

Bondarenko Svitlana (2019) Smart grid v zabezpechenni intelektualizatsiyi enerhosystemy Ukrayiny [Smart grid in ensuring the intellectualization of the energy system of Ukraine]. *Social development & Security*. 9 (1), 26–39. DOI: <http://doi.org/10.33445/sds.2019.9.1.3>  
Retrieved from <https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/article/view/85/83>

## SMART GRID В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ УКРАЇНИ

Світлана Бондаренко

Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень НАН України,  
Французький бульвар, 29, м. Одеса, 65044, Україна,  
e-mail: [lana.bond@ukr.net](mailto:lana.bond@ukr.net)  
к.е.н.,  
старший науковий співробітник відділу економічних механізмів і структур



### Article history:

Received: December , 2018  
1st Revision: January, 2019  
Accepted: February, 2019

DOI: <http://doi.org/10.33445/sds.2019.9.1.3>

**Анотація:** Метою статті є дослідження ролі і місця Smart Grid у процесі інтелектуалізації енергосистеми України. У статті визначити сутність категорії «інтелектуалізації енергосистеми», що дало можливість виділити особливості «інтелектуальних» мереж у електроенергетиці. На підставі систематизації зарубіжного досвіду щодо реалізації Smart-стратегій у процесі інтелектуалізації енергосистеми, розглянуто практичні можливості імплементації основних положень в умовах економіки України.

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

Бібл.: 9, табл. 2, рис. 1.

Бондаренко С. А. Smart grid в забезпеченні інтелектуалізації енергосистеми України. *Social development & Security*. 2019. Вип. 9 (1). С. 26–39.

DOI: <http://doi.org/10.33445/sds.2019.9.1.3>

URL: <https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/article/view/85/83>

### 1. Постановка проблеми

Пріоритетними напрямками розвитку електроенергетики є забезпечення надійності енергопостачання, енергетична безпека, енергоефективність і екологічна гармонізація. 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 [1]. Важливим і новим системним фактором, який підсилюється, в міру розвитку розподіленої генерації (РГ), є широке залучення споживачів до процесу управління режимами електроенергетичних систем (ЕЕС), у тому числі за допомогою механізмів управління попитом (DR), розвиток та впровадження систем акумулювання енергії

(ESS), новітніх технологій «розумних» систем обліку – Smart Metering, а також інших інноваційних технологій. 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 ефективності використання енергії. Саме розвиток інтелектуальних Smart Grid технологій в електричних мережах, оснащення споживачів інтелектуальним обліком дозволить реалізовувати право, передбачене Законом України «Про ринок електричної енергії» [2], на управління своїм попитом та впливу на власні рахунки за спожиту електричну енергію.

## **2. Аналіз останніх досліджень та публікацій**

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 впровадження в електроенергетиці «інтелектуальних» технологій. Згідно звітів Міжнародного Енергетичного Агентства (International Energy Agency – IEA) [3], British Petroleum (BP) [4] 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 стійкий розвиток поновлюваних джерел енергії (ПДЕ) та введенням 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 і 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'явилась нова концепція розвитку систем електропостачання під назвою «Smart Grid» [5, 6]. Термін «Smart Grid» став широко відомий після публікації «Reliability demands drive automation investments» [7]. Наразі в зарубіжній енергетичній практиці на державному рівні прийняті і успішно реалізуються Національні Концепції розвитку і фінансування «інтелектуальних» мереж у електроенергетиці та інших галузях.

Однак, незважаючи на значні результати світової практики, проблема формування комплексного підходу до інтелектуалізації енергосистеми України, як основи забезпечення національної енергетичної безпеки, досі залишається не вирішеною. З огляду на вище сказане, актуальним є дослідження особливостей Smart Grid, виділення концептуальних аспектів створення «інтелектуальних» мереж у електроенергетиці і Smart-стратегій у процесі інтелектуалізації енергосистеми України.

## **3. Постановка завдання**

Метою статті є дослідження ролі і місця Smart Grid у процесі інтелектуалізації енергосистеми України. Для її досягнення поставлено такі завдання: визначити сутність категорії «інтелектуалізації енергосистеми»; виділити особливості «інтелектуальних» мереж у електроенергетиці; систематизувати зарубіжний досвід щодо реалізації Smart-стратегій у процесі інтелектуалізації енергосистеми та можливість імплементації основних положень в

умовах економіки України.

#### 4. Виклад основного матеріалу

В структурі суспільного виробництва зростає доля секторів послуг і науко- і знаннямістких галузей, інформатизація системи економічних відносин вносить якісні зміни в процеси збору, обробки і 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 (в тому числі і паливно-енергетичних), а ефективне управління ними стане головною домінантою. Це пов'язано із застосуванням індустріальних інтелектуальних технологій, під впливом яких в промисловості будуть здійснюватися масштабні революційні перетворення. Такий процес називається інтелектуалізацією, яка вже характерна для енергетичної сфери.

Процеси, що формують технологічний уклад, характеризуються певною спільністю, що обумовлена технічними та інженерними рішеннями. Загальна характеристика технологічних укладів представлена у таблиці 1.

Таблиця 1

#### Характеристика циклів розвитку технологічної кон'юнктури

Технологічний уклад	Нові технології	Характер енергоресурсів	Ключові фактори виробництва
I технологічний уклад - <b>перша промислова революція</b> (1790 - 1843 рр.)	- водяний двигун, що сприяє розвитку текстильної промисловості, чавуноливарного і залізооброблюваного виробництва	вугілля нафта	земля, репродуктивна стандартна ручна і машинна праця
<b>Криза перевиробництва (1825 р.), недооцінка освіти</b>			
II технологічний уклад - (1843 – 1894 рр.)	- винахід парового двигуна, - будівництво залізниць, - суднобудування, - розвиток важкої промисловості, верстатобудування, - технічне переозброєння вугільної промисловості,	вугілля нафта газ	репродуктивна функціональна ручна і машинна праця, промисловий і фіктивний капітал
<b>Криза на фондовому ринку (1873 р.), перевиробництво кінця XIX ст.</b>			
III технологічний уклад - <b>друга промислова революція</b> (1894 – 1943 рр.)	- винахід електродвигуна, - розробка способу отримання водню (Менделєєв), - розвиток важкої промисловості, - концентрація фінансового і банківського капіталу	вугілля нафта газ	репродуктивна конвеєрна праця, виділення управлінської праці, підприємництво, фіктивний капітал
<b>Криза на фондовому ринку (1929 р.), резонанс багатьох ділових циклів</b>			
IV технологічний уклад - (1943 – 1975 рр.)	- двигун внутрішнього згоряння; - біотехнології; - біокомп'ютер, мікропроцесор; - система масових комунікацій; - органічна хімічна промисловість; - аерокосмічна техніка; - гнучкі автоматизовані виробництва;	вугілля нафта газ	знання, пам'ять, інтелект, відбувається селекція новаторів, економічний і соціальний прогрес людства, увага до екологічного чинника

Закінчення табл. 1

<b>Криза енергетична (1973 р.), перекив впливу держави на соціально-економічні процеси</b>			
У технологічний уклад - (1975 – 2000 рр.)	- інформаційні і комунікаційні технології; - впровадження мікроелектроніки; - глобалізація інформаційних сітьових технологій, телекомунікацій; - бізнес-інжиніринг; - біотехнології, клонування, трансгенні технології, тонка хімія.	вугілля нафта газ	креативна праця, інформація, глобальний капітал, екологія, інфраструктура, маркетинг, креатив
<b>Фінансова криза (1998 р.)</b>			
УІ технологічний уклад - <b>третя промислова революція</b> (2000 - 2010 рр.)	- розумне програмне забезпечення, - новітні матеріали, робототехніка, нові технологічні процеси (зокрема, тривимірний друк) і цілий ряд веб-сервісів; цифрові технології	вугілля нафта газ	інтелект, машинна обробка інформації, креатив
<b>Світова фінансова криза (2008-2010 рр.)</b>			
УІІ технологічний уклад - <b>четверта промислова революція</b> (з 2011 рр.)	- штучний інтелект; - біотехнології; - «розумні» технології; - робототехніка; - нанотехнології; - клітинні технології	вугілля нафта газ нетрадиційні джерела технології на основі поновлюваних джерел енергії (ПДЕ)	цифрові трансформації, інтелектуалізація. ІК-системи управління, вбудовані в машини, об'єднані в загальну інтернет-мережу

Джерело: [узагальнено автором]

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 в.) – винахід електричної енергії, що обумовило розвиток потокового виробництва і розподілу праці. Для другої промислової революції характерним є активне використання нафтових і газових джерел енергії. Третя промислова революція (з 1970 р) характеризується застосуванням у виробництві електронних і інформаційних систем, що забезпечили інтенсивну автоматизацію і роботизацію виробничих процесів. Джерелами енергії залишаються нафта і газ. Четверта промислова революція (термін введений в 2011 р, в рамках німецької ініціативи – Індустрії 4.0) характеризується активним застосуванням нетрадиційних джерел, що суттєво впливає на обсяги і ціни невідновлюваних енергоресурсів, в тому числі і 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 і 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 в процесі досягнення конкретних цілей. Отже, впровадження розумних мереж та технологій управління попитом обумовлено масштабними трансформаціям, 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 перебудови відповідного технологічного процесу. Такі виробничі системи набувають якості здійснювати самодіагностику і самостійно себе ремонтувати, що в кінцевому підсумку призведе до підвищення гнучкості та індивідуалізації виробництва. Розумні мережі Smart Grid об'єднують в собі комплексні інструменти маркетингу і контролю, а також інформаційні передові технології із засобами комунікації. З їх допомогою вдається виявляти в автоматичному режимі найбільш 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. Все це гарантує високий рівень продуктивності і надання населенню якісної електричної енергії. Виробничі системи зможуть переконфігуруватись у сукупність автономних кіберфізичних осередків, що працюють на автономних джерелах енергії.

Тобто, інтелектуалізація стає домінантою стратегії 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 та перспективних «інтелектуальних» технологій. При цьому впровадження технологій «інтелектуальних» мереж сприятиме інтеграції в електромережу поновлюваних джерел енергії.

Згідно пояснення Міністерства енергетики США, інтелектуальним мережам (Smart Grid) притаманні такі атрибути [8]:

- здатність до самовідновлення після збоїв в подачі електроенергії;
- можливість активної участі в роботі мережі споживачів;
- стійкість мережі до фізичного і 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 в області енергетики, виділяє такі аспекти функціонування Smart Grid [9]:

- Гнучкість. Мережа повинна адаптуватися під потреби споживачів електроенергії.
- Доступність. Мережа повинна бути доступна для нових користувачів, причому в якості нових підключень до глобальної мережі можуть виступати призначені для користувача генеруючі джерела, в тому числі відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) з нульовим або зниженим викидом CO<sub>2</sub>.
- 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 в 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 і надійності роботи енергосистеми в концепціях Smart Grid простежується ще один дуже важливий аспект: Smart Grid є каталізатором економічного підйому. Реалізація положень даної концепції буде мати на увазі розвиток інноваційних технологій, розширення масштабів виробництва високоінтелектуальної продукції, більш інтенсивне застосування електричної енергії в транспортній інфраструктурі (використання автомобілів з електродвигунами), розвиток нових ринкових відносин із залученням в енергетику споживачів в якості активних гравців ринку (можливість продавати електроенергію, використовуючи локальні генерують джерела).

Нині технологічна структура економіки України представлена III – IV технологічними укладами. В той же час, для найбільш успішних економік світу характерним вже є шостий технологічний уклад, в основі якого представлені нано-, 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 менше 0,1%. Хоча продукція V-VI технологічного укладу становить сучасні мегатренди найбільш розвинених країн світу та складає основу системи економічної безпеки держави і забезпечує основні конкурентні переваги на міжнародній арені, близько 58% виробленої вітчизняними підприємствами продукції, припадає на III рівень технологічного укладу, приблизно 38% є продукція IV технологічного укладу [9].

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

Для порівняння, прогнозний баланс електроенергії ОЕС України на 2018 рік 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 та ТЕЦ, відповідно до прогнозного балансу витрата палива повинен був скласти 26,6 млн тон вугілля.

Отже, у 2019 році в Україні вироблення електроенергії відбувається в основному АЕС і ТЕС. Основними енергоносіями залишається атомна енергетика і вугілля. Альтернативні

джерела енергетики складають близько 2%.

Вважається, що вирішення проблем подальшого розвитку енергетичного комплексу України, який би відповідав світовим безпековим та екологічним вимогам, кращим стандартам з енергомисткості ВВП, можливе лише на основі впровадження інтелектуальних технологій. Потенційно кластер «Енергетика» може вносити до 11 % в загальне зростання економіки України [9].

На загальносвітовому рівні концепція Smart Grid поєднує ряд сучасних напрямів і технологій (рис. 1).

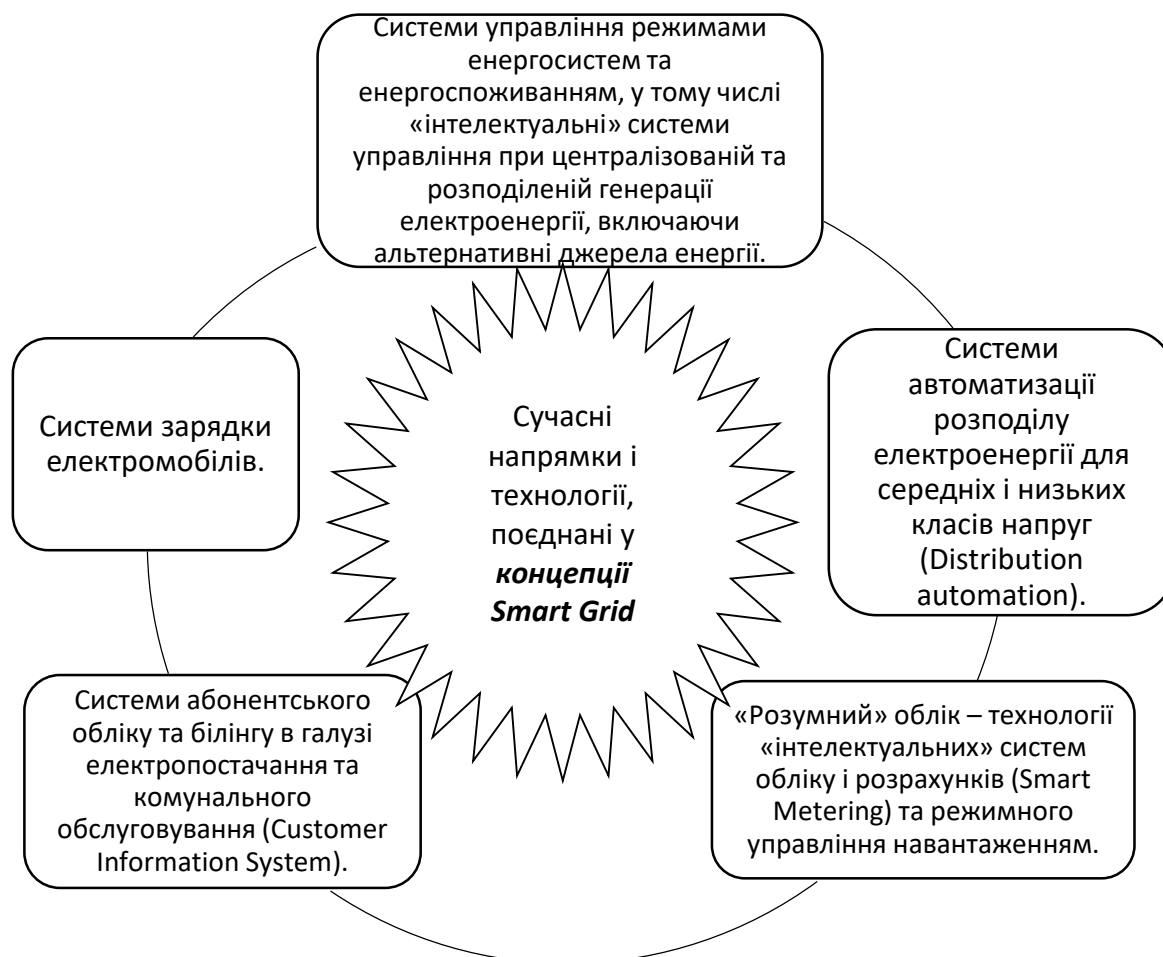


Рис. 1. Система сучасних напрямів і технологій, поєднаних у концепції Smart Grid

Тобто, цифрова технологія, що дозволяє здійснювати двосторонній зв'язок між комунальною компанією та її клієнтами, а також облік вздовж ліній електропередачі, 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.

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 (табл. 2).

Таблиця 2

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

Кількість проектів	Сумарні інвестиції	Учасники проектів
Всього: 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»

За оцінкою JRC, база даних дослідницьких та 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.

Фінансування проектів Smart Grid здійснюється за рахунок загальноєвропейських та національних джерел, при цьому приватні інвестиції стають одним з 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 динамічніше 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 у 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 2016 р. цей показник досяг 3,7 млрд дол. США. Інфраструктура AMI включає в себе інтелектуальні датчики, інфраструктуру передачі даних (MCI) і системи управління даними (MDM). 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 даних 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 і 40% споживачів газу. Зокрема, в якості одного з основних завдань енергетичної політики країн ЄС, визначених у Директиві з електроенергії, є оснащення до 2020 року 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 року;

- Німеччина: законом від січня 2010 р. передбачено установку Smart-лічильників в 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 року 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 пропускнуєї спроможності електропередавання змінного струму (FACTS). Найбільші перспективи для розвитку систем HVDC і FACTS в 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 і 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 за необхідне вважається покращення існуючої інфраструктури та встановлення ефективних елементів системи Smart Grid, зокрема, регуляторів реактивної потужності, «інтелектуальних» лічильників, накопичувачів електроенергії тощо. У більшості країн, що розвиваються, до вище зазначених 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 наступні основні групи:

- інтелектуальні датчики інформації, контрольно-вимірювальні засоби, прилади обліку і 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 і автоматики з функцією автоматичного відновлення живлення);
- вдосконалені технології і 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 в національній енергосистемі новітніх революційних технологій. В 2014 році між Міністерством енергетики та вугільної промисловості і 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 SmartGrid на рівні Системного Оператора. Проект розумних мереж (Smart Grid) реалізовується в рамках Проекту передачі електроенергії-2, що фінансується МБРР за сприянням Фонду Чистих Технологій (сума кредиту – 48,5 млн. доларів).

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

Для впровадження технологій Smart Grid необхідна масштабна автоматизація підстанцій. Наразі триває Другий проект з передачі електроенергії (ПРЕ-2), який реалізується спільно із Міжнародним банком реконструкції та розвитку. Він передбачає компоненту Smart Grid, в 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.

В рамках діяльності робочої групи з впровадження технологій Smart Grid було здійснено інспектування потенційних площадок для реалізації пілотних проектів в 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.

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.

## **5. Висновки і перспективи подальших досліджень.**

За останні роки розвитку систем Smart Grid та Smart Metering, РГ стали приділяти значно більше уваги, оскільки подібні технології допомагають скоротити викиди CO<sub>2</sub>, підвищити ефективність і безпеку енергосистем. Система мережі Smart Grid – це концепція повністю інтегрованої, саморегулюючої і відновлюваної електроенергетичної системи, що має мережеву топологію і включає в себе всі генеруючі джерела, магістральні і розподільчі мережі і всі типи споживачів електричної енергії, керовані єдиною мережею інформаційно-керуючих пристроїв і систем в режимі реального часу. Завдяки впровадженню «інтелектуальних» мереж до 2020 року 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 у 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 в 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.

### **Author details (in Russian)**

## **SMART GRID В ОБЕСПЕЧЕНИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ УКРАИНЫ**

**Светлана Бондаренко**

*Институт проблем рынка и экономико-экологических исследований НАН Украины,  
Французский бульвар, 29, г. Одесса, 65044, Украина,  
e-mail: lana.bond@ukr.net*

*К.Э.Н.,  
старший научный сотрудник отдела экономических механизмов и структур*

**Аннотация:** Целью статьи является исследование роли и места Smart Grid в процессе интеллектуализации энергосистемы Украины. В статье определена сущность категории «интеллектуализации энергосистемы», что позволило выделить особенности «интеллектуальных» сетей 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 до 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.

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

Библ.: 9, табл. 2, рис. 1.

#### Author details (in English)

### SMART GRID IN ENSURING THE INTELLECTUALIZATION OF THE ENERGY SYSTEM OF UKRAINE

**Svitlana Bondarenko**

*Institute of Market Problems and Economic-Ecological Research of the NAS of Ukraine,  
29, French Boulevard, Odessa, 65044, Ukraine,  
e-mail: lana.bond@ukr.net  
Candidate of Economics Sciences (PhD),  
Senior Researcher of the Market Mechanisms and Structures Department*

**Abstract:** The purpose of the article is to study the role and place of the Smart Grid in the process of intellectualizing the energy system of Ukraine. The article defines the essence of the category of "intellectualization of the power system", which made it possible to identify the features of "intelligent" networks in the power industry. Based on the systematization of foreign experience in implementing Smart-strategies in the process of intellectualizing the energy system, the practical possibilities of implementing the main provisions in the Ukrainian economy are considered. It has been established that due to the introduction of "smart" networks by 2020 in EU countries, it is planned to increase the efficiency of energy resources consumption by 20% due to the reduction of specific energy consumption per unit of GDP, and for the same amount it is planned to reduce harmful emissions into the atmosphere. In addition, it is expected that during this period, the volume

*of electricity supply, thanks to "intelligent" networks, will exceed one fifth of their total volume. A study of Ukraine's experience in implementing Smart Grid showed that this direction is a priority for the formation of the electric power market. Thus, the Smart Grid system allows energy companies to manage the entire energy supply network as a single system. The implementation of the Smart Grid is designed to solve current tasks with the help of an intelligent network, which allows us to increase profitability, reliability and dependability of work, reduce technical and commercial losses, improve manageability and operational efficiency of networks against the background of increasing consumption. Within the framework of the concept and methodology for the implementation of the Smart Grid system, the requirements of all interested parties should be taken into account - the state, generating, grid and energy retail companies, consumers and equipment manufacturers. This direction is highlighted by the prospect of further research.*

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

*References:* 9, tables 2, figures 1.

### Використана література

1. 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/>
2. Закон України «Про ринок електричної енергії» № 2628-VIII від 23.11.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>
3. World Energy Outlook 2017. URL: <https://www.iea.org/weo2017/>
4. BP Annual Report, 2017. URL: <http://www.annualreports.com/Company/bp-plc>
5. Boyd J. An internet –inspired electricity Grid // IEEE Spectrum, January. 2013. № 1. P. 12–13.
6. Huang A., Heydt G., Dale S., Zheng J., Crow M. Energy internet – future renewable electric energy delivery and management (FREEDM) systems // IEEE Power Electronics Society News letter. 2008. Fourth Quarter. P. 8–9.
7. Michael T. Burr, "Reliability demands drive automation investments, " Public Utilities Fortnightly, Technology Corridor department, Nov. 1, 2003. URL: <http://www.fortnightly.com/fortnightly/2003/11/technology-corridor>
8. The SMART GRID: an introduction. URL: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE\\_SG\\_Book\\_Single\\_Pages%281%29.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf)
9. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти (версія для обговорення). Київ: НТУУ "КПІ", 2015. 36 с.

### References

1. World Energy Issues Monitor 2017, Exposing the new energy realities, World Energy Council. Retrieved from: <https://www.worldenergy.org/publications/2017/world-energy-issues-monitor-2017/>
2. Pro rynok elektrychnoyi enerhiyi: Zakon Ukrayiny vid 23.11.2018 № 2628-VIII. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19> [in Ukraine]
3. World Energy Outlook 2017. Retrieved from: <https://www.iea.org/weo2017/>
4. BP Annual Report, 2017. Retrieved from: <http://www.annualreports.com/Company/bp-plc>
5. Boyd J. An internet –inspired electricity Grid // IEEE Spectrum, January. 2013. № 1. P. 12–13.
6. Huang A., Heydt G., Dale S., Zheng J., Crow M. Energy internet – future renewable electric energy delivery and management (FREEDM) systems // IEEE Power Electronics Society News letter. 2008. Fourth Quarter. P. 8–9.



7. Michael T. Burr Reliability demands drive automation investments, Public Utilities Fortnightly, Technology Corridor department, Nov. 1, 2003. Retrieved from: <http://www.fortnightly.com/fortnightly/2003/11/technology-corridor>

8. The SMART GRID: an introduction. Retrieved from: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE\\_SG\\_Book\\_Single\\_Pages%281%29.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/DOE_SG_Book_Single_Pages%281%29.pdf)

9. Forsayt ekonomiky Ukrainy: seredn'ostrokovyy (2015–2020 roky) i dovhostrokovyy (2020–2030 roky) chasovi horyzonty (versiya dlya obhovorenniya). Kyiv: NTUU "KPI", 2015. 36 p. [in Ukraine]