

Marketing Research. 1982. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/002224378201900102>

Greenbook Research Industry Trends Report 2018. <https://www.greenbook.org/grit>

Lylyk, I. "Rynek marketynhovykh doslidzhen v Ukraini 2017 rik: ekspertna otsinka ta analiz UAM" [Market research in Ukraine in 2017: expert assessment and analysis of UAM]. *Marketynh v Ukraini*, no. 1 (2018): 4-24.

"Method for carrying out marketing and sociological research (touchpol method)". https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?II=5&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20030115&CC=UA&NR=53603C2&KC=C2

Nahornyi, Ye. I. "Naukovo-metodychni zasady marketynhovoho testuvannya promyslovoi innovatsiinoi produktsii" [Scientific and methodical principles of marketing testing of industrial innovation products]: *dys. ... kand. ekon. nauk*, 2011.

Ofitsiynyi sait kompanii Hybro. <https://hybro.ua/>

Ofitsiynyi sait kompanii Touchpoll Research. <http://touchpoll.com.ua>

Oklander, M. A., Oklander, T. O., and Pedko, I. A. *Marketynhovi doslidzhennia innovatsii ta pidpriemnytski ryzyky* [Marketing Research Innovations and Business Risks]. Odesa: Astroprynt, 2017.

Oklander, M. A., Oklander, T. O., and Yashkina, O. I. "Tendentsii marketynhovykh doslidzhen: onlain paneli ta onlain spilnoty" [Trends in marketing research: Online panel and online community]. *Marketynh i menedzhment innovatsii*, no. 1 (2018): 118-129.

Peresadko, H. O. "Metodolohichni zasady marketynhovykh doslidzhen rynku zbutu produktsii promyslovykh pidpriemstv Ukrainy" [Methodological principles of marketing researches of the market of products of industrial enterprises of Ukraine]: *dys. ... d-ra ekon. nauk*, 2017.

Ratynskiy, V. V. "Osoblyvosti marketynhovykh doslidzhen na rynku tovariv promyslovoho pryznachennia" [Features of marketing research in the market of industrial goods]. *Innovatsiina ekonomika*, no. 6 (2013): 229-234.

Teletov, A., Nagornyi, Ie., and Nikonets, M. "Innovative approaches in marketing studies of industrial and technology production". *Marketynh i menedzhment innovatsii*, no. 2 (2017): 57-66.

Yashkina, O. I. "Marketynhovi doslidzhennia perspektyv innovatsiinoi diialnosti mashynobudivnoho pidpriemstva" [Marketing researches of perspectives of innovative activity of machine-building enterprise]. *Ekonomichnyi visnyk NTUU «KPI»*. 2016. <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80367/76005>

Yereshko, A. I., and Sotnikov, Yu. M. "Perspektyvy vykorystannia marketynhovykh onlain-doslidzhen v innovatsiino-mu rozvytku ekonomiky rehionu" [Prospects of using online marketing research in the innovative development of the region's economy]. *Biznes-navihator*, no. 2 (2018): 63-66.

Zozulyov, O. V., and Vasilenko, A. T. "Analiz povedinky spozhyvachiv na promyslovomu rynku dlia formuvannia torhovoipropozytsii" [Analysis of behavior of consumers in the industrial market for the formation of a trade offer]. *Ekonomichnyi visnyk NTUU «KPI»*. 2017. <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/108742/103688>

УДК 620.91+ 621.31

JEL: F15; H54; L94; O19

SMART GRID ЯК ОСНОВА ІННОВАЦІЙНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ НА РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

©2019 БОНДАРЕНКО С. А., ЗЕРКІНА О. О.

УДК 620.91+ 621.31

JEL: F15; H54; L94; O19

Бондаренко С. А., Зеркіна О. О. Smart Grid як основа інноваційних перетворень на ринку електричної енергії України в умовах євроінтеграційних процесів

Метою статті є дослідження ролі й місця Smart Grid у інноваційних перетвореннях на ринку електричної енергії України в умовах євроінтеграційних процесів. Визначено сутність категорії «інтелектуалізації енергосистеми», що дозволило виділити особливості інноваційних перетворень в електроенергетиці. На підставі систематизації зарубіжного досвіду з реалізації Smart-стратегій у процесі інтелектуалізації енергосистеми розглянуто практичні можливості імплементації основних положень в умовах економіки України. Встановлено, що завдяки впровадженню «інтелектуальних» мереж до 2020 р. у країнах ЄС на 20% планується підвищити ефективність споживання енергетичних ресурсів через скорочення питомого споживання енергії на одиницю ВВП, на стільки ж передбачено зниження шкідливих викидів у атмосферу. Крім того, очікується, що в зазначений період обсяги електропостачання, завдяки «інтелектуальним» мережам, перевищать одну п'яту частину від загального їх обсягу. Дослідження досвіду України щодо впровадження Smart Grid показали, що даний напрямок є пріоритетним для формування ринку електроенергетики. Так, система Smart Grid дає можливість енергетичним компаніям керувати всією мережею енергопостачання як єдиною системою. Впровадження Smart Grid покликане вирішувати поточні завдання за допомогою інтелектуальної мережі, що дозволяє на тлі збільшення обсягів споживання підвищити рентабельність, надійність і безвідмовність роботи, знизити технічні та комерційні втрати, підвищити керованість і ефективність експлуатації мереж. У рамках концепції та методології реалізації системи Smart Grid мають бути враховані вимоги всіх зацікавлених сторін – держави, генеруючих компаній, мережевих і енергозбутових компаній, споживачів і виробників обладнання. Даний напрямок виділено перспективою подальших досліджень.

Ключові слова: інтелектуалізація енергосистеми, Smart Grid, інноваційні технології, поновлювані джерела енергії, ринок електроенергетики.

DOI:

Рис.: 2. **Табл.:** 1. **Бібл.:** 11.

Бондаренко Світлана Анатоліївна – доктор економічних наук, старший науковий співробітник відділу ринкових механізмів і структур, Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень НАН України (Французький бульвар, 29, Одеса, 65044, Україна)

E-mail: lana.bond@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1687-1172>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/57204913613>

Зеркіна Оксана Олександрівна – кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки та МЕН, Міжнародний гуманітарний університет (вул. Фонтанська дорога, 33, Одеса, 65009, Україна)

Бондаренко С. А., Зеркіна О. А. Smart Grid как основа инновационных преобразований на рынке электрической энергии Украины в условиях интеграционных процессов

Bondarenko S. A., Zerkina O. O. Smart Grid as the Basis of Innovative Transformations in the Electricity Market of Ukraine in the Context of Integration Processes

Целью статьи является исследование роли и места Smart Grid в инновационных преобразованиях на рынке электрической энергии Украины в условиях интеграционных процессов. Определена сущность категории «интеллектуализация энергосистемы», что позволило выделить особенности инновационных преобразований в электроэнергетике. На основании систематизации зарубежного опыта по реализации Smart-стратегий в процессе интеллектуализации энергосистемы рассмотрены практические возможности имплементации основных положений в условиях экономики Украины. Установлено, что благодаря внедрению «интеллектуальных» сетей в 2020 г. в странах ЕС на 20% планируется повысить эффективность потребления энергетических ресурсов из-за сокращения удельного потребления энергии на единицу ВВП, на столько же предусмотрено снижение вредных выбросов в атмосферу. Кроме того, ожидается, что в указанный период объемы электроснабжения, благодаря «интеллектуальным» сетям, превысят одну пятую часть от общего их объема. Исследование опыта Украины по внедрению Smart Grid показали, что данное направление является приоритетным для формирования рынка электроэнергетики. Так, система Smart Grid дает возможность энергетическим компаниям управлять всей сетью энергоснабжения как единой системой. Внедрение Smart Grid призвано решать текущие задачи с помощью интеллектуальной сети, позволяющей на фоне увеличения объемов потребления повысить рентабельность, надежность и безотказность работы, снизить технические и коммерческие потери, повысить управляемость и эффективность эксплуатации сетей. В рамках концепции и методологии реализации системы Smart Grid должны быть учтены требования всех заинтересованных сторон – государства, генерирующих, сетевых и энергосбытовых компаний, потребителей и производителей оборудования. Данное направление выделено перспективой дальнейших исследований.

The article is aimed at researching the role and place of Smart Grid in the innovative transformations on the Ukrainian electricity market in the context of integration processes. The essence of the category of «intellectualization of electric power system» is defined, allowing to allocate features of innovative transformations in the electric power industry. On the basis of a systematization of the foreign experience on materialization of Smart-strategies in the process of intellectualization of electric power system, practical possibilities of implementation of basic provisions in conditions of economy of Ukraine are considered. It is determined that due to introduction of «intellectual» networks in 2020 the EU countries plan to increase efficiency of the energy resources consumption by means of reduction of the specific energy consumption per unit of GDP, which is equal to the foreseen reduction of harmful emissions into the atmosphere. It is also expected that during this period, the electricity supply through smart networks will exceed one fifth of their total volume. Studying of Ukraine's experience in the implementation of Smart Grid showed that this direction is a priority for the formation of the electricity market. Thus, the Smart Grid system enables energy companies to manage the entire electric power supply network as a single system. Implementation of Smart Grid is designed to solve current tasks with the help of smart network that, following increase in volumes of consumption, allows to enhance profitability, reliability and uptime, reduce technical and commercial losses, increase manageability and efficient operation of networks. Within terms of the concept and methodology of implementation of the Smart Grid system, requirements of all interested parties should be taken into consideration: the State; the generating, network and power supply companies; consumers; manufacturers of equipment. This direction is allocated as prospect for further research.

Ключевые слова: интеллектуализация энергосистемы, Smart Grid, инновационные технологии, возобновляемые источники энергии, рынок электроэнергетики.

Keywords: intellectualization of electric power system, Smart Grid, innovative technologies, renewable energy sources, electricity market.

Рис.: 2. Табл.: 1. Библ.: 11.

Fig.: 2. Tabl.: 1. Bibl.: 11.

Бондаренко Светлана Анатольевна – доктор экономических наук, старший научный сотрудник отдела рыночных механизмов и структур, Институт проблем рынка и экономико-экологических исследований НАН Украины (Французский бульвар, 29, Одесса, 65044, Украина)
E-mail: lana.bond@ukr.net

Bondarenko Svitlana A. – D. Sc. (Economics), Senior Research Fellow of the Department of the Market Mechanisms and Structures, Institute of Market Problems and Economic-Ecological Research of NAS of Ukraine (29 Frantsuzkyi Blvd., Odessa, 65044, Ukraine)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1687-1172>

E-mail: lana.bond@ukr.net

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/57204913613>

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1687-1172>

Researcher ID: <http://www.researcherid.com/57204913613>

Зеркіна Оксана Александровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и МЭО, Международный гуманитарный университет (ул. Фонтанская дорога, 33, Одесса, 65009, Украина)

Zerkina Oksana O. – PhD (Economics), Associate Professor of the Department of Economics and IEC, International University for the Humanities (33 Fontanska doroha Str., Odessa, 65009, Ukraine)

Досвід розвинених країн, зокрема ЄС, США і Китаю показує, що вирішення новітніх проблем у рамках колишньої концепції екстенсивного розвитку електроенергетики неможливо. Тому основою майбутнього розвитку енергетики визнано інноваційні перетворення засобами впровадження в електроенергетиці «інтелектуальних» технологій.

госпоживання. Так, за даними Міжнародного енергетичного агентства [2], до 2040 р. у світі зросте рівень споживання електроенергії на третину (в основному, в країнах Азії, Близького Сходу й Африки). Для ЄС пріоритетною є політика щодо розвитку енергоефективних технологій, тому зростання рівня попиту не буде мати таких високих темпів. Удосконалення технологій, підвищена увага суспільства до питань екології вже змінюють структуру попиту на первинні енергоресурси. Це вимагатиме перегляду традиційних підходів, принципів і механізмів функціонування енергосистеми, розроблення та впровадження нових сучасних технологій на основі поновлюваних джерел енергії (ПДЕ), здатних забезпечити сталий розвиток, підвищення споживчих властивостей та ефективно-

Згідно з енергетичною стратегією України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [1] пріоритетними напрямками розвитку електроенергетики є забезпечення надійності енергопостачання, енергетична безпека, енергоефективність і екологічна гармонізація. В умовах зростаючих темпів технологічних трансформацій суспільства світовою тенденцією є зростання енер-

сті використання енергії. В основі енергоефективних технологій покладено наукові дослідження та інновації (НДІ), які мають довести технології використання ПДЕ до наступного покоління, а також забезпечити розроблення та впровадження нових підходів щодо режимного управління систем з ПДЕ та акумулювання енергії.

Для світової енергетичної сфери характерним є перебудова та розширення мережевих структур на основі нових «інтелектуальних» технологій – Smart Grid, Smart Metering, систем управління попитом (DR) та пристроїв зберігання енергії (ESD), а також інших технологічних інструментів, що підвищують гнучкість енергосистеми [3]. Саме розвиток інтелектуальних Smart Grid технологій в електричних мережах, оснащення споживачів інтелектуальним обліком дозволить реалізувати право, передбачене Законом України «Про ринок електричної енергії» [4], на управління своїм попитом і впливу на власні рахунки за спожиту електричну енергію. Згідно зі звітами Міжнародного Енергетичного Агентства (International Energy Agency – IEA) [5], British Petroleum (BP) [6] та інших міжнародних організацій у світі відбувається процес переходу на альтернативну енергетику – сонячну, вітрову з розвитком на їх базі систем розподіленої генерації (РГ).

Тенденцією є сталий розвиток поновлюваних джерел енергії (ПДЕ) і введення нових виробничих та енергетичних потужностей. Розвиток поновлюваних джерел енергії потребує відповідної перебудови мережевої інфраструктури, впровадження сучасних «інтелектуальних» систем – Smart Grid для автоматизації управління потоками енергії, режимного регулювання перетоками та споживанням електроенергії з планомірним використанням маневрених потужностей. Ключову роль у вирішенні означених завдань, включаючи задоволення зростаючого попиту, виконуватимуть інноваційні технології, спрямовані на розвиток «інтелектуальних» електромереж (Smart Grid), технологій «інтелектуальних» систем обліку і розрахунків (Smart Metering), управління попитом (Demand Response – DR), пристроїв акумулювання енергії та зарядки електромобілів.

Відповідно до вимог з'явилася нова концепція розвитку систем електропостачання під назвою «Smart Grid» [7; 8]. Термін «Smart Grid» став широко відомий після публікації Burr M. T. «Reliability demands drive automation investments» [9]. Наразі в зарубіжній енергетичній практиці на державному рівні прийнято та успішно реалізуються національні Концепції розвитку та фінансування «інтелектуальних» мереж у електроенергетиці та інших галузях.

Однак, незважаючи на значні результати світової практики, проблема формування комплексного підходу до інноваційних перетворень на ринку електричної енергії України, як основи забезпечення національної

енергетичної безпеки в умовах євроінтеграційних процесів, досі залишається невирішеною. З огляду на вищесказане, актуальним є дослідження особливостей Smart Grid, виділення концептуальних аспектів створення «інтелектуальних» мереж у електроенергетиці та Smart-стратегій у процесі інноваційних перетворень на ринку електричної енергії України.

Метою статті є дослідження ролі та місця Smart Grid у інноваційних перетвореннях на ринку електричної енергії України в умовах євроінтеграційних процесів. Для її досягнення поставлено такі завдання: визначити основні тенденції інноваційних перетворень на ринку електричної енергії; виділити особливості «інтелектуальних» мереж у електроенергетиці; систематизувати зарубіжний досвід щодо реалізації Smart-стратегій у процесі інноваційних перетворень на ринку електричної енергії та можливість імплементації основних положень в умовах економіки України.

У структурі суспільного виробництва зростає доля секторів послуг і науко- і знанніємистких галузей, інформатизація системи економічних відносин вносить якісні зміни в процеси збору, обробки та передачі інформації. Такі тенденції розвитку суспільства висувають комплекс особливих вимог до розвитку електроенергетики.

Аналіз інноваційних технологій, які є характерними для поточного стану розвитку суспільства, свідчить про те, що період 2025–2028 рр. буде рубіжним для світового технологічного розвитку. У цей період світова економіка переходить на новий етап технологічного розвитку, на якому не обсяги застосовуваних ресурсів (у тому числі й паливно-енергетичних), а ефективно управління ними стане головною домікантою. Це пов'язано із застосуванням індустріальних інтелектуальних технологій, під впливом яких у промисловості будуть здійснюватися масштабні революційні перетворення. Такий процес називається інтелектуалізацією, яка вже характерна для енергетичної сфери.

Процеси, що формують технологічний уклад, характеризуються певною інноваційною спільністю, що обумовлена технічними та інженерними рішеннями. Загальна характеристика технологічних укладів у динаміці розвитку представлена на *рис. 1*.

Існує концептуальний зв'язок реалізації кожної промислової революції з розвитком джерел енергетики. Перша промислова революція (кінець XVIII – початок XIX ст.) зумовлена переходом від аграрної економіки до промислового виробництва за рахунок винаходу парової енергії, механічних пристроїв, розвитку металургії, що пов'язано з початком активного використання вугільних енергоносіїв. Друга промислова революція (друга половина XIX ст. – початок XX ст.) – винахід електричної енергії, що обумовило розвиток потокового виробництва та розподілу пра-

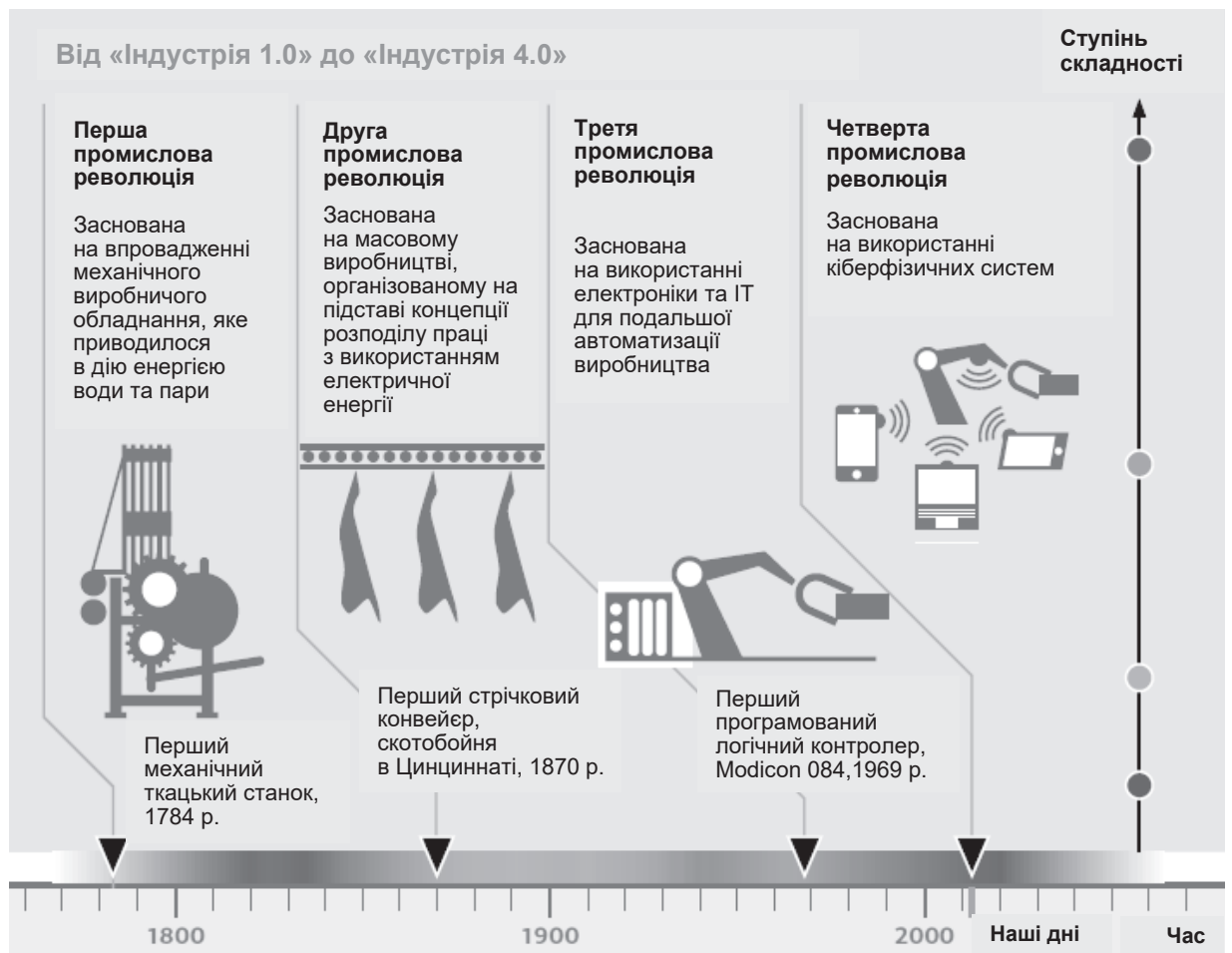


Рис. 1. Характеристика циклів розвитку технологічної кон'юнктури

ці. Для другої промислової революції характерним є активне використання нафтових і газових джерел енергії. Третя промислова революція (з 1970 р.) характеризується застосуванням у виробництві електронних та інформаційних систем, що забезпечили інтенсивну автоматизацію та роботизацію виробничих процесів. Джерелами енергії залишаються нафта і газ. Четверта промислова революція (термін уведений у 2011 р, у рамках німецької ініціативи – Індустрії 4.0) характеризується активним застосуванням нетрадиційних джерел, що суттєво впливає на обсяги та ціни невідновлюваних енергоресурсів, у тому числі й вугільних.

Реалізація четвертої промислової революції базується на двох головних напрямках: 1) IoT – «Інтернет речей» (англ. – *Internet of Things*), який передбачає перетворення всіх компонентів виробничої системи в активних користувачів Інтернету; 2) CPS – «кіберфізичні системи» (англ. – *CyberPhysical Systems*). Отже, четверта промислова революція стосується створення «розумної» промисловості. Такий процес є еволюцією від застосування вбудованих інформаційно-комунікаційних систем управління до кіберфізичних. Вбудовані системи та глобальна мережа Інтернет утворюють основу кіберфізичних систем, які об'єднують віртуальний і реальний світи для

створення мережевого простору. В основі створення таких кіберфізичних систем – інтелектуалізація, тобто «орозумнення» характеру відносин у процесі досягнення конкретних цілей. Отже, впровадження розумних мереж і технологій управління попитом обумовлено масштабними трансформаціями, що відбулися в енергетиці за останні десятиліття – перехід від традиційної генерації на викопних видах палива до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Для «розумних» енергетичних систем створюється середовище, в якому відбувається «розумна взаємодія», тобто розуміння однією системою інших (свого оточення) шляхом інформаційного «спілкування» в рамках певного протоколу, як один з одним, так і з логістичними системами споживачів і постачальників. У разі зміни вимог машини «самостійно» зможуть приймати «розумні» рішення щодо перебування відповідного технологічного процесу. Такі виробничі системи набувають якості здійснювати самодіагностику і самостійно себе ремонтувати, що в кінцевому підсумку приведе до підвищення гнучкості та індивідуалізації виробництва. Розумні мережі Smart Grid об'єднують в собі комплексні інструменти маркетингу та контролю, а також інформаційні передові технології із засобами комунікації. З їх допомогою вдається виявляти в автоматичному режимі най-

більш вразливі, аварійні та небезпечні ділянки електромережі. Після цього дана мережа здійснює зміну характеристик і схеми самої мережі для того, щоб мінімізувати втрати і ризик виникнення аварійних ситуацій. Усе це гарантує високий рівень продуктивності та надання населенню якісної електричної енергії. Виробничі системи зможуть переконфігуруватися в сукупність автономних кіберфізичних осередків, що працюють на автономних джерелах енергії.

Тобто, інтелектуалізація стає домінантою стратегією розвитку енергетики. Базисом означено забезпечення нерозривності та узгодженості дій за такими ключовими напрямками: 1) енергозабезпечення (безперебійне постачання електричної енергії відповідної якості); 2) енергодоступність (енергоощадність та доступна ціна на електроенергію) та 3) енергоприйнятність (мінімальний вплив на навколишнє середовище). Дані напрямки виділено основою для переходу до реалізації сучасних і перспективних «інтелектуальних» технологій. При цьому впровадження технологій «інтелектуальних» мереж сприятиме інтеграції в електромережу поновлюваних джерел енергії.

Згідно з поясненням Міністерства енергетики США інтелектуальним мережам (Smart Grid) притаманні такі атрибути [10]:

- ✦ здатність до самовідновлення після збоїв у подачі електроенергії;
- ✦ можливість активної участі в роботі мережі споживачів;
- ✦ стійкість мережі до фізичного та кібернетичного втручання;
- ✦ забезпечення необхідної якості переданої електроенергії;
- ✦ забезпечення синхронної роботи джерел генерації та вузлів зберігання електроенергії;
- ✦ поява нових високотехнологічних продуктів і ринків;
- ✦ підвищення ефективності роботи енергосистеми в цілому.

Європейська Комісія, що займається питаннями розвитку технологічної платформи у сфері енергетики, виділяє такі аспекти функціонування Smart Grid [11]:

- ✦ *Гнучкість.* Мережа повинна адаптуватися під потреби споживачів електроенергії.
- ✦ *Доступність.* Мережа повинна бути доступна для нових користувачів, причому як нові підключення до глобальної мережі можуть виступати призначені для користувача генеруючі джерела, у тому числі відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) з нульовим або зниженим викидом CO₂.
- ✦ *Надійність.* Мережа повинна гарантувати захищеність і якість постачання електроенергії, відповідно до вимог цифрової економіки.

✦ *Економічність.* Найбільшу цінність мають представляти інноваційні технології в побудові Smart Grid спільно з ефективним управлінням і регулюванням функціонування мережі.

Такі характеристики є концептуальним визначенням інтелектуальної мережі, що вказує на важливу роль Smart Grid у подальшому технологічному, економічному та екологічному розвитку суспільства. Крім вирішення завдань зниження навантаження на навколишнє середовище, зменшення енергетичного дефіциту за рахунок використання відновлюваних джерел енергії, підвищення якості та надійності роботи енергосистеми, в концепціях Smart Grid простежується ще один дуже важливий аспект: Smart Grid є катализатором економічного підйому. Реалізація положень даної концепції буде стосуватися розвитку інноваційних технологій, розширення масштабів виробництва високоінтелектуальної продукції, більш інтенсивного застосування електричної енергії в транспортній інфраструктурі (використання автомобілів з електродвигунами), розвитку нових ринкових відносин із залученням в енергетику споживачів як активних гравців ринку (можливість продавати електроенергію, використовуючи локальні генеруючі джерела).

Нині технологічна структура економіки України представлена III–IV технологічними укладами. Водночас для найбільш успішних економік світу притаманний вже шостий технологічний уклад, в основі якого представлені нано- та біотехнології, термоядерний синтез, молекулярна електроніка, штучний інтелект, оптоелектроніка, фотоніка та інше.

Як показують дослідження: 1) випуск продукції V технологічного укладу в Україні становить близько 4%; 2) продукція VI технологічного укладу складає менше 0,1%. Хоча продукція V–VI технологічних укладів становить сучасні мегатренди найбільш розвинених країн світу та є основою системи економічної безпеки держави та забезпечує основні конкурентні переваги на міжнародній арені, близько 58% виробленої вітчизняними підприємствами продукції припадає на III рівень технологічного укладу, приблизно 38% – продукція IV технологічного укладу.

Міністерство енергетики та вугільної промисловості затвердило прогнозний баланс електроенергії об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України на 2019 р. Прогнозний баланс електроспоживання прогнозується в обсязі 153,5 млрд кВт/год з приростом 1,2% до рівня 2018 р. Експорт електроенергії передбачений в обсязі 6,42 млрд кВт/год, що на 9% більше, ніж передбачалося у 2018 р. Покриття попиту на електроенергію передбачено за рахунок такої структури виробництва:

- ✦ вироблення електроенергії АЕС – 83,05 млрд кВт/год (51,30%);
- ✦ вироблення електроенергії ГЕС – 8,9 млрд кВт/год (5,50%) і ГАЕС – 1,41 млрд кВт/год (0,87%);

- ✦ вироблення електроенергії теплоелектроцентралями та когенераційними установками – 12,54 млрд кВт/год (7,75%);
- ✦ вироблення блок-станціями – 1,63 млрд кВт/год (1,00%);
- ✦ вироблення електроенергії з альтернативних джерел (ВЕС, СЕС, інші) – 3,5 млрд кВт/год (2,16%);
- ✦ вироблення електроенергії ТЕС – 50,84 млрд кВт/год (31,41%).

Для забезпечення виробництва електроенергії ТЕС та ТЕЦ, відповідно до прогнозного балансу, витрати палива складають 27,8 млн тонн вугілля.

Для порівняння, прогнозний баланс електроенергії ОЕС України на 2018 р. передбачав, що вироблення електроенергії ТЕС складе 49,76 млрд кВт/год, а з альтернативних джерел – 2,03 млрд кВт/год. При цьому для забезпечення виробництва електроенергії ТЕС і ТЕЦ, відповідно до прогнозного балансу, витрати палива мали скласти 26,6 млн тонн вугілля.

Отже, у 2019 р. в Україні вироблення електроенергії відбувається в основному в АЕС і ТЕС. Основними енергоносіями залишаються атомна енергетика і вугілля. Альтернативні джерела енергетики складають близько 2%.

Вважається, що вирішення проблем подальшого розвитку енергетичного комплексу України, який би від-повідав світовим безпековим та екологічним вимогам, кращим стандартам з енергомісткості ВВП, можливе лише на основі впровадження інтелектуальних технологій. Потенційно кластер «Енергетика» може вносити до 11% у загальне зростання економіки України [11].

Тобто, цифрова технологія, що дозволяє здійснювати двосторонній зв'язок між комунальною компанією та її клієнтами, а також облік вздовж ліній електропередач, робить мережу розумною. Подібно Інтернету, Smart Grid буде складатися з елементів управління, комп'ютерів, автоматизації, нових технологій і обладнання, які працюють разом, але в цьому випадку ці технології будуть працювати з електричною мережею, щоб відповідати на цифрові запити, що швидко змінюються.

Концепція Smart Grid у країнах ЄС розглядається як ідеологія загальноєвропейської програми розвитку електроенергетики, база інноваційної модернізації та перетворення електроенергетики, основа побудови «Європейської електричної мережі майбутнього». Відповідно до Європейської технологічної платформи Smart Grid – це «електричні мережі, що задовольняють вимогам енергоефективного та економічного функціонування енергосистеми шляхом скоординованого управління за допомогою сучасних двосторонніх комунікацій між елементами електричних мереж, електричних станцій та споживачів електроенергії». Smart Grid є реальною можливістю

перевести енергетику на новий рівень надійності, доступності та ефективності. На загальносвітовому рівні концепція Smart Grid поєднує ряд сучасних напрямів і технологій (рис. 2).

В оновленому огляді «Smart Grid projects Outlook 2017. Facts, figures and trends in Europe» Об'єднаного дослідницького центру (JRC) служби науки і знань Європейської комісії представлено аналіз проектів щодо розвитку систем Smart Grid в ЄС. За оцінкою JRC, база даних дослідницьких і демонстраційних проектів у сфері інтелектуальної мережі в країнах Європи сьогодні включає понад 950 проектів, загальним обсягом інвестицій близько 5 млрд євро.

База даних зосереджена на 28 країнах – членах ЄС, Швейцарії та Норвегії. Загалом у світі у Smart Grid-проектах інтелектуальної енергетики беруть участь понад 2930 організацій з 50 країн світу (табл. 1).

Фінансування проектів Smart Grid здійснюється за рахунок загальноєвропейських і національних джерел, при цьому приватні інвестиції стають одним із найважливіших джерел фінансування.

Основні обсяги інвестицій у проекти Smart Grid зосереджені в: Данії, Німеччині, Іспанії, Франції, Великобританії, Франції, Бельгії та Швеції.

Оператори системи розподілу (DSO) є організаціями, що залучають найбільші обсяги інвестицій у реалізацію проектів «інтелектуальної» мережі, в основному демонстраційні.

За інформацією МЕА, глобальний обсяг необхідних інвестицій у розвиток світової енергетики до 2030 р. становитиме близько 16 трлн дол. США, у тому числі понад 2 трлн дол. США – на розвиток «інтелектуальних» мереж. Обсяг інвестицій, необхідних для розвитку енергосистеми Євросоюзу (включаючи розширення мереж, розвиток поновлюваних джерел енергії та заходів з підвищення енергоефективності) до 2020 р., Єврокомісія оцінює в понад 1 трлн євро, майже половину з яких передбачається спрямувати на розвиток електричних мереж (у тому числі «інтелектуальних» електромереж). За оцінкою Єврокомісії, необхідні фінансові ресурси можуть бути залучені з доходів енергетичного ринку та за рахунок приватних інвестицій.

У своєму огляді «Smart Grid projects Outlook 2017. Facts, figures and trends in Europe» JRC виділяє п'ять секторів європейського ринку технологій «інтелектуальних» енергомереж, що найбільш динамічно розвиваються. Це: передові вимірювальні інфраструктури (AMI), інтеграція розподіленого виробництва електроенергії, датчики, сучасні технології передачі енергії на відстань та електромобілі.

Згідно з даними американської консалтингової компанії Frost & Sullivan середньорічний темп зростання європейського ринку AMI в період з 2011 по 2016 рр. склав 26,9%. У 2011 р. обсяг європейського ринку AMI складав 1,1 млрд дол. США, тоді як до

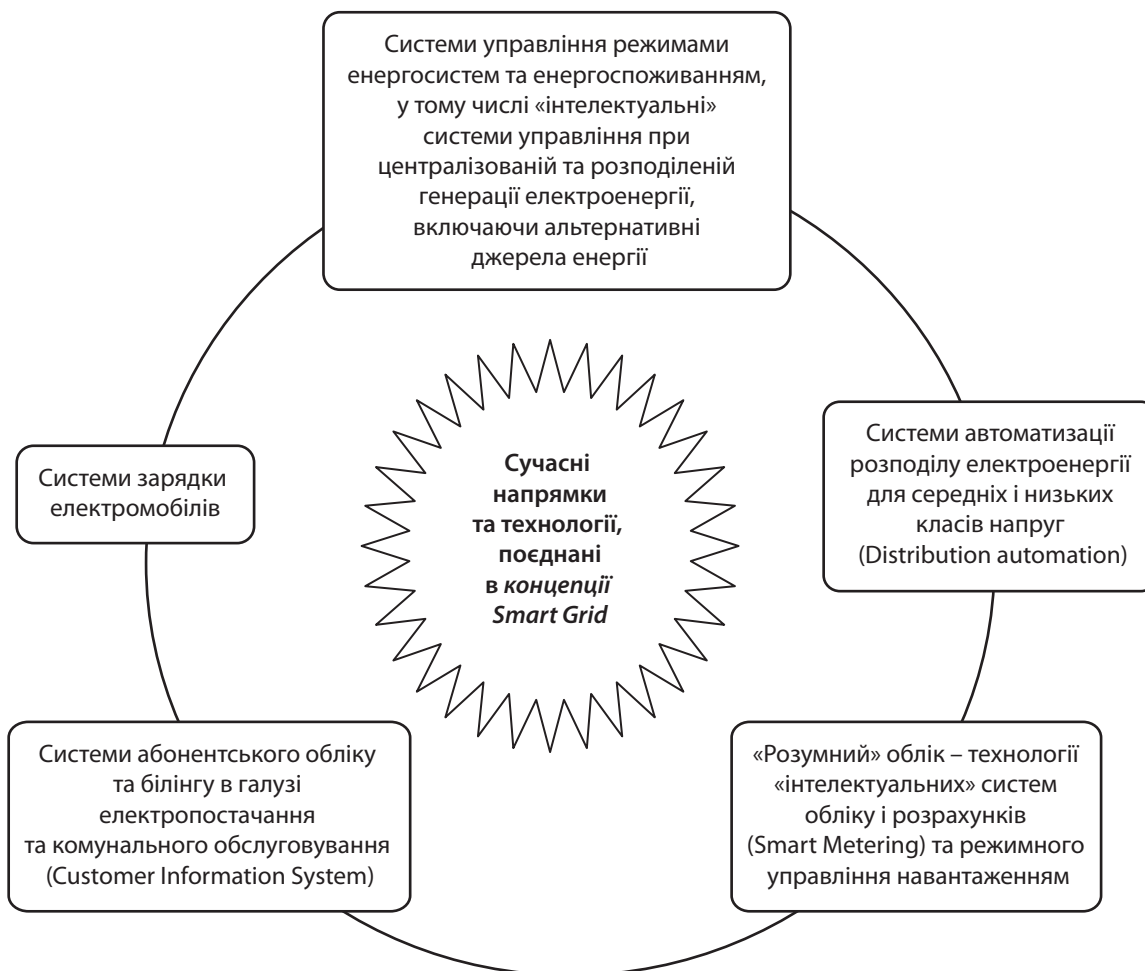


Рис. 2. Система сучасних напрямів і технологій, поєднаних у концепції Smart Grid

Таблиця 1

Аналітичні дані щодо реалізації проектів Smart Grid в ЄС у 2017 р.

Кількість проектів	Сумарні інвестиції	Учасники проектів
Усього: 950 проектів у 50 країнах	Усього: 4,97 млрд євро	Усього: 2900 організацій
865 проектів з інформацією про бюджет	У середньому: 5,75 млн євро	5900 учасників
626 національних проектів, з них 370 – такі, що мають більше одного партнера	308 поточних проектів: 2,15 млрд євро (у середньому 7 млн євро на проект)	Участь у декількох проектах: 700 організацій
324 багатонаціональних проекти (у середньому 14 країн на проект)	642 завершені проекти: 2,82 млрд євро (у середньому 5 млн євро на проект)	Найактивніша компанія – 67 проектів (у Данії)
Середня тривалість проекту – 30 місяців	Найбільші інвестиції: Данія, Великобританія, Франція	Найбільш активні організації: DSO, університети та технологічні виробники
НДДКР: 540 проектів, демонстраційних – 410 проектів	НДДКР: 1,61 млрд євро; демонстраційні – 3,36 млрд євро	У середньому 6 партнерів на проект

Джерело: JRC «Smart Grid projects Outlook 2017. Facts, figures and trends in Europe».

2016 р. цей показник досяг 3,7 млрд дол. США. Інфраструктура АМІ включає в себе інтелектуальні датчики, інфраструктуру передачі даних (МСІ) і системи управління даними (МДМ). Масштабна державна

підтримка забезпечила розвиток і впровадження інтелектуального вимірювального обладнання в Європі, хоча через відсутність єдиного підходу в різних країнах цей процес йде по-різному.

Згідно з даними Єврокомісії до 2020 р. на «інтелектуальні» будуть замінені понад 200 млн лічильників електроенергії і 45 млн лічильників газу. До зазначеного часу такі пристрої будуть встановлені у 72% споживачів електроенергії та 40% споживачів газу. Зокрема, одним із основних завдань енергетичної політики країн ЄС, визначених у Директиві з електроенергії, є оснащення до 2020 р. не менше 80% споживачів «інтелектуальними» вимірювальними системами.

Зобов'язання країн-учасників щодо визначення плану впровадження «розумних» лічильників створюють необхідний імпульс по розгортанню програм розвитку Smart-систем в Європейському Союзі. Зокрема:

- ✦ Франція: прийнято програму з «інтелектуальних» лічильників у вересні 2010 р. із завданням – установити 95% «інтелектуальних» лічильників до 2017 р.;
- ✦ Німеччина: законом від січня 2010 р. передбачено установку Smart-лічильників у нові будівлі, будівлі, що реконструюються, або на вимогу споживача;
- ✦ Великобританія: урядовим дорученням передбачено здійснити впровадження «інтелектуальних» лічильників між 2012 і 2020 рр.;
- ✦ Іспанія: Королівським декретом (1110/2007) і Наказом міністра (2860/2007) зобов'язано до 31 грудня 2018 р. замінити всі електромагнітні лічильники електроенергії на «інтелектуальні».

За даними ABI Research, обсяг поставок виробниками «розумних» лічильників в Європі за підсумками 2017 р. досяг 23,1 млн пристроїв. Зростання продажів таких пристроїв обумовлено затребуваністю розумних приладів обліку у Франції, Італії, Великобританії та Іспанії.

Розвиток поновлюваної енергетики та розподіленого виробництва електроенергії привели до зростання попиту на впровадження сучасних технологій передачі електроенергії, таких як обмежувачі струму ушкодження, фазорегулювальні трансформатори, лінії електропередавання високої напруги на постійному струмі (HVDC) і гнучкі системи підвищення ефективності та пропускну здатності електропередавання змінного струму (FACTS). Найбільші перспективи для розвитку систем HVDC і FACTS – у Німеччині, скандинавських країнах, а також в Іспанії та Великобританії, що обумовлено активним розвитком поновлюваної енергетики та «інтелектуальних» енергомереж.

В умовах реалізації технології Smart Grid необхідно враховувати особливості технічного та технологічного стану генерувальних джерел, систем передавання та розподілення електроенергії в різних країнах. Наприклад, сьогодні у США період експлуатації майже 70% трансформаторних підстанцій та ліній електропередавання становить 25 і більше років, що

визначає завдання з необхідності модернізації та розвитку сучасних електромереж.

Виходячи із зазначеного для впровадження нових «інтелектуальних» технологій у розвинених країнах вважається необхідним покращення існуючої інфраструктури та встановлення ефективних елементів системи Smart Grid, зокрема регуляторів реактивної потужності, «інтелектуальних» лічильників, накопичувачів електроенергії тощо. У більшості країн, що розвиваються, крім вищезазначених завдань, необхідно замінити (реконструювати, модернізувати) фізично та морально зношене обладнання та лінії електропередавання з одночасним поетапним переходом на нові, «інтелектуальні» технології.

На сучасному етапі сталого розвитку енергетики технічні засоби інтелектуальної мережі Smart Grid мають вирішальне значення в реалізації положень концепції Smart Grid. Перспективні технічні засоби можна розділити на такі основні групи:

- ✦ інтелектуальні датчики інформації, контрольно-вимірювальні засоби, прилади обліку та контролю;
- ✦ системи збору і передачі даних, що містять розподілені інтелектуальні пристрої та аналітичні інструменти для підтримки комунікацій на рівні об'єктів енергосистеми;
- ✦ інтелектуальні системи прогнозування, підтримки і прийняття рішень (зокрема, інтелектуальні адаптивні системи захисту й автоматизації з функцією автоматичного відновлення живлення);
- ✦ вдосконалені технології й активні силові компоненти електричної мережі;
- ✦ інтегровані системи інформаційного обміну.

Згідно з концепцією Smart Grid майбутня мережа не матиме ієрархічної структури, і великі споживачі будуть у ній поряд з переважною кількістю малопотужних джерел енергії, а також одиничних потужних станцій, регуляторів напруги, компенсаторів реактивної потужності тощо. Це буде складна, неструктурована, розгалужена мережа, оснащена «інтелектуальними» лічильниками; у перспективі буде реалізовано динамічне управління електричними мережами, регулювання попиту, підвищення безпеки і, як наслідок, – підвищення надійності та якості енергопостачання.

Для стимулювання впровадження інноваційних проектів Євросоюз відшкодовує компаніям-піонерам половину витрат на їх реалізацію. При цьому європейські країни за рахунок впровадження новітніх технологій розраховують на щорічне заощадження близько 7,5 млрд євро.

В Україні розпочато роботу над застосуванням у національній енергосистемі новітніх революційних технологій. У 2014 р. між Міністерством енергетики та вугільної промисловості та бельгійською

компанією Tractebel укладено контракт на розробку Техніко-економічного обґрунтування проекту. Щодо стандартів технологій Smart Grid, то в Україні вже прийнято більшу частину технічних стандартів для автоматизації мереж. Запропоновано впровадження ряду пілотних технологій та проектів Smart Grid на рівні Системного Оператора. Проект розумних мереж (Smart Grid) реалізовується в рамках Проекту передачі електроенергії-2, що фінансується МБРР за сприяння Фонду Чистих Технологій (сума кредиту – 48,5 млн доларів).

У 2018 р. Україна розпочала співпрацювати з південнокорейськими енергетичними компаніями щодо впровадження технологій Smart Grid в Україні. Вважається, що така співпраця та практичний досвід з розвитку та впровадження технологій Smart Grid у Південній Кореї допоможе у виборі пріоритетних заходів з найбільшою ефективністю та мінімальними затратами при створенні Концепції комплексного впровадження «розумних мереж» в Україні до 2035 р. і середньострокового Плану заходів з їх впровадження, забезпечить зменшення втрат електроенергії на її передачу та розподіл електричними мережами.

Для впровадження технологій Smart Grid необхідна масштабна автоматизація підстанцій. Наразі триває Другий проект з передачі електроенергії (ППЕ-2), який реалізується спільно з Міжнародним банком реконструкції та розвитку. Він передбачає компоненту Smart Grid, у рамках якої буде реалізовано декілька технологічних систем, що забезпечать покращення спостережності та керованості ОЕС України, кращу інформаційну взаємодію між підприємствами електроенергетики та прозорість щодо стану мереж для кінцевих споживачів.

У рамках діяльності робочої групи з впровадження технологій Smart Grid було здійснено інспектування потенційних площадок для реалізації пілотних проектів у електричних мережах. Зокрема, АТ «Хмельницькобленерго» є однією з перших українських енергокомпаній, де заплановано впровадити технології «розумних мереж». Розглядається одразу декілька площадок для реалізації пілотних проектів. Впроваджувати Smart Grid на теренах Хмельниччини планується за участі провідних енергокомпаній світу.

У цілому «інтелектуальні» мережі Smart Grid поєднують в собі елементи традиційної електроенергетики та новітні електроенергетичні технології, комплексні інструменти контролю (WACS – Wide Area Control System) та моніторингу (WAMS – Wide Area Monitoring System); інформаційні технології та засоби комунікації; «інтелектуальні» вимірювальні системи, у тому числі «інтелектуальні» лічильники (Smart Metering); динамічне керування електромережами (Dinamic Grid Management) та енергетичними потоками (FACTS тощо); регулювання попиту (Demand Response); підвищення безпеки; скорочення

витрат енергоресурсів. Але слід зазначити, впровадження Smart Grid – не регуляторна вимога, а добра воля компаній – операторів електромереж, які мають самі вирішувати, наскільки вони відповідатимуть цим стандартам і, відповідно, наскільки якісними будуть їхні послуги та власна ефективність.

ВИСНОВКИ

Smart Grid трактується сьогодні в усьому світі як концепція інноваційного оновлення електроенергетики, що дозволяє за рахунок використання новітніх технологій, інструментів і методів значно підвищити ефективність роботи енергетичних систем. За останні роки розвитку систем Smart Grid та Smart Metering PG стали приділяти значно більше уваги, оскільки подібні технології допомагають скоротити викиди CO₂, підвищити ефективність і безпеку енергосистем. Система мережі Smart Grid – це концепція повністю інтегрованої, саморегулюючої та відновлюваної електроенергетичної системи, що має мережеву топологію та включає в себе всі генеруючі джерела, магістральні та розподільчі мережі та всі типи споживачів електричної енергії, керовані єдиною мережею інформаційно-керуючих пристроїв і систем у режимі реального часу.

Завдяки впровадженню «інтелектуальних» мереж до 2020 р. лише в країнах ЄС на 20% планується підвищити ефективність споживання енергетичних ресурсів через скорочення питомого споживання енергії на одиницю ВВП, на стільки ж передбачено зниження шкідливих викидів у атмосферу. Очікується, що в зазначений період обсяги електропостачання через «інтелектуальні» мережі перевищать одну п'яту частину від загального їх обсягу.

Сьогодні Україна зацікавлена в розвитку нових технологій сучасних систем управління у сфері енергетики. Впровадження Smart Grid є напрямком інтелектуалізації енергосистеми України. Система Smart Grid дає можливість енергетичним компаніям керувати всією мережею енергопостачання як єдиною системою. Впровадження Smart Grid покликане вирішувати поточні завдання за допомогою інтелектуальної мережі, що дозволяє на тлі збільшення обсягів споживання підвищити рентабельність, надійність і безвідмовність роботи, знизити технічні та комерційні втрати, підвищити керованість і ефективність експлуатації мереж. У рамках концепції та методології реалізації систем Smart Grid мають бути врахованими вимоги усіх зацікавлених сторін – держави, генерувальних, мережних і енергозбутових компаній, споживачів і виробників обладнання, що і є напрямком подальших досліджень. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=250250456>

2. World Energy Outlook 2015 (WEO-2015). URL: <http://www.worldenergyoutlook.org/weo2015/>
3. World Energy Issues Monitor 2017, Exposing the new energy realities, World Energy Council. URL: <https://www.worldenergy.org/publications/2017/world-energy-issues-monitor-2017/>
4. Закон України «Про ринок електричної енергії» № 2628-VIII від 23.11.2018 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>
5. World Energy Outlook 2017. URL: <https://www.iea.org/weo2017/>
6. BP Annual Report, 2017. URL: <http://www.annualreports.com/Company/bp-plc>
7. **Boyd J.** An internet-inspired electricity Grid. IEEE Spectrum. January. 2013. No. 1. P. 12–13. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6395291>
8. **Huang A., Crow M., Heydt G., Dale S., Zheng J.** The Future Renewable Electric Energy Delivery and Management (FREEDM) System: The Energy Internet. *Proceedings of the IEEE*. 2011. Vol. 91. P. 133–148.
9. **Burr M. T.** Reliability demands will drive automation investments. *Fortnightly Magazine*. Nov. 1, 2003. URL: <http://www.fortnightly.com/fortnightly/2003/11/technology-corridor>
10. The SMART GRID: an introduction. URL: https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf
11. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти (версія для обговорення). Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 36 с. URL: <http://wdc.org.ua/uk/node/182605>

REFERENCES

“BP Annual Report, 2017”. <http://www.annualreports.com/Company/bp-plc>

Boyd, J. “An internet-inspired electricity Grid”. IEEE Spectrum. January. 2013. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6395291>

Burr, M. T. “Reliability demands will drive automation investments”. *Fortnightly Magazine*. 2003. <http://www.fortnightly.com/fortnightly/2003/11/technology-corridor>

“Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist» [Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035 "Safety, Energy Efficiency, Competitiveness"]. <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=250250456>

“Forsait ekonomiky Ukrainy: serednyostrokovyi (2015-2020 roky) i dovhostrokovyi (2020-2030 roky) chasovi horyzonty (versiiia dlia obhovorennia)” [Forecast of the Ukrainian economy: medium-term (2015-2020) and long-term (2020-2030) time horizons (version for discussion)]. Kyiv : NTUU «KPI», 2015. <http://wdc.org.ua/uk/node/182605>

Huang, A. et al. “The Future Renewable Electric Energy Delivery and Management (FREEDM) System: The Energy Internet”. *Proceedings of the IEEE*, vol. 91 (2011): 133-148.

[Legal Act of Ukraine] (2018). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>

“The SMART GRID: an introduction”. https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf

“World Energy Issues Monitor 2017, Exposing the new energy realities, World Energy Council”. <https://www.worldenergy.org/publications/2017/world-energy-issues-monitor-2017/>

“World Energy Outlook 2015 (WEO-2015)”. <http://www.worldenergyoutlook.org/weo2015/>

“World Energy Outlook 2017”. <https://www.iea.org/weo2017/>