

В. Г. СИЧЕНКО (ДНУЗТ), О. І. БОНДАР (ДНУЗТ), А. В. МІЩЕНКО (ДНУЗТ),
В. В. КУЗНЕЦОВ (НМЕТАУ), О. П. КОРДІН (ПРИДНІПРОВЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ)

Кафедра «Інтелектуальні системи електропостачання» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, 49010 м. Дніпро, вул. Лазаряна 2, тел. +38(056)373-15-25, e-mail: elpostz@i.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9533-2897>

Кафедра «Електротехніка та електромеханіка», Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, 49010, м. Дніпро, вул. Лазаряна, 2, тел.: +38(056)373-15-47, e-mail: etemdiiit@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3884-5589>

Кафедра «Інтелектуальні системи електропостачання» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, 49010 м. Дніпро, вул. Лазаряна 2, тел. +38(056)373-15-25, e-mail: temkamishchenko@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3156-8443>

Кафедра «Електротехніка та електропривод» Національної металургійної академії України, 49600, м. Дніпро, пр. Гагаріна, 4, тел. +38(056) 3748446, wit_jane2000@i.ua, <http://orcid.org/0000-0002-8169-4598>

Дорожня електротехнічна лабораторія Придніпровської залізниці, 49124 м. Дніпро, вул. Іларіонівська 6Б, O.Kordin@dp.uz.gov.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8652-1605>

ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЛІНІЙ ПОВЗДОВЖНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАЛІЗНИЦЬ ПРИ ПІДВИЩЕННІ НАПРУГИ В МЕРЕЖІ

Вступ

На сьогодні актуальною проблемою залишається необхідність підвищення якості і економії електроенергії в електричних мережах. В умовах розвитку ринку електроенергії і враховуючи специфіку енергосистеми України дана проблема поділяється на дві складові, кожна з яких має різні підходи. В даному випадку мова йде про розділення енергосистеми на живлячі і розподільчі мережі. До живлячих відноситься мережі високої та надвисокої напруги, а до розподільчих мереж відносяться мережі з напругою середнього класу.

В той час коли проблемні питання функціонування живлячих мереж вирішуються на державному рівні енергопостачальними організаціями, проблема розподільчих мереж повністю лягає на власників цих мереж.

Більшість розподільчих мереж середнього класу напруги являються консервативними і однонаправленими, виконуючи функції транспортування і розподілу електричної енергії, вони мають низький відсоток автоматизації, застарілий релейний захист і автоматику, великі втрати електроенергії, значний відсоток неперспективних напруг (6, 10 кВ) [1].

Більша частина нинішньої української енергосистеми була побудована ще в 60-х, 70-х роках ХХ століття з використанням старих технологій СРСР. Тому на сьогодні лінії електропередач, а також силове устаткування давно вичерпали свій ресурс.

Старе обладнання та побудована структура мереж ускладнюють обслуговування та експлуатацію мереж.

Розвиток країни і її економіки неминуче призводить до зростання числа енергоємного обладнання при загальному збільшенні кількості споживачів (і, як результат, навантаження на електричні мережі), яке часто досягає технічно можливої межі існуючих мереж. Дефіцит потужності прийнято вирішувати локально. Для забезпечення електроживленням нових споживачів від електростанцій (або підстанцій) прокладаються паралельно нові лінії електропередач, будуються нові розподільчі підстанції.

Одним із перспективних шляхів підвищення енергоефективності розподільчих мереж на сьогодні є підвищення рівня номінальної напруги мережі.

Так, наприклад, в роботах [2, 3] авторами запропоновано підвищення напруги живлення системи підземного електропостачання енергоємних шахт до 35 кВ з метою зниження втрат електроенергії та скорочення витрат кольорових металів при модернізації мережі.

Грунтовною роботою щодо питань ефективності роботи розподільчих мереж при підвищенні їх класу напруги є [4]. Вона присвячена розробці методів реконфігурації схем розподільчих мереж при підвищенні їх номінальної напруги до 20 кВ.

Питанням впровадження підвищеного рівня напруги 20 кВ в електричних мережах залізниць України присвячена робота [5], у якій розглядається можливість впровадження техноло-

гій Smart Grid для підвищення рівня надійності системи за рахунок зміни структури розподілу та передачі енергії.

Серед праць інших авторів присвячених питанням підвищення енергетичної ефективності розподільчих мереж можна відзначити роботи [6 – 8].

Загалом на сьогодні можна констатувати, що питання переведення електричних мереж залізниць, які живляться від ліній повздожнього електропостачання на підвищену напругу розроблені недостатньо.

Мета

Виходячи з вищевикладеного метою зазначеної роботи є оцінка енергетичної ефективності систем повздожнього електропостачання шляхом підвищенням їх класу напруги, а також аналіз змін електричних показників розподільчих мереж залізничі за рахунок переходу на вищий рівень напруги.

Проблематика питання

Аналіз стану існуючих електричних мереж вказує на фізичну і моральну зношеність електрообладнання (термін служби деякого обладнання сягає 50-70 років). Через застарілу технічну оснащеність для наших розподільчих електричних мереж стала звичною висока втрата електроенергії. На якості передачі електроенергії кінцевому споживачу позначається і низький рівень автоматизації.

Без сумніву можна сказати, що ефективність впровадження нового класу напруги є очевидною: більша напруга – менші втрати. Впровадження напруги 20 кВ в міські мережі (заміна старих електромереж або будівництво нових) економічно може бути вигідним завдяки постійному збільшенню щільності навантаження в містах, посилення вимог до якості електроенергії. Застосовувати електричні мережі з напругою 20 кВ вигідно не тільки в масштабі міст. Моделювання сільських мереж на напругу 10, 20 і 35 кВ показало, що електричні мережі 10 кВ доцільні при щільності навантаження менше 60 кВт/км². Мережі з напругою 35 кВ раціонально реалізовувати, якщо зона обслуговування перевищує 25 км. Впроваджувати електричні мережі з напругою 20 кВ доцільно в наступних випадках: при щільності навантаження більше 65 кВт/км², при заміні ліній живлення 6 кВ, при будівництві нових селищ.

Однак, при переведенні ліній на напругу 20 кВ виникає низка проблем, не вирішивши які, застосування цієї напруги не буде рентабе-

льним [5]: відсутність широкої лінійки електрообладнання на номінал напруги 20 кВ; відсутність досконалої нормативно-правової бази використання в Україні напруги 20 кВ; відсутність партнерської програми з країнами, які вже використовують технологію використання напруги 20 кВ; відсутність проекту сценарного типу, який враховував би особливості переведення частин мереж з напруги 6 (10) кВ на напругу 20 кВ з паралельною роботою основної кількості цих мереж.

Клас напруги 20 кВ є новим для українських мереж, тому для обслуговування мереж 20 кВ потрібні відповідна нормативна документація, законодавство про навчання працівників по обслуговуванню. Окрім іншого, основна частина мереж у великих містах виконана кабельними лініями. Заміна кабелів в містах приведе до додаткових затрат на демонтаж старих та закладання нових кабелів, оскільки старі кабелі фактично відпрацювали свій ресурс.

На сьогодні не можливо зробити повний перехід на інший клас напруги в зв'язку економічним становищем в країні, а часткове переведення мереж на напругу 20 кВ не дасть тієї надійності енергосистеми, яка б відповідала нормам. Коли розвивають мережі, їх прийнято “підпирати” - це означає що не можна лишати висячими так звані “глухі кути”, а треба будувати саме мережу-сітку. Мережами 20 кВ це зробити буде неможливо, адже навколо є тільки існуючі мережі 6, 10 і 35 кВ, як наслідок закілювати лінії і підстанції на класі напруги 20 кВ не можливо. Ці “глухі кути” будуть висіти десятки років, а надійність та секціонування у таких випадках можна забезпечити тільки шляхом додаткових витрат на трансформатори зв'язку [9].

Створення мереж 20 кВ дійсно може мати сенс, коли розвивається нова територія, без мереж взагалі або з тотальною заміною вже існуючих мереж.

І все ж не очевидно, що застосування напруги 20 кВ буде кращим рішенням - навіть у такому випадку потрібно розробити ТЕО і обґрунтувати, що рівень напруги 20 кВ матиме кращі показники ніж напруга 10 або 35 кВ. Адже 20 кВ у більшості випадків програє 35 кВ (через втрати), а аргумент, що обладнання 20 кВ має ті ж габарити, що й на 10 кВ, на нових територіях не матиме переваги.

До речі, коли розробляється ТЕО, у якому порівнюються варіант переходу з 10 кВ на 20 кВ, не можна забувати, що на сьогодні вар-

тість існуючих мереж 10 кВ треба вважати нульовими, це так звані “втоплені витрати” [9].

Основними перевагами підвищеної напруги 20 кВ над класами напруги 6, 10 кВ є те, що при збільшенні напруги до 20 кВ при сталій потужності струми зменшуються, і, як наслідок, зменшуються технологічні втрати електроенергії. Підвищення напруги сприятиме збільшенню запасу потужності мережі при максимальному навантаженні, підвищенню якості електричної енергії. Також можна відзначити те, що з точки зору схем і компонування, РП 20 кВ і 6, (10) кВ відносяться до мереж одного класу. Обладнання на 20 кВ є комплексним, компактним і за розмірами його можна порівняти з обладнанням 10 кВ. Іншими словами потреби заміни проводів, кабелів немає. Використання номінальної напруги 20 кВ дозволить збільшити надійність і безпеку використовуваних електричних мереж [4, 8].

В межах існуючої дискусії на сьогоднішній день актуальним залишається питання: **«Чи слід переводити розподільчі мережі 6(10) кВ Укрзалізниці на підвищену напругу 20 кВ?»**.

Результати

Для прикладу проведемо електричний розрахунок існуючої лінії повздовжнього електропостачання і проаналізуємо отримані результати.

Існуюча лінія повздовжнього електропостачання «С» - «Ф» має довжину 18613 м, яка складається з 5764 м кабельної вставки, виконаної кабелем АСБ 3х185 мм² та 12849 м повітряної лінії виконаної проводом СП-3-1х120 мм² (рис. 1). На даній ділянці застосовується консольна схема електропостачання, при такій схемі живлення здійснюється від однієї із суміжних підстанцій. З підстанції «С» живлення лінії виконується від ВРУ - 10 кВ через трансформатор ТМ-2500/10/6,3. З іншої сторони, тобто зі підстанції «Ф», живлення виконується від ВРП-6кВ. Від даної лінії живляться такі споживачі: ТОВ «О» - 400 кВА, КТП - «В» - 63 кВА, ТОВ «Т» - 400 кВА, КТП-2 «О» - 320 кВА, КТП «Д» - 63 кВА. Живлення може відбуватись як зі сторони підстанції С, так і зі сторони Ф.

Слід зазначити, що споживачі, які одержують електричну енергію від постачальника електричної енергії в точці продажу електричної енергії зі ступенем напруги нижче за 27,5 кВ відносяться до другого класу. Для ПАТ «Укрзалізниця» на сьогодні вартість 1 кВт електричної енергії другого класу складає 193,852 коп/кВт·год.

Результати розрахунку зведені у таблицю 1. З розрахунків видно, що при підвищенні напруги до 20 кВ суттєво зменшуються втрати, а відхилення напруги не перевищують норм, встановлених ГОСТ 13109-97 [10].

Слід зазначити, що при переведенні на підвищену напругу 20 кВ, не потрібно збільшувати переріз проводів, розташування проводів, що дасть змогу використовувати ті ж опори і живлячі проводи, які застосовуються на напрузі 6 (10) кВ.

Система повздовжнього електропостачання залізниці складний динамічний об'єкт, який характеризуються великою довжиною, різноманітним навантаженням (об'єкти інфраструктури, в тому числі локомотивного і вагонного господарства, культурно-побутові об'єкти, сторонні споживачі електричної енергії). Живлення розподільчих мереж нетягових споживачів виконується від тягових підстанцій напругами 35, 10, 6 кВ. При цьому для застосування підвищеної напруги 20 кВ потрібно використовувати нестандартне для нашої держави силове обладнання. Значні капіталовкладення потрібні на трансформування живлячої напруги тягових підстанцій (35, 110, 154, 220 кВ) на 20 кВ, а саме на закупівлю силових трансформаторів різних типів, які будуть встановлюватись на тягових підстанціях. Також потрібно визначити, як буде відбуватися трансформування електричної енергії на затисках споживача, адже основними нетяговими споживачами є споживачі на вводі яких застосовується напруга 10, 6, 0,4 кВ, а це - додаткові затрати як для залізниці, так і для споживачів.

Необхідно також вказати, що лінії повздовжнього електропостачання та лінії ДПР розташовуються уздовж залізничних колій в смузі відведення. Основна частина цих ліній розташована за межами міст і вони, в основному, виконуються повітряними лініями. Якщо в межах міста необхідне виконання їх кабельними, це не викличе проблем, оскільки ці лінії будуть знаходитись в технологічній смузі відведення залізниці.

Технічні характеристики ліній повздовжнього електропостачання вибирають за технічними і економічними умовами [11]. До технічних умов відносять вибір перерізів по нагріву розрахунковим струмом, механічній міцності (згідно ПУЕ повинні застосовуватися багатодротні дроти), нагріву від короточасного виділення тепла струмом КЗ, втратам напруги в нормальному і післяаварійному режимах. Економічні умови вибору полягають у визначенні перерізу лінії, приведені витрати на спорудження якої будуть мінімальними.

Для розподільчих ліній напругою 6-10 кВ Придніпровської залізниці в Дорожній електро-технічній лабораторії виконуються розрахунки для коригування уставок високовольтних вимикачів при підключенні додаткових споживачів, а також проводиться розрахунок по падінню напруги на цих лініях. У разі досягнення робочих струмів до величин максимально допустимих струмів (по довідниках) рекомендується збільшення перерізу дротів відповідно до таблиць по довідниках.

Альтернативою для розподільчих мереж залізниці може бути підвищення напруги до

35 кВ. Як зазначалось вище, 20 кВ програє в більшості випадків 35 кВ.

Напруга 35 кВ відноситься до першого класу. Вартість 1 кВт електричної енергії першого класу для ПАТ «Укрзалізниця» складає 160,725 коп./кВт·год.

Для прикладу проведемо розрахунки для тієї ж лінії повздовжнього електропостачання, з урахуванням відстаней між проводами (табл. 2).

На рис. 2 показано зміну вартості електричних втрат. Його аналіз підтверджує очевидний факт – чим вищий рівень напруги, тим менші втрати.

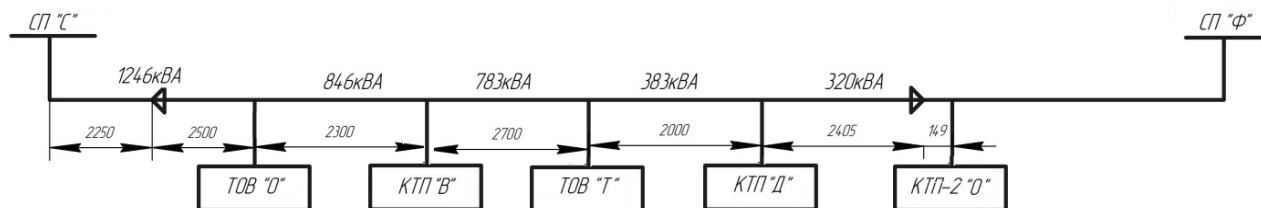


Рис. 1. Схема живлення розрахункової ділянки

Таблиця 1

Результати порівняльних розрахунків

Ділянка	Живлення від ПС С							
	6 кВ				20 кВ			
	Втрати U, В	Струм I, А	Втрати P, кВт	Вартість грн/кВт·год	Втрати U, В	Струм I, А	Втрати P, кВт	Вартість грн/кВт·год
ПС «С» - ТОВ «О»	303,409	114,19	2,177	101,305	97,975	35,969	0,238	11,075
ТОВ «О» - КТП «В»	142,692	77,756	1,004	46,702	48,838	24,422	0,109	5,106
КТП «В» - ТОВ «Т»	155,034	71,756	0,86	40,005	17,695	22,603	0,094	4,374
ТОВ «Т» - КТП «Д»	56,173	35,099	0,206	9,572	18,216	11,056	0,023	1,046
КТП «Д» - КТП-2 «О»	57,701	29,329	0,143	6,682	44,948	9,238	0,016	0,73
Всього	715,009	-	4,391	204,266	227,673	-	0,48	22,332
Відхилення напруги	11,349 %				1,138 %			

Таблиця 2

Результати порівняльних розрахунків

Ділянка	Живлення від ПС С							
	20 кВ				35 кВ			
	Втрати U, В	Струм I, А	Втрати P, кВт	Вартість грн/кВт·год	Втрати U, В	Струм I, А	Втрати P, кВт	Вартість грн/кВт·год
ПС «С» - ТОВ «О»	97,975	35,969	0,238	11,075	56,465	20,554	0,078	2,998
ТОВ «О» - КТП «В»	48,838	24,422	0,109	5,106	26,241	13,955	0,036	1,382
КТП «В» - ТОВ «Т»	17,695	22,603	0,094	4,374	28,51	12,916	0,031	1,184
ТОВ «Т» - КТП «Д»	18,216	11,056	0,023	1,046	10,33	6,318	0,007	0,283
КТП «Д» - КТП-2 «О»	44,948	9,238	0,016	0,73	10,629	5,279	0,005	0,198
Всього	227,673	-	0,48	22,332	132,175	-	0,157	6,046
Відхилення напруги	1,138 %				0,378 %			

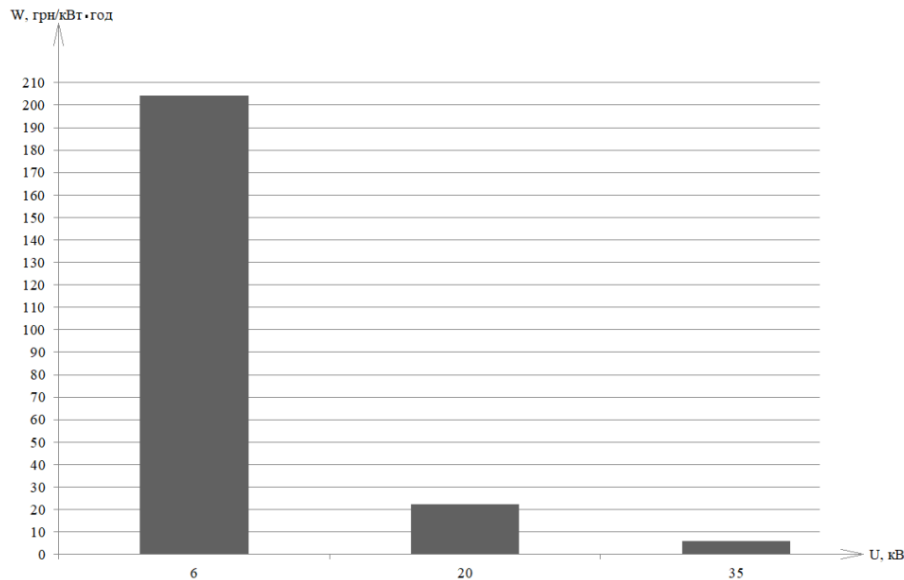


Рис. 2. Вартість електричних втрат

Висновки

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

- проблема збільшення рівня напруги в розподільчих мережах повинна вирішуватись комплексно – співставленням втрат напруги і потужності та капітальних затрат;

- оскільки техніко-економічна доцільність не доведена в повній мірі та за наявності перерахованих вище недоліків можна вважати переведення розподільчих мереж залізничного транспорту на напругу 20 кВ недоцільним;

- при переоснащенні ліній на напругу 35 кВ можна в повному обсязі й на тривалий термін вирішити завдання якісного електропостачання споживачів електричної енергії з урахуванням перспективи зростання електричних навантажень.

Цей шлях удосконалення та підвищення ефективності електропостачання є більш прагматичним та економічно доцільнішим.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лоскутов А. Б. Городские распределительные сети 10–20 кВ с гексагональной конфигурацией / А.А. Лоскутов, Е.Н. Соснина., А.А. Лоскутов, Д.В. Зырин // Электротехника и электроэнергетика. – 2013. – № 12. – С. 309–315.
2. Шкрабец Ф. П. Обеспечение перевода подземного электроснабжения энергоемких шахт на напряжение 35 кВ // Ф. П. Шкрабец, А. В. Остапчук, Е. П. Месяц, А.В. Акулов
3. Шкрабец Ф. П. Глубокий ввод напряжения 35 кВ для питания потребителей глубоких горизонтов шахты ЗАО «Запорожский ЖРК» // Ф. П. Шкрабец, А. В. Остапчук, Ю. Н. Безручко.
4. Циганенко Б.В. Перспективы перевода розподільних мереж України на номінальну напругу 20 кВ / Наукові праці ВНТУ. – 2016 – № 1. – С. 1 – 4.
5. Денисюк С. П. / Перспективи використання технологій передачі електричної енергії на номінальній напрузі 20 кВ у розподільчих електричних мережах України // С. П. Денисюк, Д. С. Горенко, П. В. Соколовський, О. В. Степовий / Електри-

REFERENCES

1. Loskutov A. B., Gorodskie raspredelitelnyie seti 10–20 kV s geksgonalnoy konfiguratsiey [Urban distribution networks 10–20 kV with hexagonal configuration] / A.A. Loskutov, E.N. Sosnina., A.A. Loskutov, D.V. Zyirin // Elektrotehnika i elektroenergetika. – 2013. – №12. – s. 309–315
2. Shkrabets F. P. Obespechenie perevoda podzemnogo elektrosnabzheniya energoemkih shaht na napryazhenie 35 kV [Ensuring the transfer of underground power supply for energy-intensive mines to 35 kV] // F. P. Shkrabets, A. V. Ostapchuk, E. P. Mesyats, A.V. Akulov
3. Shkrabets F. P. Glubokiy vvod napryazheniya 35 kV dlya pitaniya potrebitel'ey glibokih gorizontov shahty ZAO «Zaporozhskiy ZhRK» [Deep voltage input of 35 kV for power supply of consumers of mine horizons of ZAO Zaporizhzhya ZhRK] // F. P. Shkrabets, A. V. Ostapchuk, Yu. N. Bezruchko
4. Tsiganenko B.V. Perspektivi perevedennya rozpodil'nykh merezh UkraYini na nominalnu napругu 20 kV [Prospects for the switching of Ukrainian distribution networks to rated voltage of 20 kV] / Naukovі pratsі

фікація транспорту №12, с.12-19.

6. Jopa T. Real Power Loss and Voltage Deviation Minimization by Reactive Power Control through Gravitational Search Algorithm / T. Jopa // European Journal of Scientific Research. 2012. № 3. P. 63 – 67.

7. Lyubchenko V. Ya. Electrical network optimization by genetic algorithm / V. Ya. Lyubchenko, D. A. Pavluchenko // Scientific Bulletin of the University of Pitesti, Series: Electronic and Computer Science. 2008. Vol. 2. P. 43 – 48.

8. Буре. И. Г. / Повышение напряжения до 20-25 кВ и качество электроэнергии в распределительных сетях. А. В. Гусев // Электро, 2012, № 5, с. 30-32 с.

9. Електронний ресурс. Режим доступу: www.epravda.com.ua/columns/2017/01/25/618730/

10. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия и совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – К. Госстандарт Украины, 1999. – 32 с.

11. Ратнер, М.П. Электроснабжение нетяговых потребителей железных дорог. / М.П. Ратнер, Е.Л. Могилевский. – М.: Транспорт, 1985. – 295 с.

VNTU. – 2016 – # 1. – S. 1 – 4.

5. Denisyuk S. P. Perspektivi vikoristannya tehnologiy peredach elektrichnoyi energiyi na nominalny napruzi 20 kV u rozpodilchih elektrichnih me-rezhah Ukraini [Prospects of the use of technologies of transmission of electric energy at nominal voltage of 20 kV in distribution electric networks of Ukraine]//S. P. Denisyuk, D. S. Gorenko, P. V. Sokolovskiy, O. V. Stepoviy / Elektrifikatsiya transportu №12, s.12-19.

6. Jopa T. Real Power Loss and Voltage Deviation Minimization by Reactive Power Control through Gravitational Search Algorithm / T. Jopa // European Journal of Scientific Research. 2012. № 3. P. 63 – 67.

7. Lyubchenko V. Ya. Electrical network optimization by genetic algorithm / V. Ya. Lyubchenko, D. A. Pavluchenko // Scientific Bulletin of the University of Pitesti, Series: Electronic and Computer Science. 2008. Vol. 2. P. 43 – 48.

8. Bure. I. G. / Povyishenie napryazheniya do 20-25 kV i kachestvo elektroenergii v raspredelitelnyih setyah [Voltage up to 20-25 kV and power quality in distribution networks] A. V. Gusev // Elektro, 2012, № 5, s. 30-32 s.

Elektronnij resurs: <https://www.epravda.com.ua/columns/2017/01/25/618730/>

9. GOST 13109-97. Elektricheskaya energiya i sovместimost tehicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemah elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya. – K. Gosstandart Ukrainyi, 1999. – 32 s.

10. Ratner, M.P. Elektrosnabzhenie netyagovyih potrebiteley zheleznyih dorog. [Electricity supply to non-railway consumers of railways] / M.P. Ratner, E.L. Mogilevskiy. – M.: Transport, 1985. – 295 s.

На сьогодні в Україні ведеться дискусія щодо переведення розподільчих ліній 6 (10) кВ на напругу 20 кВ, більше того, приймаються відповідні рішення та розробляються проекти реконструкції існуючих ліній. В той же час існує велика невизначеність щодо застосування рівня напруги 20 кВ як в нормативно-правовому полі, так і в технічно-економічній доцільності, а також можливості технічної реалізації та апаратного забезпечення. Робота присвячена оцінці енергоефективності електричних мереж поздовжнього електропостачання залізничного транспорту при підвищенні номінальної напруги розподільчих мереж. Наведені розрахунки розподілу струмів, втрат потужностей і напруги в мережі для номінальних напруг 6, 20, 35 кВ. Виконано оцінку вартості втрат електричної енергії в мережі для вказаних номінальних напруг.

Ключові слова: електрична мережа; лінія поздовжнього електропостачання; струм; рівень напруги; втрата електричної енергії; енергетична ефективність.

УДК 621.331.3

В. Г. СЫЧЕНКО (ДНУЖТ), О. И. БОНДАР (ДНУЖТ), А. В. МИЩЕНКО (ДНУЖТ), В. В. КУЗНЕЦОВ (НМЕТАУ), А. П. КОРДИН (ПРИДЕПРОВСКАЯ Ж.Д.)

Кафедра «Интеллектуальные системы электроснабжения» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, 49010 м. Днепр, ул. Лазаряна 2, тел. +38(056)373-15-25, e-mail: elpostz@i.ua, ORCID: orcid.org/0000-0002-9533-2897

Кафедра «Электротехника и электромеханика», Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, 49010 м. Днепр, ул. Лазаряна 2, к. 125, тел.: +38(056)373-15-47, e-mail: etemdiit@gmail.com, ORCID: orcid.org/0000-0003-3884-5589

Кафедра «Интеллектуальные системы электроснабжения» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, 49010 м. Днепр, ул. Лазаряна 2, тел. +38(056)373-15-25, e-mail: temkamishchenko@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3156-8443>

Кафедра «Електротехніка і електропривод» Національної металургічної академії України, 49600, г. Дніпро, пр. Гагарина, 4, тел. +38(056) 3748446, wit_jane2000@i.ua, orcid.org/0000-0002-8169-4598

Дорожня електротехнічна лабораторія Придніпровської залізничної дороги, 49124 м. Дніпро, ул. Ілларионовська, 6Б, O.Kordin@dp.uz.gov.ua, ORCID: orcid.org/0000-0001-8652-1605

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИНИИ ПРОДОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПРИ ПОВЫШЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТИ

На сегодня в Украине ведется дискуссия о переводе распределительных линий 6 (10) кВ на напряжение 20 кВ, более того, принимаются соответствующие решения и разрабатываются проекты реконструкции существующих линий. В то же время существует большая неопределенность относительно применения уровня напряжения 20 кВ как в нормативно-правовом поле, так и в технико-экономической целесообразности, а также возможности технической реализации и аппаратного обеспечения. Работа посвящена оценке энергоэффективности электрических сетей продольного электроснабжения железнодорожного транспорта при повышении номинального напряжения распределительных сетей. Приведены расчеты распределения токов, потерь мощностей и напряжения в сети для номинальных напряжений 6, 20, 35 кВ. Выполнена оценка стоимости потерь электрической энергии в сети для указанных номинальных напряжений.

Ключевые слова: электрическая сеть; линия продольного электроснабжения; ток; уровень напряжения; потеря электрической энергии; энергетическая эффективность.

UDC 621.331.3

V. G. SYCHENKO (DNURT), O. I. BONDAR (DNURT), A. V. MISHCHENKO (DNURT), V. V. KUZNETSOV (NMEAU), A. P. CORDIN (PRIDPROVSKAYA RAILWAY)

Department of Intelligence electrification system, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 49010, Dnipro Lazaryan Str., 2, tel.: +38(056)373-15-47, e-mail: elpostz@i.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9533-2897>

Department of Electrical Engineering and Electromechanics, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, office 125, Dnipro, 49010, Ukraine, tel.: +38(056)373-15-47, e-mail: etemdiit@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3884-5589>

Department of Intelligence electrification system, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, 49010, Dnipro Lazaryan str., 2, tel.: +38(056)373-15-47, e-mail: temkamishchenko@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3156-8443>

Department of Electrical Engineering and Electric Drive of the National Metallurgical Academy of Ukraine, 49010, Dnipro, tel. +38 (056) 3748446, wit_jane2000@i.ua, ORCID: orcid.org/0000-0002-8169-4598

Road electrotechnical laboratory of Pridneprovskaya railway, 49124, Dnepr, Illarionovskaya st. 6B, O.Kordin@dp.uz.gov.ua, ORCID: orcid.org/0000-0001-8652-1605

ESTIMATION OF ENERGY EFFICIENCY OF LINES OF LONGITUDINAL ELECTRICAL SUPPLY OF RAILWAYS WITH INCREASING VOLTAGE IN THE NETWORK

For today, Ukraine is discussing the transfer of 6 (10) kV distribution lines to 20 kV, moreover, appropriate decisions are made and designs for the reconstruction of existing lines are being developed. At the same time, there is great uncertainty about the application of the voltage level of 20 kV both in the regulatory field and in technical and economic feasibility, as well as the possibilities of technical implementation and hardware support. The work is devoted to the estimation of energy efficiency of electric networks of longitudinal electric power supply of railway transport at increase of rated voltage of distribution networks. Calculations are given of the distribution of currents, power losses and voltage in the network for rated voltages of 6, 20, 35 kV. The cost of electricity losses in the network for these nominal voltages is estimated.

Keywords: electric network; power line; current; voltage level; loss of electrical energy; energy efficiency.

Received 03.10.2017; accepted in revised form 11.12.2017.