

ПОКРАЩЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НЕСИМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ ШЛЯХОМ ЇЇ ЛОКАЛЬНОГО ПІДСИЛЮВАННЯ ЗА РАХУНОК ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

*Муха А.М., д.т.н., професор, Козіна І.Ю., студентка
Дніпровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В.
Лазаряна, м Дніпро, Україна*

Анотація. У статті розглянуто проблему забезпечення стабільного рівня напруги у тяговій мережі при впровадженні швидкісного руху. Запропоновано схему підсилення системи тягового електропостачання .

Ключові слова: несиметрична система, рівень напруги, схема підсилення, постійний струм, децентралізована система тягового електропостачання.

Вступ. Для організації швидкісного руху на лініях постійного струму існує ряд вимог. Однією з найголовніших вимог до тягового електропостачання є підтримання рівня напруги на струмоприймачі поїзда 2900 В. Необхідно підвищувати техніко-економічні показники існуючих ділянок електричних залізниць постійного струму. . Вирішення цих задач неможливе без пошуку нових структурних та схемних рішень як для системи тягового електропостачання в цілому, так і для окремих її ланок, а також без аналізу на стадії розробки системи процесів перетворення електроенергії, яка витрачається на процес перевезення. В умовах збереження рівня напруги 3,0 кВ значно підвищити якість електропостачання можна шляхом заміни системи централізованого живлення на розподілену [1, 10-15].

Мета роботи. Розглянути новий підхід підсилення тягової мережі для підвищення ефективності існуючої системи тягового електропостачання для забезпечення необхідного рівня напруги на струмоприймачах електрорухомого складу при впровадженні швидкісного руху.

Огляд літератури. На сьогодні вирішення цих може бути досягнуто при проведенні таких технічних та організаційних заходів[1,5,6]:

- збільшення перерізу проводів контактної мережі;
- будівництво додаткових тягових підстанцій;
- використання пунктів паралельного з'єднання;
- застосування блоків розподіленого живлення;
- розробка і випуск випрямлячів з оптимальною шкалою номінальних потужностей;
- експлуатаційне освоєння ефективних схем згладжуючих фільтрів тягових підстанцій постійного струму;
- повна заміна шестипульсних випрямлячів на випрямлячі з дванадцятьма пульсаціями в кривій випрямленої напруги;
- встановлення на фідерній зоні вольтододаткових пристроїв ВДП з регулюванням напруги;
- розширення сфери рекуперативного гальмування і експлуатаційне освоєння дванадцятипульсних випрямно-інверторних перетворювачів.

Основна частина. Значно підсилити тягове електропостачання може не лише впровадження новітніх технологій і сучасного устаткування, а й застосування систем розподіленого живлення, тобто, перехід до нової схемотехніки мережі електротяги.

Актуальним варіантом підсилення системи 3,0 кВ є установка підсилюючих пунктів (ПП) на міжпідстанційній зоні, які будуть працювати за принципом децентралізованої системи. Перевагою цієї системи є потреба лише в підживленні контактної мережі, що не вимагає значної агрегатної потужності, а при використанні альтернативної енергії дозволяє значно знизити споживання електричної енергії з системи зовнішнього електропостачання [2]. На сьогодні опрацьовано декілька варіантів побудови такої системи, у тому числі і з застосуванням змінного струму підвищеної частоти з напівхвильовим налаштуванням для живлення пунктів підсилення тягової мережі.

Нормований рівень напруги в тяговій мережі електрифікованої ділянки забезпечує рух поїздів з необхідною економічно доцільною швидкістю, встановленою умовами пропускної здатності. Такий режим забезпечує регламентовані витрати енергії на тягу з урахуванням втрат в системі електропостачання, необхідну надійність роботи електрорухомого складу (ЕРС) та пристроїв електропостачання [3]. Робота ділянки при вимушеному режимі напруги призводить до необхідності використання резервної потужності і перевантаження обладнання тягових підстанцій. При цьому напруга на струмоприймачах стає нижчою допустимого рівня і виникає необхідність у зниженні розмірів руху та збільшенні інтервалу між поїздами.

Використання нових, більш потужних електровозів або збільшення їх числа чи секцій для пропуску поїздів великої маси, супроводжується значним зростанням потужності та струму, що споживається з тягової мережі.

Вирішення проблеми вбачалося в знаходженні “оптимальної напруги” з регламентованими межами змін, яка забезпечить рух поїзда з визначеною швидкістю, необхідною для забезпечення завданого часу ходу по перегону з мінімальними витратами на тягу та втратами потужності [6]. Втрати напруги і електроенергії в тяговій мережі визначаються в основному струмом тягових двигунів електровозів і параметрами тягової мережі. При різних середніх напругах на струмоприймачеві за рахунок відповідного підбору режиму ведення поїздів можна одержати однаковий час ходу по ділянці (однакову криву швидкості руху), якому відповідає та ж сама корисна механічна робота по переміщенню поїзда. При цьому прагнення до звуження діапазону відхилення напруги є умовою забезпечення номінального режиму тягових і допоміжних машин електровоза [7]. Вирішення цього завдання покладається на застосування пристроїв регулювання напруги.

Однак, на більшості залізниць постійного струму відсутні засоби регулювання напруги, а керівні впливи на її рівень здійснюються малозатратними тривіальними засобами підсилення тягової мережі, які не в змозі, як зазначалось вище, забезпечити необхідну стійкість системи тягового електропостачання (СТЕ) по напрузі.

Для вирішення вищевказаних проблем була запропонована несиметрична схема підсилення тягової мережі, представлена на рис. 1.

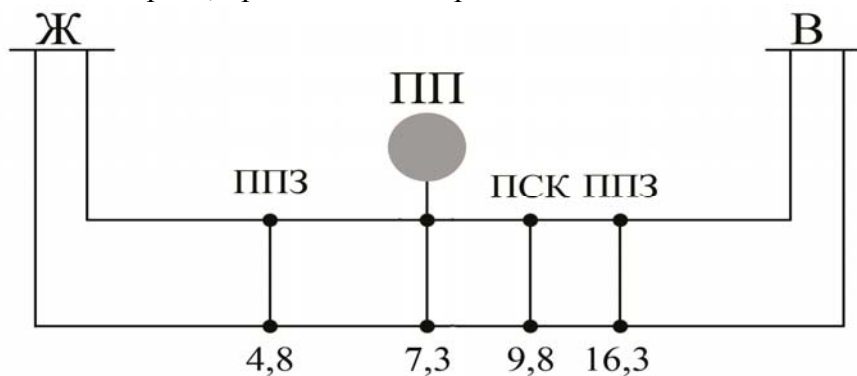


Рис. 1. Несиметрична схема підсилення тягової мережі розрахункової ділянки

Для дослідження ефективності впровадження несиметричної системи підсилення були використані наступні вихідні дані:

- напруга холостого ходу тягових підстанцій 3600 В;
- в координаті 7,3 км було встановлено підсилюючий пункт;
- обмеження мінімального значення напруги в тяговій мережі відповідає коефіцієнту стійкості за напругою 0,15, тобто 3335 В.

При проведенні дослідних розрахунків електрифікованої ділянки отримані результати показали наступне: коефіцієнт стійкості за напругою відповідає встановленому значенню(рис.2) [9], мінімальне значення напруги на струмоприймачі ЕРС відповідає встановленому обмеженню(рис.3) , при цьому, пікова потужність підсилюючого пункту не перевищує 250 кВт.

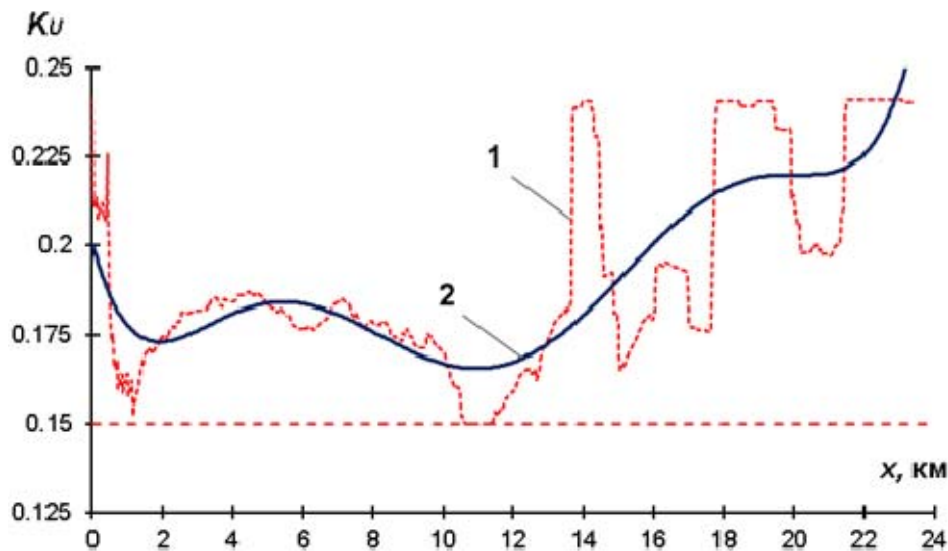


Рис. 2. Коефіцієнт стійкості за напругою:
1 – розрахункова крива; 2 – апроксимована крива

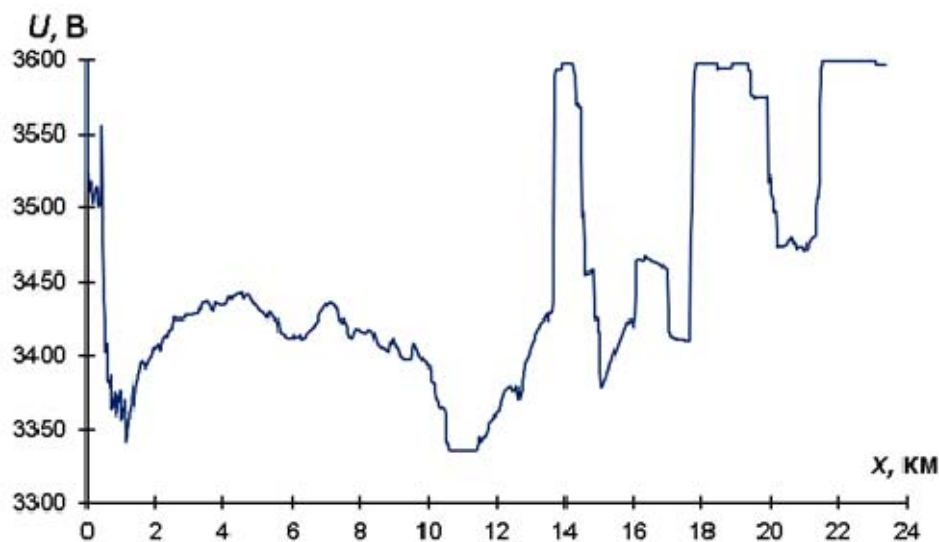


Рис. 3. Напруга на струмоприймачі ЕРС

Також ще одним способом вирішення проблеми є впровадження розосередженого тягового електропостачання та збільшення рівня рекуперації електроенергії до потенційно

можливого значення. За рахунок розподілу тягового навантаження між локальними пунктами живлення децентралізація системи тягового електропостачання дає можливість знизити втрати енергії в тяговій мережі підвищити стабільність напруги на струмоприймачах електричного транспорту і знизити встановлену потужність силового обладнання СТЕ.

На сьогодні можна виділити два принципових напрями децентралізації тягового електропостачання, перший з яких полягає у використанні уніфікованих пунктів живлення, розподілених уздовж міжпідстанційної зони та приєднаних до високовольтної лінії (постійного або змінного струмів), яка живиться через централізовані тягові підстанції (ТП) від системи зовнішнього електропостачання (СЗЕ), що досліджено наприклад в роботі [1]

Другий напрям полягає у спільному використанні централізованого електропостачання з локальними пунктами живлення від відновлювальних джерел електроенергії (рис. 2), тип і розташування яких визначаються у відповідності до регіональних кліматичних особливостей та з урахуванням забезпечення надійності електропостачання ЕТ, що досліджено наприклад в роботі [4], де в якості відновлювальних джерел розглянуті вітроенергетичні установки.

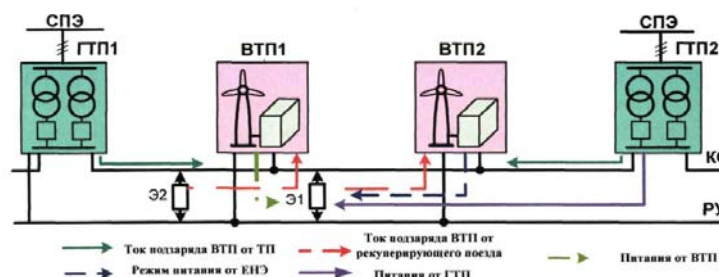


Рис. 2. Принципова схема розосередженої СТЕ 27,5 кВ з використанням локальних пунктів живлення від ТП з вітрогенераторами

На даний час для потреб тягового електропостачання у якості локальних пунктів живлення досліджені і частково впроваджені вітрові і сонячні установки, оскільки вони є найбільш сумісними за своїми технічними характеристиками з тяговим електропостачанням. Крім того, для забезпечення стабільного електропостачання ЕТ в періоди зниження активності сонячної радіації або вітрових потоків передбачається що ТП з відновлювальними джерелами будуть обладнані накопичувачами енергії (механічними, індуктивними, ємнісними тощо).

Висновок. Існуючі системи тягового електропостачання, у деяких випадках не в змозі у повному обсязі забезпечити провізну спроможність залізниць. Особливо гостро ця проблема стосується системи електричної тяги постійного струму 3 кВ на великих транспортних вузлах. Аналіз систем живлення показує, що розподілені системи живлення тягового навантаження мають кращі техніко-економічні показники ніж централізована система живлення. При цьому в пристроях тягового електропостачання може використовуватися енергія, що отримується від поновлюваних джерел. З отриманих розрахунків та результатів експериментальних досліджень можна зробити висновок, що децентралізована система тягового електропостачання в деяких випадках не спроможна забезпечити необхідну стійкість по напрузі, а також допустимі втрати потужності при впровадженні високошвидкісного руху. Дослідження проблеми стійкості по напрузі є фундаментом розробки технічних заходів по плануванню резервів потужності у системі тягового електропостачання постійного струму, направлених на підвищення режимної безпеки у ній як сьогодні, так і в найближчій перспективі.

Запропонована схема несиметричного підсилення тягової мережі електрифікованих ділянок постійного струму дозволяє забезпечувати необхідний рівень напруги в тяговій мережі при швидкісному русі, нормовану стійкість по напрузі з мінімізацією втрат потужності.

Improving the electrical performance of an asymmetric DC traction power supply system by its local amplification due to renewable energy sources

The article considers the problem of ensuring a stable voltage level in the traction network during the introduction of high-speed traffic. The scheme of amplification of the traction power supply system is offered. The proposed scheme of asymmetric amplification of the traction network of electrified sections of direct current allows to provide the required voltage level in the traction network at high speed, normalized voltage stability with minimization of power losses.

Список використаних джерел:

1. Аржанников Б.А. Система управляемого электроснабжения электрифицированных железных дорог постоянного тока: монография / Б.А. Аржанников – Екатеринбург: УрГУПС, 2010. – 176 с.
2. Сыченко В.Г. Матусевич А.А., Рогоза А.В., Павличенко М.Е., Васильев И.Л., Пулин Н.Н. «Повышение энергетической эффективности в эволюционирующих системах электроснабжения» Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». № 27(1249), с. 182-186. 2017.
3. Б.А. Аржанников, Ю. В. Ткачев, Методика получения зависимости потери эл. эн. в тяг. сети от среднего напряжения на токоприемнике электровоза при заданном времени хода поезда по участку. Свердловск, Россия: Уральский электромех. ин-т инж. ж.д. трансп, 1986.
4. Правила технічної експлуатації залізниць. Київ, Україна: 1997. 48 с.
5. Марквардт К.Г. Электроснабжение электрических железных дорог / К.Г. Марквардт – М: Трансжелдориздат, 1958. – 288 с.
6. Мирошниченко Р.И. Режимы работы электрифицированных участков / Р.И. Мирошниченко – М.: Транспорт, 1982. – 207 с.
7. О.В. Кириленко, В.В. Павловський, Л.М. Лук'яненко, Є.В. Зорін, «Аналіз стійкості енергетичних систем за напругою», Технічна електродинаміка. №3 с. 59-66. 2010.
8. В.М. Авраменко, П.О. Черненко, Н.Т. Юнєєва, «Оцінювання поточного запасу статичної стійкості енергосистеми з використанням оперативного прогнозу вузлових навантажень», Вісник Вінницького політехнічного інституту. № 1, с. 90-93. 2013.
9. Стійкість енергосистем. Керівні вказівки: СОУ-Н МЕН 40.1 – 00100227 – 68: 2012.– Київ, Україна: ГРІФРЕ: Міненерговугілля України, 2012. – 35 с.
10. В.Г. Сиченко, Ю.Л. Саенко, Д.А. Босий Якість електричної енергії у тягових мережах електрифікованих залізниць: монографія/ За редакцією В.Г. Сиченка – Дн-вск: Видавництво ПФ «Стандарт-Сервіс», 2015.-344с.-ISBN 978-966-97463-8-2
11. В. Г. Сиченко Вплив електроенергетичних процесів у системах тягового електропостачання на якість електричної енергії
12. С.И. Осипов, Ред., Рациональные режимы вождения поездов и испытания локомотивов. Москва, Россия: Транспорт, 1984.
13. Д.Г. Дерев'яно, «Особенности оценки запаса стійкості локальних систем з різнорідними джерелами генерації», ЕНЕРГЕТИКА економіка, технології, екологія. Спецвипуск, Матеріали аспірантських читань пам'яті А.В. Праховника, с. 15-19. 2013.
14. Косорєв Є.М. Регулювання напруги в контактній мережі електрифікованих залізниць постійного струму /Є.М. Косарєв //Електрифікація транспорту. – 2015.-№9,с.37-43.
15. Сиченко В.Г. Оптимізація керування режимом напруги в тягових мережах електрифікованих залізниць /В.Г. Сиченко, Д.А. Босий Є.М. Косарєв// Вісник Вінницького політехнічного інституту. №6-2015,-с. 95-103.