

Kierunki prac i osiągnięcia Politechniki Łódzkiej w zakresie systemów ATP i kontroli zajętości toru

W artykule przedstawiono kierunki badań i dorobek Zakładu Trakcji Elektrycznej Politechniki Łódzkiej w zakresie systemów automatycznego prowadzenia pociągu oraz kontroli zajętości torów. Przedstawiono jednocześnie punkt widzenia, będący głosem w dyskusji na temat rozwiązania tych problemów w warunkach PKP, czego pilną potrzebę wykazały artykuły przedstawione w poprzednich numerach *tts*.

W Zakładzie Trakcji Elektrycznej Politechniki Łódzkiej od lat prowadzi się prace naukowo-badawcze nad zagadnieniami, które można umiejscowić na styku dwóch szerokich dziedzin naukowych, jakimi są sterowanie ruchem kolejowym i trakcja elektryczna. Do tych zagadnień należą systemy automatycznego ograniczania prędkości i prowadzenia pociągu ATP/ATC, powiązane z urządzeniami kontroli zajętości torów. W tak szerokim obszarze zagadnień zajmujemy się przede wszystkim problemami zrealizowania bezpiecznej, niezawodnej i dostosowanej do potrzeb systemu transmisji informacji między przytorowymi urządzeniami stałymi a ruchomymi pojazdami.

We wszystkich, prowadzonych w Politechnice Łódzkiej, pracach w tej dziedzinie przyjęto podstawowe założenie, że informacje niezbędne do funkcjonowania pojazdowych urządzeń systemu ATP/ATC tworzą uporządkowany telegram binarny z odpowiednim zabezpieczeniem kodowym i przekazywane są obwodami ciągłego przesyłania sygnałów wzdłuż toru kolejowego (toki szynowe, pętla przewodowa).

Prace w dziedzinie ciągłej transmisji danych do pojazdu rozpoczęto od systemu ATP przeznaczonego dla warunków kolejowych, opartego o wytyczne ORE (obecnie ERTMS), tj. przewód ułożony w torze i sygnał 36 kHz z cyfrową modulacją częstotliwości FSK. Prace były z góry skazane na niepowodzenie, gdyż w warunkach polskich w otwartym torze kolejowym nie do przyjęcia było stosowanie przewodu międzyszynowego. Jednak zdobyte doświadczenia wykorzystano i rozwinięto opracowując następne systemy transmisyjno dla kolei i metra.

Kolejnym zadaniem było opracowanie urządzeń transmisyjnych stacjonarnych i pojazdowych systemu automatycznego ograniczania prędkości AOP KRR, przeznaczonego dla Kolei Ruchu Regionalnego w aglomeracji górnośląskiej. Prace te doprowadzono do etapu badań terenowych modeli. Jako podstawowy obwód transmisyjny przyjęto obwód szynowy, odpowiadający długości obwodowi kontroli zajętości toru. Obwody torowe w aglomeracji górnośląskiej, będące w nie najlepszym stanie technicznym, mogły nie spełniać odpowiednich warunków transmisyjnych. Wobec tego jako drugi wariant obwodu przyjęto obwód szynowo-kablowy. Obwód ten stanowi odcinek szyn o długości równej długości obwodu kontroli zajętości toru i odcinek kabla zakopanego w ziemi wzdłuż toru. Zastąpienie jednej szyny kablem zmniejsza tłumienność obwodu i jej zależność od konduktancji podtorza (stanu technicznego toru), zachowując ważną w praktyce cechę obwodu szynowego – brak podatnych na uszkodzenia dodatkowych elementów w torze. Pozytywne wyniki badań terenowych tego obwodu były dobrym doświadczeniem i wykazały, że rozwiązanie to może stanowić w warunkach kolejowych alternatywę dla obwodu szynowego, na tych odcinkach linii, gdzie nie da się zastosować transmisji szynami do pojazdu.

W urządzeniach transmisyjnych dla systemu AOP KRR zastosowano cyfrową modulację fazy PSK sygnału, nie spotykaną w eksploatowanych systemach. Przeprowadzono badania laboratoryjne, jak i terenowe (z udziałem pojazdu trakcyjnego) modemu z tego rodzajem modulacji sygnału, uzyskując pozytywne wyniki. Pomimo iż prace nad systemem nie były kontynuowane, zdobyta wiedza i doświadczenie zostały owocnie wykorzystane w dalszych pracach.

Dalsze prace badawcze koncentrowały się na dwóch zasadniczych problemach:

- 1) uzyskania możliwie dużych szybkości modulacji sygnału przesyłanego szynami,
- 2) opracowania koncepcji działania systemu ATP w zależności od specyfiki ruchu na linii.

Przy przesyłaniu sygnałów szynami istnieje problem uzyskiwania odpowiednich dla potrzeb systemu ATP szybkości modulacji. Wynika on ze znacznej tłumienności obwodu szynowego i związanych z tym ograniczeń częstotliwości sygnału. Każdy rodzaj cyfrowej modulacji sygnału wymaga pewnej liczby okresów przebiegu nośnego do jednoznacznego zidentyfikowania modulowanego parametru. Przy ograniczeniu częstotliwości sygnału spełnienie warunku odpowiedniej liczby okresów przebiegu nośnego, przypadającej na czas trwania pojedynczego bitu, decyduje o maksymalnej wartości szybkości modulacji. Szybkość modulacji sygnału określa czas trwania pojedynczego bitu, a więc czas przesyłania pojedynczego telegramu. Z kolei czas trwania telegramu o założonej długości decyduje o częstotliwości powtarzania telegramów, którą można definiować np. liczbą telegramów wysłanych w ciągu jednej sekundy. A więc wartość szybkości modulacji jest bardzo ważna z punktu widzenia transmisji informacji z toru do pojazdu, gdyż od niej zależy zapewnienie ciągłości transmisji.

Prowadzone przez wiele lat w Zakładzie Trakcji Elektrycznej Politechniki Łódzkiej prace nad modemami cyfrowej modulacji częstotliwości FSK i fazy PSK wykazały, że modulacja PSK przewyższa modulację FSK, stosowaną w eksploatowanych systemach z transmisją przewodem międzyszynowym, pod względem możliwości uzyskiwania możliwie dużych szybkości modulacji. Przy częstotliwościach nośnych nie przekraczających 3 kHz uzyskano dla sygnału PSK przesyłanego szynami szybkości modulacji rzędu 640 bodów, co jest wystarczające z punktu widzenia potrzeb systemu ATP. Jest to bardzo istotne osiągnięcie, gdyż pozwala na zastosowanie szyn do transmisji informacji do pojazdu dla ATP w warunkach kolejowych. Należy pamiętać, że obwód szynowy stanowi naturalnie istniejący obwód transmisyjny, nie wymagający żadnych dodatkowych elementów w torze i jest z tego powodu najwłaściwszym medium transmisyjnym dla kolei. Stwierdzenie to dotyczy szczególnie linii dużych prędkości, gdzie tor musi być ze względów mechanicznych w bardzo dobrym stanie technicznym, co z kolei wpływa korzystnie na parametry elektryczne obwodu szynowego, szczególnie konduktancję jednostkową i w efekcie tłumienność obwodu pozwala na transmisję sygnałów do 3 kHz przy realnych mocach nadajników.

W warunkach metra nie występują ograniczenia w stosowaniu obwodu przewodowego, który jest najlepszym obwodem ciągłego przekazywania sygnałów wzdłuż toru kolejowego i umożliwia stosowanie dużych częstotliwości sygnału, a co za tym idzie i szybkości modulacji.

Drugi zasadniczy problem, który rozwiązano po wielu latach prac i badań, to opracowanie koncepcji działania systemu ATP w zależności od specyfiki ruchu na linii. Specyficzne cechy linii to przede wszystkim długości odstępów blokowych oraz prędkości maksymalne i zdolności hamulcowe pociągów kursujących po linii. Zakładaliśmy, że na liniach, do których przystosowany ma być system ATP długości odstępów blokowych są mniejsze od długości drogi hamowania od prędkości maksymalnej do zera i zbliżający się do sygnału „stój” pociąg musi hamować na kilku kolejnych odstępach blokowych. Taka sytuacja występuje na liniach metra i na kolei, gdy na linii, po których kursują pociągi konwencjonalne np. z prędkością maksymalną 140 km/h, do której dostosowana jest długość odstępu blokowego (1 km), wprowadzi się pociągi szybkie.

Koncepcja systemu ATP zależy przy tym założeniu od rodzaju taboru kursującego po linii. Mamy przypadek linii z jednorodnym taborem, co oznacza, że wszystkie pociągi kursujące po linii mają tę samą prędkość maksymalną i zdolności hamowania, co daje jednakową długość drogi hamowania. Ten przypadek dotyczy linii podmiejskich i metra oraz wydzielonych linii dla ruchu pasażerskiego. Drugi przypadek to linie z ruchem niejednorodnym, po których kursują pociągi znacznie różniące się prędkościami maksymalnymi i zdolnościami hamowania, a więc mające różne długości dróg hamowania od prędkości maksymalnej do zera.

System ATP zapewnia bezpieczeństwo jazdy pociągu przez ciągłe wypracowywanie 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 z ruchem jednorodnym, a inna dla linii z ruchem niejednorodnym.

W pierwszym przypadku koncepcja działania systemu ATP oparta jest na przyjęciu kilku stopni ograniczania prędkości pociągu od wartości maksymalnej do zera. Każdemu odstępowi blokowemu przyporządkowany jest stopień prędkości dopuszczalnej i pociąg dojeżdżając do sygnału „stój” stopniowo ogranicza prędkość na kolejnych odstępach blokowych. Jeżeli ogólnie mówiąc przyjęto k stopni prędkości, to przed każdym zajęтым odstępem blokowym powstaje sekwencja k wartości ograniczających prędkość pociągu zbliżającego się do zajętego odstępu. Pociąg wjeżdżający na odstęp blokowy może przejechać bez reakcji systemu, jeśli jego prędkość na tym odstępie w żadnym miejscu nie przekroczy wartości stopnia prędkości. Jeżeli prędkość pociągu jest wyższa od stopnia prędkości obowiązującego na danym odstępie, system włączy hamowanie i ograniczy prędkość pociągu do wartości stopnia. Oprócz zmiennych stopni prędkości wynikających z usytuowania pociągów na linii mogą występować stałe stopnie związane ze stałymi torowymi ograniczeniami prędkości.

Działanie systemu ATP pracującego w oparciu o przedstawioną koncepcję polega na wypracowaniu przez urządzenia stacyjne i przekazaniu do pojazdu wartości stopnia prędkości na każdym odstępie blokowym oraz wypracowywaniu przez urządzenia pojazdowe sygnałów sterujących napędem i hamowaniem w zależności od wyniku komparacji prędkości rzeczywistej pociągu i obowiązującego ograniczenia.

Przy takiej koncepcji działania systemu ATP dla ruchu jednorodnego pociągów krzywa prędkości bezpiecznej (kontrolowanej przez system) w funkcji drogi jest krzywą schodkową, a telegram zawierający informacje przesyłane do pojazdu nie jest zbyt długi.

Przedstawiona pokrótce koncepcja jest podstawą działania systemu SOP-2 opracowanego w Zakładzie Trakcji Elektrycznej PŁ, eksploatowanego w metrze w Warszawie. Na rysunku 1 przedstawiono poglądowo zasadę stopniowego ograniczania prędkości pociągu przed sygnałem „stój”, przy przyjętych stopniach prędkości dla systemu zastosowanego w metrze w Warszawie.

Na liniach z ruchem niejednorodnym system ATP jest systemem działającym według bardziej złożonego algorytmu. Wiąże się to z koniecznością wyliczania indywidualnie dla każdego pociągu miejsca rozpoczęcia hamowania, aby zrealizować ograniczenie prędkości lub zatrzymać pociąg przed sygnałem „stój”. Mikroprocesor pojazdowy wyznacza w sposób ciągły (w każdej chwili i punkcie toru) wartość prędkości bezpiecznej, która zapewnia zrealizowanie ograniczenia prędkości w punkcie, w którym ono obowiązuje, dla danego pociągu, posiadającego określone zdolności hamowania.

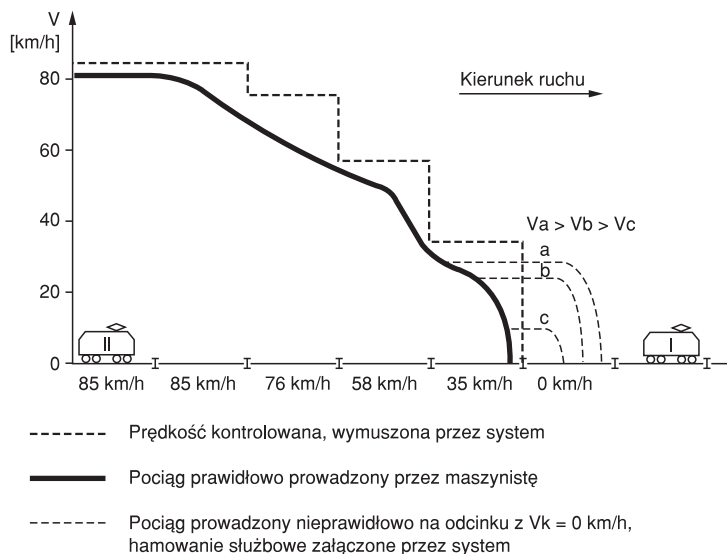
Ograniczenia prędkości wynikają z sytuacji ruchowej (wskazań semaforów) i ograniczeń torowych. Pierwsze z nich zmieniają się w drodze i czasie, drugie – tylko w drodze. Do wypracowywania prędkości bezpiecznej trzeba przekazać

do urządzeń pojazdowych wartość ograniczenia prędkości, odległość do miejsca obowiązywania, pochylenie toru na tej odległości oraz w przypadku ograniczenia torowego długość odcinka jego obowiązywania. Wartość prędkości bezpiecznej stanowi ograniczenie od góry wartości prędkości pojazdu. Urządzenia pojazdowe systemu ATP porównują w sposób ciągły wartość prędkości rzeczywistej z bezpieczną i uruchomią hamowanie, jeżeli ta wartość będzie przekroczona.

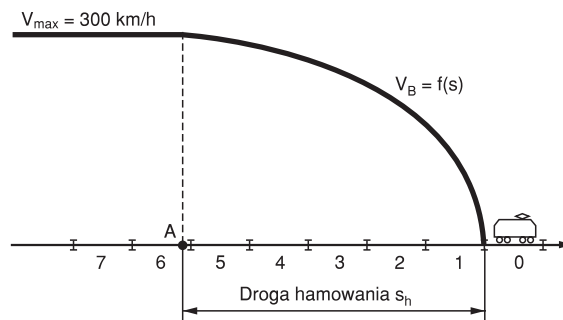
Krzywa prędkości bezpiecznej w funkcji drogi jest w tym przypadku ciągła (rys. 2), a telegram zawierający informacje przekazywane do pojazdu zdecydowanie dłuższy niż w systemie ATP dla ruchu jednorodnego.

Według omówionej koncepcji ogólnej w Zakładzie Trakcji Elektrycznej PŁ opracowano system ATP dla linii PKP z ruchem mieszanym. W systemie przyjęto, że ograniczenia prędkości realizowane przez system wynikają z sytuacji ruchowej, stanu zwrotnic, stanu zapór drogowych na skrzyżowaniach toru z drogami oraz z lokalnych ograniczeń torowych związanych z parametrami i stanem technicznym toru. Informacje o tych ograniczeniach muszą być przekazywane do pojazdu w odpowiedniej odległości od miejsca ich obowiązywania. Odległość ta musi być większa od drogi hamowania każdego pociągu od jego prędkości maksymalnej do wartości prędkości ograniczenia. Maksymalną odległość na jakiej należy przesłać dane o ograniczeniu prędkości wyznacza droga hamowania najszybszego pociągu od prędkości maksymalnej do zera. Odległość ta decyduje o zasięgu elektrycznej widoczności systemu. Ze względu na to, że informacje do pojazdu przekazywane są na poszczególnych odstępach blokowych, zasięg elektrycznej widoczności systemu wyraża się całkowitą liczbą odstępów blokowych. Można go zdefiniować dla każdego z ograniczeń jako najmniejszą sumę długości kolejnych odstępów blokowych liczonych wstecz od miejsca występowania ograniczenia, w której mieszczą się drogi hamowania wszystkich pociągów, liczone od ich prędkości maksymalnych do wartości ograniczenia, a w przypadku sygnału „stój” – do prędkości równej zero. Na przykładowym rysunku 2 informacje o sygnale „stój” przekazuje się na 6 odstępach blokowych. Taka zasada przekazywania informacji spełnia warunek, że wiadomości o występujących przed pociągiem ograniczeniach są sygnalizowane maszyniście z takim wyprzedzeniem, aby mógł on wyprzedzić zadziałanie systemu.

Prace badawcze prowadzone w ostatnich latach w Zakładzie Trakcji Elektrycznej PŁ dotyczą kontroli zajętości torów, a ściślej bezzłączowych obwodów torowych z zasilaniem na końcu, dostosowanych do transmisji informacji do pojazdu szynami. Prowadzono badania symulacyjne dla optymalizacji konfiguracji układów rezonansowych wyznaczają-



Rys. 1. Krzywa hamowania pociągu przed sygnałem „stój” dla linii z ruchem jednorodnym



Rys. 2. Krzywa prędkości bezpiecznej przed sygnałem „stój” dla linii z ruchem niejednorodnym

cych krańce obwodów przy uwzględnieniu wpływu zmienności konduktancji podtorza w warunkach kolejowych. Badania te związane były z opracowaniem koncepcji wspólnej transmisji obwodem szynowym dla kontroli zajętości toru i systemu ATP. Kodowany obwód torowy niezależnie od tego czy powiązany z transmisją do pojazdu czy nie, jest jedyną metodą uodpornienia urządzeń kontroli zajętości toru na zakłócenia.

Perspektywa eksploatacji na liniach PKP lokomotyw z silnikami asynchronicznymi i przekształtnikami energoelektronicznymi wywołała problem odporności transmisji do pojazdu, a przede wszystkim obwodów torowych na zakłócenia od prądu trakcyjnego. Tradycyjne podejście do tego zagadnienia, to wymagania ograniczenia zakłóceń generowanych przez nowe pojazdy w określonych pasmach. Uważamy, że tak ważny element jak obwód torowy, decydujący o bezpiecznej jeździe pociągów, powinien być w maksymalny sposób uodporniony na zakłócenia przez właściwy dobór parametrów sygnału i kod binarny przypisany każdemu z obwodów. W ten sposób obwód będzie odporny na zakłócenia niezależnie od eksploatowanego taboru.

System SOP-2 wdrożony na I linii metra w Warszawie

System automatycznego prowadzenia pociągu dla potrzeb metra składa się z podsystemów AOP (automatycznego ograniczania prędkości) i AJP (automatycznej jazdy pociągu). Zastosowanie tego systemu pozwala na jazdę pociągów z jednoosobową obsługą.

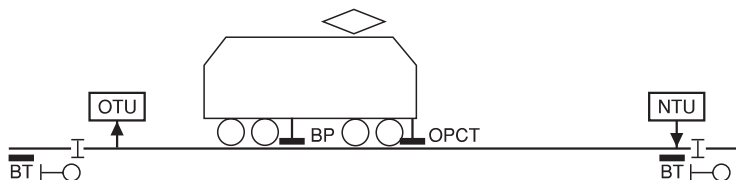
Podsystem AOP opiera się na przedstawionej wyżej zasadzie przyporządkowania każdemu odstępowi blokowemu wartości stopnia prędkości i transmitowaniu tej wartości przewodem ułożonym między szynami. Podsystem AJP przewiduje realizację szeregu funkcji związanych z automatycznym zatrzymywaniem pociągu na przystanku, współpracę z dyspozytorem, obsługę drzwi, automatyczne zawracanie na stacjach krańcowych itd. Informacje dla AJP przekazywane są tym samym telegramem, co dla AOP.

Dane transmisji:

- obwody przewodowe o długościach odstępów blokowych,
- sygnał FSK, szybkość modulacji 1200 bodów,
- częstotliwość sygnału $36,6 \pm 0,6$ kHz,
- długość telegramu 37 bitów: 10 bitów synchronizacji, 3 słowa kodowe po 8 bitów, 3 bity przerwy między telegramami.

Koncepcja ogólna oraz urządzenia przytorowej i pojazdowej części transmisyjnej systemu ATP dla PKP

System ATP dla PKP, którego koncepcję działania przedstawiono wyżej, opiera się na systemie ciągłej transmisji szynami CTS 640, z szybkością modulacji 640 bodów. Zastosowanie dwóch formatów telegramów wysyłanych naprzemiennie przez nadajnik pozwala na dostarczenie obwodem szynowym z transmisją CTS 640 wszystkich danych niezbędnych do funkcjonowania pojazdowej jednostki logicznej. Ogólnie rzecz biorąc, dane dotyczące wskazań semaforów zawarte są w jednym formacie telegramów, dane dotyczące ograniczeń torowych – w drugim. W ten sposób pojedynczy telegram jest krótszy i przy uwzględnieniu kodowego zabezpieczenia przed błędami (bity kontrolne) i ciągu synchronizującego nie przekracza 50. bitów, co zapewnia ciągłość dopływu informacji przy transmisji szynami. Dla spełnienia warunku wspólnego sygnału do kontroli zajętości toru i transmisji do pojazdu przyjęto 5 wartości częstotliwości nośnych, zbliżonych do stosowanych w obwodach SOT-1 i SOT-21, skorygowanych odpowiednio do potrzeb transmisji z przyjętą szybkością modulacji.



Rys. 3. Schemat systemu ATP dla PKP z ciągłą transmisją szynami CTS-640 i urządzeniami Ebicab 900, odpowiadający drugiemu poziomowi ETCS (ERTMS) BT - balisa torowa, BP - balisa pojazdowa, NTU - uniwersalny nadajnik torowy, OTU - uniwersalny odbiornik torowy, OPCT - odbiornik pojazdowy transmisji ciągłej

Dane transmisji CTS 640:

- obwody szynowe o długości obwodów torowych do kontroli zajętości toru,
- częstotliwości sygnału: 1600, 1920, 2240, 2560 i 2880 Hz,
- sygnał PSK, szybkość modulacji 640 bodów,
- długość telegramu 41 bitów: 10 bitów ciąg synchronizacyjny, 25 bitów ciąg informacyjny, 6 bitów ciąg kontrolny,
- telegramy w dwóch formatach, przesyłanych naprzemiennie.

Uważamy, że jedną z wersji systemu ATP dla PKP może być połączenie punktowego systemu EBICAB 900 z systemem ciągłej transmisji szynami CTS 640 (rys. 3).

Dane dotyczące ograniczeń torowych, które nie zmieniają się w czasie, a związane są wyłącznie z położeniem na szlaku mogą być przekazywane za pośrednictwem balis. Dane zmienne nie tylko w drodze ale i w czasie, a więc dane semaforowe i dotyczące stanu zapór drogowych, będą przekazywane szynami, dzięki czemu można je uaktualniać na bieżąco. Proponowane rozwiązanie może być zastosowane w produkowanych obecnie dla PKP nowych lokomotywach dwusystemowych, które wyposażone będą prawdopodobnie w balisy pojazdowe i odpowiednie urządzenia odbiorcze.

Urządzenia nadawcze i odbiorcze kodowanego obwodu torowego

Kodowany obwód torowy jest uodporniony na zakłócające oddziaływanie harmonicznych prądu trakcyjnego i sygnału przenikającego z sąsiednich obwodów przez zastosowanie sygnału modulowanego cyfrowo zawierającego specjalny ciąg binarny (kod obwodu) identyfikujący dany obwód. W odbiorniku sprawdza się parametry sygnału (poziom, częstotliwość nośna, częstotliwość modulująca) oraz ciąg identyfikacyjny obwodu.

Dane transmisji:

- częstotliwości sygnału 1600, 1920, 2240, 2560 i 2880 Hz,
- sygnał PSK, szybkość modulacji 80 bodów,
- długość telegramu 23 bity: 8 bitów ciąg synchronizacyjny, 10 bitów ciąg identyfikacyjny obwodu, 5 bitów ciąg kontrolny.

Kodowany obwód torowy może współdziałać z transmisją informacji do pojazdu na potrzeby systemu ATP. Należy wówczas zastosować jeden wspólny uniwersalny nadajnik, który oprócz obu formatów telegramów z informacjami do pojazdu przesyłanymi z szybkością 640 bodów, będzie wysyłać specjalny format dla kontroli zajętości toru z szybkością 80 bodów. Format do kontroli wysyłany będzie przy wolnym obwodzie torowym i odbierany przez odbiornik kontroli. Po zajęciu obwodu przez czoło pociągu odbiornik pozbawiony dopływu sygnału z nadajnika spowoduje przełączenie go do wysyłania telegramów z informacjami ATP.

Uwagi końcowe

Na podstawie naszych doświadczeń i osiągniętych wyników możemy sformułować następujące wnioski, które można potraktować jako głos w dyskusji na temat przyszłości systemów ATP i kontroli zajętości torów w sytuacji PKP.

Prowadzone obecnie prace w zakresie standaryzacji w skali Europy relacji tor–pojazd (system ETCS), jak i nowe technologie GPS i GSM nie powinny wykluczać doskonałości obecnej generacji urządzeń kontroli zajętości toru, jak i wprowadzenia na linię PKP krajowego systemu ATP z ciągłą transmisją danych wzdłuż toru kolejowego, przystosowanego do współpracy z pojazdami z urządzeniami ETCS. Potrzeby PKP w tym zakresie są niedyskusyjne.

Wymagana odporność na zakłócenia urządzeń transmisyjnych zarówno dla potrzeb kontroli zajętości toru, jak i przesyłania informacji do pojazdu, szczególnie podczas wprowadzenia na linię PKP nowego taboru generującego inne widmo prądu trakcyjnego, może być zrealizowana przez odpowiedni dobór parametrów sygnału modulowanego cyfrowo (FSK lub PSK), którym przesyła się telegram binarny z odpowiednim zabezpieczeniem kodowym. W ten sposób sygnał jest odporny na zakłócenia generowane przez różne pojazdy, bez stawiania im ostrych wymagań dotyczących ograniczenia poziomu zakłóceń generowanych w poszczególnych pasmach częstotliwości.

Uważamy, że w warunkach PKP najlepszym obwodem transmisyjnym dla potrzeb systemu ATP jest obwód szynowy, nie wymagający żadnych dodatkowych elementów w torze. Dotyczy to szczególnie linii dużych prędkości, gdzie tor jest w bardzo dobrym stanie technicznym. Uzyskanie szybkości modulacji 640 bodów przy cyfrowej modulacji fazy PSK dowodzi realności transmisji szynami dla potrzeb PKP. Należy tu przypomnieć, że tak zaawansowane technicznie koleje świata jak TGV we Francji i Shinkansen w Japonii stosują transmisję szynami.

Warunek właściwej odporności na zakłócenia urządzeń kontroli zajętości toru spełnia kodowany obwód torowy. Jest to nowoczesne, stosowane na świecie rozwiązanie, zarówno na liniach kolejowych, jak i w metrze, spełniające bardzo wysokie wymagania odnośnie bezpieczeństwa i niezawodności.

Na liniach kolejowych, gdzie przewidywanoby ciągłą transmisję informacji do pojazdu szynami najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie jednego obwodu i wspólnego

nadajnika generującego telegram binarny dla kontroli zajętości i transmisji do pojazdu. Takie rozwiązanie spełnia warunki kompatybilności urządzeń i sygnałów przesyłanych wzdłuż linii kolejowej i może być zastosowane na liniach dużych prędkości. Przedstawione w niniejszym artykule wyniki badań i osiągnięcia Zakładu Trakcji Elektrycznej PŁ wykazują, że takie rozwiązanie jest technicznie realne. □

Literatura

- [1] Bergiel K.: *Koncepcja systemu automatycznego ograniczania prędkości pociągów przystosowanego do warunków PKP*. Problemy Kolejnictwa, zeszyt 123, CNTK. Warszawa 1996.
- [2] Karbowski H.: *System automatycznego ograniczania prędkości typu SOP-2*. Technika Transportu Szynowego 10/1995.
- [3] Karbowski H., Kubik S.: *Systemy automatycznego ograniczania prędkości AOP stosowane w Polsce*. Technika Transportu Szynowego 5/1997.
- [4] Karbowski H., Bergiel K., Kubik S., Barański S.: *Kodowany obwód torowy dla linii PKP*. XII Konferencja Naukowa „Pojazdy Szynowe'98”. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Transport, z. 33, Gliwice 1998.

Autorzy:
Katarzyna Bergiel
Henryk Karbowski

➤ Dokończenie ze s. 72

- [3] Meier W., Heimerl G.: *Multikriterielle Beurteilung von Verkehrsinvestitionen. Problematik und Lösungsansätze einer sozio-ökonomischen Bewertung*. Schienen der Welt 7/1985.
- [4] Heimerl G., Grote U.: *Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs – Fortentwicklung des Verfahrens*. Internationales Verkehrswesen 5-6/1983.

Autorzy
Marianna Kotowska-Jelonek
Anna Mężyk
Wydział Transportu Politechniki Radomskiej
Zakład Logistyki i Marketingu

II Międzynarodowa Konferencja Naukowa

Telematyka Systemów Transportowych – 2002

Katowice – Ustroń, 7–9 listopada 2002 r.

Informacje:

Instytut Transportu

Politechnika Śląska

Katowice, ul. Krasińskiego 8

tel./fax (32) 255 21 79 ■ e-mail: tst@zeus.polsl.gliwice.pl ■ www.zeus.polsl.gliwice.pl/~tst