

УДК 621.316

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ ФУНКЦІЙ ЧИСТОГО ЕКСПОРТУ ПРИ СПОЛУЧЕННІ РИНКІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

І.В. Блінов, канд. техн. наук, **Є.В. Парус**, канд. техн. наук

Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ, 03680, Україна

Викладено результати досліджень особливостей формування функції чистого експорту електроенергії як основи методу децентралізованого сполучення ринків для врахування обмежень на потоки електроенергії в магістральних електричних мережах. Наведено правила розрахунку значення чистого експорту за різних відношень між попитом та пропозицією електроенергії локального ринку. За результатами досліджень щодо діапазонів, у межах яких значення функції чистого експорту має розраховуватись за окремими формулами, розроблено математичну модель функції чистого експорту, яка дає змогу повною мірою використовувати можливість експорту та імпорту електроенергії як для окремих областей одного ринку електроенергії, так і для взаємодії між ринками електроенергії різних країн. Бібл. 5, рис. 4, таблиця.

Ключові слова: ринок електроенергії, експорт електроенергії, мережеві обмеження, математична модель.

Вступ. Одним з центральних сегментів конкурентної моделі ринку електричної енергії є ринок «на добу наперед» (РДН), що може бути організований як біржа електроенергії. При цьому однією з принципових проблем функціонування РДН є питання про необхідність врахування мережевих обмежень, що виникають в електроенергетичній системі при зведенні балансу попиту та пропозиції електроенергії учасників ринку, зокрема, і при міждержавній торгівлі [1]. Одним із способів врахування мережевих обмежень на РДН, що організований для кількох окремих ринків електроенергії або областей одного ринку, є метод децентралізованого сполучення ринків (*Decentralised Market Coupling - DMC*) [2, 3, 5]. Такий спосіб дає можливість спільно розв'язати дві основні задачі, а саме виконати оптимізацію потоків електроенергії між об'єднаними областями ринку, а також узгодити попит та пропозицію всередині області з урахуванням операцій імпорту та експорту електроенергії від однієї області ринку до іншої.

Основою способу *DMC* є формування функцій чистого експорту (ФЧЕ – *Net Export Curves*) [1, 3, 5]. Ця функція визначає алгебраїчну різницю між функціями попиту та пропозиції на аукціоні електроенергії [2], а саме: $f^{\text{ФЧЕ}}(C) = P^{\text{проп}}(C) - P^{\text{поп}}(C)$.

У свою чергу попит на електроенергію в ФЧЕ задано залежністю обсягу попиту від його ціни $P^{\text{поп}}(C)$, а пропозицію – аналогічною функцією $P^{\text{проп}}(C)$. Приклад формування ФЧЕ у випадку використання на ринку електроенергії цінових заявок та пропозицій дискретного (ступінчастого) типу показано на рис. 1.

При побудові ФЧЕ ступінчастого типу виконується аналіз діапазонів значень ціни чи обсягів електроенергії між відповідними точками зламу функцій попиту і пропозиції. З рис. 1 видно, що ФЧЕ мають області додатних та від'ємних значень обсягів електроенергії, причо-

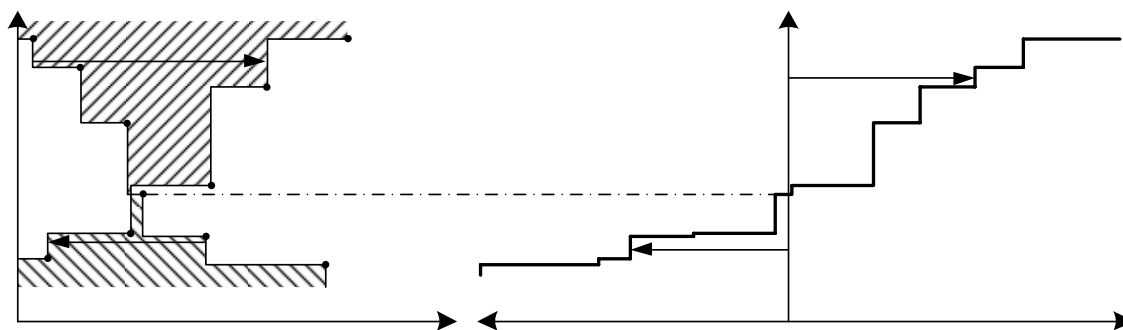


Рис. 1

на рис. 2 а графіками попиту та пропозиції. Очевидно, що цінові пропозиції з ціною, не вищою за $C_{min}^{проп}$, здатні повністю витіснити власну пропозицію локального ринку електроенергії. Тому для ціни $C < C_{min}^{проп}$ функція чистого експорту ФЧЕ(C) матиме значення, що відповідає максимальному обсягу попиту: $ФЧЕ(C) = -P^{поп}(C_{min}^{поп}), C < C_{min}^{проп}$.

У межах інтервалу цін $C_{min}^{проп} \leq C \leq C_{max}^{проп}$ цінові пропозиції з імпорту електроенергії мають конкурувати з власною пропозицією локального ринку. Таким чином, ємність імпорту електроенергії в даному ціновому діапазоні відповідатиме максимальному значенню попиту на електроенергію за виключенням власної пропозиції локального ринку:

$$ФЧЕ(C) = P^{проп}(C) - P^{поп}(C_{min}^{поп}), C_{min}^{проп} \leq C \leq C_{max}^{проп}.$$

У межах інтервалу цін $C_{max}^{проп} < C < C_{min}^{поп}$ власну пропозицію локального ринку електроенергії використано повністю і ємність імпорту електроенергії дорівнюватиме значенню дисбалансу між попитом та пропозицією цього ринку:

$$ФЧЕ(C) = P^{дисбал} = P^{проп}(C_{max}^{проп}) - P^{поп}(C_{min}^{поп}), C_{max}^{проп} < C < C_{min}^{поп}.$$

У сфері цін, вищих за $C_{min}^{поп}$, потенціал імпорту локального ринку електроенергії зменшуватиметься і досягне нульового значення за ціни $C^{бал}$. Для відображеного на рис. 2 а відношення між попитом та пропозицією чисельне значення $C^{бал}$ розраховується шляхом розв'язання рівняння: $P^{поп}(C^{бал}) = P^{проп}(C_{max}^{проп})$. Таким чином, отримуємо інтервал цін $C_{min}^{поп} \leq C < C^{бал}$, в якому ємність імпорту локального ринку електроенергії обчислюватиметься за формулою $ФЧЕ(C) = P^{проп}(C_{max}^{проп}) - P^{поп}(C), C_{min}^{поп} \leq C < C^{бал}$.

Відповідно для ціни $C = C^{бал}$ ємність імпорту електроенергії дорівнюватиме нулю:

$$ФЧЕ(C) = 0, C = C^{бал}.$$

Область цін $C > C^{бал}$ характеризується наявністю попиту на електроенергію з цінами, більш привабливими, ніж власний попит локального ринку. Таким чином, в інтервалі цін $C^{бал} < C \leq C_{max}^{поп}$ локальний ринок електроенергії набуває властивості потенційного експортера електроенергії по відношенню до ринків з граничними цінами $C > C^{бал}$. Потенціал експорту електроенергії локального ринку для відображеного на рис. 2 а відношення між попитом та пропозицією обчислюватиметься за формулою $ФЧЕ(C) = P^{проп}(C_{max}^{проп}) - P^{поп}(C), C^{бал} < C \leq C_{max}^{поп}$.

При граничних цінах $C > C_{max}^{поп}$ власний попит на електроенергію повністю витісняється більш вигідним попитом інших ринків, і вся пропозиція електроенергії спрямовується на задоволення експортного потенціалу: $ФЧЕ(C) = P^{проп}(C_{max}^{проп}), C > C_{max}^{поп}$.

Таким чином, математична модель ФЧЕ для наведеного на рис. 2 а відношення між попитом та пропозицією матиме такий вигляд:

$$ФЧЕ(C) = \begin{cases} -P^{поп}(C_{min}^{поп}), C < C_{min}^{проп}, & (а) \\ P^{проп}(C) - P^{поп}(C_{min}^{поп}), C_{min}^{проп} \leq C \leq C_{max}^{проп}, & (б) \\ P^{дисбал} = P^{проп}(C_{max}^{проп}) - P^{поп}(C_{min}^{поп}), C_{max}^{проп} < C < C_{min}^{поп}, & (в) \\ P^{проп}(C_{max}^{проп}) - P^{поп}(C), C_{min}^{поп} \leq C < C^{бал}, & (г) \\ 0, C = C^{бал}, & (д) \\ P^{проп}(C_{max}^{проп}) - P^{поп}(C), C^{бал} < C \leq C_{max}^{поп}, & (е) \\ P^{проп}(C_{max}^{проп}), C > C_{max}^{поп}. & (є) \end{cases} \quad (1)$$

З математичної моделі (1) видно, що точка переходу графіка ФЧЕ від області імпорту до області експорту $C = C^{бал}$ має виключно символічне значення. Дійсно, в ціновому діапазоні $C_{min}^{поп} \leq C \leq C_{max}^{поп}$ значення функції ФЧЕ у загальному випадку розраховується як різниця між максимальним значенням пропозиції електроенергії та значенням попиту на електроенергію

для заданого рівня граничної ціни C : $P^{\text{проп}}(C_{\text{max}}^{\text{проп}}) - P^{\text{поп}}(C)$. Таким чином, варіанти z , d та e в (1) можливо узагальнити до єдиної формули розрахунку. Тоді вираз (1) набуває вигляду

$$\text{ФЧЕ}(C) = \begin{cases} -P^{\text{поп}}(C_{\text{min}}^{\text{поп}}), C < C_{\text{min}}^{\text{проп}}, \\ P^{\text{проп}}(C) - P^{\text{поп}}(C_{\text{min}}^{\text{поп}}), C_{\text{min}}^{\text{проп}} \leq C \leq C_{\text{max}}^{\text{проп}}, \\ P^{\text{дисбал}} = P^{\text{проп}}(C_{\text{max}}^{\text{проп}}) - P^{\text{поп}}(C_{\text{min}}^{\text{поп}}), C_{\text{max}}^{\text{проп}} < C < C_{\text{min}}^{\text{поп}}, \\ P^{\text{проп}}(C_{\text{max}}^{\text{проп}}) - P^{\text{поп}}(C), C_{\text{min}}^{\text{поп}} \leq C_{\text{max}}^{\text{поп}}, \\ P^{\text{проп}}(C_{\text{max}}^{\text{проп}}), C > C_{\text{max}}^{\text{поп}}. \end{cases} \quad (2)$$

Введемо позначення максимальних обсягів попиту та пропозиції, значення яких достатньо розрахувати один раз перед аналізом відповідних функцій. Максимальний обсяг попиту $P_{\text{max}}^{\text{поп}}$ дорівнює сумі всіх заявок з купівлі електроенергії, поданих до участі у торгах. Використовуючи функцію попиту $P^{\text{поп}}(C)$, максимальний його обсяг можна розрахувати як $P_{\text{max}}^{\text{поп}} = P^{\text{поп}}(C_{\text{min}}^{\text{поп}})$. Аналогічно значення максимального обсягу пропозиції $P_{\text{max}}^{\text{проп}}$ дорівнює сумі всіх заявок з продажу електроенергії, поданих до участі в торгах. За сформованої функції пропозиції $P^{\text{проп}}(C)$ максимальний її обсяг можна розрахувати як $P_{\text{max}}^{\text{проп}} = P^{\text{проп}}(C_{\text{max}}^{\text{проп}})$.

Так само обсяг дисбалансу між попитом та пропозицією розраховується один раз перед аналізом функцій попиту та пропозиції: $P^{\text{дисбал}} = P_{\text{max}}^{\text{проп}} - P_{\text{max}}^{\text{поп}}$.

Тоді вираз (2) набуває вигляду

$$\text{ФЧЕ}(C) = \begin{cases} -P_{\text{max}}^{\text{поп}}, C < C_{\text{min}}^{\text{проп}}, \\ P^{\text{проп}}(C) - P_{\text{max}}^{\text{поп}}, C_{\text{min}}^{\text{проп}} \leq C \leq C_{\text{max}}^{\text{проп}}, \\ P^{\text{дисбал}}, C_{\text{max}}^{\text{проп}} < C < C_{\text{min}}^{\text{поп}}, \\ P_{\text{max}}^{\text{проп}} - P^{\text{поп}}(C), C_{\text{min}}^{\text{поп}} \leq C_{\text{max}}^{\text{поп}}, \\ P_{\text{max}}^{\text{проп}}, C > C_{\text{max}}^{\text{поп}}. \end{cases} \quad (3)$$

На рис. 2 а показано ситуацію, коли сумарний обсяг попиту більший за сумарний обсяг пропозиції. Аналізуючи протилежну ситуацію, коли сумарний обсяг попиту менший за сумарний обсяг пропозиції, так само приходимо до математичних моделей (2) та (3). Таким чином, математична модель (3) може використовуватись для обох розглянутих випадків.

Розглянемо ситуацію, коли графіки попиту та пропозиції не перетинаються, але $C_{\text{max}}^{\text{проп}} > C_{\text{min}}^{\text{поп}}$, як показано на рис. 2 б. Особливістю відображеного на рис. 2 б випадку є діапазон цін $C_{\text{min}}^{\text{поп}} \leq C \leq C_{\text{max}}^{\text{проп}}$. У такому діапазоні цін графік ФЧЕ формується за класичним правилом як різниця між значеннями обсягів попиту і пропозиції:

$$\text{ФЧЕ}(C) = P^{\text{проп}}(C) - P^{\text{поп}}(C), C_{\text{min}}^{\text{поп}} \leq C \leq C_{\text{max}}^{\text{проп}}.$$

За результатами аналізу різних відношень між графіками попиту та пропозиції, що можуть скластися під час торгів на двосторонньому аукціоні електроенергії, зроблено такі висновки:

1. Класичне правило розрахунку функції ФЧЕ як різниця між значеннями функцій пропозиції та попиту на електроенергію при заданому значенні ціни є коректним лише для області цін, де визначені функції і попиту, і пропозиції.

2. Графік ФЧЕ в області цін, де визначено лише функцію пропозиції електроенергії, відтворює графік функції пропозиції в цій області цін.

3. Графік ФЧЕ в області цін, де визначено лише функцію попиту на електроенергію, відтворює графік функції, оберненої до функції попиту в цій області цін.

4. Якщо графіки функцій попиту та пропозиції електроенергії не перетинаються та не мають спільної області цін, то графік функції ФЧЕ додатково зміщується паралельно осі обсягів електроенергії на величину дисбалансу обсягів електроенергії – різницю між значеннями максимальної пропозиції та максимального попиту.

5. В усіх випадках графік ФЧЕ перетинається з віссю ціни в точці граничної ціни, визначеної за класичними правилами розрахунку таких цін [4].

Слід окремо виділити випадок, коли $C_{min}^{проп} < C_{max}^{поп}$. На рис. 3 показано, що за таких відношень між попитом та пропозицією баланс електроенергії сформувати неможливо, що призводить до анулювання результатів торгів для ізолюваного ринку електроенергії. Графік ФЧЕ, складений для такого відношення між попитом та пропозицією, протирічить фундаментальним законам проведення торгів. Тому ситуацію, коли $C_{min}^{проп} < C_{max}^{поп}$, слід враховувати в моделі ФЧЕ лише для сигналізації про те, що торги на аукціоні реалізувати неможливо.

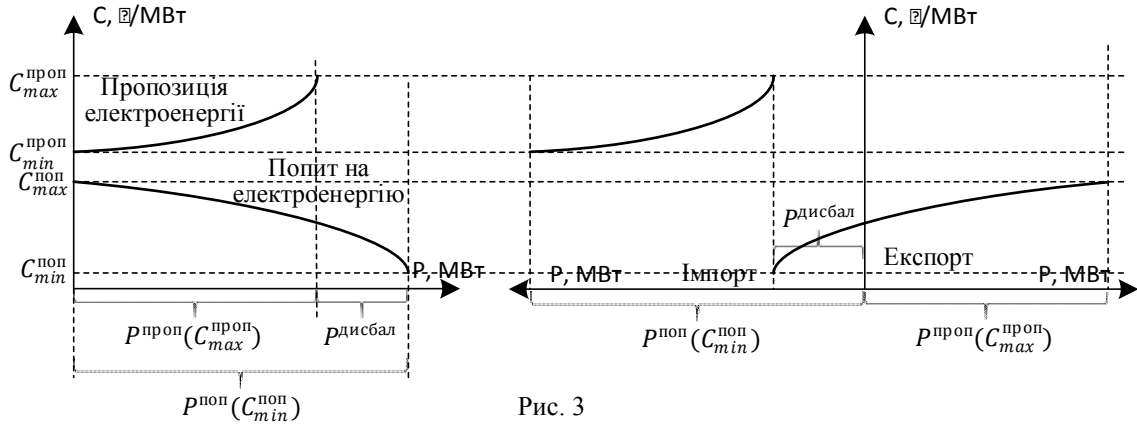


Рис. 3

За результатами аналізу різних випадків відношень між графіками попиту та пропозиції електроенергії виділено вісім інтервалів цін, в яких розрахунок ФЧЕ має свої особливості. Графічне відображення таких областей показано на рис. 4, а їх математичний опис зведено до таблиці.

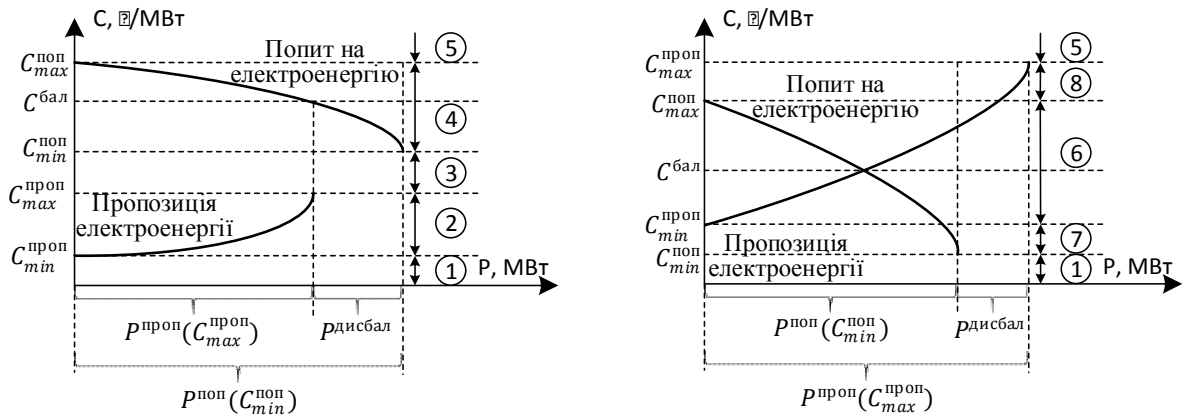


Рис. 4

Інтервал	Відношення цін	Формула розрахунку ФЧЕ
1	$C < C_{min}^{проп} ; C < C_{min}^{поп}$	$\PhiЧЕ(C) = -P^{поп}(C_{min}^{поп})$
2	$C_{min}^{проп} \leq C \leq C_{max}^{проп} ; C < C_{min}^{поп}$	$\PhiЧЕ(C) = P^{проп}(C) - P^{поп}(C_{min}^{поп})$
3	$C > C_{max}^{проп} ; C < C_{min}^{поп}$	$\PhiЧЕ(C) = P^{проп}(C_{max}^{проп}) - P^{поп}(C_{min}^{поп})$
4	$C > C_{max}^{проп} ; C_{min}^{поп} \leq C \leq C_{max}^{поп}$	$\PhiЧЕ(C) = P^{проп}(C_{max}^{проп}) - P^{поп}(C)$
5	$C > C_{max}^{проп} ; C > C_{max}^{поп}$	$\PhiЧЕ(C) = P^{проп}(C_{max}^{проп})$
6	$C_{min}^{проп} \leq C \leq C_{max}^{проп} ; C_{min}^{поп} \leq C \leq C_{max}^{поп}$	$\PhiЧЕ(C) = P^{проп}(C) - P^{поп}(C)$
7	$C < C_{min}^{проп} ; C_{min}^{поп} \leq C \leq C_{max}^{поп}$	$\PhiЧЕ(C) = -P^{поп}(C)$
8	$C_{min}^{проп} \leq C \leq C_{max}^{проп} ; C > C_{max}^{поп}$	$\PhiЧЕ(C) = P^{проп}(C)$

Деякі з наведених у таблиці цінових інтервалів мають однакові формули розрахунку значення ФЧЕ. Такі інтервали можливо об'єднати, що зменшить розмірність системи рівнянь розрахунку ФЧЕ. Наприклад, 1- і 7-й інтервали цін можливо об'єднати у ціновий інтервал $C < C_{min}^{проп}; C \leq C_{max}^{проп}$ з відповідною формулою розрахунку. Так само об'єднуються 5- та 8-й інтервали цін. Тоді математична модель для розрахунку значення функції ФЧЕ, яка враховує будь-які відношення між попитом та пропозицією електроенергії, що можуть скластися під час торгів (за умови, що під час торгів можливо сформувати баланс між попитом та пропозицією), матиме такий вигляд:

$$\Phi_{ЧЕ}(C) = \begin{cases} -P^{поп}(C_{min}^{проп}), C < C_{min}^{проп}; C \leq C_{max}^{проп}, \\ P^{проп}(C) - P^{поп}(C_{min}^{проп}), C_{min}^{проп} \leq C \leq C_{max}^{проп}; C < C_{min}^{поп}, \\ P^{проп}(C_{max}^{проп}) - P^{поп}(C_{min}^{поп}), C > C_{max}^{проп}; C < C_{min}^{поп}, \\ P^{проп}(C_{max}^{проп}) - P^{поп}(C), C > C_{max}^{проп}; C_{min}^{поп} \leq C \leq C_{max}^{поп}, \\ P^{проп}(C_{max}^{проп}), C_{min}^{поп} \leq C; C > C_{max}^{поп}, \\ P^{проп}(C) - P^{поп}(C), C_{min}^{проп} \leq C \leq C_{max}^{проп}; C_{min}^{поп} \leq C \leq C_{max}^{поп}. \end{cases} \quad (4)$$

Підставимо в (4) константні вирази $P_{max}^{проп}$ та $P_{max}^{поп}$, означені раніше. Тоді математична модель (4) набуде вигляду

$$\Phi_{ЧЕ}(C) = \begin{cases} -P_{max}^{поп}, C < C_{min}^{проп}; C \leq C_{max}^{проп}, \\ P^{проп}(C) - P_{max}^{поп}, C_{min}^{проп} \leq C \leq C_{max}^{проп}; C < C_{min}^{поп}, \\ P_{max}^{проп} - P_{max}^{поп}, C > C_{max}^{проп}; C < C_{min}^{поп}, \\ P_{max}^{проп} - P^{поп}(C), C > C_{max}^{проп}; C_{min}^{поп} \leq C \leq C_{max}^{поп}, \\ P_{max}^{проп}, C_{min}^{проп} \leq C; C > C_{max}^{поп}, \\ P^{проп}(C) - P^{поп}(C), C_{min}^{проп} \leq C \leq C_{max}^{проп}; C_{min}^{поп} \leq C \leq C_{max}^{поп}, \end{cases} \quad (5)$$

Як видно з (4) та (5), чисельні значення функцій попиту та пропозиції електроенергії, які використовуються для розрахунку значень ФЧЕ, залежать від відношень між ціною, для якої виконується розрахунок ФЧЕ, та граничними значеннями цін графіків попиту та пропозиції. Таким чином, можливо використати універсальну формулу розрахунку значень ФЧЕ як $\Phi_{ЧЕ}(C) = P^{проп}(C) - P^{поп}(C)$, якщо ввести додаткові умови розрахунків значень функцій попиту та пропозицій:

$$P^{проп}(C) = \begin{cases} 0, C < C_{min}^{проп}, \\ f(C), C_{min}^{проп} \leq C \leq C_{max}^{проп}, \\ P_{max}^{проп}, C > C_{max}^{проп}, \end{cases} \quad P^{поп}(C) = \begin{cases} 0, C > C_{max}^{поп}, \\ f(C), C_{min}^{поп} \leq C \leq C_{max}^{поп}, \\ P_{max}^{поп}, C < C_{min}^{поп}. \end{cases} \quad (6)$$

Частина чисельних значень виразів у додаткових умовах (6) розраховується до початку аналізу графіка функцій ФЧЕ. Їх використання зменшує кількість обчислювальних дій при розрахунках ФЧЕ.

Наведені в статті залежності сформовано виходячи з припущення, що попит та пропозиція на РДН подаються функціями обсягів електроенергії від її ціни, що відображаються гладкими безперервними графіками. Таке припущення дало змогу більш просто здійснити аналіз відношень між попитом та пропозицією на РДН та сформувати принципи побудови математичної моделі для розрахунків значень ФЧЕ. Проте на ринках електроенергії використовуються цінові заявки та пропозиції, які формують кусково-лінійні та ступінчасті графіки попиту та пропозиції. Аналіз особливостей врахування таких графіків попиту та пропозиції виходить за межі цієї публікації та буде висвітлено окремо.

Висновки. За результатами досліджень різних відношень між попитом та пропозицією на двосторонньому аукціоні електроенергії визначено основні правила розрахунків потенціалу експорту та ємності імпорту електроенергії. Виділено вісім цінових діапазонів, у межах яких значення функції чистого експорту має розраховуватись за окремими формулами.

Розроблено принципи формування математичних моделей для розрахунку значень функції чистого експорту, які стали основою побудови математичної моделі для розрахунку значень ФЧЕ, яка дає змогу повною мірою використовувати можливості експорту та імпорту електроенергії як для окремих областей одного ринку електроенергії, так і для взаємодії між ринками електроенергії різних країн з урахуванням цінових заявок та пропозицій різних типів.

1. *Блінов І.В.* Зональне ціноутворення як спосіб врахування мережевих обмежень на біржі електроенергії // Проблеми загальної енергетики. – 2011. – № 2(25). – С. 49–53.
2. *Блінов І.В., Парус Є.В.* Аспекти використання ліній чистого експорту для об'єднання трьох ринків електроенергії // Електропанорама. – 2013. – № 11. – С. 21–23.
3. *Блінов І.В., Парус Є.В.* Зональне врахування мережевих обмежень на ринку «на добу наперед». Загальний огляд // Електропанорама. – 2013. – № 5. – С. 33–35.
4. *Тушенов А.А.* Рынок электроэнергетики: от монополии к конкуренции. – М: Энергоатомиздат, 2007. – 416 с.
5. *Trilateral market coupling algorithm* // POWERNEXT. – 2006. – 25 с.

УДК 621.316

И.В. Блиннов, канд. техн. наук, **Е.В. Парус**, канд. техн. наук

Институт электродинамики НАН Украины,

пр. Победы, 56, Киев, 03680, Украина

Исследование принципов построения функций чистого экспорта при слиянии рынков электроэнергетики

Представлены результаты исследования особенностей формирования функций чистого экспорта электрической энергии как основы метода децентрализованного слияния рынков для учета ограничений на потоки электрической энергии в магистральных сетях на рынке «на сутки вперед». Приведены правила расчета значения чистого экспорта при различных соотношениях между спросом и предложением на электрическую энергию в локальном рынке. На основе проведенных исследований выделены диапазоны граничных цен, в пределах которых значения функций чистого экспорта должны рассчитываться по отдельным формулам. Приведены функции вычисления потенциала экспорта и/или емкости импорта для каждого из этих диапазонов. На конкретных примерах продемонстрированы подходы к составлению математической модели функции чистого экспорта, которая позволяет в полной мере учитывать потенциал экспорта и емкость импорта электрической энергии как между отдельными областями единого рынка электроэнергетики, так и при взаимодействии между рынками электрической энергии разных стран.

Разработаны принципы формирования математической модели функции чистого экспорта, использование которых позволяет формализовать правила формирования таких функций. Составлена базовая математическая модель функции чистого экспорта, на основе которой возможно реализовать унифицированный метод учета сетевых ограничений на рынке электрической энергии, который не зависит от особенностей структуры электрической сети и типов ценовых заявок, применяемых в процессе торгов на аукционе электрической энергии. Библ. 5, рис. 4, таблица.

Ключевые слова: рынок электроэнергетики, экспорт электроэнергетики, сетевые ограничения, математическая модель.

I. Blinov, Ye. Parus

Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine,

Peremohy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Research of construction principles of net export functions in view of the electricity market coupling

The article presents the results of research the features of construction of net export functions of electricity. These functions are the basis of decentralized market coupling method for the constraint satisfaction of the electricity flows in transmission networks on the "day-ahead" market. The rules for calculating the value of net export at different ratios between supply and demand for electricity in the local market are shown.

Based on these researches the ranges of the clearing prices in which limits the value of net export functions should be calculated for individual formulas are allocated. The functions of calculation the export potential and/or import capacities for each of these ranges are presented. On concrete examples are shown the approaches to building of mathematical model of function of net export which allows to fully take into account the export potential and import capacity of electricity as well as between separate areas of the united electricity market, and at interaction between the electricity markets of the different countries. The construction principles of mathematical model of net export functions are developed. The use of which allows to formalize the rules of formation of such functions. The basic mathematical model of net export function is built. Based on which it is possible to implement a unified method of accounting network constraints on the electricity market, which does not depend on the features of electrical network structure and the types of price bids used in the bidding process at the electricity auction. References 5, figures 4, table.

Key words: electricity market, electricity export, network constraints, mathematical model.

Надійшла 14.01.2015

Received 14.01.2015