

УДК 621.315

М.М. ЧЕРЕМІСІН¹ (канд. техн. наук, проф.),
В.В. ЧЕРКАШИНА¹ (канд. техн. наук, доц.), В.О. ПОЯСНИК²

¹-Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»¹

²-ДП «НЕК «Укренерго» Північна електроенергетична система²

cheremisin.energy@rambler.ru

ОСОБЛИВОСТІ КЕРУВАННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ

В статті розглянуті питання мінімізації та уточнення величини втрат електричної енергії при надходженні її від виробника до споживача, показана необхідність розроблення та впровадження сучасної системи моніторингу параметрів повітряних ліній з урахуванням метеоданих для безперервного контролю втрат електричної енергії в умовах балансуєчого ринку електричної енергії.

Ключові слова: електроенергія, енергоринок, модель, керування, режим, генерація, споживач, постачальник, виробник, тариф, попит, мінімізація, втрати.

Постановка проблеми. На даному етапі розвитку енергосистема України переживає глибоку кризу, яка характеризується, застарілою структурою генерації і передачі, дефіцитом енергетичної сировини, втратами електричної і теплової енергії при їх передачі і, як наслідок, зниженням показників надійності, якості та економічності електропостачання споживачів. Появу цих проблем пов'язують з тим, що діюча модель енергоринку має багато недоліків, і, як наслідок-неконкурентна.

У зв'язку з цим планується повна лібералізація ринку електроенергії України. Впровадження конкурентної моделі «Ринку двосторонніх договорів і балансуєчого енергоринку» (РДДБЕ) в інших країнах принесло значні вигоди. Для успішного впровадження такої моделі слід ввести конкуренцію в усіх секторах від генерації до споживача. Однак, існують сектори, так звані «природні монополії», які впливають на передачу електроенергії. Тому НЕК «Укренерго», що забезпечує в Україні передачу електроенергії повинно бути об'єктом безперервного вдосконалення і економічного регулювання.

Відомо, що вартість передачі електроенергії залежить від різного виду втрат. І це варто враховувати в новій моделі енергоринку, в якій передбачається вибір генеруючої компанії, постачальника або споживача для укладення договору купівлі/продажу певного обсягу електроенергії для оптимізації балансу активних потужностей. Тому питання мінімізації витрат на транспортування електроенергії є актуальним для ситуації, що склалася в електроенергетичній галузі.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Рішення проблем електроенергетичної галузі може вирішити реформування енергоринку України. Існуюча модель ринку була прийнята більше десяти років тому. Неефективність моделі єдиного покупця пов'язують з високим рівнем адміністративного впливу на ринок, який виражається фактично в ручному управлінні тарифами і цінами на електроенергію для учасників ринку. Дана модель має свої і переваги. Основною перевагою є централізована купівля-продаж електричної енергії та відповідний контроль з боку держави за грошовими потоками (це стосується механізму спеціальних рахунків і алгоритму розподілу коштів) [1].

Разом з тим, існують і недоліки цієї схеми, а саме: істотний вплив на величину оптової ринкової ціни різного роду надбавок, які на сьогодні складають майже 25% від загальної вартості електричної енергії та суттєво спотворюють її реальну вартість [2]. Це, в свою чергу, призводить до непрозорих і незрозумілих схем визначення вартості електричної енергії та відповідно робить український оптовий ринок електроенергії непривабливим для потенційних інвесторів. Штучне стримування цін на електроенергію для населення компенсується завищеними тарифами для промислових підприємств. У такій ситуації говорити про конкурентоспроможність української промисловості складно, особливо для підприємств, що виробляють продукцію, у собівартості якої на електроенергію припадає значна частка. Наприклад, для електросталеплавильних виробництв, хімічної, легкої та харчової промисловості [2, 3].

Таким чином, модель «Єдиного покупця» має ряд недоліків і не забезпечує вирішення проблем енергетичної галузі. Найближчим часом в Україні планується реформування ринку електроенергії. Як відомо, ефективні ринки існують завдяки конкуренції, тому для поліпшення ситуації, що склалася в електроенергетиці України, планується впровадження нової моделі конкурентного ринку РДДБ [1-3]

Дана модель являє собою систему здійснення угод на підставі заявок на споживання електроенергії, заявок на виробництво і передачу електроенергії і двосторонніх договорів. Для управління укладанням угод необхідна участь системного оператора, який буде здійснювати прийом заявок і координувати операцію купівлі-продажу електроенергії в кожний момент часу для забезпечення рівноваги виробництва і споживання електроенергії [2, 3].

Нова модель РДДБ функціонує в різних часових інтервалах, від року до процесу, що відбувається в реальному часі, тому значення діяльності з організації передачі електроенергії необхідно розглядати в тактичному і стратегічному плануванні.

© Черемісін М.М., Черкашина В.В., Поясник В.О., 2013

У стратегічній стороні передачі електроенергії - повинна бути обґрунтована оптимальна траєкторія управління транспортування в довгостроковому періоді. Але під впливом некерованих чинників фактичні показники щороку можуть відхилятися від запланованих. Тому виникає необхідність уточнювати, коригувати кожний річний план. Такі плани називають тактичними. Вони визначаються в результаті рішення статичної економіко-математичної задачі.

У загальній структурі РДДБ можна виділити три основних рівня (учасників) у передачі, купівлі та продажу електроенергії, а саме:

- виробники (ГЕС, АЕС, ТЕС, ТЕЦ);
- постачальники (обленерго, незалежні);
- покупці [1-3].

Для підвищення ефективності прийняття рішень у задачах керування режимами та експлуатації електричних мереж в рамках балансуєчого ринку електричної енергії України необхідно розробити та впровадити сучасну систему моніторингу параметрів повітряної лінії з урахуванням метеоданих для безперервного контролю втрат електричної енергії під час її передачі.

Мета статті. Розглянути питання мінімізації та уточнення величини втрат електричної енергії при надходженні її від виробника до споживача, показати необхідність розроблення та впровадження сучасної системи моніторингу параметрів повітряної лінії з урахуванням метеоданих для безперервного контролю втрат електричної енергії в умовах балансуєчого ринку електричної енергії.

Основні матеріали дослідження. З урахуванням нової конкурентної моделі ринку кожним учасником будуть диктуватися свої умови купівлі, продажу електроенергії, а саме ціни і обсяги, час поставки [1]. При цьому необхідно спланувати оптимальний план постачань електроенергії від виробників до споживачів через постачальників, при якому б повністю задовольнявся попит в електроенергії кінцевих споживачів з мінімальними витратами на вартість транспортування електроенергії.

Таким чином, проблема мінімізації транспортних витрат полягає в знаходженні оптимального способу прикріплення виробників до постачальників, а постачальників до споживачів, тобто вказівки вибору в оптимальному випадку який виробник повинен поставити активну потужність даному постачальнику і в якій кількості, і відповідно який постачальник - якому споживачеві і в якій кількості. У зв'язку з тим, що електроенергія від генеруючих компаній передається не безпосередньо до споживачів, а через постачальників, то завдання складання плану транспортувань, що мінімізує загальні втрати, зводиться до багатовимірної транспортної задачі [2].

Витрати на виробництво і поставку споживачам електроенергії включають в себе вартість електроенергії, що витрачається на її передачу по електричних мережах (втрати). При встановленні тарифу на електроенергію регіональні енергетичні комісії аналізують обґрунтованість рівня втрат, що включаються в тариф [3,4].

Втрати можуть носити різний характер, в залежності від нього виділяють наступні види втрат:

- технічні втрати електроенергії, зумовлені фізичними процесами, що відбуваються при передачі електроенергії по електричних мережах і виражаються в перетворенні частини електроенергії в тепло елементів електричних мереж;
- витрата електроенергії на власні потреби підстанції, необхідний для забезпечення роботи технологічного обладнання підстанцій та життєдіяльності обслуговуючого персоналу;
- недооблік електроенергії, обумовлений великими негативними похибками приладів її обліку у споживачів порівняно з аналогічними потребами приладів, що фіксують її надходження в мережу;
- комерційні втрати, обумовлені розкраданням електроенергії, невідповідністю між показаннями лічильників і оплатою за електроенергію побутовими споживачами та іншими причинами в сфері організації контролю за споживанням енергії [2, 3].

Таким чином, всі ці види втрат мають бути враховані в тарифах на електроенергію. Але основний вид втрат електроенергії-це втрати технологічного характеру, тобто втрати на транспортування електроенергії.

Нові можливості існуючих інформаційних технологій дають можливість перейти до більш ефективного керування процесами транспортування електроенергії в електричних мережах за рахунок моніторингу статистично об'єктивних даних про параметри навколишнього середовища, які в значній мірі впливають на короткостроковий прогноз споживання електроенергії, втрати електроенергії в елементах мереж і системах.

Існуюча модель енергоринку не враховує вплив метеопараметрів на втрати електричної енергії при обиранні оптимального, з точки зору мінімізації втрат, шляху транспортування електроенергії від виробників до споживачів. Але, як показують результати досліджень на імітованій ділянці електричної мережі 330 кВ, це обов'язково має бути враховано.

Для прикладу було розглянуто замкнену електричну мережу 330 кВ з 4 вузлів навантаження, яку виконано проводом 2хАС 300/39. Вузел №1 був прийнятий балансуєчим. Вихідні дані представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку

№поч.	№кін.	Марка провода	Довжина,км	R, Ом	X, Ом	B, мкСм
1	2	2хАС 300/39	89,1	4.36	29.22	-303.83
2	3	2хАС 300/39	172,86	8.47	56.7	-589.45
3	4	2хАС 300/39	88,6	4.34	35.88	-373.05
4	1	2хАС 300/39	109,4	5.36	29.06	-302.13

Як відомо, при транспортуванні електроенергії виникають теплові процеси, що відображаються на питомого опору проводу і здійснюється переважно через конвекцію [5]. В такому разі опір проводу буде змінюватись в залежності від температури навколишнього середовища:

$$R = R_{20} \left(1 + \alpha (t_{np}^0 - 20) \right), \quad (1)$$

де α – температурний коефіцієнт питомого опору, Ом/град (для мідних, алюмінієвих і сталевих $\alpha=0,00403$, для сталевих $\alpha=0,00455$); t_{np}^0 – температура проводу, $^{\circ}\text{C}$, яка визначається як:

$$t_{np}^0 = t_{oc}^0 + t^0(I), \quad (2)$$

де $t^0(I)$ – температура нагріву проводу від проходження по ньому струму [5, 6].

Отримані результати розрахунку питомого опору в залежності від температури навколишнього середовища наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Опір при різних температурах оточуючого середовища

Лінія	R Ом/м, 20°C	R Ом/м, 15°C	R Ом/м, 10°C	R Ом/м, 5°C
1-2	0,000098	0,000097	0,000097	0,000095
2-3	0,000098	0,000096	0,000095	0,000093
3-4	0,000098	0,000096	0,000095	0,000093
4-1	0,000098	0,000097	0,000097	0,000095
Лінія	R Ом/м, -5°C	R Ом/м, -10°C	R Ом/м, -15°C	R Ом/м, -20°C
1-2	0,000092	0,00009	0,000088	0,000086
2-3	0,00009	0,000088	0,000086	0,000084
3-4	0,00009	0,000088	0,000086	0,000084
4-1	0,000092	0,00009	0,000088	0,000086

Внаслідок зміни опору в залежності від температури навколишнього середовища, має місце зміна струму, який проходить по проводу. Результатом цих змін є різні величини втрат активної потужності, що наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Сумарні втрати активної потужності в мережі 330 кВ, в залежності від питомого опору при заданій температурі оточуючого середовища

	R Ом/м, 20°C	R Ом/м, 15°C	R Ом/м, 10°C	R Ом/м, 5°C
Сумарні втрати $\Delta P, \text{МВт}$	2,431	2,415	2,397	2,31
	R Ом/м, -5°C	R Ом/м, -10°C	R Ом/м, -15°C	R Ом/м, -20°C
Сумарні втрати $\Delta P, \text{МВт}$	2,272	2,222	2,183	2,13

Наведені вище результати розрахунку свідчать про необхідність враховування реальної температури навколишнього середовища при уточненні величини втрат активної потужності в мережі в цілому. Насичення сучасних енергосистем мікропроцесорними засобами створює технічну основу не просто підвищення якості вирішення відповідних задач технологічного керування процесами транспортування електроенергії, але й створення адаптивних («розумних», smart grid) систем керування.

Для підвищення ефективності прийняття рішень у задачах керування транспортуванням електроенергії в електричних мережах в рамках РДДБ України необхідно створити автоматизований збір, обробку та передачу достовірних даних про параметри навколишнього середовища. В основу розробки та впровадження таких автоматизованих систем слід покласти концепцію формування відомчої системи збору метеоданих.

Висновки. 1. Розглянуто питання мінімізації та уточнення величини втрат електричної енергії при надходженні її від виробника до споживача.

2. Показано необхідність розроблення та впровадження сучасної системи моніторингу параметрів повітряної лінії з урахуванням метеоданих для безперервного контролю втрат електроенергії при її транспортуванні в умовах балансуєчого ринку електричної енергії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України про засади функціонування ринку електричної енергії України [Електронний ресурс]. – <http://www.ukrenergy.gov.ua>.

2. Кириленко О.В. Балансующий рынок электроэнергии Украины и його математична модель / О.В. Кириленко, І.В. Блінов, С.В Парус // Электроэнергетичні установки та системи. – 2010.
3. Аюев Б.И. Применение механизма аукциона для моделирования рынка электроэнергии / Б.И. Аюев, П.Н. Ерохин, Т.Ю. Паниковская // Электроэнергетика. – 2005. - №5.
4. Официальный сайт ГП НЭК «Укрэнерго» [Электронный ресурс]. – <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua>.
5. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / [В.Э. Воротницкий, Ю.С. Железко, В.Н. Казанцев и др.]; под редакцией В.Н. Казанцева. - М.: Энергоатомиздат, 1983. – 386 с.
6. Поспелов Г.Е. Потери мощности и энергии в электрических сетях / Г.Е. Поспелов, Н.М. Сыч // под редакцией Г.Е. Поспелова. - М.: Энергоиздат, 1981. – 485 с.

REFERENCES

1. <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua> «Law of Ukraine about the basis of the electricity market Ukraine»
2. Kyrylenko O.V. Balancing electricity market of Ukraine and its mathematical model / O.V. Kyrylenko, I.V. Blinov, E.V. Parus – Electroenergetychni sistemi ta ustanovki – 2010y.
3. Aiuev B.I. Use of auction mechanism for electricity market modeling / B.I. Aiuev, P.M. Erokhin, T.Yu. Panikovskaia, - Electroenergetika №5, 2005y.
4. <http://www.ukrenergo.energy.gov.ua>. Official website of the DP "NEC" Ukrenergo "
5. Vorotnickiy V.E. Electricity losses in electric networks of power systems / V.E. Vorotnickiy, Yu.S. Gelezko, V.N. Kazancev; Pod redaktsiei V.N. Kazanceva. Moskva: Energoatomizdat, 1983-386p.
6. Pospelov G.E. Power and energy losses in electric networks / G.E. Pospelov, N.M. Sich // Pod redaktsiei G.E. Pospelova Moskva: Energoatomizdat, 1981 – 485p.

Надійшла до редакції 02.03.2013

Рецензент: М.В. Гребченко

Н.М. ЧЕРЕМИСИН¹, В.В. ЧЕРКАШИНА¹, В.О. ПОЯСНИК²

¹Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»¹

²ГП «НЭК «Укрэнерго» Северная электроэнергетическая система²

Особенности управления режимами работы электрических сетей на современном этапе. В статье рассмотрены вопросы минимизации и уточнения величины потерь электрической энергии при поступлении ее от производителя к потребителю, показана необходимость разработки и внедрения современной системы мониторинга параметров воздушных линий с учетом метеоданных для непрерывного контроля потерь электрической энергии в условиях балансирующего рынка электрической энергии.

Ключевые слова: электроэнергия, энергорынок, модель, управление, режим, генерация, потребитель, поставщик, производитель, тариф, спрос, минимизация, потери.

M. CHEREMISIN¹, V. CHERKASHYNA¹, V. POYASNIC²

¹ National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

² DP «NEC «Ukrenergo» North energy system.

Features of Electric Networks Mode Control at the Present Stage. The article discussed questions minimize and clarify the value of electric power losses when entering it from the producer to the consumer, the necessity of developing and implementing a modern system for monitoring parameters of overhead lines, taking into account weather data for the continuous monitoring of electric power losses in the balancing energy market. The development of market relations in the electric power industry in Ukraine today is due, primarily, with the introduction of a new competitive wholesale electricity market - the market of bilateral contracts and balancing electricity market. It is known that the transmission power value depends on various types of losses. This should be considered in the new model of energy, which, in order to optimize the balance of active power, generating expected choice of supplier or customer for a contract of purchase / sale of a certain amount of electricity. The current model does not account for the influence of the energy of meteorological parameters on the loss of electric power at a chosen optimally, in terms of minimizing the loss, ways of transportation of electricity from producers to consumers. In the new competitive market model, each participant will dictate its terms to purchase, the sale of electricity, namely, prices and volumes, the time of delivery. For the successful implementation of such a model should introduce competition in all sectors from generation to the consumer. It is necessary to plan the optimal plan for the supply of electricity from producers to consumers through the vendors in which to fully meet the demand for electricity to end-users with minimal cost of transporting electricity. The opportunities of the new information technologies allow us to move to a more efficient operation of electrical networks and control of modes ES in the balancing market. Realization of the task can be implemented at the expense of objective statistical evaluation of data on environmental conditions, which largely affect the short-term forecast of electricity consumption, electricity losses in the elements of networks and systems.

Key words: electricity, energy market model, control, treatment, generation, customer, supplier, manufacturer, tariff, demand, minimizing the loss.