

В. І. ЩЕКА, І. О. РОМАНЦЕВ*, К. І. ЯЩУК (ДНУЗТ)

* Каф. АТЗ, Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, 49010, Україна, тел.: 373-15-04, ел. пошта: tio_mail@i.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗВОРОТНОГО ТЯГОВОГО СТРУМУ НА РЕЖИМИ РОБОТИ ТОНАЛЬНИХ РЕЙКОВИХ КІЛ

Вступ: Із впровадженням швидкісного руху спостерігається підвищене споживання тягових струмів новими типами рухомого складу. Ця проблема є актуальною, так як високі рівні тягових струмів можуть здійснювати не тільки заважаючий, але і небезпечний вплив на апаратуру пристроїв залізничної автоматики. Тому виникла необхідність дослідити характер розповсюдження тягових струмів і потенціалів вздовж рейок. **Мета:** Дослідження розповсюдження тягових струмів і потенціалів вздовж рейок, визначення їх критичних значень, при яких можливе невиконання режимів роботи тональних рейкових кіл. **Методи:** Для проведення досліджень використовувалася розроблена математична модель, а також методика розрахунку режимів роботи тональних рейкових кіл. **Результати:** За допомогою математичної моделі були отримані епюри розповсюдження струмів і потенціалів вздовж рейок для електричної тяги постійного і змінного струму при знаходженні на фідерній зоні декількох рухомих одиниць при різних опорах рейок і ізоляції. Проведено порівняльний аналіз експериментальних даних і результатів дослідження. На основі отриманих рівнів тягових струмів було проведено дослідження їх впливу на режими роботи рейкових кіл. **Висновки:** Рівень зворотного тягового струму поблизу підстанції та рухомого складу може становити більше 600 А. Великі рівні тягових струмів впливають і на роботу тональних рейкових кіл, а саме на нормальний і шунтовий режими роботи. Внаслідок дослідження було встановлено, що при досягненні тягових струмів 200 А може спостерігатися зниження критеріїв роботи ТРК.

Ключові слова: тональні рейкові кола, математичне моделювання, тягові струми, потенціали, режими роботи, опір ізоляції

Вступ

В сучасних умовах стрімкого розвитку науково-технічного прогресу залізничний транспорт України зазнає дедалі більших змін, що пов'язані з удосконалення існуючих систем, модернізацією апаратури з метою забезпечення якомога вищої пропускної здатності одночасно з високим рівнем надійності та безпеки руху. Однією з провідних тенденцій є перехід на тональні рейкові кола (ТРК) та автоблокування на їх основі, відмінною особливістю яких є забезпечення підвищеної завадостійкості. Наряду з цим проходить модернізація парку рухомого складу, впроваджуються нові сучасні електропоїзди та локомотиви, з метою реалізації швидкісного руху на залізницях України. Крім того зростає вантажний обіг залізницями, що потребує збільшення маси поїзду та підвищення пропускної здатності гірських ділянок. В таких умовах важливим залишається питання електромагнітної сумісності апаратури залізничної автоматики з контактною мережею (КМ) та електрорухомим складом (ЕРС), бо саме від цього залежить безпека руху на залізницях.

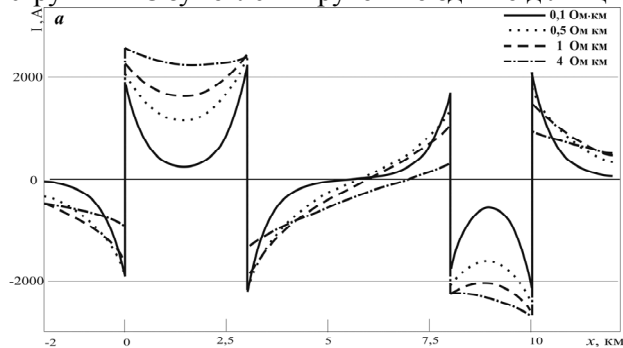
Дослідження розповсюдження зворотного тягового струму в рейках

Сучасний ЕРС, що активно впроваджується на залізницях України здатний рухатися зі швид-

костями 160 км/год та більше. Рух такого ЕРС супроводжується споживанням з КМ тягових струмів, рівень яких може сягати кількох сотень (при тязі змінного струму), або тисяч (при тязі постійного струму) ампер [1, 2]. Такий потужний ЕРС створює суттєве навантаження на КМ і зокрема на РК, які водночас є основним елементом забезпечення безпеки руху на залізницях. Обіг у фідерній зоні (ФЗ) сучасних швидкісних поїздів викликає протікання в рейковій лінії (РЛ) зворотних тягових струмів великого рівня, крім того наявність струму створює потенціал рейок відносно землі, все це ускладнює нормальне функціонування та обслуговування РК. Тому невід'ємною частиною забезпечення електромагнітної сумісності апаратури автоматики з КМ є визначення можливих рівнів зворотного тягового струму та потенціалів рейок [1, 2].

Для вирішення цього питання була розроблена математична модель з подальшою комп'ютерною реалізацією, яка дозволяє автоматизувати визначення характеру розповсюдження потенціалів та струмів у рейках вздовж ФЗ. Математична модель дозволяє реалізувати різні ситуації шляхом зміни довжини ФЗ, кількості локомотивів у ФЗ, роду тяги, потужності ЕРС, опору рейок та ізоляції. Також запропонована модель враховує індуктивний вплив КМ при тязі змінного струму [3].

Результати роботи комп'ютерної реалізації математичної моделі наведено на рис. 1 та 2. На рис. 1 наведено діаграму розповсюдження зворотного тягового струму (а) та потенціалу (б) рейок вздовж ФЗ гірської ділянки тяги постійного струму. Довжина ФЗ 10 км, ЕРС знаходиться на координатах 3 та 8 км. Великий рівень тягових струмів ЕРС зумовлений рухом поїздів по ділянці



з крутим профілем [4].

На рис. 2 наведено діаграму розповсюдження зворотного тягового струму (а) та потенціалу (б) рейок вздовж ФЗ для тяги змінного струму при різних опорах ізоляції. Довжина ФЗ дорівнює 60 км [3], в якості навантаження прийнято два електропоїзди з координатами 30 та 50 км.

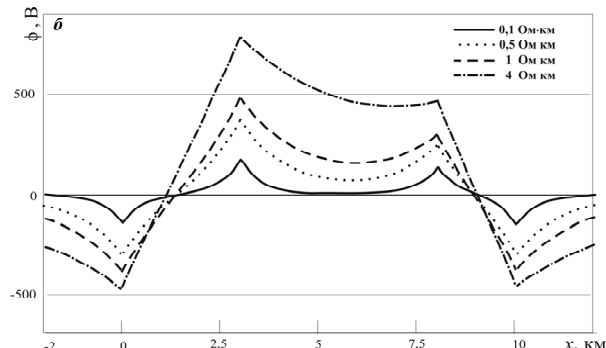


Рис. 1. Діаграма розповсюдження тягового струму (а) та потенціалу (б) в рейках при тязі постійного струму

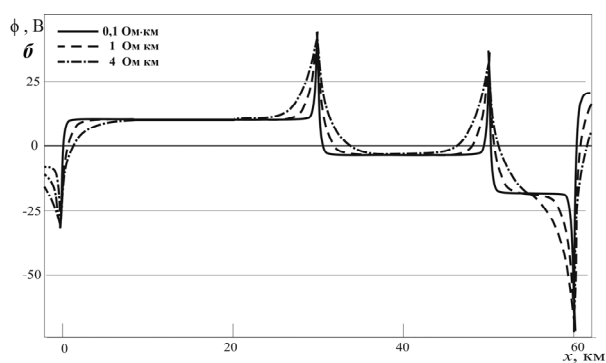
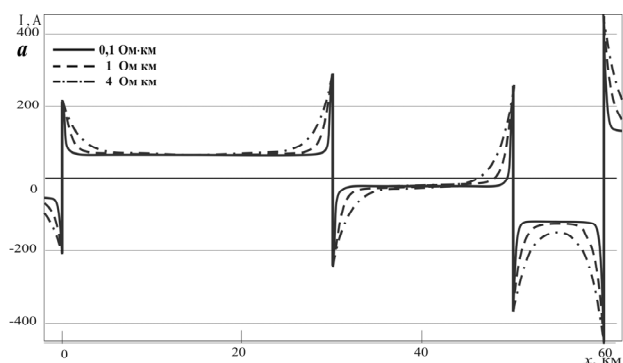


Рис. 2. Діаграма розповсюдження тягового струму (а) та потенціалу (б) в рейках при тязі змінного струму

З приведених діаграм видно, що рівень тягового струму в рейках найбільший в межах тягових підстанцій та ЕРС та може досягати рівня 3000 А при тязі постійного струму і 600 А при тязі змінного струму. Такі рівні струму ускладнюють процес експлуатації РК та можуть призвести до збоїв у роботі апаратури автоматики [5].

З метою підтвердження адекватності розробленої математичної моделі та її комп'ютерної реалізації було проведено експериментальні дослідження характеру розтікання потенціалів та струмів вздовж рейок на ділянках з тягою постійного та змінного струму. Для умов, аналогічних до експерименту було промодельоване розповсюдження тягових струмів та потенціалів на ділянці ФЗ, що дало можливість підтвердити адекватність розробленої математичної моделі за критерієм Вілкоксона на 5 % рівні значності.

Дослідження впливу тягового струму на режими роботи ТРК

Як зазначалося, рівні тягових струмів за певних умов при різних видах тяги можуть досягати зна-

чень, які негативно впливатимуть на роботу рейкових кіл. Адже рейкові кола є основним колійним датчиком, що контролює місцезнаходження потягу, цілісність рейкових ниток, а також виконує функції каналу передачі сигнальної частоти та коду автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС) від колійних пристроїв на локомотив [6]. Водночас РК є самими ненадійними елементами залізничної автоматики і від їхньої справної роботи залежить забезпечення технологічного процесу перевезення вантажів і пасажирів. Тому виникає необхідність дослідити вплив великих рівнів тягових струмів на режими роботи ТРК, що відповідає обов'язковим вимогам, які висуваються до сучасних систем. Застосування систем автоблокування на основі ТРК без ізолюючих стиків дозволяє забезпечувати укладання безстикової колії в межах цілого перегону, за рахунок чого спостерігається значне зниження витрат на обслуговування колії та підвищення надійності роботи автоблокування в цілому [7].

Існує велика кількість факторів, що мають як детермінований, так і стохастичний характер, і здійснюють вплив на ТРК, зокрема на їх

режими роботи. Кожен з режимів роботи має свої сприятливі та критичні умови. На умови роботи РК в кожному з режимів впливають три незалежні параметри: опір рейок, опір ізоляції і напруга джерела живлення. При різних поєднаннях цих параметрів створюються найбільш важкі (критичні) умови для кожного режиму. Характер впливу вказаних чинників на режими роботи також залежить від довжини, схеми і параметрів апаратури РК. Роботу РК в нормальному, шунтовому і контрольному режимах кількісно оцінюють за допомогою наступних критеріїв: коефіцієнта перевантаження, коефіцієнта чутливості до нормативного шунта і коефіцієнта чутливості РК до обірваної (пошкодженої) нитки [8]. Тяговий струм, який протікає від локомотиву до тягової підстанції по рейках, на деяких навантажених ділянках може досягати кількох сотень або навіть тисяч ампер (в залежності від роду тяги) [4].

Для дослідження впливу тягового струму на режими роботи ТРК було використано результати математичного моделювання характеру розповсюдження тягового струму вздовж рейок при тязі змінного струму, а також виконаний розрахунок нормального та шунтового режимів роботи ТРК, схеми заміщення для яких приведені на рис. 3. Особливістю розрахунку ТРК є наявність в схемі заміщення опорів Z_{M1} та Z_{M2} , що є опором, еквівалентним відсутності ізолюючих стиків [9]. Координатою x позначено відстань від точки підключення апаратури релейного кінця до нормативного шунта, L – загальна довжина РЛ.

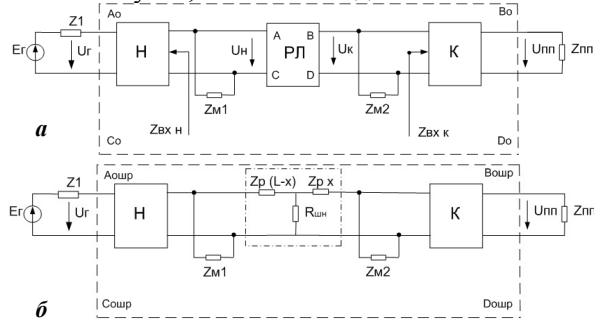


Рис. 3. Схеми заміщення ТРК для розрахунку нормального (а) та шунтового (б) режимів роботи

Як зазначалося, при протіканні змінного струму змінюється напруженість магнітного поля, а відповідно, і відносна магнітна проникність рейкової сталі. Таким чином, тяговий струм може змінювати комплексний опір рейок, зміна якого впливатиме на виконання режимів роботи ТРК.

В залежності від величини опорів рейок, що змінюватиметься зі зміною струму, та величини опорів ізоляції, який є одним з параметрів, що здійснюють вплив на режими роботи, змінюватиметься, відповідно, і коефіцієнт перевантаження

реле, що критерієм виконання нормального режиму роботи. Для дослідження було взято два значення опорів ізоляції – номінальний 1 Ом·км і максимальний 50 Ом·км. В реальних умовах величина опорів ізоляції в значній мірі залежатиме від стану баласту, погодних умов. [6, 10]

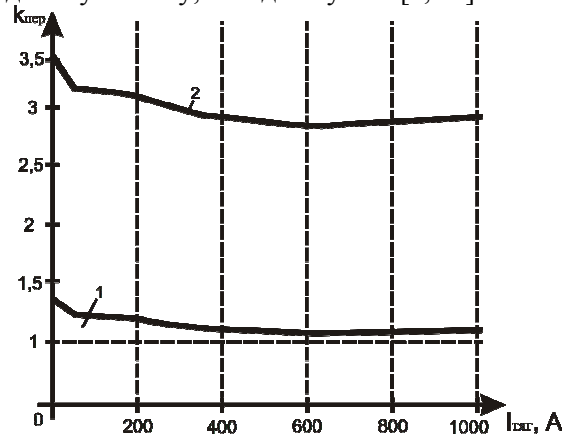


Рис. 4. Залежність коефіцієнту перевантаження реле від величини тягового струму:

- 1 – для опорів ізоляції 1 Ом·км,
- 2 – для опорів ізоляції 50 Ом·км

Як відомо, коефіцієнт перевантаження реле не повинен бути меншим одиниці [6]. Судячи з приведених на рис. 4 результатів дослідження при максимальному опорі ізоляції коефіцієнт перевантаження реле знаходиться в допустимих нормах та має запас. При номінальному опорі ізоляції та тягових струмах більше 400 А, які можуть спостерігатися в районі тягової підстанції, коефіцієнт перевантаження близький до одиниці, але його значення дозволяє стверджувати, що нормальний режим роботи ТРК виконується.

Виходячи з результатів розрахунку нормального режиму роботи ТРК опорів ізоляції, для дослідження шунтового режиму роботи приймався номінальний, 1 Ом·км. Досліджувалася залежність коефіцієнту шунтової чутливості при накладанні шунта на живлячому та релейному кінцях (рис. 5).

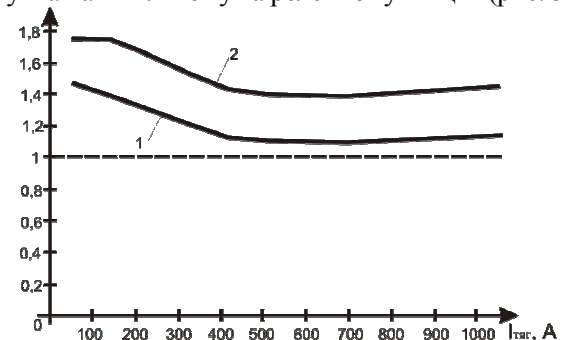


Рис. 5. Залежність коефіцієнту шунтової чутливості від величини тягового струму:

- 1 – при накладанні шунта на живлячому кінці,
- 2 – при накладанні шунта на релейному кінці

З отриманих результатів дослідження видно, що при струмі біля 200 А коефіцієнт шунтової чутливості при накладанні шунта на живлячому кінці та релейному кінці починає зменшуватися, але залишається в межах нормативного значення.

Висновки

В роботі запропоновано математичну модель, що дозволяє визначити характер розповсюдження потенціалів рейок та струмів в них вздовж ФЗ при будь-яких поїзних ситуаціях та різних станах РЛ. За результатами роботи моделі та експериментальними дослідженнями на ділянках з тягою змінного струму виявлено, що струми в рейках можуть досягати 500 А і більше.

При дослідженні режимів роботи ТРК виявлено, що у нормальному та шунтовому режимах роботи при досягненні струму в рейках біля 200 А спостерігається зниження відповідно коефіцієнту перевантаження реле та коефіцієнту шунтової чутливості на живлячому та релейному кінцях, проте значення цих коефіцієнтів залишається в межах норми, що свідчить про виконання режимів роботи ТРК та забезпечення безпеки руху.

Таким чином можна зробити висновок, що під час руху нових типів ЕРС та протікання в рейках великих тягових струмів можуть виникати збої в роботі ТРК. Уникнути яких можна зменшивши рівень тягового струму в рейках шляхом зменшення опору ізоляції та підтриманням його в межах номінального.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Tuttas, Ch. Elektrische Bahnen [Text] / Ch. Tuttas // 2001, – № 6/7, – S. 262 – 267.

2. Runge, W. Eisenbahntechnische Rundschau [Text] / W. Runge // 2005, – № 7/8, – S. 443 – 453.
3. Марквардт, К. Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог [Текст] / К. Г. Марквардт. – М.: Транспорт, 1982. – 527 с.
4. Разгонов А. П. Дослідження роботи рейкових кіл та системи автоблокування на перевальних ділянках з крутим профілем / А. П. Разгонов, К. І. Ящук // Вісник ДПТУ ім. В. Лазаряна. – 2011. – № 37. – Д. : ДНУЗТ – С.186–190.
5. Щека В. І. Розробка системи захисту рейкових кіл від електромагнітного впливу контактної мережі суміжної колії / В. І. Щека, О. В. Завгородній // Вісник ДПТУ ім. В. Лазаряна. – 2011. – № 36. С. 157-161.
6. Аркатов, В. С. Рельсовые цепи магистральных железных дорог [Текст] / В. С. Аркатов, А. И. Баженов, Н. Ф. Котляренко. – М. : Транспорт, 1992. – 384 с.
7. Федоров, Н. Е. Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями: учебное пособие [Текст] / Н. Е. Федоров. – Самара: СамГАПС, 2004. – 132 с.
8. Системы интервального регулирования движения поездов на перегонах [Текст] / А. Б. Бойник [и др.]. – Х. : УкрГАЗТ, 2005. – 256 с.
9. Романцев И. О. Анализ методов расчета тональной рельсовой цепи перегона / Романцев И. О., Гаврилюк В. И. // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2010. – Вип. 35. – С. 187-192.
10. Кулик, П. Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности [Текст] / П. Д. Кулик, Н. С. Ивакин, А. А. Удовиков. – К. : Изд. дом «Мануфактура», 2004. – 288 с.

Надійшла до редколегії 15.11.2012.

Прийнята до друку 18.12.2012.

В. И. ЩЕКА, И. О. РОМАНЦЕВ*, Е. И. ЯЩУК

* Каф. АТС, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010 Днепропетровск, Украина, тел.: 373-15-04, эл. почта: gio_mail@i.ua.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБРАТНОГО ТЯГОВОГО ТОКА НА РЕЖИМЫ РАБОТЫ ТОНАЛЬНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ЦЕПЕЙ

Введение: С внедрением скоростного движения наблюдается повышенное потребление тяговых токов новыми типами подвижного состава. Эта проблема является актуальной, так как высокие уровни тяговых токов могут оказать не только мешающее, но и опасное влияние на аппаратуру устройств железнодорожной автоматики. Поэтому возникла необходимость исследовать характер распространения тяговых токов и потенциалов вдоль рельсов. **Цель:** Исследование распространения тяговых токов и потенциалов вдоль рельсов, определение их критических значений при которых не выполняются режимы работы тональных рельсовых цепей. **Методы:** Для проведения исследований использовалась разработанная математическая модель, а также методика расчета режимов работы тональных рельсовых цепей. **Результаты:** При помощи математической модели были получены эпюры распространения токов и потенциалов вдоль рельсов для электрической тяги постоянного и переменного тока при нахождении на фидерной зоне нескольких подвижных еди-

ниц при разных сопротивлениях рельсов и изоляции. Проведен сравнительный анализ экспериментальных данных и результатов исследования. На основе полученных уровней тяговых токов было проведено исследование их влияния на режимы работы рельсовых цепей. **Выводы:** Уровень обратного тягового тока вблизи подстанции и подвижного состава может составлять более 600А. Большие уровни тяговых токов оказывают влияние и на работу тональных рельсовых цепей, а именно на нормальный и шунтовой режимы работы. Вследствие исследования было установлено, что при достижении тяговых токов 200 А может наблюдаться снижение критериев работы ТРЦ.

Ключевые слова: тональные рельсовые цепи, математическое моделирование, тяговые токи, потенциалы, режимы работы, сопротивление изоляции

V. I. SCHEKA, I. O. ROMANCEV*, E. I. JASCHUK

* Dep. ATC, Dnipropetrovsk national university of railway transport named after ac. V. Lazaryan, Lazaryan st., 2, Dnipropetrovsk, 49010, Ukraine, tel.: 373-15-04, mail: rio_mail@i.ua.

THE INVESTIGATION OF REVERSE TRACTION CURRENT INFLUENCE ON TONE TRACK CIRCUIT MODES

Introduction: With the introduction of high-speed traffic there is an increased consumption of traction current by new types of rolling stock. This issue is important, as high levels of traction currents can have not only prevents, but also a dangerous impact on the equipment of railway automation devices. It is necessary to investigate the propagation of traction currents and potentials along the rails. **Objective:** Investigate the propagation of traction currents and potentials along the rails, the determination of critical currents, which not executed tone track circuits modes. **Methods:** In order to investigate the mathematical model, and the method of calculation tone track circuits modes was used. **Results:** By means of mathematical model, which includes being several rolling-stocks at the feeder zone, different rail resistance and isolation, the diagrams of currents and potentials propagations for DC and AC electric traction have been obtained. A comparative analysis of the experimental data and the results of the investigation has been realized. Based on received levels of reverse traction current their influence on track circuit modes has been investigated. **Conclusions:** The reverse traction current level near the substation and rolling-stock can be more than 600A. Great reverse traction current levels have an influence on tonal track circuit functioning, namely normal and shunt modes. When the traction current arrives 200 A there is a reduction criteria of tonal track circuits.

Keywords: tone track circuits, simulation, traction currents, potentials, modes of operation, the insulation resistance