

ЗАВГОРОДНІЙ О. В. – головний інженер (Придніпровська залізниця)  
ГАВРИЛЮК В. І. – д.ф.-м.н., професор (ДНУЗТ)

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ РЕЙКОВИХ КІЛ В УМОВАХ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЗАВАД ВІД ТЯГОВОЇ МЕРЕЖІ СУСІДНЬОЇ КОЛІЇ НА ДІЛЬНИЦЯХ ЗІ ШВИДКІСНИМ РУХОМ ПОЇЗДІВ**

Проблема забезпечення функціональної безпеки РК в умовах впливу електромагнітних завад від тягової мережі стає ще більш актуальною з впровадженням в Україні прискореного, а у подальшому швидкісного руху поїздів, використанням нових типів локомотивів з асинхронним тяговим двигуном (АТД).

Електрифіковані залізниці зі швидкісним рухом поїздів є джерелом потужних електромагнітних завад, що впливають на функціональну безпеку систем залізничної автоматики та можуть привести до небезпечних або заважаючих збоїв в їх роботі. Наявність в Україні залізниць з різними родами тягового струму піднімає ще одне суттєве для організації швидкісного руху питання, яке пов'язане зі зміною типу електротяги при проїзді станції стикування. Технологічні операції по зміні локомотиву на станціях займають значний час, потребують і додаткових експлуатаційних витрат. Вирішення проблеми скорочення часу проїзду станцій стикування можна за рахунок використання швидкісних локомотивів з подвійним електроживленням від мережі змінного і постійного струму. Технологічні операції проїзду станції стикування зводяться при цьому до переключення роду тягового струму в тяговій мережі станції стикування і на локомотиві, а також до переключення локомотивних пристроїв безпеки (автоматичної локомотивної сигналізації) на інший кодовий струм.

Це рішення не усуває багатьох організаційних та технічних питань. Висока інтенсивність руху вантажних, пасажирських, приміських поїздів в перспективних напрямках швидкісного руху, значна зношеність

інфраструктури залізничного транспорту в Україні, а також досвід розвинутих країн вказують на доцільність організації швидкісного руху по окремих коліях.

Метою роботи є забезпечення функціональної безпеки рейкових кіл в умовах впливу електромагнітних завад від тягової мережі сусідньої колії на дільницях зі швидкісним рухом поїздів. Запропоновано нову концепцію організації швидкісного руху в Кримському напрямку на Придніпровській залізниці (у 2004 році). Технічне рішення зводиться до подовження швидкісної магістралі з електротягою змінного струму за станцію стикування до кінцевої станції призначення швидкісного маршруту.

Організація швидкісного руху по існуючим магістралям з електротягою постійного струму не вирішує також технічні проблеми, пов'язані з більш жорсткими вимогами по утриманню колії, системи електропостачання, технічних засобів регулювання руху поїздів на швидкісних магістралях. До того ж вимоги до технічних засобів забезпечення безпеки на дільницях швидкісних магістралей з електротягою змінного та постійного струму мають відмінності. Рух швидкісних поїздів на дільницях з електротягою постійного струму має привести до збільшення струму в тяговій мережі до 5-10 кА, що потребує повне переобладнання контактної мережі і зворотної тягової мережі (дросьель-трансформаторів, рейкових і міжрейкових з'єднувачів та ін.). При таких значеннях тягового струму та високих швидкостях руху існуючі системи сигналізації, централізації та блокування не зможуть забезпечити необхідний рівень безпеки, внаслідок частих збоїв в роботі РК і АЛСН під дією тягового

струму. Запропонований автором підхід до організації швидкісного руху дозволяє уніфікувати технічні рішення по організації швидкісного руху і підвищити безпеку руху поїздів.

Але при запропонованій концепції організації руху з'являються дільниці зближення і паралельного проходження колій з різними родами тягового струму (постійного і змінного). Забезпечення функціональної безпеки РК в умовах впливу ЕМЗ тягової мережі сусідньої швидкісної колії з електротягою змінного струму є новою малодослідженою проблемою.

В літературі запропоновано методи захисту кабельних ліній і металевих конструкцій від впливу тягового струму [1-9]. Але електромагнітний вплив на рейкові кола суміжної колії майже не розглянуто. Частково це пов'язано з тим, що при типовому обладнанні залізничних дільниць з однаковими тяговими мережами на сусідніх коліях, електромагнітний вплив однієї колії на іншу майже не впливає на функціональну безпеку рейкових кіл.

Зовсім інша ситуація для електрифікованих залізниць з різним родом тягового струму на сусідніх коліях при їх зближенні і паралельному проходженні. Тяговий струм колії змінного струму частотою 50 Гц та його гармоніки в тональному діапазоні частот наводять індуктивну е.р.с. і струм в рейковій колії з електротягою постійного струму. Враховуючи, що РК на дільницях з тягою постійного струму мають частоту сигнального струму 50 Гц, або частоти, що відповідають ТРЦЗ, електромагнітний вплив завад від тягової мережі змінного струму може викликати небезпечний або заважаючий збій в роботі рейкових кіл.

Для зменшення електромагнітного впливу електрифікованих залізниць на лінії зв'язку було запропоновано використовувати відсмоктуючі трансформатори, автотрансформатори [6], а також екрануючий провід (ЕП) [8-13].

Спосіб з ЕП, а також з додатковим підсилюючим проводом було запропоновано в [8,9]. Останнім часом систему з екрануючим і підсилюючим проводом (ЕПП) широко рекламують для використання Європейської фірми. В Україні залізнична дільниця Тернопіль - Красне обладнана тяговим електропостачанням з ЕПП [13]. Слід зазначити, що сфера економічно доцільного застосування тягової мережі з ЕПП значно ширше і не обмежується тільки зменшенням впливу завад від ЕРС. Швидкісний поїзд потужністю 8-16 МВт являє собою зосереджене навантаження. Тяговий струм поїзду значний, тому необхідно зменшення опору контактної мережі за рахунок використання ЕПП. Це дозволяє збільшити відстань між тяговими підстанціями, а отже зменшити їх кількість.

Типова схема розміщення пасивного екрануючого проводу (ЕП) з підсилюючим проводом (ПП) наведена на рис. 1 [8-13]

Між провідником ПП і контактною підвіскою в межах анкерної ділянки облаштовують три електричних з'єднання. Найбільш ефективною є система з активним екрануючим проводом, який розміщується між контактною мережею та лінією, що знаходиться під впливом цієї мережі.

Пасивний ЕП екранує завади, але не враховує можливий спектр завад від сучасних локомотивів. Більш перспективним в цьому напрямку є запропонований для зменшення електромагнітних завад активний екрануючий провід, що живиться від контактної мережі суміжної лінії за допомогою пристрою компенсації електромагнітних завад [11]. Пристрій складається з датчика гармонік тягового струму, пристрою обробки сигналів, блоку регуляторів зсуву фази, масштабуючих підсилювачів і регулюємого джерела струму. Пристрій формує компенсуючий струм в екрануючому проводі. Це дозволяє знизити завади в лініях зв'язку приблизно у 2 рази.

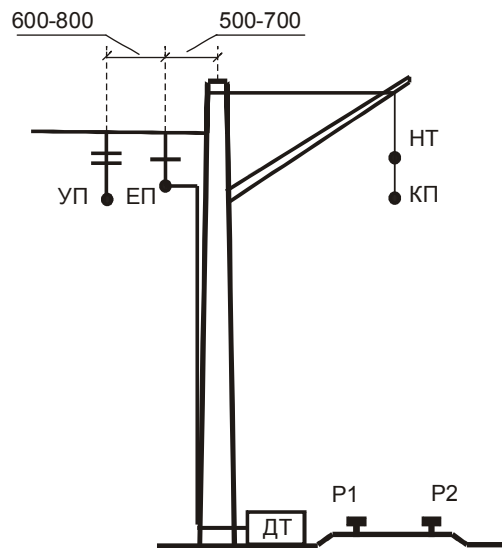


Рис. 1. Типова схема розміщення пасивного екрануючого проводу (ЕП) з підсилюючим проводом ПП (на рисунку позначений як УП)

Необхідності компенсації електромагнітного впливу гармонік тягової мережі на рейкові кола своєї колії, як правило, не виникає тому, що кондуктивні завади в рейкових лініях в зоні проходження локомотиву значно більші, ніж індуктивні. До того ж рейкові лінії симетрично розташовані відносно контактного проводу. Інша справа для двокільної дільниці. Контактна мережа однієї колії впливає через електромагнітне поле на рейкові кола суміжної колії. Особливо небезпечним такий вплив є, коли колія з тягою змінного струму частотою 50 Гц, 27,5 кВ, по якій рухаються швидкісні поїзди з потужністю 0,8-1,6 МВт наближається і проходить паралельно на дільницях зближення з колією постійного струму, що має сигнальний струм автоблокування і АЛС 50 Гц. Пасивні і активні екрануючі проводи компенсують електромагнітні завади в рейкових лініях, але ефективність компенсації завад в рейковій лінії є нижчою, ніж в лініях зв'язку. Це пов'язано з тим, що рейкові лінії, на відміну від ліній зв'язку електрично з'єднані з землею через опір ізоляції РЛ і, відповідно, струм в рейках не є однаковим по довжині лінії. До того ж рейкова лінія сегментована на окремі рейкові кола, частоти сигнального струму в яких також можуть відрізнятися. Відповідно для більш точної компенсації електромагнітного впливу гармонік тягового струму на рейкові кола необхідно змінювати

гармонійний склад компенсуючого струму по довжині лінії відповідно до струму завад в рейковій лінії. В роботі запропоновано такий регулюючий пристрій для компенсації завад в рейковій лінії. За основу, як прототип, обрано пасивний екрануючий провід [8-13] та компенсуючий пристрій [13]. Коротко суть розробленого компенсуючого пристрою зводиться до наступного.

Пасивний екрануючий провід з'єднується із середніми точками дросель-трансформаторів безпосередньо або через ізолюючі трансформатори на відстанях, що забезпечують безпеку рейкових кіл. Активний ЕП під'єднується до рейкової лінії через регулюючі елементи (рис. 2). В запропонованому в роботі пристрої сигнал, пропорційний струму завади знімається після колійного фільтра  $\Phi$  рейкового кола на вході колійного приймача ПП за допомогою безконтактного датчика, наприклад, датчика струму на ефекті Холла (рис. 3). Для усунення впливу сигнального струму автоблокування на результати вимірювання електричних завад, запропоновано включати контролюючий датчик через тилові контакти колійного реле або його повторювача в період пауз сигнального струму. Сигнал, пропорційний струму завад, через перетворювач подається на вхід регулюючого елементу РЕ, що змінює струм в екрануючому про-

воді за критерієм максимальної компенсації струму завад на вході колійного приймача

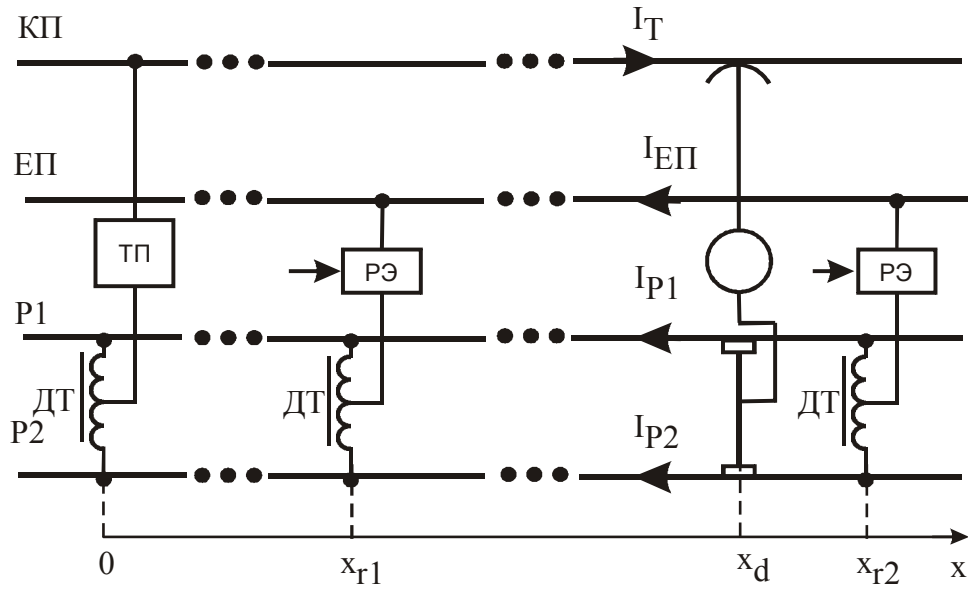


Рис. 2. Спрощена електрична схема підключення активного ЕП

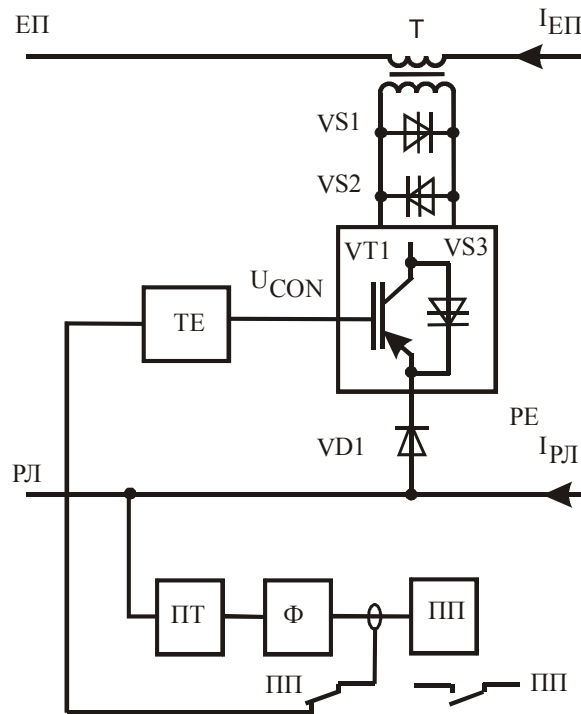


Рис. 3. Структурна схема регулюючого елемента для АЕП

На основі проведених досліджень зроблено наступні висновки.

Проаналізовано проблему забезпечення функціональної безпеки РК в умовах впливу електромагнітних завад від тягової мережі на дільницях зі швидкісним рухом поїздів. Запропоновано нову концепцію організації швидкісного руху на магістралях, що прохо-

дять по залізницях з різними родами тягового струму. (на прикладі Кримського напрямку на Придніпровській залізниці). Технічне рішення зводиться до подовження швидкісної магістралі з електротягою змінного струму за станцію стикування до кінцевої станції призначення швидкісного маршруту.

Для компенсації електромагнітного впливу гармонік тягового струму на рейкові кола сусідньої колії запропоновано регулюючий пристрій для компенсації завод

### Бібліографічний список

1. Марквардт, К. Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог [Текст] / К. Г. Марквардт. – М.: Транспорт, 1982. – 528 с.
2. Карякин, Р. Н. Тяговые сети переменного тока [Текст] / Р. Н. Карякин. – М.: Транспорт, 1967. – 279 с.
3. Бадер, М. П. Экспериментальное исследование гармонического состава тока в тяговой сети и рельсовых цепях [Текст] / М. П. Бадер // Межвузовский сборник научных трудов. – М: МИИТ. – 1984. – №756 – С.17-20.
4. Бадер, М. П. Электромагнитная совместимость [Текст] / М. П. Бадер. – М.: УМК МПС. – 2002. – 638 с.
5. Косарев, А. Б. Основы теории электромагнитной совместимости систем тягового электроснабжения переменного тока [Текст] / А. Б. Косарев. – М.: Интекст, 2004. – 272 с.
6. Павлов, И. В. Отсасывающие трансформаторы в тяговых сетях переменного тока [Текст] / И. В. Павлов. – М., 1965.
7. Ермоленко, Д. В. Улучшение электромагнитного воздействия тиристорного подвижного состава и системы тягового электроснабжения [Текст] / Д. В. Ермоленко, В. И. Павлов // Вестник ВНИИЖТ. – 1989. – №8. – С. 25 – 30.
8. Бочев, А. С. Электротяговая сеть с усиливающим и обратным проводами [Текст] / А. С. Бочев, В. В. Мунькин, Е. П. Фигурнов // Железные дороги мира. – 1997. - №11. - С. 8-12.
9. Бочев, А. С. Эффективность экранирующих проводов многопроводной тяговой сети переменного [Текст] / А. С. Бочев, Т. П. Добровольскис, В. А. Мишель // Вестник ВНИИЖТа. - 1990. - № 8. - С. 17-20.
10. Патент РФ 2186694 (В60М3/00, Н02J3/01) Бочев А.С.; Устименко И.В. Устройство для снижения электромагнитных влияний на линии связи .10.08.2002
11. Мунькин, В. В. Электротяговая сеть повышенной эффективности [Текст] / В. В. Мунькин, А. С. Бочев, Е. П. Фигурнов // Железнодорожный транспорт.–1997.–№ 11. – С. 11-15.
12. Корниенко, В. В. Испытания тяговой сети с экранирующими и усиливающими проводами [Текст] / В. В. Корниенко // Залізничний транспорт України. 2001.–№ 5. – С. 11-14.
13. Добровольскис, Т. П. Электромагнитные процессы в тяговых сетях переменного тока с экранирующими и усиливающими проводами [Текст] / Т. П. Добровольскис, А. Н. Артюх, А. В. Косарев, Б. И. Косарев / Вестник ВНИИЖТа, 1992.–№ 2. – С. 21-23.

**Ключевые слова:** организация скоростного движения, индуктивные помехи, компенсирующее устройство.

**Ключові слова:** організації швидкісного руху, індуктивні завади, компенсуючий пристрій.

**Key words:** organization of high-speed movement, inductive handicapes, compensating device.

Надійшла до редколегії 9.12.2010.

Прийнята до друку 13.12.2010.