

МОНІТОРИНГ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЕРЖАВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РИНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ

©2021 ГУБАРЄВА І. О., САЛАСHENKO Т. І.

УДК 338.2
JEL Classification: L94

Губарєва І. О., Салашенко Т. І.

Моніторинг електроенергетичної безпеки як інструмент державного регулювання ринку електроенергії України

Статтю присвячено обґрунтуванню методичного підходу щодо моніторингу електроенергетичної безпеки та розробці практичних рекомендацій щодо його впровадження. Електроенергетична безпека – стан електроенергетичної системи, що забезпечує її існування та гарантує задоволення електроенергетичних інтересів її елементів. Забезпечити електроенергетичну безпеку означає досягти такого системного стану, за якого споживачі електроенергії усвідомлюють ефективний рівень власного споживання, що забезпечує їм обраний варіант функціонування, а виробники електроенергії здатні задовольнити їх електроенергетичні інтереси в необхідних обсягах. Моніторинг електроенергетичної безпеки має проводитися безперервно (щоденно) та носити оперативно-превентивний характер з метою швидкого виявлення ризиків і реагування на загрози виникнення електроенергетичних криз. Методичний підхід до моніторингу електроенергетичної безпеки включає: формування компонентів і синтез показників електроенергетичної безпеки; кількісне та якісне оцінювання компонентів електроенергетичної безпеки; узагальнююче оцінювання та якісну інтерпретацію електроенергетичної безпеки. Запропоновано методичний підхід до моніторингу електроенергетичної безпеки, який передбачає щоденне оцінювання кількісного та якісного стану електроенергетичної безпеки за споживчою (запас адекватності), виробничою (запас надійності) та паливною (запас забезпечення) компонентами, що дає змогу оперативно визначати та реагувати на ризики, уникаючи електроенергетичних криз. Апробація запропонованого підходу дозволила встановити кризовий рівень реальної і передкризовий номінальної електроенергетичної безпеки. Такий стан вимагає невідкладного вжиття заходів центральними органами виконавчої влади задля недопущення збоїв в електропостачанні споживачів.

Ключові слова: енергетична безпека, електроенергетична безпека, моніторинг, державне регулювання, ринок електроенергії.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2021-1-11-20>

Рис.: 7. **Табл.:** 4. **Бібл.:** 14.

Губарєва Ірина Олегівна – доктор економічних наук, професор, завідувач сектора енергетичної безпеки та енергозбереження відділу промислової політики та енергетичної безпеки, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: gubarievairyna@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9002-5564>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/1645815/hubarieva/>

Scopus Author ID: 57190439486

Салашенко Тетяна Ігорівна – кандидат економічних наук, старший науковий співробітник відділу макроекономічної політики та регіонального розвитку, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України (пров. Інженерний, 1а, 2 пов., Харків, 61166, Україна)

E-mail: tisandch@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1822-5836>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/2000769/tetiana-salashenko/>

UDC 338.2
JEL Classification: L94

Hubarieva I. O., Salashenko T. I. Electricity Safety Monitoring as a Tool for the State Regulation of Ukraine's Electricity Market

The article substantiates the methodological approach to electricity safety monitoring and developing practical guidelines for its implementation. Electricity safety is a state of the electric power system, which ensures its existence and guarantees that the electric power interests of its elements are satisfied. Ensuring electricity safety means achieving a systemic state in which electricity consumers are aware of the effective level of their own consumption, which provides them with the chosen option of operation, and electricity producers can meet their electricity interests to the required extent. Electricity safety monitoring should be carried out regularly (daily) and be of an operational and preventive nature in order to quickly identify risks and respond to threats of electricity crises. The methodical approach to monitoring electricity safety includes the following points: development of the electricity safety components and synthesis of the electricity safety indicators; quantitative and qualitative assessment of electricity safety; generalized assessment and qualitative interpretation of electricity safety. A methodical approach to monitoring electricity safety is proposed, which requires daily assessment of the quantitative and qualitative state of electricity safety by consumer (adequacy margin), production (reliability margin) and fuel (supply margin) components, and makes it possible to quickly identify and respond to risks, thus avoiding electricity crises. The approbation of the proposed approach allowed us to specify the crisis level of the real electricity security and the pre-crisis level of the nominal electricity security. Such a situation requires immediate action by the central executive body to prevent power outages.

Keywords: electricity market, electricity safety, energy security, government regulation, monitoring.

Fig.: 7. Tabl.: 4. Bibl.: 14.

Hubariveta Iryna O. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of the Sector of Energy Security and Energy Efficiency of Department of Industrial Policy and Energy Security, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: gubarievairyna@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9002-5564>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/1645815/hubariveta/>

Scopus Author ID: 57190439486

Salashenko Tetiana I. – Candidate of Sciences (Economics), Senior Research Fellow of the Department of Macroeconomic Policy and Regional Development, Research Centre of Industrial Problems of Development of NAS of Ukraine (2 floor 1a Inzhenernyi Ln., Kharkiv, 61166, Ukraine)

E-mail: tisandch@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1822-5836>

Researcher ID: <https://publons.com/researcher/2000769/tetiana-salashenko/>

Постановка проблеми. У преамбулі Закону України «Про ринок електроенергії» від 13.04.2017 № 2019-VIII однією з цілей його реформування зазначено «забезпечення надійного та безпечного постачання електричної енергії споживачам з урахуванням інтересів споживачів». Електроенергетична безпека також багатоаспектно розглядається з-поміж принципів (ст. 3 Закону) і напрямів державної політики (ст. 5 Закону) на ринку електроенергії України. Окрім цього, Україна зобов'язалася дотримуватися європейських стандартів електроенергетичної безпеки та імплементувати Директиву 2005/89/ЄС (ст. 2 Закону) [1].

Проблема полягає у тому, що Директива 2005/89/ЄС про заходи для забезпечення безпеки інвестування до системи електропостачання та інфраструктури (в оригіналі «Directive 2005/89/EC concerning measures to safeguard security of electricity supply and infrastructure investment») мала перехідні положення між нормами Другого та Третього енергопакетів та сплутала границі ефективності функціонування та перспективності розвитку електроенергетичних систем. Згідно з її положеннями безпека постачання електроенергії складається із двох компонентів – операційної безпеки енергомереж і балансу попиту та пропозиції електроенергії. Країни повинні звітувати про стан безпеки електропостачання, що охоплює загальну адекватність електроенергетичної системи для забезпечення поточних і прогнозованих потреб у електроенергії, що включає:

- a) операційну безпеку мережі;
- b) прогнозований баланс попиту та пропозиції на наступні 5 років;
- c) перспективи безпеки електропостачання на період від 5 до 15 років;
- d) інвестиційні наміри операторів систем передачі на 5 або більше років щодо забезпечення транскордонної пропускної спроможності [2].

На вимогу виконання цих міжнародних зобов'язань у Законі № 2019-VIII [1] було визначено, що підтримання електроенергетичної безпеки покладено на національного оператора систем передачі – ПрАТ «НЕК Укренерго», який слідкує за дотриманням меж операційної безпеки мережі за стандартами, визначеними у Кодексі систем передачі (ст. 17 Закону), тоді як її регулювання здійснюється центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізацію державної політики в електроенер-

гетичному комплексі (наразі – Міністерством енергетики України), який розробляє і затверджує правила про безпеку постачання електричної енергії (ст. 16 Закону).

Міненерго раз на 2 роки повинно готувати звіт про моніторинг безпеки постачання електроенергії, який включає [1]:

- 1) результати моніторингу вищевикладених питань, а також прийняті або заплановані заходи, спрямовані на вирішення цих питань;
- 2) загальну спроможність енергосистеми із забезпечення поточного та прогнозованого попиту на електричну енергію;
- 3) безпеку мережі та якість електропостачання;
- 4) прогнозний баланс попиту та пропозиції електричної енергії на наступні 5 років;
- 5) прогнози щодо безпеки постачання на період від 5 до 15 років;
- 6) заплановані оператором системи передачі або іншими сторонами інвестиції на 5 або більше років щодо забезпечення пропускної спроможності міждержавних перетинів;
- 7) принципи управління обмеженнями;
- 8) існуючі та заплановані лінії електропередачі;
- 9) очікувану структуру виробництва, постачання, торгівлі, міждержавного обміну та споживання для визначення заходів з управління попитом;
- 10) національні, регіональні та загальноєвропейські цілі сталого розвитку, у тому числі пріоритетні проекти електроенергетичної інфраструктури Енергетичного Співтовариства.

Отже, можна припустити, що у Закон України № 2019-VIII широкий перелік завдань, які стоять перед моніторингом, й перенесено помилку європейського законодавства та сплутано поняття безпеки постачання ЕЕ та достатності розвитку електроенергетичної системи.

Для виконання функції державного регулювання щодо забезпечення безпеки постачання електроенергії ще Міненерговугіллям було прийнято Наказ «Про затвердження Правил про безпеку постачання ЕЕ» від 27.08.2018 № 448 [4], згідно з яким встановлено мінімальні критерії, види порушень, ризики безпеки постачання електроенергії, а також перелік заходів, які може впроваджувати Міністерство задля забезпечення, подолання ризиків, відновлення

безпеки. Аналіз нормативних положень Наказу № 448 дозволяє визначити таке:

- мінімальні критерії кореспондують із видами порушень, тоді як перелік ризиків є надто загальним, що не дозволяє проводити ґрунтовний моніторинг;
- Міненерго прямо не регулює безпеку постачання електроенергії, а самі правила мають відсилочні норми на інші нормативно-правові акти, здебільшого Кодексу систем передачі [3];
- задля прогнозування безпеки постачання електроенергії Міненерго може розробляти індикативний баланс попиту та пропозиції електроенергії на наступний календарний рік, тоді як факт його виконання залежить від волі учасників ринку (останні проводять самодиспетчеризацію власних потужностей);
- Міненерго може встановлювати норми запасів палива для виробників електроенергії, але не може фактично вплинути на рівень цих запасів;
- безпека постачання електроенергії оцінюється дотриманням визначених цільових значень (характеристик) критеріїв у короткостроковій (до одного року) та довгостроковій (від одного року) перспективах. Однак цих цільових значень встановлено не було, окрім операційних меж, які окремо визначені у Кодексі систем передачі [3];
- Міненерго щороку повинно оцінювати ризики порушення безпеки постачання електроенергії на наступний календарний рік, що передбачає стохастичне моделювання та оцінювання ймовірності виникнення та прогнозування наслідків форс-мажорних обставин (стихійних лих, військових конфліктів, вандалізму тощо).

Міненерго може вплинути на безпеку постачання електроенергії до настання звітного періоду (календарного року) або у випадку порушення безпеки постачання електроенергії. Важелями превентивного впливу є:

- забезпечення пріоритетності використання національних енергоресурсів (до певної межі у відсотках від первинної енергопропозиції);
- коригування прогнозного балансу попиту та пропозиції електроенергії;
- покладення спецобв'язків на учасників ринку електроенергії.

У випадку порушення безпеки постачання електроенергії Міненерго може впроваджувати обмеження та аварійне відключення споживачів, графіки яких заздалегідь планують, згідно з Наказом Міністерства палива та енергетики України від 23.11.2006 № 456 [5].

У разі впровадження превентивних і реактивних заходів Міненерго знаходиться під зовнішнім контролем Секретаріату Енергетичного Співтовариства.

У Наказі № 448 особлива роль у забезпеченні безпеки постачання електроенергії відводиться її моніторингу. Згідно з Наказом № 448 моніторинг безпеки постачання електроенергії – система безперервних спостережень за роботою електроенергетичної галузі щодо забезпечення потреб споживачів в ЕЕ. Однак за п. 2 ст. 20 Закону України

№ 2019-VIII звіт про результати моніторингу безпеки постачання електроенергії готується кожні 2 роки до 31 липня, тоді як у Наказі № 448 вказано, що такий звіт готується щорічно до 31 липня [1; 4]. Таким чином, моніторинг безпеки постачання електроенергії проводиться періодично, однак не безперервно, що вже не відповідає змісту поняття «моніторинг», адже окремі ризики безпеки на ринку електроенергії можуть виникати щосекундо.

Зі змісту та переліку завдань, що стоять перед моніторингом, можна визначити, що він має прогностичний характер і спрямований не на поточні проблеми електроенергетичної галузі щодо забезпечення потреб споживачів електроенергії, а на вибір напрямів її розвитку. Положення звіту про моніторинг багато в чому переключаються зі звітним з оцінки достатності потужностей та планом розвитку систем передачі. Конкретні методичні положення щодо проведення моніторингу безпеки постачання електроенергії не визначені ані у Законі № 2019-VIII, ані в Наказі Міненерго № 448. І знову ж таки зовнішня підконтрольність, кожні два роки звіт про моніторинг безпеки постачання електроенергії повинен передаватися Секретаріату Енергетичного Співтовариства.

На сьогодні жодного моніторингу безпеки постачання електроенергії проведено не було, хоча перший дворічний термін з дати прийняття Наказу № 448 минув 31.07.2020 р.

Водночас на момент провадження нової моделі ринку електроенергії в Україні, 01.07.2019, у ЄС уже був прийнятий Регламент № 2019/941 від 05.06.2019 про готовність до ризиків в електроенергетиці (в оригіналі «Regulation (EU) 2019/941 on risk-preparedness in the electricity sector»), який повністю відмінив Директиву 2005/89/ЄС. Наразі забезпечення електроенергетичної безпеки розглядається через її здатність попередити, підготуватися та управляти електроенергетичними кризами. Безпосередньо процес оцінювання ризиків електроенергетичної безпеки включає такі складові як системну адекватність, систему безпеку та паливну безпеку (ст. 5 Регламенту) та здійснюється на короткострокову перспективу (ст. 8 – 9 Регламенту) [6]. Однак положення цього Регламенту залишаються й досі поза увагою компетентних органів в Україні.

Означене доводить необхідність постановки завдання щодо розроблення методичного підходу до моніторингу електроенергетичної безпеки, враховуючи актуальні положення енергетичних *acquis communautaires* ЄС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поштовхом для розвитку всього спектра досліджень із проблематики енергетичної безпеки можна вважати нафтову кризу 1973 р. Із того часу й дотепер це питання залишається в центрі уваги науковців. У 2017 р. А. Аззуні і К. Брейер провели систематизацію більше 100 теоретико-методичних підходів до оцінки енергетичної безпеки та визначили, що загалом вченими виділяється 15 компонентів енергетичної безпеки та здебільшого оцінка енергетичної безпеки проводиться за інтегральним методом [7]. Проблема оцінки енергетичної безпеки також стоїть перед різними міжнародними організаціями, серед яких можна виділити Міжнародне енергетичне агентство, Світову енергетичну раду, Світовий банк, Всесвітній економічний форум, Міжнародний інститут прикладного системного аналізу та інших,

які також пропонують різні методичні підходи із різним складом компонент і показників енергетичної безпеки, використовуючи різні методи таксономії. Серед вітчизняних науковців можна виділити праці В. Баранніка, М. Гнідого, О. Лапко, В. Ліра, М. Кизима, В. Микитенко, О. Суходолі, В. Рудики й ін., які також виділяють різні компоненти енергетичної безпеки та пропонують використовувати різні індекси.

У цьому дослідженні не спростовується можливість включення різних компонент до складу енергетичної безпеки та її індексна оцінка, але вважається, що така оцінка може робитися ретроспективно, що не відповідає завданню моніторингу. До того ж оцінка енергетичної безпеки повинна робитися як кількісна, так і якісна.

Метою статті є обґрунтування методичного підходу щодо моніторингу електроенергетичної безпеки та розробка практичних рекомендацій щодо його впровадження.

Виклад основного матеріалу. Авторами вважається, що енергетична безпека є системним поняттям, співвідноситься із існуванням енергетичних систем, тому її модель оцінювання має бути побудована на загальній теорії систем (А. фон Бергаланфі [8]), теорії організації систем і їх життєздатності (С. Бір [9]). На основі системного підходу і визначається електроенергетична безпека, під якою розуміється стан електроенергетичної системи, що забезпечує її існування та гарантує задоволення електроенергетичних інтересів її елементів. Забезпечити електроенергетичну безпеку означає досягти такого системного стану, за якого споживачі електроенергії усвідомлюють ефективний рівень власного споживання, що забезпечує їм обраний варіант функціонування, а виробники електроенергії здатні задовольнити їх електроенергетичні інтереси в необхідних обсягах. Можна виділити ряд принципових тверджень, які обґрунтовують системний підхід до дослідження електроенергетичної безпеки:

- 1) її об'єктами виступають електроенергетичні інтереси елементів;
- 2) представляє внутрішній стан електроенергетичної системи;
- 3) імпорт і експорт апіорі розглядаються як ентропійні процеси, що виступають як небезпеки для цілісності існування системи;
- 4) її оцінювання передбачає визначення кількісних і якісних характеристик;
- 5) процес вимірювання має зворотний порядок щодо напрямку руху енергетичних потоків в електроенергетичній системі;
- 6) кожна підсистема і системи загалом характеризуються трьома контрарними станами: нормальним, ризиковим і кризовим;
- 7) кількісний стан системи оцінюється адитивно за сумою станів її підсистем, та якісний – синергетично, виходячи із ефективності їх взаємодії.

Моніторинг електроенергетичної безпеки має проводитися безперервно (щоденно) та носити оперативнопредупреждаючий характер з метою швидкого виявлення ризиків і реагування на загрози виникнення електроенергетичних криз, для чого пропонується наступний методичний підхід (рис. 1).

Декомпозиція електроенергетичної системи (блок 1) передбачає виокремлення таких її підсистем: паливозабезпечення, електрогенерації та електроспоживання. У кожній з цих підсистем виділяється власна безпекова компонента, а також кількісні та якісні показники, які її характеризують:

- 1) споживча безпека (блок 2.1) характеризує підсистему електроспоживання та відображає здатність електроенергетичної системи збалансувати попит і пропозицію електроенергії – споживчі інтереси із виробничими можливостями. Оцінювання запасу адекватності передбачає кількісний (МВт) та якісний (%) вимір дефіциту (-) / профіциту (+) покриття потреби в регулюванні споживчого навантаження електроенергетичної систем;
- 2) виробнича безпека (блок 2.2) співвідноситься із підсистемою електрогенерації та відповідає за доступність генеруючих потужностей для задоволення інтересів споживачів електроенергії. Визначення цієї компоненти здійснюється шляхом розрахунку дефіциту (-) / профіциту (+) запасу надійності в кількісному (МВт) або якісному (%) вимірах, виходячи зі споживчих потреб у максимальному навантаженні;
- 3) паливна безпека (блок 2.3) відповідає за підсистему паливозабезпечення та характеризує достатність запасів палива для генерації необхідного обсягу електроенергії. Оціночними показниками є дефіцит (-) / профіцит (+) запасів потужності, забезпечених наявними запасами палива, що виражені як на кількісному (МВт), так і якісному рівнях (%).

Для кожної компоненти та для електроенергетичної безпеки загалом передбачається якісна інтерпретація її станів, виходячи із можливостей транскордонних пропускних потужностей для регулювання споживчого навантаження, потужностей максимального енергоблоку (електростанцій) для здолання збоїв у роботі генеруючих потужностей, нормативів накопичення палива на складах електростанцій.

Апробацію запропонованого методичного підходу було проведено за замірну добу – 27 січня 2021 р.

Інформаційною базою для дослідження споживчої компоненти електроенергетичної безпеки виступає добовий графік електроенергетичного навантаження, який щоденно складається національним ОСП (рис. 2). На його основі визначаються максимум і мінімум споживчого навантаження, та діючі генеруючі потужності розподіляються за призначенням для електроенергетичної системи на базові, пікові, напівпікові та негарантовані ВДЕ-потужності (генерація останніх залежить від погодних умов).

Різниця та співвідношення між діапазоном зміни споживчого навантаження з урахуванням діапазону регулювання негарантованих ВДЕ-потужностей і діапазоном регулювання пікових і напівпікових потужностей вимірює кількісний та якісний запас адекватності електроенергетичної системи відповідно (табл. 1).

Виходячи із рис. 2 і табл. 1 діапазон зміни споживчого навантаження склав 5,8 ГВт, а негарантованої генерації – 1 ГВт. Тобто необхідний діапазон регулювання спо-

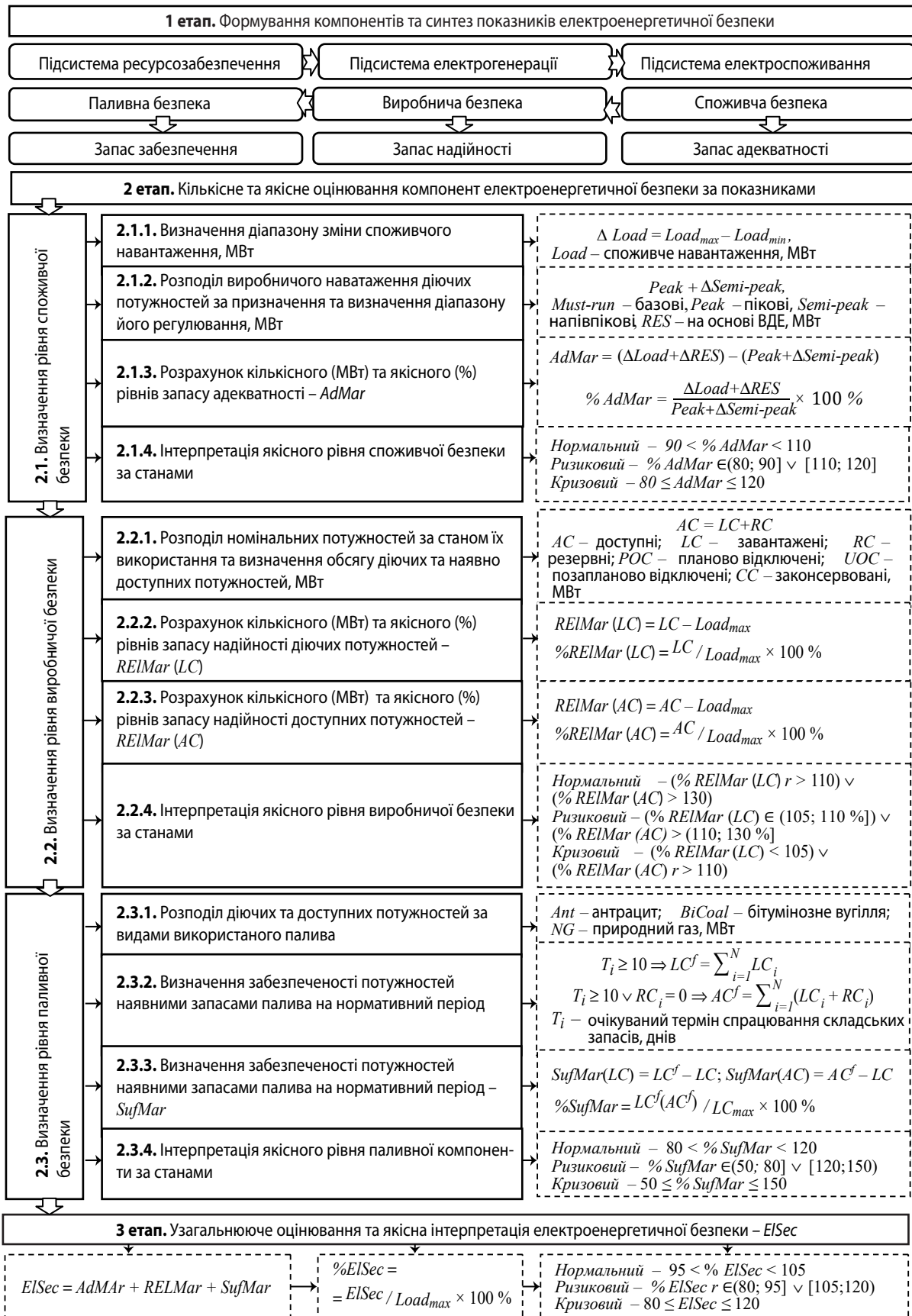


Рис. 1. Методичний підхід до моніторингу електроенергетичної безпеки

Джерело: розроблено авторами

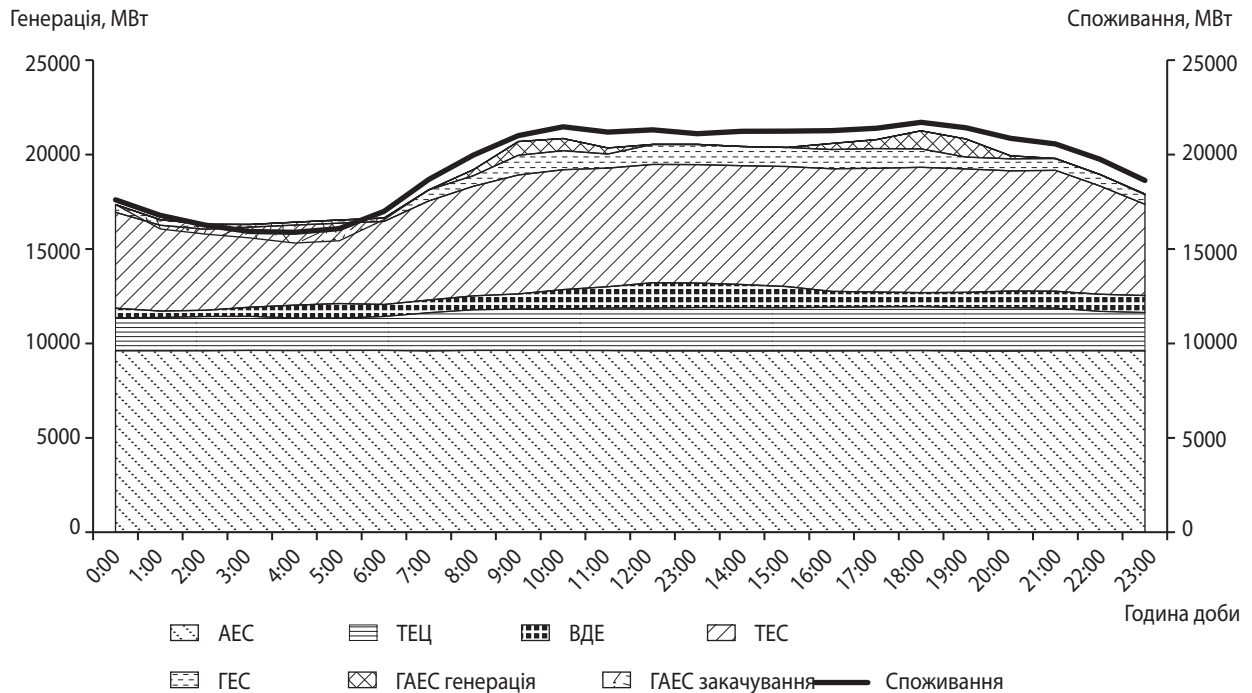


Рис. 2. Добовий графік виробництва-споживання електроенергії за 27.01.2021 р.

Джерело: складено на основі даних ПрАТ «НЕК Укренерго» [10]

Таблиця 1

Оцінка споживчої компоненти електроенергетичної безпеки України за 27.01.2021 р.

Показник	Навантаження, МВт		
	Макс.	Мін.	Зміна
Споживання	21704	15888	5816
Генерація ВДЕ	1337	331	1006
<i>Діапазон регулювання споживчого навантаження</i>			6822
Генерація ТЕС	6638	4238	2400
Генерація ГЕС	1063	142	921
Генерація / закачування ГАЕС	954	-1104	2058
<i>Діапазон регулювання виробничого навантаження</i>			5379
Запас адекватності, МВт			-1443
%			79

Джерело: розраховано авторами на основі [10]

живчого навантаження становив 6,8 ГВт, що дорівнювало 31 % від максимального добового споживчого навантаження. Для регулювання цього діапазону було використано напівпікові потужності ТЕС обсягом 2,4 ГВт, пікові потужності ГЕС і ГАЕС – 0,9 ГВт та 2,1 ГВт. Однак цього діапазону регулювання було недостатньо. Протягом 27.01.2021 р. у електроенергетичній системі України спостерігався дефіцит адекватності у розмірі 1,4 ГВт, що складає 79 % від потреби. Покриття дефіциту адекватності здійснювалося за рахунок розвантаження ТЕЦ на 0,5 ГВт, а також за рахунок імпорту, максимальна величина імпорту із Білорусі склала 0,7 ГВт, а також зовнішньоекономічної торгівлі зі Бурштин-

ського енергоострова – транскордонні перетоки були завжди позитивні, максимальний обсяг яких склав 0,3 ГВт.

Криза адекватності виникає у випадку обмеження транскордонних пропускних потужностей, згідно з рівнем яких і визначається якісний стан споживчої компоненти електроенергетичної безпеки (рис. 3): нормальний стан – дефіцит / профіцит запасу адекватності коливається в межах пропускних потужностей з країнами Енергетичного співтовариства (Україна – Молдова – 300 МВт, Україна – ЄС – 650 МВт), ризиковий – знаходиться в межах пропускних спроможностей міждержавних перетинів між Україною та країнами, які не є сторонами Енергетич-

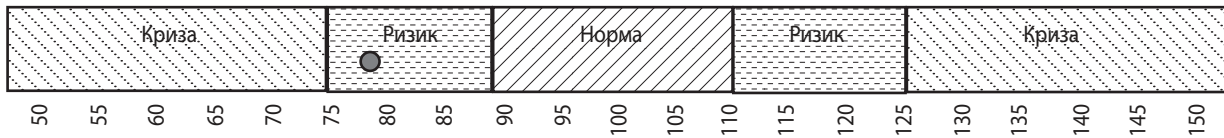


Рис. 3. Інтерпретація рівня споживчої компоненти електроенергетичної безпеки України

Джерело: розроблено авторами

ного Співтовариства (Україна – Білорусь – 900 МВт), кризовий – у випадку імпорту / експорту електроенергії між країнами, які є сторонами конфлікту на державному рівні (Україна – РФ – 3000 МВт).

Виходячи з рис. 3 споживча компонента електроенергетичної безпеки знаходиться в ризиковому стані, для регулювання навантаження в електроенергетичній системі необхідним був імпорт електроенергії з країн, що не є сторонами Енергетичного співтовариства.

Для оцінки виробничої компоненти електроенергетичної безпеки використовуються дані оператора систем

передачі щодо стану енергоблоків на годину максимального навантаження. Усі потужності розділяються за станом використання на діючі, резервні, відключенні, у тому числі з планових і позапланових причин, і законсервовані (рис. 4). Максимальні потужності ГЕС, ГАЕС визначаються гідротехнічними умовами річок України, а ТЕЦ – графіком покриття теплового навантаження, тоді як негарантовані потужності ВДЕ приймаються на мінімальному рівні. Виходячи з максимального споживчого навантаження визначається кількісний та якісний запаси надійності діючих і доступних потужностей (табл. 2).

ТЕС	Потужність блоків														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
РАЕС	415 ^п	420 ^д	1000 ^п	1000 ^д											
ЗАЕС	1000 ^п	1000 ^д	1000 ^д	1000 ^д	1000 ^д	1000 ^д									
ПУАЕС	1000 ^д	1000 ^д	1000 ^п												
ХАЕС	1000 ^д	1000 ^п													
ЛуТЕС									200 ^к	210 ^д	200 ^к		210 ^д	200 ^д	200 ^р
Сл ТЕС			80 ^д				720 ^а								
ВуТЕС	300 ^р	300 ^р	300 ^д	300 ^д	800 ^к	800 ^р	800 ^р								
КуТЕС			200 ^а	210 ^д	225 ^а	225 ^а	225 ^а	225 ^а	225 ^а						
КрТЕС	282 ^а	300 ^а	300 ^д	300 ^а	282 ^д		282 ^к		300 ^а						
ПдТЕС							150 ^к	150 ^а	150 ^д	150 ^д	310 ^п				
ЗаТЕС	325 ^д	300 ^д	325 ^д	300 ^д	800 ^р		800 ^р								
ЗмТЕС	215 ^а	215 ^д	180 ^д	180 ^р	185 ^д	185 ^д	290 ^к	325 ^а	280 ^п	290 ^а					
ТрТЕС	300 ^р	325 ^к	325 ^д	325 ^д	300 ^р	300 ^п									
ЛаТЕС	300 ^д	300 ^д	300 ^д	300 ^а	300 ^к	300 ^к									
ДоТЕС					100 ^а	100 ^д	150 ^д	160 ^д							
БуТЕС	195 ^р	185 ^к	185 ^р	195 ^р	215 ^д	195 ^р	206 ^д	195 ^д	195 ^д	195 ^д	195 ^д	195 ^д	195 ^д		

Рис. 4. Стан блоків АЕС та ТЕС на вечірній максимум 27.01.2021 р.

Примітка: ^д – діючі, ^р – в резерві, ^п – на плановому ремонті, ^а – аварійний ремонт, ^о – обмеження за паливом; ^к – на консервації

Джерело: складено на основі даних ПрАТ «НЕК Укренерго» [11]

На основі рис. 4 та табл. 2 можна зробити висновок, що в електроенергетичній системі України використовувалися 41 % від номінальних потужностей. У роботі перебували 9,4 ГВт потужностей АЕС, а ще 4,4 ГВт знаходилися на плановому ремонті, Серед 21,7 ГВт потужностей ТЕС задіяні були лише 8,7 ГВт, а 5,6 ГВт перебували в резерві, 0,9 ГВт – на плановому ремонті, 3,7 ГВт – в аварійному стані, а 3 ГВт – на консервації. Запас надійності діючих потужностей склав 0,8 ГВт, що лише на 4 % перевищувало

максимальне добове навантаження, тоді як запас надійності доступних потужностей був 7,4 ГВт, що на 29 % вище споживання на час добового максимуму.

Інтерпретація якісного стану виробничої безпеки робиться виходячи із критерію N-1 – здатності енергосистеми протистояти втраті найпотужнішого елемента або енергоблоку [12]. Такими елементами в електроенергетичній системі України є енергоблоки АЕС потужністю 1 ГВт та ЗАЕС потужністю 6 ГВт, виходячи із яких обрано нор-

Таблиця 2

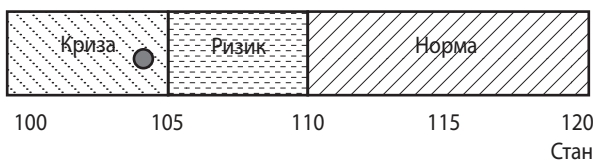
Оцінка виробничої компоненти електроенергетичної безпеки станом на 27.01.2021 р.

Вид	Номинальні	Недіючі	Резервні	Діючі
АЕС	13835	4415	0	9420
ТЕС	21842	5017	5550	8663
ТЕЦ	6070	X	X	2095
ГЕС	4813	X	X	1063
ГАЕС	1488	X	X	954
ВДЕ	6452	X	X	331
Всього	54500	9432	5550	22526
Максимальне споживання				21704
Запас надійності діючих потужностей, МВт			X	822
			X	104
Запас надійності доступних потужностей, МВт				7382
				129

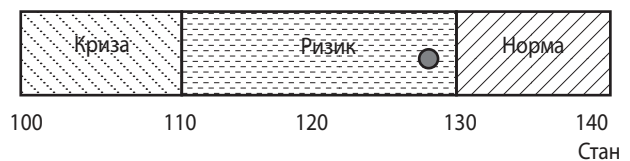
Джерело: розраховано авторами на основі [10; 11]

мальний стан запасу діючих і доступних потужностей відповідно (рис. 5). Як видно з рис. 5, запас надійності діючих потужностей вже знаходиться на кризовому рівні, тобто не

здатний покрити втрату навантаження найбільшого енергоблоку, тоді як відповідний показник для доступних потужностей майже відповідає нормальному.



а) за діючою потужністю



б) за доступною потужністю

Рис. 5. Інтерпретація рівня виробничої компоненти електроенергетичної безпеки України

Джерело: розроблено авторами

Паливну компоненту електроенергетичної безпеки доцільно оцінювати за інформаційною базою Міністерства енергетики України, що проводить щоденний моніторинг стану накопичення вугілля на електростанціях України, визначаючи наявні запаси, поставки і витрату палива, у підсумку розраховуючи очікуваний термін спрацювання складів. Зіставлення діючих (доступних) потужностей в електроенергетичній системі і запасами палива на складах електростанцій дає можливість визначити кількісний та якісний рівні запасу забезпечення потужності паливом (табл. 3). Цей запас установлюється на нормативний, 10-денний, період [13].

Інтерпретація рівня паливної компоненти електроенергетичної безпеки України (рис. 6) робиться на основі припущення, що нормальним є відхилення запасу на ± 2 доби, тоді як відхилення вже на ± 5 діб є критичним.

Як бачимо із рис. 6, паливна компонента електроенергетичної безпеки України станом на 27.01.2021 року перебувала на кризовому рівні, що становило загрозу для споживачів застосування графіків обмеження споживання потужностей або навіть електроенергії.

Узагальнене оцінювання кількісного рівня електроенергетичної безпеки України проведено за сумою ком-

понентів: вважається, дефіцит / профіцит певного запасу потужності може бути перекрито за рахунок інших компонентів, – тоді як якісного у співвідношенні із максимальним навантаженням в енергосистемі. Оцінка визначається для реального і номінального станів, за діючими та доступними потужностями відповідно (табл. 5).

Таблиця 5

Узагальнена оцінка електроенергетичної безпеки України за 27.01.2021 р.

Компонента	Реальна	Номінальна
Паливна безпека, МВт	-7 743	-7 463
Виробнича безпека, МВт	822	7382
Споживча безпека, МВт	-1443	-1443
Електроенергетична безпека, МВт	-8 364	-1 524
%	61,5	93,0

Джерело: розраховано авторами

Якісна інтерпретація загального рівня електроенергетичної безпеки України робиться виходячи із припущен-

Оцінка паливної компоненти електроенергетичної безпеки станом на 27.01.2021 р.

Станція	Марка вугілля	Потужності, МВт		Запаси палива, тис. т	Витрата палива за добу, тис. т	Очікуваний термін спрацювання складів, діб	Запас забезпечення потужностей паливом, МВт	
		Діючі	Резервні				діючих	доступних
ЛуТЕС	А	620	200	113,3	3,6	30,3	620	820
Сл ТЕС	А	80	0	17,9	0,1	4,2	80	80
	ГВ			87,4	0,5	43,7		
БуТЕС	ГВ	600	600	21,4	6,5	5,7	0	0
КуТЕС	ГВ	1110	0	51,0	10,6	4,4	0	0
КрТЕС	ГВ	0	0	22,9	0	9,1	0	0
	А	582	0	3,9	3,6	1,6	0	0
ПдТЕС	ГВ	300	0	24,1	1,7	11,7	300	300
ЗаТЕС	ГВ	1250	180	23,0	9,9	3,2	0	0
ЗмТЕС	А	0	300	3,5	0,0	1,7	0	0
	ГВ	765	0	9,6	2,4	3,8	0	0
ТрТЕС	А	0	0	3,6	0,0	1,4	0	0
	ГВ	650	0	6,9	1,5	2,1	0	0
ЛаТЕС	ГВ	900	770	16,5	6,9	2,4	0	0
ДоТЕС	ГВ	410	0	14,4	3,2	4,8	0	0
БуТЕС	ГВ	1396	2050	42,3	8,8	3,8	0	0
Всього		8663	4100	461,7	59,3		920	1 200
Запас забезпечення потужності за паливом, МВт							-7 743	-7 383
%							10,6	14,8

Джерело: розраховано авторами на основі [11; 14]



Рис. 6. Інтерпретація рівня паливної компоненти електроенергетичної безпеки України

Джерело: розроблено авторами

ня, що нормальним є відхилення на $\pm 5\%$, тоді як відхилення на $\pm 25\%$ є ризиковим, а вищим можемо діагностувати кризу електроенергетичної системи (рис. 7).

Як бачимо з рис. 7, станом на 27.01.2021 р. відзначався кризовий стан реальної електроенергетичної безпеки України, за рахунок дефіциту потужностей за паливом та за адекватністю. Водночас номінальна електроенергетична безпека перебувала хоча і на ризиковому рівні, але близькому до нормального. Тобто запас доступних потужностей можна вважати практично достатнім для здолення дефіциту палива та дефіциту адекватності, але для цього треба перевести на резервне паливо, природний газ, діючі вугільні енергоблоки та завантажити резервні газомазутні енергоблоки ТЕС.

Висновки. Таким чином, у статті запропоновано методичний підхід до моніторингу електроенергетичної безпеки, який передбачає щоденне оцінювання кількісного та

якісного стану електроенергетичної безпеки за споживчою (запас адекватності), виробничою (запас надійності) та паливною (запас забезпечення) компонентами, що дає змогу оперативно визначати та реагувати на ризики, уникаючи електроенергетичних криз. Апробація запропонованого підходу було проведена за 27.01.2021 р., що дозволило встановити кризовий рівень реальної і передкризовий номінальної електроенергетичної безпеки. Такий стан вимагає невідкладного вжиття заходів центральними органами виконавчої влади задля недопущення збоїв в електропостачанні споживачів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про ринок електричної енергії України : Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII. URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>

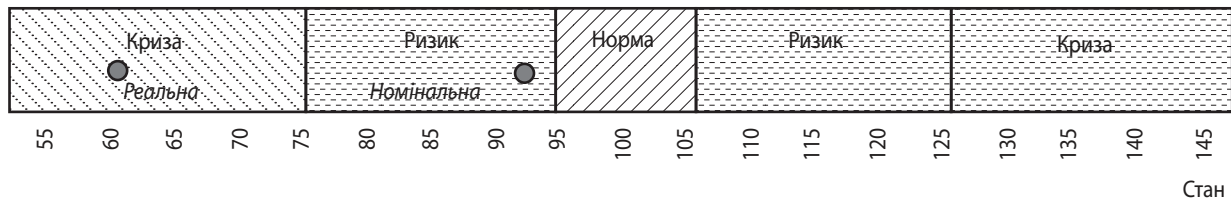


Рис. 7. Інтерпретація рівня електроенергетичної безпеки України за 27.01.2021 р.

Джерело: розроблено авторами

2. Directive 2005/89/EC concerning measures to safeguard security of electricity supply and infrastructure investment // Eur-Lex. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32005L0089>

3. Про затвердження Кодексу системи передачі : Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 309. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0309874-18>

4. Про затвердження Правил про безпеку постачання електричної енергії : Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 27.08.2018 № 448. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1076-18#Text>

5. Про затвердження Інструкції про складання і застосування графіків обмеження та аварійного відключення споживачів, а також протиаварійних систем зниження електроспоживання : Наказ Міністерства палива та енергетики України від 23.11.2006 № 456. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0151-07#Text>

6. Regulation (EU) 2019/941 on risk-preparedness in the electricity sector // Eur-Lex. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.158.01.0001.01.ENG

7. Azzuni A., Breyer C. Definitions and dimensions of energy security: a literature review. 2017.

DOI: 10.1002/wene.268

8. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем – критический обзор // Исследования по общей теории систем: сборник переводов / общ. ред. и вступ. ст. В. Н. Садовского, Э. Г. Юдина. М.: Прогресс, 1969. С. 23–82.

9. Бир С. Мозг фирмы. М.: Радио и связь, 1993. 416 с.

10. Добовий графік виробництва / споживання електроенергії. Диспетчерська інформація // ПрАТ «НЕК Укренерго» URL: <https://ua.energy/peredacha-i-dyspetcheryzatsiya/dyspetcherska-informatsiya/dobovyyj-grafik-vyrobnytstva-spozhyvannya-e-e/>

11. Стан блоків АЕС і ТЕС. Диспетчерська інформація // ПрАТ «НЕК Укренерго». URL: <https://ua.energy/blocks/>

12. Бондаренко А. Ф., Герих В. П. О трактовке критерия надежности n-1. *Электрические станции*. 2005. № 6. URL: <http://regimov.net/books/n-1.html>

13. Про затвердження Порядку формування прогнозного балансу електричної енергії об'єднаної енергетичної системи України на розрахунковий рік : Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 26.10.2018 № 539. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/z1312-18>

14. Інформація щоденного стану накопичення вугілля на складах ТЕС та ТЕЦ // Міністерство енергетики України. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=245171240>

REFERENCES

Azzuni, A., and Breyer, C. *Definitions and dimensions of energy security: a literature review*, 2017.

DOI: 10.1002/wene.268

Bertalanfi, L. fon. "Obshchaya teoriya sistem - kriticheskiy obzor" [General Systems Theory - A Critical Review]. In *Issledovaniia po obshchey teorii sistem: sbornik perevodov*, 23-82. Moscow: Progress, 1969.

Bir, S. *Mozg firmy* [The Brain of the Firm]. Moscow: Radio i svyaz, 1993.

Bondarenko, A. F., and Gerikh, V. P. "O traktovke kriteriya na-dezhnosti n-1" [On the Interpretation of the n-1 Reliability Criterion]. *Elektricheskie stantsii*. 2005. <http://regimov.net/books/n-1.html>

"Directive 2005/89/EC concerning measures to safeguard security of electricity supply and infrastructure investment". Eur-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32005L0089>

"Dobovyi grafik vyrobnytstva / spozhyvannia elektroenerhii. Dyspetcherska informatsiia" [Daily Schedule of Electricity Production / Consumption. Dispatching Information]. PrAT «NEK Ukrenerho». <https://ua.energy/peredacha-i-dyspetcheryzatsiya/dyspetcherska-informatsiya/dobovyyj-grafik-vyrobnytstva-spozhyvannya-e-e/>

"Informatsiia shchodennoho stanu nakopychennia vuhillia na skladakh TES ta TETs" [Information on the Daily State of Coal Accumulation in TPP and CHP Warehouses]. Ministerstvo enerhetyky Ukrainy. <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=245171240>

[Legal Act of Ukraine] (2006). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0151-07#Text>

[Legal Act of Ukraine] (2017). <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>

[Legal Act of Ukraine] (2018). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/card/z1312-18>

[Legal Act of Ukraine] (2018). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0309874-18>

[Legal Act of Ukraine] (2018). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1076-18#Text>

"Regulation (EU) 2019/941 on risk-preparedness in the electricity sector". Eur-Lex. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2019.158.01.0001.01.ENG

"Stan blokiv AES i TES. Dyspetcherska informatsiia" [Condition of NPP and TPP Units. Dispatching Information]. PrAT «NEK Ukrenerho». <https://ua.energy/blocks/>

Стаття надійшла до редакції 09.02.2021 р.