

Д. Босий, к. т. н., доцент,

Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

УДК 621.331

Інтелектуалізація електроенергетики в частині впровадження новітніх інформаційних технологій управління, захисту та моніторингу стану обладнання й систем для підвищення керованості енергосистем є однією з важливих тенденцій розвитку електричних мереж ХХІ ст.

Транспортний сектор є необхідною складовою для функціонування й сталого розвитку економіки держави. Працюючи в тісній взаємодії з виробництвом і споживанням, транспорт є каталізатором активності економіки та руху товарно-матеріальних потоків, підтримує мобільність робочої сили та задовольняє потреби населення в перевезеннях. Розвинена транспортна інфраструктура створює контури території і є базою для територіального розподілу праці, зумовлює динамічність та ефективність соціально-економічного розвитку як окремих регіонів, так і країни в цілому.

Сучасний стан транспортної галузі України переживає період глибокої системної кризи. Зазначене зумовлюється наявною системою управління транспортним комплексом, станом виробничо-технічної бази й технологічним рівнем організації перевезень, який за багатьма параметрами не відповідає потребам суспільства та європейським стандартам якості надання транспортних послуг, перешкоджає підвищенню ефективності функціонування та потребує докорінного реформування та модернізації.

На думку експертів, транспортна галузь досі не одержала комплексного розвитку, в основу якого покладені сучасна прогресивна організаційна структура та ефективна економічна модель розвитку, побудована на принципах конкуренції, запровадженні ефективних механізмів державного регулювання ринку, використанні інституту державно-приватного партнерства в реалізації великих інвестиційних проектів, активізації інновацій

у транспортній сфері, інтеграції національної транспортної системи до європейської та азійської транспортних систем, підвищення конкурентоспроможності національної транспортної системи на світовому ринку обслуговування транснаціональних маршрутів.

■ Аналіз статистичних показників роботи

Перевезення електричним транспортом в умовах нестійкої вартості енергоносіїв завжди виявляються найбільш рентабельними через закладену можливість диверсифікації виду первинних енергетичних ресурсів. Попри це на всьому шляху транспортування електроенергії від джерела до кінцевого споживача наявні втрати деякої її частини, що є технологічно необхідним для забезпечення загального процесу передачі. З урахуванням того, що на кожній наступній ланці передачі електроенергії накопичується рівень її втрат з урахуванням попередніх ланок, питання

зниження втрат та підвищення ефективності завжди були актуальними.

Транспортний сектор в енергетичному балансі України стосовно перевезень залізничним транспортом займає частку споживання електроенергії на рівні 4%, при цьому частка електроенергії, яка безпосередньо витрачається на електротягу, становить від 2,8 до 3,5% загального балансу електроенергії. За всю історію функціонування електрифікованих залізниць частка електрифікованих залізниць із загальної експлуатаційної довжини залізничних колій, починаючи з 1980 року й до цього часу, постійно збільшується (рис. 1), складаючи станом на 2015 рік близько 10 тис. км, що у відношенні до загальної експлуатаційної довжини становить 47%. Постійне збільшення протяжності електрифікованих залізниць протягом останніх 35 років зумовлене перевагами, які полягають у тому, що питомі витрати електричної тяги менше від тепловозної у 1,8–2,2 разу.

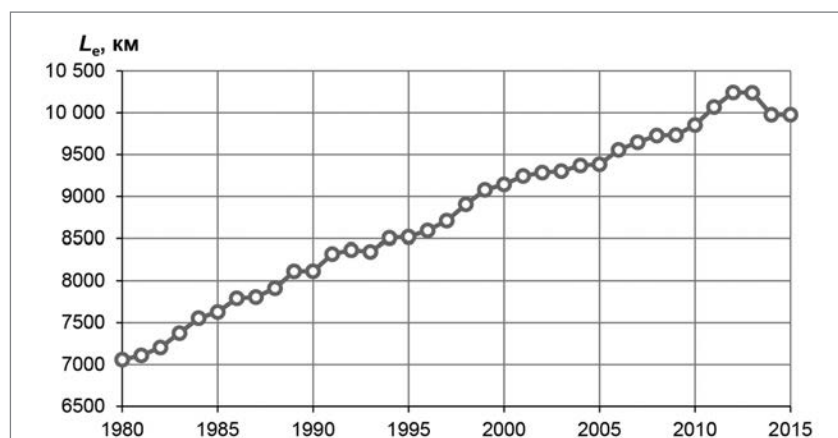


Рис. 1. Динаміка електрифікації залізниць України за роками

Динаміка обсягів вантажних і пасажирських перевезень в Україні у розрізі видів транспорту відображає характерні періоди нестабільності (рис. 2). Загальні обсяги перевезень вантажів за останні роки знижуються, порівняно з максимальними показниками, які зафіксовані у 2007 році, залізничні перевезення скоротилися майже на 32%. Криза в економіці та складна ситуація на сході України негативно позначається на показниках роботи транспортної галузі.

Приблизно 90% дохідної частини від перевезень на залізничному транспорті формується транспортуванням вантажів. Структура вантажних перевезень за останні 10 років у межах України визначається таким чином: залізничні — 57%, трубопровідний та автомобільний — 20–21%, водний — до 2%, авіаційний — менше 1%. Для порівняння, у країнах Євросоюзу залізничні вантажні перевезення становлять лише 10,5%. За вантажообігом (рис. 3) залізничні перевезення посідають провідне місце — до 55%, порівняно з трубопровідним — до 35%, автомобільним — 8–9%, водним — до 2,5% та авіатранспортом — менше 1%.

Відображаючи загальноекономічні тенденції, падіння обсягів вантажних перевезень демонструють практично всі види транспорту, за винятком автомобільного. У загальній структурі перевезень вантажів залізничний транспорт становить найбільшу частку, що суттєво впливає на динаміку перевезень вантажів у цілому по Україні.

За абсолютною чисельністю перевезених пасажирів (рис. 4) на першому місці традиційно знаходиться автомобільний транспорт — 51%, далі міський електротранспорт — 43%, залізничний — 6%, водний та авіа — до 1%.

За пасажирооборотом (рис. 5) залізничний транспорт становить найближчу конкуренцію автомобільному — 37% проти 40%. Міський електротранспорт — 14,5%, авіаційний — 9%, водний — менше 1%. Загалом пасажирські перевезення за останні роки мають негативну динаміку у залізничних та автомобільних перевезеннях, яка пояснюється

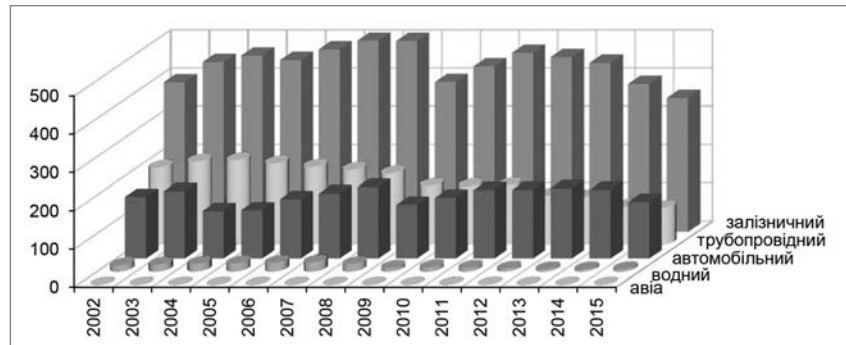


Рис. 2. Вантажні перевезення за видами транспорту, млн т

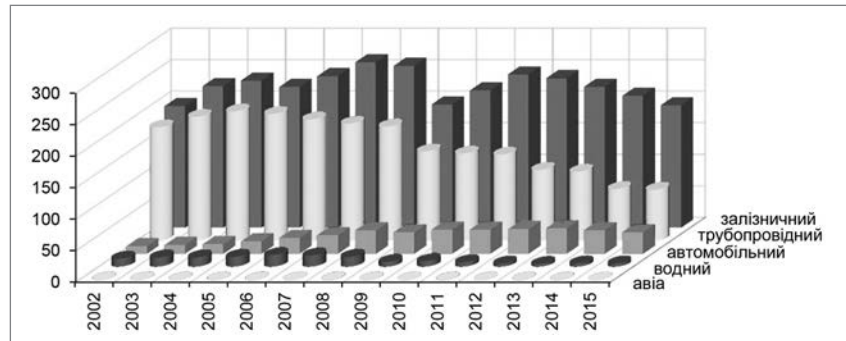


Рис. 3. Вантажообіг за видами транспорту, млрд т-км

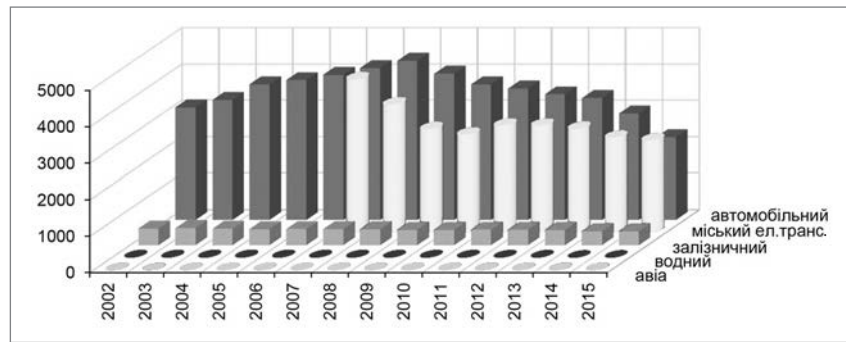


Рис. 4. Пасажирські перевезення за видами транспорту, млн пас.

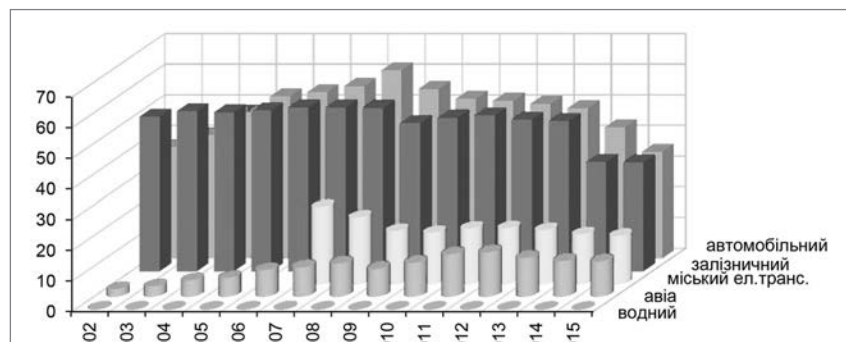


Рис. 5. Пасажирооборот за видами транспорту, млрд пас-км

скороченням попиту на транспортні послуги населення внаслідок зменшення доходів, зростанням тарифів на проїзд, а також переорієнтацією частини пасажирів на послуги нелегальних перевізників. Міський

електричний транспорт за останні роки демонструє зниження 2–3% за рахунок перевезень трамваями та тролейбусами, на відміну від метрополітенів, які користуються стабільно високим попитом населення.

Питома вага електричної тяги в енерговитратах на залізничному транспорті становить близько 80%. У собівартості залізничних перевезень енергетична складова сьогодні оцінюється на рівні 21–25% і має тенденцію до зростання. Так, незважаючи на коливання за роками обсягів споживання електроенергії (рис. 6), вартість спожитих її обсягів постійно зростає (рис. 7).

Слід зазначити, що з 2011 року від ліцензованої діяльності залізниць у якості постачальників електро-

енергії вартість реактивної електроенергії належить до сукупного доходу Укрзалізниці.

Однією з причин зростання вартості спожитої електроенергії на загальному фоні зниження обсягів перевезень є постійне підвищення тарифів на електроенергію. Так, порівняно з 2007 роком тариф на електроенергію 1 класу зріс більше ніж у 4 рази.

Окрім підвищення вартості електроенергії, значний вплив на сукупну вартість електроенергії має рівень втрат у системах електропостачання.

У загальнодержавному енергетичному балансі виникають втрати при розподіленні та транспортуванні енергетичних ресурсів. Серед цих втрат найбільшу частку мають втрати електроенергії, на них припадає 52% усіх втрат, на теплову енергію — 25%, природний газ — 14%, вугілля і торф — до 9%, нафту й нафтопродукти — менше 1%.

На фоні зниження енергоспоживання в країні, відносні втрати електроенергії за останні роки дещо знижуються й сягають величини 11%. У розрізі систем електропостачання залізничного транспорту рівень технологічних втрат, відповідно до статистики, змінюється в досить широкій межі — від 5 до 24% (рис. 8). Найменшим рівнем втрат (5–8%) характеризуються ділянки залізниць, електрифіковані змінним струмом. Ділянки із системою постійного струму мають втрати, що більше середнього рівня в балансі України, а саме 14–16%, і подекуди до 24%. Для розвинених країн рівень втрат електроенергії вважається оптимальним на рівні 6–8%.

Слід зауважити, що через неадекватність системи обліку електроенергії тяги на залізницях використовується поняття «умовних втрат», які лише орієнтовно визначають рівень технологічних втрат електроенергії.

► Передумови та перспективні напрямки розвитку електроенергетики

Сучасний технологічний прогрес на цьому етапі розвитку людства вичерпав майже всі можливості вдосконалення силової частини електроенергетичного обладнання. Тому подальший розвиток та підвищення енергоефективності забезпечується поєднанням досягнень силової електроніки та інформаційних технологій у вигляді концепції Smart Grid.

Загальносвітові тенденції формування концепції Smart Grid та необхідні технології для систем загальної енергетики детально опрацьовано в [1], при цьому дотримані загальновідомі підходи, що використовують і закордонні вчені [2]. Запропонована авторами концепція розвитку інтелектуальної транспортної системи [3]



Рис. 6. Обсяги споживання електроенергії залізницями України

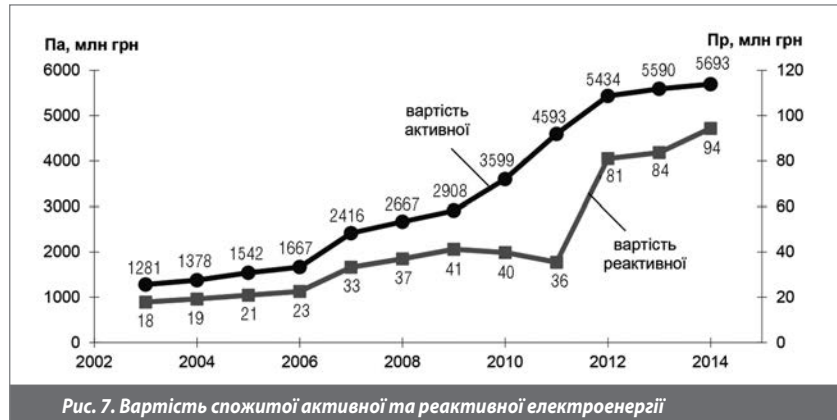


Рис. 7. Вартість спожитої активної та реактивної електроенергії

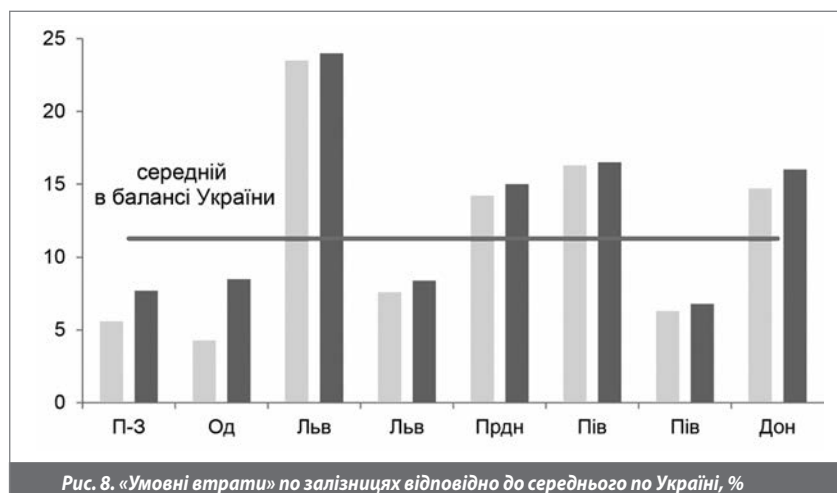


Рис. 8. «Умовні втрати» по залізницях відповідно до середнього по Україні, %

у першу чергу вирішує транспортні завдання логістики, енергетичну складову при цьому розглядаючи досить спрощено й не вирішуючи важливу проблему інтеграції альтернативних джерел енергії, узгодження режимів тягового електроспоживання та рекуперації енергії, інтелектуалізації кліматичних систем транспорту тощо.

Елементарний базис для розбудови задач оптимізації режимів роботи транспорту розроблено автором [4], при цьому основний акцент базується на використанні електричної тяги як найбільш ефективної на цей час технології для вантажних і пасажирських перевезень, що також має потенціал підвищення енергоефективності.

Відомі технології регулювання режимів на локальному рівні отримані шляхом значного емпіричного досвіду, але в них відсутні ґрунтовні теоретичні напрацювання внаслідок складностей аналітичного описання процесів, що відбуваються в системах енергозабезпечення транспорту.

На сьогодні стан електроенергетичної системи характеризується збільшенням попиту на електроенергію при посиленні політики енергозбереження, у структурі електроенергетичної системи міститься значна частка обладнання та апаратури з великим терміном експлуатації, робота операторів системи стала більш напруженою через скорочення часу на вирішення непередбачуваних ситуацій, збільшилася значущість комп'ютеризації процесів керування у функціонуванні електроенергетичної системи.

Розвиток енергосистем країн колишнього Радянського Союзу порівняно із зарубіжними країнами має характерні відмінності. Так, у вітчизняних енергосистемах відставання мережевого будівництва й нестача резервів генеруючих потужностей компенсувалися розвитком системи централізованого диспетчерського керування й засобів протиаварійної автоматики. Функція регулювання реактивної потужності залишалася переважно за електростанціями. Крім того, для цих енергосистем була притаманна необхідність передачі



активної потужності на досить великі відстані.

В енергосистемах зарубіжних країн, що в більшості випадків включають короткі повітряні лінії, навпаки, кожна із систем проводить керування на локальному рівні, підтримуючи необхідні резерви потужності та забезпечуючи необхідний рівень надійності енергопостачання. Це дозволяє, маючи розгалужену мережу всередині енергосистеми, надійно працювати без централізованого диспетчерського керування й проти аварійної автоматики. У той же час зв'язки між окремими енергосистемами залишалися досить «слабкими». Перехід до ринкових відносин на рівні прямих договорів передбачає можливість купівлі-продажу електроенергії в різних енергосистемах, що призводить до завантаження «слабких» зв'язків між енергосистемами і, як наслідок, може спричинити виникнення системних аварій, що й відбулося в деяких країнах.

Наведені зміни та вказані фактори спільно з розвитком комп'ютерних технологій, досягненнями в галузі інформаційних та мережевих технологій, інформаційно-керуючих систем, з одного боку, та розвитку ринкових відносин в енергетиці, з іншого, зумовлюють якісно новий стрибок в ефективності енергоспоживання та стають передумовами нового етапу розвитку — інтелектуальної енергетики. Широкого розвитку набула концепція «розумної ефективності», яка відображає інтелектуальну взаємодію ціноутворення, виробничих процесів й ефективного використання енергоресурсів та в широких колах відома під назвою Smart Grid.

Системою Smart Grid прийнято вважати повністю автоматизовану енергетичну систему, яка одночасно

забезпечує двосторонні потоки електричної енергії й режимної інформації між генеруючими об'єктами та споживачами. За допомогою використання новітніх технологій Smart Grid системи доповнюють електроенергетичну систему «штучним розумом», що дозволяє різко підвищити її ефективність функціонування. За експертними оцінками застосування Smart Grid систем дозволяє також знизити споживання електричної енергії та підвищити надійність електропостачання.

Архітектура інтелектуальної електроенергетичної системи в загальному вигляді становить собою окрему структуру, що взаємодіє між складовими її частинами зі складною топологією зв'язків. Спрощено з урахуванням принципів мультиагентного керування нова електроенергетика становить собою не тільки силову, а й єдину енергетичну енергоінформаційну систему за участю людини, як особи, що приймає не поточні, а координуючі рішення щодо рішень мультиагентної системи керування та оцінює ризики дії такої системи (рис. 9).

Узагальнено інтелектуальними можна вважати модернізовані електроенергетичні мережі, що використовують інформаційно-комунікаційну систему для автоматичного збирання даних та реагування на таку інформацію в тріаді «генерація – мережа – навантаження» з метою покращення ефективності, економічності та стійкості виробництва, розподілу та споживання електроенергії. За таких умов виникає реальна конкуренція не між різними постачальниками й централізованим розподілом потужності та електроенергії, а між децентралізованими й централізованими системами енергопостачання. В обох

випадках зберігається системний принцип, коли споживач і виробник об'єднуються або безпосередньо в рамках однієї організаційно-технологічної системи, або за допомогою регіональних енергосистем з єдиним балансом потужностей. При цьому енергетичний самобаланс таких систем доповнюється можливістю міжсистемних перетоків, які оптимізуються на основі конкуренції між власними й кредитними енергетичними та фінансовими ресурсами.

Таким чином, інтелектуалізація електроенергетики в частині впровадження новітніх інформаційних технологій управління, захисту та моніторингу стану обладнання й систем для підвищення керованості енергосистем є однією з важливіших тенденцій розвитку електричних мереж XXI ст.

Основою інтелектуалізації електроенергетичних систем є підвищення автокерованості на основі нових інформаційних технологій, застосування новітніх системних силових пристроїв FACTS, автоматизованих цифрових систем управління, а також систем контролю стану обладнання в режимі реального часу.

Інструментами адаптивного підлаштування до внутрішніх та зовнішніх технологічних змін середовища є силові пристрої FACTS (пристрої гнучкої передачі електроенергії змінним струмом) та електронні пристрої тонкого налаштування IED (інтелектуальні електронні пристрої). Інтелектуальні електронні пристрої багатофункціональні та використовуються, у першу чергу, як процесори та засоби автоматизації. Пристрої IED виконують збір даних, додаткові розрахунки та реалізують логіку прийнятого алгоритму. У додаток до поточних значень ці прилади записують інформацію про стан, експлуатаційні характеристики та історію об'єкта. Управління енергосистеми виконується з центру обробки інформації, що включає базу даних, технологічні системи управління, операторів та диспетчерів.

Реалізація концепції Smart Grid має на меті досягнення цільових показників стосовно керування критичними перетіканнями в енергосис-

темі, зниження пікових навантажень та підвищення надійності електропостачання, підвищення системної ефективності використання енергетичних ресурсів, підвищення частки використання розосереджених та відновлювальних джерел енергії.

До системних силових пристроїв перш за все належать FACTS — статичні тиристорні компенсатори, керовані поздовжні компенсатори, фазоповоротні трансформатори, керовані реактори, вставки постійного струму тощо. Ці пристрої здатні забезпечувати векторне керування параметрів мережі та якість електропостачання.

На сьогодні інтелектуальним слід називати обладнання, яке забезпечує максимально можливий контроль стану всіх його систем, самодіагностування та виду рекомендацій у випадку розвитку пошкоджень, при цьому пристрої повинні забезпечувати автоматичний режим управління своїми підсистемами, у тому числі і з віддалених центрів управління з повним контролем правильності виконання команд. Важливою новою властивістю інтелектуального обладнання є можливість роботи його систем управління, захисту, моніторингу не лише за вертикаллю, але й за горизонталлю через зв'язок з іншим обладнанням. Існує два основні напрями у створенні інтелектуального обладнання підвищеної керованості.

Перший — розробка систем управління обладнанням, у якій інформація сприймається від первинних датчиків, здійснюється моніторинг стану обладнання й управління підсистемами за визначеним алгоритмом, оцінюється ресурс роботи та готовність оперативних кіл. Аналіз вхідної інформації й виконання обладнанням необхідних операцій виконується за алгоритмами, що враховують процеси, які виникають в обладнанні, та зовнішні впливи.

Другий напрям створення інтелектуального обладнання — оснащення його сучасними датчиками підвищеної функціональності й точності з можливістю передачі цифрових сигналів. Застосовувані методи вимірювання параметрів повинні оцінюватися критеріями, що враховують вартість пристроїв, лінійність

передачі та частотний діапазон, стійкість до зовнішнього впливу та відповідність вимогам релейного захисту.

Таким чином, можна підсумувати, що моніторинг стану об'єктів енергосистеми набуває першочергового значення й коригування режиму роботи елементів електроенергетичних систем, за оцінками, може дати до 20% збільшення пропускної спроможності.

► Висновки

Найбільш рентабельними в умовах нестійкої вартості енергоносіїв виявляються перевезення електричним транспортом через закладену можливість диверсифікації виду первинних енергетичних ресурсів.

Відносні втрати електроенергії в енергетичному балансі України за останні роки знижуються й сягають величини 11%. У розрізі систем електропостачання залізничного транспорту для ділянок змінного струму характерний рівень технологічних втрат 5–8%, для ділянок із системою постійного струму — 14–16%, а в окремих випадках до 24%, що більше середнього рівня в балансі України. 

► Список літератури

1. Интеллектуальные электроэнергетические системы: элементы и режимы : под общ. ред. акад. НАН Украины А. В. Кириленко / Ин-т Электродинамики НАН Украины. — К., 2014. — 408 с. — ISBN 978-966-02-7207-1.
2. Ekanayake Ja. Smart Grid technology and applications / Ja. Ekanayake, K. Liyanage, J. Wu, A. Yokoyama, N. Jenkins. John Wiley & Sons, Ltd., 2012, 293 p. — ISBN 978-0-470-97409-4.
3. Скалозуб В. В. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта / В. В. Скалозуб, В. П. Соловьев, И. В. Жуковичский, К. В. Гончаров. — Д. : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. ак. В. Лазаряна, 2013. — 207 с.
4. Гетьман Г. К. Теория электрической тяги / Г. К. Гетьман. — Дн-вск : Изд-во Маковецький, 2011. — Т. 1–2. — 456 с., 364 с.