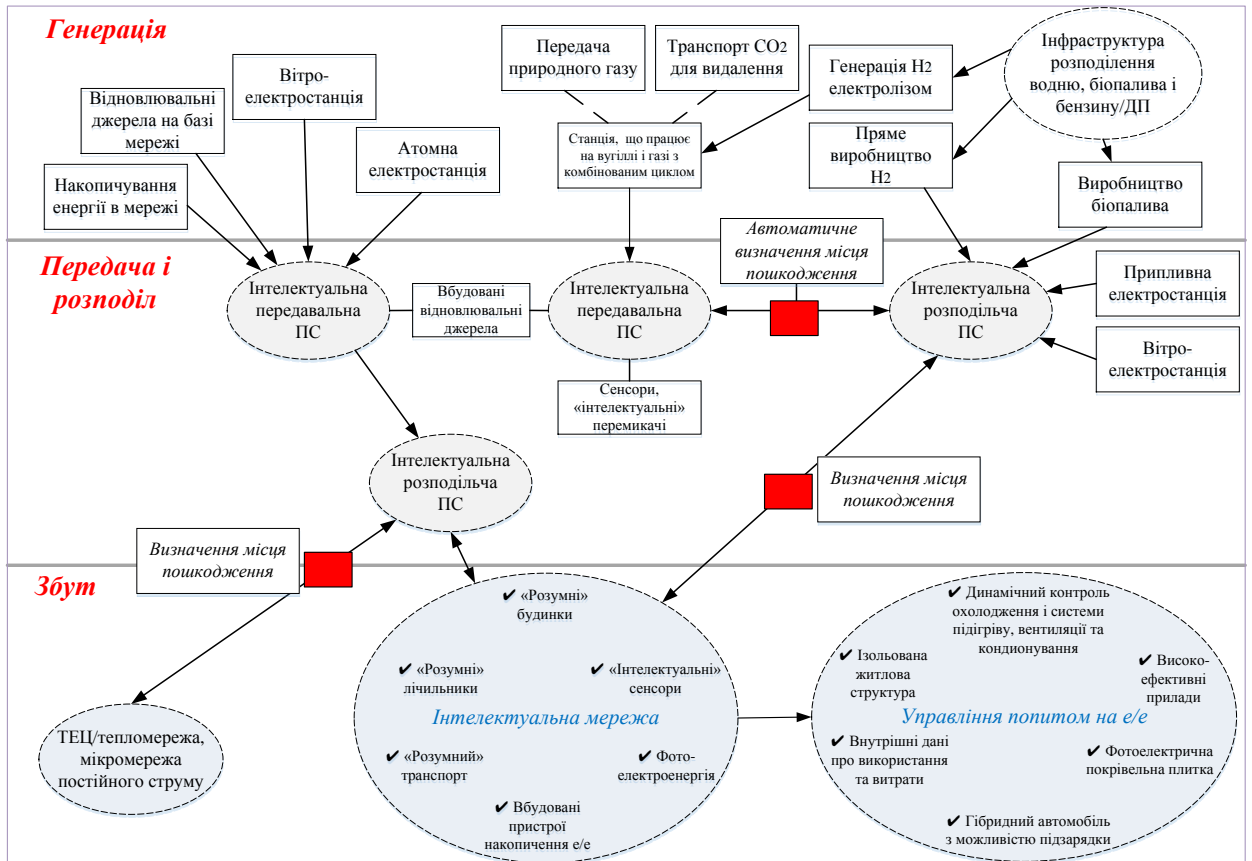


Рисунок 3 – Електроенергетика на базі концепції Smart grid

1. Створити основу для системної оптимізації енергоефективності всієї економіки по ланцюгу енергетичних, енергоємних або енергозалежних бізнесів з підвищенням конкурентоспроможності продукції всіх галузей, що орієнтовані як на внутрішнє споживання так і на експорт;

2. Знизити об'єми нового будівництва в електроенергетиці з відповідним зниженням тарифно-цінового навантаження на споживачів і економією фінансових коштів держави;

3. Створити основу для підвищення ефективності управління в різних сферах предметної діяльності:

- взаємодію «інтелектуальних мереж» всередині галузей: між електроенергетикою, газопостачанням, теплопостачанням («розумна енергетика – розумні газові мережі», «розумна енергетика – розумні тепломережі», «розумна енергетика – розумний енергозбут», «розумна енергетика – розумний дім»);

- взаємодію «інтелектуальних мереж» між галузями: «розумна енергетика – розумне енергоспоживання підприємствами»; «розумна енергетика – розумні дороги (транспорт)» тощо;

- поступову інтеграцію такого інтелектуального управління в бізнес секторі з проектами розвитку електронних інформаційних систем органів державного управління:

- а) галузевого управління (ситуаційно-кризові центри міністерств);

б) регіонального управління (ситуаційні центри адміністрацій областей і проекти електронного уряду);

- в перспективі можливе використання формуючих в рамках Smart grid обчислювальних потужностей для створення (корпоративних територіальних, галузевих і міжгалузевих) комп'ютерних кластерів і систем розподілених обчислень, використовуваних для вирішення оптимізаційних завдань в автоматизованому режимі в бізнесі і державному управлінні на якісно вищому рівні не оптимізуючих об'єктів, обсягів інформації, кількості показників і з незмірно більшим ступенем деталізації, ніж зараз;

- створити основу для регулювання оптового і роздрібного ринку (аж до окремого споживача) з елементами саморегуляції з врахуванням переходу від прямого державного тарифно-цінового регулювання до повного ринкового ціноутворення і ринкам електроенергії і потужності, природного і скрапленого газу тощо ;

- створити основу для повсюдного запровадження малої і альтернативної, включаючи відновлювальну, енергетики;

- сформувати самовідновлювальну структуру енергопостачання з підвищенням «живучості» систем енергопостачання, надійності якості поставок електроенергії, зниження аварійності і строків відновлення при аваріях;

- забезпечити підвищення технологічної і економічної ефективності експлуатації енергосистем за рахунок оптимізації режимів експлуатації, поточного і капітального ремонту, реконструкції і модернізації.

Преваги концепції Smart grid. Концепція Smart grid передбачає включення в загальну енергетичну систему безліч розподілених джерел енергії - малопотужних станцій і установок, працюючих, в тому числі на відновлюваних джерелах енергії. Це дозволить знизити втрати при транспортуванні електричної енергії[10].

Система здатна взаємодіяти зі всіма елементами технологічного ланцюга виробництва, розподілу і споживання електроенергії: ТЕЦ, ГЕС, АЕС, вітрогенераторами, сонячними панелями, накопичувачами енергії, енергорозподільчими мережами і кінцевим споживачем.

Головною перевагою Smart grid є двосторонній зв'язок зі споживачем електроенергії. Технологія діє через лічильники АІВСКОЕ (автоматизовану інформаційно-вимірювальну систему комерційного обліку електроенергії), що встановлені на підприємствах, в квартирах тощо. Вони передають інформацію про споживання енергії кожного споживача, що дозволяє скорегувати використання електроприладів у часі і розподілити електроенергію в залежності від потреби без участі людини. У свою чергу все це дозволить споживачеві значно знизити витрати на електроенергію.

Тому в майбутньому перед країнами може відкритися можливість перетворити мережі електропередачі в інтелектуальні мережі Smart grid, що дозволять енергетичним компаніям керувати всією мережею енергопостачання як єдиною системою, а споживачам - точно регулювати

витрати енергії в будинках і квартирах, а урядам - будувати інтелектуальну енергетичну інфраструктуру, яка сприяє безперервному зростанню економіки і підвищує рівень життя громадян.

«Інтелектуальні» мережі змінюють правила гри: стирається чітка межа між споживачем енергії і її виробником - донором енергії може бути той, хто раніше був тільки споживачем.

Слід так само відзначити, що будівництво розподіленої мережі сучасних малих і середніх електростанцій дозволить створити значну кількість робочих місць.

Важливою перевагою розподіленої енергосистеми є підвищена безпека - при аварії і відключенні підстанції або обриві ліній є можливість перерозподілити потужності сусідніх станцій і направити їх на необхідну ділянку.

Встановлення «розумних» лічильників, які здійснюють передачу інформації в двох напрямках, дозволяє реалізувати автоматизований оперативний облік споживання електричної енергії. З'являється можливість введення диференційованої за часом доби системи оплати за спожиту енергію - за зниженими тарифами в нічний час, коли споживання енергії невелика, і за звичайними або підвищеними тарифами в денний час в періоди пікових навантажень і підвищеного енергоспоживання.

Оскільки включення резервних установок на обмежений період часу для покриття пікових навантажень призводить до подорожчання електроенергії в силу невисокого експлуатаційного ККД таких установок і обмеженого ресурсу за кількістю пусків, роздільний за часом доби автоматизований облік споживання енергії з використанням «розумних» лічильників дає можливість споживачеві знизити свої витрати, використовуючи менше енергії в години з максимальним тарифом. Крім того, за допомогою спеціального додатку споживач може дистанційно керувати споживанням енергії «розумними» приладами, підключеними до мережі Smart grid.

Енергозбутова компанія при цьому отримує можливість більш точно розраховувати плату споживачів і виявляти розкрадання. На додаток до цього споживачі, які мають власні установки для виробництва електроенергії, зможуть продавати її в мережу, в тому числі в години пікових навантажень за підвищеною ціною.

Однією з найбільш важливих особливостей системи є можливість діагностики і обслуговування мереж за технічним станом. Система збирає величезну кількість даних про якість енергії, напруги, силу струму, провали напруги, час цих провалів. Автоматичний аналіз дозволяє дізнатися місце можливої несправності і заздалегідь направити туди ремонтну бригаду, попередивши, таким чином, велику поломку і повний вихід з ладу обладнання. В даний час ремонт здійснюється згідно з вимогами нормативних документів (регламентів) з певною періодичністю. «Розумна»

мережа постійно контролює стан обладнання (в тому числі температуру трансформаторів) і виявляє проблеми на початковій стадії їх розвитку [11].

Варто також відмітити, що від введення цієї програми виграють виробники різного обладнання: лічильників, реле нових типів, трансформаторів. Проводи з композиційними вставками зможуть пропускати більшу потужність без збільшення їх числа. Дані проекти вже реалізовані в Парижі і Копенгагені, Брістолі і Глазго, в Майамі, Мельбурні, Сан Пауло і Сінгапурі (компанія SilverSpringNetworks)[12].

Недоліки концепції Smart grid. Основною перешкодою для широкого розвитку інтелектуальної мережевої генерації із застосуванням альтернативних джерел енергії служить їх більш низька економічна ефективність у порівнянні з традиційними джерелами, а також нерідко - неможливість їх використання без комбінації з традиційними джерелами для забезпечення сталого енергопостачання, незалежно від природних процесів.

До загальних труднощів при впровадженні системи можна віднести недостатнє розуміння необхідності докорінних змін у сфері електроенергетики, відмінність інтересів різних компаній, складність об'єднання обладнання різних виробників в загальну систему. Дана програма вимагає колосальних грошових ресурсів, які окупаються протягом тривалого періоду часу. Необхідно роз'яснювати споживачам їх можливості по економії коштів за рахунок використання електроенергії за нижчою ціною, наприклад, в нічний час [10].

Запровадження інноваційних технологій в електроенергетику відрізняється від подібних процесів в інших сферах не тільки великим можливим виграшем в ефективності, але й великими матеріальними втратами при впровадженні невірних рішень, наприклад, в управлінні електроенергетичними системами. Ці відмінні риси визначаються самим об'єктом: його масштабністю взаємозалежністю фактично всіх параметрів і характеристик єдиної електроенергетичної системи. На такому об'єкті неможливо ставити реальні експерименти по перевірці тих чи інших рішень: розвал електроенергетичної системи при таких експериментах може призвести до колапсу цілих районів країни. Тому єдиним виходом в рішенні проблем інноваційного управління енергосистемою є імітаційне моделювання.

Тому враховуючи постійну ітеративну зміну Smart grid, невіддільною характеристикою результатів запровадження нових технологій і елементів повинно стати забезпечення цілісності, надійності функціонування електроенергетичної системи в цілому, що може бути досягнуто шляхом чіткого завдання наступних параметрів до всіх впроваджуючих рішень: комплектність – кожний окремий проект в рамках Smart grid повинен являтися впровадженням рішення «під ключ» з повним рішенням задач, які виникають при використанні нової технології; розвиток – кожний окремий проект в рамках Smart grid повинен враховувати можливі перспективи розвитку відповідних технологій; масштабність – кожний проект повинен

забезпечувати можливість тиражування, розширення, використання в широкому спектрі подібних і суміжних систем, а також використання результатів проекту в інших рішеннях; узгодженість – кожний проект повинен бути максимально узгоджений з існуючими рішеннями, чітко слідувати специфікаціям і стандартам у відповідній сфері; системність – кожний проект повинен враховувати і аналізувати вплив його впровадження на всіх рівнях функціонування електроенергетичної системи: рівнях генерації, передачі, розподілу і споживання електроенергії.

Таким чином, можна зробити висновок, що до традиційних характеристик складності задач, що вирішуються в області електроенергетичних систем, таких як розмірність і багатозв'язність, фактична неможливість проведення справжніх експериментів, Smart grid системи додають нові рівні складності реалізації, серед них: необхідність комплексного, системного підходу до реалізації задач будь-якого рівня складності; необхідність планування і врахування впливу кожного рішення, що розробляється, кожної проведеної роботи на всіх рівнях функціонування енергосистем; необхідність всебічного врахування існуючих і розробляючих рішень і зв'язку між ними; повна відповідність стандартам і нормативним документам; необхідність відповідності вимогам комплектності, розвитку, масштабності, узгодженості, системності [7].

Впровадження Smart Grid у різних країнах. На сьогоднішній день багато країн зацікавлені у впровадженні концепції Smart grid. Очевидно, в різних районах вимоги до мережі дещо відрізняються. Від самого початку система розроблялася в Європі для включення в мережу великого числа джерел відновлюваної енергії, так як традиційних палив там недостатньо. Сонячні та вітрові установки дають нестабільну потужність, їх робота сильно залежить від погодних умов, тому необхідна інтелектуальна система розподілу енергії від безлічі джерел до безлічі споживачів. Використання сучасних накопичувачів енергії дозволить компенсувати недостатні потужності в мережі [13]. США позиціонують Smart grid як повністю автоматизовану систему, яка об'єднує енергетичні потужності всієї країни. Китай ставить на перше місце питання безпеки і робить упор на застосування силової електроніки.

Слід мати на увазі, що окремі елементи контролю, обліку та управління існують давно і добре зарекомендували себе окремо. Нові реле і «розумні» лічильники успішно виконують свої функції. Необхідно тільки об'єднати їх в одну систему.

Експерти компанії Zpryme Research&Consulting стверджують, що в деяких штатах США завдяки впровадженню Smartgrid знизилася пікова навантаження на електромережу, в середньому на 10% зменшилися рахунки за електроенергію, при цьому вартість збільшилася на 15%, а використання технологій Smart grid до 2020р. дозволить заощадити близько 1,8 трлн дол. за рахунок зниження споживання енергії та підвищення надійності енергопостачання.

Згідно з аналізом ситуації агентством Cleandex, в Європі на найближчі 30 років передбачено фінансування програм з інтелектуальних мереж в розмірі 750 млрд дол. У Німеччині Smart grid впровадили в системи електричних лічильників, які консолідують інформацію про витрату енергії і користування комунальними послугами в окремих будинкових господарствах з подальшою передачею її комунальним компаніям. Тепер завдяки цьому муніципалітети більш ефективно споживають енергію, а також знижують негативний вплив на навколишнє середовище. Також в 2010 році компанія GE Energy запустила сучасний центр для демонстрації можливостей інтелектуальних мереж в Китаї, продемонструвавши обладнання, яке дозволяє підвищити енергетичну ефективність в умовах економіки, що розвивається і знизити негативний ефект від викиду вуглекислого газу. Згідно з дослідженням екологів, використання інтелектуальних мереж дозволить запобігти викидам більше 1 млрд т. вуглекислого газу в атмосферу до 2020 р.

Для розуміння соціально-економічного ефекту в результаті впровадження інтелектуальної мережі необхідно навести деякі цифри. У США, наприклад, створено 280 000 нових робочих місць безпосередньо пов'язаної з цією технологією і більше 140 000 нових робочих місць - в суміжних областях. Відповідно, економічний ефект від створення робочих місць оцінюється приблизно в 215 млн дол. сукупних додаткових надходжень до бюджетів різних рівнів. У США енергетичні компанії є найважливішими роботодавцями для молодих інженерів: до 2030 р. енергетичного сектору необхідні будуть тисячі нових інженерів. У той же самий час в країнах-членах Євросоюзу з 1995 р. енергетичний сектор втратив майже 250 000 робочих місць [14].

За експертною оцінкою, в даний час усереднена ціна нафти, при якій може стати рентабельним комерційне освоєння окремих альтернативних джерел енергії (вітер, біопаливо, міні-ГЕС), коливається в діапазоні 80-100 дол. за барель, виробництво моторного палива з біомаси (кукурудза, рапс, цукровий очерет) може бути рентабельним при ціні нафти 50-70 дол. за барель. В діючих умовах собівартість електроенергії на базі водних (великі ГЕС) становить 3-4 цента за кВт·год, ресурсів вугілля і газу становить за різними оцінками від 4 до 7 центів за кВт·год. Найдешевші з альтернативних джерел малі ГЕС і геотермальна енергія наближаються до цих показників 4-7 центів, вітроенергетичні установки наземного базування - 5-8 центів, морського базування - 9-12 центів. При цьому собівартість енергії з біомаси становить 5-12 центів, сонячної світлової енергії - 20-80 центів, сонячної теплової енергії - 12-18 центів. Іншими словами, сонячна електроенергія обходиться в 5-20 разів дорожче від традиційних варіантів на вуглеводневій сировині, а сонячна тепла енергія – в 3-4 рази дорожче. Пряма економічна ефективність використання біопалива (етанол і біодизель) пов'язана з умовами виробництва сільськогосподарської продукції: в країнах зі сприятливими кліматичними умовами для вирощування відповідних ресурсів

і відносно дешевою робочою силою (наприклад, Латинська Америка) конкурентний продукт можна виробляти при еквіваленті в 40 дол. за барель нафти [15].

Експерти вказують на тенденцію швидкого зниження розриву в собівартості традиційних і нетрадиційних джерел енергії. Стимулюючу роль для використання альтернативних джерел енергії, цілком ймовірно, буде надавати фактор зростання цін на нафту і газ, а також посилення екологічних вимог до будівництва традиційних генеруючих потужностей.

Наприклад, якщо в 2005 р. для створення 1 кВт традиційних потужностей потрібно 1000-1200 дол. США, то в даний час ці витрати зросли до 2800-3000 дол. США і продовжують зростати. Таким чином, комерційна привабливість використання альтернативних джерел енергії буде складатися під впливом двох різноспрямованих факторів: підвищення цін на традиційні вуглеводневі джерела і зниження цін на альтернативні джерела. Одночасно з цим слід врахувати, що існуюча собівартість виробництва енергії з традиційних видів сировини є некоректною базою для порівняння з-за того, що в різних країнах існують різні способи субсидування. При цьому не враховано екологічний аспект. При підвищенні екологічних вимог до використання традиційних джерел енергії витрати на виробництво енергії помітно зростуть. Дефіцит електроенергії в умовах більш обережного підходу до атомної енергетики та природного обмеження вуглеводневих видів ресурсів буде значущим фактором у розвитку альтернативних видів енергії, в першу чергу таких безпечних, як вітрова та сонячна.

Експерти прогнозують хороші результати від впровадження Smart Grid: завдяки впровадженню інтелектуальних мереж до 2020 року в країнах Євросоюзу прогнозується зниження шкідливих викидів в атмосферу на 20%. На стільки ж планується скоротити обсяг енергоспоживання. Очікується, що енергопостачання через інтелектуальні мережі складе одну п'яту частину від загального енергопостачання. Для стимуляції інноваційних проектів Євросоюз відшкодовує половину їх бюджету компаніям-піонерам.

США має намір збільшити інвестиції в інтелектуальні мережі і вже через три роки користуватися ними в два рази активніше.

За розрахунками американських фахівців, за 20 років використання інтелектуальних електромереж економія може скласти близько 48 млрд доларів (вже за врахуванням інвестицій в «розумні» мережі). Європейські країни розраховують на щорічне збереження близько 7,5 млрд євро[3].

Висновки. Отже, незважаючи на всі недоліки можна цілком впевнено стверджувати, що інтелектуальні енергосистеми, побудовані на базі концепції Smart grid мають великий потенціал і за ними майбутнє.

Теоретичне та практичне значення результатів дослідження. Наразі існує нагальна потреба в створенні розумної економіки, яка можлива лише при сумісному зусиллі всіх суб'єктів електроенергетичної галузі, споживачів та суміжних галузей.

Існують успішно реалізовані локальні проекти впровадження систем освітлення, обліку електроенергії, включення в мережу розподілених джерел енергії малої потужності. У той же час в масштабах регіону потрібні величезні витрати на заміну обладнання. Установка АІВСКОЕ дозволяє вести більш точні розрахунки з населенням і запобігає розкрадання електроенергії. Однак без ретельної роботи з споживачами великих вигод очікувати не доводиться. Тому суттєва активізація сумісних зусиль всіх суб'єктів електроенергетичної та суміжних галузей сприятиме підвищенню енергоефективності та надійності економіки.

Наукова новизна дослідження полягає у тому, що для реалізації технологічної концепції Smart Grid необхідна розробка та застосування ряду умов, спрямованих на: забезпечення автоматичного контролю і управління енергосистемою; підвищення ефективності і надійності мережі, внаслідок чого виробництво і розподіл електроенергії стане вигіднішим; скорочення втрат в електричних мережах всіх класів напруг більш ніж на 25%, що призведе до зменшення потреб в нових потужностях; зниження об'ємів капіталовкладень в розвиток розподільчих і магістральних мереж за рахунок збільшення їх пропускної здатності; зниження капіталовкладень в будівництво нових об'єктів.

На наш погляд це можливо лише за рахунок забезпечення таких умов: прозорість і обґрунтованість тарифів на передачу електричної енергії для споживачів; інноваційний розвиток, модернізація вітчизняного виробництва і запровадження якісно нових технологій в секторі економіки; прогресивний розвиток інтелектуального потенціалу; побудова ефективної взаємодії державного, приватного капіталу і суспільних інтересів, що враховують соціальні інтереси суспільства; зниження негативного впливу діяльності бізнесу на оточуюче середовище; створення нових технологічних стандартів енергозбереження і ефективності, зниження енергоємності виробництва і забезпечення росту ВВП.

Напрямки подальших розробок будуть зосереджені на дослідженні питань безпеки промислових електричних мереж; ефективності впровадження відновлювальної і розподіленої електроенергії; реалізації цифрових підстанцій, що включатимуть в себе цифрові (оптичні і електронні) трансформатори струму і напруги, аналогові мультиплексори, інтелектуальні електронні пристрої тощо; забезпечення синхронізації об'єктів електроенергетики на базі глобальних навігаційних супутникових систем та оцінки надійності елементів інтелектуальної електричної мережі на основі «хмарної» теорії.

Дослідження сприятимуть створенню гнучкої, ефективної, цифрової і стійкої електроенергетичної мережі на базі технологічної концепції Smart grid, що, на наш погляд, може стати найкращим шляхом до підвищення енергоефективності і надійності енергоспоживання. Саме в цьому полягає значення та новизна цих досліджень.

Література:

1. Building the smart grid [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.economist.com/technology-quarterly/2013/09/02/building-the-smart-grid>
2. «Умные» сети - инструмент развития неуглеродной, децентрализованной энергетики [Электронный ресурс]. – URL: https://elektrovesti.net/343_umnye-seti-instrument-razvitiya-neuglerodnoy-detsentralizovannoy-energetiki
3. Бурнашев К.Г. Повышение энергоэффективности за счет внедрения новой концепции SmartGrid // Вестник университета №11, 2012.
4. Кобец Б. Б., Волкова И. О. SmartGrid: Концептуальные положения // Профессиональный журнал — 2010 — №03 (75).
5. The National Technology Laboratory: «A vision for the Modern Grid», 2007.
6. Grids 2030. A National Vision for Electricity's Second 100 years. — Office of Electric Transmission and Distribution of USA Department of Energy, 2003.
7. Сотников К.А., Ивановский Р.И., Беляев А.Н., Карпов Ю.Г. Роль имитационного моделирования в задачах внедрения технологий SmartGrid // Пленарные доклады ИММОД-2011.
8. Злотникова Е. SmartGrid – умные сети: новая идея или логическое развитие систем электроснабжения // Актуальные проблемы энергетики. СНТК72, с.302-303.
9. Семёнов В., Технология Smartgrid будущего мировой электроэнергетики // Электрик 12, 2013.
10. Боева Е.Ю., Куникеев Б.А., Щеголев Н.Л. Перспективы и проблемы внедрения технологии Smartgrid в России // Инженерный вестник, №09, 2015
11. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции SmartGrid. М.: ИАЦ Энергия. 2010. 208 с
12. Silver Spring Networks Selected for Comprehensive Smart City Deployment in Paris. // Сайт Silverspring. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.silverspringnet.com/article/silver-springnetworks-selected-for-comprehensive-smart-city-deployment-in-paris/#.VjptrNLqiko>.
13. Гуревич В.И. Интеллектуальные сети: новые перспективы или новые проблемы? Ч.2 // Электротехнический рынок. 2011. №1-2 (37-38). С. 90-97.
14. Smart Grid System Report. U.S. Department of Energy. July 2009.
15. International Energy Outlook 2009. Energy Information Administration. Office of Integrated Analysis and Forecasting U.S. Department of Energy. Washington, DC, 2009.
16. Бударгин О. М. Умная сеть — платформа развития инновационной экономики. Доклад на заседании «круглого стола» Петербургского международного экономического форума (2010 г.): «Умные сети — Умная энергетика — Умная экономика».
17. Логинов Е.Л., Деркач Н.Л., Логинов А.Е. «Интеллектуальные сети» (Smartgrid) в электроэнергетике: проблемы управления и безопасности // Национальные интересы: приоритеты и безопасность 20(113) – 2011.