

MR-5747

621.311
A64

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електричних станцій і систем

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«Аналіз проблем формування цінових заявок в різних сегментах ринку
електричної енергії»**

Виконав: студент 2-го курсу, групи ЕС-22мз
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
освітня програма «Електричні станції»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Хомич Н.Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф., зав. каф. ЕСС

Комар В.О.
(прізвище та ініціали)

« 07 » 06 2024 р.

Опонент: к.р.н., доц. каф. ЕСС

Байденко О.В.
(прізвище та ініціали)

« 10 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., проф. Комар В. О.
(прізвище та ініціали)

« 02 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма – Електричні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.

18.03. 2024 року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Хомич Наталії Григорівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Аналіз проблем формування цінових заявок в різних сегментах ринку електричної енергії» керівник роботи д.т.н., зав. каф. ЕСС Комар В.О.

затверджена наказом вищого навчального закладу від 18.03.2024 року № 81

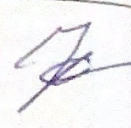
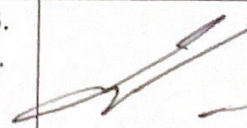
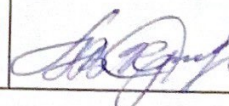
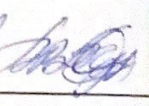
2. Строк подання студентом роботи 22 травня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи: Перелік нормативних документів, які регламентують нову модель оптового ринку.

4. Зміст текстової частини: Вступ. 1. Діюча модель оптового ринку електроенергії України та цілі її подальшого розвитку. 2. Основні види структури ринку електричної енергії. 3. Загальні процеси формування вартості електричної енергії для споживача на ринку електричної енергії України. 4. Оптовий ринок електричної енергії України. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Основні сегменти лібералізованого ринку електроенергії. 2. Взаємозв'язок між основними сегментами лібералізованого ринку. 3. Поширені типи цінових заявок при торгівлі електричною енергією

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Комар В.О., д.т.н., проф., зав. кафедри ЕСС		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В. д.пед.н., проф., зав. каф. БЖДПБ		
Економічна частина	Остра Н. В., к.т.н., доц., доцент кафедри ЕСС		

7. Дата видачі завдання 16 січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи		Примітка
		початок	кінець	
1	Розроблення технічного завдання	16.01.24	28.01.24	вик
2	Аналіз літературних джерел	29.01.24	07.02.24	вик
3	Модель оптового ринку електроенергії України та цілі її подальшого розвитку	08.02.24	24.02.24	вик
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	25.02.23	05.03.24	вик
5	Аналіз стратегій формування цінових заявок	06.03.24	07.04.24	вик
6	Оформлення пояснювальної записки	08.04.24	12.05.24	вик
7	Виконання графічної частини та оформлення презентації	12.05.24	22.05.24	вик

Студент

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

Н. Г. Хомич

В. О. Комар

АНОТАЦІЯ

В роботі виконано дослідження організаційних засад функціонування оптового ринку електроенергії в Україні. Виконано критичний аналіз діючої моделі оптового ринку електроенергії України та визначені цілі його подальшого розвитку.

Розроблено пропозиції щодо імплементації європейської нормативної та регламентуючої бази, необхідної для впровадження розглянутих складових системи управління ринком електричної енергії України. Зокрема, сформовано перелік регламентуючих європейських документів та міжнародних стандартів щодо процесів інформаційного обміну на ринку електричної енергії, адаптовані аналоги яких необхідно впровадити в Україні.

Розглянуті питання охорони праці на електроенергетичних об'єктах.

Іл. 8, табл. 5, літ. 25.

ABSTRACT

The paper researches the organizational functioning principles of the wholesale electricity market in Ukraine. A critical analysis of the current wholesale electricity market model of Ukraine was performed and the goals of its further development were determined.

The proposals on the implementation of the European normative and regulatory framework necessary for the implementation of the considered components of the Ukrainian electricity market control system have been developed. In particular, the list of regulating European documents and international standards concerning the processes of information exchange in the market of electricity has been formed, adapted analogues which are needed to be implemented in Ukraine.

Considered issues of labor protection at electric power facilities.

Bibliography: 25. Fig.: 8. Table: 5.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	9
ВСТУП	10
1. ДІЮЧА МОДЕЛЬ ОПТОВОГО РИНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ ТА ЦІЛІ ЇЇ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ	12
2. ОСНОВНІ ВИДИ СТРУКТУРИ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	15
3. ЗАГАЛЬНІ ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ВАРТОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СПОЖИВАЧА НА РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ	28
4. ОПТОВИЙ РИНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ	45
4.1 Сегмент двосторонніх договорів	45
4.2 Ринок «на добу наперед» та внутрішньодобовий ринок	54
4.3 Поширені типи цінових заявок при торгівлі електричною енергією ..	64
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	79
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання	Ошибка!
Закладка не определена.	
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	Ошибка!
Закладка не определена.	
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи елементів електричної станції в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	Ошибка! Закладка не определена.
ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	98
ДОДАТОК А Показники звіту подібності Unichack	101
ДОДАТОК Б Технічне завдання МКР	102
ДОДАТОК В Графічна частина.....	105

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ОРЕ	—	оптовий ринок електроенергії України
ОСП	—	оператор системи передавання
ОСР	—	оператор системи розподілу
РДДБ	—	ринок двосторонніх договорів та балансуючий ринок електричної енергії
РДН	—	ринок «на добу наперед»
ПРЧП	—	первинне регулювання частоти та активної потужності
СВБ	—	сторона, відповідальна за баланс
СО	—	системний оператор

ВСТУП

Актуальність теми. Сьогодні функціонування електроенергетичної галузі відбувається в ринкових умовах. Необхідність знання процесів ціно- та тарифоутворення на електричну енергію для усіх учасників та суб'єктів ринку, розуміння ринкових процесів, форм купівлі-продажу електричної енергії є необхідною складовою управління підприємствами галузі. Знання та навички з моделювання та розрахунку відповідних складових цін та тарифів є невід'ємною складовою керування як виробництвом так і споживанням електричної енергії. Досягнення означених цілей вимагає дослідження основних понять щодо аналізу ситуації та тенденцій на ринку електричної енергії, розрахунків вартості електричної енергії на різних сегментах оптового ринку, визначення вартості небалансів електричної енергії, розрахунків тарифів на роздрібному ринку для різних груп споживачів, аналізу доцільності зміни постачальника споживачем, формування портфелю споживачів постачальника, формувати вимог до обсягів та вартості закупівлі електричної енергії в окремих сегментах ринку, оцінки пропозиції постачальників електричної енергії та графіків споживачів в ринкових умовах.

Важливою складовою є знання щодо практичних розрахунків тарифів на електроенергію та загальної її вартості в залежності від графіків постачання та споживання електроенергії, формування вимог до обсягів та вартості закупівлі електричної енергії в окремих сегментах ринку, оцінка пропозицій постачальників електричної енергії різних типів.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської роботи є аналіз основ організації лібералізованого ринку електричної енергії шляхом дослідження організації та взаємодії сегментів цього ринку.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв'язуються такі **основні задачі**:

- Формалізувати опис бізнес-інформаційних моделей та побудувати рольові моделі організації взаємодії учасників лібералізованого ринку електричної енергії України із використанням інформаційних технологій;

- Визначити основні інформаційні системи операторів ринку електроенергії та виконати їх опис, структурований за критеріями організаційного розподілу і функціонального наповнення, з деталізацією складових автоматизованої інформаційної системи оператора балансуючого ринку.

Об’єктом дослідження магістерської роботи є функціонування сегментів оптового ринку електричної енергії.

Предметом дослідження є моделі організації та функціональної взаємодії сегментів оптового ринку.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети в роботі використано методи математичного моделювання технологічних процесів, моделювання інформаційних процесів, методи дискретної та лінійної оптимізації.

Новизна дослідження. Виконано систематизацію функціонування різних сегментів оптового ринку електричної енергії.

Особистий внесок здобувача. Усі результати, які складають основний зміст магістерської роботи, отримані автором самостійно.

1. ДІЮЧА МОДЕЛЬ ОПТОВОГО РИНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ ТА ЦІЛІ ЇЇ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Електроенергетика є базовою галуззю національної економіки, ефективне функціонування якої є необхідною умовою стабільності та забезпечення структурних перетворень економіки, задоволення потреб населення та суспільного виробництва в електричній енергії. З метою підвищення конкурентоспроможності української економіки, забезпечення потреб споживачів в електричній енергії за мінімально можливою ціною на основі конкуренції між її виробниками та між постачальниками електричної енергії, надійного і безперебійного електропостачання споживачів, а також фінансової стабільності та прибутковості галузі і зацікавленості до неї з боку потенційних вітчизняних та іноземних інвесторів у 1996 році в Україні створено оптовий ринок електричної енергії (ОРЕ) [1]. Нова економічна система ринкових відносин в електроенергетичній галузі України запроваджувалася з урахуванням того, що зазначена галузь функціонує в умовах об'єднаної енергетичної системи (ОЕС), в якій електростанції, електричні і теплові мережі, інші об'єкти електроенергетики об'єднано спільним режимом виробництва, передачі та розподілу електричної енергії при централізованому управлінні цим режимом. Це значною мірою обумовило порядок ціноутворення на ОРЕ, купівлю-продаж електричної енергії, умови оформлення договірних відносин та інфраструктуру ОРЕ. Сьогодні ОРЕ є єдиною впорядкованою системою взаємовідносин між суб'єктами господарської діяльності у разі здійснення купівлі-продажу електричної енергії. Основні правові та організаційні засади, які визначають загальні умови функціонування діючої моделі ОРЕ визначені Конституцією України, Законом України "Про електроенергетику" [2], наказами Президента України [3], Кабінету Міністрів України [4], Національної комісії регулювання електроенергетики України.

Такий ОРЕ в Україні створений з метою побудови конкурентоздатного середовища у сфері закупівлі і наступного продажу електроенергії. Тобто для потенційного задоволення прогнозованих обсягів споживаної електроенергії ОРЕ на підставі цінових заявок виробників електроенергії вибирає найбільш дешеві варіанти покриття прогнозованих навантажень. Для подальшого перепродажу електроенергії постачальникам ОРЕ щодня встановлює почасові тарифи продажу електроенергії, які однакові для усіх суб'єктів ОРЕ. Почасова ціна продажу електроенергії постачальникам визначається за детермінованим алгоритмом, який, в основному, враховує вартість енергії, закупленої у різних виробників, вартість її транзиту до постачальників, а також різні дотації.

Право постачати (перепродавати) споживачам електроенергію в ОРЕ мають постачальники за регульованим тарифом, до яких відносяться існуючі обленерго та нові енергопостачальні компанії, а також постачальники за нерегульованим тарифом. Наразі ОРЕ в Україні працює як обов'язковий пул з ОР [1], що є незалежною державною організацією, яка забезпечує здійснення задач, необхідних для функціонування ОРЕ.

За період функціонування ОРЕ в Україні було закладено основу запровадження ринкових відносин в електроенергетиці та набуто значного досвіду, а саме:

- по-перше, створено підґрунтя для запровадження конкурентного середовища шляхом розподілення виробництва, передачі та постачання електричної енергії;
- по-друге, збережено ОЕС України, що створює можливість безперервного доступу постачальників електричної енергії до об'єднаної та збалансованої потужності усіх виробників електричної енергії для гарантованого енергозабезпечення споживачів, а також забезпечено функціонування збалансованого за потужністю погодинного ОРЕ України, який має просту організаційну структуру;
- по-третє, в умовах ОРЕ України досягнуто (за допомогою державного регулювання) підвищення рівня розрахунків коштами та призупинено застосування бартерних схем, створено прозору систему

функціонування, як в частині обсягів купівлі-продажу електричної енергії, так і формування цін та платежів, забезпечується формування єдиної усередненої оптової ціни на електричну енергію;

- по-четверте, створено умови для рівноправного доступу суб'єктів господарювання до ОРЕ України і певні передумови для залучення інвестицій, забезпечується формування єдиної усередненої оптової ціни на електричну енергію;

- по п'яте, закладено систему саморегулювання ОРЕ України та закріплено розподіл функцій державного управління і регулювання діяльності в електроенергетиці, зокрема і на ОРЕ України.

- і нарешті, напрацьовано та запроваджено нормативно-правову та договірну основу функціонування ОРЕ, яка може слугувати основою для його розвитку, умови та правила здійснення ліцензованих видів діяльності.

Сучасний етап розвитку електроенергетики України пов'язаний з переходом до нової системи ринкових відносин між суб'єктами цієї галузі. Відзначимо, що з точки зору інтеграції України до європейської спільноти, існуюча модель функціонування ОРЕ значною мірою відповідає вимогам норм Європейського права [5, 6], однак потребує подальшого розвитку і вдосконалення. Відповідно до Концепції функціонування та розвитку ОРЕ України, що схвалена Постановою Кабінету Міністрів України № 1789 від 16 листопада 2002 року (далі - Концепція) [1], було заплановано поетапне впровадження ринку двосторонніх договорів та БР електричної енергії (РДДБ). При цьому вже на перших перехідних етапах необхідно: розробити принципи та правила функціонування такого ринку; удосконалити методики «ціноутворення» та узгодження інтересів між виробниками, постачальниками і споживачами електричної енергії; запровадити правила та регламенти взаємодії між суб'єктами ринку в частині збору, передачі та обробки інформації, протоколів обміну даних; прийняти Кодекси електричних мереж; впровадити інформаційно-технологічні системи підтримки роботи РДДБ; встановити необхідне вимірювальне і програмне забезпечення.

2. ОСНОВНІ ВИДИ СТРУКТУРИ РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Структура та особливості функціонування певного національного ринку електричної енергії (зокрема, і в Україні), навіть за наявності однакових сегментів, практично не може повністю повторювати жодну структуру іншого національного ринку [9]. Це пояснюється тим, що особливості функціонування ринку електричної енергії визначаються технологічними особливостями (структура генеруючих потужностей, структура мереж передачі та розподілу), особливостями національного законодавства, а також історичними особливостями розвитку національної енергосистеми [10]. Наприклад, у більшості країн національна електроенергетична система утворювалася та розвивалася як єдина державна монополія. У США та Канаді навпаки, електроенергетика створювалася місцевими комерційними підприємствами з виробництва та постачання електричної енергії.

Тому розвиток ринку електроенергії України відбувається з урахуванням як світового досвіду розвитку оптових ринків електричної енергії, так і особливостей функціонування об'єднаної електроенергетичної системи України, оскільки «фізичне» постачання електричної енергії є основною метою усіх ринків.

Історично на ринках електроенергії різних країн функціонували різні форми ринкових відносин, в яких можна виділити наступні основні структурні особливості:

- Вертикально інтегрований ринок електроенергії, який ще називають регульованою природною монополією;
- Пул єдиного покупця;
- Конкурентний оптовий ринок;
- Конкурентний роздрібний ринок.

Розглянемо детальніше особливості ринкових відносин кожної із цих структур.

Вертикально інтегрований ринок електроенергії.

За такої форми ринкових відносин усі сфери діяльності, тобто виробництво, передавання, розподіл і збут електроенергії в тій чи іншій формі регулюються єдиним підприємством (чи виокремленим міністерством для національної електроенергетичної системи). При цьому сфера транспортування електроенергії, як правило, практично у всіх формах національного ринку, як правило, регулюється державою.

Відповідно основна мета функціонування ринку електричної енергії у вертикально-інтегрованій монополії – це мінімізація витрат на виробництво і транспортування електроенергії для максимального задоволення попиту, іншими словами мінімізація вартості електроенергії для кінцевого споживача.



Рисунок 2.1 – Структура вертикально-інтегрованого ринку електричної енергії

Рівні завантаження генераторів електростанцій визначаються згідно із результатами планування режимів за економічними критеріями з урахуванням технологічних обмежень. При цьому споживачі отримують електричну енергію за договорами із підприємствами енергозбуту, прив'язаними до обслуговування визначеної території.

Ціноутворення на вертикально-інтегрованому ринку електричної енергії визначається системою визначених державою тарифів за принципом «витати плюс» (тобто витрати на діяльність окремого підрозділу монополії плюс нормований державою відсоток рентабельності).

Основні переваги вертикально-інтегрованого ринку електроенергії наступні:

- збереження сформованої та оптимізованої у тій чи іншій мірі структури технологічних та економічних відносин на довгострокову перспективу;
- необмежені для держави можливості контролю і коригування цін;
- що надає ефект передбачуваності та прогнозованості ситуації як для споживачів, так і країни в цілому.

Основні недоліки моделі вертикально-інтегрованого ринку електроенергії полягають у:

- недостатності економічних стимулів для підвищення ефективності;
- а також у питанні про інвестиції: або за рахунок держбюджету, або за рахунок збільшення вартості електроенергії для споживачів.

Пул єдиного покупця. За такої структури ринкових відносин запроваджується конкурентне середовище для виробників електроенергії. Зокрема незалежні генерувальні компанії конкурують між собою за обсяги продажу електроенергії єдиному закупівельному агентству.

Основні переваги моделі єдиного покупця полягають у залученні приватних інвесторів за обмежених структурних змін в електроенергетиці в цілому; у збережених можливостях регулювання і контролю цін; а також у передбачуваності та прогнозованості ситуації в цілому як для споживачів, так і для держави.

Основними недоліками цієї ринкової моделі є необхідність забезпечення прозорості роботи «єдиного покупця», а також наявністю перехресних дотацій, коли пільгові тарифи для окремих споживачів забезпечуються за рахунок збільшеної вартості електричної енергії у не пільгових категорій.

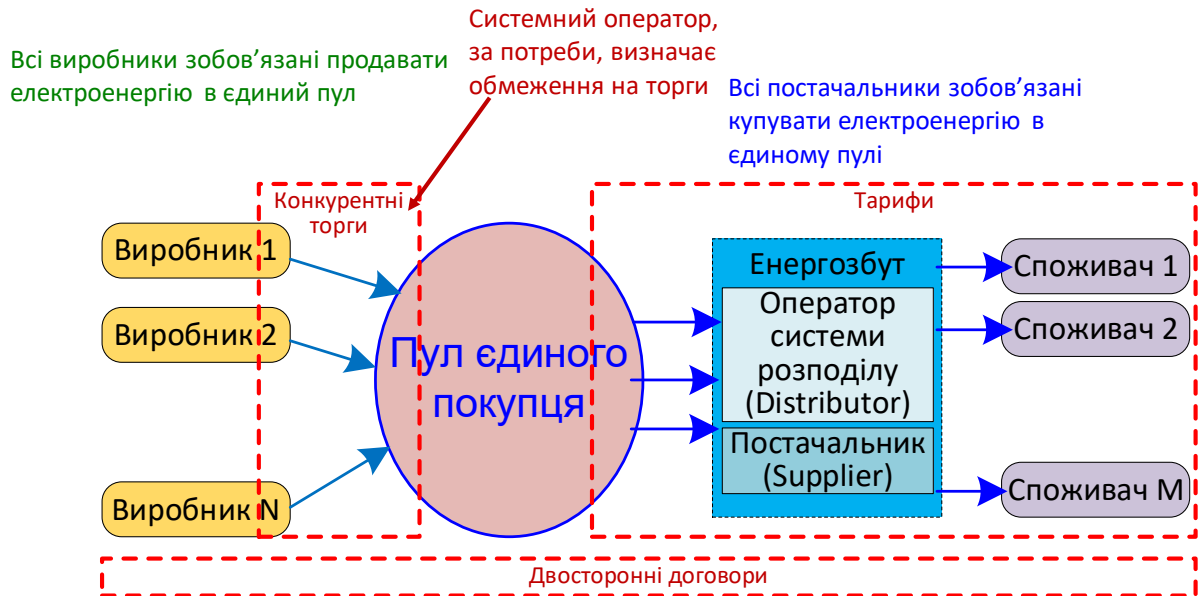


Рисунок 2.2 – Структура пулу «єдиного покупця» електричної енергії

Розрізняють дві форми ціноутворення для виробників електричної енергії в оптовому пулі: пул на основі собівартості та пул на основі ціни. Обидві форми ціноутворення стосуються правил визначення ціни у заявках на продаж електричної енергії, які генерувальні компанії подають на аукціон в оптовому пулі. Пул на основі собівартості розглядається як перший крок лібералізації ринку електричної енергії. За цієї форми ціноутворення для окремих генераторів електростанцій визначаються тарифи на відпуск електричної енергії виходячи із витрат на виробничу діяльність. Наступний крок розвитку ринкових відносин – запровадження пулу на основі ціни. За цієї форми ціноутворення генерувальні компанії отримують право самостійно визначати вартість пропонованої в оптовому пулі електричної енергії. Порівняння особливостей наведених форм ціноутворення зведено до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Порівняння основних форм ціноутворення в єдиному оптовому пулі.

Пул на основі собівартості	Пул на основі ціни
Прив'язка цін до економічних характеристик окремого генератора	Активна цінова політика виробника
Низька реакція на зміну попиту	Значна реакція на зміну попиту
Несуттєві коливання вартості електроенергії в оптовому пулі	Суттєві коливання вартості електроенергії в оптовому пулі
Широкі можливості держави вирівнювати коливання цін для всіх споживачів	
Слабкі стимули для виробника до підвищення ефективності	Сильні стимули для виробника до підвищення ефективності
Низька дохідність інвестицій	Висока дохідність інвестицій
Низькі економічні ризики для інвестицій	Високі економічні ризики для інвестицій
Слабка зацікавленість у задоволенні попиту Системного оператора на ресурси регулювання режиму	Висока зацікавленість у задоволенні попиту Системного оператора на ресурси регулювання режиму
Низька вартість послуг регулювання режиму	Висока вартість послуг регулювання режиму
Потреба в аудиті розрахункових чи фактичних витрат	Потреба в активному контролі цін з боку національного регулятора

В багатьох національних ринках електричної енергії розвиток ринкових відносин супроводжувався появою окремого ринкового сегмента – ринку допоміжних послуг. На цій торговельній платформі Системний оператор закуповує у виробників електричної енергії послуги регулювання режимів. Рівень лібералізації цього ринкового сегменту залежить передусім від можливостей організації конкурентної торгівлі послугами регулювання, тобто – наявним у виробників доступним обсягом ресурсів регулювання рівнів завантаження генераторів електростанцій. Розрізняють наступні основні форми ціноутворення на ринку допоміжних послуг:

- обов'язкова неоплачувана послуга;
- тарифікація послуги за концепцією «витрати плюс»;

– ринкова ціна за результатами конкурентних торгів.

Конкурентний оптовий ринок електроенергії відрізняється від єдиного оптового пулу лібералізацією торгівлі електроенергії в оптовій частині ринку (рисунок 2.3).

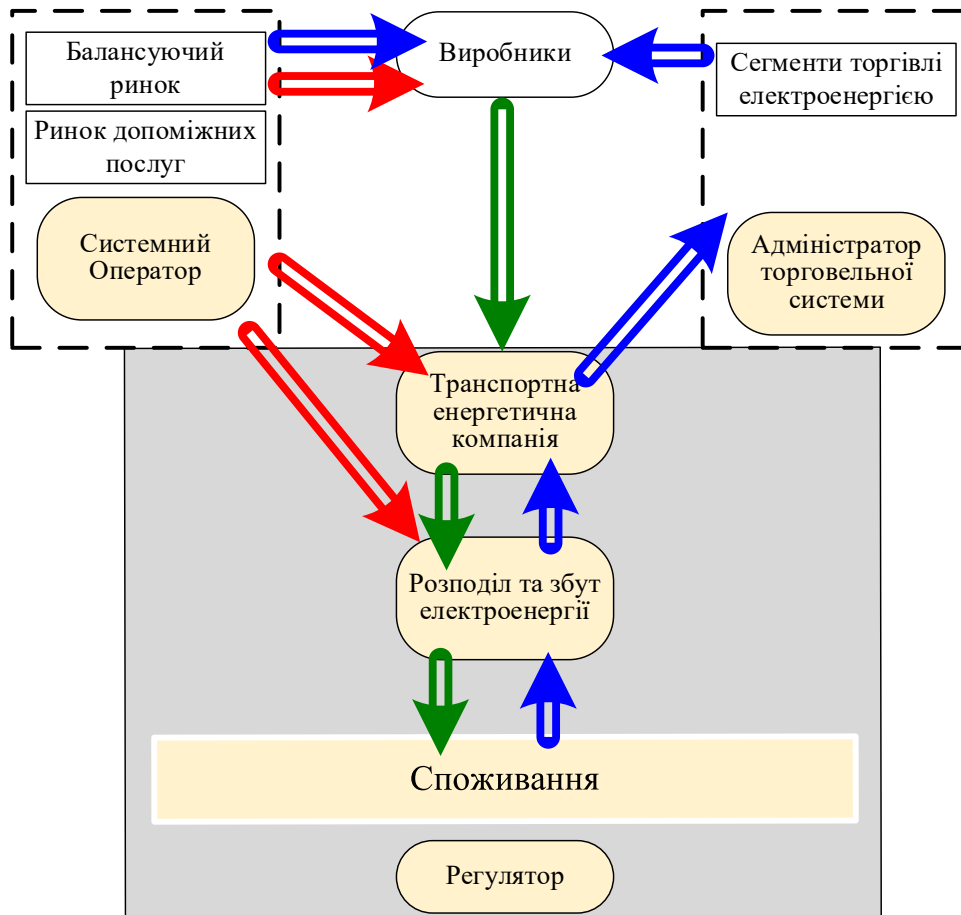


Рисунок 2.3 – Структура конкурентного оптового ринку електричної енергії

Платформа конкурентних торгів обслуговується адміністратором торговельної системи (оператор ринку), який відповідає виключно за процедури доступу учасників до торгівлі та за реалізацію конкурентних торгів. На процеси ціноутворення адміністратор торговельної системи не впливає. На торговій платформі конкурують енергогенерувальні компанії та розподільно-збутові компанії. При цьому незалежний системний оператор забезпечує оперативно-диспетчерське управління енергосистемою через балансуючий ринок.

До основних переваг моделі конкурентного оптового ринку відносяться:

- наявність адекватних цінових індикаторів для залучення приватних інвестицій;
- можливість регулювання цін для споживачів;
- передбачуваність та деяка прогнозованість ситуації для споживачів.

До основних недоліків моделі конкурентного оптового ринку відносять необхідність залучення приватного капіталу під державні гарантії, що вносить додаткові ризики для держбюджету. Крім того в країнах, де впроваджено зазначену модель енергоринку, відмічалися труднощі у взаємодії Системного оператора (диспетчерське управління) з Адміністратором торговельної системи (Оператор ринку), що в окремих випадках призводило до зниження надійності роботи національної енергосистеми. Слід наголосити, що у моделі лібералізованого оптового ринку підвищений ризик операційної безпеки режимів енергосистем спостерігається саме у порівнянні з функціонуванням моделей Вертикально інтегрованого ринку та пулу єдиного покупця.

Конкурентний оптовий ринок електричної енергії принципово змінює постановку задачі планування Системним оператором режимів енергосистеми. До основних цілей планування тепер відносять: максимальна реалізація контрактів щодо купівлі/продажу електроенергії урахуванням технологічних обмежень; мінімізація витрат на регулювання режиму.

Конкурентний роздрібний ринок електроенергії впроваджується розділенням компаній зі збуту електричної енергії на Операторів систем розподілу та електропостачальників (рисунки 2.4).

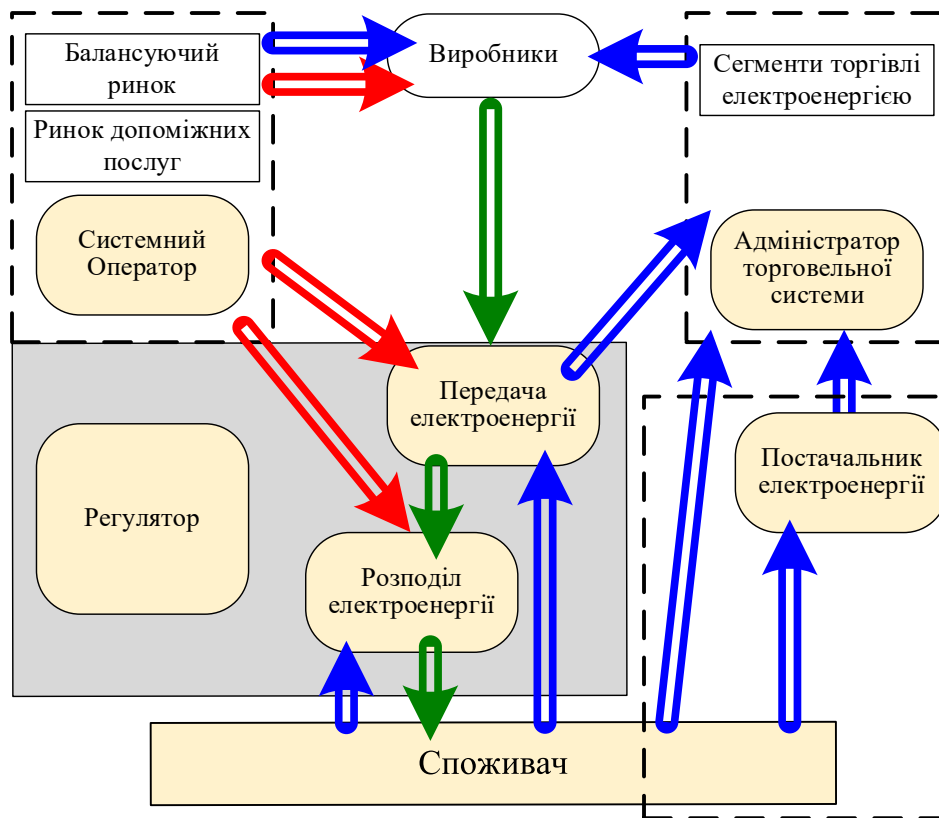


Рисунок 2.4 – Організація конкурентного роздрібного ринку електричної енергії

Функції Операторів систем розподілу обмежуються обслуговуванням розподільних електричних мереж та електричних підстанцій. Тарифи послуг Операторів систем розподілу затверджуються Регулятором. Постачальники закупають електричну енергію в оптовій частині ринку та продають електроенергію споживачам. При цьому споживачі отримують право вибору постачальника електроенергії, а за потреби, можуть самостійно купувати електроенергію в оптовій частині ринку.

Функції Регулятора звужуються до контролю природніх монополій, якими в умовах конкурентних оптового і роздрібного ринків залишаються Оператор системи передачі та оператори систем розподілу. Крім того, Регулятор реалізує державну політику пільгових тарифів для окремих категорій учасників ринку.

До переваг конкурентного роздрібного ринку електроенергії відносять активну участь споживача та конкуренцію між постачальниками електроенергії.

До основних недоліків конкурентного роздрібного ринку відносять неможливість контролю цін, що призводить до суттєвих коливань вартості електроенергії та потреби впровадження спеціальних механізмів реалізації державних програм пільгових тарифів для окремих категорій споживачів.

Передумови впровадження фінансових механізмів конкуренції.

Перехід від вертикально-інтегрованої енергетичної монополії до конкурентних оптового і роздрібного ринків уможлиблюється за наявності двох основних чинників:

- рівень надлишковості виробничих потужностей достатній для конкуренції між виробниками;
- пропускна спроможність електричних мереж та систем достатня для реалізації контрактних зобов'язань.

Розглянемо детальніше вплив цих чинників на можливості впровадження фінансових механізмів конкурентної торгівлі електричною енергією.

В моделі вертикально-інтегрованої монополії конкуренція між виробниками електроенергії реалізована у неявному вигляді, тобто здійснюється комплексна оптимізація режимів енергосистеми за економічними критеріями і більш дешеві електростанції мали можливість отримати більший обсяг замовлення від монополії на виробництво електроенергії. Потреби у надлишковості виробничих потужностей електростанцій зумовлюються виключно потребами операційної безпеки електроенергетичної системи на випадок планового чи аварійного вимкнення задіяних в роботу генераторів. В цьому випадку і надійність електричних мереж реалізується виключно в частині забезпечення виробництва і постачання електричної енергії споживачам у планових чи післяаварійних ремонтних схемах. Така постановка задачі дозволяє мінімізувати витрати

основного власника вертикально-інтегрованої монополії – держави – на розвиток і експлуатацію електроенергетичної системи.

В моделі єдиного пулу для виробників реалізовані фінансові механізми конкурентних торгів, як правило у вигляді одностороннього аукціону, де єдиний покупець визначає прогнозований обсяг електроенергії і виробники змагаються за продаж електроенергії в межах цього обсягу [11, 12].

Відповідно основна вимога впровадження моделі єдиного пулу та реалізації конкурентних торгів для виробників електроенергії – це наявність в енергосистемі профіциту виробничих потужностей, достатнього для фактичної конкуренції між виробниками. Недостатній для конкуренції рівень профіциту виробничих потужностей призводить до неконтрольованого підвищення вартості електричної енергії, особливо у години піку електроспоживання.

Для недопущення неконтрольованого збільшення вартості електричної енергії запроваджуються регуляторні обмеження на процеси ціноутворення. Для пулу єдиного покупця основний механізм регуляторних обмежень – це вимога для виробників електричної енергії означувати свої подання на торги з цінами, розрахованими виходячи із витрат на виробництво електричної енергії.

Друга вимога – це наявність пропускної спроможності мереж передачі, достатньої для фактичної реалізації будь-яких графіків завантаження електростанцій, сформованих за результатами торгів у єдиному пулі. Якщо друга вимога у повній мірі не виконується, то у структури організації та проведення торгів вносяться додаткові правила, якими враховуються технологічні обмеження електричних мереж. В таких випадках Системний оператор за результатами планування режимів визначає чисельні значення технологічних обмежень та подає ці значення в єдиний пул для врахування під час торгів. У такий спосіб на платформі єдиного пулу Системний оператор забезпечує повний контроль операційної безпеки режиму енергосистеми.

З огляду на вимогу контролю операційної безпеки режиму електроенергетичної системи основний принцип класичної структури пулу єдиного покупця – це обов’язковий продаж виробниками електроенергії виключно в оптовий пул.

Відповідно постачальники електроенергії на торговій платформі пулу єдиного покупця мають можливість закуповувати електроенергію виключно у єдиного покупця (єдиного продавця). В цій частині пулу єдиного покупця починаючи від продажу електроенергії постачальникам і закінчуючи розрахунками споживача, як правило діють тарифи, встановлювані Регулятором.

Жодна країна в світі не здійснила ривок від моделі пулу єдиного покупця до лібералізованого ринку в один момент [1, 2]. Класичний оптовий пул поступово лібералізувався впровадженням системи двосторонніх комерційних договорів зазвичай в коридорі можливостей, які суттєво не позначалися на надійності функціонування енергосистеми.

Фактично кожна країна має свої особливості функціонування національної електроенергетичної системи і в межах цих можливостей прямує до конкурентного ринку електричної енергії. Тому фактичних унікальних структур ринку електроенергії у світі стільки, скільки є енергосистем з власним Системним оператором. Тому, обговорюючи сучасну структуру ринків електроенергії найчастіше говорять про структуру лібералізованих ринкових сегментів, де в тій чи іншій мірі реалізовані конкурентні торги. Також говорять про типову найбільш розповсюджену структуру учасників ринку, їх функції та правила взаємодії, відображену на рисунку 2.5.

Основною особливістю структури конкурентного ринку електричної енергії є відокремлення технологічного управління енергосистемою від механізмів торгівлі електричною енергією [13, 14]. Найбільш поширено розподіляти енергосистему на магістральні електричні мережі чи мережі передачі [15, 16], які обслуговує Оператор системи передачі, та розподільні електричні мережі, які обслуговують Оператори систем розподілу. Якщо у

вертикально інтегрованої монополії здійснюється оптимізація з метою зменшення вартості електроенергії для кінцевого споживача, то в умовах конкурентного ринку задача технологічних операторів – реалізувати фінансові контракти з купівлі/продажу електроенергії з найменшими для себе витратами.



Рисунок 2.5 – Типова структура конкурентного ринку електричної енергії

На конкурентному ринку електричної енергії і оператори електричних мереж і диспетчерське управління відділені від процесів ціноутворення. Тарифікацію їх діяльності здійснює національний регулятор. Хоча є особливість – це втрати електроенергії. За результатами торгів оператори електричних мереж оцінюють режими електричних мереж і прогнозують обсяги втрат у своїх мережах [17]. Прогнозовані обсяги технологічних втрат електричної енергії купуються операторами електричних мереж у ринкових сегментах. Вартість технологічних втрат електроенергії враховується в тарифах операторів електричних мереж.

Фінансові контракти на конкурентному ринку електричної енергії відділені від технологічного управління. Для економічних відносин створені сегменти оптової та роздрібної частин ринку. Ця класифікація виділяє роздрібний ринок, до якого віднесено взаємодію між постачальниками та споживачами електроенергії. Хоча великі споживачі можуть і самостійно виходити у сегменти оптової частини ринку для закупівлі електроенергії на власні потреби.

На конкурентному ринку електричної енергії особлива роль відводиться Системному оператору, який об'єднує три основні функції:

- технологічне управління енергосистемою;
- облік фінансових договорів з купівлі/продажу електроенергії;
- та закупівля на ринкових засадах ресурсів з регулювання режиму енергосистеми.

Технологічне управління здійснює диспетчерська служба як окремий підрозділ Системного оператора. Облік зареєстрованих фінансових контрактів – це обов'язкова складова планування режимів енергосистем. За цими контрактами Системний оператор визначає графіки виробництва і споживання електроенергії та планує заходи з регулювання режимних параметрів [18-21].

Для регулювання режиму енергосистеми Системний оператор закуповує у спеціально організованих ним ринкових сегментах послуги регулювання. В окремих країнах це єдиний ринок небалансів. Але у більшості ринків виділяються окремо балансуючий ринок і окремо ринок допоміжних послуг, сегментований по окремим видам таких послуг [22, 23].

Нарешті, за всіма процесами ціноутворення на ринку електроенергії наглядає національний Регулятор. Регулятор здійснює тарифікацію послуг природніх монополій та вводить обмеження до функціонування тих ринкових сегментів, де, на думку Регулятора, спостерігаються проблеми із конкурентним ціноутворенням.

3. ЗАГАЛЬНІ ПРОЦЕСИ ФОРМУВАННЯ ВАРТОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ СПОЖИВАЧА НА РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ

Закон України «Про ринок електричної енергії» (від 13.04.2017 № 2019-VIII) обумовив створення принципово нових для ринку електричної енергії України складових: ринок двосторонніх договорів та організовані сегменти ринку [5].

Сучасна структура ринку електричної енергії України з точки зору ціноутворення базується на впровадженні таких основних сегментів ринку, як: ринок двосторонніх договорів, ринок «на добу наперед», внутрішньодобовий ринок, балансуючий ринок, ринок допоміжних послуг та роздрібний ринок. Загальна архітектура ринку електричної енергії України наведена на рисунку 3.1.

З початком функціонування в Україні відображеної ринкової структури, учасники ринку електричної енергії набули широкого спектра інструменти та більш гнучку систему організації своєї діяльності у порівнянні із пулом єдиного покупця, що також дало змогу підвищити конкурентну спроможність її учасників.



Рисунок 3.1 – Структура ринку електричної енергії України

До організованих сегментів ринку електроенергії віднесені [24]: ринок «на добу наперед» (РДН), внутрішньодобовий ринок (ВДР) [7] та балансуючий ринок (БР) [6]. Купівля-продаж електричної енергії в цих сегментах здійснюється в різних часових рамках та на різні часові періоди реалізації.

Ринок «добу наперед» призначений для купівлі/продажу погодинних обсягів електроенергії для окремої доби постачання. Наразі цей ринковий сегмент в Україні відіграє визначальну роль у формуванні ринкової вартості електроенергії.

Внутрішньодобовий ринок призначений для купівлі/продажу електроенергії на окрему годину доби постачання з метою зменшення потенційних обсягів та вартості небалансів з урахуванням уточненого після торгів у сегменті РДН прогнозу споживання електроенергії.

Балансуючий ринок (БР) електроенергії призначений для врегулювання балансу між фізичними обсягами виробництва і споживання електроенергії [25]. Механізми балансування у цьому ринковому сегменті полягають у коригуванні обсягів виробництва електроенергії: в залежності від навантаження ОЕС України, оператор системи передачі видає постачальнику послуг балансування команди на додаткове завантаження незадіяних

генерувальних потужностей для компенсації дефіциту у виробництві електроенергії, чи навпаки, видає команду розвантажити задіяні договорами в інших ринкових сегментах генерувальні потужності для усунення надлишку в обсягах виробництва електроенергії. За результатами роботи балансуючого ринку Адміністратор розрахунків визначає вартість небалансів електроенергії для відповідної зони ОЕС України та розраховує фактичну вартість допущених небалансів для кожного учасника ринку.

В сегменті РДН торги здійснюються шляхом разового аукціону на централізованому майданчику в період доби, яка передує добі постачання. Відповідальність за організацію та проведення торгів в сегменті РДН покладено на ДП «Оператор ринку» (ОР).

На ОР також покладено відповідальність за організацію та проведення торгів в сегменті ВДР. В цьому сегменті купівля-продаж електричної енергії здійснюється безперервно після завершення торгів на РДН та впродовж доби фізичного постачання електричної енергії. Ціна в погодинних двосторонніх договорах з купівлі/продажу електроенергії в сегменті ВДР визначається за принципом ціноутворення “за заявленою (пропонованою) ціною”.

В новій моделі ринку БР означено як організований Оператором системи передачі (ОСП) сегмент, на якому забезпечуються достатні обсяги електричної потужності та енергії, необхідні для балансування в реальному часі обсягів виробництва та імпорту електричної енергії і споживання та експорту електричної енергії. Роль ОСП виконує НЕК «Укренерго». Додатково на ОСП покладено відповідальність за врегулювання системних обмежень в ОЕС України, а також фінансове врегулювання небалансів електричної енергії, у ролі Адміністратора розрахунків (АР). Таким чином, ОСП реалізує механізмами БР наступні функції:

- 1) купівля та продаж електричної енергії для балансування обсягів попиту та пропозиції електричної енергії у межах поточної доби;
- 2) купівля та продаж електричної енергії з метою врегулювання небалансів електричної енергії сторін, відповідальних за баланс.

3) врегулювання системних обмежень з виробництва, передачі та розподілу електроенергії з метою підтримки операційної безпеки режиму ОЕС України.

Всі три функції виконуються з метою забезпечення сталої та надійної роботи енергосистеми. При цьому потреба у виконанні перших двох функцій зумовлюється відхиленнями фактичного балансу виробництва/споживання електроенергії від сформованих в інших організованих сегментах ринку прогнозованих сукупних балансів попиту/пропозиції електроенергії. Третя функція БР призначена для контролю за дотриманням режиму ОЕС України в технологічно допустимих межах.

Ринок двосторонніх договорів призначений для укладання довгострокових угод (від декількох днів до кількох місяців) з купівлі продажу електроенергії. Купівля електроенергії з рівними погодинними обсягами протягом усього строку дії договору доцільна для покриття добового базису електроспоживання за цінами нижчими, ніж середньозважена ринкова ціна.

Загальні відмінності між організацією роботи ринку електричної енергії за попередньою моделлю на оптовому рівні та запровадженою новою моделлю з точки зору реорганізації та створення суб'єктів нового ринку наведені на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Зміна структури ринкових відносин в Україні у 2018 році

На вимоги Закону «Про ринок електричної енергії» у 2018 році відбувся анбандлінг розподільних систем з відокремленням функцій розподілу та постачання електроенергії (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Відокремлення функцій розподілу та постачання електроенергії

За результатами цього процесу сформувалися окремі суб’єкти ринку електроенергії, такі як Оператори систем розподілу та постачальники

електричної енергії. До обов'язків оператора розподільних мереж віднесені підтримка розподільних електричних мереж в належному стані та надання учасникам ринку послуг з розподілу електроенергії. При цьому обов'язки укладання та виконання угод про постачання електроенергії кінцевому споживачеві покладені на постачальні організації. Відповідно, для операторів розподільних мереж, як природніх монополістів, зберігається система тарифікації наданих послуг. Для енергопостачальних організацій передбачається формування конкурентного середовища, хоча при цьому зберігаються обов'язки укладання угод на постачання електроенергії за регульованими тарифами з окремими категоріями споживачів.

Таким чином, одним із основних нововведень конкурентного ринку електроенергії в частині передачі і розподілу є розмежування функцій та пов'язаних з їх реалізацією витрат окремо на експлуатацію розподільних електричних мереж та постачання електроенергії кінцевим споживачам. Як показано на рисунку 3.4, в лібералізованій моделі ринку електричної енергії центр фінансових потоків переміщується до постачальника. Дійсно, отримана від споживача плата за електроенергію направляється постачальником до виробників, операторів систем передачі і розподілу та давачам окремих системних послуг.

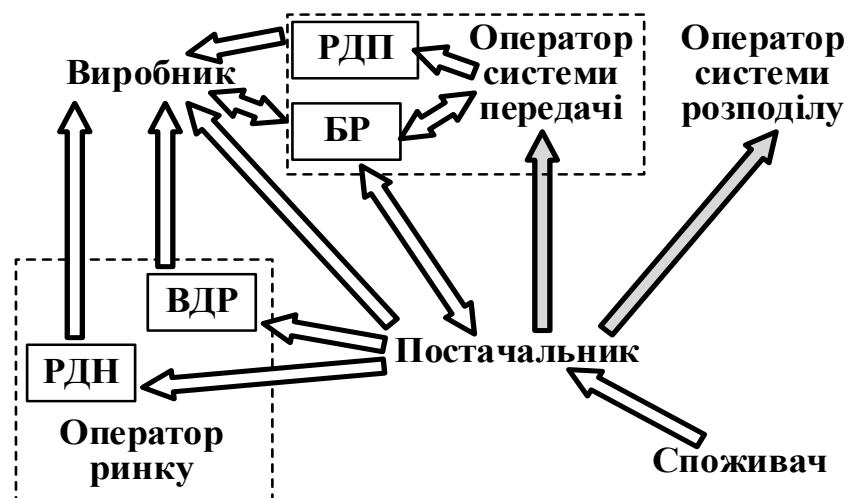


Рисунок 3.4 – Взаємодія електропостачальника з іншими учасниками конкурентного ринку

В структурі конкурентного ринку електроенергії України передбачено, що постачальники, зокрема, купують електроенергію безпосередньо у виробників за двосторонніми договорами. За прогнозом споживання на добу наперед постачальники купують додаткові чи продають надлишкові обсяги електроенергії в сегментах РДН і ВДР.

Врегулювання небалансів між закупленими та фактично поставленими обсягами електроенергії як в частині дотримання балансу між виробництвом і споживанням електроенергії, так і в частині фінансових розрахунків, здійснюватиметься на основі результатів роботи сегменту БР. Загалом визначена Законом «Про ринок електричної енергії» модель характеризується суттєвим розширенням конкурентного середовища для виробників та постачальників електроенергії. Зміна структури відносин між учасниками конкурентного ринку безумовно призвела до зміни у структурі фінансових потоків, проте складові витрат, які відображаються в тарифах на електроенергію для кінцевого споживача, при цьому майже не змінилися. Важливим є відокремлення діяльності з передачі місцевими (локальними) мережами та створення Постачальників універсальних послуг і Постачальника «останньої надії». Загальні відмінності між організацією роздрібного ринку згідно із попереднім пулом єдиного постачальника та запровадженим конкурентним ринком наведені на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Структура відносин в пулі єдиного постачальника та конкурентного ринку в Україні

Узагальнено вартість електроенергії для кінцевого споживача формується з наступних видів платежів учасникам процесу виробництва, передачі, розподілу електроенергії (рис. 3.6): платежі за виробництво електричної енергії; платежі за системні послуги; платежі за передачу та розподіл електричної енергії; платежі за постачання електроенергії.

Платежі виробникам електроенергії формуються за результатами реалізації двосторонніх угод, укладених безпосередньо з постачальниками, а також в організованих сегментах ринку (РДН та ВДР). У сегменті БР додатково купуються чи продаються обсяги виробництва електроенергії з метою зведення балансу між виробництвом та споживанням. З точки зору процесів ціноутворення БР розглядається як механізм узгодження фінансових угод із технологічними обмеженнями на виробництво, передачу та розподіл електроенергії, а також як засіб узгодження небалансів між прогнозованими та фактичними значеннями споживання електроенергії.

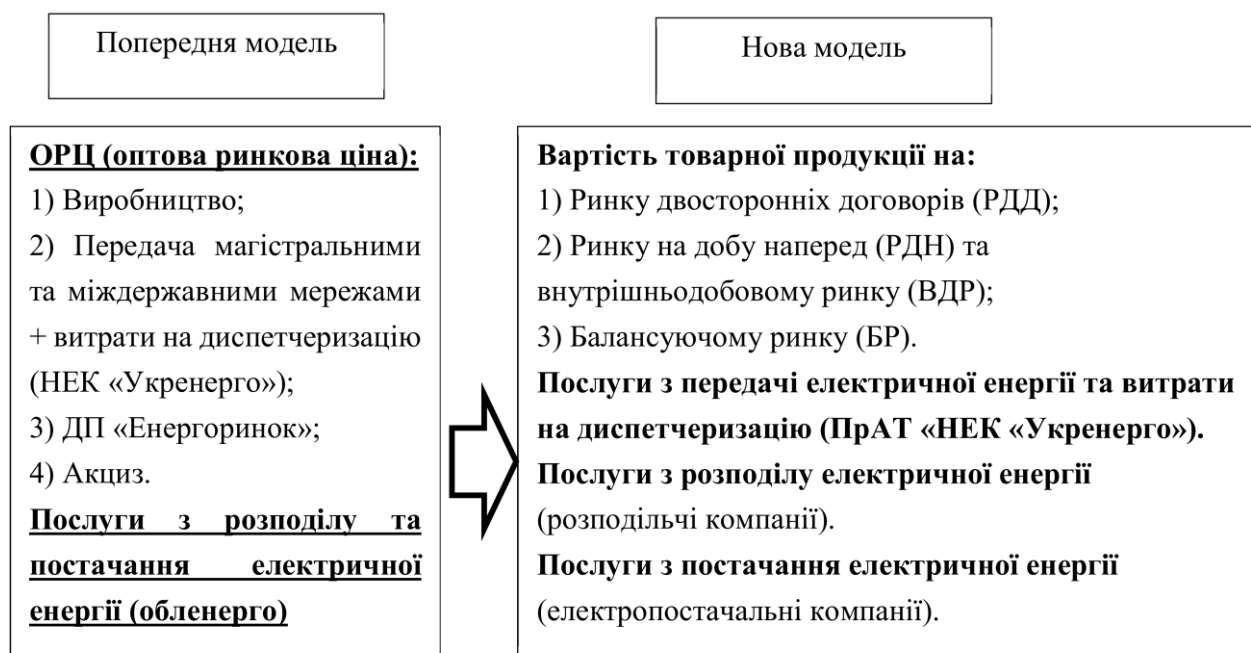


Рисунок 3.6 – Правила ціноутворення в пулі єдиного постачальника та на конкурентному ринку в Україні

Окремо слід відзначити ринок допоміжних послуг, на якому ОСП фактично купує у виробників електроенергії можливості роботи виробників у маневрених режимах (резерви). В даному випадку виробники електроенергії резервують (не продають на ДД, РДН та ВДР) необхідну потужність для можливості використовувати цю потужність на потреби балансування виробництва та споживання електроенергії.

Структура конкурентного ринку електроенергії також виділяє послуги з передачі електроенергії по магістральним електричним мережам та розподілу електроенергії.

З точки зору процесів ціноутворення БР розглядається як механізм узгодження фінансових угод із технологічними обмеженнями на виробництво, передачу та розподіл електроенергії, а також як засіб узгодження небалансів між прогнозованими та фактичними значеннями споживання електроенергії.

Розглянемо загальні відмінності між ціноутворенням для кінцевого споживача в пулі єдиного постачальника та на конкурентному ринку в Україні (рис. 3.6). На конкурентному ринку електроенергії України залишається

система регульованих тарифів для окремих категорій виробників і споживачів електроенергії, а також встановлення Регулятором (НКРЕКП) цінових обмежень на організованих сегментах ринку для обмеження неконтрольованого зростання цін. Варто зазначити, що даний механізм суттєво спотворює ціну на електричну енергію, особливо в нічні години доби на РДН і спонукає виробників електричної енергії знижувати свою участь в цьому сегменті ринку.

Оптова вартість електроенергії формується з наступних складових [26, 27]:

- вартість електроенергії за окремими двосторонніми договорами;
- вартість електроенергії за результатами торгів на РДН і ВДР;
- додаткові складові вартості електроенергії за результатами функціонування БР.

Принципово новим для України є сегмент внутрішньодобового ринку (ВДР), основна задача якого – коригування раніше укладених фінансових угод з урахуванням уточненого прогнозу споживання та нерегульованого виробництва електроенергії. Також ВДР надає інструментарій для самостійного врегулювання учасниками ринку потенційно проблемних зобов'язань. Перелік учасників ринку електричної енергії України наведено на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Основні учасники ринку електричної енергії в Україні.

Послідовність укладання договорів на ринку електричної енергії в Україні сьогодні відповідає загальноєвропейській практиці та наведена на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Послідовність укладання договорів на ринку електричної енергії в Україні.

У структурі вартості електроенергії виділяються три основні групи складових:

- вартість електроенергії на оптовому ринку;
- витрати на доставку електроенергії кінцевому споживачу;
- вартість послуг постачальника електроенергії.

Ринкова вартість електроенергії формується виходячи з вартості закупівлі замовлених споживачем обсягів електроенергії, витрат на компенсацію різниці між замовленими та фактично спожитими обсягами електроенергії, а також платежів, пов'язаних із участю на аукціонах з купівлі/продажу електроенергії в організованих сегментах ринку електроенергії України. Вартість доставки електроенергії кінцевому споживачу враховує витрати Оператора системи передачі та оператора системи розподілу відповідно на передачу і розподіл електроенергії. Нарешті, додатково до наведених складових, у структурі вартості електроенергії для кінцевого споживача враховуються витрати, пов'язані із послугами, які постачальник електроенергії надає споживачеві.

Ринкова вартість електричної енергії для кінцевого споживача, відображена більшістю постачальників електроенергії в Україні, формується із вартості закупівлі замовлених обсягів споживання, витрат на компенсацію різниці між замовленими та фактичними обсягами споживання та витрат, пов'язаних із участю постачальника електроенергії у відповідних сегментах ринку:

$$Cost_p = Cost_{pдд} + Cost_{pдн} + Cost_{вдр} + Cost_{бр} + Cost_{уч}$$

де: $Cost_{pдд}$ – вартість електроенергії, закупленої в сегменті двосторонніх договорів;

$Cost_{pдн}$ – вартість електроенергії, закупленої в сегменті РДН;

$Cost_{вдр}$ – витрати, пов'язані з купівлею/продажем електроенергії у сегменті внутрішньодобового ринку;

$Cost_{БР}$ – витрати на компенсацію небалансів між замовленими та фактичними обсягами споживання електроенергії у сегменті балансуючого ринку;

$Cost_{УЧ}$ – витрати, пов'язані з діяльністю постачальника електроенергії в торгових сесіях ринку електроенергії.

Ціна закупленої в ринкових сегментах електричної енергії розраховується як:

$$P_p = \frac{Cost_p}{V_{РДД} + V_{РДН} + V_{ВДР} + V_{БР}},$$

де: P_p – середньозважена ціна закупівлі на оптовому ринку, грн/кВт·год;

$V_{РДД}, V_{РДН}, V_{ВДР}, V_{БР}$ – обсяги купівлі електроенергії на відповідних сегментах ринку.

Додатково слід відзначити, що платежі за участь в організованих сегментах ринку електричної енергії формуються з наступних складових:

- платіж учасника Оператору ринку за участь в сегментах РДН та ВДР;
- платіж учасника Оператору ринку за торгівлю електроенергією;
- платіж учасника Оператору системи передачі за диспетчеризацію.

В таблиці 3.1 представлені базові складові ціни електричної енергії у кінцевого споживача в сучасній моделі ринку електричної енергії України [28].

Ринок електричної енергії України функціонує, як інтегрована система в межах ОЕС України. Об'єднана енергетична система України (ОЕС України) – сукупність атомних, теплових, гідравлічних і гідроакумуючих електростанцій, теплоелектроцентралі, а також електростанції з відновлювальних джерел енергії (вітряні, сонячні та інші), магістральні електричні мережі Укренерго та розподільчі електромережі (обленерго), які об'єднані спільним режимом виробництва, передачі та розподілу електричної та теплової енергії.

Таблиця 3.1

Складові тарифу електричної енергії у кінцевого споживача

Ціна електроенергії формується на основі укладених договорів в сегментах:	Ринку двосторонніх договорів
	Ринку "на добу наперед" та внутрішньодобовому ринку
	Балансуючому ринку
Тариф на диспетчерське (оперативно-технологічне) управління	Складова на покриття витрат на допоміжні послуги
	Складова тарифу на покриття господарчих видатків
	Складова тарифу на покриття витрат, які виникають у оператора системи передачі під час усунення системних обмежень механізмами БР
	Складова на покриття витрат при виконанні функцій Адміністратора комерційного обліку
	Складова на покриття витрат при виконанні функцій Адміністратора розрахунків
Тариф на послуги з передачі електричної енергії	Складова на купівлю електричної енергії для покриття витрат в магістральних електричних мережах
	Складова на покриття витрат на БР для купівлі та продажу небалансів електроенергії внаслідок витрат в магістральних та міждержавних мережах
	Складова тарифу на покриття господарчих видатків
	Складова тарифу на покриття компенсаційного платежу Гарантованому покупцю
	Складова тарифу на покриття витрат при наданні послуг комерційного обліку електричної енергії
Тариф на послуги з розподілу електричної енергії	Складова витрат для купівлі електричної енергії на покриття витрат в розподільчих мережах
	Складова на покриття витрат на БР для купівлі та продажу небалансів електроенергії внаслідок витрат в розподільчих мережах
	Складова тарифу на покриття господарчих видатків, інвестиційних програм
	Складова тарифу на покриття витрат під час надання послуг з комерційного обліку
Ціна послуг (маржа) постачальника	Складова ціни на покриття господарчих видатків та прибутку підприємства при виконанні цієї функції
	Складова на покриття витрат при здійсненні діяльності з виконання функції "постачальника останньої надії"
	Складова ціни на покриття витрат при здійсненні діяльності з надання універсальних послуг

Функції централізованого диспетчерського управління ОЕС України здійснює Оператор системи передачі – НЕК «Укренерго» [15]. Зв'язок з енергосистемами інших країн здійснюється через міждержавні лінії електропередачі і також контролюється НЕК «Укренерго».

Режим роботи ОЕС України визначається виходячи з балансу виробництва та споживання потужності, ремонтів електромереж та генеруючого обладнання, а також можливості ліквідації аварійних ситуацій у разі відключення генеруючого обладнання на електростанціях та магістральних ліній електропередачі.

Для запобігання порушенням режиму роботи ОЕС України або її окремих частин внаслідок певних факторів ОСП вживає необхідні заходи для обмеження споживання електричної енергії та потужності, а також застосовує спеціальні графіки і протиаварійні системи зниження електроспоживання.

НЕК «Укренерго» як ОСП забезпечує передачу електроенергії магістральними та міждержавними мережами, виконує функції диспетчерського (оперативно-технологічного) управління об'єднаною енергосистемою України.

Зокрема, в частині диспетчерського управління та передачі електроенергії Укренерго забезпечує:

- передачу електроенергії магістральними мережами напругою 110-750 кВ від генерації до мереж операторів систем розподілу з дотриманням критеріїв якості електроенергії та безпеки передачі;
- технічне обслуговування, реконструкцію та розвиток системи передачі;
- централізоване диспетчерське (оперативно-технологічне) управління ОЕС України для забезпечення балансу виробництва та споживання електроенергії з дотриманням вимог з операційної безпеки;
- паралельну роботу ОЕС України – з ENTSO-E.
- можливість імпорту/експорту електроенергії відповідно до погоджених комерційних графіків з урахуванням дотримання вимог з операційної безпеки;

- запобігання порушенням режимів роботи енергосистеми, аварій системного значення, забезпечує цілісність енергосистеми України.

Приклад добового графіка виробництва/споживання електричної енергії в ОЕС України наведений на рисунку 3.10.

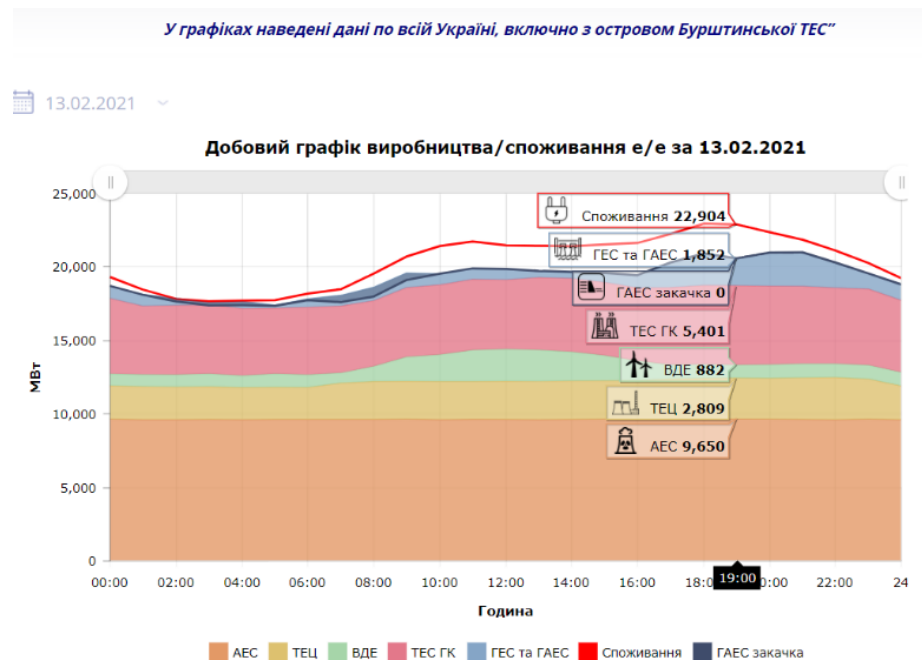


Рисунок 3.10 – Приклад добового графіка виробництва/споживання електричної енергії в ОЕС України

4. ОПТОВИЙ РИНОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ

4.1 Сегмент двосторонніх договорів

Законом «Про ринок електроенергії» [5] означено термін «двосторонній договір» як договір купівлі-продажу електричної енергії, укладений між двома учасниками ринку поза організованими сегментами ринку (окрім договору на постачання електричної енергії споживачу). Сегмент ринку двосторонніх договорів (РДД) в Україні не має єдиного окремо виділеного майданчика для укладання угод. За чинним законодавством будь-які два учасники ринку мають право укласти договір з купівлі/продажу електричної енергії виходячи із власних інтересів. Єдина вимога для таких угод – обов’язкова реєстрація угоди в частині обсягів та часу реалізації в НЕК «Укренерго». Крім того, ТБ «Українська енергетична біржа» ліцензована надавати послуги з проведення аукціонів та укладання договорів щодо купівлі/продажу електричної енергії.

На РДД продаж та купівля електричної енергії здійснюється за двосторонніми договорами, умови яких самостійно визначаються сторонами договору або регулюються органом державного регулювання діяльності в електроенергетиці в межах, передбачених Законом «Про ринок електричної енергії України».

Двосторонні договори з купівлі-продажу електроенергії між виробниками та постачальниками електроенергії визначають обсяги, ціни, а також інші умови її постачання учасниками ринку електроенергії згідно домовленості сторін договору [8, 31]. Двосторонні договори можуть укладатися на різні терміни (операційні періоди) як на постійний обсяг купівлі-продажу електричної енергії, так і змінний. Крім того, учасники ринку електроенергії мають можливість домовлятися про певну «гнучкість» поставок електричної енергії як для однієї, так і обох сторін договору. Слід відзначити, що під поставкою певного обсягу електричної енергії розуміється, в даному випадку, передача прав власності на цей обсяг електричної енергії від однієї сторони договору іншій стороні договору.

Існують різні форми укладання двосторонніх договорів (рисунок 5.1).

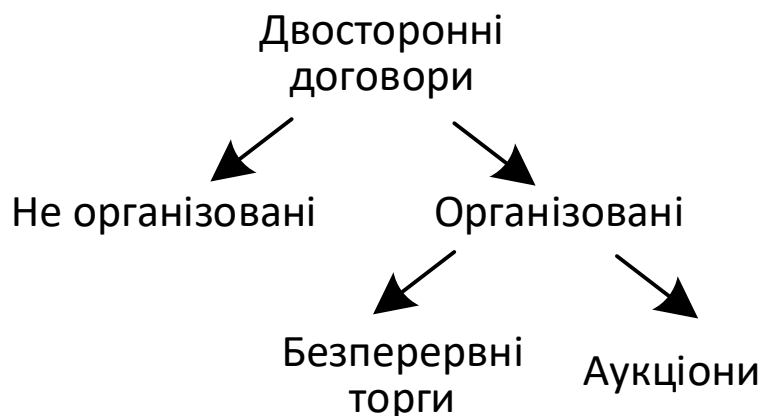


Рисунок 4.1 – Основні форми укладання двосторонніх договорів

Закон «Про ринок електричної енергії» [5] передбачає можливість укладання двосторонніх угод з купівлі/продажу електроенергії за обоюсторонньою згодою обох сторін. Сторони угоди реєструють факт купівлі/продажу електроенергії у Оператора системи передачі з означеним обсягом, а фінансові умови цієї угоди залишаються комерційною таємницею. Для окремих учасників ринку можливості укладання таких угод відрізняються.

Згідно укладених договорів та за декілька днів до операційної доби (часу фізичної поставки електричної енергії) виробники мають подати заявки оператору системи передачі на введення їх електротехнічного обладнання в роботу.

Слід підкреслити, що учасники ринку мають право укладати двосторонні договори у зручний спосіб без використання спеціалізованих платформ за винятком учасників ринку, які мають використовувати виключно встановлені нормативно-регулюючими актами окремі типи торговельних платформ, зокрема в межах виконання покладених на них спеціальних обов'язків.

Однак найбільш розповсюджена форма укладання двосторонніх угод з купівлі/продажу електроенергії – це біржові торги. Договори на біржі з купівлі/продажу електроенергії формуються за результатами аукціону або за результатами торгів реального часу. Серед аукціонних форм торгів розрізняють односторонній аукціон єдиного покупця (наприклад, Оператор

системи передачі закуповує ресурси допоміжних послуг за результатами аукціону серед постачальників таких послуг), аукціон єдиного продавця (наприклад, ДП «Гарантований покупець» продає обсяги зеленої генерації на аукціоні для покупців електроенергії), а також двосторонні аукціони [40].

В залежності від форми організації біржових торгів, двостороння угода може формуватися безпосередньо між покупцем та продавцем, а також між учасником торгів та оператором біржі або ринку.

Купувати електричну енергію у виробників на ринку двосторонніх договорів також можуть: оператор системи передачі та оператори систем розподілу з метою компенсації витрат електричної енергії під час її передачі магістральними і міждержавними електричними та/або розподільними електричними мережами, а також постачальники універсальних послуг з метою постачання її споживачам.

При цьому умови (зокрема, ціна, обсяг та термін поставки електричної енергії) відповідних двосторонніх договорів визначаються органом державного регулювання діяльності в електроенергетиці відповідно до Закону «Про ринок електричної енергії України».

Основною метою РДД є покриття «базису» добового графіка навантаження за довгостроковим прогнозом (рисунок 4.2).

Наприклад, на ТБ «Українська енергетична біржа» учасникам торгів надаються стандартизовані форми договорів, зокрема:

1) за профілем постачання: базове навантаження (BASE) - постачання електричної енергії протягом 24-годинного періоду від 00:00 до 24:00, пікове навантаження (PEAK) - постачання електричної енергії протягом 12-годинного періоду від 08:00 до 20:00, позапікові навантаження (OFFPEAK) - постачання електричної енергії протягом 12-годинного періоду від 00:00 до 08:00 та від 20:00 до 24:00;

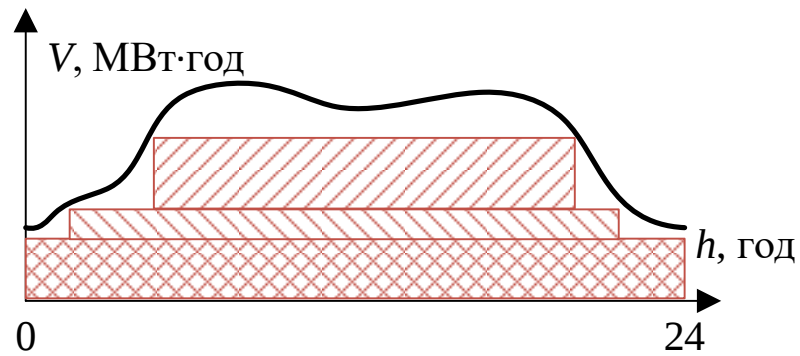


Рисунок 4.2 – Покриття «базису» добового графіка навантаження на РДД

2) за періодами постачання електричної енергії: тиждень (W); календарний місяць (M); квартал (Q): січень-березень, квітень-червень, липень-вересень, жовтень-грудень; півріччя (S): січень-червень, липень-грудень; календарний рік (Y) тощо.

Приклад переліку основних продуктів на РДД, що пропонується торгівельною платформою ТБ «Українська енергетична біржа» наведено на рисунку 4.3.

Рисунок 4.3 – Типи стандартних форм на ТБ «Українська енергетична біржа»

На рисунку 4.4 наведено статистику обсягів купівлі та продажу електроенергії у сегменті РДД за даними Оператора системи передачі.

РИНОК ДВОСТОРОННІХ ДОГОВОРІВ (РДД)

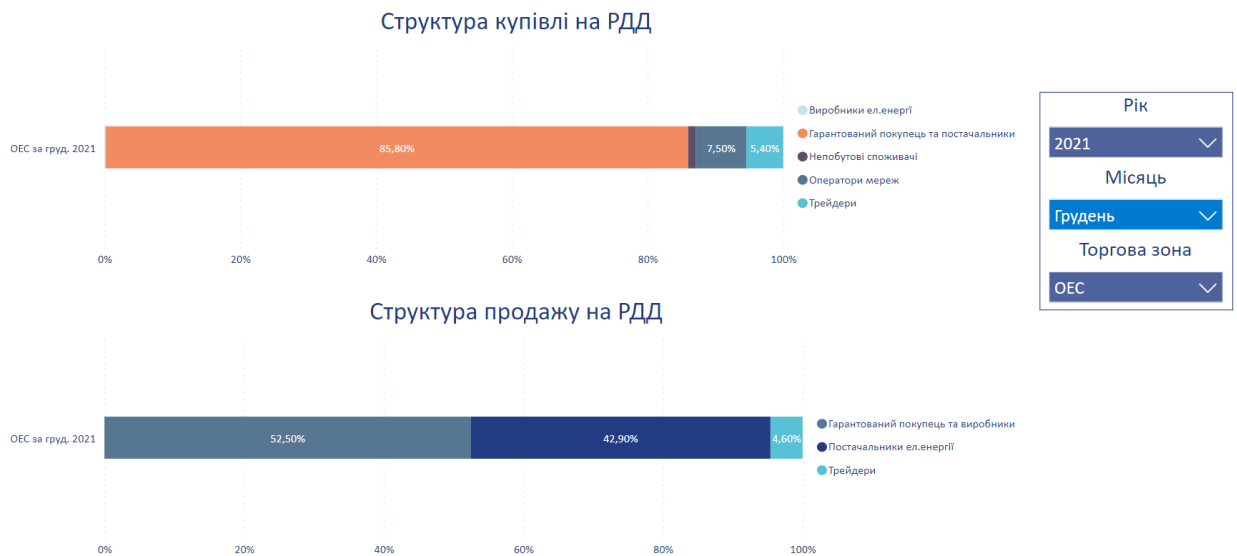


Рисунок 4.4 – Обсяги торгів РДД України за грудень 2021 року

(заданими сайту <https://www.nerc.gov.ua/>)

Основний критерій економічної вигідності закупівлі електроенергії за двостороннім договором із виробником – менша вартість 1 кВт·год за цим договором $C_{РДД}^{(3)}$ у порівнянні із закупівлею цих обсягів електроенергії у сегменті ринку «на добу наперед» (РДН). Додатково двосторонні договори дозволяють зафіксувати ціну на електроенергію на деякий проміжок часу, що у випадку підвищення цін на РДН виливається у вигоду покупця, але при зниженні цін РДН вигоду отримує продавець.

Геометрична інтерпретація оцінки за таким критерієм наведена на рисунку 4.5. Купівля електроенергії за двостороннім договором вигідна, якщо площа заштрихованої області «Б» менша за площі штрихованих областей «А» і «В»:

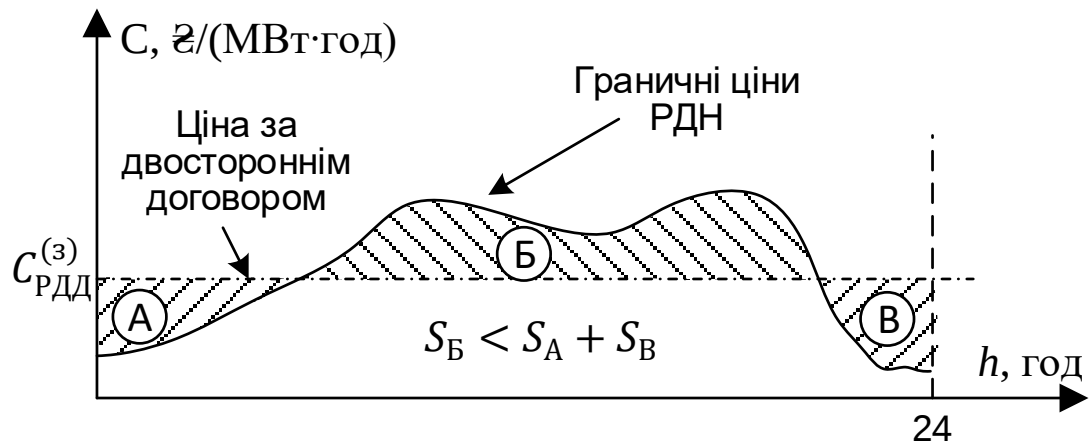


Рисунок 4.5 – Приклад оцінки доцільності укладання двостороннього договору

Оскільки у сегменті РДД укладаються довгострокові договори купівлі/продажу електроенергії з рівними погодинними обсягами, то для оцінки вигідності запропонованої ціни $C_{РДД}^{(з)}$ використовується середнє арифметичне значення погодинних граничних цін у сегменті РДН. Крім того, при порівнянні необхідно враховувати обсяги платежів, здійснюваних як при укладанні двостороннього договору у сегменті РДД, так і при закупівлі електроенергії у сегменті РДН.

Тоді критерій вигідності запропонованої виробником вартості 1 кВт·год електроенергії оцінюється як:

$$C_{РДД}^{(з)} < \frac{1}{24} \sum_{h \in D} C_{РДН(h)}^{гр} + \Delta C_{РДН}^{(п)} - \Delta C_{РДД}^{(п)}$$

де: $C_{РДН(h)}^{гр}$ – погодинні граничні ціни у сегменті РДН протягом доби D ;

$\Delta C_{РДН}^{(п)}$ – приведені до 1 кВт·год закупленого обсягу витрати на платежі, здійснюванні при закупівлі електроенергії у сегменті РДН;

$\Delta C_{РДД}^{(п)}$ – приведені до 1 кВт·год закупленого обсягу витрати на платежі, здійснюванні при закупівлі електроенергії за двостороннім договором із виробником.

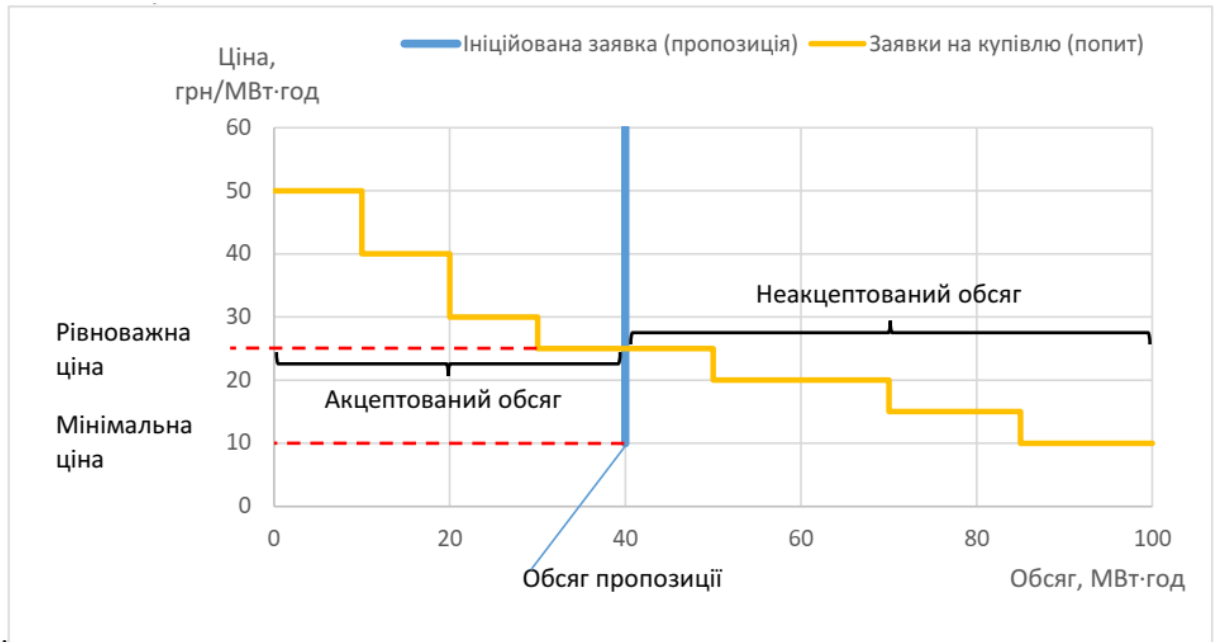
Наведена формула демонструє порівняльну оцінку економічної вигідності запропонованої виробником вартості 1 кВт·год електроенергії для статистики цін на РДН протягом однієї доби. При здійсненні практичних розрахунків для довгострокових договорів необхідно враховувати статистику погодинних граничних цін у сегменті РДН за місяць чи квартал.



Рисунок 4.6 – Частка кожного сегменту ринку електроенергії України за листопад та грудень 2020 року (заданими сайту <https://www.nerc.gov.ua/>)

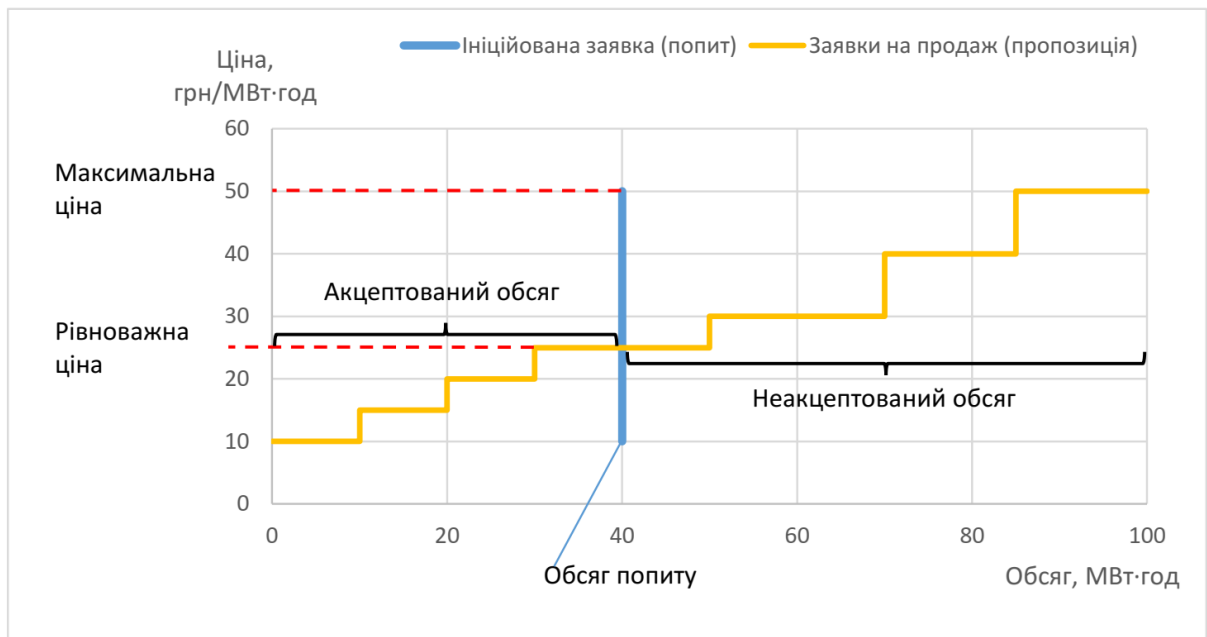
Торгівельні платформи сегменту двосторонніх договорів пропонують учасникам ринку організацію конкурентних торгів за процедурою закритого аукціону. Закритий аукціон – вид аукціону, при якому у Торгах може брати участь лише один ініціатор аукціону та необмежена кількість інших учасників, які подають заявки із зустрічною за видом операцією до заявки ініціатора аукціону.

Механізмом реалізації таких торгів є односторонній аукціон щодо купівлі або продажу електричної енергії. Для визначення обсягів та ціни купівлі-продажу електричної енергії алгоритм закритого аукціону визначає точку перетину між кривою попиту і кривою пропозиції (рисунок 4.7 та рисунок 4.8).



(Джерело ДП «Оператор ринку», <https://www.oree.com.ua/index.php/web/564665465>)

Рисунок 4.7 – Визначення обсягів та рівноважної ціни закритого аукціону для випадку, коли ініціатор аукціону – продавець



(Джерело ДП «Оператор ринку», <https://www.oree.com.ua/index.php/web/564665465>)

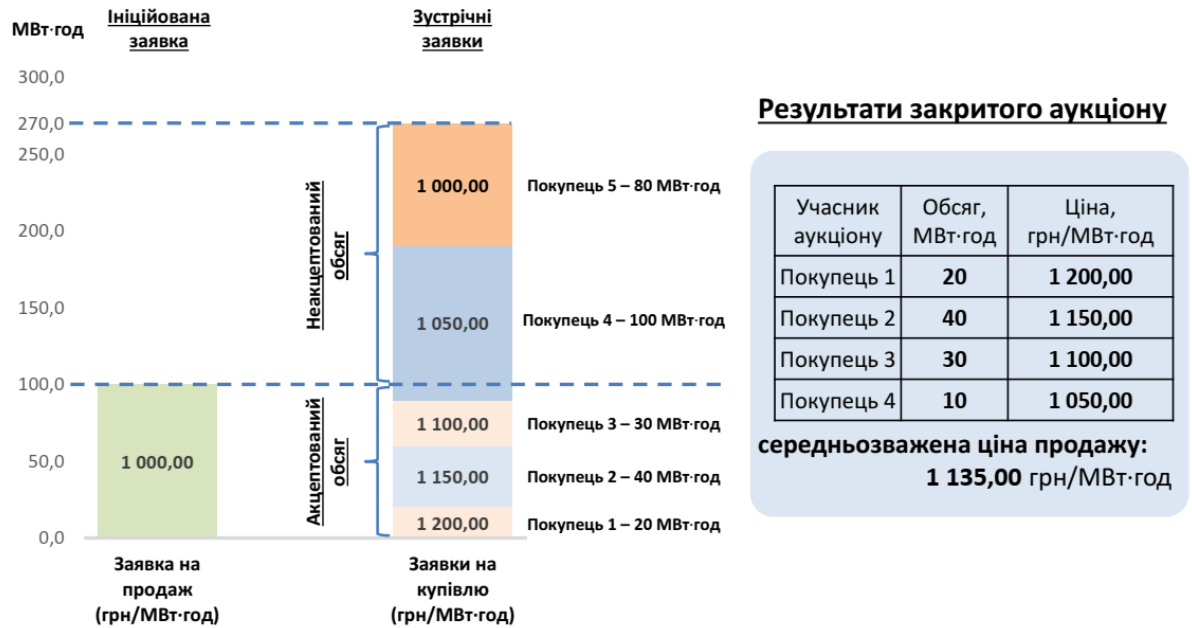
Рисунок 4.8 – Визначення обсягів та рівноважної ціни закритого аукціону для випадку, коли ініціатор аукціону - покупець

Точка перетину кривої попиту, побудованої на підставі сукупності заявок учасників закритого аукціону, з кривою пропозиції, побудованою на

підставі заявки ініціатора аукціону (рисунок 4.7), або кривої попиту, побудованої на підставі з заявки ініціатора аукціону, з кривою пропозиції, побудованою на підставі сукупності заявок учасників закритого аукціону (рисунок 4.8), представляє баланс між попитом і пропозицією. Ціна, що відповідає точці перетину кривих попиту і пропозиції визнається рівноважною ціною закритого аукціону. Якщо обсяг електричної енергії, зазначений у заявці ініціатора аукціону більший або дорівнює обсягу електричної енергії, складеному із усіх заявок, поданих на закритий аукціон учасниками, криві попиту і пропозиції не перетинаються. В цьому разі аукціон є таким, що не відбувся.

Переможцем(-ями) визнаються учасники (рисунок 4.9), які на момент завершення закритого аукціону запропонували ціну купівлі, що є вищою або дорівнює рівноважній ціні закритого аукціону або ціну продажу, що є нижчою або дорівнює рівноважній ціні закритого аукціону. Якщо обсяг електричної енергії, зазначений у Заявці ініціатора аукціону менший, ніж обсяг електричної енергії, складений із усіх Заявок Учасників, поданих на закритий аукціон, то: всі Заявки на купівлю, що містять ціну вище рівноважної ціни закритого аукціону приймаються або всі заявки на продаж, що містять ціну нижче рівноважної ціни закритого аукціону приймаються; всі заявки, що містять ціну, яка дорівнює рівноважній ціні закритого аукціону, будуть прийняті остаточно тільки з меншою кількістю.

Ціна акцепту Заявок визначається на рівні цін, зазначених у відповідних заявках учасників.



(Джерело ДП «Оператор ринку», <https://www.oree.com.ua/index.php/web/564665467>)

Рисунок 4.9 – Приклад акцепту заявок за закритим аукціоном

4.2 Ринок «на добу наперед» та внутрішньодобовий ринок

Ринок «на добу наперед» – організований сегмент ринку електричної енергії України, діяльність якого регулюється Законом «Про ринок електричної енергії» [5], правилами ринку електричної енергії, а також правилами ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку [7]. Відповідальність за створення організаційних, технологічних, інформаційних та інших умов для здійснення регулярних торгів за правилами ринку «на добу наперед», укладання і виконання договорів та розрахунків за ними, покладена на оператора ринку.

Це сегмент ринку електричної енергії, на якому здійснюється купівля-продаж електричної енергії на наступну за днем проведення торгів добу [40-44]. В ході торгів, організованих у формі двостороннього аукціону, оператор ринку здійснює купівлю електроенергії у продавців та продаж електроенергії покупцям [40, 41].

Таким чином основною метою участі на РДН є закупівля або продаж погодинних обсягів електроенергії за прогнозом на добу наперед (рисунок 4.10).

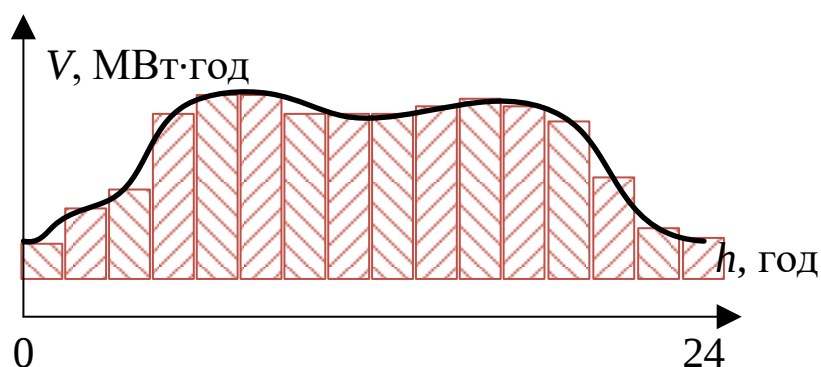


Рисунок 4.10 – Приклад погодинного графіку для РДН

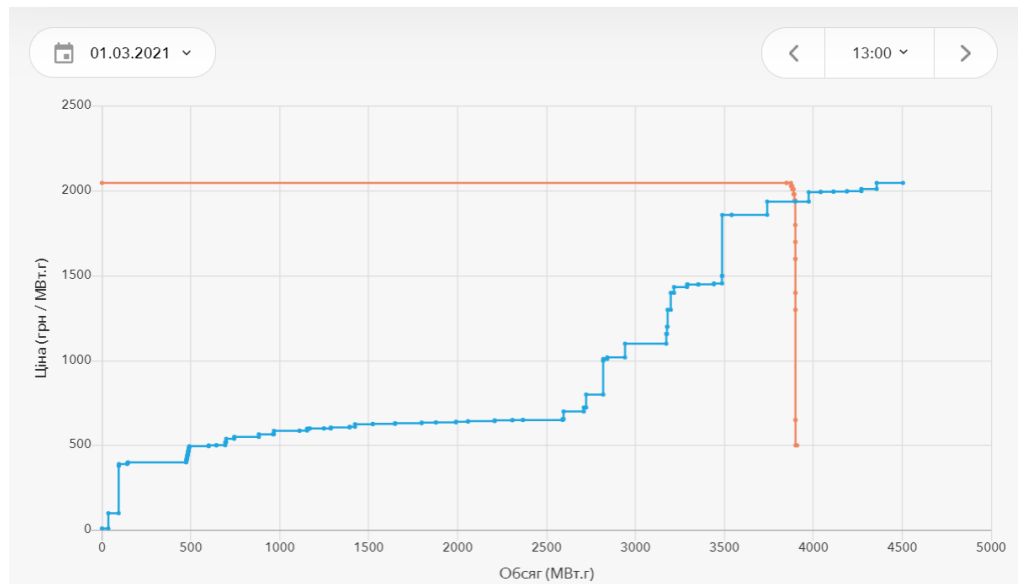
З метою продажу/купівлі електричної енергії на ринку «на добу наперед» учасники цього ринку подають оператору ринку свої пропозиції (заявки). Форма та порядок подання пропозицій (заявок) визначаються правилами ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку. При цьому до торгів допускаються учасники ринку «на добу наперед», які відповідно до вимог правил ринку «на добу наперед» надали гарантії виконання фінансових зобов'язань за договорами на ринку «на добу наперед» та внутрішньодобовому ринку. Види та порядок надання гарантій визначаються правилами ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку.

Ціна купівлі-продажу електричної енергії на ринку «на добу наперед» визначається для кожного розрахункового періоду оператором ринку за принципом граничного ціноутворення на основі балансу сукупного попиту на електричну енергію та її сукупної пропозиції відповідно до правил ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку [40-44]. За результатами торгів відповідно до правил ринку «на добу наперед» оприлюднюються ціна та обсяги купівлі-продажу електричної енергії для кожного розрахункового періоду та інші показники, що можуть використовуватися як орієнтир (індикатор) для укладення правочинів щодо купівлі-продажу електричної енергії на ринку електричної енергії. Оператор ринку у порядку та формі, визначених правилами ринку, інформує про договірні обсяги купівлі-продажу

електричної енергії учасниками ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку для кожного розрахункового періоду.

Оператор ринку забезпечує функціонування РДН та ВДР та організацію купівлі-продажу електричної енергії для доби постачання. Завданням Оператор ринку є створення організаційних, технологічних, інформаційних та інших умов для здійснення регулярних торгів відповідно до встановлених Правил, укладання і виконання договорів про купівлю-продаж електричної енергії на РДН/ВДР та проведення розрахунків за ними.

В основі функцій ринку «на добу наперед» покладено апарат двостороннього аукціону з граничною моделлю ціноутворення, призначений для узгодження попиту та пропозиції електроенергії на окрему годину постачання [40-44]. Вхідною інформацією для погодинного аукціону на ринку «на добу наперед» є агреговані криві попиту та пропозиції (рисунок 4.11), сформовані з цінових заявок учасників ринку відповідно на купівлю та продаж електроенергії із визначеними у цих заявках обсягами і ціною. Ціною купівлі-продажу електроенергії в дану годину буде ціна на якій перетинаються криві попиту та пропозиції.



(Джерело ДП «Оператор ринку», <https://www.oree.com.ua>)

Рисунок 4.11 – Агреговані криві попиту та пропозиції на РДН

в окрему годину доби (Джерело ДП «Оператор ринку», <https://www.oree.com.ua>)

Цінові заявки з купівлі електроенергії формують агреговану функцію попиту. У цій функції кожен лінійний сегмент відображає основні характеристики окремої цінової заявки [8, 45]: довжина лінійного сегменту відображає обсяги купівлі електроенергії, а позиція цього лінійного сегменту по осі ціни відображає граничну ціну, по якій учасник ринку готовий купити електроенергію. Всі цінові заявки з купівлі електроенергії упорядковуються у напрямку від найвищої до найнижчої ціни (заявки з купівлі електроенергії із вищою ціною «обслуговуються» першочергово).

Аналогічно цінові заявки з продажу електроенергії формують агреговану функцію пропозиції. У цій функції кожен лінійний сегмент відображає основні характеристики окремої цінової заявки: довжина лінійного сегменту відображає обсяги продажу електроенергії, а позиція цього лінійного сегменту по осі ціни відображає граничну ціну, по якій учасник ринку готовий продати електроенергію. Всі цінові заявки з продажу електроенергії упорядковуються у напрямку від найнижчої до найвищої ціни (заявки з продажу електроенергії із нижчою ціною «обслуговуються» першочергово).

При побудові погодинної агрегованої функції попиту цінові заявки з купівлі електроенергії $X_{i,t}^{\text{куп}}(C_{i,t}^{\text{куп}}, V_{i,t}^{\text{куп}})$ ранжуються у порядку зниження ціни $C_{i,t}^{\text{куп}}$, за якою покупці готові викупити зазначені у ціновій заявці обсяги $V_{i,t}^{\text{куп}}$ електроенергії. Таким чином, покупці електроенергії з найвищою ціною «обслуговуються першочергово», тобто мають найвищі шанси купити електроенергію.

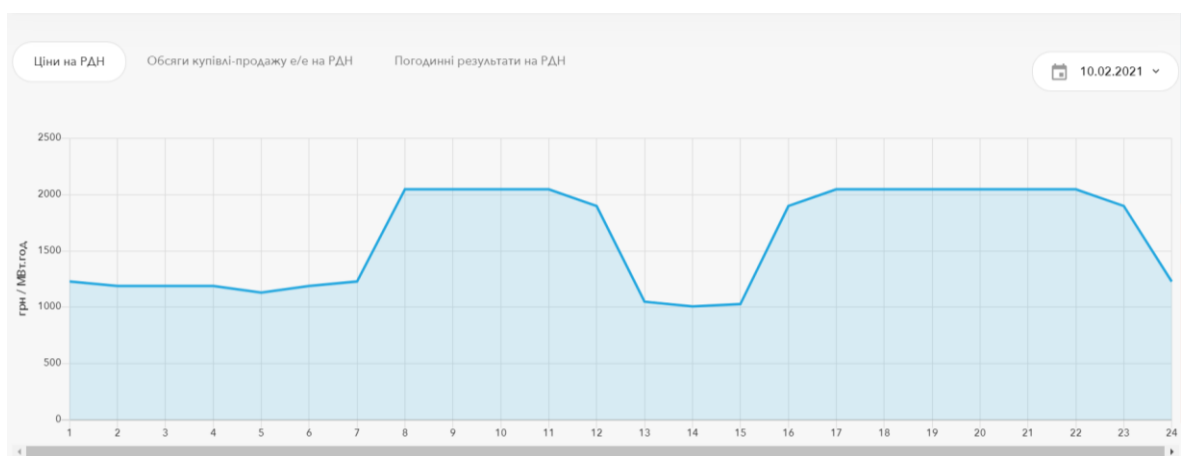
При побудові агрегованої функції пропозиції цінові заявки з продажу електроенергії $X_{j,t}^{\text{прод}}(C_{j,t}^{\text{прод}}, V_{j,t}^{\text{прод}})$ ранжуються у порядку зростання ціни $C_{j,t}^{\text{прод}}$, за якою продавці готові продати зазначені у ціновій заявці обсяги $V_{j,t}^{\text{прод}}$ електроенергії. Таким чином, продавці електроенергії з найнижчою ціною «обслуговуються першочергово», тобто мають найвищі шанси продати електроенергію.

За результатами співставлення функцій агрегованих попиту та пропозиції визначається точка ринкової рівноваги, яка розділяє множину акцептованих (тобто прийнятих для укладання договору) та відхилених цінових заявок. Точка ринкової рівноваги визначає сумарний обсяг $V_{\Sigma,t}^{\text{РДН}}$ купівлі/продажу електроенергії для години реалізації t , та граничну ціну $C_t^{\text{РДН}}$, за якою укладаються відповідні договори про купівлю/продаж електроенергії на РДН.

Моделювання погодинного аукціону на ринку «на добу наперед» полягає в аналізі множини поданих до торгів цінових заявок $M_t^{\text{под}}$ та визначення такої множини акцептованих цінових заявок $M_t^{\text{акц}}$, за якої досягається максимум функції добробуту учасників ринку в умовах рівності обсягів купівлі та продажу електричної енергії.

$$\begin{cases} \sum_i C_{i,t}^{\text{куп}} \cdot V_{i,t}^{\text{куп}} - \sum_j C_{j,t}^{\text{прод}} \cdot V_{j,t}^{\text{прод}} \rightarrow \max \\ \sum_i V_{i,t}^{\text{куп}} = \sum_j V_{j,t}^{\text{прод}} = V_{\Sigma,t}^{\text{РДН}} \end{cases}$$

На рисунку 4.12 наведено приклад цін в окремі години доби, що склалися за результатами роботи РДН.



(Джерело ДП «Оператор ринку», <https://www.oree.com.ua>)

Рисунок 4.12 – Погодинні ціни на РДН протягом доби

Ринок «на добу наперед» відіграє визначальну роль у формуванні ринкової вартості електроенергії та вартості електроенергії для будь-якого учасника ринку [46, 47], зокрема постачальника та споживача. Тому механізми ціноутворення та основні тренди у цьому ринковому сегменті потребують детального аналізу передусім в частині їх впливу на вартість електроенергії.

Слід зважати, що значення середньозваженої вартості закупленої електроенергії у сегменті РДН визначається передусім технологічними чинниками, зокрема відношенням обсягів споживання електроенергії у нічні та денні години доби.

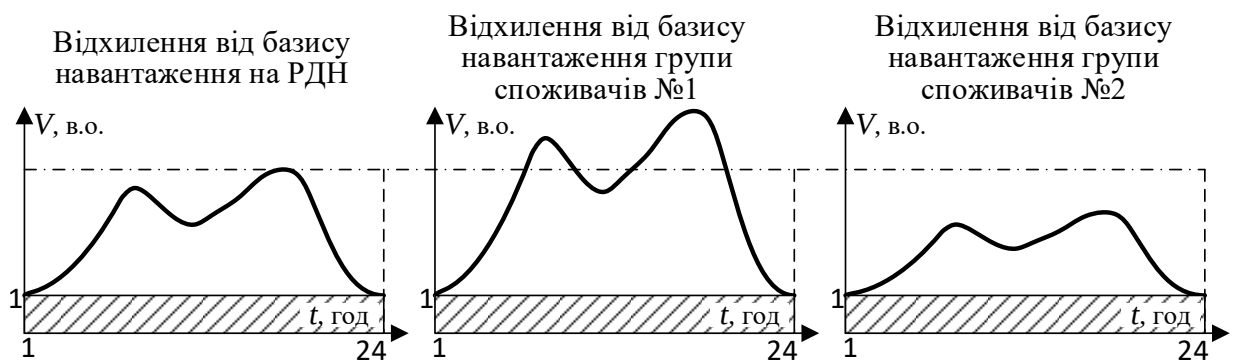


Рисунок 4.13 – Приклад графіку відхилення погодинного навантаження від базового навантаження за добу на РДН

Сумарний графік погодинного навантаження за добу (сегмент РДН) формується різними групами споживачів (покупців) із більшим (група споживачів №1) чи меншим (група споживачів №2) відносним відхиленням від базисного (мінімального за добу) значення (рис.4.13). Тоді відношення середньозваженої вартості 1 кВт·год електроенергії для сумарного графіка навантаження $C_{с.зв.}^{(РДН)}$, а також графіків окремо для груп споживачів №1 $C_{с.зв.}^{(C1)}$ і №2 $C_{с.зв.}^{(C2)}$ матимуть такий вигляд:

$$C_{с.зв.}^{(C2)} < C_{с.зв.}^{(РДН)} < C_{с.зв.}^{(C1)}$$

Група споживачів №2 з меншими відносними відхиленнями від базису матиме меншу середньозважену вартість електроенергії за індивідуальним графіком споживання і за участі у спільній групі неявно субсидіюватимуть

більш дорогий профіль споживання у групи споживачів №1. Відповідно різні значення вартості закупленої у сегменті РДН електроенергії для споживачів в різних регіонах відображають передусім вплив технологічних відмінностей структури споживання електроенергії на її вартість.

Оскільки процедура закупівлі погодинних обсягів електроенергії безпосередньо пов'язана зі задачею прогнозу погодинного споживання, то оцінку ринкової складової вартості електроенергії слід здійснювати з урахуванням як вартості її закупівлі у сегменті РДН, так і з урахуванням вартості небалансів, що формуються на балансуєчому ринку електричної енергії [48-51].

Учасники РДН/ВДР зобов'язані зазначати в заявках торгову зону для продажу або купівлі електричної енергії відповідно до місцезнаходження точок відпуску/імпорту та/або відбору/експорту електричної енергії.

Учасники РДН/ВДР можуть подавати заявки на торги на РДН за 7 календарних днів до доби постачання і до 12:00 години доби, що передуює добі постачання («закриття воріт РДН»).

Заявки на торги на РДН можуть бути: 1) погодинними (такими, що стосуються одного розрахункового періоду); 2) блочними (такими, що стосуються кількох послідовних розрахункових періодів).

Внутрішньодобовий ринок електричної енергії – принципово нова для українського ринку електроенергії система економічних відносин. Внутрішньодобовий ринок електричної енергії – це сегмент ринку, на якому купівля-продаж електричної енергії здійснюється безперервно після завершення торгів на ринку «на добу наперед» та впродовж доби фізичного постачання електричної енергії. Механізм роботи ВДР є схожим на механізм безперервного аукціону на РДД, стороною для укладання договору є учасник ВДР та Оператор ринку. Відповідальність за створення організаційних, технологічних, інформаційних та інших умов для здійснення регулярних торгів за правилами внутрішньодобового ринку, укладання і виконання договорів та розрахунків за ними, також покладена на оператора ринку.

Учасники РДН/ВДР можуть подавати заявки на торги на ВДР, починаючи з 15:00 години доби, що передує добі постачання, і до «закриття воріт ВДР», що настає за 60 хвилин до початку розрахункового періоду, на який подається заявка. На відміну від ринку «на добу наперед», ціна купівлі-продажу електричної енергії на внутрішньодобовому ринку визначається оператором ринку за принципом ціноутворення «по заявленій (пропонованій) ціні» відповідно до правил ринку "на добу наперед" та внутрішньодобового ринку. Основною метою ВДР є купівля/продаж електроенергії за уточненим прогнозом на окрему годину постачання з метою зменшення обсягів небалансів (рис. 4.14).

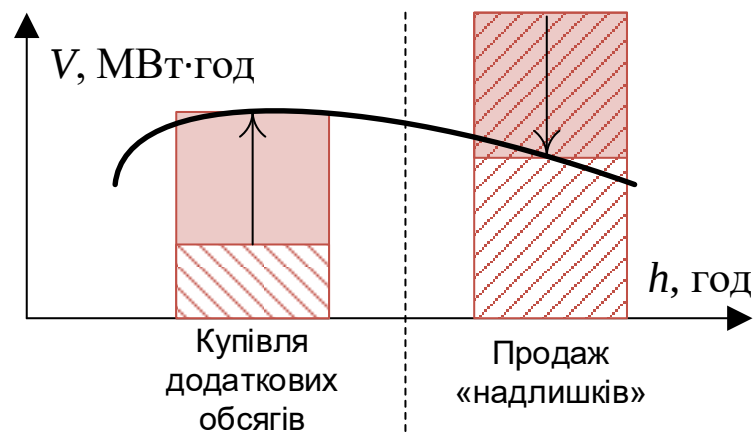


Рисунок 4.14 – Приклад коригування обсягів купівлі-продажу електроенергії на ВДР

Заявки на торги на ВДР можуть бути:

- 1) погодинними (такими, що стосуються одного розрахункового періоду);
- 2) блочними (такими, що стосуються кількох послідовних розрахункових періодів однієї доби постачання із зазначеним обмеженням ціни та постійним обсягом електричної енергії в кожному розрахунковому періоді).

Учасник РДН/ВДР, що має доступ до реєстру заявок ВДР, може акцептувати частину або весь обсяг електричної енергії, запропонований на торги на ВДР, шляхом надання зустрічної заявки, що відображає бажаний обсяг і ціну, відповідну такому обсягу, у реєстрі заявок ВДР. У випадку

обрання учасником РДН/ВДР для акцепту блочної заявки, що визначена іншим учасником ВДР з позначкою «все або нічого» (AON), підтвердження акцепту такої заявки вважається поданням зустрічної заявки з обсягом та ціною, зазначеними у такій блочній заявці.

Блочні заявки поділяються на попередньо визначені (стандартні) та визначені учасником РДН/ВДР:

1) попередньо визначені (стандартні) блочні заявки це:

- пікове навантаження (постачання електричної енергії протягом 12-годинного періоду від 08:00 до 20:00);
- базове навантаження (постачання електричної енергії протягом 24-годинного періоду від 00:00 до 24:00);
- позапікові навантаження (постачання електричної енергії протягом 12-годинного періоду від 00:00 до 08:00 та від 20:00 до 24:00);

2) учасник РДН/ВДР може визначити власні інтервали блочної заявки з послідовними періодами протягом однієї доби постачання. Мінімальний часовий інтервал блока, визначеного учасником РДН/ВДР, повинен становити один розрахунковий період, а максимальний – одну добу постачання. Подання визначеної учасником РДН/ВДР (нестандартної) блочної заявки здійснюється із зазначенням умови виконання заявки «усе або нічого»; 3) блочні заявки на торги на ВДР можуть подаватися лише на розрахункові періоди однієї доби постачання.

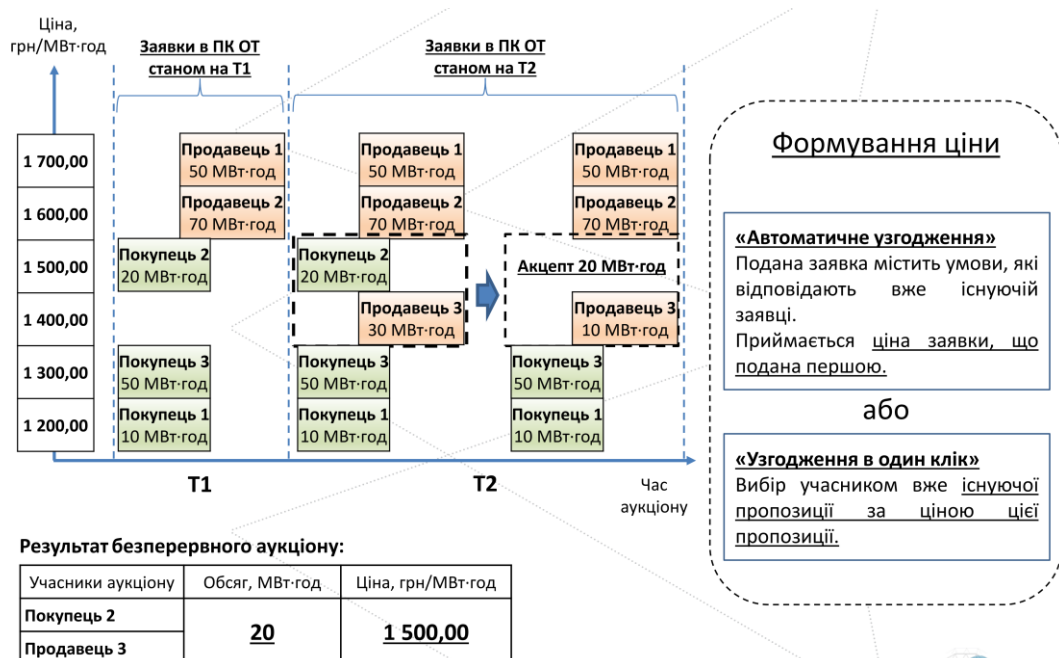
Функціонування внутрішньодобового ринку здійснюється механізмами безперервного аукціону. **Безперервний аукціон** – вид аукціону, при якому акцепт заявок на купівлю або продаж електричної енергії виконується у будь-який час впродовж торгової сесії, коли цінові умови заявки задовольняються зустрічною заявкою. (Повний опис наведено за посиланням <https://www.oree.com.ua/index.php/web/564665465>)

Алгоритм безперервного аукціону (БА) має класифікувати заявки за торговою зоною, профілем та періодом постачання електричної енергії, видом операції (купівля або продаж). Відповідно заявки на купівлю або на продаж

підлягають зіставленню (підбору) із Заявками на продаж або купівлю відповідно лише в межах одного профілю та періоду постачання електричної енергії, торгової зони. У випадку подання відповідної заявки алгоритм БА має перевірити, чи є в системі принаймні одна доступна для зіставлення (підбору) заявка протилежного напрямку з ціною, що відповідає ціновим умовам акцепту відповідної заявки (рисунок 4.15).

Ціновою умовою акцепту для заявок на продаж є пропозиція ціни на купівлю, що дорівнює або є вищою ніж зазначена у відповідній Заявці на продаж.

Ціновою умовою акцепту для заявок на купівлю є пропозиція ціни на продаж, що дорівнює або є нижчою ніж зазначена у відповідній Заявці на купівлю. Якщо для заявки існує одна або кілька заявок зворотного напрямку, з відповідними ціновими умовами акцепту, то такі заявки ранжуються за ціною в порядку зменшення вигоди, починаючи з найбільш вигідної ціни (для поданої заявки на продаж - з найвищої ціни, а для поданої заявки на купівлю - з найнижчої ціни).



(Джерело ДП «Оператор ринку», <https://www.oree.com.ua/index.php/web/564665467>)

Рисунок 4.15 – Приклад акцепту заявок за безперервним аукціоном

Заявки з однаковою ціною ранжуються в залежності від того, яка з них зареєстрована в системі раніше (за часом). Якщо в межах заявленого обсягу поданої заявки знайдено доступні для зіставлення (підбору) сортовані заявки протилежного напрямку, то вони та подана заявка акцептуються.

Якщо обсяг доступних для зіставлення (підбору) сортованих заявок перевищує обсяг поданої заявки, то подана заявка акцептується повністю, а остання із тих, що підходять для зіставлення (відповідно до обсягу заявки), акцептується частково. Неакцептований залишок обсягу останньої заявки залишається в реєстрі заявок та є доступною для акцепту до закінчення терміну дії заявки.

Якщо обсяг доступних для зіставлення (підбору) сортованих заявок менший за обсяг поданої заявки, заявка акцептується частково в обсязі зіставлених заявок. Неакцептований обсяг поданої заявки буде доступним для зіставлення (підбору) до закінчення терміну дії заявки. Ціна акцепту заявки визначається як середньозважена відповідно до обсягів та цін акцептованих з нею заявок. Результатом роботи алгоритму БА є визначені ціна та обсяг для акцептованих заявок, а також Переможці, які не зазначені у списках виключень один одного за принципом «Всі крім» та мають укласти між собою ДД.

4.3 Поширені типи цінових заявок при торгівлі електричною енергією

Одним з найважливіших питань, що пов'язані з функціонуванням біржі електроенергії або ринку «на добу наперед», є визначення типів цінових заявок та пропозицій (ЦЗП), які подаються учасниками торгів [8, 45]. Слід зауважити, що фактично не існує єдиної для всіх класифікації заявок з купівлі/продажу електричної енергії. На різних енергетичних біржах пропонується різний інструментарій для участі у торгах. І навіть заявки з однаковими властивостями на різних біржах можуть мати різні назви. Тому наведену у розділі класифікацію не слід сприймати як розповсюджену. Основна мета

наведеної у розділі класифікації заявок з купівлі/продажу електричної енергії – відобразити особливості заявок різних типів та область їх застосування.

У фахових публікаціях часто для означення назви цінових заявок використовують такі терміни, як “інструменти” чи “продукти” [47, 48, 50-54]. Під час використання терміну “продукти” (англ. product) зазвичай посилаються на означення цього терміну у логіці предикатів, де продукцією (англ. product чи produce) називають конструкцію прийняття рішення «якщо...то...». Дійсно, тип заявки та визначені в ній чисельні значення визначають логіку висновків щодо прийняття/відхилення заявки. У той же час на європейській біржі електроенергії Erex Spot прийнята термінологія, заснована на функціях біржі: заявка від учасника ринку (тип заявки та чисельні значення в ній) вважається інструментом участі у торгах. А результат функціонування біржі – двосторонній договір – називається продуктом біржі. В цьому розділі буде використана термінологія, прийнята на біржі Erex Spot [50].

До основних властивостей, за якими розрізняються заявки різних типів, відносять:

- наявність/відсутність граничної ціни, за якою заявка може бути прийнята;
- подільність обсягів купівлі продажу (чи допускається прийняття заявки з обсягом, меншим за зазначений у заявці);
- кількість пар «ціна-обсяг» у заявці;
- кількість розрахункових періодів реалізації договору (на одну годину чи на кілька годин поспіль);
- зв’язок з іншими заявками (умова розгляду заявки лише за прийняття іншої заявки, чи навпаки – лише за відхилення іншої заявки).

За періодом реалізації договору серед основних різновидів заявок та пропозицій на біржі електроенергії виділяються:

– *погодинні цінові заявки та пропозиції*, якими надається заявка або пропозиція щодо ціни та обсягів з купівлі-продажу електроенергії на елементарний розрахунковий період часу, наприклад, в 1 годину;

– *блокові цінові заявки та пропозиції*, якими надається заявка або пропозиція щодо ціни та обсягів електроенергії для інтервалу часу в кілька годин;

– *зв'язані блокові заявки та пропозиції*, в яких окремі заявки або пропозиції в блоці зв'язані між собою так, що окрема (дочірна) заявка або пропозиція допускається до участі в двосторонньому аукціоні за умови прийняття іншої (материнської) заявки або пропозиції.

Слід зазначити, що саме тип погодинних заявок та пропозицій безпосередньо зв'язується з обраним методом оптимізації при розв'язанні задачі двостороннього аукціону та способом визначення граничної ціни, а також організацією функціонування біржі в цілому [8].

Цінонезалежні (ціноприймальні) заявки/пропозиції визначають лише обсяги купівлі/продажу електричної енергії. За такими поданнями учасники торгів заздалегідь погоджуються купити/продати електричну енергію по ціні, яка сформується за результатами аукціону.

Цінові заявки/пропозиції визначають залежність ціни купівлі/продажу електроенергії від обсягів електроенергії. Форми подання ЦЗП передбачають введення пар {ціна; обсяг}. Класифікація ЦЗП здійснюється за відношеннями між ціновими парами. Так розрізняють ступінчаті та лінійні ЦЗП. Ступінчаті ЦЗП формуються одною чи кількома ціновими позиціями {ціна; обсяг}. Таким чином, розрізняють ступінчаті фіксовані та ступінчато-варіантні ЦЗП.

Ступінчата фіксована ЦЗП фактично може розглядатись як граничний випадок ступінчато-варіантної ЦЗП. В заявках/пропозиціях цього типу визначається лише одна цінова позиція {ціна; обсяг} (рисунки 4.16).

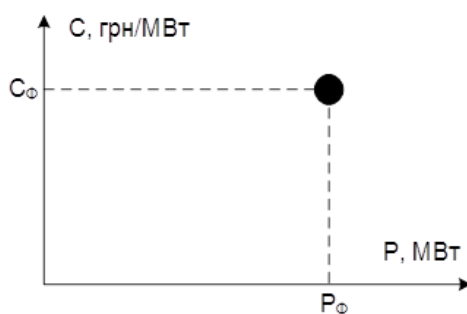


Рисунок 4.16 – Ступінчата фіксована заявка

Ступінчата фіксована ЦЗП – найпростіший тип ЦЗП. Він прийнятний для великоблокових електростанцій з відносно низькою собівартістю виробництва електроенергії, що працюють на покриття базової та (в окремих випадках) напівпікової частини добового графіку навантажень. Заявкою такого типу додатково з атрибутом неподільності (тобто, заявка або приймається із зазначеним обсягом, або повністю відхиляється) може бути виставлене для участі в торгах на аукціоні електроенергії виробництво електроенергії з потужністю, що відповідає рівню мінімально стійкого навантаження генератора (для годин нічних провалів) або найбільш економічного режиму роботи (в денні години). Головним недоліком такого типу заявки є підвищена вірогідність її відхилення на аукціоні в цілому, якщо зазначена у заявці ціна виявиться вищою за граничну ціну визначеного розрахункового періоду часу. Для енергоблоків з великою собівартістю виробництва електричної енергії встановлення атрибуту неподільності може призвести до відхилення заявки в цілому, якщо розрахована для аукціону точка рівноваги попиту/пропозиції «розрізає» заявку на дві частини.

Ступінчато-варіантна ЦЗП подається для участі в торгах кількома точками (наприклад, на рисунку 4.17 показано чотири режимні точки). Така ЦЗП визначає кілька варіантів режимів з унікальними для кожного з них значеннями обсягу та вартості електроенергії. Під час торгів на аукціоні може бути прийнятий лише один із запропонованих варіантів.

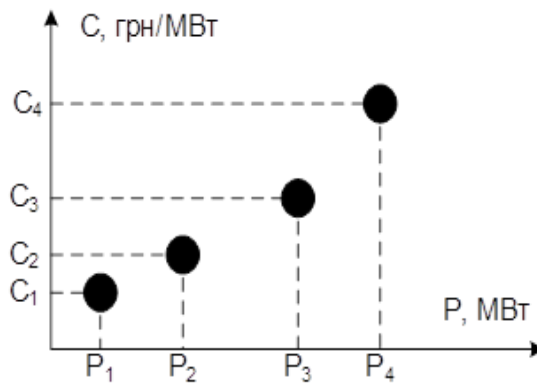


Рисунок 4.17 – Ступінчато-варіантна заявка

На відміну від фіксованої ступінчатої ЦЗП, ступінчато-варіантна ЦЗП більш точно враховує економічні характеристики генераторів і прийнятна для виробників електроенергії, що подають пропозиції для участі в торгах для задоволення попиту в областях напівпікового та пікового навантаження. Максимальна кількість точок такої ЦЗП, як правило, визначається особливостями програмного забезпечення, що використовується на біржі електроенергії. Використання ступінчато-варіантної ЦЗП підвищує вірогідність прийняття цього подання на аукціоні. При цьому на більшості бірж електроенергії реалізовано додаткові можливості, які дозволяють максимально збільшити обсяги електроенергії, куплені/продані на аукціоні. Такі можливості забезпечуються шляхом використання ознаки “все або нічого” для кількох пар «ціна-обсяг». Ввімкнення такої ознаки означає необхідність притримуватись визначального принципу інтерпретації ЦЗП дискретного типу: визначений в режимній позиції обсяг електроенергії або повністю приймається, або повністю відхиляється. Якщо ознаку “все або нічого” вимкнено, то при розрахунках результатів торгів допускається часткове прийняття визначених в дискретній ЦЗП обсягів електроенергії. З точки зору математичного моделювання, вимкнення ознаки “все або нічого” призводить до трансформації дискретної ЦЗП в лінійну.

Лінеаризована ЦЗП формується шляхом інтерполяції множини пар «ціна – обсяг» в єдину лінійну залежність, як показано на рисунку 4.18.

Використання лінеаризованої форми ЦЗП значно підвищує вірогідність перемоги учасника торгів на аукціоні у порівнянні з використанням ЦЗП ступінчатих типів, оскільки область можливих значень обсягу електроенергії фактично знаходиться в межах, приблизно визначених першою та останньою ціновими парами в ЦЗП.

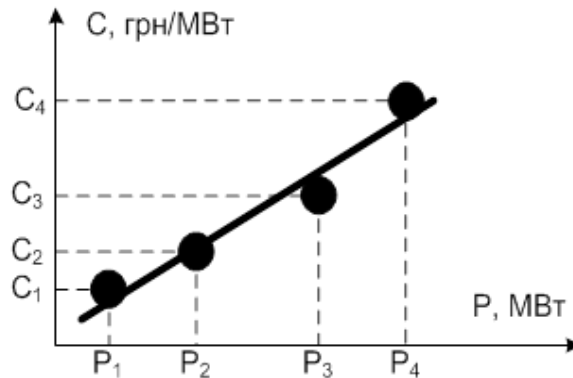


Рисунок 4.18 – Лінеаризована заявка

Лінеаризована заявка застосовується виключно на біржі Nord pool.

Лінійна ЦЗП подається лінійною залежністю, обмеженою двома режимними точками, як показано на рисунку 16.4. Під час торгів на аукціоні може бути вибраний режим, числові характеристики якого знаходяться в межах лінійного інтервалу (включаючи числові значення крайніх точок), обмеженого двома визначеними ЦЗП режимними точками (включаючи характеристики цих точок). Як зазначено вище, подання погодинної ЦЗП у вигляді лінії значно підвищує вірогідність перемоги в аукціоні учасників торгів у порівнянні з використанням дискретних, і особливо – неподільних ЦЗП. Причому використання лінійних заявок дозволяє учаснику торгів більш точно, ніж у випадку ЦЗП лінеаризованого типу, врахувати витратну характеристику енергоагрегатів електростанції. Використання ЦЗП такого виду найбільш прийнятне для виробників з відносно високою (у порівнянні з іншими виробниками) собівартістю виробництва електроенергії та у випадках високого рівня конкуренції між продавцями в області ринкової рівноваги.

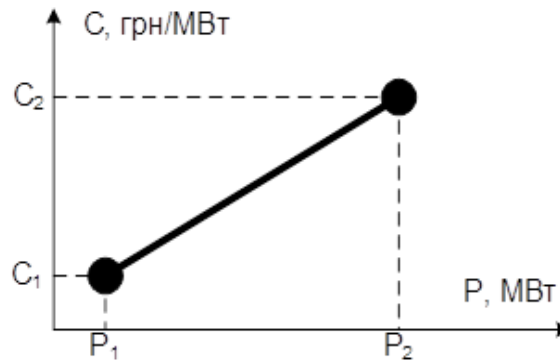


Рисунок 4.19 – Лінійна заявка

Багатоінтервальна лінійна ЦЗП – ЦЗП, подана ламаною лінійною залежністю, сформованою кількома (більше двох) режимними точками, як показано на рисунку 4.18. Під час торгів на аукціоні може бути вибраний режим, чисельні значення характеристик якого знаходяться в межах заданого лінійного інтервалу (включаючи чисельні значення режимних характеристик для крайніх точок та точок зламів).

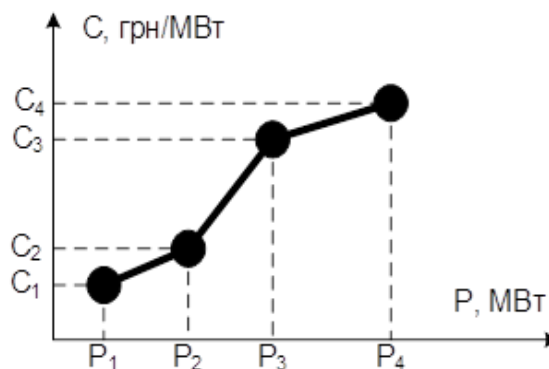


Рисунок 4.18 – Багатоінтервальна лінійна заявка

Використання багатоінтервальної лінійної ЦЗП дозволяє найбільш точно врахувати витратні характеристики генераторів на електростанціях. При оптимізації балансу між попитом та пропозицією на електроенергію використовуються лінійні інтервали, утворені парами цінових позицій заявки.

Блокові заявки і пропозиції та парадокси їх прийняття

На аукціонах електроенергії ЦЗП, визначені для реалізації протягом кількох годин поспіль, прийнято називати *блоковими ЦЗП*. Блокова заявка визначає погодинний обсяг та середню ціну для кількох годин поспіль.

Загальні принципи прийняття блокових ЦЗП на двосторонньому аукціоні полягають у наступному. Блокова заявка на купівлю електроенергії приймається повністю, якщо зазначена в ній ціна вища за середнє арифметичне значення граничних цін для годин визначеного заявкою інтервалу часу. Для відображеного на рисунку 4.19 прикладу, блокова заявка на купівлю електроенергії приймається повністю за відношення штрихованих площ $S^{\text{down}} > S^{\text{up}}$, тобто вигода від нижчих за визначену у заявці цін S^{down} більша за втрати від вищих за визначену у заявці цін S^{up} .

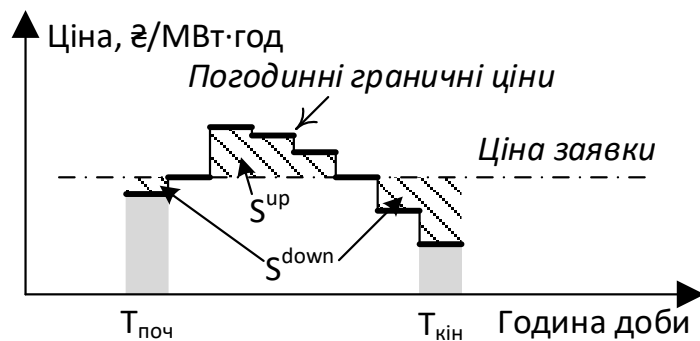


Рисунок 4.19 – Оцінювання блокової заявки

І навпаки, блокова заявка на купівлю електроенергії відхиляється повністю за відношення штрихованих площ $S^{\text{down}} < S^{\text{up}}$, тобто вигода від нижчих за визначену у заявці цін S^{down} менша за втрати від вищих за визначену у заявці цін S^{up} .

Аналогічно блокова заявка на продаж електроенергії приймається повністю за відношення штрихованих площ $S^{\text{down}} < S^{\text{up}}$, тобто втрати від нижчих за визначену у заявці цін S^{down} менші за вигоду від вищих за визначену у заявці цін S^{up} . І навпаки, блокова заявка на продаж електроенергії відхиляється повністю за відношення штрихованих площ $S^{\text{down}} > S^{\text{up}}$, тобто втрати від нижчих за визначену у заявці цін S^{down} більші за вигоду від вищих за визначену у заявці цін S^{up} .

Слід зазначити, що ставлення до цього виду цінових заявок на європейських енергетичних біржах є неоднозначним. Дійсно, у використанні блокових заявок зацікавлені, в першу чергу, виробники, оскільки продаж електроенергії з однаковими обсягами на кілька годин поспіль дозволяє розподілити пов'язані з запуском та зупинкою енергоагрегатів витрати рівномірно на кілька годин. Крім того, утримання одного рівня виробництва електроенергії протягом кількох годин поспіль дозволяє уникнути додаткових витрат, пов'язаних зі зміною режиму роботи енергоагрегатів електростанції.

Використання блокових заявок дозволяє знизити ціни виробництва електроенергії для електростанцій з великоблоковими агрегатами та зменшити граничну ціну на біржі в цілому. З іншого боку, сумісне використання погодинних та блокових заявок на РДН значно ускладнює алгоритми оптимізації, що, в свою чергу, призводить до значного підвищення вартості програмного забезпечення та посилює тенденції до зниження рівня ліквідності біржі. Наприклад, якщо блокова заявка не задовольняє вимогам прийняття, то вона відхиляється повністю. В результаті для тих годин, де блокова заявка задовольняла вимогам прийняття (штрихована область на рисунку 4.19), точка перетину кривих попиту та пропозиції зміщується в сторону зменшення сумарного обсягу торгів для цієї години у порівнянні з випадком, коли зазначену заявку прийнято (пунктирна лінія на рисунку 4.20). Таким чином, використання блокової заявки зменшує ліквідність біржі у порівнянні з використанням еквівалентної множини погодинних заявок.

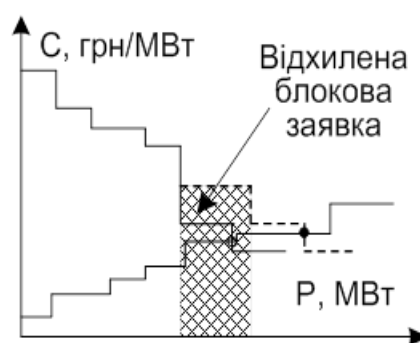


Рисунок 4.20 – Вплив блокової заявки на рівновагу попиту/пропозиції в окрему годину доби

Переваги блокових заявок використовуються на аукціонах з “торгівлі базисом”, де виробники виставляють лоти у вигляді блокових заявок на 24 години чи типові періоди доби *peak/off-peak*.

На біржі Nord Pool додатково впроваджено інструментарій визначення блокової ЦЗП як еквівалентної множини незалежних одна від одної погодинних заявок (вимкнений атрибут “все або нічого”). Така заявка приймається повністю, якщо всі погодинні заявки прийнято у відповідній множині погодинних аукціонів. За даної ознаки для тих годин, де ЦЗП не відповідає вимогам прийняття, виконується зміна типу ЦЗП на лінеаризовану характеристику, отриману в результаті апроксимації визначених в заявці пар “ціна – обсяг”, як показано на рисунку 4.21.

Такий підхід значно підвищує вірогідність проходження блокової ЦЗП під час торгів, хоча зменшує при цьому рівень доходу виробника внаслідок появи додаткових витрат на маневр енергоагрегату в часи реалізації “зміненої” частини блокової ЦЗП. Ринкова рівноважна ціна блокових заявок визначається як середнє арифметичне рівноважних цін по кожній годині.

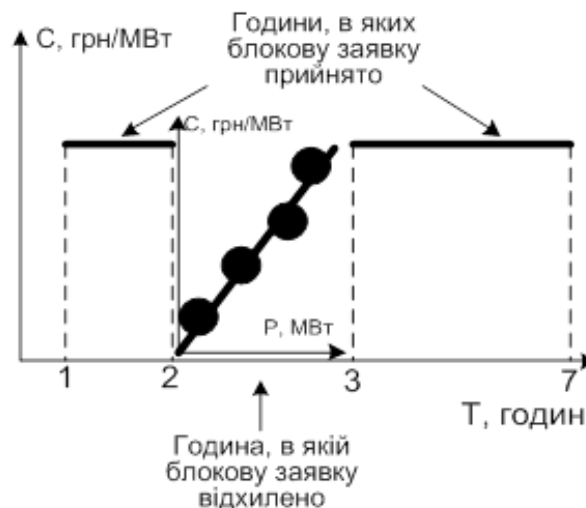


Рисунок 4.21 – Додатковий інструментарій аналізу блокової заявки на біржі Nord Pool

Більшість бірж електроенергії, на яких запроваджено торгівлю блоковими заявками разом з погодинними, дозволяють учасникам торгів довільно визначати інтервал часу блокових ЦЗП.

Форма подання блокових ЦЗП на різних біржах обумовлюється особливостями їх програмного забезпечення.

Використання блокових цінових заявок призводить до ряду проблем, для розв'язання яких доводиться вживати додаткових заходів. Перш за все – це можливість зациклювань процесу оптимізації. Розглянемо приклад блокової заявки продавця (рисунок 4.22).

Блокова заявка може бути прийнятою навіть якщо в окремі години з визначеного заявкою інтервалу часу вказана в заявці ціна виявиться вищою за рівноважні ціни цих годин. Примусове прийняття заявленої потужності для “провальних” годин стимулює зниження рівноважних цін в ці години. Причому таке зниження може призвести до того, що указана в заявці ціна в цілому перевищить середнє значення рівноважних цін – тобто заявку слід відхилити.

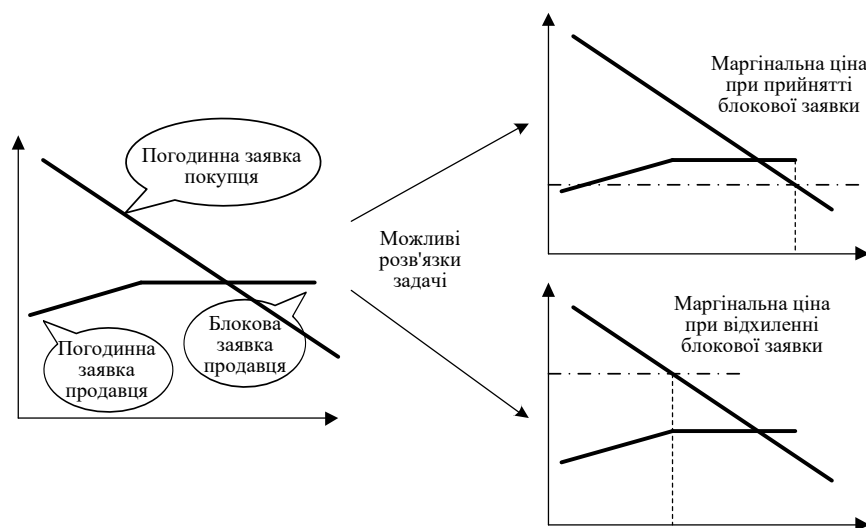


Рисунок 4.22 – Причини «парадоксального» прийняття/відхилення блокової заявки

В обох випадках отримуються парадокси логіки:

А) “парадоксально відхилена заявка” (відхилено заявку, в якій вказана ціна задовольняє умовам прийняття)

- блокова заявка продавця відхиляється внаслідок занадто низької для прийняття цієї заявки граничної ціни;

- зменшення обсягів пропозиції призводить до підвищення граничної ціни;

- якщо отримана гранична ціна достатньо висока для прийняття блокової заявки, спроба прийняти цю заявку знову призведе до зниження граничної ціни нижче межі прийняття і процес аналізу зациклюється;

Б) “парадоксально прийнята заявка” (прийнято заявку, в якій вказана ціна гірша за середнє рівноважних цін в охоплювані заявкою години – учасник торгів отримує гіршу за указану в заявці ціну)

- блокова заявка приймається внаслідок достатньо високої для прийняття цієї заявки граничної ціни;

- збільшення обсягів пропозиції призводить до зниження граничної ціни;

- якщо отримана гранична ціна достатньо низька для відхилення блокової заявки, спроба відхилити цю заявку знову призведе до підвищення граничної ціни вище межі прийняття і процес аналізу зациклюється.

Аналогічні парадокси логіки виникають, коли блокова заявка опиняється на перетині ліній попиту та пропозицій. Так само, як і у випадку порівняння рівноважних цін, будь-яке з рішень призводить до ефекту “парадоксального прийняття” чи “парадоксального відхилення” блокової заявки.

Тому на європейських біржах прийнято наступний підхід до розв’язання подібних ситуацій. Передусім відхиляється варіант із «парадоксальним прийняттям» блокової заявки, оскільки у цьому випадку учасник торгів отримує договір на умовах гірших за визначені заявкою. За наявності варіанту «парадоксального відхилення» без зациклювань порівнюються два варіанти рішення: з прийнятою блоковою заявкою та відхиленою блоковою заявкою. За

оптимальний приймається варіант з найбільшим чисельним значенням добробуту ринку.

Зв'язані блоки ЦЗП. ЦЗП цього типу зв'язані між собою так, що друга (дочірня) ЦЗП допускається до участі в аукціоні за умови прийняття першої (материнської) ЦЗП. Для блоку, що складається з трьох ЦЗП, третя ЦЗП допускається до участі в аукціоні за умови прийняття перших двох ЦЗП. Зв'язування ЦЗП у блоці корисно в тих випадках, коли, наприклад, вартість запуску одного генератора значно зменшується, якщо інший генератор електростанції вже запущено.

Наразі на європейських біржах електричної енергії використовують так звані пакети альтернативних цінових заявок: за результатами торгів приймається одна цінова заявка з пакету, яка забезпечує максимальне значення добробуту ринку. Пакети альтернативних цінових заявок відповідають протилежній логіці зв'язаного блоку:

- в зв'язаному блоці друга заявка розглядається до прийняття лише за умови прийняття першої заявки;
- в пакеті альтернатив друга заявка розглядається до прийняття лише за умови відхилення першої заявки (у цьому випадку поняття материнської та дочірньої заявки втрачає сенс і всі заявки у пакеті є рівноцінними для алгоритму аналізу).

Спільне використання погодинних та блокових заявок на біржі електроенергії призводить до необхідності запровадження дворівневої системи оптимізації балансу між попитом та пропозицією. Верхній рівень оптимізації визначає прийняття чи відхилення блокових заявок, в той час як нижній рівень визначає оптимальні погодинні баланси попиту та пропозиції. Співвідношення між цими рівнями оптимізації визначається методами розрахунку переможців торгів на біржі. Причому, в загальному випадку, використання різних методів може призводити до різних результатів торгів. Тому система розрахунку результатів торгів виконує оптимізацію за критеріями максимізації суми “добробуту” кожної години доби.

Price Coupling Regions.

На вимогу директив III-го енергопакету 7 європейських бірж електроенергії заснували проект Price Coupling Regions [55-57]. Основна мета проекту – створення єдиного прозорого механізму ціноутворення на ринках електроенергії європейських країн як базова складова створення єдиної загальноєвропейської платформи з торгівлі електроенергією. Базовим сегментом спільної біржової платформи став ринок «на добу наперед», хоча торгові платформи наразі залучають і торги на внутрішньодобовому ринку.

Базові особливості реалізації проекту:

1. *Спільний алгоритм проведення торгів* та визначення ціни на електроенергію EURNEMIA. Наявність такого алгоритму реалізує справедливе та прозоре визначення цін на електроенергію в сегментах ринків «на добу наперед» та національних балансів імпорту/експорту електроенергії майже по всій Європі. Алгоритм розроблений з урахуванням специфічних особливостей національних ринків електроенергії в Європі. Алгоритм здійснює аналіз всіх типів цінових заявок, впроваджених на національних біржах електричної енергії. При цьому також враховуються обмеження передачі електроенергії як по національним магістральним мережам, так і по міждержавним електричним перетинам.

Математична модель алгоритму EURNEMIA подається задачею максимізації сукупного добробуту учасників ринку по всій Європі.

2. *Торгівельна платформа базується на децентралізованій базі даних.* Процеси розрахунків використовують безпосередній доступ до розподіленим по національним ринкам базам даних. Така конфігурація забезпечує високий рівень надійності торговельної системи в цілому. Якщо в окремій національній базі даних трапляється збій, ця країна випадає з процедури спільних торгів, а всі інші країни продовжують торгівлю електроенергією в єдиному віртуальному торговельному просторі.

3. *Фактичні розрахунки реалізує Сервіс PCR Matcher and Broker,* встановлений на кожній енергетичній біржі. Замість розв'язання складних

задач синхронізації паралельних обчислень чи створення єдиного розрахункового центру реалізовано дев'ять копій розрахунків за даними, отриманими з усіх національних відділень біржі. У проєкті наразі беруть участь 9 міждержавних бірж, які забезпечують торгівлю електроенергією для 24 національних ринків у Європі (рисунок 4.23). Розрахунки на кожній біржі здійснюються на основі власних функцій попиту та пропозиції і з урахуванням інформації про цінові заявки та технологічні обмеження від національних ринків в межах даної біржі та інших міждержавних бірж. Тобто, кожна біржа здійснює власний розрахунок об'єднаного європейського РДН. Завдяки тому, що для розрахунків використовується однаковий програмний модуль і інформація по кожному національному ринку отримується з одного і того самого місця (з бази даних цього національного ринку), то і результати таких розрахунків будуть однаковими на всіх біржах.

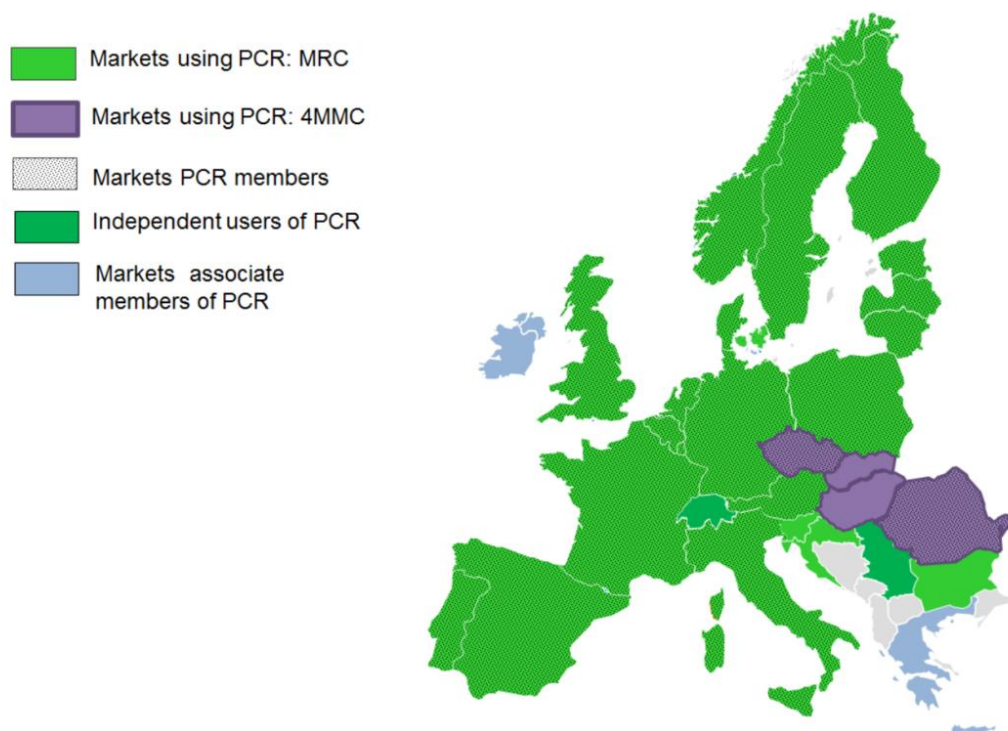


Рисунок 4.23 – охоплення країн Європи проєктом PCR

Price Coupling of Regions – не здійснює механічне об'єднання національних біржових платформ в один спільний аукціон. Об'єднана біржа

реалізує дворівневу оптимізацію ринкової рівноваги. Для пошуку глобального для всієї Європи максимуму цільової функції максимізації добробуту на верхньому рівні розв'язується задача пошуку оптимальних обсягів міждержавного обміну електроенергією. Якщо в середині країни в мережах передачі виникають переобтяження, тоді національний ринок електроенергії розділяється на кілька цінових зон. На нижньому внутрішньому рівні виконується пошук оптимальної рівноваги попиту і пропозиції в межах національного ринку чи окремої цінової зони.

Впровадження нової розрахункової системи відбувалося поступово в окремих міждержавних ринкових об'єднаннях. У 2015 році була остаточно уточнена цільова модель єдиного європейського ринку «на добу наперед». Ця модель була закладена в Рамкові настанови з розподілу потужності та управління переобтяженнями.

Основні переваги об'єднаного загальноєвропейського РДН наступні:

- *Загальне посилення конкуренції.* В об'єднуваному загальноєвропейському РДН беруть участь продавці та покупці з 24 країн. Час від часу спрацьовують технологічні обмеження на передачу електроенергії в електричних мережах, проте, у порівнянні з відокремленими національними ринками, збільшення кількості учасників торгів, які конкурують між собою, суттєво знижує ризики спекулятивного завищення цін.
- *Збільшення ліквідності національних ринків.* Механізми міждержавного обміну електроенергією в Європі збільшують ліквідність національних ринків: сумарний обсяг торгів електроенергією на сполучених ринках європейських країн помітно більший за ймовірну суму обсягів торгів ізольованих один від одного ринків.
- *Більший обсяг торгів означає і більший обсяг проданої виробниками електроенергії.* Передусім регіони з дешевою генерацією активно залучаються до експорту дешевої електроенергії. Впровадження PCR дозволило реалізувати задекларовану ще у першому енергетичному пакеті

концепцію відмови від розгляду електроенергетики як національного надбання. Приватизація державних енергетичних підприємств призвела до масштабного залучення приватного капіталу та посилення конкуренції. При цьому електрична енергія стала товаром, який вільно експортується в країнах європейського співтовариства, що призводить до отримання кожним споживачем найдешевшого варіанту вартості електричної енергії.

Наразі процеси формування загальноєвропейського ринку ще тривають і в системі біржових торгів використовуються різні механізми врахування пропускної спроможності міждержавних електричних перетинів, проте в цілому оптові ціни на електроенергію в цілому вирівнюються. Різниця в цінах для окремих цінових зон виникає тільки у випадках, коли технологічні обмеження на потоки електроенергії не дозволяє реалізувати оптимальний для всієї Європи обмін електричною енергією як між регіонами окремої держави, так і між державами в межах проєкту.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської роботи запропоновані заходи та засоби з охорони праці під час виконання робіт з аналізування проблем формування цінових заявок в різних сегментах ринку електричної енергії. В процесі виконання цих робіт на персонал впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [21, 22]:

1) фізичні: підвищена запиленість повітря робочої зони; підвищена та знижена температура повітря робочої зони; підвищена та знижена рухомість повітря; підвищена та знижена вологість повітря; підвищений рівень шуму на робочому місці; підвищений рівень інфразвукових коливань; підвищений рівень ультразвуку; небезпечне значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини; підвищений рівень статичної електрики; нестача природного освітлення; недостатнє освітлення робочої зони; підвищена яскравість світла; знижена контрастність; прямий і відбитий блиск; підвищена пульсація світлового потоку;

2) психофізіологічні: фізичні перевантаження (статичні); нервово-психічні перенавантаження (розумові перенапруги, монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

5.1.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Конструкція робочого місця повинна відповідати сучасним вимогам ергономіки та Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року [21], характеру виконуваної роботи та забезпечити оптимальне розміщення на робочій поверхні документів, рухомого пюпітра (тримача документів) та обладнання ПК (монітора, системного блоку, клавіатури, пристрою «миша», принтера та інших периферійних пристроїв з

урахуванням їх кількості та конструктивних особливостей). Площа одного обладнаного ПК робочого місця повинна складати не менше 6 м², а об'єм – не менше 20 м³.

Живлення силового обладнання проєктної організації та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Категорія умов по небезпеці електротравматизму – без підвищеної небезпеки.

Розташування монітора ПК має забезпечувати: безпечність роботи в цілому; зручність та ефективність зорової роботи з екраном в вертикальній площині під кутом $\pm 30^\circ$ від лінії зору, площа екрана при цьому має бути перпендикулярною нормальній лінії зору користувача.

Нульовий захисний провід прокладається від стійки групового розподільчого щита, розподільчого пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затискача нульового робочого та нульового захисного провідників. Площа перерізу нульового робочого та нульового захисного провідника в груповій трипровідній мережі повинна бути не менше площі перерізу фазового провідника. Усі провідники повинні відповідати номінальним параметрам мережі та навантаження, умовам навколишнього середовища, умовам розподілу провідників, температурному режиму та типам апаратури захисту, вимогам ПВЕ. У приміщенні, де одночасно експлуатується або обслуговується більше п'яти персональних комп'ютерів, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

Комп'ютери та устаткування для їх обслуговування, ремонту та налагодження повинні підключатися до електромережі тільки з допомогою справних штепсельних з'єднань і електророзеток заводського виготовлення. Штепсельні з'єднання та електророзетки крім контактів фазового та нульового робочого провідників повинні мати спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника. Конструкція їх має бути такою, щоб

приєднання нульового захисного провідника відбувалося раніше ніж приєднання фазового та нульового робочого провідників. Порядок роз'єднання при відключенні має бути зворотним. Необхідно унеможливити з'єднання контактів фазових провідників з контактами нульового захисного провідника.

Неприпустимим є підключення комп'ютерів та їх устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження до звичайної двопровідної електромережі, в тому числі – з використанням перехідних пристроїв. Індивідуальні та групові штепсельні з'єднання та електророзетки необхідно монтувати на негорючих або важкогорючих пластинах з урахуванням вимог ПВЕ та Правил пожежної безпеки в Україні. Електромережу штепсельних розеток для живлення комп'ютерів та їх устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження при розташуванні їх уздовж стін приміщення прокладають по підлозі поряд зі стінами приміщення, як правило, в металевих трубах і гнучких металевих рукавах з відводами відповідно до затвердженого плану розміщення обладнання та технічних характеристик обладнання. При розташуванні в приміщенні за його периметром до 5 комп'ютерів, використанні трипровідникового захищеного проводу або кабелю в оболонці з негорючого або важкогорючого матеріалу дозволяється прокладання їх без металевих труб та гнучких металевих рукавів.

Під час монтажу та експлуатації необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію. Під час ремонту ліній електромережі шляхом зварювання, паяння та з використанням відкритого вогню необхідно дотримуватися Правил пожежної безпеки в Україні. Лінія електромережі для живлення комп'ютерів, їх периферійних пристроїв та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження виконується як окрема групова трипровідна мережа, шляхом прокладання фазового, нульового робочого та нульового захисного провідників. Нульовий захисний провідник використовується для заземлення

(занулення) електроприймачів. Використання нульового робочого провідника як нульового захисного провідника забороняється.

Є неприпустимими: експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізовльованими провідниками; застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам до переносних електропроводок; застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання; користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання; підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами); використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів". Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції. Тимчасова електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів та меблях. Доточувати проводи можна тільки шляхом паяння з наступним старанним ізолюванням місць з'єднання.

5.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [23, 24]:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізовльовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим

доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі. Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні. При цьому потрібно розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони [6]. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні для виконання проєктних робіт наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату для постійних робочих місць

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Ia	22-28	55 при 28°C	0,1-0,2
Холодний	Ia	21-25	75 при 25°C	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату [7] на робочому місці інженера передбачається: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдува; провітрювання приміщення.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м [6]. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими

забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оператора лінії

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [7]: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи; встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності [28].

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в».

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	середній	середній	400	200	4	2,4

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості. При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» [9] (таблиця 5.4).

Шум порушує нормальну роботу шлунку, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби

колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Творча діяльність, конструювання і проєктування, програмування	86	71	61	54	49	45	42	40	38

Для зниження шуму в приміщенні потрібно: безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи елементів електричної станції в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Надзвичайні ситуації природного характеру формуються внаслідок природних явищ, як повені, землетруси, посухи тощо. Загалом надзвичайні ситуації розрізняють за конкретними природними явищами, що викликають ці ситуації. До них належать великі повені, катастрофічні затоплення, землетруси та зсувні процеси, лісові та польові пожежі, великі снігопади та ожеледі, урагани, смерчі та шквальні вітри тощо.

Утворення ожеледі на проводах призводить до появи значного механічного навантаження на дроти, троси і опори у вигляді додаткових вертикальних сил. Це знижує запас міцності проводів, тросів і опор ліній. В результаті ожеледних утворень виникають обриви проводів і поломки опор,

зближення і дотикання проводів з перекриттям ізоляційних проміжків не тільки при перенапруженнях, а й при нормальній робочій напрузі.

Дія радіації на матеріали і деталі апаратури залежить від виду випромінювання, дози радіації, природи опромінюваної речовини та умов навколишнього середовища. Саме тому в обладнанні виробничих підприємств використовують обладнання, яке виготовлене з таких матеріалів: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники та ін. серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

Внаслідок дії радіації виникають оборотні і необоротні процеси, що спричиняють порушення роботи елементів схеми та пошкодження апаратури.

В схемах електростанції використовуються елементи, до складу яких входять матеріали: метали, неорганічні матеріали, напівпровідники, діелектрики, смоли та ін. Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до радіації, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

В елементах схем електростанції радіація викликає оборотні і необоротні процеси, внаслідок яких можуть бути порушення роботи елементів схем, що приведе до пошкодження роботи блоків і електростанції в цілому.

Результатом впливу ЕМІ може бути вихід із ладу різних пристроїв та спорядження. Особливо негативний вплив електромагнітного імпульсу на обладнання, яке не має спеціального захисту (різні «домішки» до системи проводів, електромагнітне екранування і т.п.).

Електромагнітний імпульс викликає високі імпульси струмів і напруг в провідниках і кабелях зв'язку, електропередач, систем обчислювальних машин і автоматичних систем управління, антенах радіостанцій тощо.

Електромагнітний імпульс являє собою велику небезпеку для апаратури, добре захищеної від дії інших вражаючих факторів. Тому захист апаратури від механічних пошкоджень не захищає від дії електромагнітного імпульсу.

Саме тому, обов'язковим на виробництві є Дослідження безпеки роботи обладнання під час дії електромагнітного імпульсу та іонізуючого

випромінювання.

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електростанції в умовах дії іонізуючого випромінювання

Критерієм оцінки безпеки роботи об'єкта в умовах дії іонізуючого випромінювання є максимальне значення потужності дози, що може викликати зміни параметрів елементів систем електростанції з порушенням роботи системи.

Елементами електростанції від яких залежить її функціонування є транзистори, діоди, конденсатори, магнітні матеріали, напівпровідники, випрямлячі, діелектричні матеріали, резистори.

Таблиця 5.5 - Експозиційні дози для матеріалів і елементів обладнання станції

№	Елементи електростанції		Д _{грі,Р}	Д _{гр,Р}
1	Блок живлення	Мікросхема LH0021	10 ⁴	10 ⁴
		Резистор С5-35	10 ⁶	
		Конденсатор Х7R	10 ⁵	
2	Блок обробки сигналу	Операційний підсилювач LH0021	10 ⁵	
		Резистор С2-23	10 ⁶	
		Конденсатор К10-17	10 ⁵	
		Цифрові потенціометри DS1807	10 ⁵	
3	Мікропроцесорний блок	Мікроконтролер AVR	10 ⁵	

По мінімальному значенню визначаємо границю стійкості роботи обладнання електричної станції в цілому $P_{гр} = 10^4$ Р. Можлива експозиційна доза опромінення:

$$t_n = 1 \text{ год};$$

$$t_k = 12 \text{ років} = 103800 \text{ год};$$

$$K_{осл} = 1.$$

3) Максимально допустимий рівень радіації на об'єкті:

$$D_{ep} = \frac{2 \cdot P_{1\max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{noc}} [P] \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{1\max} = \frac{D_{ep} \cdot K_{noc}}{2 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})} [P / год], \quad (5.1)$$

$$P_{1\max} = \frac{10^4 \cdot 1}{2 \cdot (\sqrt{1038000} - \sqrt{1})} = 15,56 (P / год).$$

4) Визначаємо допустимий час роботи обладнання:

$$t_{don} = \left(\frac{D_{ep} \cdot K_{nocl} + 2 \cdot P_{1\max} \sqrt{t_P}}{2 \cdot P_{1\max}} \right)^2 [год] \quad (5.2)$$

$$t_{don} = \left(\frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 15,56 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 15,56} \right)^2 = 1039 \cdot 10^4 (год) = 11,86 (років)$$

Отже, допустимий час роботи обладнання станції складатиме близько 12 років, системи будуть безпечно працювати в умовах дії іонізуючих випромінювань, якщо максимальне значення рівня радіації не перебільшуватиме 15,56 Р/год.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електростанції в умовах дії електромагнітного імпульсу

За критерій безпеки роботи блоків і систем станції або окремих їх елементів в умовах дії електромагнітного імпульсу можна прийняти коефіцієнт безпеки:

$$K_B = 20 \lg \frac{U_{don}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 [дБ], \quad (5.3)$$

де U_d - допустиме коливання напруги живлення, В;

$U_{B(\Gamma)}$ - наруга наведення за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Для живлення використовується мережа живлення змінної напруги 220 В, для кола керування - постійної ± 9 В.

Таблиця 5.6 - Параметри блоків електричної станції

№	Блоки систем станції	1 _в (м)	1 _г (м)	U _Г (В)	U _В (В)
1	Блок живлення	2	2,5	0,09	0,09
2	Блок обробки сигналу	1	1,5	2,31	35,57
3	Мікропроцесорний блок	0,8	1	3,99	63,84

Допустимі коливання напруги живлення для різних ділянок:

$$U_{\text{д}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N \text{ [В]} \quad (5.6)$$

де $U_{\text{ж}}$ – напруга живлення, В;

N – допустимі коливання, %

Вся система живиться від змінної напруги 380(В) та напруги 220(В), а коло управління від 24(В) з допустимим коливанням $N=5\%$.

Допустимі коливання великого кола:

$$U_{\text{д}} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 \text{ (В)} .$$

Допустимі коливання кола:

$$U_{\text{д}} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 5 = 231 \text{ (В)} .$$

Допустима напруга для кола керування($U_{\text{ж}}=24\text{В}$):

$$U_{\text{д}} = 24 + \frac{24}{100} \cdot 5 = 25,2 \text{ (В)} .$$

Визначення напруги ($U_{\text{ж}}=380\text{В}$) наведеної у струмопровідній частині:

- вертикальної:

$$U_{\text{в}} = \frac{399}{10^2} = 3,99 \text{ (В)} ;$$

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля.

$$E_{\Gamma} = \frac{3,99}{2} = 1,995 \text{ (В / м) .}$$

Визначаємо вертикальну складову напруженості електричного поля.

$$E_B = \frac{E_{\Gamma}}{10^{-3}} \text{ [В / м] ;}$$

$$E_B = \frac{1,9}{10^{-3}} = 1995 \text{ (В / м) .}$$

Визначення напруги ($U_{\text{ж}}=220\text{В}$) наведеної у струмопровідній частині:

- вертикальної:

$$U_B = \frac{231}{10^2} = 2,31 \text{ (В) ;}$$

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля.

$$U_B = E_{\Gamma} \cdot l_B ;$$

$$E_{\Gamma} = \frac{U_B}{l_B} \text{ [В / м] ;}$$

$$E_{\Gamma} = \frac{2,31}{1} = 2,31 \text{ (В / м) .}$$

Визначаємо вертикальну складову напруженості електричного поля.

$$E_B = \frac{E_{\Gamma}}{10^{-3}} \text{ [В / м] ;}$$

$$E_B = \frac{2,31}{10^{-3}} = 2310 \text{ (В / м) .}$$

Визначення напруги ($U_{\text{ж}}=24 \text{ В}$) наведеної у струмопровідній частині:

- вертикальної:

$$U_B = \frac{25,2}{10^2} = 0,252 \text{ (В) ;}$$

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електричного поля.

$$U_B = E_{\Gamma} \cdot l_B ;$$

$$E_{\Gamma} = \frac{U_B}{l_B} [B / m] ;$$

$$E_{\Gamma} = \frac{0,252}{0,8} = 0,315 (B / m) .$$

Визначаємо вертикальну складову напруженості електричного поля.

$$E_B = \frac{E_{\Gamma}}{10^{-3}} [B / m] ;$$

$$E_B = \frac{0,3}{10^{-3}} = 315 (B / m) .$$

Отже, електрична частина станції буде безпечно працювати в умовах дії електромагнітного імпульсу за умови, що вертикальна складова напруженості електричного поля не буде перебільшувати $E_{\text{вгр}}=315 \text{ В/м}$.

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи електростанції в умовах надзвичайних ситуацій

Основними заходами щодо підвищення радіаційної безпеки можуть бути: використання в апаратурі радіаційної стійких елементів і матеріалів; застосування для захисту різних апаратних масивних екранів або активного захисту від дії радіації. При імпульсній дії іонізаційних випромінювань крім перерахованих заходів використовують: схеми малочутливі до зміни електричних параметрів; зменшення чутливості перемикальних схем до зміни вхідних сигналів і напруг джерел живлення; зниження напруги живлення на аноді і збільшення негативного зміщення сіток газорозрядних приладів; застосування пристроїв, що вимикають радіотехнічні схеми на час дії радіації; збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням та ін.

В умовах дії електромагнітного імпульсу, доцільно виконати захисне екранування даного обладнання, що дасть змогу зменшити його вплив. В якості

матеріалу для екрану вибираємо сталь, для якої перехідне затухання визначається за формулою:

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} \text{ [дБ]}; \quad (5.7)$$

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}} \text{ [см]}.$$

де t – товщина стінки екрана, см;

$f=15000$ Гц.

Визначаємо з даної формули товщину стінки екрана для кожного елемента блоків станції:

$$t_1 = \frac{72,8}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,12 \text{ (см)}$$

$$t_2 = \frac{53,2}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,08 \text{ (см)}$$

$$t_3 = \frac{66,7}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,1 \text{ (см)}$$

Отже застосування сталевого екрану суттєво підвищить стійкість роботи блоків станції.

Також, в даному розділі проаналізовано основні шкідливі фактори іонізуючих випромінювань та ЕМІ, можливі наслідки їх дій на електричну мережу, розроблено методи по підвищенню безпеки роботи електростанції.

При проведенні дослідження безпеки роботи елементів електричної станції в умовах дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу було визначено, що обладнання в умовах впливу на нього цих випромінювань буде працювати безпечно, оскільки під час експлуатації виконуватимуться наступні умови: рівень радіації $P_1 \leq 15,56$ Р/год, вертикальна складова напруженості електричного поля $E_B \leq 315$ В/м.

ВИСНОВКИ

Виконано критичний аналіз діючої моделі оптового ринку електроенергії України, розглянуто відомі моделі функціонування оптових ринків електроенергії, зокрема модель «єдиного покупця» та модель обов'язкового спотового ринку. В розділі наведено структуру лібералізованої моделі ринку електроенергії України, визначені її переваги та проблеми її практичного впровадження.

Відзначено необхідність гармонізації впроваджуваних в Україні моделей бізнес-процесів із відповідними європейськими моделями в частинах як загальної моделі ринку, так і окремих його сегментів згідно із рекомендаціями ENTSO-E. Показано, що нову модель ринку електричної енергії доцільно розробляти із застосуванням формалізованих підходів на базі сучасних інформаційних технологій, зокрема UMM, з урахуванням особливостей чинного національного законодавства та особливостей технологічних процесів в електроенергетиці. Побудовані таким чином моделі використовуватимуться при розробці технічних специфікацій та архітектури інформаційно-технологічних систем керування роботою сегментів ринку електроенергії, а також надаватимуть структурну основу для впровадження систем електронного бізнесу в електроенергетиці.

Дослідження принципів організації загальноєвропейського ринку електроенергії дозволило вперше в Україні побудувати гармонізовану з європейськими вимогами рольову модель лібералізованого ринку електроенергії в цілому та окремих його сегментів, а також гармонізувати ролі учасників та організацію цього ринку з європейськими моделями на основі використання формалізованого підходу до опису їх складових. Це дозволило привести розподіл ролей в лібералізованій моделі ринку електричної енергії України у відповідність із європейською гармонізованою моделлю. Показано, що окремі відмінності при цьому не впливають суттєвим чином на загальне подання моделі і стосуються виключно перерозподілу та закріплення відповідних ролей.

На основі проведених досліджень розроблені пропозиції щодо імплементації міжнародної європейської нормативної та регламентуючої бази, необхідної для впровадження розглянутих в роботі сегментів ринку електроенергії України. Зокрема, сформовано перелік регламентуючих документів ENTSO-E та міжнародних стандартів щодо процесів інформаційного обміну на ринку електричної енергії, адаптовані аналоги яких необхідно впровадити в Україні. Визначено перелік основних міжнародних стандартів серії IEC 62325, у відповідності із якими слід розробляти моделі інформаційного обміну в окремих сегментах ринку електроенергії України.

Розроблені рольові моделі ринку електричної енергії України практично використані під час розробки уточненої загальної схеми гармонізованої моделі ринку електроенергії для державного підприємства «НЕК Укренерго», що підтверджено відповідними актами впровадження. Практична значимість отриманих результатів підтверджується довідками управління інформаційних технологій НКРЕКП України. Результати виконаних досліджень використані під час гармонізації та впровадження в Україні міжнародні стандарти серії IEC 62325 «Інфраструктура комунікації на енергетичному ринку». Розроблені рольові моделі бізнес-процесів видачі кодів EIC (Energy Identification Coding scheme) та ідентифікації суб'єктів і об'єктів ринку електричної енергії, використані при розробці правил формування ідентифікаторів в ринку електроенергії України державним підприємством «Енергоринок».

Виконано опис організаційного розподілу та функціонального наповнення основних інформаційних систем суб'єктів ринку електроенергії, як складових комплексної системи управління ринком та деталізовано структуру автоматизованої інформаційної системи оператора БР. Результати досліджень практично використані під час розробки складових технічного завдання на впровадження автоматизованої інформаційної системи оператора балансуєчого ринку України в частині визначення вимог до складових цієї системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про ринок електричної енергії: Закон України № 2019-VIII від 13.04.2017 р.
2. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №307 від 14.03.2018 «Про затвердження Правил ринку».
3. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №308 від 14.03.2018 «Про затвердження правил ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку».
4. Блінов І.В. Теоретичні та практичні засади функціонування конкурентного ринку електроенергії. К.: Наукова думка, 2015. 250 с.
5. Кириленко О.В., Блінов І.В., Корхмазов Г.С., Попович В.І. Рольова модель конкурентного оптового ринку електричної енергії в Україні: концептуальна схема, сегменти та ролі учасників// Праці Ін-ту електродинаміки НАН України. 2010. Вип. 25. С. 5-13.
6. Блінов І.В., Попович В.І. Гармонізована рольова модель європейського ринку електроенергії. Проблеми загальної енергетики. 2011. №3(26). С. 5-11.
7. Борукаєв, З., Блінов, І., Остапченко, К., Чемерис, О., Шкарупило, В. Моделі та засоби автоматизації систем організаційного управління енергоринком: монографія. Publishing House «European Scientific Platform». 2022. С. 122. DOI: <https://doi.org/10.36074/mtzasoye-monograph.2022>
8. Блінов І.В., Парус Є.В., Шкарупило В.В. Структура та моделі інформаційної взаємодії учасників ринку електричної енергії. Вінниця: ГО «Європейська наукова платформа», 2021, 114 с. DOI: <https://doi.org/10.36074/stmivyree-monograph.2021>
9. Про затвердження Кодексу систем передачі: Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 309.
10. Про затвердження Кодексу систем розподілу: Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 310.

11. ENTSOE Operation Handbook. P5 - Policy 5: Emergency Operations.
12. Blinov I., Parus E. Approach of Reactive Power Pricing for Ancillary Service of Voltage Control in Ukraine. Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), 2014 IEEE International Conference on. 2014, pp. 145-148.
13. Ivanov H., Blinov I., Parus Ye. Simulation Model of New Electricity Market in Ukraine// 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), 2019, pp. 339-342. DOI: <https://doi.org/10.1109/ESS.2019.8764184>
14. Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC// Official journal of the European Union. 2009. L211. P. 55 – 93.
15. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №312 від 14.03.2018 «Про затвердження правил роздрібного ринку електричної енергії».
16. Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії: Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 311.
17. Lin J., Magnago F. Electricity Markets: Theories and Applications// IEEE Press Series on Power, 2017, pp. 352.
18. Power exchange spot market trading in Europe: theoretical considerations and empirical evidence. OSCOGEN, 2002, 29 p.
19. Blinov, I., Olefir, D., Parus, E., Kyrylenko, O. (2023). Improving the Efficiency of HPP and PSHPP Participation in the Electricity Market of Ukraine. In: Kyrylenko, O., Denysiuk, S., Derevianko, D., Blinov, I., Zaitsev, I., Zaporozhets, A. (eds) Power Systems Research and Operation. Studies in Systems, Decision and Control, vol 220. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-17554-1_3.
20. Бондаренко Є. А., Кутін В. М., Лежнюк П. Д. Навчальний посібник до розділу «Охорона праці» в магістерських кваліфікаційних роботах для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Навчальний посібник, 2018. 46 с.
21. Правила безпечної експлуатації електроустановок / Державний

Комітет України по нагляду за охороною праці. К.: 1998. 132 с.

22. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Київ, 2000.

23. Нетребський В. В., Лесько В. О., Нанака О. М., Ситник А. В. Методичні вказівки для курсової роботи з дисципліни «Економіка і організація виробництва» для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, спеціалізації «Електричні системи і мережі». Вінниця: ВНТУ, 2019. 55 с.

24. Сакевич В. Ф., Томчук М. А. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах (друге видання) навчальний посібник. Вінниця, ВНТУ, 2008. 141 с.

25. Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:2, 2021р. / А. О. Семенов, Л. П. Громова, Т. В. Макарова, О. В. Сердюк. Вінниця: ВНТУ, 2021. 60 с

ДОДАТОК А
ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ
ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Аналіз проблем формування цінових заявок в різних сегментах ринку електричної енергії

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра електричних станій та систем, факультет електроенергетики та електромеханіки

(кафедра, факультет)

ПОКАЗНИКИ ЗВІТУ ПОДІБНОСТІ UNICHECK

Оригінальність _____ Схожість _____

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____
(підпис)

Вишневський С.Я.
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____
(підпис)

Хомич Н.Г.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Комар В.О.
(прізвище, ініціали)

ДОДАТОК Б**Технічне завдання МКР**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В.О.

(наук. ст., вч. зв., ініц. та прізви.)

(підпис)

" ____ " _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

**Аналіз проблем формування цінових заявок в різних сегментах
ринку електричної енергії**
08-21.МКР.020.00.007 ТЗ

Керівник проекту: д.т.н., зав. каф. ЕСС

(підпис) Комар В. О.

Виконавець: ст. гр. ЕС-22мз

(підпис) Хомич Н.Г.

Вінниця 2024 р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

а) актуальність досліджень обумовлена тим, що відповідно до Закону «Про ринок електричної енергії» від 13.04.2017 № 2019-VIII в Україні з 01 липня 2019 року має бути впроваджено нову модель ринку електричної енергії. З початком функціонування в Україні нової моделі її учасники отримають широкий спектр інструментів та більш гнучку систему організації своєї діяльності, що дозволить підвищити конкурентну спроможність та інвестиційну привабливість української електроенергетики..

б) наказ ректора ВНТУ № 81 від 18 березня 2023 р. про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

- а) мета – аналіз основ організації лібералізованого ринку електричної енергії шляхом дослідження організації та взаємодії сегментів цього ринку;
- б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи з аналізу взаємодії різних сегментів ринку електричної енергії в Україні, що забезпечить виконання основних вимог щодо надійності електропостачання, якості електроенергії та економічності її транспортування.

3. Джерела розробки

Список використаних джерел розробки:

1. Про ринок електричної енергії: Закон України № 2019-VIII від 13.04.2017 р.
2. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №307 від 14.03.2018 «Про затвердження Правил ринку».
3. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг №308 від 14.03.2018 «Про затвердження правил ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку».
4. Блінов І.В. Теоретичні та практичні засади функціонування конкурентного ринку електроенергії. К.: Наукова думка, 2015. 250 с.

4. Завдання до виконання МКР

Формалізувати опис бізнес-інформаційних моделей та побудувати рольові моделі організації взаємодії учасників лібералізованого ринку електричної енергії України із використанням інформаційних технологій;

Визначити основні інформаційні системи операторів ринку електроенергії та виконати їх опис, структурований за критеріями організаційного розподілу і функціонального наповнення, з деталізацією складових автоматизованої інформаційної системи оператора балансуєчого ринку.

5. Етапи МКР та очікувані результати

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи		При- мітка
		початок	кінець	
1	Розроблення технічного завдання	16.01.24	28.01.24	
2	Аналіз літературних джерел	29.01.24	07.02.24	
3	Модель оптового ринку електроенергії України та цілі її подальшого розвитку	08.02.24	24.02.24	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	25.02.23	05.03.24	
5	Аналіз стратегій формування цінових заявок	06.03.24	07.04.24	
6	Оформлення пояснювальної записки	08.04.24	12.05.24	
7	Виконання графічної частини та оформлення презентації	12.05.24	22.05.24	

6. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР, ілюстративні матеріали, відгук наукового керівника, відгук рецензента, протоколи складання державних іспитів, анотації до МКР українською та іноземною мовами.

7. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

9. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:2, 2021 р.

10. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Відсутні.

ДОДАТОК В

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

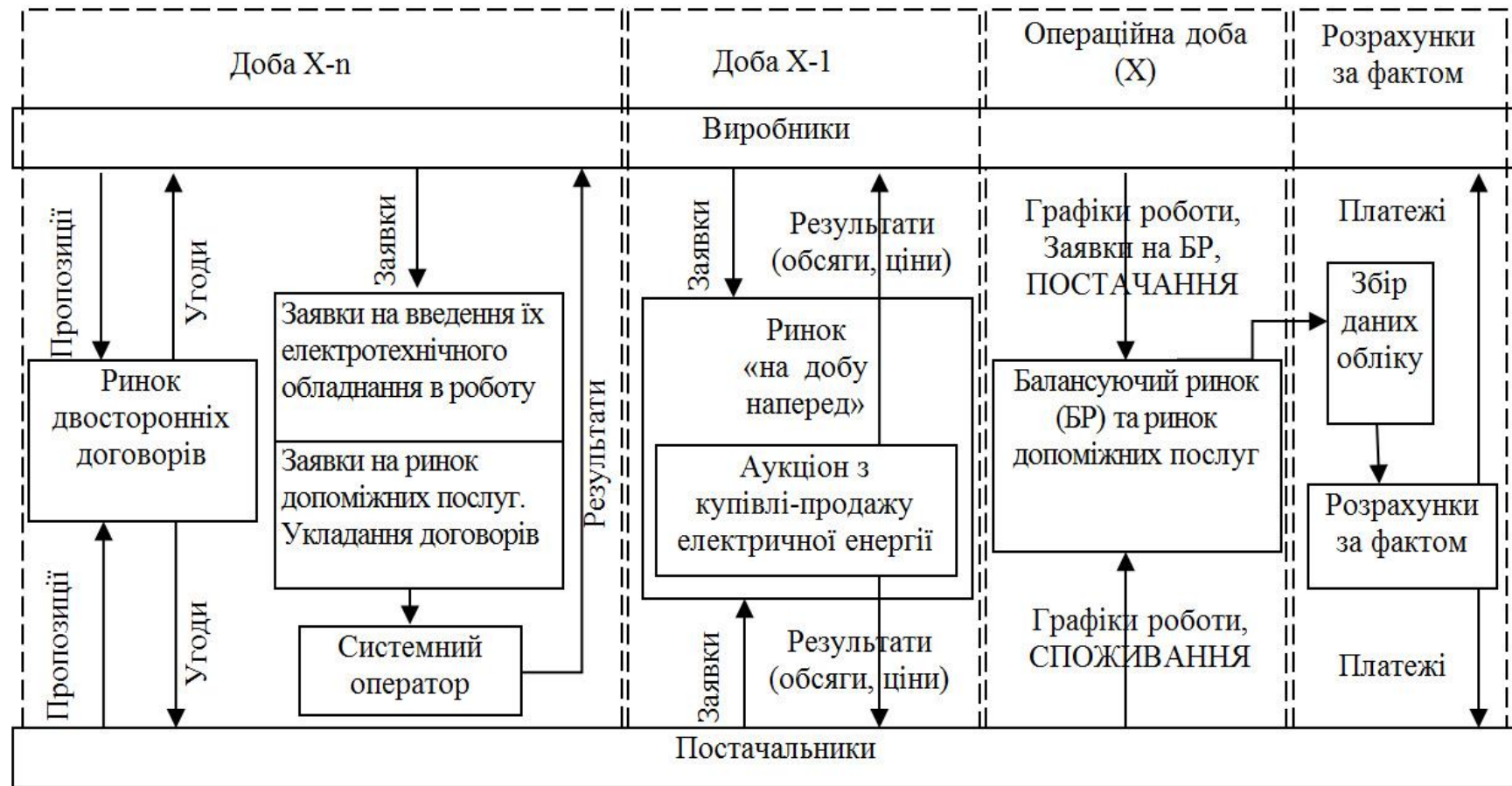


Рисунок 1 – Основі сегменти лібералізованого ринку електроенергії

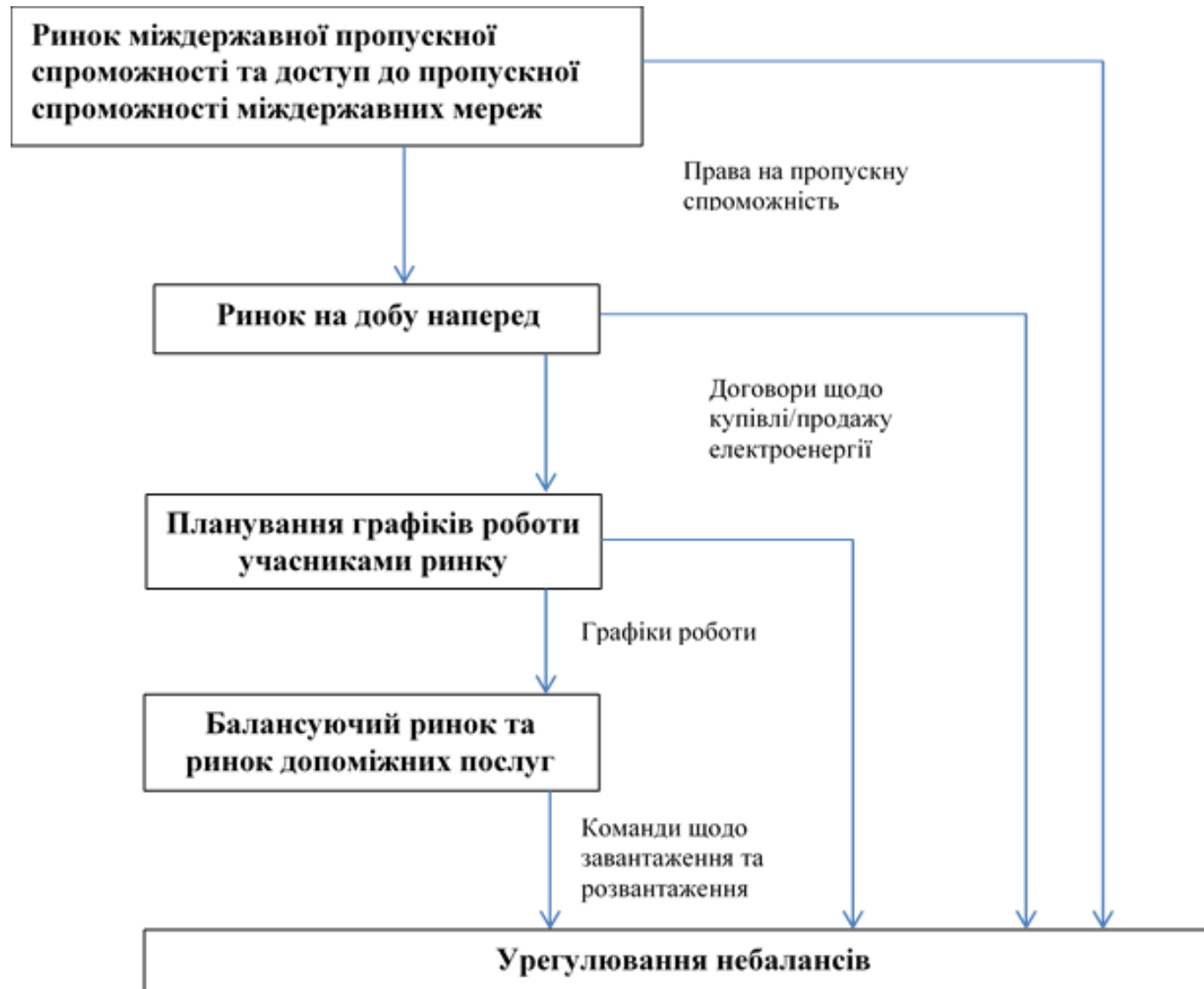


Рисунок 2 – Взаємозв’язок між основними сегментами лібералізованого ринку

