

Marek BARTCZAK
Andrzej MACIEJEWSKI

SYSTEMY TRANSMISJI INFORMACJI W STEROWANIU POCIĄGIEM

Streszczenie. W referacie przedstawiono poziomy zastosowania Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym oraz kanały transmisji informacji w relacji tor - pojazd stosowane w tym systemie.

THE SYSTEMS OF THE TRANSMISSION OF THE INFORMATION FOR THE TRAIN CONTROL

Summary. In the paper has been presented a levels apply of European Railway Traffic Management System and the canals of the transmission of the information track-vehicle applied in this system.

1. WSTĘP

Systemy przekazywania informacji z toru do pojazdu stosowane są w celu zapewnienia wymaganego bezpieczeństwa przy dużych prędkościach pociągów oraz przy gęstym ich ruchu. Realizacja zaleceń dotyczących sposobu prowadzenia pociągu, wynikających z sygnałów przekazywanych przez sygnalizatory przytorowe, zależy bowiem od prawidłowości obserwacji wzrokowej i prawidłowego prowadzenia pociągu przez maszynistę, który jest najsłabszym z punktu widzenia bezpieczeństwa ogniwem procesu prowadzenia pociągu. Natomiast zwiększenie prędkości powoduje skrócenie czasu widoczności sygnalizatora, co utrudnia pracę maszynisty, szczególnie podczas niesprzyjających warunków atmosferycznych, oraz przyczynia się do wzrostu możliwości zagrożenia na skutek chwilowej nieuwagi lub niedyspozycji maszynisty.

Podstawowym zadaniem systemów przekazywania informacji jest wykluczenie możliwości najechania jednego pociągu na drugi. Realizacja tego zadania polega na ciągłym kontrolowaniu, czy prędkość pociągu nie przekracza wartości dopuszczalnej. W przypadku gdy prędkość rzeczywista jest większa od dopuszczalnej, zostaje samoczynnie włączone hamowanie.

Informacje przekazywane do pojazdu wykorzystywane są również do daleko idącej automatyzacji prowadzenia pojazdu. Liczba i rodzaj tych informacji zależy od stopnia zautomatyzowania czynności maszynisty.

Przykładem takiego systemu jest obecnie opracowywany Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym (ang. ERTMS - European Railway Traffic Management System), który umożliwi praktyczną realizację ruchu kolejowego "bez granic". Zastosowanie tego systemu będzie umożliwiać przejazd pociągów bez zmiany pojazdów trakcyjnych na granicach państw.

2. CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA SYSTEMÓW

Systemy przekazywania informacji z toru do pojazdu składają się z urządzeń przytorowych i urządzeń pojazdowych. Zasadniczymi częściami urządzeń przytorowych są układy: generowania, kodowania i nadawania informacji oraz przesyłania informacji (kanał transmisyjny). Natomiast w skład urządzeń pojazdowych wchodzi układ odbiorczy, a następnie układy: dekodowania, kontroli i sygnalizacji, a także oddziaływania na układy hamulcowe.

Ogólna zasada działania urządzeń przekazywania informacji jest następująca. Z nadajnika do kanału transmisyjnego wysyłane są cyklicznie sygnały, w których zakodowana jest informacja dotycząca wskazań semafora. Sygnały te są odbierane w pojeździe i po zdekodowaniu są przekazywane do układu kontroli prędkości. Jeżeli prędkość rzeczywista jest większa od dopuszczalnej, z układu kontroli prędkości są przekazywane sygnały do układów hamulcowych.

Stosując kryterium sposobu przekazywania informacji, urządzenia oddziaływania tor-pojazd można podzielić na trzy grupy:

- urządzenia o oddziaływaniu punktowym,
- urządzenia o transmisji ciągłej,
- urządzenia o oddziaływaniu punktowym i transmisji ciągłej.

W urządzeniach o oddziaływaniu punktowym informacje są przekazywane tylko podczas przejazdu nad punktem oddziaływania. Zasięg oddziaływania nie przekracza kilku metrów.

W urządzeniach o transmisji ciągłej przekazywanie informacji odbywa się w sposób ciągły na całym odstępie blokowym lub na pewnym jego odcinku, np. przed sygnalizatorem. W tym drugim przypadku urządzenia są nazywane urządzeniami o oddziaływaniu odcinkowym. Zasięg oddziaływania wynosi od kilkunastu do kilkuset metrów.

Jako kanał transmisyjny wykorzystuje się szyny i przewód umieszczony pomiędzy szynami. Przekazywanie informacji ciągłej za pomocą przewodu charakteryzuje wiele zalet, do których zalicza się m. in.:

- większą szybkość transmisji,
- większą liczbę przekazywanych informacji,
- możliwość lokalizacji pojazdu,
- większą odporność na zakłócenia,
- możliwość przekazywania informacji z pojazdu do toru.

Urządzenia przekazywania informacji dzielą się z punktu widzenia funkcji spełnianych w procesie prowadzenia pociągu na:

- urządzenia automatycznej ochrony pociągu (ang. ATP - Automatic Train Protection),
- urządzenia automatycznego sterowania pociągiem (ang. ATC - Automatic Train Control).

Urządzenia automatycznej ochrony pociągu zapewniają włączenie samoczynnego hamowania w przypadku braku odpowiedniej reakcji ze strony maszynisty na sygnały otrzymywane z toru. Do tych urządzeń zalicza się urządzenia samoczynnego hamowania (bez kontroli prędkości) i urządzenia kontroli prędkości.

Urządzenia automatycznego sterowania pociągiem umożliwiają automatyczną regulację prędkości w zależności od wskazań sygnalizatorów. Do tej grupy urządzeń zalicza się urządzenia, które reagują automatycznie na otrzymywane z toru sygnały dotyczące zmniejszenia i zwiększania prędkości.

3. POZIOMY ZASTOSOWANIA SYSTEMU ERTMS

System ERTMS charakteryzuje się budową modułową umożliwiającą stosowanie w różnym zakresie przez poszczególne zarządy kolejowe, zależnie od potrzeb i możliwości. Przewiduje się trzy poziomy zastosowania systemu ERTMS.

Poziom 1 stanowi system automatycznej ochrony pociągu. Pociąg prowadzi w zasadzie maszynista na podstawie informacji przekazywanych przez sygnalizatory przytorowe. Prawidłowość reakcji maszynisty na sygnały ograniczające jest kontrolowana przez urządzenia, które w razie potrzeby przetwarzają odebrane na pojeździe sygnały na samoczynne hamowanie. Kontrola niezajętości torów jest realizowana za pomocą obwodów torowych lub liczników osi. Ruch pociągów jest prowadzony w stałych odstępach blokowych.

Poziom 2 stanowi system automatycznego sterowania pociągiem. W tym przypadku maszynista otrzymuje pełną informację o sposobie prowadzenia pociągu w kabinie lokomotywy. Sygnalizatory przytorowe nie są konieczne. Kontrola niezajętości torów jest realizowana podobnie jak w przypadku poziomu 1. Ruch pociągów jest prowadzony w stałych odstępach drogi, wyznaczonych lokalizacją balis.

Poziom 3, podobnie jak poziom 2, stanowi system automatycznego sterowania pociągiem. Zasadniczo nie stosuje się sygnalizatorów przytorowych. Można również zrezygnować ze stałych urządzeń do kontroli niezajętości torów. Kontrola niezajętości torów jest bowiem realizowana na zasadzie przekazywania z pociągu do centrum sterowania informacji o miejscu znajdowania się pociągu uzupełnionej informacją o całości składu pociągu. Istnieje możliwość prowadzenia ruchu pociągów w zmiennym odstępie drogi.

4. KANAŁY TRANSMISJI INFORMACJI W SYSTEMIE ERTMS

4.1. Poziom 1

Poziom 1 bez uaktualniania wykorzystuje transmisję punktową w określonych miejscach toru. Transmisja ta jest realizowana poprzez instalację urządzeń przytorowych znajdujących się przy każdym sygnalizatorze następujących typów:

- semafony wjazdowe i wyjazdowe na stacjach,
- semafony odstępowe samoczynnej blokady liniowej,
- tarcze ostrzegawcze przejazdowe.

W skład urządzeń przytorowych wchodzi dwie balisy przełączalne i jeden koder. Schemat blokowy balisy do transmisji punktowej jest przedstawiony na rys. 1. Na tym rysunku została pokazana część przytorowa i część pojazdowa balisy.

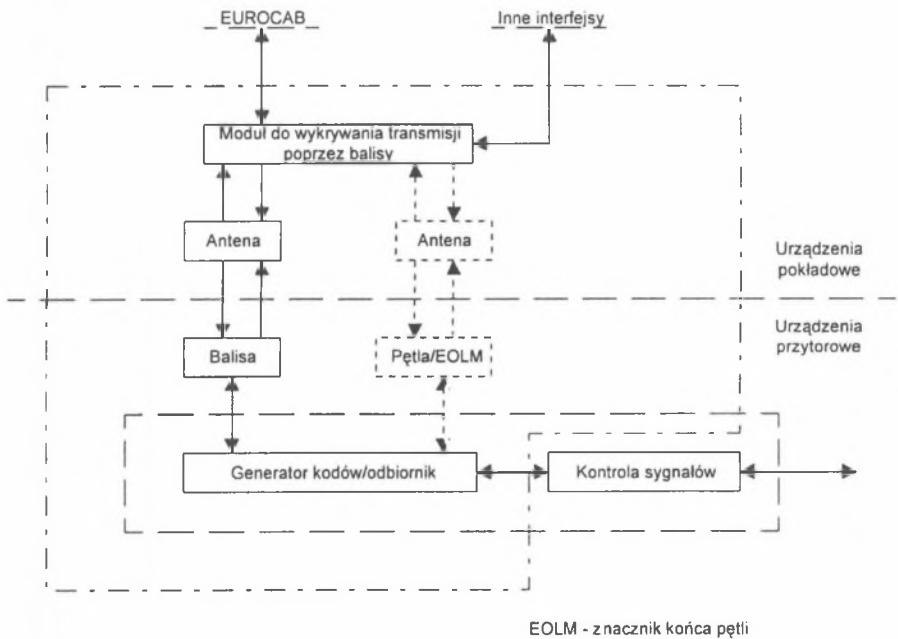
Współpracę z systemami przekazywania informacji w relacji tor-pojazd, stosowanymi w danym zarządzie kolejowym, będą zapewniać specjalizowane moduły transmisyjne. Moduł pełny umożliwi kontrolę jazdy pociągu po linii wyposażonej w urządzenia przytorowe danego systemu przekazywania informacji, a nie wyposażonej w urządzenia przytorowe systemu

ERTMS. Natomiast moduł do uaktualniania daje możliwość aktualizacji informacji o zezwoleniu na jazdę w trakcie jazdy po linii wyposażonej w urządzenia przytorowe danego systemu przekazywania informacji i w urządzenia przytorowe systemu ERTMS. Jest on stosowany wówczas, gdy urządzenia przytorowe ERTMS nie realizują funkcji uaktualniania, tj. przypadku poziomu 1 bez uaktualniania poprzez pętlę kablową.

Część przytorowa otrzymuje z istniejących urządzeń sterowania ruchem kolejowym dane dotyczące sposobu prowadzenia pociągu, przetwarza je i wysyła do części pojazdowej, która odbiera je i przetwarza na sygnały sterujące urządzeniami hamulcowymi i sygnalizacyjnymi.

Istnieje możliwość transmisji do pojazdu danych dotyczących: stanu semafora, ukształtowania linii (profil linii, promienie łuków) oraz kalibracji odomietru.

Komunikacja pomiędzy częścią przytorową i częścią pojazdową odbywa się tylko w kierunku z toru do pojazdu.



Rys. 1. Schemat blokowy systemu transmisji punktowej
Fig. 1. Block diagram of the system of point transmission

Przedstawiony system transmisji punktowej może być uzupełniony transmisją uaktualniająca pomiędzy sąsiednimi semaforami, realizowaną za pomocą dodatkowych balis, pętli kablowych lub specjalizowanego modułu transmisyjnego opartego na istniejącej infrastrukturze (poziom 1 z uaktualnianiem). Funkcja uaktualniania za pomocą balis nie jest przewidziana w torach głównych dodatkowych na stacjach, gdyż torry te nie są na ogół wykorzystywane do realizacji przebiegów bez zatrzymania. Natomiast dodatkowa pętla kablowa przed semaforami wyjazdowymi ze stacji nie służy realizacji funkcji uaktualniania, lecz umożliwia wyjazd pociągu bez konieczności obserwacji przez maszynistę semafora. Funkcja uaktualniania nie jest realizowana przed tarczami ostrzegawczymi przejazdowymi, które nie służą do regulacji następstwa pociągów.

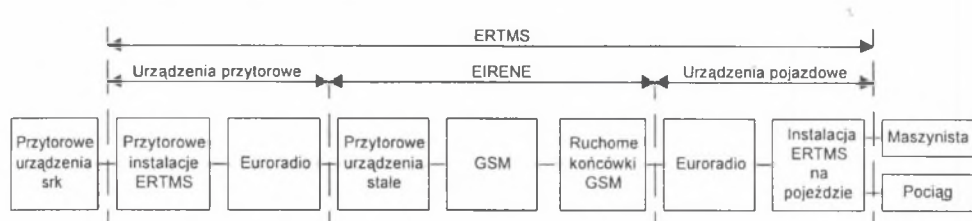
4.2. Poziomy 2 i 3

Poziomy 2 i 3 wykorzystują dwa rodzaje transmisji:

- transmisję ciągłą na całym odciepie blokowym,
- transmisję punktową w określonych miejscach toru.

Na system transmisji ciągłej składają (rys. 2):

- radio EIRENE,
- EURORADIO,
- stacjonarne urządzenia przytorowe do transmisji danych.



Rys. 2. Schemat blokowy systemu transmisji ciągłej

Fig. 2. Block diagram of the system of continuous transmission

Radio EIRENE zapewnia komunikację pomiędzy urządzeniami przytorowymi i urządzeniami pojazdowymi. Wykorzystuje ono standard łączności cyfrowej oparty na systemie GSM-R (Railway). Architektura systemu GSM-R jest typową siecią komórkową GSM i składa się z podsystemu komutacji sieci i podsystemu zarządzania siecią oraz z podsystemu stacji bazowych, obejmującego sterowniki stacji bazowych i bazowych stacji radiowych. Sterowniki stacji bazowych i bazowych stacji radiowych są połączone za pośrednictwem systemu transmisyjnego o dużym zasięgu. Bazowe stacje radiowe są połączone w grupy zawierające maksymalnie 6 takich stacji. Każda grupa bazowych stacji radiowych połączona jest ze sterownikami stacji bazowych za pomocą światłowodu.

EURORADIO umożliwia bezpieczną wymianę danych dotyczących bezpieczeństwa ruchu i uczestniczy w zarządzaniu procedurami komunikacyjnymi. Funkcje te są realizowane odpowiednio przez warstwę bezpieczeństwa i warstwę komunikacji.

Centrum Sterowania Radiowego jest integralną częścią systemu ERTMS spełniającą kilka istotnych funkcji, takich jak zarządzanie odstępami między pociągami czy zabezpieczenie pociągów. Dla prawidłowego i bezpiecznego realizowania tych funkcji centrum RBC musi współdziałać różnymi systemami zewnętrznymi, jak np. system danych o taborze, generator mapy drogi, urządzenia przytorowe.

W celu dostosowania transmisji radiowej do potrzeb ruchowych przewidziano cztery podstawowe jej tryby: A, B, C i D.

Tryb A jest przeznaczony dla pociągów jeżdżących po liniach lokalnych. Daje on pojazdowi inicjatywę żądania zezwolenia na jazdę. Pojazd żąda takiego zezwolenia po stwierdzeniu, że zbliża się do końca zezwolenia na jazdę i brak kolejnego zezwolenia na jazdę prowadzi do wdrożenia hamowania.

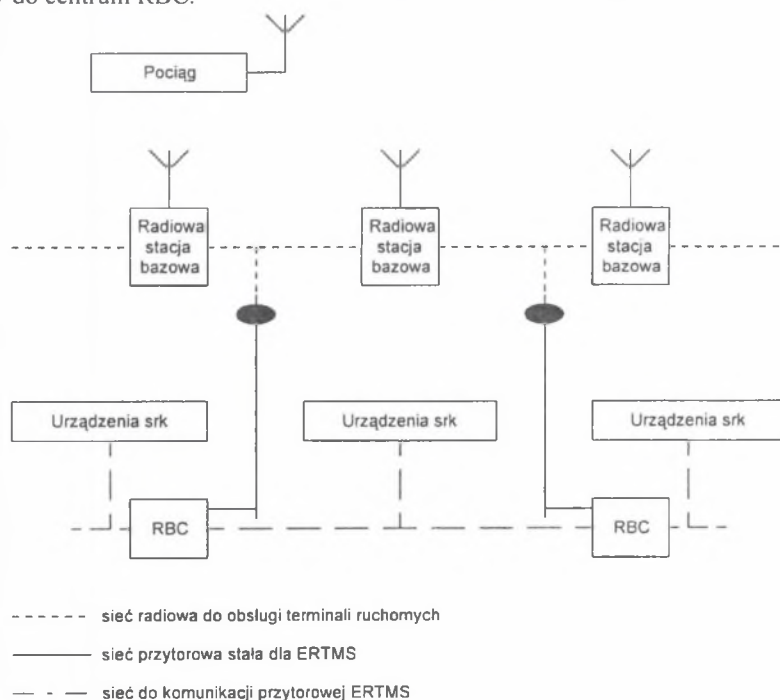
Tryb B jest przeznaczony dla ruchu manewrowego i opiera się na cyklicznym wysyłaniu z centrum RBC listy identyfikatorów wyposażenia ERTMS, określającej lokomotywy mogące poruszać się w rejonie manewrowym.

Tryb C jest przeznaczony dla pociągów jeżdżących po liniach normalnie obciążonych. Nie daje on pojazdowi inicjatywy żądania zezwolenia. Pojazd nie żąda więc kolejnego zezwolenia, jeżeli stwierdzi, że zbliża się do końca poprzedniego, tylko hamuje zgodnie z posiadaną informacją, chyba że wcześniej otrzyma kolejne zezwolenie na jazdę.

Tryb D jest przewidziany dla pociągów jeżdżących po liniach silnie obciążonych, gdzie ruch pociągów odbywa się w krótkich odstępach czasu. W trybie tym pociąg otrzymuje z centrum RBC w pełni przetworzoną informację odnoszącą się do krótkiego odcinka drogi przed pojazdem. Tryb ten zapewnia bardzo precyzyjne sterowanie ruchem pociągu.

Pojedyncze centrum RBC będzie mogło jednocześnie komunikować się z wieloma pociągami, niekoniecznie korzystając z tego samego trybu pracy radia. Organizacja komunikacji radiowej pomiędzy centrum RBC i pociągiem jest przedstawiona na rysunku 3.

Transmisja punktowa odbywa się poprzez balisy. Konieczność stosowania takiego przesyłania informacji może być spowodowana przez konstrukcję infrastruktury linii. Dlatego w niektórych przypadkach zastosowanie balis przełączalnych połączonych z lokalnymi elementami infrastruktury może się okazać bardziej ekonomiczne od zbierania informacji z infrastruktury do centrum RBC.



Rys. 3. Organizacja komunikacji radiowej pomiędzy centrum RBC i pociągiem
 Fig. 3. Organization of the exchange of the information between RBC and train

5. PODSUMOWANIE

System ERTMS jest oparty na koncepcji docelowej odległości i docelowej prędkości. Pociąg pod kontrolą tego systemu może się przemieszczać jedynie po otrzymaniu ważnego ze-

zwolenia na jazdę. Zezwolenie może być wydane przez urządzenia srk lub centrum sterowania radiowego i pozwala pociągowi przemieszczać się do końca ważności tego zezwolenia.

Sprawność i elastyczność systemu ERTMS zależy głównie od sposobu transmisji informacji między urządzeniami przytorowymi i urządzeniami pojazdowymi. System ERTMS wykorzystuje dwa rodzaje transmisji, w zależności od poziomu zastosowania. Może ona odbywać się punktowo, tj. w określonym miejscu toru i w ograniczonym czasie, podczas przejazdu pociągu nad urządzeniami zainstalowanymi w torze, lub w sposób ciągły, tj. przy nieprzerwanej łączności pociągu z urządzeniami przytorowymi. Transmisja punktowa może być realizowana poprzez balisy lub pętle kablowe bądź specjalizowany moduł transmisyjny. Transmisja ciągła odbywa się poprzez radio. Zastosowanie systemu transmisji ciągłej przyczynia się do wzrostu wydajności systemu ERTMS i umożliwia regulację następstwa pociągów w zmiennym odstępach drogi.

Informacje z urządzeń srk mogą być pobierane bezpośrednio z sygnalizatorów, z nastawni w ich aktualnej konfiguracji albo nowych radiowych centrów sterowania.

Zastosowanie systemu ERTMS na linii E-20 (Kunowice - Warszawa) przyniesie wiele korzyści, do których, oprócz zmniejszenia czasu przekraczania granicy, zalicza się również podniesienie bezpieczeństwa ruchu oraz skrócenie czasu jazdy i zwiększenie przepustowości na pewnych odcinkach linii.

Biorąc pod uwagę wyniki analizy koszty/korzyści, spośród konfiguracji bez radia najbardziej odpowiednia jest do zastosowania konfiguracja poziomu 1 z uaktualnianiem przez pętlę kablową, natomiast spośród konfiguracji z radiem - konfiguracja poziomu 2 z radiem i nieprzełączalnymi balisami.

LITERATURA

1. Kollmannsberger F.: ETCS - European Train Control System, Signal+Draht, 12, 1992, s. 393-396.
2. Winter P.: Das Projekt ETCS im Lichte der Bedürfnisse der osteuropäischen Bahnen, Signal+Draht, 12, 1992, s. 406-410
3. Materiały na Seminarium "Europejski System Sterowania Pociągami", Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, Warszawa 1994.
4. Koncepcja systemu sterowania ruchem kolejowym dla linii o znaczeniu międzynarodowym w ramach programu ETCS, Prace statutowe Wydziału Transportu Politechniki Radomskiej, Radom 1995-1997.

Recenzent: Dr inż. Jerzy Mikulski

Abstract

The flexibility of the systems of the transmission of the information track-vehicle, applied for traffic safety at high-speed mainly depends from the way of the transmission of the information between track and vehicle devices. Developing in the now of European Railway Traffic Management System used two types systems of the transmission of the information, in

dependence from the level apply of this system. It may be realized by point or by continuous way. Point transmission is realized by balise or by loop. Continuous transmission is realized by the radio.