

УДК 621.316

ВИМОГИ ДО МАТЕМАТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАЛАНСУЮЧОГО РИНКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УКРАЇНИ

Блінов І.В., канд.техн.наук, **Парус С.В.**, канд.техн.наук,
Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна.

Наведено основні вимоги та особливості математичного забезпечення автоматизованої інформаційної системи оператора балансуючого ринку електричної енергії України. Визначено вимоги до розв'язання задачі конкурентного відбору ресурсів, системи обмежень та розв'язання задач балансуючого ринку з урахуванням технологічних особливостей генераторів як учасників балансуючого ринку електричної енергії. Бібл. 3.

Ключові слова: балансуючий ринок, математична модель, оптимізація режимів, конкурентний відбір.

Подальше реформування національного ринку електричної енергії пов'язано з впровадженням моделі ринку двосторонніх договорів та балансуючого ринку електричної енергії (РДДБ) [1, 2]. Забезпечення його функціонування потребує розроблення та впровадження автоматизованих інформаційних систем (АІС), що керують роботою різних сегментів ринку. Однією з найбільш важливих та складних з технічної точки зору є АІС оператора балансуючого ринку (БР), впровадження якої потребує вирішення ряду задач оптимізації та оцінки результатів роботи БР.

Саме тому метою статті є визначення математичних задач, що мають розв'язуватися при функціонуванні БР, та формування вимог до математичного забезпечення АІС оператора БР. Основною задачею, що має розв'язуватися при запровадженні БР, є конкурентний відбір ресурсів на БР. Ця задача як складова комплексної задачі економічної диспетчеризації складається, в свою чергу, з таких підзадач: вибору складу енергоагрегатів для формування балансу активних потужностей в енергосистемі на балансуючому ринку; вибору складу енергоагрегатів для формування балансу реактивних потужностей та забезпечення оптимального режиму напруг у вузлах об'єднаної електроенергетичної системи (ОЕС) України; складання диспетчерських графіків завантаження і розвантаження генераторів для управління енергосистемою в режимі реального часу. Формально поставлені задачі розв'язуються шляхом моделювання одностороннього аукціону для виробників електроенергії на визначений розрахунковий період (на одну годину або на добу) [3, 4]. При формуванні математичної моделі одностороннього аукціону слід узгодити вибір методу оптимального вибору ресурсу з типами цінкових заявок, що надаються на БР. Також окремо слід розглянути задачу розподілу міждержавних перетоків, яка розв'язується узгоджено із задачею оптимізації ОЕС шляхом урахування розподіленої пропускної спроможності міждержавних зв'язків та міждержавних угод щодо імпорту, експорту та балансування електроенергії. Основними вхідними оперативними даними для наповнення математичної моделі БР та розв'язання задачі оптимізації балансу між виробництвом та споживанням електроенергії є: інформація щодо графіків роботи учасників РДДБ та сторін, відповідальних за баланс, які сформовані цими учасниками на основі попередньо укладених двосторонніх договорів та результатах біржової торгівлі; уточнений прогноз навантаження на розрахунковий період; дані про рівні виробництва електроенергії генераторами за попередній розрахунковий період; цінкові заявки виробників на додаткове (у порівнянні з плановим) завантаження генераторів; цінкові пропозиції виробників електроенергії на розвантаження генераторів (у порівнянні з плановим рівнем виробництва); цінкові пропозиції постачальників електричної енергії з регульованим навантаженням (у разі визначення необхідності врахування таких пропозицій) на зменшення рівня навантаження (у порівнянні з плановим). Основою для оптимізації балансу між виробництвом та споживанням електроенергії є цінкові заявки від виробників на завантаження чи розвантаження генераторів. Цінкова заявка на завантаження формується виходячи з "незадіяних" об'ємів потужності. Цінкова заявка на розвантаження може визначати об'єми потужності від попередньо запланованого рівня генерації (відповідно до укладених контрактів) до рівня технологічного мінімуму генерації, а за необхідності – до повної зупинки енергоблоку.

Цільова функція задачі відбору ресурсів повинна забезпечувати балансування прогнозованої системним оператором величини сумарного споживання в ОЕС з урахуванням втрат, актуальних системних вимог та заданих обмежень за критеріями мінімізації вартості додаткового виробництва та зменшеного споживання електроенергії. Система обмежень у загальному вигляді складається з обмежень рівності (формується на основі моделі усталеного режиму на розрахунковий період часу) та обмежень нерівності (технологічні та режимні обмеження на виробництво та розподіл електроенергії). Математична модель усталеного режиму ОЕС визначає баланси потоків активної і реактивної потужностей у вузлах заступної схеми ОЕС, падіння напруги і втрати потужності в елементах цієї схеми. Загальний баланс активних потужностей в ОЕС складається з урахуванням контрактів, укладених на ринку двосторонніх договорів та на біржі. Обмеження у вигляді нерівностей на виробництво електроенергії враховують ряд факторів. По-перше, мінімальний рівень виробництва активної потужності генератора визначається значенням мінімально стійкого навантаження та режиму виробництва/споживання реактивної потужності. По-друге, максимальний рівень виробництва активної потужності визначається технологічною межею генерування та рівнем виробництва/споживання реактивної потужності. По-третє, заступна схема енергоагрегатів, для яких додатково виконується оптимізація за реактивною потужністю, визначає ряд обмежень на виробництво/споживання цієї складової. І нарешті, обмеження щодо зміни рівня потужності енергоагрегату враховує рівень виробництва електроенергії за попередній

розрахунковий період часу та швидкість набору/скидання навантаження генератором. Обмеження у вигляді нерівностей на розподіл електроенергії формуються з обмежень на рівні напруг у вузлах ОЕС та рівні струмів у перетинах ОЕС. Враховуються також обмеження, що пов'язані з урахуванням засобів регулювання режимних параметрів та їхнім впливом на режимні параметри ОЕС.

Слід відзначити, що цільова функція задачі БР є лінійною, в той час як система обмежень – суттєво нелінійна. У зв'язку з цим оптимізація виконується як ітераційна процедура, що передбачає лінеаризацію обмежень та розв'язання задачі лінійного програмування на кожній з ітерацій. Проте специфіка ОЕС України не дозволяє отримати адекватну модель БР електроенергії України прямим використанням класичних градієнтних методів чи сучасних похідних методу логарифмічних бар'єрних функцій, які широко застосовуються для цього в Європі. Це зумовлюється високим ступенем складності електричних мереж (як магістральних, так і розподільних) та високим рівнем різноманітності (за технологічними, економічними та паливними складовими) генерувальних потужностей. Так математична модель БР повинна враховувати не тільки обмеження на перетоки в лініях за умови нормального режиму роботи ОЕС України, але й величини перетоків за умов статичної та динамічної стійкості системи в обтяжених та післяаварійних режимах. Крім того, особливості структури генерування та розподілу електроенергії в Україні, а також геополітичні фактори призводять до необхідності передбачити можливість реалізації в математичній моделі БР елементів як вузлового, так і зонального ціноутворення. До того ж, математична модель БР повинна враховувати ряд технологічних особливостей. Йдеться про час розгону та зупинки генератора, швидкість відслідковування генератором графіку навантажень, заборонені зони режимів роботи генераторів, мінімальний час проходження генератором забороненої зони та інші. Ці та інші фактори вимагають застосування комбінованих дискретно-лінійних методів оптимізації для формування математичної моделі БР України. Тому на етапі проектування АІС оператора БР слід визначити найбільш прийнятні з існуючих або запропонувати нові методи, що виконують оптимізацію як для дискретних, так і для неперервних параметрів.

Таким чином, представлені в статті вимоги та особливості організації проведення розрахунків результатів балансуєчого ринку електричної енергії є основою для розроблення математичних методів розв'язання поставлених задач у цьому сегменті РДДБ України та розробки математичного забезпечення АІС оператора балансуєчого ринку.

1. Кириленко О.В., Блінов І.В., Парус Є.В. Балансуєчий ринок електроенергії України та його математична модель // Технічна електродинаміка. – 2011. – № 2. – С. 36–43.

2. Кириленко О.В., Блінов І.В., Парус Є.В. Визначення результатів аукціону з купівлі-продажу електричної енергії // Проблеми загальної енергетики. – 2010. – № 3. – С. 5–12.

3. Концепція функціонування та розвитку оптового ринку електричної енергії України, схвалена постановою КМУ від 16.11.2002 р. №1789.

УДК 621.316

ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ БАЛАНСИРУЮЩЕГО РЫНКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ УКРАИНЫ

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

Институт электродинамики НАН Украины, пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина.

Приведены основные требования и особенности математического обеспечения автоматизированной информационной системы оператора балансирующего рынка электрической энергии Украины. Определены требования к решению задачи конкурентного отбора ресурсов, системы ограничений и решению задач балансирующего рынка с учетом технологических особенностей генераторов как участников балансирующего рынка электрической энергии. Библ. 3.

Ключевые слова: балансирующий рынок, математическая модель, оптимизация режимов, конкурентный отбор.

REQUIREMENTS FOR MATHEMATICAL SOFTWARE OF ELECTRICITY BALANCING MARKET IN UKRAINE

Blinov I.V., **Parus E.V.**,

Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine, Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine.

The basic requirements and features of software of the automated information system for the operator of the electricity balancing market in Ukraine are given. The requirements to the problem solving of a competitive selection of resources, system of restrictions and to the problem solving of the electricity balancing market taking into account technological features of generators, which are the participant of the balancing market are defined. References 3.

Key words: balancing market, mathematical model, power flow optimization, competitive selection.

1. Kyrylenko O.V., Blinov I.V., Parus E.V. Balancing electricity market of Ukraine and his mathematical model // Tekhnichna elektrodynamika. – 2011. – № 2. – Pp. 36–43. (Ukr)

2. Kyrylenko O.V., Blinov I.V., Parus E.V. Determination of the results of the auction on a purchase and sale of electricity // Problemy zagalnoi energetyky. – 2010. – № 3. – Pp. 5–12. (Ukr)

3. *Conception of functioning* and development of wholesale electricity market in Ukraine, authorities by resolution of Cabinet of Ministers of Ukraine, 16.11.2002 № 1789.

Надійшла 10.01.2012

Received 10.01.2012