

Urządzenia sterowania ruchem kolejowym na liniach dużych prędkości

Adam Wawrzyniak

Problematyka sterowania ruchem kolejowym przy zwiększających się prędkościach pociągów stanowi jedno z podstawowych zagadnień bezpiecznego i wydajnego funkcjonowania nowoczesnych linii kolejowych. Specyfika jazdy z prędkościami przekraczającymi 160 km/h wymusza nowe podejście do systemów sterowania ruchem kolejowym zarówno w kwestii monitorowania stanu zajętości toru jak i przekazywania informacji maszyniście. Niniejszy artykuł omawia stosowane na świecie urządzenia zestawiając je z najnowszym ogólnoeuropejskim systemem ETCS.

Charakter sterowania ruchem kolejowym przy dużych prędkościach jazdy

Wraz ze zwiększaniem się prędkości jazdy pociągów zwiększa się długość drogi hamowania oraz maleje czytelność wskazań sygnalizatorów przytorowych. W warunkach polskich zakłada się że już przy prędkości powyżej 130 km/h czytelność wskazań semaforów jest ograniczona i z tego względu, powyżej tej prędkości, przepisy wymagają prowadzenia pociągu przez dwuosobową załogę. Sytuację tę może zmienić jedynie sprowadzenie informacji wyświetlanej przez semafony prosto do kabiny maszynisty, czyli tzw. sygnalizacja kabinowa. Zwiększenie długości drogi hamowania powoduje konieczność zmiany dotychczas wykorzystywanej struktury podziału szlaku kolejowego na relatywnie krótkie odstępy blokowe wyposażone w semafony samoczynnej blokady liniowej wyświetlające, w zależności od zastosowanej stawności, stan zajętości od jednego do trzech odstępów blokowych przed pociągiem. Droga hamowania pociągu z prędkości 300 km/h do całkowitego zatrzymania z opóźnieniem o wartości $0,75 \text{ m/s}^2$ wynosi 4630 m. W przypadku odstępów blokowych o długości 1500 m hamowanie pociągu z tej prędkości odbyłoby się na 3 odstępach blokowych. Powyższe założenie pomija czas reakcji maszynisty oraz czas potrzebny na rozpoczęcie działania układu hamulcowego. Nasuwające się w pierwszej kolejności dwa najprostsze rozwiązania, jakimi są zwiększenie długości odstępów blokowych oraz zwiększenie stawności blokady posiadają poważne wady. Zwiększenie długości odstepu blokowego do 3000

a nawet 4000 m rażąco zmniejsza przepustowość linii, gdyż niezależnie od położenia pociągu na tak długim odcinku cały fragment linii system uznaje za zajęty. Proste zwiększenie stawności blokady pociągu za sobą zwiększenie liczby sygnałów na semaforach odpowiadających kolejnym stanom toru przed pociągiem, co jeszcze bardziej pogłębia problem prawidłowego rozpoznania sygnału przy dużej prędkości jazdy. Jedynym rozwiązaniem wyżej wymienionych problemów jest zastosowanie sygnalizacji kabinowej, prezentującej maszyniście stan zajętości toru i dopuszczalne prędkości jazdy na odcinkach położonych na kilka kilometrów przed pociągiem. Tego typu systemy zostały opracowane i wdrożone na liniach kolei dużych prędkości. W dalszej części artykułu autor przedstawia przegląd kilku rozwiązań.

Istniejące rozwiązania

System LZB (Niemcy, Austria, Hiszpania)

Linienzugbeeinflussung (w skrócie LZB) jest systemem ATP z sygnalizacją kabinową stosowanym na wybranych niemieckich i austriackich liniach kolejowych [1], a także hiszpańskich kolejach dużych prędkości – AVE. W Niemczech system ten stosowany jest na wszystkich liniach kolejowych na których prowadzi się ruch pociągów z prędkością przekraczającą 160 km/h. Poza tym stosowany jest także na trasach o mniejszych prędkościach maksymalnych, gdzie pełni zadanie systemu zwiększającego przepustowość linii. System LZB opiera się na ciągłej transmisji informacji między torem a pojazdem i jest urządzeniem ciągłej sygnalizacji kabinowej. LZB został zademonstrowany w 1965 roku podczas Międzynarodowej Wystawy w Monachium [1]. Przez całe lata 70-te XX w. system był ciągle rozwijany a od początku lat 80-tych rozbudowywany na kolejach niemieckich. 10 lat później wdrożono go na niemieckich, hiszpańskich i austriackich liniach dużych prędkości. System składa się z lokalnych centrów sterowania wyposażonych w komputery monitorujące 30- 40 km odcinek linii kolejowej [2].



Rys. 1. Tor wyposażony w przewody transmisyjne systemu LZB [3]

Komputer na bieżąco monitoruje stan zajętości torów zarówno za pomocą obwodów torowych jak i liczników osi. Na podstawie dynamicznie zmieniającej się sytuacji ruchowej oraz stałych parametrów trasy takich jak np. profil podłużny, czy ograniczenia prędkości na łukach i rozjazdach wyliczany jest profil prędkości dla każdego pociągu znajdującego się na trasie. System komunikuje się z pociągiem za pomocą pętli przewodowych ułożonych między szynami pokazanych rysunku 1. Przewody transmisyjne krzyżują się z sobą co 100 m. Pierwszy przewód ułożony jest na stopce szyny, drugi centralnie w osi toru, pomiędzy tokami szynowymi. Centrum sterowania wysyła do pociągów pakiety danych zwane telegramami zawierające aktualny możliwy do zrealizowania profil prędkości jazdy na trasie przed pociągiem. Z kolei komputer pokładowy na pojeździe trakcyjnym wysyła tą samą drogą do centrum sterowania telegram zawierający aktualne parametry pracy, możliwości hamowania, prędkość i pozycję.

W trakcie jazdy po torze wyposażonym w LZB lokalne centrum sterowania cyklicznie wywołuje pojazd telegramami wyposażonymi w adres pociągu dla którego są przeznaczone. Parametry transmisji są następujące: częstotliwość nośna 36,6 kHz, cyfrowa modulacja częstotliwości dewiacji $\Delta f = \pm 0,4 (0,6) \text{ kHz}$, szybkość modulacji 1200 bodów [4].

Jeżeli adres zamieszczony w odebranych telegramie jest zgodny z adresem pociągu komputer pokładowy zaczyna przetwarzanie zawartych w nim informacji. Każdy telegram ma długość 83,5 bita [1]. Niecałkowita liczba bitów wynika z modulacji fazowej (przesunięcie o π rad).

Do przekazywania informacji wykorzystuje się 70 bitów. Struktura telegramu składa się z:

- sekcji i numeru pojazdu
- kierunku jazdy
- rodzaju hamowania (pasażerskie/towarowe)
- oznaczenia krzywej hamowania
- odległości pozostałej do punktu rozpoczęcia hamowania
- prędkości docelowej
- odległości docelowej
- informacji dodatkowych

Po otrzymaniu i zatwierdzeniu telegramu z lokalnego centrum sterowania komputer pokładowy odsyła telegram zwrotny przy parametrach transmisji: częstotliwość nośna 56 kHz, cyfrowa modulacja częstotliwości dewiacji $\Delta f = \pm 0,2$ kHz, szybkość modulacji 600 bodów [4]. Telegram zwrotny składa się z 41 bitów (w tym 31 bitów informacyjnych) i zawiera w sobie:

- położenie pojazdu na jednym ze 100 metrowych odcinków przewodów transmisyjnych między skrzyżowaniami
- precyzyjne położenie pojazdu na 100 metrowym odcinku przewodów transmisyjnych między skrzyżowaniami
- rodzaj hamowania (pasażerskie/towarowe)
- oznaczenie możliwej do zrealizowania krzywą hamowania
- prędkość aktualną (0-315 km/h)
- informacje dodatkowe

Na informacje dodatkowe składają się m.in. prędkość konstrukcyjna pociągu, numer pociągu, klasa i numer seryjny pojazdu. Wszystkie telegramy rozpoczynają się odcinkiem synchronizującym (konieczny dla modulacji fazowej), bitem początkowym i kodem Barkera, a zakończone są kodem Hamminga o odległości równej 4 (zabezpieczenie przed przekłamaniami bitów) [1].

Komputer pokładowy przetwarza otrzymane pakiety danych i wyświetla maszyniście na konsoli LZB (rys. 2) następujące parametry:

- a) aktualną prędkość (mierzoną lokalnie, z czujnika na pojeździe)
- b) dopuszczalną prędkość (przysłaną z lokalnego centrum sterowania)
- c) przedziały dopuszczalnej prędkości na kolejnym odcinku przed pociągiem
- d) stan poziomów dopuszczalnej prędkości jazdy na 4000 m przed pociągiem

Jeżeli niezajęty przed pociągiem odcinek toru jest dostatecznie długi, maszynista ujrzy na konsoli prędkość maksymalną na bieżącym odcinku i docelową na trasie równą maksymalnej prędkości linii na dystansie między 4 a 13,2 km w zależności od konkretnego pociągu i linii po której się porusza. W momencie zbliżania się pociągu do odcinka z ograniczoną prędkością system LZB włączy sygnał dźwiękowy i wyświetli odległość pozostałą do początku odcinka z ograniczoną prędkością i wartość ograniczonej prędkości. W momencie w którym powinno rozpocząć się zmniejszanie prędkości wskazówka prędkości maksymalnej zacznie się przemieszczać w stronę wartości ograniczenia, a na wyświetlaczu LED pojawi się docelowa prędkość pociągu na odcinku z ograniczeniem.



Rys. 2. Konsola LZB w kabinie maszynisty EZT ICE2.

Prędkość aktualna (V-ist, {1}), pożądana w danej chwili, zgodna z wyliczonym profilem prędkości (V-soll, {2}) i docelowa (V-ziel wyświetlacz LED {3}) wynoszą 250 km/h. Długość niezajętego odcinka przed pociągiem wynosi 9,8 km [3]

Podczas zbliżania się do punktu początkowego odcinka o ograniczonej prędkości jazdy wyświetlana na konsoli wartość długości odcinka o prędkości maksymalnej będzie się stopniowo zmniejszać. W momencie wjazdu na odcinek z ograniczeniem, na konsoli wyświetli się docelowa prędkość maksymalna na kolejnym odcinku i (jeżeli będzie różna od obecnej) w odpowiednim momencie wskaźniki rozpoczną sygnalizację wymaganych zmian prędkości. W przypadku dojeżdżania do semafora z sygnałem “STÓJ” – światło czerwone, maszynista zobaczy taką samą sekwencję pracy wskaźników, z tą różnicą że prędkością docelową będzie 0 km/h.

Urządzenia LZB spełniają funkcję systemu ATP. Jeżeli maszynista przekroczy prędkość maksymalną powiększoną o margines bezpieczeństwa system w pierwszej kolejności uruchomi ostrzegawczy sygnał dźwiękowy i świetlny. Jeżeli maszynista nie włączy hamowania system LZB samodzielnie wdroży procedurę hamowania nawet do całkowitego zatrzymania pociągu jeżeli będzie to konieczne.

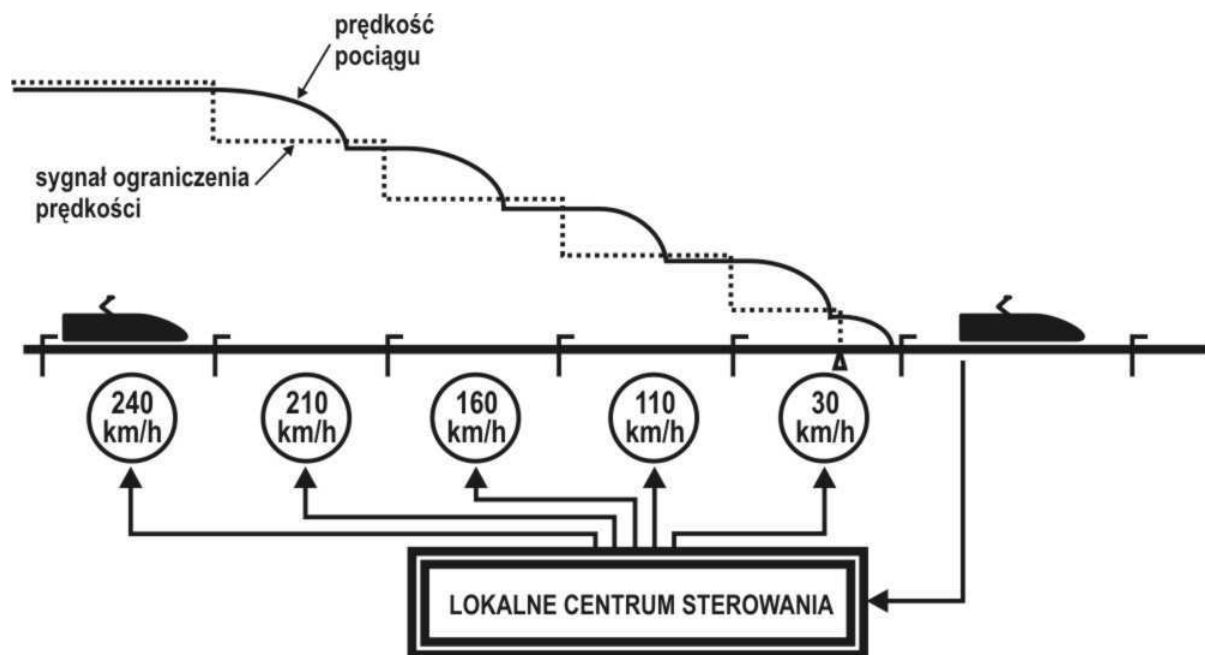
Podsystemem LZB jest AFB (*Automatische Fahr- und Bremssteuerung, niem. Automatyczna Kontrola Jazdy i Hamowania*), który pozwala na prowadzenie pociągu przy pomocy auto-pilota prowadzącego pociąg z maksymalną dozwoloną przez LZB prędkością. W tym trybie maszynista kontroluje tylko poprawność funkcjonowania urządzeń oraz wypatruje niespodziewanych przeszkód na torze.

Ponadto każdy pojazd z systemem LZB wyposażony jest w starsze urządzenia PZB (*Punkt-förmige Zugbeeinflussung – kontrola punktowa*) zwane popularnie „Indusi”, działające na zasadzie kilkustopniowego ograniczania prędkości, montowane w celu umożliwienia jazdy pociągu po starszych liniach nie wyposażonych w LZB. Funkcjonowanie PZB jest zbliżone do zasady działania polskich urządzeń SHP.

System ATC Shinkansen (Japonia)

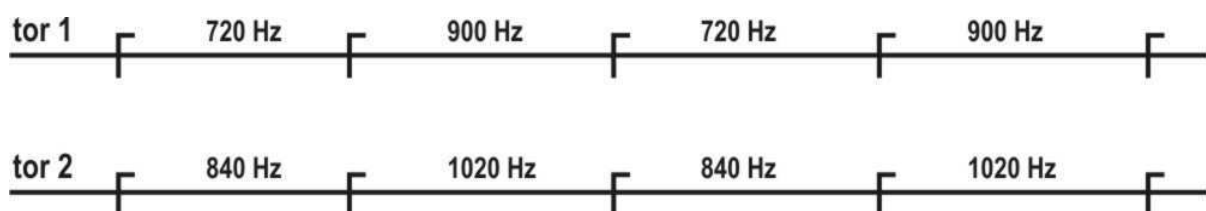
Pierwszy systemem ciągłej transmisji został wdrożony w październiku 1964 roku na linii Tokio – Osaka. Działanie systemu opiera się na ciągłej transmisji informacji przy wykorzystaniu szyn. Linia kolejowa podzielona jest na stałe odcinki blokowe. Na toki szynowe danego odcinka blokowego podawana jest informacja dotycząca prędkości na bieżącym odcinku. System wylicza prędkość bezpieczną i w przypadku konieczności zatrzymania pociągu na jednym z odcinków położonych przed pociągiem wylicza stopnie prędkości

na kolejnych odcinkach co pokazano na rysunku 3. Jest więc to system o ciągłej transmisji, ale ze stopniowym ograniczaniem prędkości.



Rys. 3. Stary system ATC Kolei Japońskich, [5].

Wartość aktualnego stopnia prędkości dopuszczalnej jest przekazywana do pojazdu sygnałem o odpowiedniej częstotliwości nośnej, modulowanej częstotliwością przypisaną wartości prędkości. Dla zniesienia wpływu oddziaływania na siebie sygnałów nadawanych w dwóch torach linii dwutorowej stosuje się różne częstotliwości nośne dla różnych torów. Ponadto kolejne obwody na tym samym torze również zasilane są z różnych częstotliwości z tych samych przyczyn co w poprzednim przypadku. Rozkład częstotliwości nośnych w poszczególnych odcinkach blokowych pokazuje rysunek 4. Wartości częstotliwości modulujących przedstawiono w Tabeli 1.



Rys. 4. Częstotliwości nośne na kolejnych odcinkach blokowych linii Shinkansen.

Niemodulowany sygnał jest przekazywany do pojazdu obwodem przewodowym o długości 50 m ułożonym na końcu odstępów blokowych. Podstawową zaletą tego systemu jest prostota działania i duża odporność na zakłócenia w porównaniu do transmisji telegrafów binarnych stosowanych w niemieckim systemie LZB. Duża odporność na zakłócenia pozwoliła wykorzystać jako medium transmisyjne istniejący już i stały element toru kolejowego - szyny, co jest dodatkową zaletą z eksploatacyjnego punktu widzenia. Wadą tego systemu była stopniowa redukcja prędkości dopuszczalnej, a co za tym idzie niepełne wykorzystanie przepustowości oraz przerywana praca układu hamulcowego (szarpanie).

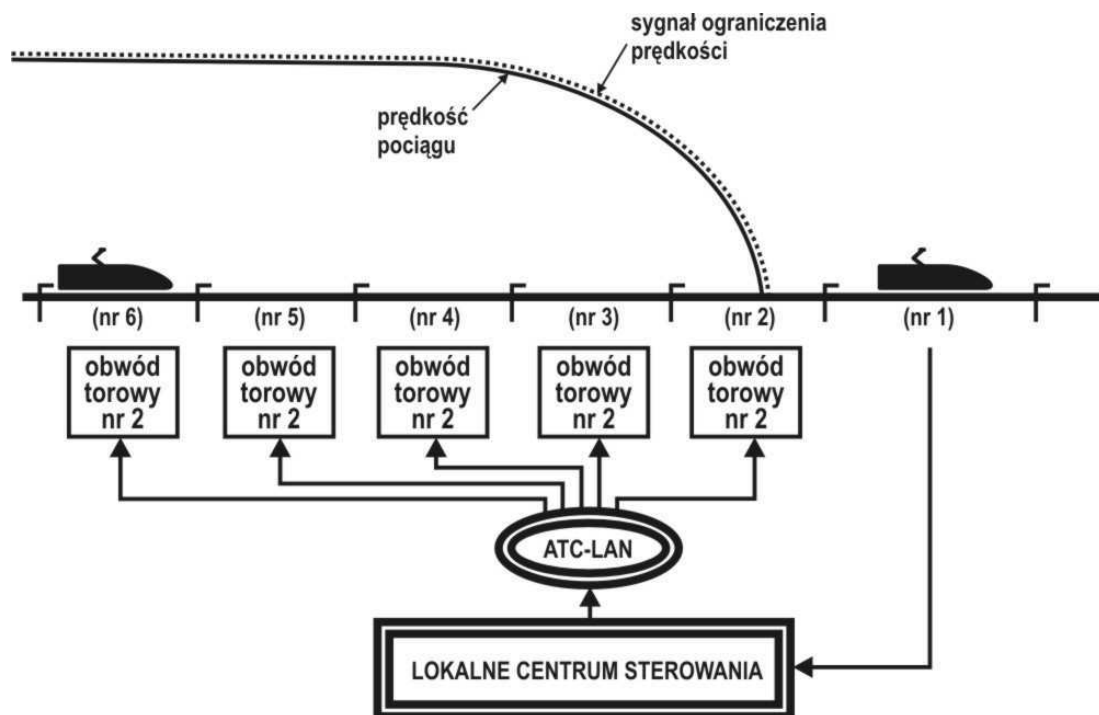
Tabela 1. Wartości częstotliwości modulujących, na podstawie [4].

częstotliwość	prędkość	uwagi
10 Hz	210 km/h	prędkość maksymalna
15 Hz	160 km/h	wartość krzywej hamowania, oraz prędkość w przypadku wolnego jednego odstępów blokowych przed pociągiem
22 Hz	96 km/h	wartość na krzywej hamowania
29 Hz	54 km/h	prędkość w pierwszej połowie odstępów blokowych przed zajęciem odstępem
36 Hz	30 km/h	prędkość w drugiej połowie odstępów blokowych przed zajęciem odstępem
0 Hz	0 km/h	niemodulowany sygnał przekazywany w odległości 50 m przed miejscem zatrzymania

Kompania JR East (Japan Railway East - operator wschodniej części japońskiej sieci kolejowej) zdecydowała się na modernizację starego systemu polegającą na wprowadzeniu optymalnego, bezstopniowego sterowania hamowaniem pociągu. Nowy system nosi nazwę Digital Communication & Control for Shinkansen –ATC, w skrócie DS-ATC. Ideę działania nowego systemu ilustruje rysunek 5.

Zasada działania jest następująca. Lokalne centrum sterowania – komputer naziemny wykrywa odstęp blokowy (nazywany odstępem zatrzymania) po którym pociąg nie może kontynuować jazdy ze względu na znajdujący się przed nim odcinek toru zajęty przez inny pociąg. Na podstawie posiadanych parametrów system wybiera możliwą do zrealizowania krzywą hamowania oraz punkt w którym hamowanie powinno zostać rozpoczęte. Podczas zbliżania się do punktu zatrzymania pociąg rozpocznie hamowanie w wyznaczonym miejscu realizując założoną wcześniej krzywą hamowania. Bieżąca kontrola poprawności hamowania realizowana jest przez komputer pokładowy na podstawie wskazań odometru oraz poprzez pozycjo-

nowanie w torze za pomocą ułożonych między szynami transponderów (balis), [5]. Działanie nowego systemu opiera się na przesyłaniu do pojazdu telegramów binarnych, zatem ze względu na ograniczenie zakłóceń celowe wydaj się przejście z transmisji szynowej na transmisję przewodową.



Rys. 5. Nowy system ATC-DS Kolei Japońskich, [5].

Zasada działania jest następująca. Lokalne centrum sterowania – komputer naziemny wykrywa odstęp blokowy (nazywany odstępem zatrzymania) po którym pociąg nie może kontynuować jazdy ze względu na znajdujący się przed nim odcinek toru zajęty przez inny pociąg. Na rysunku 5 odstęp na którym powinno dojść do zatrzymania pociągu to odstęp – obwód torowy nr 2. Na podstawie posiadanych parametrów system wybiera możliwą do zrealizowania krzywą hamowania oraz punkt w którym hamowanie powinno zostać rozpoczęte. Podczas zbliżania się do punktu zatrzymania pociąg rozpocznie hamowanie w wyznaczonym miejscu realizując założoną wcześniej krzywą hamowania. Bieżąca kontrola poprawności hamowania realizowana jest przez komputer pokładowy na podstawie wskazań odometru oraz poprzez pozycjonowanie w torze za pomocą ułożonych między szynami transponderów (balis), [5]. Działanie nowego systemu opiera się na przesyłaniu do pojazdu telegramów binarnych, zatem ze względu na ograniczenie zakłóceń celowe wydaj się przejście z transmisji szynowej na transmisję przewodową.

System TVM (Francja)

Na francuskich kolejach dużych prędkości od początku pracuje system z ciągłą transmisją informacji szynami o nazwie Transmission Voie Machine – w skrócie TVM. Do tej pory opracowano dwie generacje systemu. Nowsza - TVM 430 pracuje na linii EuroStar (tunel pod kanałem La Manche), LGV Nord, LGV Méditerranée i LGV Est européenne. Starsza – TVM 300 na liniach LGV Atlantique i LGV Sud-Est. Linia LGV Rhône-Alpes jest podzielona na dwie części. Jedna używa starszego systemu TVM 300, druga - nowszego TVM 430. Podział ten zapewnia możliwość kursowania starszych składów z systemem TVM 300 na odcinku Paryż – Grenoble.

Główne założenia systemu wpisują się w ogólny charakter linii dużych prędkości i są następujące:

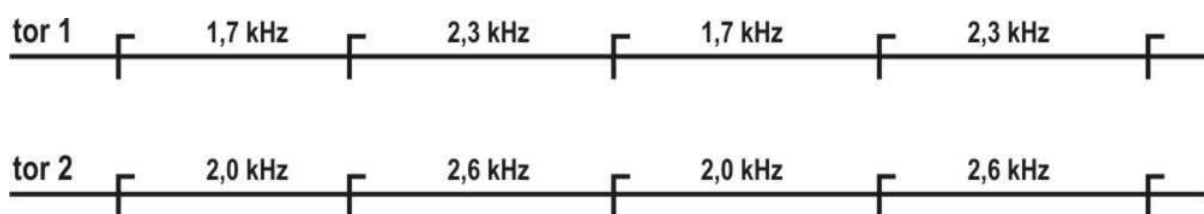
- wszystkie zespoły trakcyjne kursujące na linii mają tę samą charakterystykę hamowania;
- nie występują stałe ograniczenia prędkości;
- nie występują jednopoziomowe skrzyżowania z drogami.
-

Charakterystyczną cechą systemu TVM jest ostatnie założenie:

- długości odstępów blokowych uwzględniają profil linii.

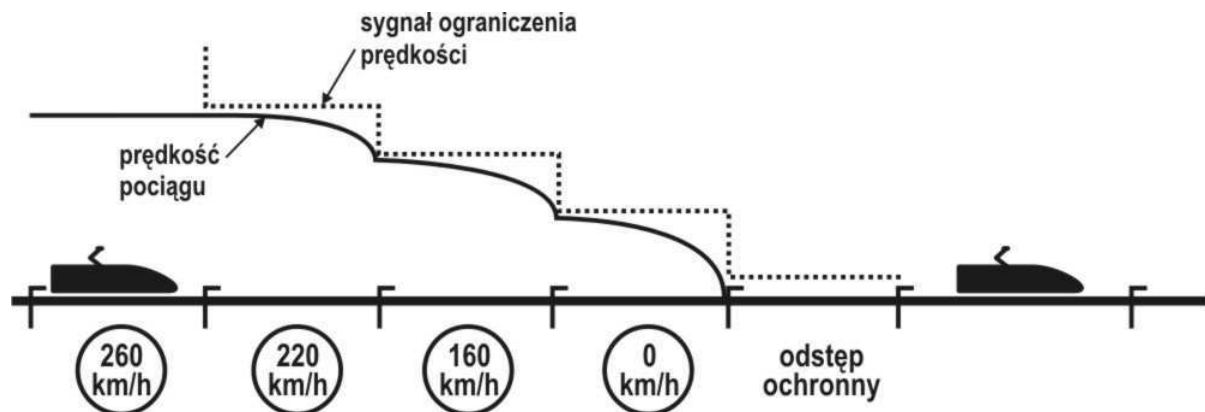
Odstępy blokowe położone na podjazdach są krótsze, a odstępy położone na zjazdach dłuższe od normalnych odstępów blokowych na torze płaskim, których długość wynosi 2093 m, [4]. Takie założenie wykorzystuje charakter profilu podłużnego trasy do zwiększenia przepustowości linii.

Różnica między systemem TVM 300 a TVM 430 polega na sposobie przekazywania informacji. W rozwiązaniu starszym informacje przekazuje się poprzez modulację częstotliwościową sygnału nośnego zasilającego obwód torowy. Rozkład częstotliwości nośnych pokazano na rys. 6.



Rys. 6. Częstotliwości nośne na kolejnych odstępach blokowych linii LGV.

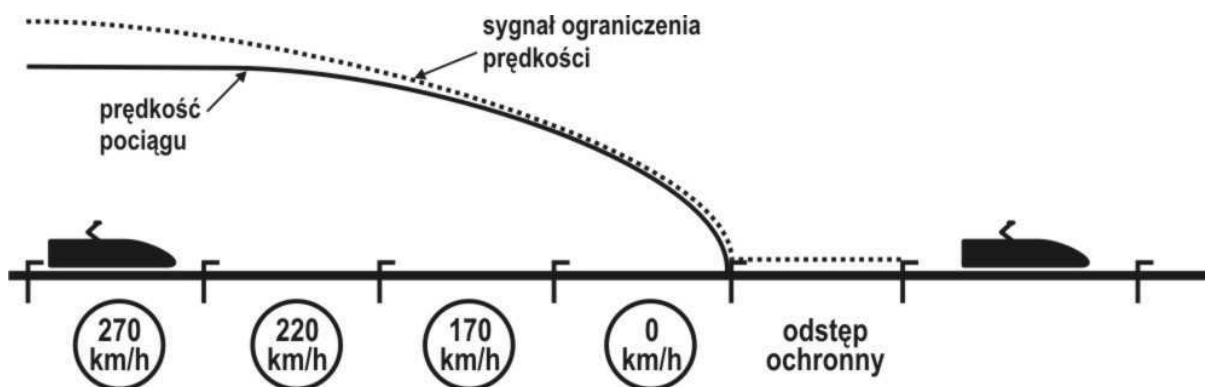
Każdemu stopniowi prędkości przypisana jest konkretna częstotliwość modulacji z przedziału 10, - 29 Hz. Częstotliwości modulacji różną się między sobą o 1,1 Hz, a zbiór stopni prędkości składa się z 18 elementów. Ponadto w systemie TVM 300 występują także pętle przewodowe o długości 10 m umieszczone na końcu każdego odstępu blokowego służące do punktowego przekazywania dodatkowych informacji za pomocą modulacji częstotliwościowej



Rys. 7. System TVM 300, [4].

Działanie systemu podczas zbliżania się do zajętego odcinka ilustruje rysunek 7. System francuski w porównaniu do japońskiego wprowadza dodatkowy wolny odstęp blokowy przed zajęciem odcinka toru z możliwością wjazdu na ten odcinek z prędkością nie przekraczającą 30 km/h.

Podstawowym założeniem modernizacji systemu TVM 300 było zmniejszenie minimalnego czasu między pociągami. Nowy system TVM 430 skrócił ten czas z 5 do 3 minut, przy zwiększeniu prędkości maksymalnej do 300 km/h. Ponadto zastosowano bezstopniową krzywą prędkości co wpływa na uspokojenie biegu pociągu i lepsze wykorzystanie energii trakcyjnej – rysunek 8. System TVM 430 także wykorzystuje jeden wolny odstęp ochronny przed pociągiem poprzedzającym, z możliwością zajęcia tego odstępu z prędkością jazdy nie większą niż 30 km/h.



Rys. 8. System TVM 430, [4].

Transmisja w systemie TVM polega na przesyłaniu telegramów binarnych z toru do pojazdu. System wykorzystuje 27 częstotliwości modulujących częstotliwość nośną nadawaną za pośrednictwem szyn na bieżącym odcinku. Każdej z częstotliwości modulujących przypisany jest jeden bit. Przez kombinację obecności lub braku jednej z 27 częstotliwości składowych tworzy się 27 bitowy telegram binarny [6]. Najważniejszą zaletą zastosowanej w tym rozwiązaniu metody jest równoległe nadawanie wszystkich bitów, a co za tym idzie znaczne skrócenie czasu rozpoznania i obróbki informacji. Telegram zawiera w sobie następujące informacje [4]:

- tryb pracy (w zależności od rodzaju linii);
- prędkości (maksymalną na danym odcinku, docelową na końcu bieżącego odcinka, docelową na końcu następnego odcinka);
- odległość i pochylenie toru (służące do obliczania krzywej prędkości).

Każdy telegram zawiera w sobie zabezpieczenie kodowe zajmujące ostatnie 6 bitów (częstotliwości modulujących). Dodatkowo system TM 430 stosuje się transmisję punktową dodatkowych informacji. Transmisja ta odbywa się za pośrednictwem krótkich pętli przewodowych zlokalizowanych na końcach odcinków. Przekazywanie dodatkowych informacji w odróżnieniu od starszego systemu TVM 300 odbywa się za pomocą modulacji fazowej.

Istniejące systemy a ETCS

Zgodnie z aktualnymi wytycznymi Unii Europejskiej dotyczącymi zapewnienia pełnej interoperacyjności kolei na szlakach międzynarodowych ma zostać wdrożony uniwersalny trójpoziomowy system ETCS. Biorąc pod uwagę maksymalne prędkości jazdy pociągów w opisanych powyżej systemach odpowiednikiem tych systemów jest ETCS poziomu 2 dedykowany dla linii kolejowych na których kursują pociągi z prędkością do 300 km/h.

Opisane powyżej systemy można podzielić ze względu na drogę transmisji informacji – pętlami przewodowymi lub szynami, oraz ze względu na charakter krzywej ograniczenia prędkości – ciągła lub schodkowa. Transmisja tor-pojazd odbywa się w tych systemach wyłącznie z wykorzystaniem toru lub urządzeń umieszczonych w torze, a zajętość odcinków blokowych jest badana za pośrednictwem obwodów torowych lub liczników osi.

W przypadku systemu ETCS poziomu 2 stan zajętości toru nadal pozostaje realizowany przez obwody torowe lub liczniki osi, natomiast transmisja tor-pojazd jest realizowana za pomocą

komunikacji radiowej GSM-R w paśmie 900 MHz, zapewniającej poza przesyłem informacji dotyczących prędkości także:

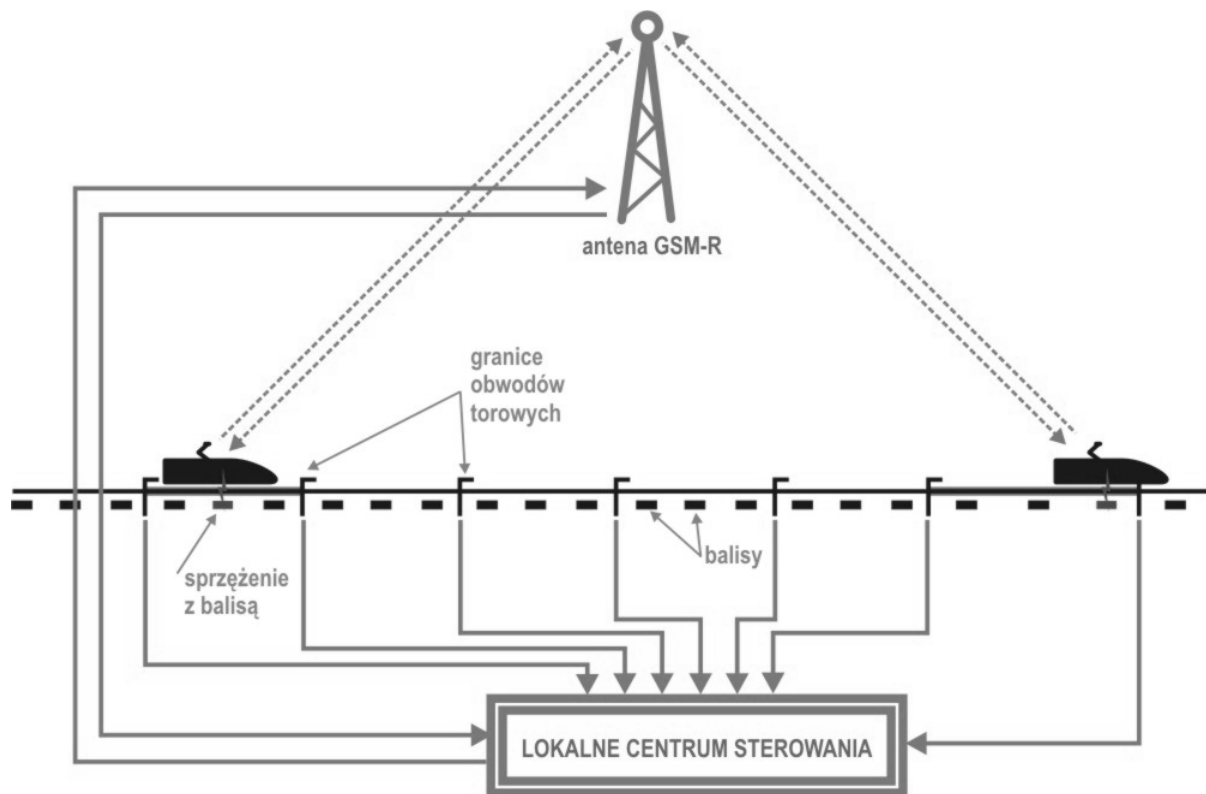
- rozgłaszanie komunikatów głosowych - jednocześnie do wielu odbiorców
- połączenia priorytetowe - rozłączają poł. o mniejszym priorytecie
- adresowanie zależne od funkcji lub lokalizacji, (np. wg numeru pociągu, rozkładu jazdy, nastawni, centrum sterowania)
- SMS-y (o treściach predefiniowanych)
- intercom (np. między maszynistą a kierownikiem pociągu)
- połączenia alarmowe (zestawiane do 1 s)
- rozmowy ogólne, fax (jako usługi dla pasażerów).

System ETCS poziomu 2 umożliwia dokładniejszą lokalizację pociągu w stosunku do istniejących systemów. Dotychczas stosowane urządzenia umożliwiały określenie położenia pociągu z „rozdzielczością” równą długości obwodów torowych odstępów blokowych. ETCS poziomu 2 wykorzystuje dodatkowo montowane w torze balisy (niezasilane i niesterowane elementy bierne, pokazane na rysunku 9) oraz odometry w które wyposażone są pociągi.



Rys. 9. Balisa [8].

Zainstalowana w każdym składzie pokładowa część systemu rejestruje przejazd pociągu nad kolejnymi balisami. Informacja o pokonanych balisach wraz zdanymi pochodzącymi z odometru (pomiar drogi) pozwala na określenie pociągu na szlaku z dokładnością do pojedynczych metrów. Tak dokładna lokalizacja umożliwia wprowadzanie ruchomych odstępów blokowych, a co za tym idzie maksymalnie wykorzystuje przepustowość linii kolejowej. Ogólną zasadę działania systemu ilustruje rysunek 10.



Rys. 10. ETCS poziom 2.

Zgodnie z założeniami system ETCS jest systemem nakładanym na istniejące urządzenia dotychczas używane przez różne zarządy kolejowe. System ten częściowo bezpośrednio wykorzystuje istniejącą już infrastrukturę (np. obwody torowe), a także całe istniejące już miejscowe systemy ATP za pośrednictwem urządzeń STM (Specific Transmission Module, *ang. Moduły Specjalnej Transmisji*) mających za zadanie „tłumaczenie” stanu istniejących urządzeń (LZB, TVM, SHP) na potrzeby funkcjonowania ECTS.

Zgodnie z *Programem budowy i uruchomienia przewozów Kolejami Dużych Prędkości w Polsce* opracowanym przez Międzyresortowy Zespół ds. Kolei Dużych Prędkości polska sieć szybkich kolei zostanie wyposażona w system ETCS poziomu 2, [7]. Ponieważ na kolejach polskich nie wykształcił się dotąd żaden system sygnalizacji kabinowej polska Kolej Dużych Prędkości od razu zostanie wyposażona w urządzenia ETCS poziomu 2.

Bibliografia:

1. H. Sporleder, Continuous automatic train control and cab signalling with the LZB 80 Siemens AG, Railway Signalling Div., Braunschweig
Main Line Railway Electrification, 1989
2. H. Uebel, Signalling System for German High Speed Lines,
Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, Germany,
"1989 International Conference on Main Line Railway Electrification"
3. wikipedia.en
4. K. Bergiel, H. Karbowski, Automatykacja Prowadzenia Pociągu
EMI-PRESS Łódź, Łódź 2005
5. T. Sato, Y. Shimadate, T. Okamiya, I. Shimada, Y. Tobita,
The Shinkansen automatic train control system which permits the different
train control signal, Proceedings of the 2nd International Workshop on Autonomous
Decentralized System, Beijing 2002
6. P. Robins, Controlling Le Shuttle signaling for the Channel Tunnel
IEE Review, July 1993
7. Program budowy i uruchomienia przewozów Kolejami Dużych Prędkości w Polsce
Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa 2008
8. janroembach.de