

УДК. 621.331

Т. І. КИРИЛЮК, аспірантка

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту  
імені акад. В.А. Лазаряна, м. Дніпропетровськ

## СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

*В статті приведена і описана структурна схема задачі контролю енергопотреблення на Укрзалізниці. Приведені рекомендації по підвищенню ефективності енергопотреблення на залізничних дорогах України.*

*В статті наведена та описана структурна схема задачі контролю енергоспоживання на Укрзалізниці. Приведені рекомендації щодо підвищення ефективності електроспоживання на залізницях України.*

### Вступ

В останній час спостерігається тенденція активного вступу залізниць України до оптового ринку електроенергії (ОРЕ). Купівля електроенергії безпосередньо з ОРЕ для задоволення власних потреб і потреб споживачів, підключених до мереж залізниць – стратегічний напрямок їхньої діяльності, який підтверджується, як досвідом роботи залізниць на ОРЕ, так і концепцією розвитку ОРЕ, яка схвалена Кабінетом Міністрів України [4].

У [1] в основних напрямках роботи одним із головних заходів передбачено завдання по переходу залізниць до здійснення ліцензованої діяльності з постачання електроенергії за регульованим тарифом з закупкою електроенергії для цієї мети безпосередньо з ОРЕ. Для всіх залізниць, крім Південно-Західної, Донецької та Одеської це питання залишається стратегічним в 2011 році.

Оптовий ринок електроенергії потребує нових підходів до організації та вдосконалення АСКОВЕ. З огляду на це залізницям необхідно приділяти неабияку увагу контролю енергоспоживання та провести цілий ряд заходів [1], зокрема:

- здійснювати постійний аналіз рівня втрат в пристроях електропостачання і проводити заходи по приведенню їх до рівня нормативних;
- скласти фактичні баланси електроенергії з розподілом по окремих підстанціях, вузлах, мережах. В точках перевищення фактичних втрат електроенергії розробити і виконати технічні заходи по їх зменшенню;
- розробити та затвердити нормативні характеристики технологічних витрат електроенергії у власних електричних мережах.

### **Структурна схема задачі контролю енергоспоживання**

Сутність задачі контролю енергоспоживання передбачає необхідність визначення як фактичних показників енергоефективності відповідних об'єктів, так і деяких нормативних значень. Задача контролю енергоспоживання на Укрзалізниці вирішується за допомогою організаційно – методологічних, методологічних та інструментальних заходів (рис. 1).

До організаційно – методологічних заходів відноситься вдосконалення системи нормування втрат та витрат електроенергії.

Включення складових втрат (витрат) у склад норми повинно бути економічно та технологічно обґрунтованим. Невід'ємною частиною системи нормування є застосування економічних санкцій за нераціональне використання енергетичних ресурсів та запровадження економічних механізмів стимулювання енергозбереження.

Система нормування повинна мати стимулюючий характер. Максимальний ефект від стимулюючого фактору отримаємо тоді, коли буде встановлена раціональна норма.

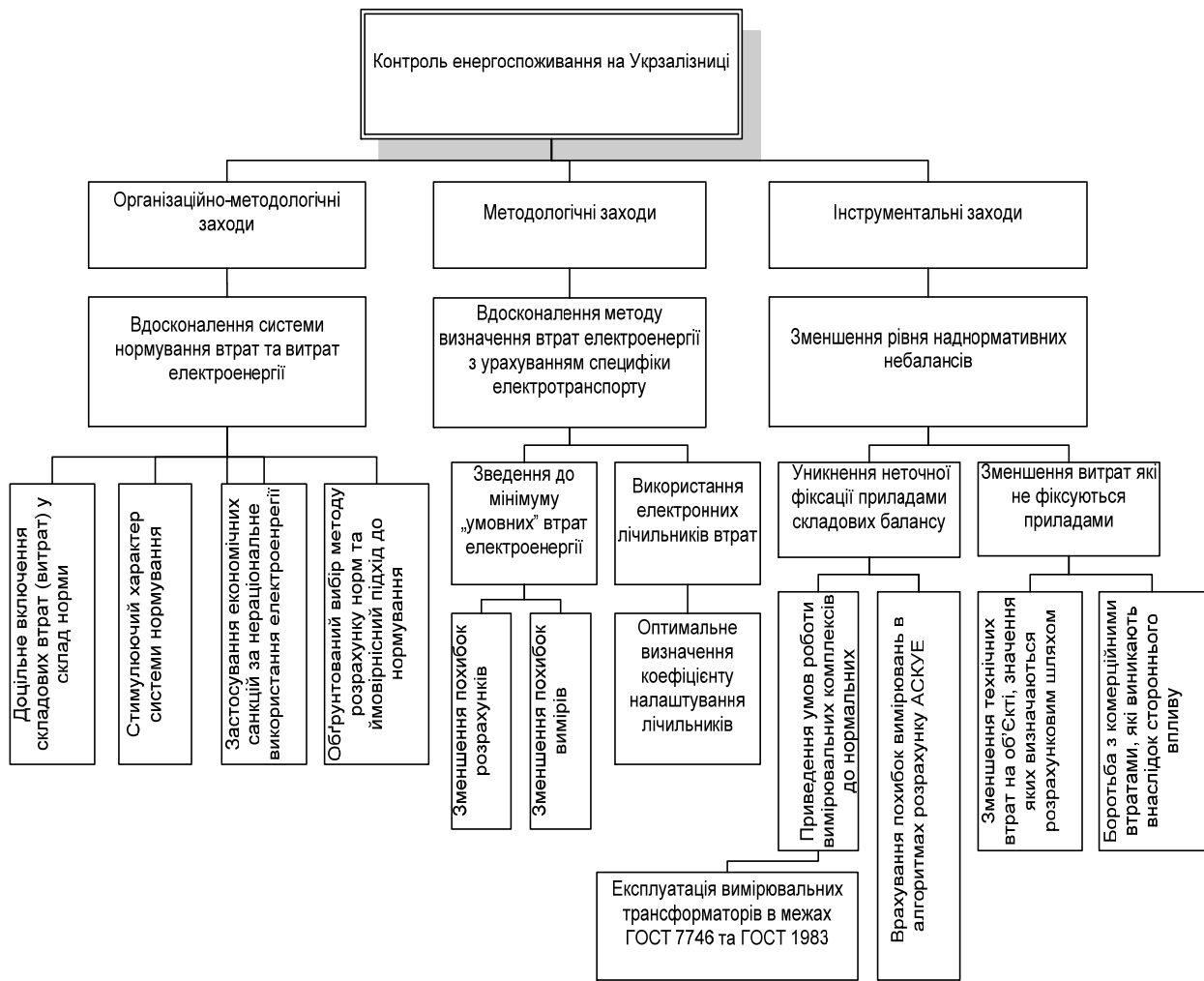


Рис.1. Структурна схема задачі контролю енергоспоживання на Укрзалізниці

Важливим аспектом нормування являється обґрунтований вибір методу розрахунку норм та ймовірнісний підхід до нормування. Норми витрат електроенергії розробляються розрахунково – аналітичним, дослідним та розрахунково – статистичним методами. Витрата електроенергії за розрахунково – аналітичним методом визначається за складовими, які в подальшому підсумовується. Індивідуальні норми (базисні) розраховуються теоретично за отриманими нормативним характеристикам. Тобто при визначенні норм витрат електроенергії за розрахунковий період виходять з базисної норми, яку коригують за допомогою відповідних коефіцієнтів (коефіцієнти впливу), або виходячи з балансів енергії. За дослідним методом витрата електроенергії визначається за допомогою експерименту, який повинен проводитися відповідно до технологічних регламентів або інструкцій. Витрата електроенергії за розрахунково-статистичним методом визначається на підставі великої кількості статистичної інформації, враховується вплив різних нормоутворюючих факторів. Методами математичної статистики встановлюють межі коливань норми і відсіюють недостовірні дані. Для визначення норми використовують методи множинної кореляції і регресійної моделі. Ймовірнісний підхід до нормування заснований на побудові багатофакторних регресійних моделей, класифікації та групуванні об’єктів за багатьма ознаками.

До методологічних заходів відноситься вдосконалення методу визначення витрат електроенергії з урахуванням специфіки електротранспорту. Залізничний транспорт має ряд особливостей, зокрема таке поняття, як «умовні» втрати. «Умовні» втрати – різниця в електроенергії, відпущеній на тягу поїздів за лічильниками тягових підстанцій і лічильниками електрорухомого складу. Зведення до мінімуму «умовних» витрат поділяється на дві складові, а

саме: зменшення похибок розрахунків та зменшення похибок вимірювань.

До зменшення похибок розрахунків можна віднести: розрахунок втрат в обладнанні тягових підстанцій та тяговій мережі; зменшення частини віднесеної на втрати електроенергії, а саме: похибок вимірювань лічильників, визначення за нормами споживання на тягу поїздів і опалення пасажирських вагонів при відсутності лічильників на електрорухомому складі, похибок у звітності про споживання електроенергії на тягу, не врахованих втрат в рейкових мережах (в основному в зимовий час), рекуперативного гальмування на постійному струмі та ін.

До зменшення похибок вимірювань – зменшення похибок обумовлених не нормативними класами точності вимірювальних трансформаторів та лічильників; приведення до норми занижених коефіцієнтів потужності та ін.

Інший шлях вдосконалення методу визначення втрат електроенергії з урахуванням специфіки електротранспорту – використання електронних лічильників втрат. Тут на перший план виступає питання про оптимальне визначення коефіцієнту налаштування лічильників, а саме: врахування параметрів системи тягового електропостачання, розмірів руху, врахування зрівняльних струмів, визначення коефіцієнту на імітаційній моделі в режимі реального часу та ін.

До інструментальних заходів відноситься зменшення рівня наднормативних небалансів. Цього можна досягти за допомогою: уникнення неточної фіксації приладами складових балансу та зменшення витрат які не фіксуються приладами.

Для уникнення неточної фіксації приладами складових балансу можна врахувати похибок вимірювань в алгоритмах розрахунку АСКОЕ або привести умови роботи вимірювальних комплексів до нормальних, а саме експлуатувати вимірювальні трансформатори в межах ГОСТ. Для приведення умов експлуатації ТС та ТН в межі ГОСТ 7746 та ГОСТ 1983 існує кілька шляхів: заміна вимірювальних трансформаторів на трансформатори з меншим значенням номінального навантаження вторинного ланцюга, підключення до вимірювального кола додаткового навантаження, використання трансформаторів з перетворювачами.

Для зменшення витрат які не фіксуються приладами потрібно зменшити технічні та комерційні втрати. Для зменшення технічних втрат на об'єкті, значення яких визначаються розрахунковим шляхом існують такі підходи: оптимізація схем та режимів, автоматизація управління, заміна обладнання. Для боротьби з комерційними втратами, які виникають в наслідок стороннього впливу потрібно боротися з розкраданням електроенергії споживачами та усунути недоліки в організації контролю за споживанням електроенергії та оплатою.

Фахівці кафедри «Електропостачання залізниць» спільно з працівниками залізниці проводять активну роботу в області нормування витрат електроенергії, вивчення наднормативних небалансів та вивчення природи втрат на залізниці [2,23,22,21,15,14,20].

Вдосконалення системи нормування втрат та витрат електроенергії.

Основним якісним показником всієї системи планування споживання та економії енергоресурсів на залізничному транспорті є норма – планова міра витрати енергії на виконання одиниці транспортної роботи, тобто на 104 т · км брутто. Нормування питомих витрат паливно-енергетичного ресурсів в Україні здійснюється відповідно до Закону України "Про енергозбереження" [3], постанови Кабінету Міністрів України від 15 липня 1997 р. № 786 "Про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві" [6] та основних положень [7].

Система норм повинна періодично переглядатися залежно від змін умов експлуатаційної роботи, останніх досягнень науково-технічного прогресу. Визначаючи норми необхідно враховувати, що їх виконання є матеріально стимулюючим чинником у боротьбі за економію енергетичних ресурсів, мобілізацію внутрішніх резервів на залізничному транспорті.

Методи визначення норм для тягових споживачів представлені на рис. 2.



Рис. 2. Методи визначення норм витрат електроенергії для тягових споживачів

В основу методу коригуючих коефіцієнтів покладено дані тягово-енергетичних паспортів локомотивів, а також загальні формули і положення тягових розрахунків. Норма витрати електроенергії на поїзну роботу є сумою витрат: на роботу по переміщенню поїзда, на пов'язані із зупинками втрати кінетичної енергії поїзда, і витрат на розгін рухомого складу, а також на роботу двигуна і допоміжних машин електровоза на холостому ході [ 2 4 ] .

Норма витрати електроенергії на поїзд, кВт·год./10<sup>4</sup>т·км. визначається за формулою (1)

$$e = e_0 \cdot k_{cn} \cdot k_{\mu} \cdot k_i \cdot k_{\tau} + z'(\Delta e_m + \Delta e_p) + e_{cl} (k_{\epsilon} + Q_c \cdot k_{\epsilon}'), \quad (1)$$

де  $e_0$  – вихідні норми витрати електроенергії, які визначаються для руху на площадці складу, що складається з чотиривісних вагонів;

$k_{cn}$  – коефіцієнт, що враховує зміну опору рухомого складу залежно від типу вагонів;

$k_{\mu}$  – коефіцієнт впливу ступеню використання вантажопідйомності вагонів (в даному випадку відношення фактичного статичного навантаження на вісь до базової величини 17,5 т);

$k_i$  – коефіцієнт складності подолання нормованої ділянки;

$k_{\tau}$  – температурний коефіцієнт нормованого періоду;

$z'$  – число зупинок, передбачених графіком руху поїздів на 100 поїздо-км;

$\Delta e_m$  – витрати електроенергії на відновлення кінетичної енергії, втраченої при гальмуванні, віднесені до 10 тис. т · км брутто;

$\Delta e_p$  – втрата електроенергії для електровозів постійного струму в реостатах при рушанні і розгоні, віднесена до роботи 10 тис. т · км брутто;

$e_{cl}$  – витрати електроенергії на допоміжні машини локомотива, віднесені до 10 тис. т · км брутто;

$k_{\epsilon}, k_{\epsilon}'$  – відповідно коефіцієнти використання потужності допоміжних машин електровоза в ході і на стоянках, одержуваних як частка номінальної потужності, фактично використовуваної для обслуговування локомотивів;

$Q_c$  – коефіцієнт часу стоянки, як відношення часу стоянок до загального часу за поїздку.

Норма витрати електроенергії за методикою ВНДІЗТа [9] визначається за формулою (2)

$$e = e_0 \cdot k_Q \cdot k_V \cdot k_R \cdot \dots \cdot k_I, \quad (2)$$

де  $e_0$  – базова (вихідна) витрата електроенергії;

$k_Q, k_V, k_R$  – коефіцієнти впливу, відповідних зміні маси складу, швидкості, наявності вагонних букс на роликівих підшипниках і т. ін.;

$k_I$  – коефіцієнт впливу фактора, що враховується першим.

При використанні формули (2) найбільш важливим є об'єктивний вибір коефіцієнтів впливу  $k_I$ . Для визначення коефіцієнтів використовують різноманітні методи, зокрема розкладання функції енерговитрат в ряд Тейлора. Коефіцієнти впливу повинні періодично переглядатися з метою наближення норм до фактично реалізованих.

Балансовий метод заснований на послідовному розрахунку складових витрат електроенергії на рух даного поїзда [8]. Загальна кількість енергії, що споживається поїздом може бути представлена у вигляді суми (3).

$$W = W_{nm} + W_{WO} + W_{kp,i} + W_{nT} + W_T + W_{TD} + W_{CH}, \quad (3)$$

де  $W_{nm}$  – витрата енергії за час пуску;

$W_{WO}, W_{kp,i}$ ; – витрата енергії на подолання відповідно основного опору руху поїзда, а також опору руху поїзда в кривих і на ухилах;

$W_{nT}, W_T$  – витрата енергії відповідно при пригальмовуванні та гальмуванні поїзда;

$W_{TD}$  – витрата енергії на покриття її витрат в тягових двигунах ЕРС за час руху поїзда;

$W_{CH}$  – витрата енергії на власні потреби ЕРС, включаючи живлення кіл управління, вентиляцію обладнання та кабін машиністів, опалення та освітлення.

Графічний метод ґрунтується на використанні двох графічних залежностей, а саме  $I_e(V)$ , та  $V(S)$ .  $I_e(V)$  – струм електрорухомого складу в функції швидкості руху поїзда.  $V(S)$  – швидкість руху поїзда у функції пройденого шляху. Цей метод передбачає встановлення графічного масштабу енергії  $m_A$ , мм/(Вт·год.) (4), і побудову залежності  $A(S)$  зміни витрат електроенергії у функції шляху.

$$m_A = \frac{m_I \times m_S}{m_V \times U_{kc}}, \quad (4)$$

де  $m_I, m_S, m_V$  – масштаби відповідно струму електровоза, мм/А, шляху, мм/км і швидкості руху поїзда, мм/(км/год.), прийняті при виконанні тягового розрахунку;

$U_{kc}$  – номінальна напруга в контактній мережі.

При графічному методі витрата енергії визначається тільки на переміщення поїзда, тому необхідно додати до знайденої витрати енергії втрати в тягових двигунах, втрати енергії під час пуску, витрати на власні потреби електровоза за винятком енергії рекуперації, яка повертається в контактну мережу.

При чисельному методі виконання тягового розрахунку на ЕОМ полягає в чисельному інтегруванні рівняння руху поїзда одним з наближених методів. Висока продуктивність ЕОМ дає змогу економити час при обчисленнях, тому при використанні ЕОМ передбачають у розрахунковій програмі виконання тягового розрахунку в повному обсязі.

Таким чином, кожен з викладених методів має властиві йому достоїнства, недоліки і свою сферу доцільного застосування.

Основним методом розробки норм питомої витрати електричної енергії для нетягових споживачів є розрахунково-аналітичний метод. Він передбачає визначення норм витрати електричної енергії розрахунковим методом за статтями витрати на основі прогресивних показників використання цих ресурсів у виробництві.

На даний момент на залізницях України норми витрат електроенергії для нетягових споживачів розраховуються за методикою ЦЕ-0015 [5].

Наприклад норма питомої витрати енергії для стаціонарних споживачів на основну роботу всіх залізниць (5), кВт год./10<sup>4</sup> т. км бруто.

$$\omega_c = k_{mc} k_{cc} (37,261 - 3,515 \cdot 10^{-7} n_{cp}) = \frac{\sum_{i=1}^{n_d} W_{di}}{n_{cp}}, \quad (5)$$

де  $k_{mc}$  – коефіцієнт, який враховує вплив технічної оснащеності залізниць на питому витрату електроенергії;

$k_{cc}$  – коефіцієнт сезонності;

$n_{cp}$  – річний обсяг основної роботи залізниць,  $10^4$  т. км брутто;

$W_{di}$  – витрата електроенергії за нормою для стаціонарних споживачів на основну роботу  $i$ -ої залізниці, кВт год./рік.

В основу методичних вказівок щодо визначення норм витрати електроенергії покладені регресійні залежності, що враховують сезонність, нерівномірність завантаження, електрооснащеність праці та ін.

На залізничному транспорті як для тягових, так і для нетягових споживачів основним показником об'єму роботи (послуги), відносно якого визначається норма питомої витрати, є одиниця перевізної роботи (10000 т·км брутто).

Аналіз залежності витрати електроенергії на тягу поїздів і на нетягові потреби від об'єму тонно-кілометрової роботи показав, що витрата електроенергії тяговими споживачами в значній мірі залежить від тонно-кілометрової роботи, але при цьому її вплив на споживання електроенергії нетяговими споживачами є несуттєвим. В межах окремих структурних підрозділів спостерігається відсутність значимої залежності між витратами електроенергії на нетягові потреби і об'ємом тонно-кілометрової роботи.

Тому існуюча в теперішній час практика віднесення витрати електроенергії на нетягові потреби структурних підрозділів залізниць по видах діяльності з нормуванням об'єму електроспоживання на одиницю перевізної роботи не дозволяє здійснювати ефективний контроль і аналіз витрати електроенергії нетяговими споживачами.

Використання існуючих методик розрахунку питомих норм витрати електроенергії на випуск одиниці продукції по господарствах залізниць не дозволяє достовірно визначати ліміти електроспоживання на експлуатаційні потреби. Це пояснюється відмінностями в організації ремонтно-експлуатаційної діяльності структурних підрозділів господарств різних залізниць, викликаними різною мірою впровадження сучасних технічних систем, нестандартного устаткування і пов'язаними з цим змінами в технологічних процесах, що не може бути враховане при розрахунках по існуючих методиках визначення питомих норм, розроблених до початку впровадження вказаного устаткування.

Ця проблема не дозволяє забезпечити ефективне функціонування існуючої системи контролю і аналізу витрати електроенергії нетяговими споживачами. Тому дана система вимагає вдосконалень, які враховуватимуть вплив різних чинників і їх частковий внесок в зміну об'єму електроспоживання.

#### **Зменшення рівня наднормативних небалансів**

Небаланс електроенергії у звітному періоді визначається за методикою [11]. Небаланси виникають внаслідок неточної фіксації приладами складових балансу, а також наявністю витрат, які не фіксуються приладами: технічних втрат на об'єкті, значення яких визначається розрахунковим шляхом, та комерційних втрат, які виникають внаслідок стороннього впливу.

Для здійснення оцінки небалансу електроенергії на об'єкті, що розглядається розраховуються допустимий та фактичний небаланс.

У [2] були обчислені небаланси електроенергії з травня 2010 р. по березень 2011 р. (рис. 3).

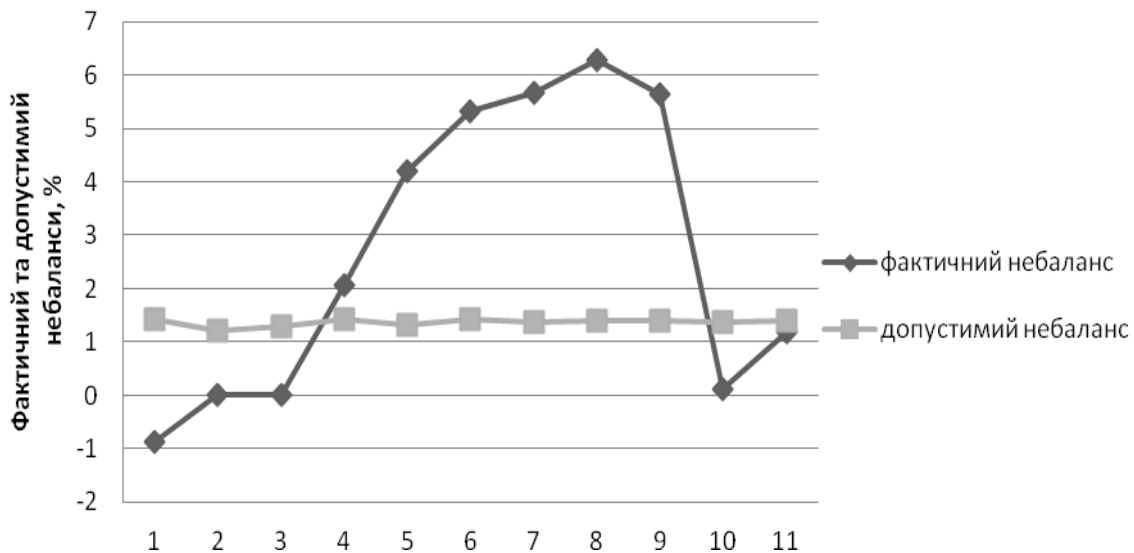


Рис. 3. Небаланси електроенергії на ТП Ш

Яв видно із рисунка, з липня 2010 р. по січень 2011 р. фактичний небаланс перевищує припустимий. Одна із причин - недозавантаженості вимірювальних трансформаторів [15].

Існує два основних способи вирішення проблеми:

- заміна вимірювальних трансформаторів на трансформатори з меншим значенням номінального навантаження вторинного кола;
- підключення до вимірювального кола додаткового навантаження.

У Європі віддають перевагу другому способу [12], оскільки він значно дешевший та більш ефективний.

Для підтвердження нормованих метрологічних характеристик ТН згідно з їх класами точності 0,5 при дійсних значеннях потужностей та коефіцієнтів потужності їх вторинного навантаження рекомендується потужність вторинного навантаження обмоток та коефіцієнти потужності вторинного навантаження ТН привести у відповідність до вимог ГОСТ 1983-2001. Дозавантаження трансформаторів напруги рекомендується виконати шляхом підключення в кола напруги релейного захисту (фаза - нуль) навантажувальних опорів, значення яких розраховані та наведені у [21].

### Підвищення точності методу визначення втрат електроенергії в системі тягового електропостачання

Широкого розвитку питання обліку втрат електроенергії набуло ще у 80–90-і роки. Цьому питанню присвячені численні роботи [16,17,19,13]. Найбільш перспективний спосіб визначення втрат енергії в тягових мережах – використання електронних лічильників втрат, встановлених на фідерах контактної мережі та реєструючих інтегральне значення ампер – квадрат – годин. Ці пристрої потребують індивідуальної настройки для конкретної фідерної зони.

Ще у 70-80 х. рр. на базі електронного лічильника електроенергії Ф440 був розроблений лічильник втрат електроенергії Ф440П змінного струму, а на основі лічильника кіловат – годин постійного струму типу СКВТ – Ф 607, що випускається серійно був створений електронний лічильник ампер – квадрат – годин СКВТ – Ф 607П. Лічильник втрат енергії, встановлений на живлячому фідері, показує величину втрат в залежності від: ампер – квадрат – годин, які вимірюються лічильником в одиницю часу; розрахункового коефіцієнта пропорційності втрат, постійного для конкретного фідера і фізично представляючого собою опір тягової мережі на плечі прикладання еквівалентного навантаження.

Коефіцієнт налаштування визначався на імітаційній моделі. В якості вихідних даних використовуються результати тягових розрахунків, параметри системи електропостачання та розміри руху. Враховувались можливості стоянок і обгонів вантажних і пасажирських

потягів при імовірнісній моделі графіка руху. Однак, як показали досліди [19], коефіцієнт налаштування залежить від величини зрівняльного струму, кількості потягів на зоні і т. ін., що і визначається відчутною похибкою (до 7,5 %) цього способу. Похибку можна зменшити заклавши в механізм лічильника діапазон попередньо розрахованих коефіцієнтів налаштування.

В [16] проводився факторний аналіз коефіцієнта налаштування, на основі якого була отримана аналітична формула для його розрахунку:

$$K = 0,878 + 0,017 \cdot I_y + 0,392 \cdot R_{ph} - 0,5141 \cdot \frac{N}{N_0} - 0,528 \cdot \alpha - 0,0122 \cdot I_y \frac{N}{N_0}, \quad (6)$$

де  $I_y$  – модуль зрівняльного струму, А;

$R_{ph}$  – активна складова опору фідерної зони ;

$\frac{N}{N_0}$  – степінь використання пропускної спроможності;

$\alpha$  – відношення повного часу ходу поїзда до часу його ходу під струмом.

Похибка при визначенні коефіцієнту  $K$  за формулою (1) в порівнянні з обчисленням на імітаційній моделі не перевищувала 5%

Запропонований в [16] метод мав недолік. Коефіцієнт налаштування розраховувався на імітаційній моделі лише один раз для конкретної фідерної зони і після введення до лічильника не корегувався. Стара елементна база не дозволяла корегувати коефіцієнти пропорційності автоматизовано.

У [18] проведено оцінку впливу зрівняльного струму на величину втрат енергії, що дозволило зробити наступні висновки: зрівняльні струми тим сильніше впливають на втрати потужності, чим менші навантаження від потягів; в залежності від співвідношення тягового навантаження і зрівняльного струму втрати потужності можуть підвищитись у 1,5–12 разів. Сучасна елементна база дозволяє сполучати комерційний облік електроенергії з розрахунком втрат на базі єдиного пристрою. Це питання вирішується на базі лічильника АЛЬФА Плюс (A2), що випускається в Москві компанією Эльстер Метроника й спеціалізованого програмного пакету AlphaPlus\_LS [10]. У подальшому планується визначити діапазон зміни коефіцієнту налаштування, який буде заноситись до лічильника.

### Висновки

Для підвищення ефективності електроспоживання на залізницях України необхідно:

1. Вдосконалити систему нормування питомих витрат електроенергії таким чином, щоб вона враховувала специфіку конкретного підрозділу, вплив різних чинників і їх частковий внесок в зміну об'єму електроспоживання.

2. Для зменшення рівнів наднормативних небалансів електроенергії необхідно привести завантаження вимірювальних трансформаторів до вимог гостів ГОСТ 7746 та ГОСТ 1983. Дозавантаження трансформаторів напруги рекомендується виконати шляхом підключення в кола напруги релейного захисту (фаза - нуль) навантажувальних опорів.

3. Вдосконалити метод визначення втрат електроенергії за допомогою використання електронних лічильників втрат. Розрахувати діапазон зміни коефіцієнтів налаштування лічильників.

### Список літератури

1. Аналіз роботи господарства електрифікації та електропостачання в 2009 році [Текст] / . – К.: Державна адміністрація залізничного транспорту, 2010. – 162 с.
2. Дослідження наднормативних небалансів обліку електричної енергії на тягових підстанціях Донецької залізниці для тягової підстанції Штерівка і розробка рекомендацій по їх приведенню до нормативних вимог [Текст]: звіт з НДР / кер. В. Г. Кузнецов. – ДР 0111U003606



; Інв. – Д.: ДНУЗТ, 2011. – 116 с.

3. Закон України про енергозбереження. Введений в дію постановою Верховної Ради України 01.07.94 №75/94 - ВР [Текст] / Верховна Рада України.:1994.

4. Концепція функціонування та розвитку оптового ринку електричної енергії України. Затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 16 листопада 2002 р. № 1789 [Текст] / –К.: 2002. – 75 с.

5. Методичні вказівки щодо визначення норм витрат електроенергії для стаціонарних споживачів залізниць. ЦЕ-0015 : Затв.: Наказ Укрзалізниці № 545-Ц від 28.12 2006 р [Текст] / Розроб. В. Т. Доманський, В. Г. Кузнецов. – К.: Мін-во трансп. України. Держ. адмін. заліз. трансп. України. Укрзалізниця, 2007. – 108 с.

6. Постанова про порядок нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві. Затв.: Наказ Кабінету Міністрів України 15.07.97 № 786 [Текст] / Кабінет міністрів України. – К.: 1997. – 28 с.

7. Основні положення з нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві. Затв.: Наказом Державного комітету України з енергозбереження 22.10.02 № 37 [Текст] / Державний комітет України з енергозбереження. – К.: 2002. – 30 с.

8. Теория электрической тяги [Текст] / Под ред. И. П. Исаева. – М.: Транспорт, 1995. – 295 с.

9. Развитие локомотивной тяги [Текст] / Под ред. Н. А. Фуфрянского и А. П. Бевзенко. – М: Транспорт, 1982. – 303 с.

10. Руководство по эксплуатации ДЯИМ.4111 52.018 РЭ [Текст] / М.: Эльстер Метроника, 2007. – 78 с.

11. Інструкція по зняттю показників приладів обліку електроенергії, їх запису та передачі даних енергодиспетчеру, структурному підрозділу "Енергозбут" та причетним організаціям на об'єктах електропостачання. Затв: Наказ Укрзалізниці 12.10.2005 № 330-Ц [Текст] / Міністерство транспорту та зв'язку України. – К.: 2005. – 39 с.

12. Данилеян Н. Точность учёта электроэнергии зависит от правильности выбора и подключения измерительных трансформаторов [Текст] / Н. Данилеян // Новости электротехники. – 2003. – № 3.

13. Бардушко В. Д. Анализ и параметрический синтез систем тягового электроснабжения [Текст]: автореф. дис.... докт. техн. наук : 05.13.01 / Бардушко Валерий Данилович; [ИрГУПС]. – Иркутск: 2001.

14. Барна А. І. Дослідження небалансів електроенергії на Львівській Залізниці [Текст] / А. І. Барна, В. Г. Кузнецов, Т. І. Кирилюк // Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції "Енергосбереження на залізничному транспорті". – 2011. – пгт. Ждениево: ДНУЖТ. – С. 8.

15. Барна А. І. Дослідження небалансів електроенергії на Львівській залізниці [Текст] / А. І. Барна, В. Г. Кузнецов, Т. І. Кирилюк // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції "Енергозбереження на залізничному транспорті". – 2011. – С.8.

16. Доманский В. Т. Система информационно-управляющего обеспечения рациональных режимов электропотребления электрифицированных линий железных дорог [Текст]: автореф. дис.... докт. техн. наук : 05.22.09 / Доманский Валерий Тимофеевич; [Моск. гос. ун-т путей сообщ.]. – М.: 1993. – 48 с.

17. Доманский В. Т. Экспериментальное определение потерь энергии в электротяговых сетях постоянного тока [Текст] / В. Т. Доманский, В. Ф. Блохин, Г. А. Доманская // Вестник ВНИИЖТ. – 1990. – № 5. – С. 29–32.

18. Быкадоров А. Л. Теоретические основы прикладных задач управления режимами работы системы электроснабжения железных дорог для АСУЭ [Текст]: дис.... докт. техн. наук : 05.22.09 / Быкадоров Александр Леонович; [РГУПС]. – Ростов-на-Дону: 1995. – 578 с.

19. Быкадоров А. Л. Сравнительная оценка косвенных способов измерения потерь энергии в контактной сети переменного тока [Текст] / А. Л. Быкадоров, В. Т. Доманский // Труды Ростовского института инж. ж.д. транспорта. – 1979. № Вып. 153. – С. 20–27.

20. Бітюков, С. Д. Проблеми небалансів електроенергії в системі тягового електропостачання [Текст] / С. Д. Бітюков, В. Г. Кузнецов, Т. І. Кирилюк // Тезиси 4ої Міжнародної научно-практичної конференції "ЕЛЕКТРОМАГНІТНА СОВМІСТИМОСТЬ І БЕЗОПАСНОСТЬ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ ТРАНСПОРТЕ" ЕМС&S-R". – 2011. – Чинадієво: ДНУЖТ. – С. 14–15.

21. Кузнецов В. Г. Дослідження небалансів електроенергії на тягових підстанціях [Текст] / В. Г. Кузнецов, Т. І. Кирилюк // Технічна електродинаміка. – 2011. Тематичний випуск: "Силовa електроніка та енергоефективність". – С. 181–185.

22. Кузнецов В. Г. Експериментальне дослідження "умовних втрат" електроенергії в тяговій мережі [Текст] / В. Г. Кузнецов, Ю. М. Сергачий, Т. І. Кирилюк // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2011. – № 4/8. – С. 29–33.

23. Кузнецов В. Г. Експериментальна перевірка величин "умовних втрат" електроенергії в контактній мережі [Текст] / В. Г. Кузнецов, Ю. Н. Сергачий // Матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної конференції "Енергосбереження на залізничному транспорті". – 2011. – С. 38–40.

24. Осипов С. І. Основи електричної та тепловозної тяги [Текст] / С. І. Осипов. – М: Транспорт, 1985. – 408 с.

## WAYS FOR IMPROVING THE ENERGY CONSUMPTION ON THE RAILWAYS OF UKRAINE

T. I. KIRILYUK, graduate student  
Dnipropetrovsk National University of Railway Transport

*The autor proposed a a block diagram that described the problem of control of energy consumption on the railways of Ukraine. The author gives recommendations for improving the energy consumption more efficiently.*

Поступила в редакцію 11.06 2012 г.