

WYKORZYSTANIE SYMULATORA SYSTEMU ERTMS DO ENERGOOSZCZĘDNEGO PROWADZENIA POCIĄGU

1. Wstęp

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/57/WE z dnia 17 czerwca 2008 r. w sprawie interoperacyjności systemu kolei we Wspólnocie wskazuje, że działalność komercyjna kolei na całej sieci kolejowej wymaga pełnej kompatybilności infrastruktury i pojazdów, a także skutecznego wzajemnego połączenia systemów informowania i komunikowania różnych zarządców infrastruktury i przedsiębiorstw kolejowych. Od zgodności i wzajemnego połączenia uzależnione są: stopień wydajności, poziom bezpieczeństwa, jakość usług oraz koszty, podobnie jak interoperacyjność systemu kolei. Parametry takie zapewniają przyjęte do wdrożenia w życie Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności (TSI). Zatwierdzone TSI Decyzją Komisji z dnia 22 lipca 2009 r. zmieniającą decyzję 2006/679/WE w odniesieniu do wdrażania technicznej specyfikacji dla interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu sterowania ruchem kolejowym transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnych wprowadza wymóg, aby nowe lokomotywy, nowe wagony i inne nowe samobieżne pojazdy kolejowe posiadające kabinę kierowcy, zamówione po dniu 1.01.2012 r. lub wprowadzone do eksploatacji po dniu 1.01.2015 r., były wyposażone w ERTMS. Od postanowień tych możliwe są odstępstwa, ale czy zastosowanie ich będzie korzystne, zależy to tylko i wyłącznie od zamawiającego.

Kolejną konsekwencją akceptacji stosowania TSI jest przyjęcie Dyrektywy 2007/59/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie przyznawania uprawnień maszynistom prowadzącym lokomotywy i pociągi w obrębie systemu kolejowego Wspólnoty.

Przedstawione powyżej wymagania dotyczące konieczności zabudowy na pojazdach nowych rozwiązań technicznych dotyczących urządzeń sterowania czy też wymóg posiadania przez maszynistów odpowiednich uprawnień, wymusza stosowanie na kolei nowych rozwiązań informatycznych, które przenoszą realne sytuacje z życia do wirtualnych symulacji.

Słowo symulacja w słowniku języka polskiego oznacza, że: jest to przybliżone odtwarzanie

zjawiska lub zachowania danego obiektu za pomocą jego modelu. Szczególnym rodzajem modelu jest model matematyczny, często zapisany w postaci programu komputerowego, jednak czasem niezbędne jest wykorzystanie modelu fizycznego w zmniejszonej skali np. do badań aerodynamicznych. Symulacja znajduje szerokie zastosowanie w każdej dziedzinie nauki i techniki.

2. Rozwiązania techniczne i sposób eksploatacji w energooszczędności prowadzenia pociągu

Wielkość zużycia energii elektrycznej w transporcie kolejowym jest funkcją wielu zmiennych i zdeterminowana jest jakością stosowanych rozwiązań technicznych i organizacyjnych, które przekładają się na określone koszty inwestycyjne (konstrukcja taboru) i eksploatacyjne.

Problem racjonalizacji zużycia energii w zelektryfikowanym transporcie kolejowym ma charakter wielowymiarowy i obejmuje nie tylko czynniki kształtujące poziom zużycia energii na cele trakcyjne, lecz także dobór środków technicznych zapewniających efektywne, energooszczędne konstrukcje pojazdów z uwzględnieniem uzasadnionych finansowo wielkości nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacyjnych, taboru, organizacji ruchu i przewozów.

Racjonalizacja zużycia energii nie zawsze jest tożsama, choć jest to niejednokrotnie tak pojmowane, z minimalizacją zużycia energii, gdyż istnieje szereg uwarunkowań uzasadnionych ofertą przewozową i 'a priori' zakładających wzrost zużycia energii. Dotyczy to szczególnie wzrostu prędkości jazdy i podwyższenia komfortu podróży w kwalifikowanych przewozach pasażerskich, a także zmniejszenia mas brutto i podwyższenia prędkości w wybranych kategoriach przewozów towarowych.

Działania mające na celu racjonalizację zużycia energii w zelektryfikowanym transporcie kolejowym zawierają się w obszarze problemów obejmujących działania doraźne i perspektywiczne natury organizacyjnej, finansowej i z uwzględnieniem zewnętrznych uwarunkowań ekonomiczno-gospodarczych.

Należy wyróżnić zapisy TSI, które wskazują obszary podlegające analizie racjonalizacji zużycia energii obejmujące:

- * analizę eksploatacji linii dla celów bieżącej lub doraźnej oceny wskaźników energochłonności,
- * analizę przedsięwzięć modernizacyjnych i inwestycyjnych z uwzględnieniem aspektu racjonalizacji zużycia energii.

Działania te można podzielić na zakresy:

- * organizacji i prowadzenia ruchu,
- * wdrażania nowych rozwiązań technicznych.

W rozważaniach na temat energii i jej zużycia stosuje się najczęściej wskaźnik jednostkowego zużycia energii, liczonego w watogodzinach potrzebnych na przewiezienie określonej masy pojazdu na zadanej trasie (Wh/btkm) lub pasażerów (Wh/tyspaskm). Wartość jednostkowego zużycia energii umożliwia porównanie podobnych pojazdów z punktu widzenia energetycznego, służy do analizy czynników wpływających na wielkość jego zużycia, czy do obliczeń układu zasilania.

Czynniki wpływające na zużycie energii przez pojazdy trakcyjne to technika konstrukcji pojazdu (rodzaj materiału wykorzystanego w produkcji wpływający na masę pojazdu, aerodynamika, rodzaj stosowanego napędu) i wyposażenia infrastruktury (smarowanie obrzeży kół i szyn na łukach, odpowiednie profilowanie tras) oraz poziomu napięcia w sieci trakcyjnej) czy technologii ruchu (rozkład jazdy, ograniczenia i zakłócenia ruchu, dobór pojazdu trakcyjnego, profil trasy oraz warunki klimatyczne).

Zestawiając różne konfiguracje wymienionych powyżej czynników możemy analizować możliwości optymalizacji zużycia energii przenosząc te zagadnienia do programów szkoleniowych i symulatorów jazdy energooszczędnej.

Jednym z takich symulatorów wykorzystywanym do nauki energooszczędnego prowadzenia pociągu może zostać symulator systemu ERTMS.

3. Narzędzia symulacyjne ETCS

Popularnie stosowane w przemyśle kolejowym narzędzia symulacyjne, mogą służyć rozmaitym celom w przeróżnych obszarach, tj.: marketingu i demonstracji, zastosowaniach przy prowadzeniu badań i analiz, testowaniu systemu oraz szkoleniu maszynistów i obsługujących urządzenia sterowania ruchem.

3.1. Marketing i demonstracja

Symulacja to metoda, umożliwiająca w prosty i zrozumiały sposób zademonstrowanie cech i korzyści określonego systemu. Może być również skutecznym

elementem dla początkujących użytkowników, ponieważ umożliwia zrozumienie pracy systemu. Pierwszy symulator dla systemu ETCS został dostarczony w ramach projektu ETCS A200. Jednym z pierwszych celów, było wykorzystanie go, jako narzędzia marketingowego, promującego ETCS wśród kolei europejskich. Przemysł wykorzystuje symulatory na stanowiskach wystawowych (salonach) albo w ramach organizowanych wystaw bądź targów. Jednym z typowych miejsc dla branży kolejowej są np. targi Innotrans, gdzie takie systemy są powszechnie obecne. Są to elementy przyciągające ludzi z branży do odwiedzenia konkretnego stoiska i zainteresowania się prezentowanymi rozwiązaniami.

3.2. Zastosowanie do badań i analiz

Narzędzia symulacyjne mogą skutecznie wspierać analizowanie rozważanych zagadnień z punktu widzenia pociągu – głównie maszynisty – jak również z punktu widzenia strony przytorowej. Symulatory operacyjne wykorzystuje się do badań wpływu czynników ludzkich i nowych funkcji na zachowania maszynistów. Przykładem mogą być krzywe nadzoru, które jako nowy algorytm dla ETCS zostały przetestowane na symulatorze z pomocą maszynistów. Kolejny przykład to nowy tryb Limited Supervision (ograniczony nadzór), który jest już prezentowany maszynistom, mimo, że produkt nie został jeszcze wprowadzony do eksploatacji. Symulatory ruchu urządzeń przytorowych w dalszym ciągu mogą być wykorzystywane do przeprowadzania analiz nad istniejącymi albo przyszłymi konfiguracjami dotyczącymi szlaków. Analizy te obejmują przepustowość linii, wykrywanie/rozwiązywanie konfliktów, ulepszanie parametrów pociągu i zarządzanie ruchem.

3.3. Testy i weryfikacja systemu

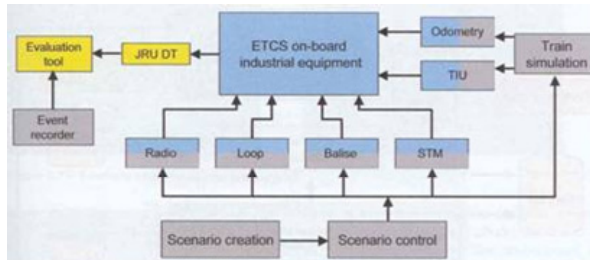
Produkty ETCS są używane do przeprowadzania badań elementów, w celu weryfikacji i walidacji określonych produktów. Dodatkowo, laboratoria tworzą własne narzędzia, do przeprowadzania procesu walidacji autonomicznymi trybami produktów, które zostały dostarczone przez przemysł.

W Europie pierwsze z trzech niezależnych laboratoriów, które powołano to CEDEX ma siedzibę w Madrycie. Celem tych laboratoriów jest przetestowanie jednostki pokładowej (OBU), centrum sterowania radiowego (RBC) oraz przeprowadzenie testów w ramach interoperacyjności.

3.3.1. Testy robocze dla OBU/EVC/DMI

Testy urządzeń EVC są wykorzystywane w celu kreowania i uruchamiania prób według określonych

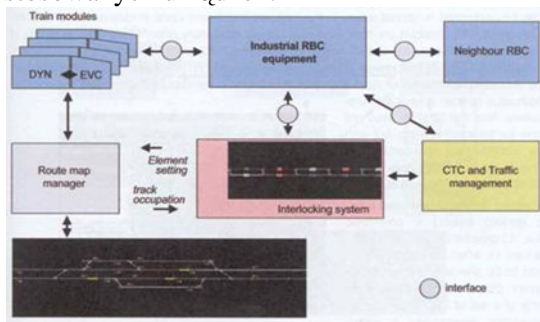
scenariuszy oraz analizowania skutków z przeprowadzonych badań. Różne interfejsy OBU tj.: odometru, pociągu, balis albo radia są stymulowane w czasie rzeczywistym, Jednostka pokładowa OBU uwiarytelnia, że urządzenia te są zainstalowane w prowadzonym pociągu.



Rys. 1. Testy robocze EVC

3.3.2. Testy robocze dla RBC czy kombinacji nastawnica/RBC

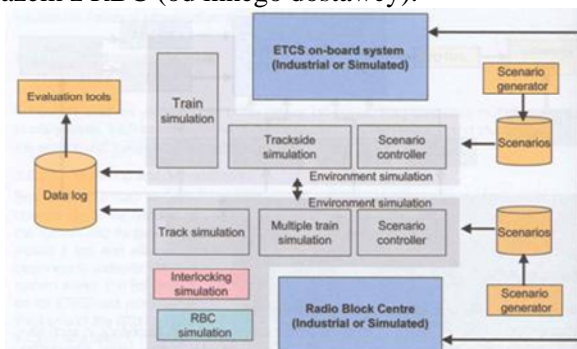
Również RBC lub kombinacja RBC/nastawnica mogą być poddane testom laboratoryjnym. Przy takich uwarunkowaniach testy środowiskowe wykonuje się za pomocą większej ilości pociągów, nastawnic, sąsiednich RBC i centrum kierowania ruchem (CTC). Większość interfejsów nie jest standardowa, dlatego istnieje potrzeba zbudowania dostosowanych urządzeń.



Rys. 2. Test roboczy RBC

3.3.3. Testy robocze dla interoperacyjności

Testy robocze dotyczące EVC oraz RBC można połączyć, w celu stworzenia integracyjnych testów roboczych interoperacyjności, w których EVC (od jednego dostawcy) może zostać przetestowany razem z RBC (od innego dostawcy).



Rys. 3. Test roboczy interoperacyjności

3.4. Testowanie

Treningi dla ostatecznych użytkowników systemu przeważnie dla maszynistów i pracowników obsługujących urządzenia sygnalizacyjne są bardzo ważnym elementem doskonalenia zawodowego i można je wykonywać w kilku etapach. Dawniej tego typu usługi przeprowadzane były klasycznymi metodami (wykłady teoretyczne), które były uzupełniane (w przypadku, jego dostępności wewnątrz kolei) o sesje na symulatorze pociągu przystosowanym do potrzeb maszynistów. W obecnych czasach używanie narzędzi symulacji i ich metod staje się bez wątpienia powszechne, w tym celu wykorzystuje się elektroniczną formę nauki (e-nauka), która umożliwia szkolenie maszynistów i obsługujących urządzenia sterowania ruchem w ogólnych tematach dotyczących systemu ERTMS. Dostęp do programu można uzyskać również przez internet lub program jest odczytywany z CD-ROM. Komputerowa baza treningowa (CBT) jest kolejnym sposobem, który jest wykorzystywany, podczas kursów dla maszynistów i obsługujących urządzenia sygnalizacyjne. Sposób ten może być wykorzystywany zarówno do początkowych treningów, jak również jest pomocny w utrzymywaniu zdobytej wiedzy, gdyż kursanci otrzymują CD-ROM, z programem szkoleniowym, który mogą uruchomić w domu.

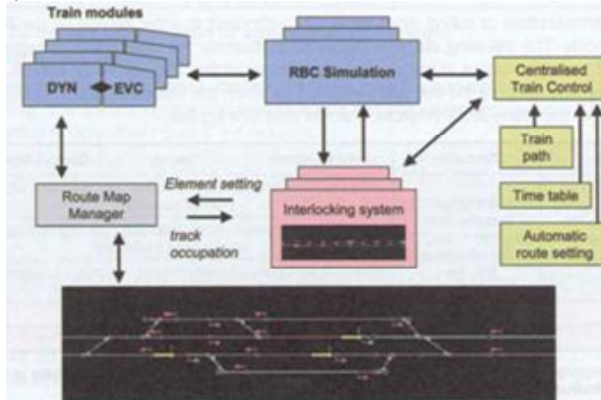
Przenośne symulatory wykorzystuje się do wykonywania treningu ogólnego (tj. gdy nie ma określonych specyficznych wymagań na pulpit maszynisty) albo w sytuacji, gdy istnieje konieczność używania systemu w różnych miejscach. Symulatory takie składają się zazwyczaj z kompletu komputerów PC, na których powielane jest jedynie środowisko symulacji. Poniżej zaprezentowano przykład systemu bazującego na dwóch komputerach PC – jednym, który wyświetla uproszczoną kabinę maszynisty i DMI; drugim, który wyświetla widok szlaku.



Rys. 4. Przykład przenośnego systemu treningowego

Bardziej wszechstronnym systemem treningu jest wykorzystywanie stanowisk składających się ze statycznych symulatorów z kabiną maszynisty oraz systemem wizualizacji bazującym na

technologii 3D. Środowisko jest bardzo podobne do realnie panujących warunków, poza brakiem ruchów kabiny odzwierciedlających przyspieszenie pociągu. Mechanizm ruchowy kabiny jest parametrem, który można znaleźć w pełnych symulatorach ruchu.



Rys. 5. Symulator ruchu ERTMS/ETCS

Symulator ruchu może być wykorzystywany do szkolenia ludzi obsługujących urządzenia sterowania ruchem dedykowanych do systemu ETCS. Do tego celu pociągi są „wprowadzane” do wnętrza symulowanego szlaku, mogą być obsługiwane w sposób automatyczny lub sterowane ręcznie. Aplikacja ta jest symultanicznym treningiem osoby odpowiedzialnej za obsługę urządzeń sterowania ruchem jak i jednego lub większej ilości maszynistów. Takie układy można wykorzystywać do weryfikacji i walidacji zasad operacyjnych i procedur, w celu zabezpieczenia przed wystąpieniem sytuacji niebezpiecznych a także zapewnienia dobrej jakości usługi.

3.5. Inne aplikacje

Oczywiście istnieje wiele innych obszarów, w których można wykorzystywać symulatory. Poniżej przedstawiono przykłady ich wykorzystywania:

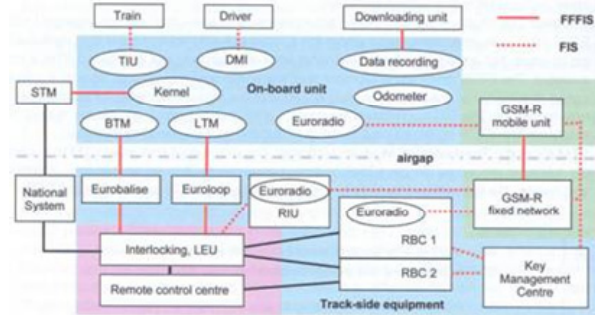
↳ Weryfikacja konfiguracji przytorowej – symulatory składające się z OBU i dynamika pociągu mogą być bardzo przydatne, w celu weryfikacji konfiguracji szlaku (tj. przesyłanie wiadomości przez balisy).

↳ Utrzymania i dochodzeń prawnych – pliki JRU mogą być odczytywane i wprowadzane w symulator, w celu odtworzenia środowiska, w którym zauważono uszkodzenie. W środowisku laboratoryjnym możliwe jest również odtworzenie prawdziwych sytuacji, które powstały podczas jazdy pociągu.

4. Architektura systemu ETCS

Rozdział SRS *Podstawowy opis systemu* przedstawia tak zwane jądro ETCS z jego interfejsami powiązanych wobec systemów

sygnalizacyjnych w urządzeniach przytorowych oraz przy pokładowym wyposażeniu pociągu.



Rys. 6. Funkcjonalna struktura ETCS sąsiadująca z sygnalizacją i podsystemem GSM-R

Jądro składa się z wyposażenia pokładowego wraz z elementami: interfejsu jednostki pokładowej (TIU), monitora zobrazowania maszynisty (DMI), rejestratora danych, jądra systemu, odometru, modułu transmisji balis (BTM), modułu transmisji pętli (LTM), interfejsu euroradia, jednostki radiotelefonu GSM-R jak również wyposażenia przytorowego z elementami eurobalisy, europętli, interfejsu euroradia, stałej sieci GSM-R, nastawnic, koderów (LEU), urządzeń sterowania ruchem kolejowym, centrum sterowania radiowego, centrum zarządzania kluczami.

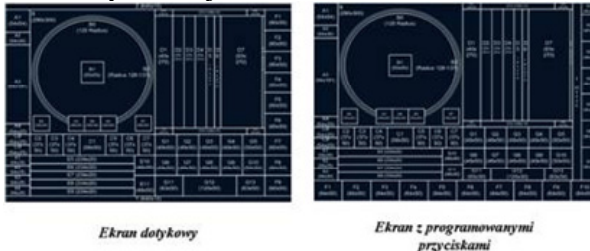
4.1. Monitor zobrazowania maszynisty DMI

Projektowanie i rozwój DMI jest otwartym zagadnieniem dla rozwiązań proponowanych przez przemysł jak i do prezentowanych filozofii projektowania, które zostały zaadoptowane przez przemysł. Jedną z filozofii uważa DMI za instrument, który ma być zdolnym, aby w sposób animowany przedstawiać na wysokim poziomie informacje dostarczane przez interfejs DMI – komputer pokładowy (EVC). DMI analizuje strumień informacji i decyduje, gdzie pokazać informację, jaki kolor ma zostać zastosowany, czy użyć dźwięku, itp. W innej filozofii, DMI jest rozważony, tylko jako terminal, który pokazuje informacje w miejscu, w którym dostał taki rozkaz. Ta opcja ma zredukowany poziom inteligencji.



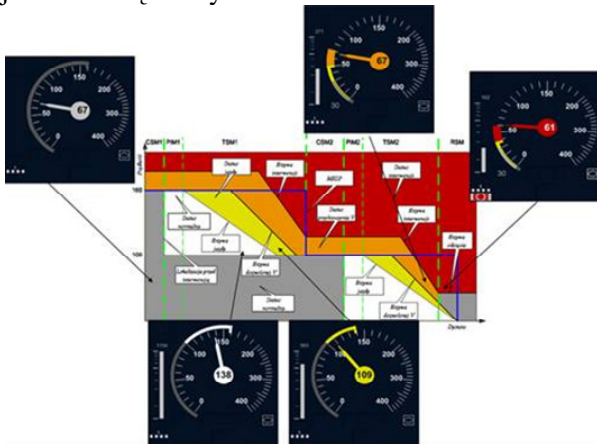
Rys. 7. Przykładowe DMI z ekranem dotykowym lub programowanymi przyciskami

DMI istnieje w dwóch wersjach (rys. 8.): z ekranem dotykowym albo programowanymi przyciskami. Poszczególne firmy kolejowe wybierają do zastosowania jedno albo drugie rozwiązanie techniczne, które wynika z dotychczasowej tradycji lub rozwiązań stosowanych w tej dziedzinie.



Rys. 8. Rozmieszczenie pól informacyjnych na monitorze DMI z ekranem dotykowym lub programowanymi przyciskami

W przeszłości, z powodu braku w pełni zharmonizowanych specyfikacji DMI, które doprowadziły do różnego podejścia projektowania ogólnych produktów DMI, które miały także nieznacznie różniące się funkcje. Oznaczało to określone komplikacje do zastosowania elementów DMI do budowy efektywnego zunifikowanego symulatora wykorzystywanego do szkolenia maszynistów. W celu ułatwienia osiągnięcia interoperacyjności operacyjnej bardzo ważne jest zharmonizowanie i wprowadzenie specyfikacji jako obowiązkowych.



Rys. 9. Sposób prezentacji informacji na monitorze DMI w zależności od statusu ważności komunikatu

5. Wnioski

Wykorzystywany w kolejnictwie symulator ETCS jest idealnym narzędziem do następujących celów:

- ↳ poznania systemu;
- ↳ demonstracji możliwości systemu;

Prof. V. I. Gavrilyuk, D. Sc. (Tech.) recommended this article to be published.

The consumption of electricity of rail transport is a function of many variables and can be provided by the quality of technical and organizational solutions that translate into specific investment costs (construction of rolling stock) and performance. The problem of energy efficiency in electrified transport is multidimensional and includes not only the factors affecting the level of energy consumption for the purpose of traction, but also the

- ↳ badań (analiz sytuacji operacyjnych, propozycji dla wdrożeń);
- ↳ testowania;
- ↳ walidacji (m.in. DMI);
- ↳ szkolenia kadr (treningu).

LITERATURA

1. *European Train Control and Protection System Report from the High-Level Working party on High-Speed network/Train Control and Protection Study Group*. European Commission, Directorate-General for Transport, Doc. VII/301/90-EN 1, December 1990
2. *ETCS European Train Control System – Project Declaration*. UIC/ERRI A200, Utrecht, January 1992
3. *ETCS – The new standard train control system for the European railways*. UIC/ERRI A200, August 1993
4. *ERTMS/ETCS Functional Requirements Specification FRS*. European Railway Agency, ERA/ERTMS/003204, June 2007
5. Hürlimann G. *Die Eisenbahn der Zukunft – Automatisierung, Schnellverkehr und Modernisierung bei den SBB 1955 bis 2005 (Railway of the future – automation, high-speed train service and modernisation at SBB)*. Chronos Verlag, 2007
6. *Master Plan for Development and Pilot-Installations of the European Rail Traffic Management System*. European Commission, Directorate-General for Transport VII-E3 Research & development, 7 May 1996
7. Rookmaaker P., Verheef L.W.M., Vorderegger J.R. *ETCS MMI – The Man Machine Interface of the European Train Control System*. ERRI, Utrecht, February 1996
8. Szelağ A. *Rola rozwiązań technicznych pojazdów i sposobu ich eksploatacji w ograniczaniu zużycia energii przez pojazdy kolejowe*. Seminarium „Techniczne, prawne i finansowe aspekty zakupów i modernizacji taboru kolejowego”, Warszawa, 22-23 marzec 2007
9. Tamarit J., Winter P. *Trials for Demonstration of Interoperability of ETCS components*. Signal+Draft 9/2000, str. 41-49
10. Thies H., Wik A. *SBB's FFS Pilot Project – The first application of ERTMS/ETCS level 2 Worldwide*. Signal+Draft 9/2000, str. 50-56
11. Winter P. *Implementation strategy for the standard European Train Control System (ETCS) illustrated by the example of the Swiss Federal Railways (SBB)*. Rail International, June/July 1993
12. *Workshop ERTMS/ETCS*. UIC ERTMS Training Programme 2009, Prague, September 2009
13. *Workshop ERTMS Simulator*. UIC ERTMS Training Programme 2010, Paris, June 2010

selection of technical measures to ensure effective, energy-efficient construction vehicles including financially justified investment outlays and operating costs, traffic organization and transportation.

Comparing the different configurations of the above factors, we can analyze the possibility to optimize energy consumption by moving the issues of training programs and energy-efficient driving simulators.

According to the authors simulators can be used to study energy-efficient train driving cases. In this article it's presented the possibilities of ETCS and DMI for studying the energy effective solutions for railways. Design and development of the DMI is an open issue for the solutions proposed by industry and the presented design philosophy that has been adapted by passing industry. DMI analyzes the flow of information and decide which information to show, which color is to be applied, when is necessary to use a sound. ETCS simulator is an ideal tool for the following purposes - knowledge of the system; demonstration of the system; tests (analyzes of operational proposals for implementation); validation; training.

Keywords: ETCS, DMI, tests, simulations.

УДК 621.331.3

А. БЯЛОНЬ, П. ГРАДОВСЬКИЙ, М. ГРИГЛАС (ІНСТИТУТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ)

Інститут залізничного транспорту, вул. Хлопцького 50, 04-275 Варшава, Польща, тел.: +48224731453, факс: +48224731036, ел. пошта: abialon@ikolej.pl, pgradowski@ikolej.pl, mgryglas@ikolej.pl

ЗАСТОСУВАННЯ СИМУЛЯТОРА СИСТЕМИ ERTMS ДО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ВЕДЕННЯ ПОЇЗДУ

Споживання електроенергії на залізничному транспорті є функцією багатьох змінних і може бути визначене різним поєднанням технічних і організаційних рішень, які трансформуються в конкретні інвестиційні витрати (проекування рухомого складу) і продуктивність. Проблема енергоефективності електрифікованого транспорту є багатовимірною і включає в себе не тільки фактори, що впливають на рівень споживання енергії для тяги, але і вибір технічних заходів по забезпеченню ефективної, енергозберігаючої техніки тому числі і економічно виправданих інвестицій і експлуатаційних витрат, організації руху.

Порівнюючи різні конфігурації з вищеперелічених чинників, ми можемо проаналізувати можливість оптимізувати споживання енергії на тягу поїздів, що може бути базою для підготовки програм енергозбереження і тренажерів водіння.

На думку авторів тренажери можуть бути використані для вивчення енергоефективних методів водіння поїздів. У цій статті представлені можливості ETCS і DMI для вивчення енергозберігаючих заходів для залізниць. Проекування і розробка DMI має відкрити архітектуру, пропонується промисловістю і має філософію дизайну, яка була адаптована в промисловості. DMI аналізує потік інформації і вирішує, який колір повинен бути застосований для виводу на дисплей, коли необхідно використовувати звук. ETCS симулятор є ідеальним інструментом для наступних цілей - вивчення системи, демонстрація системи, тести (аналізи оперативні ситуацій), перевірка, навчання.

Ключові слова: ETCS, DMI, тести, моделювання.

Статтю рекомендовано до друку д.ф.-м.н., професором *В. І. Гаврилюком*

УДК 621.331.3

А. БЯЛОНЬ, П. ГРАДОВСКИЙ, М. ГРЫГЛАС (ИНСТИТУТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА)

Інститут залізничного транспорту, вул. Хлопцького 50, 04-275 Варшава, Польща, тел. +48224731453, факс: +48224731036, ел. пошта: abialon@ikolej.pl, pgradowski@ikolej.pl, mgryglas@ikolej.pl

ПРИМЕНЕНИЕ СИМУЛЯТОРА СИСТЕМЫ ERTMS ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ВЕДЕНИЯ ПОЕЗДА

Потребление электроэнергии на железнодорожном транспорте является функцией многих переменных и может быть определено различным сочетанием технических и организационных решений, которые трансформируются в конкретные инвестиционные затраты (проектирование подвижного состава) и производительность. Проблема энергоэффективности электрифицированного транспорта является многомерной и включает в себя не только факторы, влияющие на уровень потребления энергии для тяги, но и выбор технических мер по обеспечению эффективной, энергосберегающей техники том числе и экономически оправданных инвестиций и эксплуатационных расходов, организации движения.

Сравнивая различные конфигурации из вышперечисленных факторов, мы можем проанализировать возможность оптимизировать потребление энергии на тягу поездов, что может быть базой для подготовки программ энергосбережения и тренажеров вождения.

По мнению авторов тренажеры могут быть использованы для изучения энергоэффективных методов вождения поездов. В этой статье представлены возможности ETCS и DMI для изучения энергосберегающих мероприятий для железных дорог. Проектирование и разработка DMI является имеет открытую архитектуру, предлагается промышленностью и имеет философию дизайнера, которая была адаптирована в промышленности. DMI анализирует поток информации и решает, какой цвет должен быть применен для вывода на дисплей, когда необходимо использовать звук. ETCS симулятор является идеальным инструментом для следующих целей - изучение системы, демонстрация системы, тесты (анализы оперативные ситуации), проверка, обучение.

Ключевые слова: ETCS, DMI, тесты, моделирование.

Статтю рекомендовано к печати д.ф.-м.н., професором *В. І. Гаврилюком*