

ПОБУДОВА, ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РИНКІВ

ISSN 2522-4344 (Online), ISSN 1562-8965 (Print). The problems of general energy, 2021, 3(66): 53–62
doi: <https://doi.org/10.15407/pge2021.03.053>

УДК 621.3:519.8

В.А. ДЕНИСОВ, ORCID: 0000-0002-3297-1114

Л.В. ЧУПРИНА, ORCID: 0000-0002-7707-6615

Інститут загальної енергетики НАН України, вул. Антоновича, 172, м. Київ, 03150, Україна

ТЕХНОЛОГІЧНІ УМОВИ ПАРАЛЕЛЬНОЇ РОБОТИ ОЕС УКРАЇНИ З СУМІЖНИМИ КРАЇНАМИ, ПРИЄДНАНИМИ ДО ENTSO-E

Розглянуто умови паралельної роботи ОЕС України з енергосистемами сусідніх країн, що входять до складу ENTSO-E, зокрема, – структура генеруючих потужностей, характерні графіки електричних навантажень, наявність та потужність міждержавних ліній електропередачі та величина потужності максимально допустимих імпорту та експорту. Наведені дані можуть бути використані як вхідна інформація для моделювання режимів експлуатації генеруючих потужностей окремих енергосистем, що мають забезпечити готовність до об'єднання енергосистеми України з енергосистемою Континентальної Європи ENTSO-E та слугуватимуть основою для моделювання синхронного функціонування ОЕС України при паралельній роботі з енергосистемами суміжних країн.

Ключові слова: енергетична система, ENTSO-E, технологічні умови.

Масштабне реформування відносин у секторі електроенергетики, що відбувається останніми роками в Україні, зумовлене прагненням інтеграції держави до Європейського Союзу, що закріплено на законодавчому рівні, зокрема, Законом України «Про ратифікацію Угоди між Україною та Європейським Союзом» [1, 2]. Одним із важливих кроків на шляху до інтеграції України до ЄС є приєднання Об'єднаної енергосистеми (ОЕС) України до об'єднаної операторів системи передачі (ОСП) континентальної Європи (ENTSO-E) для чого, зокрема, у липні 2019 р. в Україні впроваджено нову модель ринку електроенергії, побудовану на сумісних з ЄС принципах, яка наразі функціонує відповідно до положень Закону України «Про ринок електричної енергії України» [3] та підзаконних нормативних актів, зокрема, «Правил ринку» [4], «Правил ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку» [5].

Однією із ключових умов приєднання ОЕС України до об'єднання ОСП континентальної Європи є балансова самодостатність національної енергосистеми, що за існуючого рівня встановленої потужності відновлюваних джерел

енергії вимагає додаткового врахування природної стохастичності потужностей генерації вітрових та сонячних електростанцій, імовірного характеру аварійних відмов складових енергосистеми, а також вимагає пошуку додаткових можливостей для забезпечення збалансованості енергосистеми. Ці можливості можуть бути забезпечені за рахунок запровадження нових режимів диспетчеризації агрегатів, що покривають резервування та накопичення електроенергії, а у разі недостатності цих заходів – запровадження додаткових маневрених накопичувальних та резервних електрогенеруючих потужностей [6, 7]. Також додатковим заходом забезпечення стабільної збалансованої роботи ОЕС України є майбутнє об'єднання енергосистеми України з енергосистемою Континентальної Європи ENTSO-E» [8]. У цьому напрямку, 12 вересня 2019 р. Укренерго підписало «Сервісний контракт з Консорціумом системних операторів ENTSO-E для дослідження можливості синхронного об'єднання енергосистеми України з ENTSO-E».

Згідно з «Планом інтеграції ОЕС України в ENTSO-E» Українська енергосистема синхронізується з європейською континентальною мережею паралельно з молдовською. НЕК «Укре-

© В.А. ДЕНИСОВ, Л.В. ЧУПРИНА, 2021

нерго» підписало Угоду про умови майбутньої синхронізації 28 червня 2017 р. Початок синхронної роботи української енергосистеми з європейською континентальною мережею заплановано на 2023 р. Загальну вартість заходів інтеграції з ENTSO-E оцінено на рівні 11,4 млрд грн, з них 4327 млн грн за рахунок МФО. Очікуваний прямий щорічний економічний ефект після синхронізації за умови вільного міждержавного обміну електроенергією в рамках пропускної спроможності 4 ГВт складе більше 40 млрд грн [8].

У рамках реалізації вказаного плану [8] у червні 2020 р. урядом, Укренерго та Світовим банком прийнято рішення про будівництво вставки постійного струму. На другий квартал 2021 р. заплановано проведення додаткових статичних розрахунків та досліджень умов синхронного приєднання енергосистем континентальної Європи та України / Молдови, а також здійснення необхідних динамічних досліджень системи. На 2022 р. планується тестова робота в ізолюваному режимі ОЕС України та енергетичної системи Республіки Молдови. На перший квартал 2023 р. заплановано початок роботи ОЕС України у синхронному режимі з енергосистемою Континентальної Європи ENTSO-E. При цьому, сервісним контрактом передбачено розробити загальну математичну модель української енергосистеми та ENTSO-E, а також дослідити динамічну та статичну стійкість енергосистеми. Ці дослідження є невід'ємною частиною Угоди про умови майбутньої інтеграції ОЕС України до ENTSO-E.

Зростаюча інтеграція європейських ринків електроенергії є важливим фактором забезпечення безпечного, доступного та стійкого енергопостачання споживачів в Європейському Союзі. Ця інтеграція сприяє розширенню потужностей передачі електроенергії, спрямованої на більш ефективне використання існуючої інфраструктури, завдяки чому енергія зараз вільніше торгується через кордони, що відображається у значних потоках фізичної енергії (Cross-Border Flow) між європейськими країнами, які досягали 435 ТВт-годин загального транскордонного обміну між країнами ENTSO-E у 2018 р. [8], тобто 8,4% сукупного споживання електроенергії в зоні ENTSO-E.

Європейські країни помітно відрізняються за експортом-імпортом електроенергії: найбільші експортери – Німеччина і Франція; експорт перевищує імпорт в Швейцарії і Чехії, в Норвегії та Швеції; найбільший імпортер – Італія, яка залежить від поставок електроенергії не тільки з боку безпосередніх сусідів, а й з Німеччини; на

другому місці за обсягами імпорту – Великобританія, яка отримує електроенергію з Франції; найбільший відсоток імпорту характерний для «малих» країн (Фінляндія, Австрія, Угорщина). У країнах же з великим обсягом внутрішнього споживання частка імпорту невелика.

Наявність міждержавних ліній електропередачі ОЕС України з сусідніми ОСП континентальної Європи потенційно дозволяє оптимізувати структуру і режими та взаємовигідний обмін електроенергією з енергетичними системами країн Європейського Союзу (Угорщини, Словаччини, Польщі та Румунії) [9]. Наявність транскордонного обміну електроенергією із сусідніми до ОЕС України ОСП континентальної Європи зумовлений, зокрема, тим, що структура генеруючих потужностей є специфічною для кожної країни, наприклад, в Україні встановлена потужність АЕС дорівнює 13 835 МВт, в той же час у Польщі взагалі немає АЕС, а найбільша генерація здійснюється за рахунок ТЕС, встановлена потужність яких складає 28 794 МВт (табл. 1).

ОЕС України розділена на дві частини. Основна частина ОЕС України працює паралельно з енергооб'єднанням країн СНД та Балтії, а інша – «Острів Бурштинська ТЕС» – у складі об'єднання електроенергетичних систем континентальної Європи ENTSO-E (табл. 2) [10], що дозволило підвищити надійність її роботи та знизити потужність сумарної величини необхідного аварійного резерву.

Укренерго здійснює передачу електроенергії міждержавними ЛЕП з «Острова Бурштинської ТЕС» до Угорщини, Словаччини, Румунії. Наразі величина потужності максимально допустимого експорту – до 650 МВт. Згідно з [11], потужності інтерконекторів наступні:

Польща – 705 МВт, Угорщина – 235 МВт, Словаччина – 210 МВт, Румунія – 150 МВт.

Як видно з табл. 2, найбільші обсяги експорту електроенергії до Угорщини, Румунії та Польщі були у наступних місяцях 2020 р.:

- січні – 697 млн кВт·год;
- лютому – 740 млн кВт·год;
- березні – 774 млн кВт·год.

У свою чергу, обсяги імпорту у ті ж місяці були 561, 551 та 443 млн кВт·год, відповідно, з Словаччини, Угорщини та Білорусі.

Кожна з суміжних країн характеризується порівняно різними графіками електричних навантажень (ГЕН), різним ступенем використання власних потужностей, важливою особливістю є те, що максимума/мінімуми споживання електроенергії є різними для енергосистем.

Період максимуму добового навантаження в ОЕС України, наприклад у 2018 р. мав місце

20 грудня. Значення параметрів споживання, покриття та розподілення потужностей генеруючих технологій, що забезпечили покриття ГЕН [12], представлені в табл. 3.

Порівняльні графіки електричного навантаження України та суміжних країн – Польщі, Угорщини, Румунії та Словаччини у 2018 р. наведено в табл. 4–8.

Таблиця 1. Значення встановленої генеруючої потужності (МВт), енергосистем України та суміжних країн Європейського Союзу (Угорщини, Польщі та Румунії) станом на початок 2021 р.

| Генеруюча технологія | Україна | Польща | Румунія | Угорщина |
|------------------------------|-----------------|---------------|---------------|--------------|
| АЕС | 13 835 | | 1 300 | 1 899 |
| ТЕС ГК за видом палива: | 21 842 | 28 794 | | 5 498 |
| - вугілля газової групи | 10 723 | 272 | | |
| - вугілля антрацитової групи | 6 519 | 20 925 | 986 | 42 |
| - буре вугілля | | 7 597 | 2 483 | 1 007 |
| - газ/мазут | 4 600 | 359 | 2 184 | 4 029/420 |
| ТЕЦ | 6 104,5 | 2 555 | | |
| ГЕС | 4 829 | 604 | 6 134 | 58 |
| ГАЕС | 1 487,8 | 1 794 | | |
| СЕС | 5 391,6 | 3 473 | 1 145 | 1 458 |
| ВЕС | 1 111,2 | 6 570 | 2 957 | 323 |
| Станції на біопаливі | 199,5 | 880 | 117 | 241 |
| Інші ВДЕ | | | | 73 |
| Разом | 54 800,6 | 45 029 | 17 306 | 9 612 |

Таблиця 2. Фактичні дані про обсяги експортованої/імпортованої електроенергії з/до ОЕС України (млн кВт·год) за 2020 р.

| Країна | січень | лютий | березень | квітень | травень | червень | липень | серпень | вересень | жовтень | листопад | грудень | Всього |
|---|--------|-------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|---------|----------|---------|--------|
| ЕКСПОРТ | | | | | | | | | | | | | |
| Угорщина | 278 | 372 | 423 | 129 | 0 | 0 | 4 | 17 | 269 | 236 | 213 | 170 | 2 110 |
| Словаччина | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 12 | 1 | 3 | 22 | 41 |
| Румунія | 223 | 177 | 149 | 21 | 0 | 0 | 1 | 6 | 43 | 97 | 130 | 23 | 868 |
| Польща | 151 | 149 | 159 | 88 | 125 | 102 | 114 | 113 | 108 | 149 | 123 | 103 | 1 484 |
| Молдова | 45 | 43 | 42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 11 | 11 | 167 |
| Росія | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Білорусь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 35 | 36 | 0 | 0 | 0 | 83 |
| ІМПОРТ | | | | | | | | | | | | | |
| Угорщина | 97 | 178 | 97 | 37 | 16 | 9 | 11 | 19 | 9 | 23 | 11 | 9 | 516 |
| Словаччина | 329 | 270 | 309 | 103 | 14 | 8 | 10 | 18 | 44 | 105 | 145 | 118 | 1 474 |
| Румунія | 24 | 20 | 27 | 8 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 89 |
| Польща | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Молдова | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Білорусь | 93 | 49 | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 152 |
| Росія | 18 | 34 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 |
| ВСЬОГО | | | | | | | | | | | | | |
| Експорт | 697 | 740 | 774 | 238 | 125 | 102 | 133 | 171 | 468 | 497 | 479 | 0 | 4 754 |
| Імпорт | 561 | 551 | 443 | 151 | 33 | 19 | 22 | 39 | 54 | 129 | 157 | 0 | 2 285 |
| Обсяги технологічних перетоків електроенергії обумовлені паралельною роботою енергосистем України та суміжних країн | | | | | | | | | | | | | |
| Росія | 3,5 | 4,6 | 6,4 | 4,7 | 5,2 | 5,3 | 4,5 | 5,6 | 3,6 | 5,9 | 5,2 | 4,5 | 58,9 |
| Білорусь | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,0 | 0,9 |

Таблиця 3. Значення параметрів споживання, покриття та розподілення потужностей (МВт) генеруючих технологій, що забезпечили покриття ГЕН у період максимуму добового навантаження в ОЕС України 20 грудня 2018 р.

| Години | Споживання | Покриття | АЕС | ТЕС ГК | ТЕЦ | ГЕС | Малі ГЕС | ГАЕС ген | ГАЕС зак | СЕС | ВЕС |
|--------|------------|----------|-------|-----------|------|------|-------------|-------------|-------------|-----|-----|
| 0 | 18872 | 20433 | 11000 | 6276 | 2335 | 991 | 19 | 0 | -939 | 0 | 317 |
| 1 | 18316 | 20135 | 10980 | 6415 | 2323 | 181 | 19 | 0 | -938 | 0 | 317 |
| 2 | 18192 | 20169 | 10974 | 6348 | 2273 | 574 | 18 | 0 | -1377 | 0 | 278 |
| 3 | 18212 | 20439 | 10995 | 6231 | 2278 | 1366 | 18 | 0 | -1145 | 0 | 243 |
| 4 | 18457 | 20374 | 10979 | 6365 | 2282 | 990 | 18 | 0 | -1147 | 0 | 244 |
| 5 | 19205 | 19869 | 10964 | 6195 | 2356 | 198 | 18 | 0 | 0 | 0 | 246 |
| 6 | 20721 | 21400 | 10997 | 7141 | 2394 | 1217 | 17 | 0 | 0 | 9 | 242 |
| 7 | 21798 | 22527 | 10976 | 7786 | 2366 | 2282 | 18 | 0 | 0 | 17 | 232 |
| 8 | 22899 | 23502 | 10985 | 8464 | 2319 | 2244 | 28 | 323 | 0 | 28 | 247 |
| 9 | 23403 | 24094 | 10968 | 8776 | 2330 | 2199 | 25 | 645 | 0 | 43 | 220 |
| 10 | 23577 | 24250 | 10989 | 9139 | 2329 | 1791 | 25 | 644 | 0 | 55 | 186 |
| 11 | 23355 | 24047 | 11003 | 9203 | 2336 | 1246 | 24 | 644 | 0 | 64 | 162 |
| 12 | 23205 | 23912 | 11014 | 9298 | 2334 | 1422 | 24 | 324 | 0 | 63 | 156 |
| 13 | 23318 | 24052 | 10996 | 9302 | 2330 | 1730 | 24 | 323 | 0 | 46 | 178 |
| 14 | 23127 | 23980 | 10979 | 9315 | 2323 | 1686 | 24 | 326 | 0 | 33 | 149 |
| 15 | 23488 | 24157 | 10976 | 9307 | 2361 | 2388 | 24 | 151 | 0 | 0 | 156 |
| 16 | 23667 | 24603 | 10988 | 9142 | 2359 | 2575 | 25 | 661 | 0 | 0 | 153 |
| 17 | 23344 | 24148 | 11003 | 8765 | 2358 | 2378 | 26 | 660 | 0 | 0 | 160 |
| 18 | 22901 | 23445 | 10982 | 8615 | 2346 | 2371 | 25 | 187 | 0 | 0 | 117 |
| 19 | 22587 | 23299 | 11005 | 8592 | 2370 | 2419 | 25 | 0 | 0 | 0 | 110 |
| 20 | 22147 | 22859 | 10987 | 8597 | 2373 | 1602 | 24 | 0 | 0 | 0 | 89 |
| 21 | 21768 | 22647 | 10987 | 8553 | 2369 | 629 | 15 | 318 | 0 | 0 | 98 |
| 22 | 20513 | 21251 | 10993 | 7480 | 2374 | 620 | 14 | 0 | 0 | 0 | 87 |
| 23 | 19881 | 21462 | 10994 | 7724 | 2375 | 567 | 13 | 0 | -948 | 0 | 79 |

Таблиця 4. Порівняльні ГЕН України та суміжних країн (МВт) – Польщі, Угорщини, Румунії та Словаччини – для діб максимуму 20 грудня та мінімуму 27 травня добового навантаження в ОЕС України 2018 р. (за київським часом)

| Години | Доба максимуму навантаження 20 грудня | | | | | Доба мінімуму навантаження 27 травня | | | | |
|--------|---------------------------------------|--------|----------|---------|------------|--------------------------------------|--------|----------|---------|------------|
| | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина |
| 1 | 20433 | 20082 | 5224 | 6994 | 3371 | 13658 | 14684 | 4023 | 5616 | 2721 |
| 2 | 20135 | 18893 | 4972 | 6880 | 3282 | 13659 | 13969 | 3864 | 5332 | 2615 |
| 3 | 20169 | 18349 | 4738 | 6845 | 3284 | 13341 | 13627 | 3639 | 5178 | 2547 |
| 4 | 20439 | 18042 | 4614 | 6934 | 3286 | 13243 | 13412 | 3552 | 5073 | 2551 |
| 5 | 20374 | 18005 | 4617 | 7184 | 3342 | 13201 | 12876 | 3512 | 5056 | 2527 |
| 6 | 19869 | 18305 | 4860 | 7730 | 3527 | 13050 | 12639 | 3429 | 4910 | 2491 |
| 7 | 21400 | 19103 | 5492 | 8610 | 3938 | 13444 | 13386 | 3558 | 4862 | 2603 |
| 8 | 22527 | 21768 | 6072 | 9139 | 4146 | 13664 | 14390 | 3862 | 5062 | 2790 |
| 9 | 23502 | 23792 | 6149 | 9319 | 4254 | 13762 | 15640 | 4106 | 5297 | 3006 |
| 10 | 24094 | 24593 | 6221 | 9359 | 4327 | 14312 | 16637 | 4370 | 5465 | 3197 |
| 11 | 24250 | 24835 | 6270 | 9272 | 4228 | 14300 | 17208 | 4540 | 5527 | 3296 |
| 12 | 24047 | 24778 | 6246 | 9140 | 4293 | 14473 | 17328 | 4624 | 5494 | 3316 |
| 13 | 23912 | 25022 | 6321 | 9073 | 4227 | 14383 | 17390 | 4657 | 5538 | 3218 |
| 14 | 24052 | 25063 | 6263 | 8968 | 4202 | 14376 | 17264 | 4548 | 5534 | 3106 |

| Години | Доба максимуму навантаження 20 грудня | | | | | Доба мінімуму навантаження 27 травня | | | | |
|--------|---------------------------------------|--------|----------|---------|------------|--------------------------------------|--------|----------|---------|------------|
| | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина |
| 16 | 24157 | 24902 | 6209 | 9081 | 4104 | 14335 | 16705 | 4513 | 5449 | 3054 |
| 17 | 24603 | 25070 | 6304 | 9494 | 4252 | 14430 | 16524 | 4493 | 5501 | 3054 |
| 18 | 24148 | 25691 | 6338 | 9443 | 4216 | 14301 | 16502 | 4472 | 5548 | 3026 |
| 19 | 23445 | 25517 | 6217 | 9300 | 4154 | 14564 | 16669 | 4516 | 5624 | 3043 |
| 20 | 23299 | 25187 | 6141 | 9131 | 4078 | 14244 | 16920 | 4561 | 5723 | 3086 |
| 21 | 22859 | 25061 | 5927 | 8690 | 4011 | 14669 | 17124 | 4625 | 5824 | 3168 |
| 22 | 22647 | 24507 | 5781 | 8121 | 3771 | 15277 | 17665 | 4851 | 6198 | 3155 |
| 23 | 21251 | 23013 | 5569 | 7595 | 3597 | 14011 | 17145 | 4628 | 6044 | 3008 |
| 24 | 21462 | 21382 | 5371 | 7223 | 3444 | 13785 | 15804 | 4294 | 5618 | 2859 |

Таблиця 5. Порівняльні ГЕН України та суміжних країн – Польщі, Угорщини, Румунії та Словаччини – для діб максимуму 28 лютого та мінімуму 20 травня 2018 р. добового навантаження в ОЕС Польщі (за київським часом)

| Години | Доба максимуму навантаження 28 лютого | | | | | Доба мінімуму навантаження 20 травня | | | | |
|--------|---------------------------------------|--------------|----------|---------|------------|--------------------------------------|--------------|----------|---------|------------|
| | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина |
| 1 | 20719 | 20025 | 5333 | 7457 | 3646 | 13723 | 14271 | 3819 | 5463 | 2735 |
| 2 | 20263 | 19365 | 5049 | 7271 | 3551 | 14040 | 13588 | 3659 | 5287 | 2618 |
| 3 | 20431 | 19063 | 4840 | 7183 | 3527 | 14113 | 13183 | 3468 | 5118 | 2554 |
| 4 | 20392 | 19106 | 4731 | 7164 | 3523 | 13990 | 13031 | 3378 | 5004 | 2549 |
| 5 | 20232 | 19474 | 4762 | 7273 | 3637 | 14062 | 12551 | 3320 | 5045 | 2536 |
| 6 | 20056 | 20350 | 5058 | 7457 | 3787 | 13971 | 12262 | 3207 | 4966 | 2499 |
| 7 | 21539 | 22455 | 5675 | 7969 | 4167 | 14103 | 12757 | 3272 | 4932 | 2638 |
| 8 | 22449 | 24431 | 6184 | 8661 | 4336 | 13840 | 13501 | 3522 | 5095 | 2796 |
| 9 | 23528 | 25582 | 6252 | 9273 | 4409 | 14498 | 14591 | 3729 | 5393 | 2975 |
| 10 | 23922 | 25806 | 6306 | 9511 | 4432 | 15068 | 15379 | 3936 | 5554 | 3171 |
| 11 | 23937 | 25604 | 6297 | 9509 | 4332 | 15148 | 15690 | 4017 | 5583 | 3277 |
| 12 | 23817 | 25759 | 6350 | 9366 | 4356 | 15447 | 15698 | 4023 | 5548 | 3308 |
| 13 | 23739 | 25766 | 6322 | 9453 | 4304 | 15462 | 15640 | 4035 | 5592 | 3183 |
| 14 | 23500 | 25700 | 6296 | 9297 | 4276 | 15484 | 15538 | 3955 | 5558 | 3064 |
| 15 | 23246 | 25387 | 6191 | 9011 | 4248 | 15303 | 15327 | 3897 | 5421 | 2999 |
| 16 | 23420 | 24903 | 6227 | 8842 | 4196 | 15281 | 14930 | 3864 | 5402 | 2944 |
| 17 | 23041 | 24737 | 6161 | 8820 | 4241 | 15433 | 14762 | 3874 | 5438 | 2962 |
| 18 | 23784 | 25435 | 6192 | 8894 | 4323 | 15398 | 14749 | 3896 | 5520 | 2941 |
| 19 | 23859 | 26258 | 6497 | 9385 | 4413 | 15633 | 15104 | 3904 | 5613 | 2962 |
| 20 | 23469 | 26081 | 6537 | 9606 | 4381 | 15645 | 15473 | 3951 | 5732 | 3026 |
| 21 | 23030 | 25439 | 6374 | 9449 | 4291 | 16165 | 15941 | 4010 | 6011 | 3120 |
| 22 | 22273 | 23893 | 6183 | 9037 | 4053 | 16394 | 16567 | 4310 | 6410 | 3121 |
| 23 | 21243 | 22307 | 5875 | 8389 | 3843 | 15033 | 15940 | 4149 | 6207 | 2991 |
| 24 | 21070 | 20934 | 5686 | 7823 | 3705 | 14159 | 14847 | 3906 | 5637 | 2834 |

Таблиця 6. Порівняльні ГЕН України та суміжних країн – Польщі, Угорщини, Румунії та Словаччини – для діб максимуму 2 березня та мінімуму 21 травня 2018 р. добового навантаження в ОЕС Угорщини (за київським часом)

| Години | Доба максимуму навантаження 2 березня | | | | | Доба мінімуму навантаження 21 травня | | | | |
|--------|---------------------------------------|--------|-------------|---------|------------|--------------------------------------|--------|-------------|---------|------------|
| | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина |
| 1 | 20343 | 20108 | 5347 | 7475 | 3550 | 14277 | 13948 | 3576 | 5219 | 2729 |
| 2 | 19986 | 19480 | 5112 | 7258 | 3463 | 13842 | 13460 | 3433 | 5003 | 2624 |
| 3 | 20062 | 19235 | 4891 | 7127 | 3454 | 14075 | 13283 | 3250 | 4916 | 2590 |
| 4 | 20281 | 19149 | 4756 | 7105 | 3459 | 14097 | 13221 | 3142 | 4884 | 2598 |
| 5 | 20017 | 19506 | 4767 | 7151 | 3529 | 13888 | 13151 | 3096 | 4925 | 2638 |
| 6 | 19878 | 20342 | 5036 | 7329 | 3677 | 14181 | 13799 | 3016 | 5028 | 2768 |
| 7 | 21171 | 22365 | 5672 | 7840 | 4051 | 14975 | 16878 | 3132 | 5425 | 3177 |
| 8 | 22269 | 24385 | 6211 | 8585 | 4269 | 15590 | 19323 | 3371 | 6181 | 3365 |
| 9 | 23272 | 25385 | 6330 | 9152 | 4341 | 15999 | 20555 | 3591 | 6592 | 3501 |
| 10 | 23557 | 25585 | 6435 | 9392 | 4449 | 16110 | 21077 | 3840 | 6681 | 3520 |
| 11 | 23576 | 25473 | 6500 | 9315 | 4403 | 16107 | 20906 | 3927 | 6732 | 3491 |
| 12 | 23531 | 25655 | 6547 | 9276 | 4508 | 16423 | 21178 | 3986 | 6709 | 3525 |
| 13 | 23342 | 25484 | 6568 | 9144 | 4422 | 16334 | 21400 | 4019 | 6704 | 3585 |
| 14 | 23417 | 25578 | 6531 | 9057 | 4424 | 16569 | 21398 | 3946 | 6774 | 3556 |
| 15 | 23307 | 25071 | 6400 | 8881 | 4359 | 16615 | 20907 | 3911 | 6713 | 3546 |
| 16 | 22928 | 24593 | 6368 | 8774 | 4284 | 16363 | 20742 | 3921 | 6627 | 3473 |
| 17 | 23013 | 24448 | 6291 | 8731 | 4270 | 16308 | 20463 | 3950 | 6593 | 3467 |
| 18 | 23452 | 25075 | 6230 | 8844 | 4267 | 16187 | 20156 | 3980 | 6529 | 3411 |
| 19 | 23521 | 25907 | 6393 | 9223 | 4314 | 16155 | 19841 | 4040 | 6503 | 3376 |
| 20 | 23060 | 25764 | 6358 | 9326 | 4242 | 15956 | 20136 | 4111 | 6616 | 3434 |
| 21 | 22805 | 24917 | 6149 | 9125 | 4132 | 16653 | 20352 | 4245 | 6809 | 3482 |
| 22 | 21781 | 23381 | 5979 | 8727 | 3901 | 16755 | 20238 | 4418 | 7147 | 3407 |
| 23 | 21222 | 22016 | 5710 | 8086 | 3699 | 15468 | 18684 | 4184 | 6721 | 3179 |
| 24 | 20995 | 20843 | 5523 | 7557 | 3570 | 14990 | 17220 | 3880 | 6173 | 3010 |

Таблиця 7. Порівняльні ГЕН України та суміжних країн – Польщі, Угорщини, Румунії та Словаччини – для діб максимуму 27 лютого та мінімуму 8 квітня 2018 р. добового навантаження в ОЕС Румунії (за київським часом)

| Години | Доба максимуму навантаження 27 лютого | | | | | Доба мінімуму навантаження 8 квітня | | | | |
|--------|---------------------------------------|--------|----------|-------------|------------|-------------------------------------|--------|----------|-------------|------------|
| | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина |
| 1 | 19976 | 19726 | 5205 | 7529 | 3580 | 14685 | 15218 | 4218 | 5473 | 2800 |
| 2 | 19998 | 19238 | 4995 | 7316 | 3469 | 14580 | 14548 | 4039 | 5320 | 2681 |
| 3 | 20301 | 18970 | 4769 | 7247 | 3457 | 14539 | 14197 | 3850 | 5115 | 2660 |
| 4 | 20207 | 19037 | 4674 | 7232 | 3464 | 14459 | 13999 | 3770 | 5039 | 2649 |
| 5 | 20168 | 19261 | 4695 | 7309 | 3543 | 14764 | 14095 | 3707 | 4988 | 2653 |
| 6 | 20009 | 20066 | 4991 | 7472 | 3716 | 14646 | 13824 | 3794 | 4941 | 2664 |
| 7 | 21153 | 22166 | 5621 | 7946 | 4126 | 14708 | 13698 | 3804 | 4877 | 2766 |
| 8 | 22321 | 24179 | 6125 | 8684 | 4338 | 14507 | 14434 | 4124 | 4863 | 2910 |
| 9 | 23503 | 25370 | 6204 | 9259 | 4433 | 14402 | 15463 | 4372 | 4986 | 3104 |
| 10 | 24187 | 25600 | 6297 | 9529 | 4519 | 14451 | 16215 | 4549 | 5018 | 3260 |

| Години | Доба максимуму навантаження 27 лютого | | | | | Доба мінімуму навантаження 8 квітня | | | | |
|--------|---------------------------------------|--------|----------|-------------|------------|-------------------------------------|--------|----------|-------------|------------|
| | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина |
| 12 | 24072 | 25766 | 6390 | 9525 | 4480 | 14409 | 16356 | 4594 | 4859 | 3346 |
| 13 | 23928 | 25791 | 6443 | 9453 | 4438 | 14430 | 16398 | 4537 | 4760 | 3197 |
| 14 | 23918 | 25938 | 6424 | 9376 | 4410 | 14314 | 16196 | 4395 | 4650 | 3118 |
| 15 | 24046 | 25530 | 6264 | 9128 | 4380 | 13952 | 15841 | 4264 | 4542 | 3039 |
| 16 | 23787 | 25050 | 6296 | 8940 | 4319 | 13885 | 15479 | 4200 | 4548 | 2980 |
| 17 | 23585 | 24778 | 6222 | 8962 | 4362 | 13902 | 15388 | 4199 | 4553 | 2987 |
| 18 | 24005 | 25572 | 6223 | 9021 | 4392 | 13750 | 15576 | 4249 | 4642 | 2990 |
| 19 | 24280 | 26221 | 6469 | 9526 | 4466 | 13928 | 15889 | 4299 | 4764 | 3053 |
| 20 | 23937 | 26174 | 6478 | 9695 | 4433 | 15203 | 17022 | 4514 | 5033 | 3191 |
| 21 | 23362 | 25388 | 6271 | 9469 | 4298 | 16389 | 18199 | 5017 | 5748 | 3341 |
| 22 | 22710 | 23902 | 6125 | 9050 | 4084 | 15652 | 17415 | 4823 | 5881 | 3185 |
| 23 | 21496 | 22374 | 5787 | 8338 | 3915 | 15256 | 16506 | 4549 | 5579 | 3044 |
| 24 | 21531 | 21106 | 5589 | 7779 | 3731 | 14270 | 15456 | 4322 | 5251 | 2906 |

Таблиця 8. Порівняльні ГЕН України та суміжних країн – Польщі, Угорщини, Румунії та Словаччини – для діб максимуму 27 лютого та мінімуму 29 липня 2018 р. добового навантаження в ОЕС Словаччини (за київським часом) [12, 13]

| Години | Доба максимуму навантаження 27 лютого | | | | | Доба мінімуму навантаження 29 липня | | | | |
|--------|---------------------------------------|--------|----------|---------|-------------|-------------------------------------|--------|----------|---------|-------------|
| | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина | Україна | Польща | Угорщина | Румунія | Словаччина |
| 1 | 19976 | 19726 | 5205 | 7529 | 3580 | 13997 | 15366 | 3986 | 5808 | 2661 |
| 2 | 19998 | 19238 | 4995 | 7316 | 3469 | 14220 | 14659 | 3784 | 5490 | 2541 |
| 3 | 20301 | 18970 | 4769 | 7247 | 3457 | 14431 | 14217 | 3615 | 5344 | 2498 |
| 4 | 20207 | 19037 | 4674 | 7232 | 3464 | 14539 | 14112 | 3530 | 5247 | 2450 |
| 5 | 20168 | 19261 | 4695 | 7309 | 3543 | 14477 | 13653 | 3469 | 5201 | 2463 |
| 6 | 20009 | 20066 | 4991 | 7472 | 3716 | 14505 | 13131 | 3424 | 5170 | 2395 |
| 7 | 21153 | 22166 | 5621 | 7946 | 4126 | 14631 | 13803 | 3503 | 5142 | 2516 |
| 8 | 22321 | 24179 | 6125 | 8684 | 4338 | 14045 | 14748 | 3803 | 5321 | 2687 |
| 9 | 23503 | 25370 | 6204 | 9259 | 4433 | 14928 | 15967 | 4087 | 5635 | 2891 |
| 10 | 24187 | 25600 | 6297 | 9529 | 4519 | 15400 | 16949 | 4361 | 5814 | 3098 |
| 11 | 24254 | 25513 | 6363 | 9596 | 4429 | 15827 | 17645 | 4562 | 5965 | 3229 |
| 12 | 24072 | 25766 | 6390 | 9525 | 4480 | 16135 | 17870 | 4675 | 6035 | 3259 |
| 13 | 23928 | 25791 | 6443 | 9453 | 4438 | 16100 | 17843 | 4749 | 6201 | 3179 |
| 14 | 23918 | 25938 | 6424 | 9376 | 4410 | 16102 | 17721 | 4678 | 6235 | 3111 |
| 15 | 24046 | 25530 | 6264 | 9128 | 4380 | 16088 | 17380 | 4640 | 6099 | 3022 |
| 16 | 23787 | 25050 | 6296 | 8940 | 4319 | 16081 | 17059 | 4641 | 6051 | 2996 |
| 17 | 23585 | 24778 | 6222 | 8962 | 4362 | 16232 | 16814 | 4656 | 6072 | 3027 |
| 18 | 24005 | 25572 | 6223 | 9021 | 4392 | 16108 | 16785 | 4648 | 6131 | 2989 |
| 19 | 24280 | 26221 | 6469 | 9526 | 4466 | 16281 | 16987 | 4680 | 6136 | 2993 |
| 20 | 23937 | 26174 | 6478 | 9695 | 4433 | 15932 | 17101 | 4718 | 6233 | 2998 |
| 21 | 23362 | 25388 | 6271 | 9469 | 4298 | 16548 | 17196 | 4748 | 6402 | 3055 |
| 22 | 22710 | 23902 | 6125 | 9050 | 4084 | 16806 | 17609 | 4999 | 6669 | 3076 |
| 23 | 21496 | 22374 | 5787 | 8338 | 3915 | 15395 | 17051 | 4727 | 6353 | 2942 |
| 24 | 21531 | 21106 | 5589 | 7779 | 3731 | 14649 | 15830 | 4328 | 5907 | 2774 |

У [11] проаналізовано поточний стан генеруючих потужностей ОЕС України. Як показали результати аналізу, стан генеруючих потужностей в Україні та режимів їх роботи можна охарактеризувати як такий, що наразі має достатні обсяги генеруючих потужностей (навіть з урахуванням того, що частина генеруючих потужностей опинилася на непідконтрольній території) порівняно із загальним навантаженням в енергосистемі. Однак, ці потужності, у переважній більшості, є базовими і не призначені для частих і швидких змін режимів роботи, а та частина з них, що може змінювати свої режими роботи (в основному зосереджена на ТЕС), відпрацювала свій ресурс. Саме тому ОЕС України

характеризується як негнучка, тобто така, що має дефіцит відповідних маневрових потужностей.

Для забезпечення синхронної та стійкої роботи об'єднаних енергосистем важливим є врахування часу та значень найвищої та найнижчої електричної потужності для певного часу енергосистем України та суміжних країн членів ENTSO-E (табл. 4–9). Результати порівняння цих значень станом на 2018 р. [9, 12, 13] наведені в табл. 9.

Більш детальні параметри електричної потужності у 2018 р., коли спостерігалися максимуми і мінімуми навантаження для кожної з енергосистем України та суміжних країн членів ENTSO-E [12, 13] систематизовано в табл. 10.

Таблиця 9. Значення найвищої та найнижчої електричної потужності для енергосистем України та суміжних країн членів ENTSO-E у 2018 р.

| Країна | Найвище навантаження | | | Найнижче навантаження | | |
|------------|----------------------|-------------|---------------|-----------------------|-------------|---------------|
| | Дата | Година | Значення, МВт | Дата | Година | Значення, МВт |
| Угорщина | 02.03.2018 | 11:00–12:00 | 6 572 | 21.05.2018 | 05:00–06:00 | 2 914 |
| Польща | 28.02.2018 | 18:00–19:00 | 24 465 | 20.05.2018 | 05:00–06:00 | 11 339 |
| Румунія | 27.02.2018 | 18:00–19:00 | 8 920 | 08.04.2018 | 13:00–14:00 | 4 091 |
| Словаччина | 27.02.2018 | 09:00–10:00 | 4 519 | 29.07.2018 | 05:00–06:00 | 2 395 |
| Україна | 20.12.2018 | 16:00–17:00 | 24 603 | 27.05.2018 | 05:00–06:00 | 13 050 |

Таблиця 10. Електрична потужність (МВт) у 2018 р., коли спостерігалися максимуми і мінімуми навантаження для кожної з енергосистем України та суміжних країн членів ENTSO-E.

| Години | Максимуми | | | | Мінімуми | | | |
|--------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|------------------|-------------------|
| | Польща 28-02 | Україна 20-12 | Румунія 27-02 | Угорщина 02-03 | Польща 20-05 | Україна 27-05 | Румунія 08-04 | Угорщина 21-05 |
| 1 | 20025 | 18990 | 7316 | 5347 | 14271 | 13475 | 5320 | 3437 |
| 2 | 19365 | 19013 | 7247 | 5112 | 13588 | 12897 | 5115 | 3286 |
| 3 | 19063 | 19258 | 7232 | 4891 | 13183 | 12429 | 5039 | 3150 |
| 4 | 19106 | 20031 | 7309 | 4759 | 13031 | 12172 | 4988 | 3089 |
| 5 | 19474 | 21602 | 7472 | 4964 | 12551 | 12067 | 4941 | 3025 |
| 6 | 20350 | 22760 | 7946 | 5421 | 12262 | 12282 | 4877 | 3015 |
| 7 | 22455 | 23916 | 8684 | 6054 | 12757 | 12794 | 4863 | 3132 |
| 8 | 24431 | 24422 | 9259 | 6318 | 13501 | 12879 | 4986 | 3089 |
| 9 | 25582 | 24632 | 9529 | 6395 | 14591 | 13459 | 5018 | 3591 |
| 10 | 25806 | 24375 | 9596 | 6479 | 15379 | 14025 | 4964 | 3840 |
| 11 | 25604 | 24180 | 9525 | 6541 | 15690 | 13937 | 4859 | 3927 |
| 12 | 25759 | 24306 | 9453 | 6592 | 15698 | 14122 | 4760 | 3986 |
| 13 | 25766 | 23336 | 9376 | 6587 | 15640 | 14064 | 4650 | 3965 |
| 14 | 25700 | 24499 | 9128 | 6531 | 15538 | 14103 | 4542 | 3865 |
| 15 | 25387 | 24684 | 8940 | 6404 | 15327 | 14022 | 4548 | 3911 |
| 16 | 24903 | 24357 | 8962 | 6368 | 14930 | 13858 | 4553 | 3904 |
| 17 | 24737 | 23909 | 9021 | 6305 | 14762 | 14073 | 4642 | 3950 |
| 18 | 25435 | 23579 | 9526 | 6395 | 14749 | 14087 | 4764 | 3980 |
| 19 | 26258 | 23132 | 9695 | 6410 | 15104 | 14095 | 5033 | 4040 |
| 20 | 26081 | 22703 | 9469 | 6358 | 15473 | 13951 | 5748 | 4111 |
| 21 | 25439 | 21385 | 9050 | 6149 | 15941 | 14453 | 5881 | 4245 |
| 22 | 23893 | 20719 | 8338 | 5979 | 16567 | 15173 | 5579 | 4230 |
| 23 | 22307 | 19895 | 7779 | 5710 | 15940 | 14273 | 5251 | 3935 |
| 24 | 20934 | 19308 | 7457 | 5523 | 14847 | 13395 | 4980 | 3693 |

Параметри участі у покритті сумарного мінімального та максимального навантаження енергетичної системи ENTSO-E 17.06 та 28.02.2018 р., відповідно, для кожної з енергосистем України та суміжних країн членів ENTSO-E зведено в табл. 11.

У табл. 4–11 проілюстровано у добовому розрізі (на прикладі характерної доби) режими споживання та експлуатації генеруючих потужностей кожної із суміжних енергетичних систем з урахуванням доступної потужності та накладених обмежень на доступну пропускну спроможність міждержавних перетинів.

Так, з аналізу таблиць, видно, що кожна з суміжних країн характеризується порівняно різними ГЕН, різним ступенем використання власних потужностей, а також зміщенням максимумів/мінімумів споживання. Варто зазначити, що у пе-

ріоди максимуму добового навантаження в ОЕС України (тобто у періоди імовірного дефіциту потужності та резервів) спостерігається зниження максимальних потенціальних обсягів імпорту із суміжних країн, тому що навантаження енергетичної системи ENTSO-E підвищується.

Налагодження паралельної роботи з потужною енергосистемою Європи дозволить провести переорієнтацію управління ОЕС України на європейський вектор розвитку, значно підвищити ефективність та надійність роботи енергосистеми, відокремити енергосистему нашої країни від швидко старіючої енергосистеми Російської Федерації, налагодити експорт електроенергії до Європи за рахунок збільшення виробництва більш дешевої та чистої електроенергії в умовах існуючої структури генерації України та необхідні обсяги імпорту з Європи.

Таблиця 11. Параметри участі у покритті сумарного мінімального та максимального навантаження енергетичної системи ENTSO-E 17.06 та 28.02.2018 р. для енергосистем України та суміжних країн членів ENTSO-E.

| Година | Максимальне навантаження (МВт) 28.02.2018 р. | | | | | Мінімальне навантаження (МВт) 17.06.2018 р. | | | | |
|--------|--|---------|---------|----------|------------|---|---------|---------|----------|------------|
| | Польща | Україна | Румунія | Угорщина | Словаччина | Польща | Україна | Румунія | Угорщина | Словаччина |
| 1 | 20025 | 19112 | 7271 | 5333 | 3646 | 15072 | 14694 | 5583 | 4070 | 2681 |
| 2 | 19365 | 18907 | 7183 | 5049 | 3551 | 14316 | 14820 | 5423 | 3906 | 2576 |
| 3 | 19063 | 18884 | 7164 | 4840 | 3527 | 13987 | 14724 | 5273 | 3727 | 2542 |
| 4 | 19106 | 19329 | 7273 | 4731 | 3523 | 13504 | 14658 | 5263 | 3650 | 2531 |
| 5 | 19474 | 20054 | 7457 | 4959 | 3637 | 13051 | 14865 | 5122 | 3588 | 2514 |
| 6 | 20350 | 21707 | 7969 | 5410 | 3787 | 12896 | 15112 | 5086 | 3500 | 2496 |
| 7 | 22455 | 22611 | 8661 | 6184 | 4167 | 13397 | 15012 | 5237 | 3613 | 2601 |
| 8 | 24431 | 23791 | 9273 | 6262 | 4336 | 14302 | 14228 | 5594 | 3905 | 2776 |
| 9 | 25582 | 24237 | 9511 | 6321 | 4409 | 15367 | 14960 | 5782 | 4175 | 2986 |
| 10 | 25806 | 24139 | 9509 | 6326 | 4432 | 16269 | 15585 | 5909 | 4409 | 3170 |
| 11 | 25604 | 23906 | 9366 | 6323 | 4332 | 16786 | 15816 | 5938 | 4590 | 3285 |
| 12 | 25759 | 23734 | 9453 | 6350 | 4356 | 16967 | 16200 | 6018 | 4693 | 3332 |
| 13 | 25766 | 23587 | 9297 | 6322 | 4304 | 16983 | 16158 | 6059 | 4733 | 3214 |
| 14 | 25700 | 23467 | 9011 | 6296 | 4276 | 16856 | 16157 | 5960 | 4627 | 3134 |
| 15 | 25387 | 23521 | 8842 | 6234 | 4248 | 16431 | 16230 | 5943 | 4589 | 3072 |
| 16 | 24903 | 23189 | 8820 | 6228 | 4196 | 16236 | 16228 | 6004 | 4589 | 3039 |
| 17 | 24737 | 23896 | 8894 | 6207 | 4241 | 16070 | 16210 | 6084 | 4619 | 3040 |
| 18 | 25435 | 24111 | 9385 | 6448 | 4323 | 16094 | 16312 | 6073 | 4624 | 3032 |
| 19 | 26258 | 23782 | 9606 | 6563 | 4413 | 16151 | 16302 | 6125 | 4605 | 3013 |
| 20 | 26081 | 23295 | 9449 | 6537 | 4381 | 16570 | 16091 | 6202 | 4622 | 3058 |
| 21 | 25439 | 22440 | 9037 | 6374 | 4291 | 16777 | 16380 | 6492 | 4675 | 3090 |
| 22 | 23893 | 21324 | 8389 | 6183 | 4053 | 17210 | 16804 | 6341 | 4904 | 3130 |
| 23 | 22307 | 20150 | 7823 | 5875 | 3843 | 17057 | 15678 | 5856 | 4717 | 2993 |
| 24 | 20934 | 19492 | 7482 | 5686 | 3705 | 15897 | 15360 | 5464 | 4392 | 2848 |

ВИСНОВКИ

1. Результати аналізу поточного стану генеруючих потужностей та режимів роботи ОЕС України, що наведені в таблицях, показали наявність проблем із забезпеченням балансової надійності через переобтяженість структури генеруючих потужностей базовими потужностями (енергоблоків АЕС, а також ТЕС) і з гострим дефіцитом маневрових потужностей та значного будівництва потужностей на ВДЕ. Вирішення цих питань має забезпечити готовність енергосистеми України до об'єднання з енергосистемою Континентальної Європи ENTSO-E, що закладе основи для синхронного функціонування ОЕС України з енергосистемами суміжних країн.

2. Особливості роботи енергетичних систем суміжних з Україною країн, членів Європейського Союзу – Угорщини, Словаччини, Польщі, Румунії та енергосистеми України характеризуються різним ступенем використання власних потужностей, а також зміщенням максимумів/мінімумів споживання, що потенційно дозволяє більш ефективно завантаження генеруючих потужностей із забезпеченням перетоку потужності між енергосистемами. Наведена інформація може бути використана для моделювання режимів завантаження генеруючих потужностей після синхронізації ОЕС України із енергосистемою Континентальної Європи ENTSO-E з урахуванням граничних значень обсягів трансграничного обміну електроенергією, географічного розташування енергосистем, що суттєво для врахування генерації електроенергії сонячними електростанціями, наявності та потужності міждержавних ліній електропередачі та максимально допустимих обсягів імпорту та експорту електроенергії.

1. Про ратифікацію Угоди про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони: Закон України від 16.09.2014 № 1678-VII. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2014. № 40. ст. 2021.

2. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. Угоду ратифіковано із заявою Законом України від 16.09.2014 № 1678-VII.

3. Про ринок електричної енергії України: Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2017. № 26-27. 312 с.

4. Про затвердження Правил ринку: Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 14.03.2018 № 307.

5. Про затвердження Правил ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку: Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 14.03.2018 № 308.

6. Шульженко С.В., Тюрютіков О.І., Іваненко Н.П. Модель математичного програмування з цілочисельними змінними визначення оптимального складу та завантаження енергоблоків теплових електростанцій та гідроагрегатів гідроакмулюючих електростанцій при покритті добового графіка електричних навантажень енергосистеми України. *Проблеми загальної енергетики*. 2020. Вип. 1(60). С. 14—23. <https://doi.org/10.15407/pge2020.01.014>

7. Денисов В.А. Визначення оптимальних режимів функціонування енергосистеми України при покритті добового графіку електричних навантажень, забезпеченні необхідних обсягів резервування та використанні накопичуючих потужностей. *Проблеми загальної енергетики*. 2020. Вип. 4(63). С. 33—44. <https://doi.org/10.15407/pge2020.04.033>

8. План інтеграції ОЕС України в ENTSO-E. *Entsoe-200512162506.pdf*. URL: https://www.slideshare.net/Ukrenergo/entsoe-233694096?from_action=save (дата звернення: 20.04.2021).

9. ENTSO-E. Statistical factsheet 2018. URL: https://eepublicdownloads.entsoe.eu/clean-documents/Publications/Statistics/Factsheet/entsoe_sfs2018_web.pdf (дата звернення: 20.04.2021).

10. Сальдо перетоків між енергосистемою України і енергосистемами суміжних країн. *Офіційний веб-сайт НЕК «Укренерго»*. URL: <https://ua.energy/peredacha-i-dyspetcheryzatsiya/dyspetcherska-informatsiya/peretoky/> (дата звернення: 20.04.2021).

11. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей. *Офіційний веб-сайт НЕК «Укренерго»*. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2020/12/Projekt-zvitu-z-otsinky-vidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchyh-potuzhnostej-2020.pdf> (дата звернення: 20.04.2021).

12. Добовий графік виробництва/споживання електроенергії. *Сайт ПрАТ «Укренерго»*. URL: <https://ua.energy/peredacha-i-dyspetcheryzatsiya/dyspetcherska-informatsiya/dobovuj-grafik-vyrobnystva-spozhyvannya-e-e/> (дата звернення: 20.04.2021).

13. Central collection and publication of electricity generation, transportation and consumption data and information for pan-European market. URL: <https://transparency.entsoe.eu/load-domain/r2/yearLoad/show>.

Надійшла до редколегії: 08.06.2021