

Mieczysław KORNASZEWSKI<sup>1</sup>  
Marcin CHRZAN<sup>2</sup>

### **NOWATORSKIE PODEJŚCIE DO STEROWANIA RUCHEM NA LINIACH KOLEJOWYCH O MAŁYM NATĘŻENIU W POLSCE**

*Brakuje w Europie i w Polsce systemów sterowania ruchem kolejowym, które odpowiadałyby potrzebom linii małoobciążonych. niezawodność i podatność utrzymaniowa takich systemów powinna gwarantować niskie koszty ich eksploatacji. PKP PLK S.A. chcą wyposażać w adekwatne do potrzeb kompleksowe rozwiązania zarządzania ruchem kolejowym, włącznie z radiołącznością oraz infrastrukturą dodatkową, dedykowane dla linii o małym natężeniu ruchu. PLK wytypowały cztery poligony doświadczalne (fragmenty linii kolejowych: 191, 27, 68, 203), na których będą testowane nowe rozwiązania technologiczne.*

### **INNOVATIVE APPROACH TO TRAFFIC CONTROL ON RAILWAY LINES WITH LOW INTENSITY IN POLAND**

*In Europe and Poland there is no signaling systems which suit the needs of the railway lines with low intensity. Reliability and vulnerability of maintenance of such systems should ensure a low cost of exploitation. PKP PLK SA want to provide a comprehensive traffic management solution, including radio communications, and additional infrastructure, dedicated to a railway lines with low intensity. PLK selected four experimental polygons (parts of railway lines: 191, 27, 68, 203), which will be tested with new technological developments.*

#### **1. WSTĘP**

Przyznanie Polsce środków unijnych na rozwój infrastruktury transportowej jest wielką szansą dla polskich kolei. Szybki rozwój sieci linii kolejowych konwencjonalnych i dużych prędkości będzie możliwy dzięki wprowadzeniu nowych rozwiązań technologicznych, zarówno w dziedzinie telekomunikacji, jak i sygnalizacji kolejowej (systemy GSM-R, ETCS).

Nowoczesny Europejski System Sterowania Pociągami ETCS został zaprojektowany do stosowania na wszystkich kategoriach infrastruktury obejmującej ruch pasażerski i towarowy, odcinki linii dużych prędkości, linii konwencjonalnych i regionalnych.

<sup>1</sup> Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29, tel. + 48 48 361-77-28, e-mail: m.kornaszewski@pr.radom.pl

<sup>2</sup> Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29, tel. + 48 48 361-77-31, e-mail: m.chrzan@pr.radom.pl

Linie kolejowe o małym natężeniu ruchu to linie, na których istnieje konieczność zastosowania nowoczesnych urządzeń sterowania ruchem kolejowym (srk), a z drugiej – potrzeba rozwiązań ekonomicznych, które nie będą tak kosztowne, jak montowane na liniach magistralnych systemy sterowania ruchem.

Obecnie prowadzone są poszukiwania systemu dla linii o małym natężeniu ruchu. Zaprojektowany system musi zapewnić bezpieczne prowadzenie ruchu pociągów na szlaku i na przejazdach kolejowych. Ponadto wśród jego podstawowych funkcji powinny się znaleźć: zdalne prowadzenie ruchu pociągów, monitoring sprawności urządzeń, nadzorowanie ruchu (śledzenie biegu pociągów), wsparcie dla systemów zarządzania ruchem pociągów, a także możliwość współpracy z urządzeniami informacyjnymi dla podróżnych. Takim systemem może być nowoczesny komputerowy ERTMS Regional.

Przeznaczeniem systemu ERTMS Regional jest dostarczenie taniego rozwiązania dla linii regionalnych i lokalnych, dzięki któremu będzie zapewniona interoperacyjność z liniami transeuropejskiej sieci TEN (*Trans-European Network*) wyposażonymi w system ERTMS i umożliwiona zostanie realizacja potrzeby prowadzenia ruchu różnym taborem.

## **2. LINIE O MAŁYM NATĘŻENIU RUCHU KOLEJOWEGO W POLSCE**

### **2.1. Europejski standardowy system dla linii małoobciążonych**

W 1998 roku część kolei UIC rozpoczęła prace nad deklaracją projektu LC-TCS (*Low Cost – Train Control System – systemu sterowania ruchem dla linii małoobciążonych*).

W ramach projektu na bazie specyfikacji opracowanych w ramach projektu ETCS oraz przy wykorzystaniu technik i technologii opracowanych przez przemysł, koleje mają dokonać wyboru rozwiązań technicznych dla linii małoobciążonych.

Jedno z tych rozwiązań ma być maksymalnie oszczędnościowe i w założeniu w znacznej mierze opierać się ma na odpowiednich przepisach ruchowych, wymagających minimalnego zaplecza sprzętowego.

Drugie rozwiązanie ma opierać się na radiowej transmisji GSM-R, przy czym zakłada się, że maszynista będzie wykorzystując drogę radiową ustawiał drogę przebiegu i inicjował zamykanie przejazdów kolejowych. Jednocześnie przyjęto likwidację przytorowych systemów kontroli zajętości torów (obwodów torowych względnie liczników osi) oraz jak najdalej posuniętą likwidację sygnalizatorów świetlnych. Te pierwsze miałyby być zastąpione samolokalizacją składów w oparciu o eurobalisy stanowiące punkty stałe, drugie zaś miałyby być zastąpione przez sygnalizację kabinową opartą o MMI, opracowane w ramach projektu ETCS.

### **2.2. Linie małoobciążone w Polsce**

W związku z zapoczątkowanymi w Polsce w końcu lat osiemdziesiątych zmianami społeczno-ustrojowymi nastąpiły także poważne zmiany w postrzeganiu ekonomiczności zagadnień transportowych. Przemiany gospodarczo-ekonomiczne w Polsce spowodowały znaczny spadek ilości i natężenia przewozów kolejowych na sieci PKP. Pojawiło się pojęcie linii o małym natężeniu ruchu często nazywanej małoobciążoną.

W potocznym znaczeniu linia małoobciążoną to linia, która jest obciążona ruchem w niewielkim stopniu w stosunku do potencjalnej przepustowości wynikającej z układów torowych. Obecnie na polskiej sieci jest ok. 4,6 tysiąca kilometrów linii małoobciążonych

Podstawowymi kryteriami takiej linii są:

- linie jednotorowe (ewentualnie dwutorowe),
- natężenie ruchu do 12÷15 pociągów na dobę, ale nie więcej niż 3÷5 pociągów jednocześnie na linii, nie więcej niż 2 pociągi na godzinę,
- ruch mieszany z niewielkim udziałem ruchu pociągów towarowych,
- co najmniej dwa posterunki następcze na linii,
- prędkość nie większa niż 100 km/h.



Rys. 1. Wygląd typowej linii kolejowej w Polsce o małym natężeniu ruchu

### 3. URZĄDZENIA STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM

Można przyjąć z dużym prawdopodobieństwem, że urządzenia srk na liniach o małym natężeniu ruchu nie są urządzeniami na liniach nowobudowanych. W związku z tym przystępując do modernizacji linii małoobciążonej ma się do czynienia z linią wyposażoną w klasyczne urządzenia srk, które w procesie modernizacji mogą być częściowo zlikwidowane, a częściowo zastąpione przez nowe. W europejskich zarządach kolejowych prawie wszystkie urządzenia stare zastępowane są nowymi. Jako przykład może posłużyć wykorzystanie do prowadzenia ruchu na liniach o małym natężeniu urządzeń opracowanych dla systemu ETCS (np. w Szwecji ETCS Regional).

#### 3.1. Centrum Sterowania

Kierowanie i sterowanie ruchem na linii małoobciążonej powinno być prowadzone przez dyżurnego ruchu odcinkowego z centrum sterowania. Wszystkie znane europejskie systemy bazują na prowadzeniu ruchu z centrum sterowania, przy czym zakres obszarowy i wyposażenie takich centrów jest różne w różnych systemach. Wszystkie te systemy wykorzystują jako podstawę sterowania i prowadzenia nadzoru – systemy mikroprocesorowe.

Centrum sterowania może być, w zależności od konfiguracji linii, zlokalizowane na jednym z jej końców lub po środku, ewentualnie na stacji, która z różnych powodów nie może być przekwalifikowana na mijankę. Decyzja o lokalizacji Centrum Zdalnego Sterowania zależy także od warunków lokalnych, np. budynków kwalifikujących się do przebudowy na Centrum Zdalnego Sterowania.

Informacjami, którymi musi dysponować Centrum sterowania są:

- lokalizacja pociągów na szlakach i mijankach,
- obrazy sygnałowe na sygnalizatorach stacyjnych i liniowych,
- stan położenia zwrotnic,
- stan urządzeń ssp na przejazdach (jeżeli nie pracują w systemie „wyspowy”),
- realizacja procesu przewozowego (dziennik ruchu).

Centrum sterowania może posiadać dodatkowo szereg informacji wspomagających proces kierowania ruchem pociągów, jak np. informacje o: zasilaniu z sieci zasilającej podstawowej lub rezerwowej, urządzeniach elektrycznego ogrzewania rozjazdów, oświetleniu peronów na mijankach i stacjach, pracy automatów biletowych, alarmie o włamaniu, napadzie i pożarze itp.



Rys. 2. Lokalne Centrum Sterowania w Bolesławcu

### 3.2. Urządzenia przytorowe

Na liniach o małym natężeniu ruchu stosuje się zwrotnice samopowrotne z elektryczną kontrolą położenia oraz zwrotnice z napędem elektrycznym i elektryczną kontrolą położenia. Optymalnym rozwiązaniem jest stosowanie zwrotnic samopowrotnych. Zwrotnica samopowrotna przy jeździe na ostrze kieruje pociąg na z góry ustalony tor, a jazda przez nią w kierunku przeciwnym jest bezpiecznym rozpruciem. Prędkość pociągów na zwrotnicach samopowrotnych, z przyczyn konstrukcyjnych, ograniczona jest do 30÷40 km/h, ale na liniach o małym natężeniu ruchu prędkość, z jakimi się poruszają pociągi w rejonie zwrotnic nie wpływa zasadniczo na czas jazdy. Stosowanie takich zwrotnic pozwala na uproszczenie sygnalizacji na mijankach, przy czym bezpieczeństwo jazdy jest wystarczające.

Sygnalizatory na mijankach wyposażonych w zwrotnice samopowrotne mogą być ograniczone jedynie do sygnalizatorów wskazujących stan zwrotnicy. Sygnalizator taki powinien wskazywać maszyniście, przy jeździe na iglicę, kierunek jazdy oraz informować o bezpiecznym (końcowym) jej położeniu. W przypadku, gdy zwrotnica nie znajduje się w bezpiecznym położeniu sygnalizator wskazuje sygnał „stój”, co wymaga od maszynisty zatrzymania się przed zwrotnicą i stwierdzenia jej stanu. Dalsza jazda może się odbyć po doprowadzeniu przez maszynistę zwrotnicy do stanu bezpiecznego lub uzgodnieniu z dyżurnym ruchu innego sposobu postępowania. Sygnalizator stanu zwrotnicy powinien być ustawiony w odległości minimum 100 m przed zwrotnicą i poprzedzony w odległości drogi hamowania tarczą ostrzegawczą.

Przejazdy w poziomie szyn stanowią jeden z poważniejszych problemów na liniach kolejowych w ogóle, a na liniach małoobciążonych w szczególności, ze względu na znaczną ich ilość oraz z powodu komplikacji technicznych, jakie powstają przy konieczności monitorowania pracy przejazdów kategorii B i C w centrum zdalnego sterowania.

Przejazdy kolejowe w poziomie szyn na liniach o małym natężeniu ruchu są to z reguły przejazdy kategorii B, C lub D. Tylko w nielicznych przypadkach, gdy przejazd zlokalizowany jest w rejonie stacji kolejowej (mijanki), są to przejazdy kolejowe kategorii A obsługiwane przez dróżnika przejazdowego lub osobę pełniącą tę funkcję. Samoczynne sygnalizacje przejazdowe zabezpieczające przejazdy kolejowe znajdujące się na szlaku mogą być typu wyspowego lub klasyczne.

Samoczynne sygnalizacje przejazdowe zabezpieczające przejazdy kolejowe w rejonie mijanek lub stacji powinny działać w efekcie oddziaływania pojazdu szynowego na czujniki torowe lub w wyniku nastawienia drogi przebiegu w ramach, której znajduje się przejazd.

Rozbudowany system diagnostyczny z urządzeniem zdalnej kontroli powinien być powiązany z systemem zdalnego sterowania lub niezależny od niego. W przypadku, gdy sygnalizacje przejazdowe wyposażone są w urządzenie zdalnej kontroli umożliwiające dyżurnemu ruchu w Centrum Zdalnego Sterowania kontrolę pracy sygnalizacji przejazdowych, system transmisji danych pomiędzy przejazdem a Centrum powinien być taki sam jak system transmisji między Centrum a innymi urządzeniami srk.

#### **4. SYSTEM RADIO-BLOCK PRZYKŁADEM STEROWANIA RUCHEM KOLEJOWYM NA LINIACH O MAŁYM NATĘŻENIU**

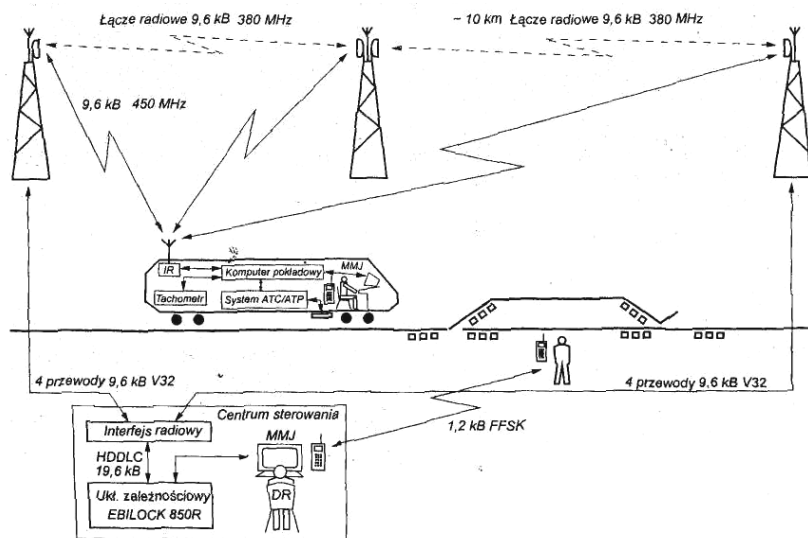
Przykładem systemu sterowania radiowego dla linii o małym natężeniu ruchu może być system Radio-Block firmy Bombardier Transportation ZWUS Sp. z o.o. (rys. 3).

Podstawą prowadzenia ruchu jest radiowa łączność zapowiadawcza między odcinkowym dyżurnym ruchu i maszynistami, która musi spełniać następujące wymagania:

- identyfikowanie nadawcy i odbiorcy,
- zapewnienie ciągłego działania połączenia między odcinkowym dyżurnym ruchu w centrum i maszynistami pociągów poruszających się w okręgu sterowania,
- zapewnienie niezawodnej łączności minimum 2 min. przed wjazdem pociągu do okręgu sterowania,
- możliwość wyboru jednego lub kilku odbiorców jednocześnie przez dyżurnego ruchu,

- możliwość wysyłania telegramu „Wolna droga”, po spełnieniu wymagań zależnościowych przez urządzenia nadzoru ruchu w Centrum Sterowania,
- możliwość wysyłania telegramów „ALARM”, „STÓJ” w każdej chwili,
- zapewnienie rozmownej radiołącności rezerwowej,
- zapewnienie samoczynnej rejestracji zdarzeń,
- zapewnienie niezawodnej kontroli przejazdu pociągu w miejscu do tego wyznaczonym.

Istotną częścią systemu RADIO-BLOCK jest transmisja radiowa wymagająca rozmieszczenia radiowych stacji bazowych wzdłuż toru kolejowego, pokrywających swoim zasięgiem cały okręg i odcinki styczne. W torze zainstalowane są bierne nadajniki informacji stałych (tzw. balisy) współpracujące z odbiornikiem w pojeździe. Informacja z toru odebrana w pojeździe identyfikuje nadajnik i odległość do drugiego nadajnika. Odbiór tej informacji wywołuje nadanie z pojazdu do Centrum drogą radiową zapytania o możliwość przejechania obok następnego nadajnika. Odebranie pytania w Centrum inicjuje przygotowanie i nadanie odpowiedzi. Jeżeli na odcinku za następną balisą znajduje się pociąg, to jazda jest zabroniona. Jeżeli odcinek za następną balisą jest wolny, to do pojazdu zostaje nadany sygnał o możliwości jazdy z prędkością wynikającą z parametrów linii. Parametry te (wzniesienia, spadki, luki, ograniczenia prędkości) są zarejestrowane w Centrum w pamięci charakterystyki linii nazywanej mapą linii. Na mapie są też zaznaczane na bieżąco, po odbiorze informacji o lokalizacji, miejsca znajdowania się pociągów w sterowanym okręgu. Jeżeli maszynista nie reaguje w sposób właściwy na polecenie otrzymane z Centrum, włącza się układ automatycznego nadzoru nie przekraczania dozwolonej prędkości.



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów systemu Radio-Block

Rozwiązanie bardziej rozbudowane funkcjonalnie i sprzętowo stanowi niemiecki system znany pod nazwą Funk-Fahr-Betrieb, opracowany przez firmę Siemens Transportation z wykorzystaniem bezpiecznych elementów rodziny SIMIS.

Oprócz regulacji następstwa pociągów, umożliwia on nastawianie drogą radiową zwrotnic i obsługę jednopoziomowych skrzyżowań linii kolejowych z drogami. Funkcje te są wywoływane automatycznie drogą radiową przez zbliżający się pociąg. Regulacja następstwa ruchu pociągów jest dokonywana, podobnie jak w systemie Radio-Block, na zasadzie wymiany informacji między pociągiem i centrum.

Jeżeli na linii nie ma urządzeń automatycznej kontroli niezajętości oraz obsługi sprawdzającej koniec pociągu a pociąg jest wieloczlony, może być celowe instalowanie urządzeń kontroli całości składu pociągu.

## **5. POLIGONY DOŚWIADCZALNE NAD STWORZENIEM SYSTEMU STEROWANIA DLA LINII KOLEJOWYCH O MAŁYM NATĘŻENIU**

PKP PLK S.A., jako nadzorca wprowadzania systemu ERTMS w Polsce zdecydował o powstaniu czterech „poligonów doświadczalnych”, na których firmy kolejowe będą przeprowadzać badania doświadczalne w celu stworzenia systemu sterowania dla linii o małym natężeniu ruchu. Wynika to z faktu braku na rynku automatyki kolejowej systemów, które odpowiadałyby potrzebom, jakich oczekuje się od nich w przypadku linii małoobciążonych.

PLK wytypowało do badań następujące odcinki:

1. Ustron Polana – Wisła Głębcze (linia nr 19),
2. Lipno – Lubicz (linia nr 27),
3. Lublin Zemborzyce – Wilkołaz (linia nr 68),
4. Lipka Krajeńska – Krajenka (linia nr 203).

Na każdym z nich znajdują się trzy posterunki ruchu oraz dwa szlaki wewnętrzne. PLK zakłada, że koszt nowej technologii nie powinien przekroczyć 50 procent wartości obecnych systemów.

Wymagania, jakie powinny spełniać systemy dla linii małoobciążonych:

- bezpieczeństwo na szlakach i przejazdach kolejowych,
- zdalne prowadzenie ruchu pociągów,
- zdalna kontrola sprawności urządzeń,
- nadzorowanie ruchu pociągów,
- kompatybilność z pozostałą siecią kolejową.

Według założeń PLK testy na opracowanie i certyfikację nowych produktów dla potrzeb linii o małym natężeniu ruchu zakończą się w 2012r. Wprowadzenie systemu ERTMS Regional wymusi zmianę przepisów i procedur stosowanych na kolei.

## **5. WNIOSKI**

Na liniach o małym natężeniu ruchu dąży się do ograniczenia liczebności personelu obsługi linii i minimalizacji wyposażenia technicznego. Minimalizację liczebności personelu można uzyskać przez eliminację obsługi dyżurnych ruchu ze stacji. Jest to możliwe po instalacji urządzeń zdalnego sterowania, co pozwala na obsługę z jednego stanowiska kilku posterunków ruchu rozłożonych na linii. Instalacja urządzeń zdalnego sterowania jest

opłacalna w przypadku dostosowania do tego celu urządzeń infrastruktury srk bez dodatkowych nakładów finansowych. Infrastruktura srk powinna obejmować sygnalizację świetlną, elektryczne napędy zwrotnicowe, urządzenia automatycznej kontroli zajętości zwrotnic i torów, przekaźnikowe lub komputerowe urządzenia zależnościowe.

We współpracy z przemysłem produkującym urządzenia srk, wyznaczono poligony badawcze w celu wdrożenia uproszczonych, ekonomicznych urządzeń srk dla linii o małym natężeniu ruchu.

Jeżeli brak jest odpowiedniej infrastruktury, to bardziej opłacalne może się okazać radiowe sterowanie ruchem pociągów na linii z jednego centrum obejmującego swoim zasięgiem okrąg, w którym w jednej chwili czasowej znajdują się np. trzy pociągi jadące w dużych odległościach.

Wciąż wzrastający rynek linii kolejowych o małym natężeniu ruchu obejmujący znaczną część (prawie 47%) sieci zarządzanej przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., wynika w głównej mierze z powodu małej pracy przewozowej i stanowi z punktu obciążenia „globalną” sieć linii małoobciążonych, na których należałoby zabudowywać urządzenia systemu ERTMS Regional.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Białoń A., Gradowski P., Toruń A.: *System sterowania dla linii małoobciążonych - ERTMS Regional*, LOGISTYKA 6/2008 (Płyta CD), XII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „TransComp – 2008”, Zakopane 2008.
- [2] Chrzan M.: *Nowoczesne systemy łączności dla potrzeb PKP*, Prace Naukowe Politechniki Radomskiej. Elektryka 2(8), Radom 2004.
- [3] Dąbrowa-Bajon M.: *Podstawy sterowania ruchem kolejowym. Funkcje, wymagania, zarys techniki*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2007.
- [4] Dyduch J., Kornaszewski M.: *Systemy sterowania ruchem kolejowym*, Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2009.
- [5] <http://www.ertms.com/>
- [6] <http://www.uic.org/>
- [7] Kornaszewski M.: *Sterowanie ruchem pociągów w Polsce na tle ujednoczonego europejskiego systemu kolejowego*. LOGISTYKA 3/2009 (Płyta CD), VI Konferencja Naukowo-Techniczna LOGITRANS, Szczyrk 2009.
- [8] Starczewska M.: *Poligony na linii kolejowej*. Kurier Kolejowy, Warszawa 2010.