

Nowe systemy w zarządzaniu ruchem kolejowym w Polsce

New systems in management of railway traffic in Poland



Janusz Dyduch

Prof. dr hab. inż.

*Zakład Systemów Sterowania
w Transporcie
Uniwersytet Technologiczno-
Humanistyczny w Radomiu*



Mieczysław Kornaszewski

Prof. nadzw.dr hab. inż.

*Zakład Systemów Sterowania
w Transporcie
Uniwersytet Technologiczno-
Humanistyczny w Radomiu*

Streszczenie: Wdrażanie nowych rozwiązań informatycznych oraz techniki mikroprocesorowej, mikrokomputerów i sterowników programowalnych PLC do zarządzania ruchem pociągów przyczyniło się do powstania nowych systemów sterowania ruchem kolejowym, które zapewniają wysoką niezawodność, mały pobór mocy, stabilność pracy i bezpieczeństwo przemieszczania się pociągów. Również bardzo ważną kwestią dla zarządów kolejowych państw europejskich jest ujednoczenie systemów transportu kolejowego, a w szczególności unifikacja systemów sygnalizacyjnych i sterowania ruchem kolejowym. Dobrym rozwiązaniem jest jak najszybsze wdrożenie Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym (ERTMS), który łączy w sobie system bezpiecznego prowadzenia pociągów ETCS i system cyfrowej łączności komórkowej GSM R przeznaczony dla kolejnictwa.

Słowa kluczowe: Zarządzanie ruchem; Ruch kolejowy

Abstract: The new computer's solutions and microprocessor technology, microcomputers and the programmable controllers (PLC) for management of train traffic, which are implemented, contribute to the creation of modern rail traffic control systems. These systems provide high reliability, low power consumption, stability and safety of the trains' movement. One of the most important things for the boards of railway European countries is unification the systems of rail transport, in particular unification the signaling systems and control of the rail traffic. A good solution is as soon as possible implementation the European Rail Traffic Management System (ERTMS), which connect the system of safe operation of trains ETCS and the digital Global System for Mobile Communications – Railways GSM-R.

Keywords: Management of railway; Railway traffic

Od początku istnienia kolei stosowano urządzenia pozwalające bezpiecznie prowadzić ruch po torach. Z każdym dniem następował rozwój tych urządzeń, rosły stawiane im wymagania, rosły potrzeby i oczekiwania użytkowników, natomiast bez zmian pozostawały podstawowe cele stosowania tych urządzeń, tzn. bezpieczeństwo i sprawność ruchu kolejowego. Właśnie dlatego niezbędne są urządzenia sterowania ruchem kolejowym (srk).

Wdrożenie w Polsce Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym (ERTMS) pozwoli spełnić wymagania prawa krajowego i europejskiego odnośnie interoperacyjności transportu kolejowego oraz zwiększy komfort i bezpieczeństwo podróżowania. Idea jednolitego europejskiego systemu sterowania ruchem pociągów narodziła się na początku lat 90-tych. Na bazie dyrektyw 96/48/WE, 2001/16/WE i późniejszych, m.in. skonsolidowanej dyrektywy 2008/57/WE kolejki krajów członkowskich Unii Europejskiej nakładają na siebie obowiązek zapewnienia interoperacyjności kolei. Dotyczy to głównie

nowobudowanych oraz modernizowanych linii kolejowych konwencjonalnych oraz linii dużych prędkości, wchodzących w skład transeuropejskiej sieci kolejowej, poprzez wdrożenie do eksploatacji systemu ERTMS. Poza różnicami technicznymi systemów kolejowych użytkowanych w poszczególnych państwach europejskich nie mniej istotne jest zróżnicowanie kolei europejskich w zakresie organizacyjnym przejawiające się np. różnymi przepisami ruchowymi [9]. W przypadku urządzeń sterowania ruchem kolejowym, ze względu na bezpieczeństwo, bardzo istotne jest dostarczanie maszyniście informacji dotyczących sposobu prowadzenia pociągu. Może ono odbywać się punktowo, tzn. w ograniczonym czasie przy przejeździe pociągu nad odpowiednimi urządzeniami zainstalowanymi w torze, bądź w sposób ciągły - przy nieprzerwanej łączności pociągu z urządzeniami stałymi. Oprócz starych, technicznie nieskomplikowanych systemów punkowego oddziaływania na pociąg, stosowane są dzisiaj systemy automatycznej kontroli jazdy pociągu oraz

systemy transmisji informacji o dużej przepływności binarnej i małym prawdopodobieństwie błędnej decyzji. Istnieje również dostęp do systemów precyzyjnej lokalizacji obiektów stacjonarnych i ruchomych, poprzez odbiór i przetwarzanie sygnałów wysyłanych przez systemy satelitarne.

Systemy wspomaganie prowadzenia pociągu

Urządzenia sterowania ruchem kolejowym wraz z rozwojem kolejnictwa doskonaliły swoje rozwiązania techniczne w miarę rosnących potrzeb, wymagań i oczekiwań. Przez kolejne lata systemy srk przechodziły stopniową ewolucję od urządzeń mechanicznych, przez elektromechaniczne, przekaźnikowe, aż do hybrydowych i komputerowych [7].

Najnowsza generacja urządzeń sterowania ruchem kolejowym to systemy komputerowe, które łączą w sobie nowoczesność, niezawodność oraz zapewniają bardzo wysoki poziom bezpieczeństwa ruchu. Jako przykład może posłużyć roz-

wój zwrotnic kolejowych stosowanych w systemach nastawczych srk. Wg PKP PLK w chwili obecnej 6% zwrotnic stanowią urządzenia sterowane komputerowo, natomiast kolejne 2% to urządzenia przekąźnikowo-komputerowe (hybrydowe). Większość urządzeń srk to technologie przekąźnikowe (43%) i mechaniczne (42%), w tym mechaniczne scentralizowane (32%) i mechaniczne kluczowe (10%) oraz elektryczne suwakowe (7%) – rys. 1 [11].

Pociąg jest prowadzony przez maszynistę, który w oparciu o wskazania semaforów przytorowych, rozkład jazdy i parametry pojazdu odpowiednio dobiera prędkość pojazdu tak, aby jazda odbywała się bezpiecznie i zgodnie z rozkładem jazdy oraz obowiązującymi przepisami. Jednak z uwagi na zawodność człowieka (powyżej prędkości 160 km/godz. niepewna jest percepcja oka ludzkiego), maszynista musi być wspomagany w swoich czynnościach przez odpowiednie urządzenia srk. Wśród urządzeń pełnej automatyzacji prowadzenia pociągu wyróżnia się dwie zasadnicze grupy systemów srk, tj. klasy ATC oraz ATP.

System Automatycznego Prowadzenia Pociągu ATC (*Automatic Train Control*) jest przeznaczony do ciągłej kontroli prędkości pociągu i podjęcia ingerencji w jego jazdę przez automatyczne ograniczanie prędkości w przypadku przekroczenia jej ograniczeń, na podstawie parametrów taboru, toru czy samej sytuacji ruchowej. Urządzenia ATC umożliwiają sygnalizowanie w kabinie maszynisty prędkości docelowej i uzupełniają lub zastępują sygnalizatory przytorowe.

System Automatycznego Zabezpieczenia Pociągu ATP (*Automatic Train Protection*) stanowi uzupełnienie sygnalizacji torowej i kontroluje, czy maszynista prawidłowo reaguje na sygnały podawane na sygnalizatorach torowych. W normalnym przypadku, tzn. gdy maszynista postępuje właściwie, nie wywołuje ono żadnych reakcji. Przy błędnych działaniach maszynisty uruchomione zostaje hamowanie służbowe lub awaryjne, które powoduje każdorazowo zatrzymanie pociągu (przed miejscem niebezpiecznym) [4, 7].

Metody zapewnienia wysokiego poziomu bezpieczeństwa na przykładzie komputerowych systemów srk

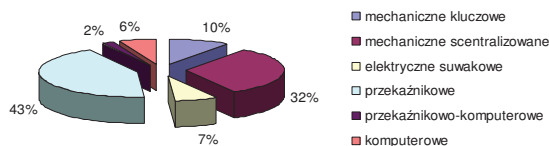
Sprzęt i oprogramowanie stosowane do tworzenia systemów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo muszą odpowiadać wysokim wymaganiom jakościowym i niezawodnościowym. Po wieloletnich pracach komitetu normalizacyjnego CE-NELEC (*European Committee for Electro-technical Standardization*) opracowano i wdrożono algorytmy tworzenia, sprawdzania i oddawania do eksploatacji bezpiecznych aplikacji kolejowych, które ujęto w odpowiednie normy.

Podstawowe metody osiągania wymaganego poziomu bezpieczeństwa nowoczesnych komputerowych systemów sterowania ruchem kolejowym to [6, 7]:

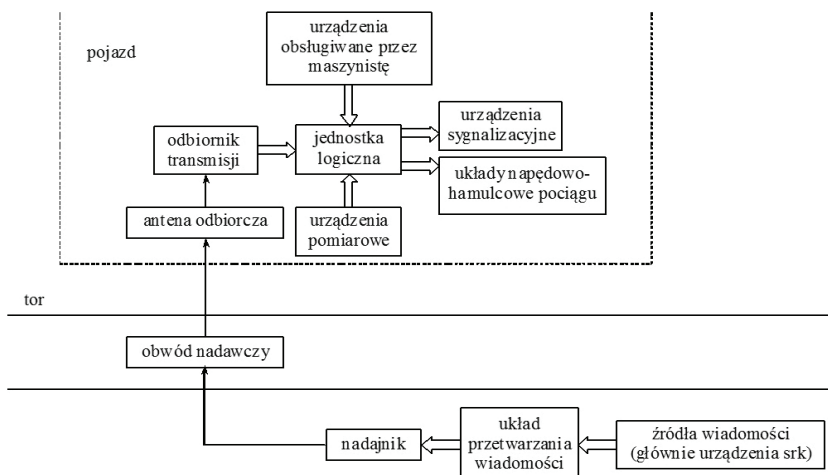
- nadmiarowość sprzętowa – w ukła-

dzie sterowania można wyodrębnić dwa niezależnie działające kanały: układy zasilania, sterowniki, układy we/wy, itd. Urządzenia zainstalowane na danym urządzeniu kolejowym, niezależnie od ich ilości i rodzaju są tak przydzielone do obu kanałów, aby w przypadku niesprawności jednego z kanałów sterowania, drugi kanał zapewniał wystarczającą ochronę przejazdu;

- zróżnicowanie programów sterujących w obu kanałach – programy dla sterowników w kanałach są opracowane przez niezależne zespoły programistów. Najczęściej programy są napisane na poziomie assemblera zastosowanego procesora oraz na poziomie schematów drabinkowych;
- synchronizacja pracy kanałów sterujących – sterowniki PLC obu kanałów są połączone najczęściej interfejsem szeregowym, poprzez który następuje wymiana informacji pomiędzy nimi, w celu określenia zgodności działania warstwy decyzyjnej systemu o włączeniu lub wyłączeniu systemu srk w jednym z kanałów;
- testowanie w czasie rzeczywistym poprawności działania modułów i urządzeń – programy sterujące zawierają dodatkowo procedury testujące poprawność działania układów zasilających, urządzeń we/wy, wybranych modułów, a także procedury i mechanizmy autotestowania układów sterujących;
- testowanie w czasie rzeczywistym programu sterującego – program sterujący, poza procedurami realizującymi poszczególne funkcje systemu, zawiera także procedury sprawdzające poprawne wykonywanie się każdego cyklu programowego oraz procedury sprawdzające poprawność bieżących wartości parametrów systemu srk (np. liczników pociągów).



1. Procentowy rozkład zwrotnic kolejowych stosowanych w systemach nastawczych srk wykonanych w różnych technologiach [11]



2. Schemat poglądowy klasycznego systemu klasy ATC [16]

System ERTMS przykładem nowego podejścia do zarządzania ruchem kolejowym

Unia Europejska dąży do utworzenia jednolitego europejskiego systemu kolejowego, w którym właściciele interoperacyjnej infrastruktury kolejowej wprowadzą do ruchu interoperacyjny tabor różnych przewoźników realizujących przewozy osób i towarów [9].

Wśród najistotniejszych różnic technicznych kolei europejskich należy zwrócić uwagę na trzy podstawowe grupy dotyczące [9]:



3. Nadmiarowość struktury systemu licznika osi SOL-21 (Laboratorium Systemów SRK w UTH Radom) [5]



4. Rozmieszczenie kolejowych systemów sygnalizacyjnych w Europie [9]

- drogi kolejowej (szerokość torów, skrajnia, dopuszczalne naciski na oś),
- systemu zasilania (3kV/ 15kV/ 25kV, prąd zmienny/stały, różne konstrukcje sieci),
- systemu sterowania (różne obrazy sygnałowe, różne systemy kontroli maszynisty – rys. 4).

Równie istotne jest zróżnicowanie kolei europejskich w zakresie organizacyjnym przejawiające się zróżnicowaniem przepisów ruchowych. Obecnie istnieje w Europie równocześnie ponad dwadzieścia różnych systemów rozwiniętych w zakresie krajowej sieci kolejowej. Systemy te są zróżnicowane zarówno pod względem osiągnięć (optymalizacja odległości między pociągami oraz możliwości linii kolejowych), jak i bezpieczeństwa [4].

Rozwiązaniem zunifikowanego systemu transportowego w Europie jest ERTMS (*European Rail Traffic Management System*), który jest bezpiecznym systemem z ciągłą kontrolą jazdy pociągu. Wdrożenie w Polsce systemu ERTMS pozwoli spełnić wymagania prawa krajowego i europejskiego odnośnie interoperacyjności transportu kolejowego oraz zwiększy komfort i bezpieczeństwo podróżowania. Europejski System Sterowania Pociągami (ETCS), jako podsystem ERTMS, zapewni realizację sygnalizacji kabinowej i ciągłą kontrolę pracy maszynisty, natomiast Globalny System Kolejowej Radiokomunikacji Ruchomej GSM R stworzy i polepszy warunki komunikacji głosowej oraz transmisji danych tor – pojazd. System ERTMS to przede wszystkim bezpieczeństwo. Dzięki niemu maszynista na bieżąco otrzymuje informacje m.in. o lokalizacji innych pociągów, dopuszczalnej prędkości, zamknięciu przejazdów, a także o każdej nieprzewidzianej przeszkodzie na trasie. Wszystkie te dane są wyświetlane na ekranie specjalnego monitora w kabinie maszynisty. Dzięki temu możliwa jest natychmiastowa reakcja i dostosowanie prędkości do warunków panujących na trasie [12].

Europejski System Sterowania Pociągami ETCS

Idea funkcjonowania systemu ETCS (European Train Control System) oparta jest na cyfrowej transmisji tor – pojazd. Transmisja może być realizowana poprzez balisy, krótkie, średnie bądź długie pętle, cyfrowy kanał radiowy lub specjalizowane moduły transmisyjne. Dane opisujące tor oraz dane opisujące pojazd służą do obliczania statycznych i dynamicznych profili prędkości. Obliczony profil jest na bieżąco porównywany z aktualną prędkością w funkcji położenia. Konieczna do tego funkcja lokalizacji oparta jest na jednoznacznie rozróżnialnych (poprzez unikalny numer) i precyzyjnie lokalizowanych urządzeniach do transmisji punktowej (balisach lub znacznikach końca pętli) [4].

ETCS to system przeznaczony do sterowania ruchem pociągów. Ponieważ potrzeby sterowania zależą od rodzaju linii kolejowej to specyfikacje przewidują trzy poziomy wdrożenia systemu ETCS, przy czym dla każdego poziomu możliwe jest dodatkowo wyróżnienie różnych konfiguracji sprzętowych.

Poziom 1 opiera się na transmisji poprzez balisy zezwoleń na jazdę wydawanych przez sygnalizatory świetlne. Do sygnalizatora za pośrednictwem kodera dołączana jest przełączalna eurobalisa, która przekazuje zezwolenie na jazdę zależnie od wskazania sygnalizatora do pokładowego urządzenia ETCS, które w oparciu o otrzymane informacje kontroluje, czy maszynista prowadzi pojazd zgodnie ze wskazaniem sygnalizatora. Dlatego do wprowadzenia ETCS na tym poziomie nadają się przede wszystkim odcinki z już istniejącą sygnalizacją stacjonarną [9]. Poziom 2 opiera się na radiowej łączności GSM-R do wydawania zezwoleń na jazdę i konwencjonalnej technice kontroli zajętości torów dla przygotowywania zezwoleń na jazdę w oparciu o istniejące urządzenia srk warstwy podstawowej.

Poziom 3 opiera się na radiowej łączności

ści GSM-R do wydawania zezwoleń na jazdę i zastąpieniu konwencjonalnej techniki kontroli zajętości torów poprzez kombinację kontroli położenia pociągów i kontroli ciągłości składów. Daje to możliwość przygotowywania zezwoleń na jazdę w oparciu o zasadę ruchomego odstępu blokowego.

System Kolejowej Radiokomunikacji Ruchomej GSM-R

System GSM-R (*Global System for Mobile Communications – Railway*) działa w paśmie 900 MHz i odpowiada funkcjonalnie wersji GSM 2+. Poza prowadzeniem rozmów umożliwia także transmisję danych, wywołania grupowe, określanie priorytetów wywołań, adresowanie funkcjonalne (np. numerami pociągów) oraz inne specjalistyczne funkcje przeznaczone dla kolei. GSM-R stanowi kanał, którym przesyłane są zezwolenia na jazdę wydawane przez Radiowe Centrum Sterowania (*RBC – Radio Block Centre*) poszczególnym pociągom znajdującym się na obszarze danego centrum. Ze względu na bezpieczeństwo systemowi GSM-R przydzielono dwa pasma częstotliwości o szerokości 25 MHz każde: 890-915 MHz używane do transmisji przez stację ruchomą do stacji bazowej oraz 935-960 MHz wykorzystywane do transmisji odwrotnej [4, 8].

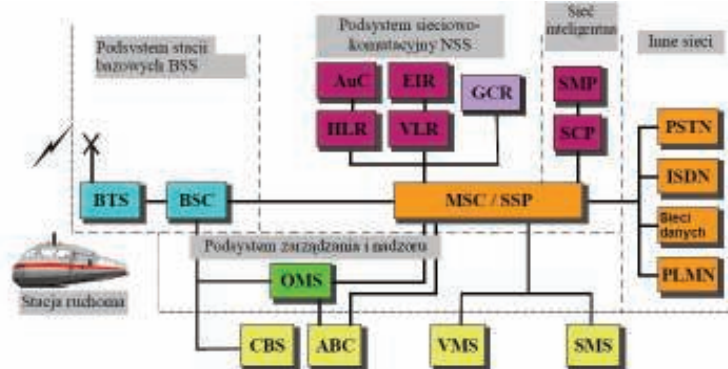
Architektura systemu GSM-R (rys. 7) jest typową siecią komórkową GSM i składa się z Podsystemu Sieciowego-Komutacyjnego (NSS) i Podsystemu Zarządzania i Nadzoru Sieci (OMS) na poziomie głównym oraz z Podsystemu Stacji Bazowych (BSS)



5. Zasada działania systemu ERTMS/ETCS [12]



6. Centrum Sterowania w systemie ERTMS/ETCS [2]



ABC	Centrum administracyjno - bilingowe	EIR	Baza identyfikacji sprzętu	SMP	Zarządzanie usługami
AuC	Centrum identyfikacji	HLR	Rejestr abonentów własnych	SMS	Obsługa SMS-ów
BSC	Sterownik stacji bazowej	MSC	Centrala radiowa	SSP	Przełączanie usług
BTS	Stacja bazowa	GCR	Rejestr wywołań grupowych	VLR	Rejestr abonentów obcych
CBS	Obsługa rozgłoszeniowa	SCP	Sterowanie usługami	VMS	Poczta głosowa

7. Architektura systemu GSM-R, gdzie zgodnie z oznaczeniami mamy: [1]

składającego się z peryferyjnych grup Sterowników Stacji Bazowych (BSC) i peryferyjnych grup Radiowych Stacji Bazowych (BTS). W przeciwieństwie do większości europejskich systemów radiołączności pociągowej polski system GSM-R obejmuje nie tylko łączność rozmowną, ale także funkcję zabezpieczenia ruchu kolejowego RADIOSTOP. Funkcja ta ma zostać uwzględniona w Specyficznym Module Transmisyjnym STM (do współpracy urządzeń przytorowych i pokładowych) dla systemu SHP mimo, że nie jest integralną częścią tego systemu [8].

Urządzenia pokładowe ETCS

Aby maszynista mógł bezpiecznie prowadzić pociąg musi mieć dostęp do tej samej informacji, która udostępniana jest pokładowym urządzeniom ETCS i służy do kontrolowania poprawności prowadzenia pociągu przez maszynistę. W tym celu pokładowe urządzenia wyposażono w „urządzenie zobrazowania” znane powszechnie jako MMI (Man Machine Interface). Proponowane rozwiązanie opiera się na technologii ekranu dotykowego. Informacje przekazywane są za pomocą ikon, które pojawiają się zawsze w tym samym z góry określonym miejscu ekranu (część środkowa rys. 8). Urządzenie MMI

zostało zestandaryzowane przez Międzynarodowe Zrzeszenie Kolei UIC. Zegar po lewej stronie urządzenia zobrazowania wskazuje prędkości: aktualną, dopuszczalną i dopuszczalną na następnym odcinku, natomiast wskaźnik po prawej – aktualną, zalecaną i maksymalną siłę hamowania – lokomotywy i pociągu. Na obrzeżu obudowy znajdują się ikony zdarzeń i przyciski sterujące, m.in. komunikacją przez GSM-R [9].

Infrastruktura badawcza automatyki kolejowej na wydziale transportu i elektrotechniki UTH Radom

Wydział Transportu i Elektrotechniki jest jednym z najliczniejszych w Polsce wydziałów, kształcących inżynierów i magistrów inżynierów na potrzeby transportu. Jest znaczącym ośrodkiem akademickim wśród wydziałów prowadzących kształcenie na kierunku elektrotechnika oraz największym pod względem liczebności studentów wydziałem Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. K. Pułaskiego w Radomiu. Wydział posiada prawa do nadawania stopnia Doktora Nauk Technicznych w dyscyplinach Transport i Elektrotechnika oraz prawa do nadawania stopnia naukowego Doktora Habilitowanego Nauk Technicznych w

dyscyplinie Transport. W 2009 r. Wydział Transportu i Elektrotechniki wzbogacił swoją bazę badawczo-laboratoryjną o nowoczesne Laboratorium Systemów Sterowania Ruchem Kolejowym wyposażone w rozwiązania urządzeń i systemów srk firm Bombardier Transportation (ZWUS) Polska oraz Z.A. KOMBUD Radom, natomiast w roku 2016 powstało kolejne laboratorium automatyki kolejowej wyposażone przez Scheidt & Bachmann Polska Spółka w modele nowoczesnych niemieckich systemów automatyki kolejowej przystosowanych do wymogów sterowania ruchem w kolejnictwie polskim. Laboratoria te są przeznaczone do badań techniczno-funkcjonalnych systemów i urządzeń sterowania ruchem kolejowym oraz prowadzenia dydaktyki [3, 5].

Wszystkie stanowiska laboratoryjne są nowatorskie, odpowiadają realnym komputerowym i hybrydowym (przełącznikowo-komputerowym) systemom srk różnych producentów eksploatowanym na kolejach polskich. Na zajęciach laboratoryjnych istnieje możliwość przeprowadzania zarówno badań technicznych i funkcjonalnych zarówno całych systemów, jak również wybranych podzespołów.

Wnioski

Sprawność i postęp technologiczny systemów sterowania ruchem kolejowym mają bezpośrednie przełożenie na bezpieczeństwo pojazdów szynowych. Urządzenia srk stanowią skomplikowany i wzajemnie powiązany system, w którym niesprawność nawet niewielkiego elementu, prowadzi do braku możliwości prowadzenia ruchu pociągów w sposób zorganizowany, po utwierdzonych i zabezpieczonych drogach przebiegu.

Rozwój transportu kolejowego nie byłby możliwy bez wielu nowych rozwiązań w dziedzinie telekomunikacji i sygnalizacji kolejowej. Wśród systemów transportowych pojawiły się tzw. Inteligentne Systemy Transportowe (ITS), które stanowią szeroki zbiór różnorodnych narzędzi bazujących na technologii informatycznej, komunikacji bezprzewodowej oraz elektronice pojazdowej. Służą zwiększeniu bezpieczeństwa i płynności ruchu oraz zmniejszeniu zanieczyszczeń środowiska [10]. Umożliwiają sprawne i efektywne zarządzanie infrastrukturą transportową, a także sprawną obsługę podróżnych. W systemach ITS funkcjonowanie transportu jest w znacznym stopniu wspierane zintegrowanymi rozwiązaniami pomiarowymi (czujniki, sensory), telekomunikacyjnymi, informatycznymi oraz informacyjnymi,

a także automatycznego sterowania. W przypadku srk może odnosić się m.in. do regulacji odległości między nimi i prędkości oraz zabezpieczenia przed wjazdem na tory innych pojazdów.

Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym stwarza nowe możliwości w zarządzaniu ruchem kolejowym w Polsce, a także wydaje się być najbardziej wydajnym systemem sterowania ruchem pociągów na świecie. Przynosi znaczące korzyści w zakresie interoperacyjności, kosztów utrzymania, bezpieczeństwa, niezawodności, terminowości i przepustowości.

Wdrożenie nowoczesnych systemów ETCS i GSM-R w Polsce i krajach europejskich wpłynie na znaczący rozwój transportu kolejowego, wzrost jego bezpieczeństwa oraz podniesienie wydajności kolei. Nie tylko pozwoli lepiej zintegrować polską sieć kolejową z europejską, ale przede wszystkim umożliwi jazdę z prędkością 200 km/h oraz zwiększy bezpieczeństwo prowadzenia ruchu pociągów.

Zastosowanie nowoczesnych systemów satelitarnych powoli zaczyna wkraczać w obszar sterowania ruchem pociągów. Jednakże ze względów bezpieczeństwa system GPS spełnia obecnie w Polsce cele pomocnicze, np. służy do lokalizacji pojazdów służbowych pogotowia technicznego, drezyn awaryjnych, czy pociągów ratownictwa technicznego. Użycie komunikacji satelitarnej pozwoli na zdalne przekazywanie informacji o położeniu i stanie pojazdu do odpowiednich baz danych oraz podmiotów bezpośrednio zainteresowanych tą informacją. Umożliwi również zaimplementowanie wielu funkcji, które wspomogą pracę maszynisty i załogi technicznej.

Nowoczesne systemy srk mające wpływ na nowe metody zarządzania i prowadzenia ruchu kolejowego są kluczowym



8. Podzespoły sygnalizacji kabinowej w systemie ERTMS/ETCS [15]

elementem zwiększania bezpieczeństwa i przepustowości linii kolejowych oraz bardziej efektywnego wykorzystania infrastruktury i taboru kolejowego.

Praca została sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach Programu Badań Stosowanych, nr umowy PBS3/A6/29/2015. ◀

Materiały źródłowe

[1] Białoń A., Gradowski P.: ERTMS (ETCS i GSM-R) problematyka wdrażania w Polsce. Instytut Kolejnictwa, SITK, Warszawa, 27.06.2011.
 [2] Bombardier Transportation (Rail Engineering) Polska Sp. z o.o.: Bombardier Transportation w Polsce. Sprawdzony Partner. Warszawa 2016.
 [3] Dyduch J., Kornaszewski M., Pniewski R.: Rozwój infrastruktury badawczej UTH Radom o nowe urządzenia automatyki kolejowej. AUTOBUSY Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe Nr 6 (Płyta CD), Instytut Naukowo-Wydawniczy SPATIUM, Radom 2016.
 [4] Dyduch J., Kornaszewski M.: Systemy sterowania ruchem kolejowym. Wydawnictwo UTH Radom, Radom 2013.
 [5] Dyduch J., Kornaszewski M., Pniewski R.: Proces kształcenia specjalistów z

zakresu Sterowania Ruchem Kolejowym na przykładzie Politechniki Radomskiej. Problemy Kolejnictwa, zeszyt 155, Warszawa 2012.

[6] Dyduch J., Kornaszewski M.: Innowacyjne technologie stosowane w systemach sterowania ruchem kolejowym w Polsce. VII Konferencja Naukowo-Techniczna „Otwarty Rynek Kolejowy w Polsce – Innowacyjne technologie w projektowaniu i eksploatacji urządzeń sterowania ruchem kolejowym”, Warszawa 27.11.2013.
 [7] Kornaszewski M.: Współczesne systemy sterowania ruchem kolejowym w Polsce. LOGISTYKA 3/2014.
 [8] Kornaszewski M.: Wykorzystanie komunikacji mobilnej GSM-R do sterowania ruchem pociągów w Polsce – cz. II. Infrastruktura transportu 3/2014. Wydawnictwo ELAMED, Katowice 2014.
 [9] Kornaszewski M.: Integracja europejskich systemów kolejowych na przykładzie systemu ERTMS. Transport i Komunikacja 1/2009.
 [10] Kornaszewski M., Chrzan M., Wojciechowski J.: Intelligent transportation systems example of modern eco-transport solutions in Europe. Medzinárodná vedecká konferencia “GLOBALIZÁCIA A JEJ SOCIÁLNO-EKONOMICKÉ DÔSLEDKY ‘10”, Žilinská Univerzita v Žiline, Slovak Republic 2010.
 [11] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.: Raport roczny 2011. Warszawa 2011.
 [12] PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.: Torujemy drogę do przyszłości. Modernizacja linii kolejowej E30, etap II. Wdrożenie ERTMS/ETCS i ERTMS/GSM-R w Polsce na odcinku Legnica-Wrocław-Opole. Inwestycja jest realizowana w ramach projektu POLIŚ 7.1-14.
 [13] <http://www.railway-technology.com/>
 [14] <http://www.uniwersytetradom.pl/>
 [15] <http://www.bombardier.com/en/transportation/products-services/rail-control-solutions/ertms/onboard-components.html>
 [16] <http://www.i15.p.lodz.pl/>



9. Widok przykładowych stanowisk laboratoryjnych przeznaczonych do: a) badania systemu nastawczego EbiLock 950 firmy Transportation Bombardier (ZWUS) Polska; b) realizacji przebiegów pociagowych na pulpicie nastawczym systemu ZSB 2000 firmy Scheidt & Bachmann Polska; c) kontroli niezajętości torów typu SKZR produkcji Z.A. KOMBUD Radom [3, 5]