

САМСОНКІН В. М., д.т.н., професор (Державний університет інфраструктури та технологій),
ЮРЧЕНКО О. Г., к.т.н., доцент (Державний університет інфраструктури та технологій),
КРУГЛИК С. Ю., головний інженер (Львівська залізниця, ВСП «Сарненська дистанція
сигналізації та зв'язку», м. Сарни)

Впровадження системи ERTMS/ETCS в умовах залізниць України

В роботі проаналізовано основні параметри системи управління та забезпечення безпеки руху поїздів ERTMS/ETCS. Обґрунтовано впровадження та використання другого рівня системи ETCS для умов магістрального залізничного транспорту України залежно від поточного технічного оснащення ділянок та цільового призначення. Запропоновано варіант проектування системи ERTMS в умовах АТ «Укрзалізниця» щодо розміщення системи ETCS на ділянці Клесів-Страшів Львівської залізниці.

Ключові слова: система управління рухом, мікропроцесорна система сигналізації, швидкісний рух, блок-ділянка, пристрої автоблокування, безпека руху поїздів.

Вступ та постановка проблеми дослідження

У сучасних умовах на залізничному транспорті України використовуються здебільшого системи керування та контролю за рухом поїздів, елементною базою яких є електромагнітні реле спеціальної конструкції, що відповідають вимогам забезпечення безпеки руху. Ці системи досягли своєї функціональної досконалості та принципів побудови в межах можливостей. Такі системи є морально застарілими, проектування й впровадження їх нині не проводиться [1].

Протягом останніх 20 років на залізницях України проводилось впровадження мікропроцесорних систем

централізації стрілок та сигналів у декілька етапів (рис. 1).

На жаль темп впровадження мікропроцесорних систем залізничної автоматики дуже повільний. Причин тут декілька: брак коштів, дуже висока відповідальність систем СЦБ та цілком зрозуміла консервативність.

Дедалі більше залізниць сьогодні потребують збільшення пропускної спроможності транспорту на лініях і/або залізничних вузлах. Оскільки побудова нових ліній і розширення станцій є не дешевою справою й потребує багато часу, існує значний інтерес до вивчення сучасних технологій СЦБ та управління залізничним рухом.



Рис. 1. Етапність впровадження мікропроцесорних систем централізації стрілок та сигналів в Україні

На сьогодні країни-члени Європейського союзу масово впроваджують єдину європейську систему управління залізничним транспортом (ERTMS), що розроблена наприкінці 1980-х років, і удосконалюється досі. ERTMS складається з двох основних компонентів, які містять GSM-R, радіосистему для забезпечення зв'язку між машиністом і центром управління рухом, і ETCS, систему автоматичного керування, яка допомагає контролювати обмеження швидкості поїзда шляхом спілкування з машиністом [2]. Ключовим моментом цього є перехід від традиційного інтервального регулювання поїзного руху на основі фіксованих блок-ділянок до рухомих блок-ділянок.

Впровадження системи ETCS на сьогодні продиктовано як економічними міркуваннями, так і міркуваннями дотримання безпеки руху й безпеки перевезення пасажирів. Головними перевагами впровадження цієї системи є:

- система, що заснована на безперервній передачі даних, зменшує міжпоїзний інтервал, чим забезпечує збільшення пропускнуої спроможності на існуючих інфраструктурних об'єктах до 30 – 40 %;
- підвищення рівня безпеки для пасажирів: ETCS забезпечує більшу автоматизацію процесу руху поїздів ніж існуючі системи управління залізничним рухом;
- вища швидкість руху поїздів: ERTMS має можливість управління поїздами зі швидкістю навіть 500 км/год;
- єдину систему для великої кількості країн-операторів простіше будувати, встановлювати, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності залізничного транспорту;
- зменшення витрат на технічне обслуговування, адже рівень 2 ETCS не вимагає наявності сигналізації;
- спільний ринок поставок для менеджерів інфраструктури, коли клієнти можуть замовляти будь-які комплектуючі в будь-якому місці Європи, що робить ринок більш конкурентоспроможним;
- вищий рівень надійності: використання ERTMS покращує надійність транспорту та його пунктуальність.

Виникає питання: чи є необхідність чекати повного оновлення релейних систем на мікропроцесорні перш ніж впроваджувати системи-аналоги ERTMS/ETCS? Вважаємо, що ні. Програма взаємодії України з країнами Європейського Союзу, імплементація правової бази ЄС призведе до тісного співробітництва АТ «Укрзалізниця» з європейськими залізничними адміністраціями, приєднання України до європейських TEN-T коридорів. Всі ці фактори спонукатимуть до необхідності вже зараз думати про впровадження ERTMS/ETCS на території України та готуватись до нього.

Мета статті

Розробка концептуального рішення впровадження ERTMS/ETCS на прикладі існуючої ділянки Клесів-Страшів Львівської залізниці.

Аналіз досліджень та літературних джерел існуючих підходів до розробки та впровадження

Детальний аналіз традиційних та формальних методів верифікації розглянуто в роботі [3]. Зазвичай для верифікації критично важливої системи, такої як система ERTMS/ETCS, використовується набір методів та засобів, який все частіше враховує не тільки параметри RAMS (Reliability, Availability, Maintainability, and Safety), але й параметри кіберзахисності.

Детальний аналіз можливостей дискретно-подійного моделювання стосовно етапів життєвого циклу системи ERTMS/ETCS, особливо на етапі верифікації, подано також у роботі [4]. Автор вважає, що система ERTMS/ETCS характеризується тим, що стани системи дискретні, а механізм переходу станів обумовлений подіями. Сучасні методи проектування не дають змоги гарантувати, що відповідальна система, пов'язана з безпекою, буде повністю відповідати вимогам та поводитися безпечно, а тому вкрай важливо інтегрувати процеси верифікації на якомога більш ранньому етапі розробки системи. Цього можна досягти за рахунок використання формальних мов та методів проектування.

У науковій публікації при визначенні пріоритетів використання альтернативних джерел енергії в транспортній політиці ЄС, визначено можливість підвищення ефективності транспорту та використання інфраструктури за рахунок інформаційних систем (ERTMS) та ринкових стимулів [5].

У роботі [6] досліджені питання системи управління залізничним рухом ERTMS. Детально розглянуто загальні характеристики обладнання, що використовується в системі для реалізації завдань і функцій. Зокрема, остання частина роботи показує роботу цієї системи в Польщі. Оскільки впровадження Європейської системи управління залізничним рухом у Польщі спрямоване назустріч вимоги національного та європейського законодавства щодо сумісності залізничного транспорту, в роботі встановлено, що додатково ця система значно сприятиме підвищенню комфорту та безпеки подорожей.

Виклад основного матеріалу дослідження

Обґрунтування рівня системи ERTMS/ETCS.

Система ERTMS/ETCS заснована на безперервній та точковій передачі даних між польовими пристроями та поїздом, модульною архітектурою бортового комп'ютера та інтелектуальними датчиками, які дають

зможу поїзду визначати своє розташування на лінії з високою точністю.

ETCS є частиною ERTMS, до якої входять також компоненти управління поїзною роботою, пасажирських інформаційних систем, формування поїздів, енергетично оптимального ведення поїзда та ін. Метою розробки ETCS є уніфікація систем обміну інформацією між поїздом та колійними пристроями. Ця система складається з прийомовідповідача Eurobalise, шлейфу Euroloop, засобів радіозв'язку Euroradio, локомотивного обладнання Eurocab.

Залежно від поточного технічного оснащення дільниці та її цільового призначення, можна використовувати різні рівні системи ETCS.

Існує чотири різні рівні застосування ERTMS/ETCS (перший L-1, другий L-2 і третій L-3) та нульовий, залежно від потреби в існуючій залізничній інфраструктурі.

Перший рівень ETCS можна впроваджувати на існуючих дільницях нешвидкісного пасажирського руху, де основним засобом передачі інформації можна використовувати тільки Eurobalise (Євробалізи), які, у свою чергу, будуть інформувати локомотив про дозвіл на рух та параметри залізничної лінії при проїзді над ними локомотивного приймача. Фактично перший рівень є доповненням, призначеним для звичайних ліній, які вже обладнані сигналами на лінії та детекторами поїздів. За таких умов руху допустима максимальна швидкість руху становитиме 160 км/год.

Другий рівень системи ETCS призначено, в першу чергу, для використання на міжнародних та високошвидкісних лініях. Контроль зайнятості ділянки колії та відстеження місця знаходження поїзда здійснюється за допомогою рейкових кіл або датчиків рахунку осей. Як і в першому рівні, забезпечення надходження сигналу з колії до локомотива відбувається через Eurobalise. Обмін інформацією між поїздом та центром управління виконує система GSM-R безперервним двостороннім способом.

Другий рівень потребує побудови центру радіоблокування RBC та оснащення локомотивів:

- безпечним комп'ютером EVC (European Vital Computer);
- управляючим комп'ютером (Maintenance Computer), дисплей якого стандартизовано європейською асоціацією залізниць UIC;
- одометром для розрахунку відстані;
- антеною для приймання інформації від баліз, розташованих на ділянці;
- пристроєм для підтримки цифрового радіоканалу Euroadio.

На відміну від першого рівня ETCS, другий не потребує сигналів з боку лінії, бо RBC ідентифікує кожний поїзд та контролює його індивідуально. Поїзд подає запит на дозвіл швидкості руху через фіксовані проміжки часу (зазвичай 60 с) або при виникненні

особливих випадків. Eurobalise передають тільки незмінну інформацію та призначені переважно для визначення місцезнаходження поїзда.

Машиніст отримує інформацію про дозволена дільничну швидкість руху за допомогою робочого стола машиніста. Світлофорна сигналізація може не використовуватись, але тільки за умови, якщо всі рухомі засоби, що рухаються по ділянці, оснащені пристроями другого рівня ETCS. Система безперервного зв'язку L2 дає змогу поїзду досягати оптимальної або максимальної швидкості, зберігаючи безпечний гальмівний шлях.

Третій рівень системи ETCS суттєво не відрізняється від другого рівня й побудований за тими самими принципами. ETCS другого рівня відповідає тільки за передачу на локомотив сигнальних показань та контроль швидкості руху поїзда, а у третьому рівні контроль вільності колії замінюється перевіркою цілісності рухомого складу бортовими засобами локомотива й ця інформація транслюється до центру радіоблокування RBC. Крім того, ETCS третього рівня розмежовує інтервали слідування рухомого складу за допомогою рухомих блок-дільниць.

Четвертий рівень, який має назву STM (Specific Transmission Module), розроблено для періоду переходу від національної системи до загальноєвропейської. Модуль STM додають до бортового обладнання для забезпечення взаємодії між ETCS і національною системою АЛС.

ETCS розроблено гнучким способом, що дає змогу плавно переходити з одного рівня на інший. Обладнання повністю сумісне, що означає, що будь-який поїзд, обладнаний системою, може курсувати на будь-якій іншій подібній лінії.

Застосування рухомих блок-дільниць забезпечує можливість відмовитися від польових пристроїв надання інформації про вільність ділянки колії. Однак при цьому від поїзда потрібна інформація про прибуття його в повному складі. У такому випадку функцію контролю приймає на себе система контролю цілісності рухомого складу TIU (Train Integrity Unit). Така система, як правило, використовується при проектуванні нових об'єктів з обов'язковою умовою обладнання всіх поїздів, що будуть рухатися по дільниці, пристроями ETCS третього рівня.

Якщо говорити про можливість впровадження такої системи в умовах України, то передусім при проектуванні системи ETCS необхідно звернути увагу на вже існуючі проекти реалізації системи в Європі відносно структури колійних елементів системи та вимог до зв'язку, який встановлено між ними. Необхідно провести порівняння ефективності роботи, витрат та інших факторів при вирішенні задач перевезень пасажирів та вантажів при поступовому переході від існуючої системи управління рухом поїздів до ETCS. Рішення про функціонування у

середовищі системи ETCS і питання про те, чи має бути використана діюча система сигналізації і надалі, мають бути підтверджені чи відкинуті фактами для переходу на нову концепцію управління рухом поїздів.

Встановлення системи ETCS другого рівня, як сумісної системи у випадку переходу, потрібно розглядати як функціональну вимогу високого рівня, тому стандартизація такого суміщення має бути обов'язковою. Для забезпечення стимулювання залізниць впроваджувати систему ETCS, експлуатаційні витрати мають суттєво скорочуватись.

Рекомендується проведення дослідження кількості транспортних засобів для роботи системи ETCS. Збереження існуючої колійної інфраструктури може бути важливою опцією при здійсненні стратегії «зменшених функціональних можливостей» блокування. Отже, розробка системи ETCS має проводитись під керівництвом однієї групи спеціалістів, на яку покладена відповідальність за планування робіт по переходу на нову систему. На наступному етапі рекомендується передача проекту групі, яка мала би достатні повноваження для консультації та розробки стандартів.

Необхідно провести дослідження з метою ізоляції потреб окремих залізничних адміністрацій відносно впровадження та проблем впливу конкретних рішень окремих залізниць на інші суміжні залізниці. Таке дослідження зумовлене необхідністю приєднання до Європейської агенції з впровадження системи ETCS в Європі. Це стосується потреб системи ETCS на всіх рівнях, починаючи з нових високошвидкісних міждержавних ліній, та закінчуючи переходом залізниць (залізничних ліній) на нові системи з недорогими і регіональними рішеннями. Таке дослідження має також стосуватися переваг і недоліків використання системи ETCS на вузлових станціях.

Характеристика ділянки Клесів-Страшів.

Прикладом проектування системи ERTMS в умовах Укрзалізниця є дипломний проект щодо розміщення системи ETCS на ділянці Клесів-Страшів Львівської залізниці, який був розроблений студентом УкрДУЗТ ще в 2016 році [7].

До складу ділянки входять дві станції – Клесів, Страшів та прилеглий до станції перегін.

Станція Клесів є вантажною станцією I класу: на станції відбуваються приймання, відправлення, схрещення поїздів та досить великий обсяг маневрової роботи. Станція обладнана пристроями блочно-маршрутної релейної централізації (БМРЦ) з центральними залежностями та маршрутним управлінням стрілками і сигналами. Електрична централізація ув'язана із засобами сигналізації прилеглих перегонів. Для управління стрілками та сигналами, контролю зайнятості колій, стрілочних та безстрілочних ізольованих дільниць, дільниць

наближення і віддалення, контролю приготування маршрутів у приміщенні чергового по станції встановлені виносне табло та пульт-маніпулятор.

Електроживлення поста ЕЦ здійснюється від двох самостійних фідерів, основного і резервного, а також від автономного джерела живлення – резервної електростанції з автоматичним запуском (ДГА-16М), встановленої на посту ЕЦ.

Для організації зв'язку черговому по станції на пульті-маніпуляторі виділена окрема секція, де знаходяться всі необхідні види зв'язку.

Всі поїзні та маневрові пересування по станції здійснюються за організованими маршрутами при дозвільних показаннях світлофорів. Сигналізація світлофорів відповідає Інструкції з сигналізації на залізницях України [9].

Станція Клесів має 13 колій, нараховує 45 стрілочних переводів, 5 переїздів з автоматичною світлофорною сигналізацією та один переїзд з автоматичною переїзною сигналізацією зі шлагбаумами типу ПАШ-1, а також 9 під'їзних колій від підприємств та заводів і одну витяжну колію (тупикову), що використовується для сортування вагонів. Стрілочні переводи оснащені електроприводами типу СП-6, СП-6М, СП-ТС. Використовується п'ятипровідна схема управління стрілкою.

Контроль вільності колій і стрілочних переводів здійснюється за допомогою двониткових фазочугливих рейкових кіл змінного струму 25 Гц з ДСП-13.

Станція Страшів у свою чергу обладнана пристроями маршрутно-релейної централізації з використанням малогабаритних реле. Пристрої електричної централізації дають змогу черговому по станції здійснювати дистанційне керування стрілками і сигналами і забезпечувати контроль за вільним та зайнятим станом колій, стрілочних дільниць, дільниць наближення і віддалення, приготуванням маршрутів, положенням стрілок.

У приміщенні чергового по станції встановлено блочний пульт-табло. Електрична централізація ув'язана з засобами сигналізації та зв'язку прилеглих перегонів, обладнаних одноколіїним двостороннім автоматичним блокуванням.

Електроживлення пристроями ЕЦ виконано від щитової електроживильної установки, яка складається з двох панелей:

- ввідної панелі ПВ1-ЕЦ;
- розподільчо-перетворювальної панелі ПР-ЕЦ-25.

Електроживлення поста ЕЦ здійснюється від двох самостійних фідерів, основного і резервного, а також від автономного джерела живлення – резервної електростанції з автоматичним запуском (ДГА-16), встановленої на посту ЕЦ.

Станція Страшів має 3 колії, 1 переїзд типу АПС зі шлагбаумами типу ПАШ-1, 4 стрілочних переводи, що оснащені електроприводами типу СП-6 та СП-ТС. Використовується п'ятипровідна схема управління стрілкою. Контроль вільності колій і стрілочних переводів здійснюється за допомогою двониткових фазочутливих рейкових кіл змінного струму 25 Гц з ДСП-13.

Міжстанційний перегін Клесів-Страшів обладнано одноколіїним двостороннім автоматичним блокуванням типу КАБ (Кодове автоматичне блокування).

На перегоні розташовано 6 сигнальних установок та пристрій контролю порушення габариту КГУ. Зв'язок між сигнальними установками здійснюється за допомогою лінійних кіл. Лінійні кола є одними з основних елементів одноколіїного автоблокування. Лінійні кола комутуються так, що при встановленому непарному напрямку руху світлофори парного напрямку вимкнені, а при зміні напрямку руху з непарного на парний – навпаки, світлофори парного напрямку ввімкнені, непарного вимкнені.

Для перемикання пристроїв автоблокування з непарного напрямку на парний використовується чотирипровідна схема зміни напрямку з проводами Н, ОН і К, ОК. Живлення в коло подається зі станції приймання. На кожній сигнальній установці для зміни напрямку руху в коло послідовно ввімкнено реле Н.

Для контролю на кожній сигнальній установці встановлено генератори типу ГКШ (генератор камертонний штепсельний), які передають контрольну інформацію про стан сигнальної установки тільки на станцію Клесів. Кожний генератор має свою фіксовану частоту, генератори ввімкнені в лінію ДК-ОДК. На станції від кожного прийнятого частотного сигналу через підсилювач приймання УПДК і приймач ПК5 на табло чергового по станції вмикається контрольна лампа. За режимом горіння кожної лампи на табло визначається стан об'єкта, що контролюється на перегоні.

Живлення пристроїв автоблокування відбувається від двох незалежних джерел живлення – повітряна лінія АБ (І фідер), 10 кВ, і лінія ПЕ, 10 кВ, через трансформатори типу ОМ (однофазний масляний).

Проект технічного рішення ETCS.

Для реалізації системи ERTMS найкращим варіантом було обрано рівень 2 системи ETCS з метою використання вже існуючих ресурсів ділянки Клесів-Страшів. Насамперед передбачається створення одного Локального центру керування (LCS), який також зміг би виконувати функції радіокерування (RBC) на станції Клесів за рахунок використання вже існуючих технічних можливостей станції. Роздільні пункти, що прилягають до дільниці, мають бути обладнані терміналами передачі інформації про потяги

до LCS, так звані PIP (передача інформації про поїзд). Рух поїздів в межах LCS і RBC буде контролюватися централізовано поїзним диспетчером. Необхідно провести модернізацію існуючої системи радіозв'язку, щонайменше обладнати транспортні засоби, що будуть рухатися по дільниці, портативними терміналами GSM-R. А також впровадити низку інших пропозицій щодо модернізації телекомунікації, а саме:

- апаратура діагностики пристроїв СЦБ та керування віддаленими об'єктами;

- мережі WLAN, засновані на протоколі TCP/IP;

- пристрої контролю несанкціонованого проникнення на керованих роздільних пунктах;

- належне забезпечення можливості передачі сигналів системи GSM-R, а саме закладення двох незалежних кабелів і байпас, а також можливості передачі сигналів між пристроями СЦБ і комп'ютерами RBC;

- має бути можливість налаштування викликів ISDN між комп'ютерами RBC центру системи GSM-R.

Для забезпечення вище вказаних умов телекомунікації потрібно закласти необхідні телекомунікаційні мережеві кабелі (мідні або оптоволоконні) і виконати необхідну систему телепередачі.

Телекомунікаційні кабелі мають бути прокладені в захисних трубах з поліетилену (оптоволоконні кабелі – в трубах підвищеної щільності). Додатково до всіх оптоволоконних кабелів як резерв, принаймні має бути прокладена захисна труба.

Вільний простір станції Клесів можна використати для комп'ютерного приміщення (для реалізації другого рівня ETCS), приміщення чергових – для моніторів LCS і RBC і діагностичних пристроїв управління і контролю, технічні і телетехнічні приміщення – для центру системи GSM-R.

Для виконання функцій системи GSM-R необхідно використати одну панель GSM-R, яку також можна розмістити на станції Клесів. Система GSM-R має бути встановлена тимчасово в окремому контейнері для того, щоб в майбутньому була можливість зміни його розміщення.

На дільниці Клесів-Страшів передбачається тільки один Центр радіоблокування, розміщений в одному місці з Локальним центром керування.

Також для дільниці Клесів-Страшів має бути організовано встановлення Центру діагностики і утримання виключно для зв'язку з пристроями СЦБ (рис. 2).

Об'єкти телекомунікації мають бути забезпечені джерелами безперебійного живлення, для вирішення цього можна використовувати резервне живлення від ДГА станції Клесів, а також акумуляторною батареєю для підтримання телекомунікації на час, необхідний для запуску автономної електростанції, під час відсутності основного і резервного живлення.

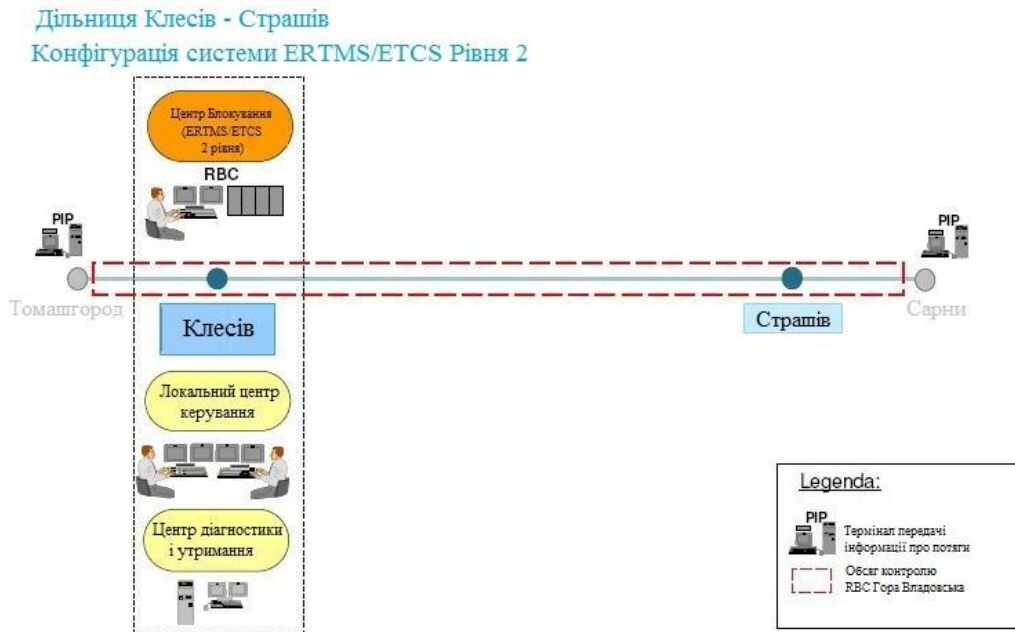


Рис. 2. Конфігурація ERTMS/ETCS рівня 2 дільниці Клесів-Страшів

По колії перегону мають бути розміщені мережі Євробаліз (не більше 600 м одна від одної), що містять технічну інформацію ERTMS/ETCS рівня 2. На підходах до дільниці, обладнаної системою ERTMS, біля вхідних світлофорів мають бути встановлені спеціальні групи Євробаліз, що інформують про наближення поїзда до ділянки, охопленої системою ERTMS, так звані балізи сповіщення (або оголошень). Вздовж ділянки колії

між станціями очікується розміщення базових станції (BTS) системи GSM-R для передачі технологічного, провідного зв'язку та радіозв'язку, а також передачі даних за потреби системи ETCS. Щільність розміщення BTS має забезпечувати надійне покриття областей LCS та RBC. Кожна базова станція має бути підключена до мережі телекомунікаційних кабелів (двох незалежних кабелів та байпасу) (рис. 3).

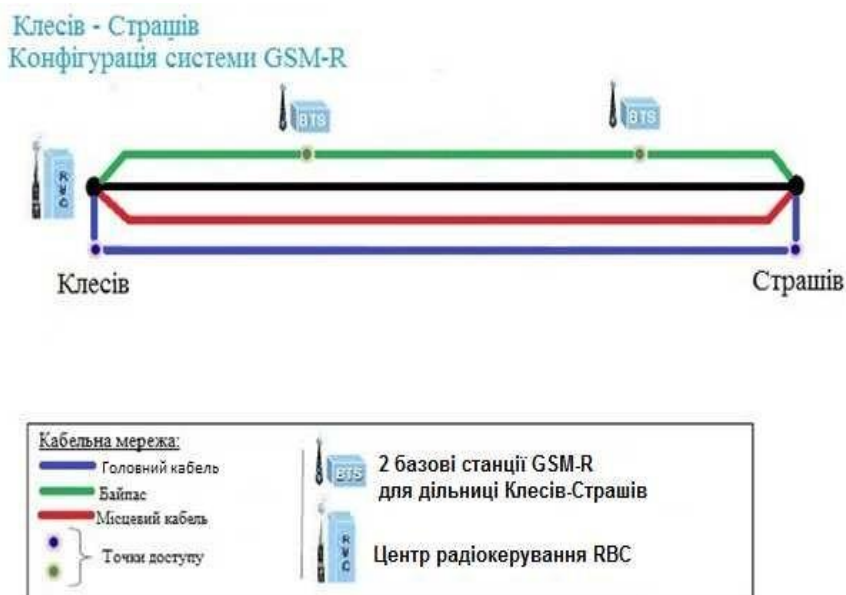


Рис. 3. Конфігурація системи GSM-R дільниці Клесів-Страшів

Впровадження системи ETCS рівня 2 потребує певною мірою деякої модернізації діючих пристроїв, насамперед капіталовкладення для побудови Локального центру (LCS) та центру радіоблокування (RBC), встановлення євробаліз та базових станцій і укладання трьох нових кабелів. Такі технічні рішення забезпечать можливість підвищити швидкість руху, внаслідок чого збільшиться пропускна спроможність дільниці, проте головною перевагою впровадження системи ERTMS/ETCS є підвищення безпеки руху поїздів за рахунок сумісництва існуючої системи управління поїздів та системи ERTMS.

Отже, враховуючи вищевикладене, можна визначити певні напрямки та пропозиції щодо впровадження та використання мікропроцесорної системи управління рухом:

- в умовах збільшення пасажиропотоку та товарообігу з країнами Європейського союзу необхідно максимально швидко долучитись до Транс'європейської залізничної мережі;

- необхідно налагоджувати контакт з європейськими компаніями, що мають досвід реалізації системи ERTMS на залізницях Європи, проводити попередні домовленості про реалізацію системи ERTMS на залізницях України;

- передусім на залізницях України необхідно впровадження системи ERTMS на відрізу (або ділянці) залізниці, а саме Хелм-Київ-Одеса, в межах якої і наведена вище для прикладу ділянка Клесів-Страшів;

- набуває актуальності необхідність перемовин з керівництвом залізниць Польщі (PKP Polska) для побудови системи на ділянці Варшава-Хелм, адже з весни 2021 р. на ділянці Варшава-Гдиня (берег Балтійського моря) вже здана в експлуатацію система ERTMS II рівня (найбільший та найдорожчий проект в історії залізниць Польщі) [10]. Унаслідок такого будівництва виникає можливість з'єднання швидкісною лінією два порти Чорного та Балтійського морів, створення ще одного варіанту «шовкового» шляху товарів із Китаю в Східну Європу та розвиток туризму між країнами.

Висновки

У статті виконано детальний аналіз системи управління та забезпечення безпеки руху поїздів ERTMS/ETCS та її технічних характеристик. Стрімке впровадження цифрових технологій та мікропроцесорних систем на залізничному транспорті передбачає застосування цілої низки прогресивних рішень, що в результаті робить системи складнішими та може впливати на показники надійності. Тому з метою збереження показників надійності та безпеки на заданому рівні та мінімізації впливу людського фактору, у господарстві сигналізації стрімко впроваджуються формальні методи та автоматизовані

системи проектування, діагностики та моніторингу. Розробка єдиної відкритої системи управління, забезпечення безпеки руху поїздів, уніфікованих методів та засобів розробки, тестування й технічного обслуговування дасть змогу забезпечити залізничному транспорту суттєву конкурентну перевагу порівняно з іншими видами транспорту.

Список використаних джерел

1. Самсонкін В. М., Шпортко В. П. Досвід та перспективи впровадження на залізницях України мікропроцесорних систем залізничної автоматики. *Залізничний транспорт України*. 2015. № 2. С. 14–20.
2. Що таке ERTMS / ETCS? – залізничні технології. *RayHaber* / *RailyNews*. URL: <https://uk.rayhaber.com/2014/04/Що-таке-ertmsetcs-залізничних-технологій/> (дата звернення: 03.11.2022).
3. Estevan, A. M. Dependability and safety evaluation of railway signalling systems based on field data. Ph.D. thesis, Lulea University of Technology (2015). URL: <http://tu.diva-portal.org/smash/get/diva2:991713/FULLTEXT01.pdf>
4. Xie Y. Formal Modeling and Verification of Train Control Systems. Thesis, 2019. URL: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02507447/document>.
5. Бунтов І. Ю. Пріоритет використання альтернативних джерел енергії при реалізації енергетичної і транспортної політики ЄС в рамках стратегії Європа 2020. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. Сер. «Екон. науки». 2014. Вип. 9-1. Ч. 3. С. 18–22.
6. Blacha J. Charakterystyka systemu zarządzania ruchem kolejowym ERTMS. *Науково-технічний збірник «Вісник Національного транспортного університету*. 2016. Вип. 2 (35). Р. 28–32. URL: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/35_2016/028-032.pdf
7. Круглик С. Ю. Розроблення проекту системи ERTMS/ETCS на ділянці Клесів-Страшів Львівської залізниці: дипломний проект. Харків: УкрДУЗТ, 2016. С. 58-68.
8. Автоматизоване проектування складних систем у комп'ютерній системотехніці : навч. посіб. / С. Леонов та ін. Харків : ПП «Нове слово», 2012. 287 с.
9. Інструкція з сигналізації на залізницях України. Київ: Транспорт України, 2008.
10. Sprawozdanie specjalne nr 13/2017 â jednolity europejski system zarządzania ruchem kolejowym. Home-Publications Office of the EU. URL: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/ertms-rail-13-2017/pl/> (date of access: 03.11.2022).

Valerii Samsonkin, Oksana Yurchenko, Serhii Kruhlyk. Implementation of the ERTMS/ETCS system in the conditions of railways of Ukraine.

Abstract. At present, railway transport in Ukraine mainly uses interval control and movement train systems, the element base of which is electromagnetic relays of a special design that meet the requirements of traffic safety. These systems have reached their functional perfection and construction principles within the limits of possibilities. Such systems are morally outdated, their design and implementation is not carried out today.

In today's realities, railway transport needs to increase the carrying capacity on lines and railway junctions. Considering the fact that the design of new railway lines or the expansion of stations requires significant financial costs and time, there is great interest in studying modern technologies of railway traffic control and railway traffic management.

The article discussed in detail the necessity, background and levels of the ERTMS/ETCS train management system, as well as the possibility of their application on the railways of Ukraine.

In particular, the work justified the implementation and use of the second level of the ETCS system for the conditions of the main railway transport of Ukraine, depending on the current technical equipment of the stations and the intended purpose. On the basis of the conducted research, a variant of the design of the ERTMS system was proposed under the conditions of JSC "Ukrzaliznytsia" regarding the placement of the ETCS system on the Klesiv-Strashiv section of the Lviv Railway. It should be noted that such a proposal coincides with the opinion of the expert community.

The choice of the experimental section is explained by the place of work of one of the authors and a good knowledge of the features of the section.

Thus, the recommendations presented in the work relate to the technical problems of the transition from traditional railway automation systems to new ones using the example of ERTMS/ETCS, as in the case of designing new lines and modernization of existing lines.

Key words: Traffic control system, microprocessor signaling system, high speed railway traffic, block precinct, auto-lock devices, train safety.

Надійшла 04.11.2022 р.

Самсонкін Валерій Миколайович, д.т.н., професор кафедри «Технологій транспорту та управління процесами перевезень», Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна. E-mail: samsonkin1520mm@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1521-2263>

Юрченко Оксана Григорівна, к.т.н., доцент кафедри «Управління комерційною діяльністю залізниць», Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна. E-mail: detut1@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6834-692X>

Круглик Сергій Юрійович, головний інженер ВСП «Сарненська дистанція сигналізації та зв'язку» Регіональна філія «Львівська залізниця», Сарни, Україна. E-mail: kruglik199350@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9373-3980>

Valerii Samsonkin, doctor of Engineering, professor department «Transport Technologies and Management of Transportation Processes», State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine. E-mail: samsonkin1520mm@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1521-2263>

Oksana Yurchenko, PhD, associate Professor of the department «Management of Commercial Activity of Railways», State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine. E-mail: detut1@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6834-692X>

Serhii Kruhlyk, chief engineer Sarny signaling and communication distance Lviv railway, Sarny, Ukraine. E-mail: kruglik199350@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9373-3980>