УДК 336 І 19

Н.М. Іванілова
Дніпропетровський національний університет

ЗНАЧЕННЯ КОНТРАКТІВ НА СУЧАСНИХ ДЕРЕГУЛЬОВАНИХ РИНКАХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

© Іванілова Н. М., 2006

Проаналізовано вплив строкових угод між виробниками електроенергії та її покупцями на ефективність функціонування дерегульованих ринків електроенергії. Наведені основні характеристики строкових угод, що укладаються на дерегульованих ринках. Запропоновано модель взаємодії ринку контрактів та ринку спот. Проаналізовано стратегічний ефект цієї взаємодії на конкурентні ціни спот на електроенергію.

The paper provides the analysis of influence of contracts between generators of electricity and retailers on the effectiveness of performing of deregulated electricity markets. The basic features of term agreements in deregulated markets are described. We propose the model of interaction of contract market and spot market. The strategic effect of this interaction on competitive spot electricity prices is analyzed.

Постановка проблеми

Лібералізація ринків електроенергії є однією з найпомітніших тенденцій, що склалися у світовому господарстві протягом приблизно двох останніх десятиріч, охопивши як розвинені країни, так і ті, що розвиваються. Актуальним є це питання і для України, яка за темпами перетворень поки що помітно відстає від своїх найближчих сусідів. Накопичений у світі досвід показує, що однією з критичних складових успіху лібералізації ринку електроенергії є створення працездатної організаційної структури відношень між учасниками, що відповідала б його специфіці. Спеціалісти вказують на численні проблеми, що пов′язані з фізичними особливостями електроенергії як товару: необхідність підтримання у реальному часі балансу попиту та пропозиції, нерівномірність попиту у часі як для довгострокових, так і короткострокових та понадкороткострокових (погодинних) періодах, питання ефективного завантаження трансмісійних ліній тощо. Це ускладнює пошук ефективних схем, що дали б змогу сформувати раціональну систему спонукань для учасників дерегульованого ринку. Серед інструментів, за допомогою яких ці схеми можна успішно реалізувати, особливе місце займають строкові угоди–контракти. На діючих дерегульованих ринках діє досить складна система контрактів, що відрізняються між собою за базовими характеристиками. Характерним є існування значущого взаємного впливу не тільки між контрактами різного типу, які співіснують на ринку, але і між контрактним ринком та ринком поточних угод. Результати цієї взаємодії впливають не тільки на діяльність окремих учасників енергоринку, але й на сам ринок, його організацію та структуру. Проблемою, що досліджується в цій роботі, є аналіз механізму цієї взаємодії, знання якого є необхідним для подальшого пошуку шляхів підвищення його ефективності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Відношення до контрактів між виробниками електроенергії та її покупцями на конкурентних енергоринках тривало довго. Точка зору, викладена Вільямсоном (1976) та Голдбергом (1976) про те, що довгострокові контракти як шлях вирішення проблем, пов’язаних з регулюванням натуральної монополії, не є ефективним інструментом, домінувала досить довго. Їх аргументація, що базувалася на наявності існування значних коштів, виникаючих при контрактингу в умовах невизначеності та середовища, що змінюється, доповнювали інші економісти, які посилалися на збільшення через довгострокові контракти ринкової сили виробників електроенергії, і без того

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

досить значної. Насправді, значна ринкова сила виробників електроенергії, причини якої криються у неможливості ефективного зберігання електроенергії як товару та низькій еластичності попиту на неї, була одним з провідних мотивів, що стимулювали пошук економістами та спеціалістами з регуляторної політики нових форм відношень між виробниками електроенергії та її споживачами. За проведеними дослідженнями (Боренштейн (2002), Йосков і Кан (2002), Волак і Патрік (2001), Вольфрам (1999)), навіть на ринках, які було реструктуризовано, існувало значне перевищення цін над граничними витратами генеруючи виробників. Ідея коригування цін через поширення конкуренції серед учасників ринку спричиняла надання пріоритетів у організації ринку гнучкішим інструментам. Ситуація змінилася після низки криз, що відбулися на конкурентних дерегульованих ринках, серед яких, напевно, найвідомішою була криза на Каліфорнійському ринку електроенергії (США) у 2000 році. У пошуках причин Бушнел у деяких роботах довів, що однією з найважливіших причин кризи була порівняно невисока частка контрактів між виробниками і споживачами на цьому ринку, причому саме довгострокових контрактів. Як було показано у роботах Ньюбері, Вільямса та інших, окрім безпосереднього призначення, тобто хеджування ризику несприятливих коливань поточних цін, контракти мають додаткову властивість. Ціни, що формуються на контрактному ринку, впливають на рівень цін на ринку спот, змінюючи умови конкуренції на ньому. Цю властивість називають *стратегічним ефектом* форвардних контрактів. Переважна більшість дослідників погоджується, що в результаті ринок спот стає конкурентнішим і ефективнішим. Метою цієї роботи є дослідження механізму взаємодії контрактного ринку і ринку спот та аналіз впливу цієї взаємодії на конкурентні ринкові ціни.

З великого діапазону типів енергетичних контрактів нас будуть цікавити насамперед так звані фінансові контракти, частка яких на ринках є досить значною. На відміну від фізичних контрактів, які передбачають безпосереднє (фізичне) постачання електроенергії покупцям, вони є винятково фінансовими інструментами і схожі за характеристиками з строковими фінансовими деривативами, що функціонують на фінансових ринках. Найпоширенішими серед фінансових контрактів є контракти на різницю цін. Коли вони супроводжують фізичні постачання, їх головним призначенням є хеджування ризиків надмірних коливань спот-цін. Розрізняють два основних типи таких контрактів – односторонні та двосторонні. Односторонні контракти визначають певну цільову ціну. Якщо ціна на спот-ринку впаде нижче цієї ціни, покупці сплачують ціну спот-ринку; якщо вона буде вище цільової ціни, покупці також сплачують ціну спот-ринку, але продавці (виробники електроенергії) компенсують їм різницю. Двосторонні контракти відрізняються тим, що функціонують як форвардні контракти, тобто покупці та продавці погоджуються купити / продати електроенергію за фіксованою ціною на фіксований період часу. Якщо спот-ціна перевищує ціну реалізації такого контракту, виробники компенсують покупцям різницю, якщо спот-ціна падає нижче від ціни реалізації, покупці компенсують виробникам різницю. Двосторонні контракти використовуються ширше, оскільки дають змогу хеджувати позиції обох сторін. Далі в роботі аналізуватимемо саме двосторонні контракти на різницю.

Класичну схему аналізу взаємодії форвардного ринку і ринку спот запропонували у своїй статті Алаз і Віла (1993). Їх модель складається з двох етапів. На першому етапі виробники продають двосторонні контракти на різницю. Вони одночасно вибирають кількість контрактів x_i та їх ціну реалізації $f \geq 0$. Згідно з угодою за цим типом контрактів, виробник мусить виплатити покупцеві компенсацію $(p-f)x_i$, якщо p перевищить f. На другому етапі розглядається ринок спот. За схемою Алаза і Віли конкуренція між виробниками на ринку спот моделюється у сенсі Курно. Виробники визначають загальну кількість продукції q_i, що продають, максимізуючи свій прибуток. Рішення гри отримується у зворотному напрямку, тобто спочатку визначаються рівноважні обсяги продажу електроенергії та ціна на ринку спот. Потім, використовуючи дані про ціну, визначається оптимальна кількість, що має бути продана за контрактом на строковому ринку.

Варто відмітити, що такий підхід до аналізу взаємодії строкового і поточного ринків є придатним не тільки у разі ринку електроенергії, але й деяких інших ринків, де товари порівняно однорідні, характеристики кінцевої кількості трансакцій є публічно відомими і суттєво впливають

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

на поточні ціни. До таких ринків можна зарахувати ринок сирої нафти, бензину, металів та деяких сільськогосподарських культур (Бушнел, 2005).

Особливість моделювання попиту і пропозиції на цьому ринку полягає у тому, що через неможливість зберігання електроенергії попит змінюється прогнозованіше, ніж пропозиція. Виробники самі вирішують, скільки виробляти у той чи інший період часу, відповідно до ціни, що склалася на ринку спот. Отже, попит у моделях цього типу має пасивне значення і задається звичайно як зворотна функція. У деяких моделях приймається припущення про його абсолютну нееластичність в будь-який період часу (див., наприклад, роботу Патріка і Волака, 1997). Але контракти підписують на досить значний проміжок часу, і протягом цього періоду попит є еластичнішим. Цю особливість відобразили у своїх моделях Грін і Ньюбері (1992), Пауел (1993). Оскільки покупці мають певні очікування про майбутні ціни спот, ці очікування закладаються у їх щоденний попит на електроенергію, і отже, кількості попиту впливають на ціну.

Варто також відмітити ще одну особливість моделювання попиту на ринку електроенергії. Аналізуючи взаємодію строкових ринків та ринків спот, дослідники часто зосереджуються не на розподілі ризику між учасниками ринку, а на стратегічному ефекті контрактів, що призводить до підвищення / зниження рівня конкуренції. Тому традиційним є наявність у моделях припущення про те, що учасники ринку нейтральні до ризику (припущення про несприйняття ризику призводить до врахування розподілу ризику). Як наслідок, для опису ринку достатньо детермінованої функції попиту. У іншому разі вона мала б бути стохастичною, як, наприклад, у роботі Пауела (1993).

Моделювання пропозиції на ринку спот розрізняється припущеннями щодо того, як саме фірми визначають обсяги, що пропонують до продажу. Частина дослідників вирішує це питання, враховуючи аналіз типу конкуренції на ринку. Пауел (1993), Ганс, Прайс і Вудс (1998), Бушнел (2005) та інші підтримують підхід, розроблений Алазом і Вілою, приймаючи конкуренцію у сенсі Курно. Бушнел (2005) поширив їх модель з дуополії на n виробників та запропонував ввести в модель зростаючі граничні витрати виробників замість постійних. Віллемс (2005) ввів у модель граничні витрати, що змінюються нелінійно, наклавши певні умови на тип нелінійної функції ($C' \geq 0, C'' \geq 0$), але не здійснюючи її подальшу специфікацію. Діаметрально протилежною до моделі Алаза і Віли можна вважати модель Майенса і Салані (2004), які використали припущення про конкуренцію Бертрана на ринку спот і відповідно отримали зовсім інші результати.

Інший підхід до моделювання пропозиції на ринку спот розробили Ньюбері і Грін (1992). У їх моделі кожний виробник одночасно вибирає функцію пропозиції. Рівновага на спот-ринку складається з функцій пропозиції, які максимізують прибуток генератора, беручи до уваги функцію пропозиції конкурента і контрактні продажі кожного з конкурентів. Обидва підходи і з погляду аналізу типу конкуренції, і з погляду аналізу функцій пропозиції, мають свої переваги. Прибічники моделювання функцій пропозиції вважають, що їх підхід більше відповідає реальному процесу надання пропозиції електроенергії виробниками на ринку спот. Інші дослідники відзначають, що моделі олігополій дають змогу провадити детальніший аналіз впливу одного з учасників ринку на інших. Крім того, цей підхід дає змогу отримувати корисні розширення. У деяких роботах досліджується, як зміниться стратегічний ефект контрактів, якщо припустити, що гра є такою, що нескінченно повторюється. Андерсен і Бріанза (1989), Пауел (1993), Ліскі і Монтеро (2004) аналізують можливість утворення коаліцій декількох виробників. Окремо аналізується вплив довгострокових і короткострокових контрактів.

Оскільки метою цієї роботи є продемонструвати стратегічний ефект ринку контрактів на ринок спот, ми використаємо просту модель, що полегшить проведення аналізу, зробивши його наочнішим. Загалом наша робота є найближчою до роботи Ганса, Прайса та Вудса (1998), але на відміну від неї, ми використали припущення про лінійно зростаючі граничні витрати, що дозволило нам отримати загальні результати.

Постановка цілей

Дослідження стратегічного ефекту ринку контрактів на ринок спот зумовлює постановку таких цілей:

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

– запропонувати модель аналізу взаємодії контрактного ринку і ринку спот з врахуванням специфічних властивостей електроенергії як товару;

– проаналізувати виявлені за допомогою моделі залежності між базовими характеристиками ринків – рівноважними цінами, об′ємами та кількістю контрактів, що укладаються.

Виклад основного матеріалу

Наслідуючи схему, запропоновану Алазом та Вілою, припустимо, що а) між виробниками існує конкуренція у сенсі Курно; б) усі учасники ринку є нейтральними до ризику; в) ціни, що встановлюються на контракти, є відомими усім учасникам ринку; г) як контрактні, так і спот-ціни є арбітражними.

Вважатимемо, що на ринку працюють два виробники і багато покупців. Попит моделюється рівнянням $p = a - q_1 - q_2$. Граничні витрати виробників припустимо лінійно зростаючими. Будемо вважати, що фірми-виробники є симетричними. Отже, визначимо функцію витрат як $C(q_i) = 0{,}5cq_i^2$.

Етап 2. Формування ціни на ринку спот.

Прибуток *i*-го виробника визначатимемо за формулою

$$\pi_i = p(q_i - x_i) + fx_i - C(q_i) = (a - q_1 - q_2)(q_i - x_i) + fx_i - C(q_i)$$

Максимізуємо прибуток першого виробника

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial q_1} = a - 2q_1 - q_2 + x_1 - cq_1 = 0$$

Звідси

$$q_1 = \frac{a - q_2 + x_1}{2 + c}$$

Оскільки $q_2 = \frac{a - q_1 + x_2}{2 + c}$, отримуємо

$$q_1 = \frac{a - \frac{a - q_1 + x_2}{2 + c} + x_1}{2 + c} = \frac{a + ac + q_1 - x_2 + x_1(2 + c)}{(2 + c)^2}$$

$$q_1 = \frac{(2 + c)^2}{(2 + c)^2 - 1} * \frac{a - \frac{a}{2 + c} - \frac{x_2}{2 + c} + x_1}{(2 + c)} = \frac{(1 + c)a - x_2 + (2 + c)x_1}{(2 + c)^2 - 1}$$

Для спрощення введемо позначення $k = 2 + c$. Очевидно, що, оскільки $c > 0$, то $k > 2$. Остаточно маємо

$$q_1^* = \frac{(k - 1)a - x_2 + kx_1}{k^2 - 1}.$$

Можна бачити, що оптимальний обсяг виробника позитивно залежить від кількості власних форвардних контрактів, які були укладені з покупцями, і негативно залежить від форвардних контрактів, які укладе конкурент. Ціна , що складеться на спот-ринку, відповідно визначається

$$p^* = a - q_1^* - q_2^* = a - \frac{a(k - 1) - x_2 + kx_1}{k^2 - 1} - \frac{a(k - 1) - x_1 + kx_2}{k^2 - 1} =$$

$$= \frac{(k^2 - 1)a - 2a(k - 1) - (k - 1)(x_1 + x_2)}{k^2 - 1} = \frac{(k + 1)a - 2a - x_1 - x_2}{k + 1} = \frac{(k - 1)a - (x_1 + x_2)}{k + 1}$$

Як можна бачити, зі зростанням кількості контрактів, які укладають виробники на форвардному ринку, ціни на спот-ринку зменшуються.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Етап 1. Визначення оптимального обсягу контрактів

Визначимо тепер характеристики форвардного ринку. Оскільки ми припустили, що на нерегульованому ринку відсутня можливість арбітражу, $p^* = f$. Отже, прибуток виробників становитиме $\pi_i = pq_i - C(q_i)$. Прибуток першого виробника

$$\pi_1 = \frac{(k-1)a - (x_1 + x_2)}{k+1} * \frac{(k-1)a - x_2 + kx_1}{k^2 - 1} - \frac{c}{2} * \left(\frac{(k-1)a - x_2 + kx_1}{k^2 - 1} \right)^2 =$$

$$= \frac{(k-1)^2 a - (x_1 + x_2)(k-1)}{k^2 - 1} * \frac{a(k-1) - x_2 + kx_1}{k^2 - 1} - \frac{c}{2} \frac{(a(k-1) - x_2 + kx_1)^2}{(k^2 - 1)} =$$

$$= \frac{a(k-1) - x_2 + kx_1}{(k^2 - 1)^2} \left[\left((k-1)^2 a - (k-1)(x_1 + x_2) \right) - \frac{c}{2} \left(a(k-1) - x_2 + kx_1 \right) \right] =$$

$$= \frac{a(k-1) - x_2 + kx_1}{(k^2 - 1)^2} \left[a \frac{k}{2} (k-1) - x_1 \left(\frac{k^2}{2} - 1 \right) - x_2 \frac{k}{2} \right].$$

Визначимо оптимальну кількість контрактів

$$\frac{\partial \pi_1}{\partial x_1} = \frac{k}{(k^2 - 1)^2} \left[a(k-1) \frac{k}{2} - x_2 \frac{k}{2} - x_1 \left(\frac{k^2}{2} - 1 \right) \right] - \frac{a(k-1) - x_2 + kx_1}{(k^2 - 1)^2} \left(\frac{k^2}{2} - 1 \right) =$$

$$= \frac{1}{(k^2 - 1)^2} \left[a(k-1) \frac{k^2}{2} - x_2 \frac{k^2}{2} - x_1 \left(\frac{k^2}{2} - 1 \right) k - a(k-1) \left(\frac{k^2}{2} - 1 \right) + x_2 \left(\frac{k^2}{2} - 1 \right) - x_1 k \left(\frac{k^2}{2} - 1 \right) \right] =$$

$$\frac{1}{(k^2 - 1)^2} \left[a(k-1) - x_2 - 2x_1 k \left(\frac{k^2}{2} - 1 \right) \right]$$

Прирівнюємо отриманий вираз 0. Оскільки за визначенням $k > 2$, $\frac{1}{(k^2 - 1)^2} \neq 0$, отже,

$$a(k-1) - x_2 - 2x_1 k \left(\frac{k^2}{2} - 1 \right) = a(k-1) - x_2 - x_1 k (k^2 - 2) = 0$$

Звідси

$$x_1 = \frac{a(k-1) - x_2}{k(k^2 - 2)}.$$

Враховуючи припущення про симетричні фірми, значення x_1 остаточно становитиме:

$$x_1 = \frac{a(k-1) - x_2}{k(k^2 - 2)} = \frac{a(k-1) - \frac{a(k-1) - x_1}{k(k^2 - 2)}}{k(k^2 - 2)} = \frac{a(k-1)(k(k^2 - 2) - 1) + x_1}{k^2 (k^2 - 2)^2},$$

звідки після перетворень отримуємо

$$x_i^* = \frac{a(k-1)}{k(k^2 - 1) + 1}.$$

Оптимальна кількість контрактів, які мають укласти виробники, визначається характеристиками попиту (a) та змінних витрат (*c*).

Висновки

1. Як було показано за допомогою розробленої моделі, строковий ринок електроенергії безпосередньо впливає на рівень цін на електроенергію, що складаються на ринку спот, навіть за

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

наявності припущення про нейтральність до ризику його учасників, тобто без врахування ефекту розподілу ризику між ними.

2. Показано, що наявність контрактного ринку спонукує виробників знижувати ціни на електроенергію, збільшуючи обсяги її постачання.

2. Отримані результати ілюструють так званий стратегічний ефект контрактного ринку на ринок спот: наявність ринку контрактів робить конкуренцію на ринку спот жорсткішою.

Перспективи подальших досліджень

Подальший аналіз доцільно було б здійснити у таких напрямках: 1) чи зберігається знайдений стратегічний ефект в умовах іншого середовища, наприклад, коли на ринку спот існує конкуренція Бертранда; 2) як зміняться отримані результати, коли деякі базові припущення моделі будуть послаблені, наприклад, що на ринку існує більше ніж два виробники, між якими можна укладати коаліції; 3) чи розрізняється вплив на ринок спот короткострокових та довгострокових контрактів; 4) як зміниться вплив контрактного ринку на ринок спот залежно від домінуючого на ринку типу фінансових інструментів, за допомогою яких укладаються строкові контракти. Специфічні особливості укладення строкових енергетичних контрактів за допомогою ф′ючерсів та опціонів та їх вплив на ціни ринку спот, що активно досліджуються у світі через їх високу актуальність для аналізу ефективності функціонування дерегульованих ринків електроенергії, є предметом нашого подальшого дослідження.

1. Williamson, O. E. Franchise bidding for natural monopolies – in general and with respect to CATV. – The Bell Journal of Economics, Vol. 7, No.1, 1976. – pp. 73–104. 2. Goldberg, V. Regulation and Administered Contracts. – The Bell Journal of Economics, Vol. 7, No.2, 1976. – pp. 426– 448. 3. Borenstein, S., Bushnell, J. B. and Wolak, F. A. Measuring Market Inefficiencies in California's Rewstructured Wholesale Electricity Market. – American Economic Review, Vol. 95, No. 5, 2002. – pp. 1376-1405. 4. Joskow, P. L, and Kahn, E. A Quantitative Analysis of Pricing Behavior in California's Wholesale Electricity Market During Summer 2000. – Energy Journal, Vol. 23, No. 4, 2002. – pp. 1–35. 5. Wolak, F. A. and Patric, R. The Impact of Market Rules and Market Structure on Price Determination Process in England and Wales Electricity Market. – NBER Working Paper 8248, 2001. 6. Wolfram, C. D. Measuring Duopoly Power in British Electricity Spot Market. – American Economic Review, Vol. 89, No. 4, 1999. – pp. 805–826. 7. Bushnell, J., Mansur, E. and Saravia, C. Vertical Relationships, Market Structure, and Competition: An Analysis of U. S. Restructured Electricity Markets. – University of California Energy Institute, CSEM Working Paper, 2005; 8. Allaz, B. and Vila, J. L. Cournot Competition, Futures Markets and Efficiency. – Journal of Economic Theory, Vol. 59, 1993. – pp. 1–16. 9. Bushnell, J. Oligopoly Equilibria in Electricity Contract Markets.- University of California Energy Institute, Working Paper, 2005. 10. Green, R. J. and Newbery, D. M. Competition in the British Electricity Spot Market. – Journal of Political Economy, Vol. 100, 1992. – pp. 929–953. 11. Powell A. Trading Forward in an Imperfect Market: The Case of Electricity in Britain. –The Economic Journal, Vol. 103, No. 417, 1993. – pp. 444–453. 12. Gans, J. S., Price, D., Woods, K. Contracts and Electricity Pool Prices. – Australian Journal of Management, Vol. 23, No. 1, 1998 – pp. 83–96. 13. Willems, B. Cournot Competition, Financial Option Markets and Efficiency. -University of California Energy Institute, Working Paper, 2005. 14. Mahens, P. and Salanie, F. Softening Competition through Forward Trading. –Journal of Economic Theory, Vol. 116, No. 2 2004. – pp. 121–133. 15. Anderson, R. W. and Brianza, T. Cartel Behavior and Futures Trading. – City University of New York, Working Paper. 16. Liski, M. and Montero, J. P. Forward Trading and Collusion in Oligopoly. – SSRN Working Paper, 2004.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua