

УДК 621.331:621.006.354

О. М. ПШНЬКО, д-р техн. наук, профессор

В. Г. СИЧЕНКО, д-р техн. наук

В. Г. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук, доцент

Д. К. ЯЦЕНКО, проректор

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка

В. Лазаряна, м. Дніпропетровськ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В УНІВЕРСИТЕТІ

В данной статье на основе предложенной модели выбраны энергосберегающие мероприятия повышения энергоэффективности потребления электроэнергии в университете и рассчитан эффект от внедрения мероприятий.

Ключевые слова: энергосбережение, система электроснабжения, потери электроэнергии, тариф, подстанция, класс напряжения компенсирующий прибор.

В даній статті на основі запропонованої моделі обрані енергоощадні заходи для підвищення ефективності споживання електроенергії університету та розраховано ефект від використання заходів.

Ключові слова: енергозбереження, система електропостачання, втрати електроенергії, тариф, підстанція, клас напруги, компенсуючий пристрій.

Вступ

Країни з ринковою економікою вже протягом трьох десятиріч років успішно реалізують програми, спрямовані на ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів. Для цього використовуються різноманітні заходи: інформаційні компанії, освітні програми, розробка норм і стандартів, фінансове стимулювання, науково-дослідні і проектно-конструкторські роботи, демонстраційні проекти та ін. Наукова оцінка економічного і технічного потенціалу енергозбереження і практична реалізація конкретних заходів дозволили розвинутим країнам досить успішно перебороти енергетичну кризу. Цьому сприяли і значні фінансові інвестиції, що були спрямовані на реалізацію заходів щодо енергозбереження.

Потенціал енергозбереження

При розробці заходів з енергозбереження дуже важливо оцінити потенціал енергозбереження об'єкту. Оцінкою потенціалу енергозбереження та підвищенням ефективності споживання електроенергії займались багато вчених [1, 3–6]. Як правило, визначення резервів з економії паливно-енергетичних ресурсів виконується під час проведення енергетичного аудиту. В 2007 р. кафедрою «Електропостачання залізниць» був проведений енергетичний аудит ДНУЗТ [7]. Було встановлено, що в університеті існує значний потенціал енергозбереження, якщо прийняти до уваги загалом рівні ізоляції конструкцій будівель, практичну відсутність регуляторів технологічних процесів (опалювання, освітлення і інших) в корпусах. В умовах постійного зростання вартості енергоносіїв та значної енергоємності основного обладнання першочерговим завданням для університету є підвищення ефективності споживання енергетичних ресурсів.

При формуванні планів з реалізації заходів щодо підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів типовими проблемами являються:

1. Обмеженість фінансових ресурсів для їх здійснення.
2. Велика кількість заходів і наявність альтернативних заходів, одночасна реалізація яких

неможлива з технічних причин.

Для забезпечення формування планів енергозберігаючих заходів в умовах ДНУЗТ розроблена оптимізаційна модель з булевими змінними [2].

Кожен енергозберігаючий захід в рамках моделі характеризується:

1. Вектором зниження потреби у видах паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), $j=1 \div J - \{\Delta E_{jj}\}$.
2. Необхідним рівнем інвестицій $-K$.
3. Наявністю взаємовиключних альтернатив. Якщо захід не має взаємовиключних альтернатив, то він має індекс n , $n=1 \div N$. У моделі їм відповідають булеві змінні X_k . Якщо захід входить в i -ту групу альтернативних варіантів, $i=1 \div I$, то воно має індекс il , де l - номер заходи в рамках групи, $l=1 \div L_i$. У моделі їм відповідають булеві змінні X_{il} .

Враховуючи, що метою підвищення енергоефективності з точки зору господарюючих суб'єктів є мінімізація витрат на покриття потреби в паливно-енергетичних ресурсах (ПЕР), в якості критерію прийнята максимізація вартості заощаджених ПЕР за рахунок реалізації заходів з підвищення енергоефективності та енергозбереження.

З урахуванням викладеного розроблена модель, яка формалізується в такому вигляді:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^J (\sum_{n=1}^N C_{tj} \cdot \Delta E_{jn} \cdot X_n + \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^{L_i} C_{tjl} \cdot \Delta E_{jil} \cdot X_{il}) \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\sum_{n=1}^N K_n \cdot X_n + \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^{L_i} K_{il} \cdot X_{il} \leq K \quad (2)$$

$$X_n \leq 1 \quad (3)$$

$$\sum_{l=1}^{L_i} X_{il} \leq 1 \quad (4)$$

де K відповідає рівню загальних можливих інвестицій.

Автори проаналізували стан ефективності споживання електроенергії в університеті і на основі моделі (1)-(4) запропонували до впровадження наступні енергоощадні заходи:

- проведення енергетичного аудиту університету;
- визначення власного потенціалу енергозбереження;
- компенсація реактивної потужності;
- вдосконалення автоматизованої системи обліку і контролю електроенергії університету;
- заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі лампи.

Розглянемо ефективність впровадження впроваджених на сьогодні заходів з енергозбереження.

ДНУЗТ як споживач електроенергії

ДНУЗТ отримує електричну енергію від ПАТ «ЕК Дніпрообленерго» за основним введенням напругою 35 кВ та резервним – 6 кВ. Приєднана потужність 4000 кВА. Дозволена потужність 2860 кВА. Категорія надійності електропостачання – 2. Середнє річне споживання електроенергії становить 5000000 кВт·год. Основні споживачі: навчальні корпуси та лабораторії, житлові будинки, гуртожитки. В профілі споживання електроенергії присутні значні сезонні коливання. Так, в середньому, витрати електроенергії взимку більше в 2,5-3 рази, ніж витрати влітку. Ступінь зношеності основного силового обладнання складає приблизно 80 %.

Наявність власної підстанції 35/6 кВ дає можливість отримувати електричну енергію за тарифами 1 класу. Тарифи на електроенергію складають для 1 класу 0,88104 грн за 1 кВт·год, а для другого класу – 1,122152 грн за 1 кВт·год на травень 2012 р. Таким чином, економія коштів за рахунок отримання електроенергії за 1 класом складає 27 %. Підстанція університету здійснює транзит електричної енергії субспоживачам. Відшкодування за транзит відповідно

до договорів про спільне використання мереж складає близько 80000 грн на рік, та склало у 2011 році 79488 грн, за поточний період 2012 р. 34992 грн.

Дані про споживання електроенергії споживачами ДНУЗТ представлені в табл. 1. До 2005 р. реактивна енергія не сплачувалась. З табл. 1 можна простежити зміни річного споживання електроенергії. При оцінці змін річного споживання слід враховувати природне зростання споживання за рахунок придбання лабораторного обладнання, комп'ютерів та побутових приладів. З табл.1 помітно, що, незважаючи на зазначене, середні витрати за рік залишаються на одному рівні. Також помітне різке зниження споживання реактивної енергії та зміна споживання за тарифними групами.

Таблиця 1

Загальний обсяг витрат електроенергії по роках (усереднено)

Рік	Активна енергія, кВт·год	Реактивна енергія, кВар·год	Університет	Житлові будинки	Гуртожитки
2002	4966000				
2003	4200000				
2004	4943000				
2005	4300000	2600000			
2006	5466000	3092000	3935000	772000	759000
2007	5218000	2850000	3210000	686000	1322000
2008	5728000	2638000	3299000	645000	1784000
2009	4843000	1219000	2201000	677000	1965000
2010	5533000	433000	2626000	850000	2057000
2011	5145000	526000	2361000	799000	1985000

Компенсація реактивної потужності

Річне споживання реактивної енергії до 2009 р. складало в середньому 2900000 кВар·год. При цьому tg φ дорівнював в середньому 0,5-0,6, а в літні місяці більш ніж 1,0 при нормі 0,25. У 2009 році були введені в експлуатацію компенсаційні пристрої в кількості 5 шт. загальною потужністю 475 кВар з автоматичним регулюванням. Пристрої також зменшують споживання активної енергії за рахунок зменшення повного навантаження мереж і трансформаторів. Місця установки компенсаційних пристроїв та їх комплектація визначені шляхом розрахунків та практичних вимірювань для отримання максимальних економічних показників. Вартість компенсаційних пристроїв склала 142307 грн. Як видно з табл.1 в порівнянні з 2005 р. зменшення споживання реактивної потужності склало 20,2 %.

Зменшення витрат в електричних мережах

Під час заміни застарілих електромереж відповідно до сучасних вимог зменшуються витрати. Наприклад, річне споживання по гуртожитку № 3 за 2008 р. склало 222830 кВт·год., а після капітального ремонту склало у 2009 р. – 189453 кВт·год, у 2011 р. – 176979 кВт·год. При цьому економія склала 16726 грн на рік.

Заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі

На об'єктах університету виконано заміну ламп розжарювання на енергозберігаючі. При проведенні ремонту та обслуговування електромереж виконується заміна світильників на люмінесцентні. Закупівля енергозберігаючих ламп виконується у рамках коштів на поточну експлуатацію. Лампи розжарювання (крім спеціальних) в університеті не використовуються.

Облік електроенергії та енергоаудит

На території університету розташовані споживачі трьох тарифних груп: група 7 – промислові споживачі, група 9 – житлові будинки та гуртожитки, група 911 гуртожитки з

електроплитами. За Радянських часів тарифи за групами відрізнялися не суттєво, тому більшість споживачів тарифікувалась як промислові споживачі (найдорожча група). Це пов'язано з недосконалістю схеми живлення та обліку. З 2008 р. різниця в тарифах збільшилась, і були вжиті заходи для покращення співвідношення тарифних груп, не пов'язані з капітальними витратами. Однак схема обліку залишилась недосконалою.

В 2009 р. було проведено модернізацію силових електромереж гуртожитків, начального корпусу та інших задіяних об'єктів, що дало можливість відокремити споживачі різних груп та реалізувати коректну схему обліку. При цьому виконана заміна усіх вузлів обліку та їх компонентів. Встановлена та здана в промислову експлуатацію автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ). Дані про зменшення витрат на оплату електроенергії завдяки зміні співвідношення споживання за тарифними групами приведені в табл. 2.

Наявність АСКОЕ дає можливість ефективно контролювати стан та параметри системи електропостачання ДНУЗТ та здійснювати необхідні розрахунки в рамках енергоаудиту, який здійснюється відповідними підрозділами університету. Модернізація системи обліку електроенергії проведена у межах фінансування капітального та поточного ремонту об'єктів університету (без додаткових залучень).

Таблиця 2

Зменшення витрат університету завдяки зміні співвідношення споживання за тарифними групами

Тарифна група	Споживання за тарифною групою 2006 г. (тариф)	Споживання за тарифною групою 2008 г. (тариф)	Споживання за тарифною групою 2010 г. (тариф)
7 промислові споживачі	78 % (0,26 грн)	58 % (0,42 грн)	43 % (0,58 грн)
9 житлові будинки, гуртожитки	14% (0,19 грн)	33 % (0,24 грн)	40 % (0,24 грн)
911 гуртожитки електроплитами	8 % (0,14 грн)	9 % (0,18 грн)	17 % (0,18 грн)

Висновки

В електрогосподарстві університету впроваджені та розробляються усі доступні сучасні технології та заходи зі зменшення витрат електричної енергії та коштів на її оплату. Найбільш ефективними є:

- Використання можливості оплати електроенергії за 1 класом - економія за останні 3 роки склала 1995776 грн;
 - Компенсація реактивної потужності – економія за останні 3 роки склала 769651 грн;
 - Використання сучасних систем обліку електроенергії і ефективного керування електрогосподарством – економія за останні 3 роки склала 744128 грн;
 - Використання енергозберігаючих ламп та обладнання;
 - Зменшення витрат в електричних мережах.
- Загальна економія за 3 роки складає 3509556 грн.

Список літератури

1. Ковалко М. П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України [Текст] / М.П. Ковалко, С.П. Денисюк, А.К. Шидловський. – К.: УЕЗ, 1998. – 506 с.
2. Костюковський Б. А. Модель вибору переліку заходів по підвищенню

энергоэффективности при наличии ограничений на инвестиции и альтернативных мероприятий [Текст] / Б. А. Костюковский, Н. П. Иваненко, В. Г. Кузнецов // Материалы III международной научно-практической конференции "Энергосбережение на железнодорожном транспорте". – 2012. – Днепропетровск: ДНУЖТ. – С. 31.

3. Кузнецов В. Г. Подходы к оценке потенциала энергосбережения в системах электроснабжения железных дорог [Текст] / В. Г. Кузнецов // Материалы V международной научно-практической конференции ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТА "Трансэлектро - 2011". – 2011. – Днепропетровск: ДНУЖТ. – С. 38–40.

4. Праховник А. В. Контроль ефективності енерговикористання – ключова проблема управління енергозбереженням [Текст] / А. В. Праховник, В. Ф. Находов, О. В. Борисенко // Энергосбережение · Энергетика · Энергоаудит. – 2009. – № 8 (66). – С.41–54.

5. Праховник А. В. Управління використанням електричної енергії: стан і шляхи розв'язання проблеми [Текст] / А. В. Праховник, Д. М. Федосенко // Технічна електродинаміка. Темат. випуск: Проблеми сучасної електротехніки. Ч.1. – 2004. С.22–28.

6. Симборський А. І. Потенціал енергозбереження у цементній промисловості [Текст] / А. І. Симборський, В. В. Станиціна // Проблеми загальної енергетики. – 2010 – № 3 (23). – С.25–29.

7. Сиченко В. Г. Підвищення ефективності споживання електроенергії в університеті [Текст] / В. Г. Сиченко, В. Г. Кузнецов, Д. О. Босий // Матеріали 2-ї науково-практичної конференції «Новые технологии энергоснабжения и энергосбережения в промышленности и ЖКХ». – 2007. – Дніпропетровськ – С. 36–37.

INCREASING OF POWER CONSUMPTION EFFICIENCY IN UNIVERSITY

A.M. PSHINKO, Dr. Tech. Scie., Pf.

V.G. SYCHENKO, DR. Tech. Scie.

V.G. KUZNETSOV, Cand. Tech. Scie.

In this paper the authors selected energy saving measures to improve energy efficiency in university and calculated the effect of measures based on proposed model .

Поступила в редакцию 24.09 2012