

Systemy ATP/ATC a sytuacja PKP w tym zakresie

W artykule, nawiązującym do artykułu z *tts* 4/2001, przedstawiony zostanie pogląd autorki na stan obecny i perspektywy rozwojowe systemów ATP/ATC w krajach zaawansowanych technicznie oraz sytuację i potrzeby PKP w tym zakresie.

Bezpieczeństwo jazdy pociągu zapewniają urządzenia, które ułatwiają maszyniście prowadzenie pociągu przez odpowiednie wskazania na pulpicie, a w przypadku niewłaściwych jego działań, automatycznie realizują ograniczenia prędkości na linii. Systemy kontroli prowadzenia pociągu przechodzą obecnie proces przemian – od prostych urządzeń powtarzania sygnałów sygnalizatorów przytorowych w kabinie maszynisty, do urządzeń stanowiących integralną część złożonych systemów sterowania.

Obecnie nowoczesne systemy gwarantujące bezpieczną jazdę pociągu to systemy ATP (Automatic Train Protection), w nazewnictwie polskim AOP (Automatycznego Ograniczenia Prędkości lub Automatycznego Zabezpieczenia Pociągu) oraz bardziej rozwinięte systemy sterowania pociągami ATC (Automatic Train Control), co odpowiada uzupełnieniu systemu AOP o system AJP (Automatycznej Jazdy Pociągu).

Podstawowym zadaniem systemu ATP jest niedopuszczenie do wjazdu pociągu na zajęte odcinki toru i do przekroczenia dopuszczalnej prędkości jazdy. Urządzenia systemu ATP składają się z urządzeń przytorowych i pojazdowych. Rolą urządzeń przytorowych jest zebranie, przetworzenie i wysłanie odpowiednio uformowanych informacji niezbędnych do realizacji zadań systemu. Urządzenia przytorowe współpracują z układami srk, a przede wszystkim z urządzeniami lokalizacji pociągu na szlaku. Urządzenia pojazdowe, na podstawie informacji odebranych z toru oraz informacji generowanych w pojeździe, wypracowują sygnały sterujące wskaźnikami na pulpicie maszynisty i urządzeniami napędowo-hamulcowymi lokomotywy.

Zasada działania systemów ATP

Podstawą działania systemu ATP jest proces przekazywania informacji z urządzeń przytorowych do pojazdowych. Stosuje się urządzenia:

- punktowego przekazywania informacji (balisy, krótkie pętle),
- ciągłego przekazywania informacji (toki szynowe, pętle przewodu, łączność radiowa),
- mieszane (punktowo-ciągłe).

Zastosowanie punktowego przesyłania informacji stawia koncepcji systemu ATP pewne ograniczenia związane z tym, że informacje są przesyłane tylko w pewnym ograniczonym przestrzennie miejscu toru i są dla pojazdowych urządzeń odbiorczych aktualne aż do odebrania następnych w kolejnym punkcie. Przy transmisji ciągłej uaktualnianie przesyłanych informacji odbywa się z założonym odstępem czasu (np. kilka milisekund), co jest szczególnie istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa ruchu, gdyż umożliwia bezwłoczną reakcję na zmianę sytuacji na linii kolejowej.

W eksploatowanych obecnie na świecie kolejowych nowoczesnych systemach ATP stosowane są różne kanały transmisji danych do pojazdu:

- punktowy – np. system ZUB firmy Siemens, system EBI-CAB firmy ABB Signal (Adtranz);
- ciągły obwodem szynowym – np. system TVM na liniach TGV, system Shinkansen (Japonia);
- ciągły obwodem przewodowym – np. system LZB firmy Siemens.

Wiele różnorodnych nowoczesnych systemów ATP występuje na liniach kolei podziemnych (np. linie metra w Paryżu, Amsterdamie, Berlinie, Wiedniu, Warszawie itd.), stosuje się tam transmisję ciągłą obwodem przewodowym.

W nowoczesnych systemach ATP informacje przekazywane do pojazdu tworzą telegramy binarne o stałych długościach i strukturze, odpowiednio zabezpieczone kodowo przed błędami. Sygnał transmisyjny ma na ogół postać cyfrowej modulacji częstotliwości FSK.

Systemy oparte o transmisję balisami charakteryzują się dużą pojemnością informacyjną. Wynika to z wartości stosowanych częstotliwości sygnału transmisyjnego. W systemie EBICAB-900 sygnał FSK przesyłany jest z częstotliwością 4,5 MHz, a część informacyjna telegramu zawiera 180 bitów, zaś w systemie ZUB przy częstotliwości 850 kHz i sygnale FSK przesyła się 96 bitów informacyjnych.

Systemy oparte o ciągłe przekazywanie informacji z toru do pojazdu charakteryzują się krótszymi telegramami i wykorzystują różne postacie i parametry sygnału transmisyjnego.

Transmisja obwodem szynowym na liniach TGV z systemem TVM-300 [2] wykorzystuje sygnał z zakresu $1700 \div 2600$ Hz modulowany jedną z 18 wartości częstotliwości z zakresu $10,3 \div 29$ Hz, w zależności od przekazywanej informacji. W celu zwiększenia liczby informacji opracowano system TVM-430 [3], w którym zastosowano transmisję równoległą telegramu binarnego, przy tych samych częstotliwościach nośnych. Na liniach kolei japońskich Shinkansen

[9,13] zastosowano częstotliwości nośne z przedziału 720 ÷ 1020 Hz i modulację sygnału, w której wartość częstotliwości modulującej odpowiada przesyłanej informacji. Linie metra w miastach Rosji, w Londynie, Marsylii i innych wyposażone są w systemy ATP z transmisją obwodem szynowym z niskimi częstotliwościami nośnymi, nie przekraczającymi 1 kHz i nie modulowanym sygnałem [8], gdzie wartość częstotliwości sygnału odpowiada przesyłanej informacji. Są to rozwiązania starsze i prostsze.

Rozwiązania w pełni nowoczesne to system kolei niemieckich LZB [4,6] z transmisją obwodem przewodowym oraz systemy pochodne zastosowane na liniach metra Monachium, Berlina, Wiednia i Amsterdamu. Informacje uformowane są w postaci telegramu binarnego i przesyłane, zgodnie z zaleceniami ORE (obecnie ERTMS) dla tego rodzaju obwodu [14], sygnałem FSK z szybkością modulacji 1200 bodów, częstotliwością nośną 36 kHz i dewiacją 0,6 kHz. Również nowoczesny system ATP z transmisją telegramu binarnego obwodem przewodowym sygnałem FSK 36 ±0,6 kHz i szybkością 1200 bodów zastosowano na pierwszej linii metra w Warszawie. Inne nowoczesne rozwiązania z transmisją przewodem to systemy francuskiej firmy Matra, zastosowane na liniach metra w Paryżu, Lille, Budapeszcie i kilku miastach Ameryki Płd. Transmisja odbywa się przy częstotliwości 135 kHz. W rozwiązaniach tych, dzięki specjalnemu ułożeniu pętli przewodowych, uzyskano zawarty w torze program jazdy pociągów.

System ATP zapewnia bezpieczeństwo przez ciągłe wypracowywanie dla każdego pociągu tzw. prędkości bezpiecznej, ciągłe porównywanie jej wartości z prędkością rzeczywistą i odpowiednie do wyniku tego porównania sterowanie urządzeniami napędowo-hamulcowymi. Inna jest zasada wypracowywania prędkości bezpiecznej dla linii, na której występuje ruch jednorodny (np. wydzielone linie dla ruchu pasażerskiego, linie podmiejskie i metra), a inna dla linii, po której jeżdżą pociągi różniące się zdolnościami hamulcowymi, prędkościami maksymalnymi i długościami.

W pierwszym przypadku wystarczy zastosować kilku-stopniowe ograniczanie prędkości od wartości maksymalnej do zera (np. w metrze w Warszawie – 5 stopni) i każdemu odstępowi blokowemu przypisać wartość stopnia prędkości, zależną od sytuacji ruchowej i odległości odstępu do miejsca lokalnego ograniczenia prędkości. Pociąg wjeżdżający na odstęp blokowy będzie jechał bez reakcji systemu, jeśli jego prędkość na tym odstępie w żadnym miejscu nie przekroczy wartości stopnia prędkości. W rozwiązaniu tym krzywa prędkości bezpiecznej jest zatem krzywą schodkową.

Dla ruchu niejednorodnego prędkość bezpieczna jest wyliczana indywidualnie dla każdego pociągu na podstawie danych dotyczących tego pociągu i danych o ograniczeniach prędkości (sytuacja ruchowa, ograniczenia torowe). W tym przypadku krzywa prędkości bezpiecznej jest ciągłą.

Zasada wypracowywania prędkości bezpiecznej wpływa na liczbę informacji niezbędnych do działania pojazdowej jednostki logicznej, a więc na długość telegramów przesyłanych do pojazdu. W przypadku ruchu jednorodnego telegramy są krótkie, przesyła się w nich wartość stopnia prę-

kości. W przypadku ruchu niejednorodnego telegram jest dłuższy i zawiera zestaw danych dotyczących ograniczeń prędkości znajdujących się w „zasięgu elektrycznej widoczności systemu”, zawierający wartość ograniczenia, odległość do miejsca jego występowania i pochylenie toru.

Podsumowując, poszczególne rozwiązania systemów ATP opracowane przez poszczególne firmy i ośrodki różnią się koncepcją ogólną, realizowanymi funkcjami, zakresem automatyzacji prowadzenia pociągu, rodzajem zastosowanego kanału i sygnału transmisyjnego. Różna jest również współpraca tych systemów z urządzeniami kontroli zajętości torów. Jest to dość istotny problem, gdyż każdy system ATP, niezależnie od poziomu jego zaawansowania technicznego i realizowanych funkcji wykorzystuje dane o zajętości odstępów blokowych w zasięgu elektrycznej widoczności systemu.

System ETCS/ERTMS

Nowe technologie, które rozwinęły się w latach 90., stworzyły nową perspektywę działania systemów sterowania pociągami. Dotyczy ona przede wszystkim zastosowania łączności radiowej zarówno do lokalizowania pociągu na szlaku, jak i dwukierunkowego przekazywania informacji między pociągami a centrum sterowania, na czym oparty byłby przyszłościowy system ATC. Wizja takiego systemu wychodzi naprzeciw potrzebom nowoczesnej zintegrowanej kolei, której problemem jest interoperacyjność, tj. działanie kolei niezależnie od istniejących granic państwowych.

Powstał, sponsorowany przez Unię Europejską, projekt ETCS (European Train Control System) jako próba stworzenia jednolitych standardów technicznych dla europejskiego systemu sterowania pociągami dla linii międzynarodowych dużych prędkości, akceptowanego przez wszystkie koleje europejskie.

Prace nad systemem ETCS są daleko zaawansowane. Opracowano podstawowe specyfikacje, trwają próby na wybranych odcinkach linii w Hiszpanii, Niemczech, we Włoszech, Francji, Austrii, na Węgrzech, a także w Bułgarii. Sprawdza się możliwość zastosowania ETCS na liniach, po których jeżdżą pociągi wyposażone w urządzenia LZB, TVM i BACC. ETCS jest projektem rozłożonym na wiele etapów i stanowi część docelowego systemu ERTMS (European Rail Traffic Management System).

W zakresie przesyłania sygnałów do pojazdów system ETCS przewiduje balisy, pętli przewodowe i łączność radiową [10]. Na pierwszym poziomie zastosowania ETCS przewiduje się balisy, z ewentualnym uaktualnianiem informacji zmiennych przez przesyłanie ich pętlą przewodową. Na drugim poziomie, oprócz balis jako punktów lokalizacji miejsca znajdowania się pociągu na szlaku, do transmisji stosowana będzie radiolączność między pociągami a radiowym centrum sterowania RBC, która pozwala również przysłać dane z pociągu do urządzeń stacyjnych. Poziom drugi wykorzystuje konwencjonalne technologie kontroli niezajętości (obwody torowe lub liczniki osi). Na trzecim poziomie ETCS zastosowana będzie również łączność radiowa oraz ruchomy odstęp blokowy, uzupełniony pokładowymi urządzeniami

kontroli ciągłości składu pociągu. Na tym poziomie zatem rezygnuje się z tradycyjnych torowych urządzeń kontroli stanu niezajętości toru i sztywnego podziału linii na odstępy blokowe. Po linii wyposażonej w trzeci poziom ETCS nie będzie mógł poruszać się żaden pojazd nie wyposażony w odpowiednie urządzenia.

Badania nad zastosowaniem łączności radiowej do przekazywania informacji w relacji tor – pojazd trwały od lat, jednak bez efektów wdrożeniowych [7]. Gwałtowny rozwój telefonii ruchomej GSM (Global System for Mobile Communication) dał nowy impuls tym badaniom. Międzynarodowy Związek Kolei (UIC) zdecydował adaptować technologię łączności komórkowej GSM i przyjął na jej bazie standard kolejowej łączności radiowej dla Europy EIRENE (European Integrated Radio Enhanced Network). Kolejową łączność radiową GSM-R będzie wykorzystywał system ETCS, w jego najbardziej zaawansowanej postaci, do ciągłej transmisji danych między pociągiem a centrum sterowania. Obecnie na pilotowych odcinkach kolei szwajcarskich i włoskich prowadzi się badania terenowe i symulacyjne wydajności transmisji danych GSM dla systemu ETCS w warunkach normalnych, jak i krytycznych jeśli chodzi o ukształtowanie terenu i prędkości pociągu [5]. Wyniki tych badań wykażą czy łączność radiowa może być stosowana w każdych warunkach.

Tak więc w chwili obecnej należy traktować łączność radiową jako przyszłość transmisji danych między torem a pojazdem, ale jeszcze odległą. Przytoczyć tu należy notatkę wydrukowaną w IRJ 9/1999 informującą o rezygnacji przez koleje niemieckie (DB) z wprowadzenia drugiego poziomu ETCS, opartego na łączności radiowej i znajdującego się jeszcze w stadium testów, na nowo budowanej linii dużych prędkości Kolonia – Frankfurt n/Menem. Zamiast ETCS zainstalowany tam będzie system LZB 80, stosowany już na innych liniach dużych prędkości w Niemczech

Należy podkreślić, że projekt ETCS nie ogranicza stosowania krajowych rozwiązań systemów ATP/ATC i uwzględnia współdziałanie z różnymi systemami istniejącymi na europejskich liniach. Przewiduje się stosowanie specjalnych modułów transmisyjnych STM (Specific Transmission Modules), które będą odbierały informacje przy jeździe na szlakach z działającym lokalnym systemem oddziaływania na pociąg i zamieniały odebrane sygnały na „język” ETCS.

Stan w Polsce

Sytuacja PKP w zakresie urządzeń bezpiecznej jazdy jest niedobra, a wyposażenie linii PKP w urządzenia tego typu jest bardzo skromne. Eksploatuje się tzw. nie uzależnione urządzenia shp (samoczynnego hamowania pociągu), oparte o najprostsze punktowe oddziaływanie z toru na pojazd, nie związane z sytuacją ruchową. Urządzenia te ograniczają się do sprawdzenia czujności maszynisty przed semaforem i jedynie w niewielkim stopniu poprawiają bezpieczeństwo jazdy. Istnieje zatem potrzeba wdrożenia na PKP systemu ATP na miarę nowoczesnej kolei.

Przedstawione prace nad standaryzacją sterowania pociągami w skali Europy nie powinny, zdaniem autorki, ograniczać rozwoju krajowego systemu ATP/ATC. Potrzeba stan-

daryzacji dotyczy przede wszystkim linii międzynarodowych, a względy ekonomiczne sprawiają, że wdrożenie na nich systemu ETCS jest odległą perspektywą. Linie krajowe wymagają urządzeń zwiększających bezpieczeństwo jazdy, tym bardziej, że PKP planują wzrost prędkości kursowania pociągów po tych liniach. W obecnych warunkach bardziej realne jest wyposażenie ich w prostszy niż ETCS system ATP, z transmisją informacji wzdłuż toru skierowaną do jednego pociągu, przystosowany do współpracy z pojazdami z urządzeniami ETCS.

Na PKP prowadzono badania dwóch systemów kontroli prowadzenia pociągu [1]: systemu EBICAB 900 firmy Adtranz i systemu KHP opracowanego przez CNTK. System EBICAB należy do klasy systemów ATP i przeznaczony jest dla linii dużych prędkości. Jego działanie opiera się o punktową transmisję telegramów binarnych do pojazdu za pośrednictwem balis. System KHP projektowany był dla linii o prędkościach do 160 km/h i opierał się na kilku kanałach przekazywania informacji – obwód szynowy, krótka pętla przewodu i elektromagnes shp. Informacje przekazywane obwodem szynowym tworzyły kod amplitudowo-czasowy.

System EBICAB, który został zaprojektowany dla kolei fińskich, wymagał dostosowania do przepisów i warunków PKP [1]. Ponadto stwierdzono, że punktowe przekazywanie informacji o stanie semafora może prowadzić do ograniczenia przepustowości linii, zwłaszcza przy ruchu niejednorodnym. Wyniki testowania systemu KHP na próbnym odcinku magistrali węglowej wykazały wiele jego mankamentów. Obecnie PKP nie przewiduje dalszych badań, ani stosowania tych systemów.

W Zakładzie Trakcji Elektrycznej Politechniki Łódzkiej prowadzone są od lat prace naukowo-badawcze z zakresu systemów ATP, które zaowocowały wdrożeniem systemu typu ATP dla metra w Warszawie i różnymi wariantami modeli terenowych nadajników i odbiorników systemów dla linii kolejowych. Wszystkie opracowane w Zakładzie Trakcji PŁ systemy oparte są na ciągłej transmisji informacji w postaci binarnego telegramu i zostaną omówione w kolejnym artykule. Prace nad systemem automatycznego zabezpieczenia pociągu ATP dla PKP połączono z opracowaniem kodowanego bezzłączowego obwodu torowego przystosowanego do transmisji szynami informacji do pojazdu.

Proponowany system ATP wykorzystuje szynowy obwód transmisyjny. Biorąc pod uwagę fakt, że zastosowanie transmisji radiowej jest w realnych warunkach PKP odległe w czasie, jest to, zdaniem autorów systemu, najodpowiedniejszy obwód transmisyjny dla PKP, umożliwiający ciągle przekazywanie do pojazdu danych o zmieniającej się sytuacji ruchowej. Dążenie kolei do zwiększania prędkości pociągów wymagało bardzo dobrego stanu technicznego toru, a więc dobre warunki przesyłu sygnałów elektrycznych szynami. Jednocześnie nowy tabor, wprowadzany na linie kolejowe i metra, wyposażony w przekształtniki energoelektroniczne, stanowi nowe źródło zakłóceń. Do tej sytuacji należy dostosować transmisję sygnałów na potrzeby kontroli niezajętości toru i systemów ATP.

Mimo zatem istniejącej perspektywy wprowadzenia na kolej nowej generacji urządzeń srk i transmisji radiowej między torem a pojazdem, celowe jest w warunkach PKP wdrożenie krajowego rozwiązania nowoczesnego bezzłączonego obwodu torowego i systemu ATP, opartego o obecne technologie, z ciągłą transmisją danych, dostosowanego do linii dużych prędkości z niejednorodnym ruchem pojazdów i przystosowanego do poziomu zakłóceń, jakie będzie wprowadzał nowoczesny tabor z silnikami asynchronicznymi.

□

Literatura

- [1] Gawroński J.: *Systemy kontroli prowadzenia pociągu testowane na sieci PKP*. Technika Transportu Szynowego 5/1998.
- [2] Guilleux B.: *La signalisation des lignes nouvelles, evolution vers la TVM 430*. Revue Generale des Chemins de fer 10/1991.
- [3] Guilloux J-P.: *TVM 430 enhances train control capacity*. Railway Gazette 8/1992.
- [4] Kern U., Sparlender K.: *LZB-eine zukunftsorientierte Eisenbahntechnische Rundschau* 9/1991.
- [5] Masur K-D.: *Przesyłanie danych do systemu ETCS drogą GSM*. Telekomunikacja i Sterowanie Ruchem 1/1998.
- [6] Priebe O., Schaper B., Voss H.J.: *Automatic Train Operation LZB 700*. Eisenbahntechnische Rundschau 1-2/1994.
- [7] Ryczer A.: *Systemy radiowe w transporcie kolejowym*. Przegląd Telekomunikacyjny 5-6/1995.
- [8] Semernik M.L., Sziszlakow A.W.: *Bystrodejstvujuszczaja avtomaticheskaja lokomotivnaja signalizacija dla metropolitenov*. Transport, Moskwa 1970.
- [9] Takashige T.: *Digital ATP will lift shinkansen capacity*. Railway Gazette 8/1992.
- [10] Winter P.: *Projekt ETCS (European Train Control System) przyszłych jednolitych europejskich rozwiązań systemów oddziaływania na pociąg*. Seminarium nt. Nowoczesne urządzenia sygnalizacji i telekomunikacji w sterowaniu ruchem kolejowym, Warszawa, czerwiec 1994.
- [11] Winter P.: *Pilot application will prove ETCS concept*. Railway Gazette International 8/1996.
- [12] Winter P., Frosig P., Sterner B.: *Dokumentacja UIC europejskiego systemu sterowania pociągami ETCS*. Telekomunikacja i Sterowanie Ruchem 1/1997.
- [13] Yoshida T.: *The latest technologies of shinkansen and future conception – the trend of Tokaido Shinkansen in electricity*. Japanese Railway Engineering 131/1994.
- [14] *Automatische Zugsteuerungssysteme in Europa und Nordamerika*. ORE, temat DT 221.
- [15] *Transmission of information between rail and motive power units*. ORE, temat A 46.

I Międzynarodowa Konferencja

Telematyka systemów transportowych

Katowice-Ustroń, 14–16.11.2001 r.

- **Systemy monitorowania ruchu, urządzenia teletransmisji**
- **Symulacja systemów transportowych**
- **Modelowanie i sterowanie w systemach rozproszonych**
- **Bezpieczeństwo w zarządzaniu systemami transportowymi**
- **Standaryzacja telematycznych systemów transportowych**

Organizator:

Instytut Transportu Politechniki Śląskiej

Współpraca:

Ministerstwo Transportu i Gospodarki Morskiej

Polska Akademia Nauk, Komisja Transportu

Polskie Koleje Państwowe

Polskie Towarzystwo Telematyczne

Uniwersytet Techniczny w Ostrawie

Patronat prasowy:

Telekomunikacja i Sterowanie Ruchem

Informacje:

tel./fax (0-32) 255 21 79, e-mail: zaitk@polsl.katowice.pl