

С.Д. Бітюков, В.Г. Кузнецов, В.Г. Сиченко, Т. І. Кирилюк. Оптимізація витрат донецької залізниці при закупівлі електроенергії на тягу поїздів.
= Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – 2011. – №122. – С. 93-100.

УДК 621.331

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИТРАТ ДОНЕЦЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ ПРИ ЗАКУПІВЛІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ТЯГУ ПОЇЗДІВ

**Бітюков Сергій Дмитрійович
Кузнецов Валерій Геннадійович
Сиченко Віктор Григорович
Кирилюк Тетяна Ігорівна**

Бітюков Сергій Дмитрійович, Кузнецов Валерій Геннадійович, Сиченко Віктор Григорович, Кирилюк Тетяна Ігорівна. Оптимізація витрат донецької залізниці при закупівлі електроенергії на тягу поїздів. У статті обґрунтовано принципи модернізації тягових підстанцій Донецької залізниці з урахуванням вимог з енерго- та ресурсозбереження. На основі обробки експериментальних даних з витрат електроенергії на тягу поїздів Донецької залізниці показано переваги переведу тяги поїздів на вищий рівень напруги. Розраховано економічний ефект.

Битюков Сергей Дмитриевич, Кузнецов Валерий Геннадиевич, Сыченко Виктор Григорьевич, Кирилюк Татьяна Игоревна. Оптимизация расходов донецкой железной при закупке электроэнергии на тягу поездов. В статье обоснованы принципы модернизации тяговых подстанций Донецкой железной дороги с учетом требований по энерго- и ресурсосбережению. На основании обработки экспериментальных данных по затратам электроэнергии на тягу поездов Донецкой железной дороги показаны преимущества перевода тяги поездов на высший уровень напряжения. Рассчитан экономический эффект.

Bityukov Sergey Dmitrievich, Kuznetsov Valeriy Gennadievich, Sichenko Victor Grigorovich, Kirilyuk Tatiana Igorevna. Cost optimization of Donetsk Railway in the procurement of electricity for traction.. In this article, grounded principles of modernization of traction substations Donetsk railway to meet the requirements for energy- and resource conservation. On the basis of experimental data on the cost of electricity for traction Donetsk railway shows the benefits of translation traction trains at the highest level of voltage. Calculated economic effect.

Ключові слова: тягова підстанція, енергозбереження, рівень напруги, економічний ефект.

Ключевые слова: тяговая подстанция, энергосбережение, уровень напряжения, экономический эффект.

Key words: traction substation, energy saving, voltage level, the economic effect.

Вступ

Підвищення ефективності функціонування залізничного транспорту України в сучасних умовах потребує розв'язання ряду стратегічно важливих задач в галузях створення енергетично і економічно оптимальної, конкурентноспроможної технології процесу перевезень, забезпечення безпеки при підвищенні швидкості руху поїздів, розвитку і оптимізації систем управління усіх рівнів. Основою енергетичної політики залізничного транспорту України є ефективне використання електричної енергії та енергозбереження. Першочерговість указаних напрямків розвитку залізничного транспорту визначена програмою реструктуризації Укрзалізниці.

Особливості закупівлі електроенергії Донецької залізниці як ліценziata при її роботі на оптовому ринку електроенергії України (ОРЕ)

З червня 2008 р. Донецька залізниця здійснює поставку електричної енергії споживачам по регульованому тарифу. Це стало можливим тільки після завершення першого етапу створення на залізниці системи комерційного обліку електроенергії. Для впровадження регульованого тарифу була проведена метрологічна перевірка ланцюгів обліку на межах балансового розмежування локальних мереж залізниць із обласними енергопостачальними компаніями, підписані акти балансового розмежування, створений центральний енергодиспетчерський апарат.

Донецька залізниця, як постачальник електроенергії, має наступні переваги:

- а) закупівля електроенергії по тарифах Оптового ринку електроенергії;
- б) робота в чітко визначеному нормативно-правовому полі;
- в) можливість здійснювати прибуткову ліцензійну діяльність;
- г) першочерговий перегляд тарифів на передачу й поставку електроенергії;
- д) відсутність плати за перетікання реактивної енергії;
- е) одержання компенсації за поставку електроенергії населенню;
- ж) ефективний нормативно-правовий вплив на завдання енергозбереження;
- і) можливість застосування різних тарифних моделей або способів закупівлі електроенергії залежно від сформованої кон'юнктури ринку;
- к) істотне поліпшення стану комерційного обліку електроенергії.

До 01.06.2008 року Донецька залізниця являлась основним споживачем електроенергії і закуповувала її для себе і сторонніх субспоживачів за роздрібними тарифами у восьми постачальників електричної енергії. На рис.1 приведена колишня схема закупівлі електроенергії Донецької залізниці. Починаючи з 01.06.2008 року Донецька залізниця є постачальником електричної енергії по регульованому тарифу. Підприємство закуповує електроенергію на оптовому ринку й реалізує її по роздрібному тарифу

залізничним і стороннім споживачам. На рис. 2 приведена діюча схема закупівлі електроенергії для Донецької залізниці. В умовах ОРЕ перспективними є такі комбінації зовнішнього й тягового електропостачання, які забезпечують економічну роботу електрифікованих ліній залізниць на базі двосторонніх умов, з елементами балансуючого ринку. Інтегровані системи керування електротяговими системами повинні забезпечувати передачу в центральний диспетчерський пункт даних про навантаження й потужності живильних мереж і тягових підстанцій, що полегшить формування в реальному масштабі часу півгодинних (хвилинних) графіків потужності.

Багато вчених займались питанням ресурсо- та енергозбереження в системах тягового електропостачання. В [1] розроблена стратегія досягнення раціонального електроспоживання в тягових мережах, що базується на інтегрованій системі управління пристроями електропостачання. В [2] приведені наукові принципи вибору заходів з енергозбереження в умовах застосування оптових тарифів за електроенергію. В [3] розроблено концепцію енергетичної концепції залізниць України.

Метою даної статті є розробка наукових принципів модернізації тягових підстанцій Донецької залізниці в умовах енерго- та ресурсозбереження.

Принципи модернізації тягових підстанцій в умовах ресурсозбереження

В умовах необхідності ресурсозбереження і економії електроенергії особливо актуальною задачею виступає корінна модернізація тягових підстанцій за станом зношування основних фондів, що дозволяє забезпечити необхідну вантажонапруженість, зниження електроспоживання, збільшення надійності енергопостачання.

Насамперед необхідно провести інженерне обстеження пристроїв, які перебувають в експлуатації понад нормативні строки, виявити пристрої й вузли, параметри яких не відповідають нормативним вимогам і не забезпечують безпечний пропуск поїздів. Ці пристрої підлягають заміні в найкоротший термін. Інші пристрої після огляду одержують право на тимчасову експлуатацію. Враховуючи велику кількість пристроїв, які експлуатуються з перевищенням нормативних термінів експлуатації, необхідно вирішувати проблему повної заміни більшої частини таких пристроїв. І це здійснюється, в основному, за рахунок інвестування значних засобів у модернізацію. Досвід інших країн показує, що робити заміну пристроїв контактної мережі, тягових підстанцій потрібно повністю. Тільки в цьому випадку буде забезпечена безпечна й економічна експлуатація системи електропостачання залізничного транспорту. Виконати таку модернізацію винятково силами експлуатаційного персоналу неможливо. Тому вважається доцільним створення електромонтажних поїздів, оснащених сучасною залізничною й автомобільною технікою, у складі служб електропостачання залізниць. У цьому випадку є можливість організувати планову заміну

пристроїв контактної мережі, тягових і трансформаторних підстанцій у повному обсязі з обов'язковим проектуванням запланованих робіт. Така система виконання модернізації пристроїв дозволяє більш ефективно використовувати фінансування за рахунок їх цільового розподілу і підвищити якість виконання робіт.

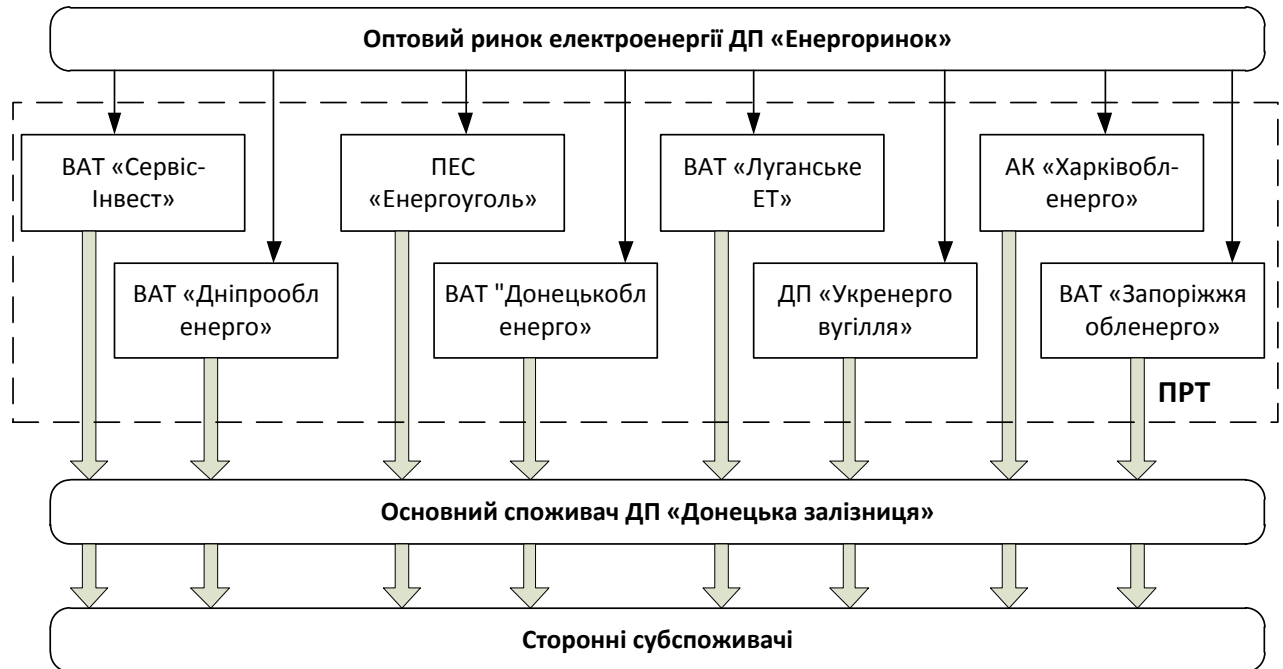


Рис.1 Колишня схема закупівлі електроенергії Донецької залізниці як основного споживача (до 01.06.2008 р.)

Території ліцензованої діяльності постачальників електроенергії по регульованому тарифу (ПРТ)

→ тариф закупівлі оптового ринку електроенергії;
 → роздрібний тариф електроенергії для споживачів.

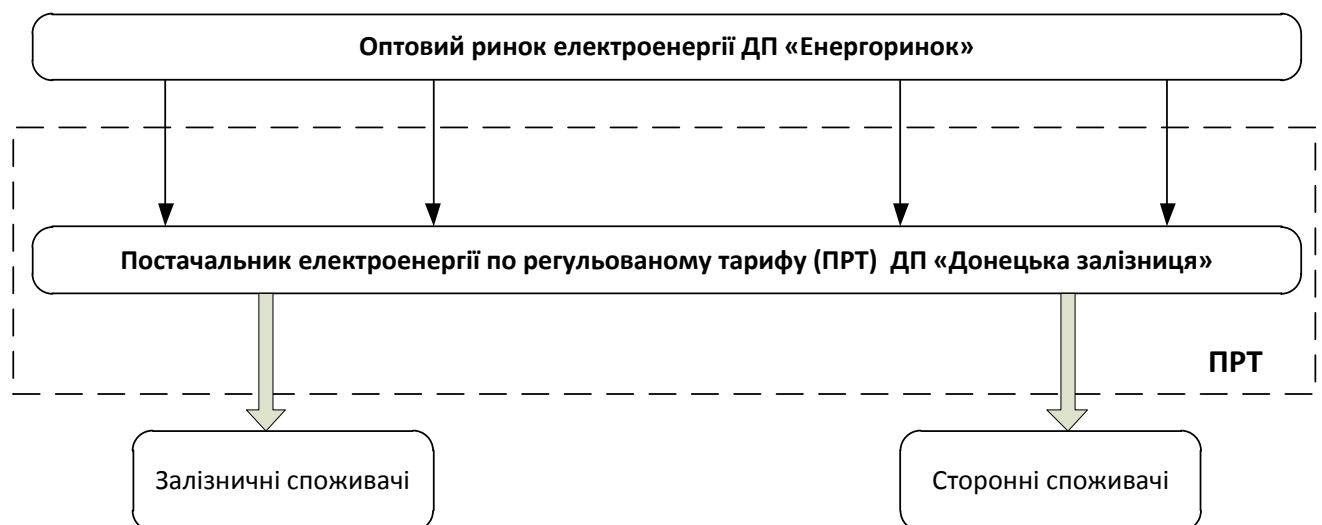


Рис.2 – Діюча схема закупівлі електроенергії Донецької залізниці як основного споживача (з 01.06.2008 р.)

Територія ліцензованої діяльності Донецької залізниці, як постачальника електроенергії по регульованому тарифу

- тариф закупівлі оптового ринку електроенергії;
- роздрібний тариф електроенергії для споживачів.

Постановою КМУ від 16.10.2008 року № 937 визначене завдання для Донецької залізниці - реконструкція існуючого вокзалу Донецьк. Підготовка господарства Донецької залізниці до проведення чемпіонату Євро-2012 з футболу проводиться по декількох напрямках:

- а) реконструкція вокзального комплексу станції Донецьк;
- б) модернізація тягової підстанції Донецьк;
- в) модернізація інфраструктури залізничної ділянки Донецьк - Лозова з метою подальшої організації швидкісного руху пасажирських поїздів на цій ділянці;
- г) комплексна реконструкція інфраструктури залізничного транспорту з реконструкцією станцій, вокзалів, залізничних ділянок, технологій обслуговування пасажирів.

В якості одного із пріоритетних напрямків по підготовці до Євро-2012 визначена модернізація тягової підстанції Донецьк постійного струму. Оскільки реконструкція вокзалу станції Донецьк представляє собою створення цілого вокзального комплексу з розвинутою інфраструктурою торгівлі й соціально-культурних об'єктів з безпосереднім примиканням метро, що створює додаткові нетягові навантаження, то основним завданням при модернізації тягової підстанції є збільшення її потужності. Метою, як реконструкції вокзалу, так і модернізації тягової підстанції Донецьк є збільшення пропускної здатності вокзалу й перероблювальної спроможності станції, оптимізація пасажирського й вантажного руху, підвищення якості обслуговування пасажирів, розділення пасажирських і приміських пасажиропотоків, а також перехід на закупівлю електроенергії на тягу поїздів з 2-го класу на 1-ий.

Пропонується замінити:

1) Вимикачі АБ 2/4 - на нові швидкодіючі вимикачі ВАБ-206, які в порівнянні з ВАБ-49, ВАБ-70 (77), Gerapid, Secheron мають наступні основні переваги :

- ВАБ-206 володіє підвищеним ресурсом з електричної зносостійкості;
- має вбудоване реле струму з «сухими» контактами і малогабаритну станцію керування, завдяки чому він може розташовуватись на вискатному елементі ячейки КРП. Завдяки швидкій дії вбудованого реле струму, є можливість змінювати чутливість до швидкості зростання струму;
- в порівнянні з закордонними аналогами, вимикач ВАБ-206 має значно краще струмообмеження в індуктивних ланцюгах й на порядок більший ресурс дугогасної камери. Також практично на порядок менший вихлоп іонізованих газів з дугогасної камери, що зменшує загальні габарити ячейки і підвищує безпеку персоналу.

2) Вентильні розрядники РМВУ-3.3 - на обмежувачі перенапруг ОПН-3.3, які мають такі переваги :

- глибокий захист електричного устаткування від комутаційних і атмосферних перенапруг в мережах змінного струму промислової частоти. Захисна дія ОПН обумовлена нелінійною вольт амперною характеристикою матеріалу варистора, а саме різким зменшенням його опору при імпульсних перенапругах. Тому при імпульсній перенапрузі через обмежувач буде протікати значний імпульсний струм, а напруга мережі знижується до рівня, безпечного для ізоляції устаткування, яке захищаємо;

- обмежувачі перенапруг виготовляються у полімерному, трекінгостійкому корпусі на відміну від традиційних вентильних розрядників у керамічному "кожуху", що дозволяє їх використовувати в районах з великим забрудненням навколишнього середовища на відкритому повітрі;

- обмежувачі перенапруг не містять іскрового проміжку і мають активну частку, яка складається з метало оксидних нелінійних резисторів (варисторів), виготовлених з ZnO з малими додаваннями оксидів інших металів. Оскільки в ОПН нема іскрових проміжків, то при їх спрацьовуванні зношування контактів не відбувається. Варистори, які застосовуються в обмежувачах перенапруг, мають стійку вольт амперну характеристику, яка не змінюється в процесі експлуатації. Тому, на відміну від вентильних розрядників, обмежувачі перенапруг не потребують обслуговування й контролю параметрів протягом усього строку служби;

- висока механічна міцність й надійність;

- мала вага і габаритні розміри.

3) Масляні вимикачі типу С-35 - на вакуумні вимикачі ВР-35, масляні вимикачі типу ВМПЕ-10 – на вакуумні вимикачі ВР-2, масляні вимикачі типу ВМГ-10 – на вакуумні вимикачі ВВ/ТЕЛ. Широке застосування вище вказаних вакуумних вимикачів на напругу 6-35 кВ пояснюється наступними їхніми перевагами:

- високий механічний та комутаційний ресурс при комутації номінальних струмів й номінальних струмів відключення. Число відключень номінальних струмів вакуумним вимикачем без заміни вакуумної дугогасної камери складає 10-50 тисяч, число відключень номінального струму відключення – 20-200, що в 10-20 раз перевищує відповідні параметри мало масляних вимикачів;

- різке зниження експлуатаційних витрат в порівнянні з мало масляними вимикачами. Обслуговування вакуумних вимикачів зводиться до змазки механізму й приводу, перевірки зносу контактів 1 раз на рік;

- відсутність необхідності ремонту протягом усього строку служби;

- повна вибухопожежна безпека, можливість роботи в агресивних середовищах;

- широкий діапазон температур навколишнього середовища, в якому можлива робота вакуумної дугогасної камери;

- підвищена стійкість до ударних й вібраційних навантажень внаслідок маленької маси та компактної конструкції вимикача.

- простота вбудовування в різні типи КРП та зручність організації необхідних блокувань;
- невелике споживання енергії по мережам керування;
- безшумність, чистота, зручність обслуговування, обумовлені малим виділенням енергії в дузі та відсутність вибросу масла, газів при відключенні струмів короткого замикання;
- відсутність забруднення навколишнього середовища;
- висока надійність і безпека експлуатації, скорочення часу на монтаж;
- доступна вартість.

Однак вакуумні вимикачі мають недолік – підвищений рівень комутаційних перенапруг, що в деяких випадках викликає необхідність прийняття спеціальних заходів по захисту устаткування.

4) Акумуляторні батареї типу СК-1 – на нові, які потребують значно меншого обслуговування акумуляторні батареї з рідким електролітом, які мають наступні переваги:

- надійні батареї, в яких позитивні й негативні пластини ізольовані сепаратором з великою кількістю пор, що забезпечує захист пластин від короткого замикання і іонну циркуляцію;
- зменшення обсягів обслуговування;
- відзначаються здатністю забезпечувати високу струмовіддачу в короткі проміжки часу. Це пов'язано з тим, що позитивні пластини складаються з хімічно чистого свинцю 99,99 % і мають велику поверхню (приблизно у 10 разів більшу, ніж у звичайної пластини), що досягається спеціальною трубчатою формовкою. Негативні пластини – змазані пластини.

5) Випрямлячі ПВА з шести пульсовою схемою випрямлення - на нові випрямлячі В-ТПЕД-3,15к-12П з дванадцяти пульсовою схемою випрямлення та з повітряним природним охолодженням, які мають наступні переваги:

- створені на таблеткових діодах 38-го класу;
- дозволяє зменшити пульсацію (змінну складову) випрямленої напруги;
- збільшується $\cos \varphi$ підстанції;
- зворотна напруга вентилів значно нижче;
- більш високий ККД;
- робота обладнання для згладжування пульсації випрямленої напруги спрощується, чим знижується заважаюча дія електричної тяги на провідні лінії зв'язку;
- переобладнання існуючих тягових блоків «трансформатор-випрямляч» з шести пульсової схеми випрямлення на дванадцяти пульсову дозволяє зменшити втрати електроенергії на 2,5 %.

Модернізація тягової підстанції під реконструкцію Донецького вокзалу має необхідність не тільки по термінам служби обладнання, а ще й для збільшення потужності підстанції у зв'язку із створенням нового вокзального комплексу з декількома залами очікування, з великою кількістю кас, з розвиненою інфраструктурою торгівлі й соціально-культурних об'єктів з

безпосереднім примиканням метро. А це в свою чергу буде створювати додаткові нетягові навантаження. Для вирішення поставленої задачі було запропоновано два варіанти:

1) Застосування старої схеми трансформації 35/6/3,3 кВ на тягу поїздів із збільшенням потужності понижувальних трансформаторів 35/6 кВ. Трансформатор ТД-16000/35/6 кВ можна замінити на трансформатор ТД-25000/35/6 кВ.

2) Перехід на нову схему трансформації 35/3,3 кВ. Такий перехід буде здійснений завдяки створенню перемички між вводами № 1 та № 2 35 кВ. Від перемички через роз'єднувач РВ-35/1000 У1 та вакуумний вимикач ВР-35-20/630 У2 живлення буде отримувати новий перетворювальний трансформатор типу ТРДП потужністю 12500 кВА, який буде встановлено замість старого трансформатора типу ТМРУ потужністю 6200 кВА. Далі живлення будуть отримувати нові напівпровідникові випрямлячі В-ТПЕД-3,15к-12П з дванадцяти пульсовою схемою випрямлення, які будуть встановлені замість випрямлячів типу ПВА з шести пульсовою схемою випрямлення.

Головною перевагою використання схеми трансформації 35/3,3 кВ є те, що вона дозволить здійснити перехід на закупівлю електроенергії на тягу поїздів з 2-го класу на 1-ий. Це обґрунтовується наступними фактами: межею реалізації електроенергії на тягу поїздів постановою Національної комісії регулювання електроенергетики України (НКРЕ) і УЗ визначені перетворювальні трансформатори на тягових підстанціях. В залежності від схем зовнішнього електропостачання і конструктивних особливостей тягових підстанцій на Донецькій залізниці існує декілька схем перетворення електроенергії:

- 1) 110/10/3,3 кВ;
- 2) 35/6(10)/3,3 кВ;
- 3) 35/3,3 кВ;
- 4) 10(6)/3,3 кВ.

Оскільки межею реалізації електроенергії на тягу поїздів є тягові трансформатори, то при схемі перетворення 35/3,3 кВ електроенергія реалізується по тарифу 1-го класу, а при всіх інших схемах - по 2-го класу. Придбання електроенергії по 1-му класу дозволяє економити значну суму коштів. Таким чином, із двох можливих варіантів модернізації підстанції пропонується саме другий.

Згідно з постановою Національної комісії регулювання електроенергетики України (НКРЕ) споживачі електричної енергії розподіляються на два класи.

До 1-го класу відносяться споживачі, які:

1) отримують електричну енергію від постачальника електричної енергії в точці продажу електричної енергії із ступенем напруги 27,5 кВ та вище;

2) приєднані до шин електростанцій (за винятком ГЕС, які виробляють електроенергію періодично), а також до шин підстанцій електричної мережі

напругою 220 кВ і вище, незалежно від ступенів напруги в точці продажу електричної енергії електропостачальною організацією споживачу;

3) є промисловими підприємствами із середньомісячним обсягом споживання електричної енергії 150 млн. кВт.год. та більше на технологічні потреби виробництва, незалежно від ступенів напруги в точці продажу електричної енергії електропостачальною організацією споживачу.

До 2-го класу відносяться споживачі, які отримують електричну енергію від постачальника електричної енергії в точці продажу електричної енергії із ступенем напруги нижче 27,5 кВ.

Виходячи з того, що межею реалізації електроенергії на тягу поїздів постановою Національної комісії регулювання електроенергетики України (НКРЕ) і УЗ визначені перетворювальні трансформатори на тягових підстанціях, то перехід на нову схему трансформації 35/3,3 кВ дозволить здійснювати закупівлю електроенергії по тарифу 1-го класу, а не по тарифу 2-го класу як при старій схемі трансформації 35/6/3,3 кВ. Такий перехід приведе до значної економії коштів. В табл. 1 приведено розрахунок економії коштів при переході на постачання електроенергії 1 класу для потреб електротяги.

Таблиця 1 – Розрахунок економії коштів при переході на постачання електроенергії 1 класу для потреб електротяги поїздів на ТПС Донецьк за роздрібними тарифами та обсягами електроенергії за 2009 р

| | Обсяг реалізації | тариф 2 класу | Вартість 2 класу | тариф 1 класу | Вартість 1 класу | Різниця |
|---------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------|---------------------|------------------------|
| | кВтч | грн./кВтч | тис. грн | грн./кВтч | тис. грн | тис. грн |
| січень | 1206453 | 0,5846 | 705,292 | 0,4359 | 525,893 | 179,400 |
| лютий | 1221600 | 0,5846 | 714,147 | 0,4359 | 532,495 | 181,652 |
| березень | 1453680 | 0,5846 | 849,821 | 0,4359 | 633,659 | 216,162 |
| квітень | 1419720 | 0,5846 | 829,968 | 0,4359 | 618,856 | 211,112 |
| травень | 1923720 | 0,5846 | 1124,607 | 0,4359 | 838,550 | 286,057 |
| червень | 1828800 | 0,5846 | 1069,116 | 0,4359 | 797,174 | 271,943 |
| липень | 1831920 | 0,5846 | 1070,940 | 0,4359 | 798,534 | 272,407 |
| серпень | 2110440 | 0,5846 | 1233,763 | 0,4359 | 919,941 | 313,822 |
| вересень | 2136720 | 0,5846 | 1249,127 | 0,4359 | 931,396 | 317,730 |
| жовтень | 1951601 | 0,5846 | 1140,906 | 0,4359 | 850,703 | 290,203 |
| листопад | 1531879 | 0,6068 | 929,544 | 0,4572 | 700,375 | 229,169 |
| грудень | 1787400 | 0,6130 | 1095,676 | 0,4617 | 825,243 | 270,434 |
| Всього | 20403933 | | 12012,909 | | 8972,818 | <u>3040,091</u> |

Висновки:

Виконані в даній статті дослідження присвячені рішенням науково-практичної задачі – розробці комплексу науково-обґрунтованих пропозицій, умов і заходів, щодо модернізації тягових підстанцій Донецької залізниці. Основні результати статті полягають в наступному:

1. Обґрунтовано принципи модернізації тягових підстанцій Донецької залізниці з урахуванням вимог з енерго- та ресурсозбереження.

2. На основі обробки експериментальних даних з витрат електроенергії на тягу поїздів Донецької залізниці показано переваги переводу тяги поїздів на вищий рівень напруги. Розраховано економічний ефект.

Список використаних джерел

1. Скалозуб, В.В. Ресурсозберігаючі методи управління тягою поїздів і удосконалення конструкцій рухомого складу [Текст]: автореф. дис....докт. техн. наук : 05.22.07 / Скалозуб Владислав Васильович; [ДНУЗТ]. - Д.: 2003. - 37 с.
3. Розробка концепції енергетичної стратегії Укрзалізниці на період до 2010 р. та на перспективу до 2020 р. [Текст]: звіт з НДР / кер. В.Г. Сиченко. - ДР 10106U005700; Інв.-Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2006. - 48с.