

В.Г. Кузнецов, канд. техн. наук., Т.І. Кирилюк

(Україна, Дніпропетровськ, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В.А. Лазаряна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВЕЛИЧИН НАПРУГ НА ШИНАХ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ НА КОРОЗІЙНИЙ СТАН ОПОР КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

Вступ. Головне завдання залізничного транспорту – забезпечення потреби народного господарства в перевезеннях, а також підвищення ефективності і якості роботи всієї транспортної системи. Вирішення цих завдань вимагає значного покращення техніко-економічних показників роботи транспорту на основі впровадження новітніх досягнень науково-технічного прогресу. Для забезпечення надійної роботи існуючого обладнання необхідне розроблення методів і засобів регулювання якості електричної енергії. Найважливішим параметром якості електроенергії є рівень напруги. Відхилення напруги, особливо в бік її зменшення, спричиняють значні збитки в усіх галузях промисловості. В нинішній час в енергосистемах і на підприємствах різного роду застосовується велика кількість пристроїв, які забезпечують підтримку режиму напруги. Це в першу чергу трансформатори з регульованим під навантаженням коефіцієнтом трансформації, конденсаторні батареї, реактори, синхронні компенсатори, генератори на електростанціях тощо. Наведені пристрої оснащуються регуляторами, які забезпечують підтримку напруги на певному рівні. Зважаючи на характер тягового навантаження, забезпечити стабільний рівень напруги в тяговій мережі неможливо. Враховуючи вищезазначене, система регулювання напруги, у загальному випадку, в певній мірі повинна компенсувати втрати напруги внаслідок зміни навантаження, відхилення напруги в системі, втрат напруги на самій підстанції і в тяговій мережі. Багато вчених займались питаннями регулювання напруги на шинах тягових підстанцій [1–5]. Однак у вищеназваних публікаціях не відображені питання впливу регулювання напруги на шинах тягових підстанцій на потенціали рейок і відповідно на корозійний стан залізобетонних опор контактної мережі. Як відомо з роботи [6], для оцінки електрокорозійної загрози для залізобетонних опор за непрямыми показниками потрібно загалом випадку розрахувати дві величини – середній позитивний потенціал рейка-земля в точці встановлення опор і опір кола заземлення. По цим двом величинам можна розрахувати струм витоку для кожної опори.

Метою даної статті є дослідження впливу величини напруги на шинах тягових підстанцій на корозійний стан залізобетонних опор контактної мережі постійного струму.

Основний зміст статті

Струм витоку з рейок у землю визначається значеннями потенціалу рейок та перехідного опору «рейка – земля». Виходячи з цього можуть бути встановлені міри для зменшення блукаючих струмів. Потенціал рейок залежить від па-

діння напруги в рейках, яке дорівнює добутку струму на опір. Причому потенціал рейок може бути меншим, якщо зменшити значення струму та опору. Зменшити струм можна, підвищивши напругу в мережі. Збільшити напругу можна при її регулюванні.

З метою перевірки ефективності електродренажного захисту газопроводів на ділянці між тяговими підстанціями НД Вузол і Дніпропетровськ – Вантажний за участю провідних фахівців кафедри електропостачання ДШТУ були проведені досліді [7]. Отримані дані занесені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати вимірів

Тягова підстанція	Н	Г	Д	С
Напруга «+» шини, кВ	3,43	3,25	3,35	3,27
	3,46	3,425	3,36	3,35
Загальнопідстанційний струм, кА	1,84	1,1	0,456	0,341
	1,35	1,8	0,317	0,197
Потенціал «рейка – земля», В	-4,96	5,84	-3,23	7,66
	-3,18	-9,0	-1,88	7,95
Струм електричного дренажу, А	266	16	65,9	0
	174	512	35,8	0

З даних, наведених в табл. 1, можна зробити висновок, що при регулюванні напруги потрібно враховувати не тільки зрівняльні струми в контактній мережі, але і потенціали рейок в місці приєднання електричного дренажу.

Аналітичної залежності, яка б зв'язувала напругу на шинах ТП та потенціал рейок не існує. Для розв'язання застосуємо графоаналітичний метод. При різних значеннях напруг суміжних підстанцій навантаження між ними перерозподіляються. Цей перерозподіл можна враховувати уведенням в розрахункові схеми зрівняльного струму, що викликаний різницею напруг на шинах тягових підстанцій [8] (рис. 1).

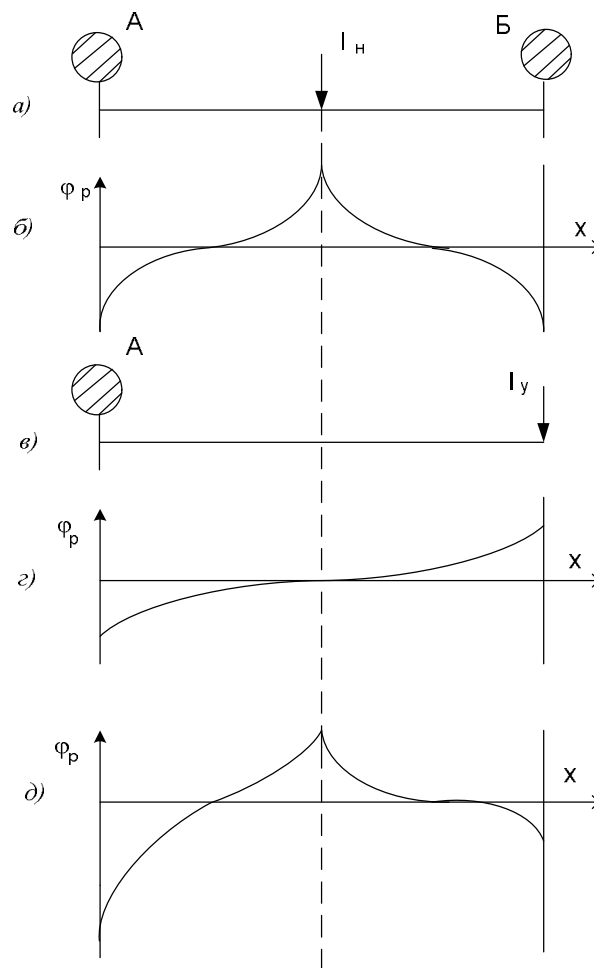


Рис. 1. Криві розподілу потенціалів у рейках при однорідному навантаженні між двома підстанціями А і Б з різними напругами ($U_A > U_B$):
 а – принципова схема; б – крива потенціалу, викликаного навантажувальним струмом I_n ;
 в – схема протікання зрівняльного струму; г – крива потенціалу, викликана зрівняльним струмом I_y ; д – крива сумарного потенціалу

Відносно потенціалів рейок схема зі зрівняльним струмом в розрахунковому відношенні еквівалентна такому випадку, коли міжпідстанційну зону живить одна підстанція (підстанція з більш високою напругою), а інша підстанція (підстанція з меншою напругою) грає роль навантаження. При накладанні діаграм розподілу потенціалів від зрівняльного струму на діаграму розподілу потенціалів від усіх навантажень при рівних напругах підстанцій отримуємо результуючу діаграму розподілу потенціалів. При цьому значення від'ємного потенціалу на підстанції з більшою напругою збільшується, а на підстанції з меншою напругою – зменшується (рис. 1), а в деяких випадках може навіть змінювати знак.

Було проведено порівняння потенціальних картин для випадків з однаковими напругами на шинах тягових підстанцій та при наявності зрівняльного струму. З цією метою для досліджуваної ділянки (табл. 2, рис. 2) були побудовані відповідні розподіли потенціалів (рис. 4 – 5)

Характеристики досліджуваної електрифікованої ділянки

Параметр	Відстань між підстанціями, км	Питомий поздовжній опір однорідної рейкової мережі, Ом	Питомий перехідний опір від рейок до землі, Ом	Струм ТП1, А	Струм ТП2, А
Однакові напруги на шинах підстанцій	20	$15,5 \times 10^{-3}$	0,4	2000	2000
За наявності зрівняльних струмів	20	$15,5 \times 10^{-3}$	0,4	3000	1000

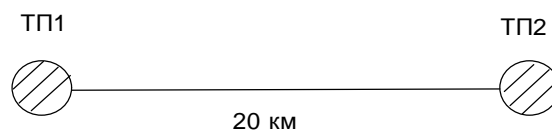


Рис. 2. Загальна схема досліджуваної ділянки

Розрахунок проводився методом суперпозиції. Потенціал “рейка – земля” від зосередженого навантаження визначався за такою формулою [9]:

$$U_{PX} = -\frac{1}{2} \cdot I_0 \cdot R_{PB} \cdot e^{-kx}, \quad (1)$$

де I_0 – середньодобовий струм тягової підстанції, А; R_{PB} – хвильовий опір однорідної рейкової мережі, Ом; k – коефіцієнт розповсюдження однорідної рейкової мережі, 1/км;

$$k = \sqrt{\frac{r_p}{r_n}}, \quad (2)$$

де r_p – питомий поздовжній опір однорідної рейкової мережі, Ом; r_n – питомий перехідний опір від рейок до землі, Ом;

$$R_{PB} = \sqrt{r_p \cdot r_n}. \quad (3)$$

Потенціал “рейка – земля” від рівнорозподіленого навантаження визначається за формулою [7]

$$U_{PX} = i \cdot r_n \cdot \left[1 - e^{-k \frac{l}{2}} \cdot \operatorname{ch} \left(k \left(\frac{l}{2} - x \right) \right) \right], \quad (4)$$

де i – рівнорозподілене навантаження, А/км.

$$i = \frac{I_0}{l}, \quad (5)$$

де l – довжина ділянки з рівнорозподіленим навантаженням.
 Розрахункова схема представлена на рис. 3.

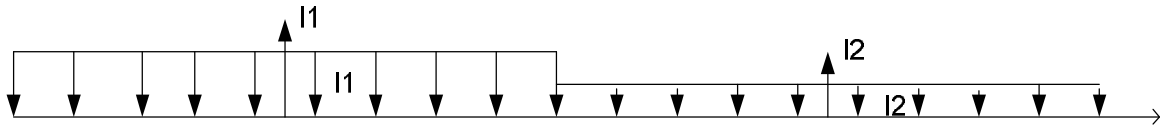


Рис. 3. Розрахункова схема досліджуваної ділянки

Авторами статті була складена математична модель, яка в загальному випадку описує потенціал “рейка – земля” окремо від рівнорозподілених та зосереджених навантажень, а також результуючий розподіл. Розрахунки та побудова графіків проводилися в середовищі Mathcad.

Проведемо побудови для випадку однакових напруг на шинах підстанцій. Окремо побудуємо розподіл потенціалів від рівнорозподілених (рис. 4) і зосереджених (рис. 5) навантажень та за методом суперпозиції отримаємо результуючий розподіл.

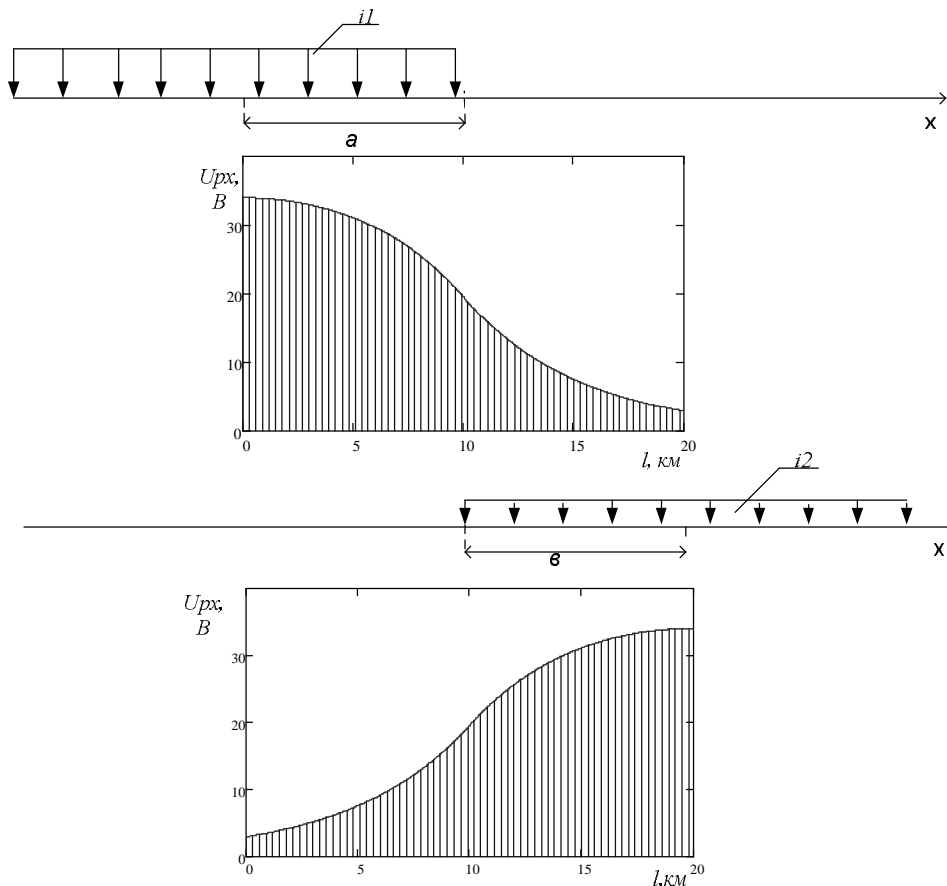


Рис. 4. Розподіл потенціалів від рівнорозподіленого навантаження на міжпідстанційній зоні ТП1 – ТП2

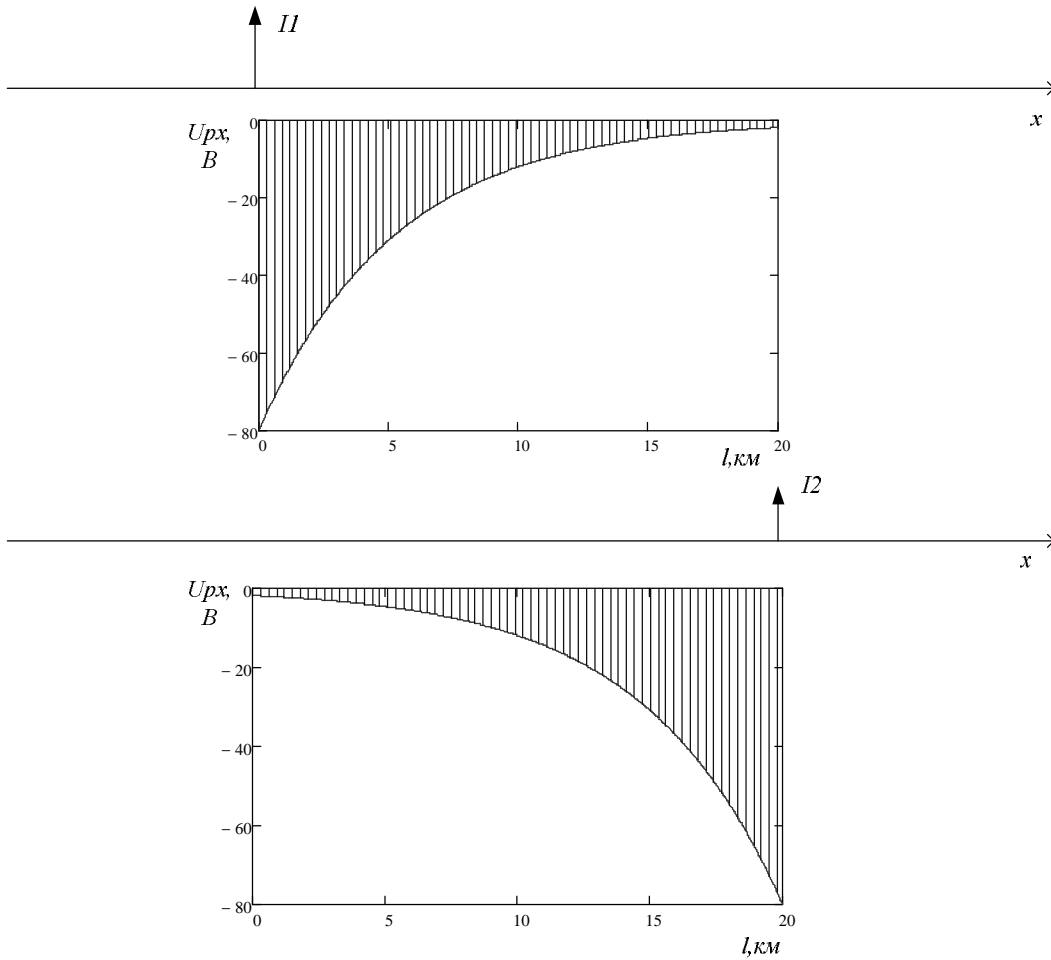


Рис. 5. Розподіл потенціалів від зосередженого навантаження на міжпідстанційній зоні ТП1 – ТП2

Методом суперпозиції отримаємо результуючий розподіл потенціалів (рис. 6)

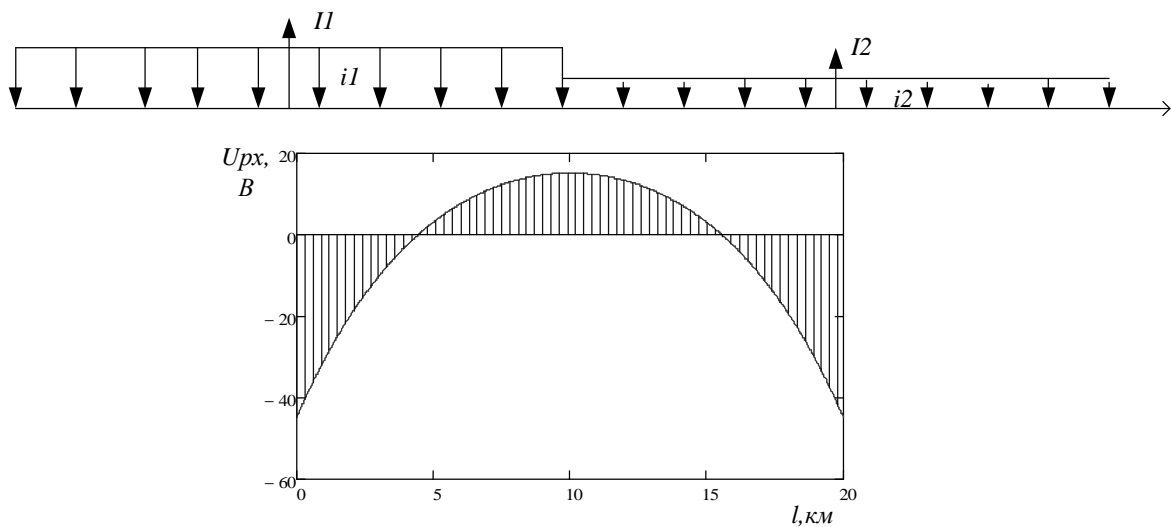


Рис. 6. Результуючий розподіл потенціалів при однакових напругах на шинах підстанцій ТП1 – ТП2

Принцип побудови та аналітичні вирази для випадку зі зрівняльним струмом залишаються такими самими як і для описаного вище випадку. Різниця полягає в тому, що додається складова від дії зрівняльного струму. Відповідний розподіл потенціалів наведено на рис. 5.

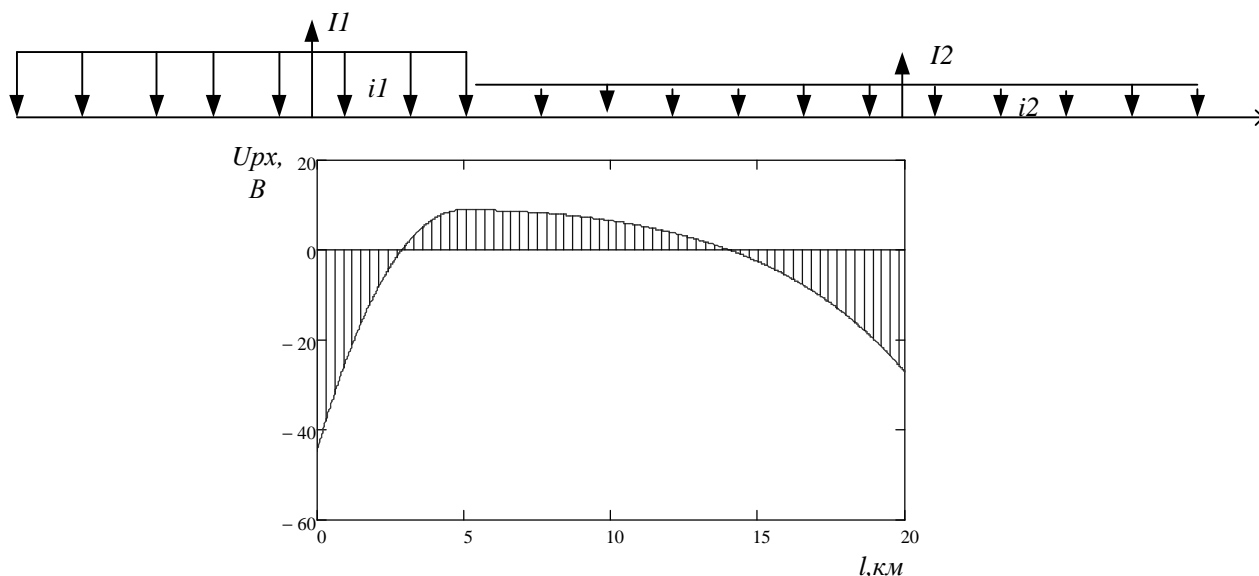


Рис. 7. Результуючий розподіл потенціалів за наявності зрівняльного струму на міжпідстанційній зоні ТП1 – ТП2

Висновки

1. При здійсненні регулювання напруги на шинах тягових підстанцій необхідно враховувати корозійний стан опор контактної мережі.
2. Отримані картини розподілу потенціалів можуть бути корисними при розробці протикорозійних заходів захисту опор контактної мережі постійного струму

Список літератури

1. Эффективность регулирования напряжения на тяговых подстанциях [Текст] / И.Г. Моченов, Г.В. Дмитриевский, Л.С. Панфиль и др. // Железнодорожный транспорт. – 1964. – №11. – С. 72–75.
2. Клейнерман М.И. Автоматическое регулирование напряжения в контактной сети [Текст] / М.И. Клейнерман // Тр. УЭМИИТ, 1966. – С. 3–15.
3. Лыкин А.В. Режимы электроэнергетических систем. Вероятностные модели режимов электроэнергетических систем [Текст]: конспект лекций / А.В. Лыкин. – Новосибирск: Изд-во. Новосиб. гос. техн. ун-та, 2000. – 62 с.
4. Аржанников Б.А. Совершенствование системы электроснабжения постоянного тока на основе автоматического регулирования напряжения тяговых подстанций [Текст]: автореф. дис....д-ра. техн. наук : 05.22.09 / Б. А. Аржанников. – М.: УрЭМИИТ, 1991. – 46 с.
5. Марикин А.Н. Стабилизация напряжения на скоростных участках [Текст] / А.Н. Марикин // Мир транспорта. – 2008. – №2. – С.50–55.
6. Подольский В.И. Железобетонные опоры контактной сети. Конструкция, эксплуатация, диагностика [Текст] / В.И. Подольский. – М.: Интекст, 2007. – 152 с.
7. Анализ влияния перераспределения нагрузок железнодорожных тяговых подстанций на потенциальное состояние газопроводов г. Днепропетровска. [Текст] / В.А. Дьяков,

- Я.Е. Савич, Б.Г. Дубровский, В.П. Выдра // Межвуз. сб. науч. тр. ДИИТ. – 1999. – №11. – С. 120–123.
8. Бадер М.П. Электромагнитная совместимость [Текст] / М.П. Бадер. – М.: УМК МПС, 2002. – С. 554–557.
9. К вопросу о противокоррозионной защите опор контактной сети в зоне станций стыкования [Текст] / В.А. Дьяков, В.Г. Сыченко, О.И. Гилевич и др. // Железнодорожный транспорт Украины. – 2009. – №5. – С. 26–27.