

LEWIŃSKI Andrzej¹
TORUŃ Andrzej²

Funkcjonalność i bezpieczeństwo w systemach srk wykorzystujących zmienny odstęp blokowy

systemy transmisji otwartej
zmienny odstęp blokowy
scenariusze operacyjne

Streszczenie

W pracy przedstawiono zasadę realizacji koncepcji Bezwzględny Ruchomego Odstepu Blokowego w istniejących systemach sterowania ruchem opartych na odcinkach izolowanych i sygnalizacji przytorowej. Przedstawione scenariusze operacyjne omawiające ruch pociągów zarówno tych wyposażonych jak i niewyposażonych w system radiowy umożliwiające prowadzenie w oparciu o metodę ROB_B pokazują że przy widocznej poprawie przepustowości zastosowana nowa metoda prowadzenia ruchu nie obniża wymaganych w tym zakresie wymagań bezpieczeństwa.

FUNCIONALITY AND SAFETY IN RAILWAY CONTROL COMMAND SYSTEMS WITH IMPLEMENTING MOVING BLOCK DISTANCE RULES

Abstract

The paper deals with implementation of direct moving block distance rule (ROB_B) in existing railway control systems based on insulated rail sections and railway signaling. Presented operating scenarios including both trains equipped and not equipped with supporting radio devices system enabling the ROB_B control show that proposed method ensures evident increment of efficiency and the same level of safety such in existing systems.

1. WSTĘP

Zaproponowana w referacie koncepcja wykorzystania zasady zmiennego (ruchomego) odstepu blokowego znacznie zwiększa funkcjonalność systemu prowadzenia ruchu na szlaku wyposażonym w tradycyjne urządzenia blokady liniowej, ale nie zmniejsza przy tym poziomu bezpieczeństwa systemu sbl, zakwalifikowanego zgodnie z normą PN-EN 50129 do najwyższego poziomu bezpieczeństwa (SIL4). Odmiennym od tradycyjnego, stałego odstepu blokowego (SOB), innym sposobem regulacji następstwa jest zasada prowadzenia ruchu w tzw. „ruchomym odstepie blokowym” (ROB), dla którego nie są ściśle zdefiniowane w terenie granice poszczególnych odcinków. W praktyce ROB stanowi odpowiednik prowadzenia pociągu na tzw. „elektryczną widoczność”, którą zapewniają systemy umożliwiające ciągłe uaktualnianie informacji oraz przekazywanie ich do pojazdu w postaci zezwolenia na jazdę ZNJ zawierającego podstawowo zbiór elementów określający jego ważność (km szlaku do którego może pociąg się przemieszczać) oraz maksymalną dopuszczalną prędkość jazdy udzielonej tym zezwoleniem na jazdę. Zasada ROB to ciągłe wydłużenie odcinka toru, po którym może przemieszczać się pociąg z wydanym ZNJ wraz z informacją dopuszczalnej prędkości granicznej przy, której zachowany jest „odstęp” pomiędzy końcem pociągu poprzedzającego, a czołem pociągu dla którego zostało wydane ZNJ, nie krótszy niż droga hamowania pociągu dla którego zostało wydane ZNJ.

Taka zasada prowadzenia ruchu przewidywana jest w systemie ERTMS poziomu 3, jednak w praktyce nie została jeszcze nigdzie wdrożona do eksploatacji. Proponowane w artykule rozwiązanie stanowi alternatywę dla specjalizowanych systemów sterowania, a koncepcja rozwiązania opiera się o zastosowanie dodatkowego systemu wspomaganie radiowego.

2. ZASADA RUCHOMEGO ODSTEPU BLOKOWEGO W STEROWANIU NASTĘPSTWEM POCIĄGÓW

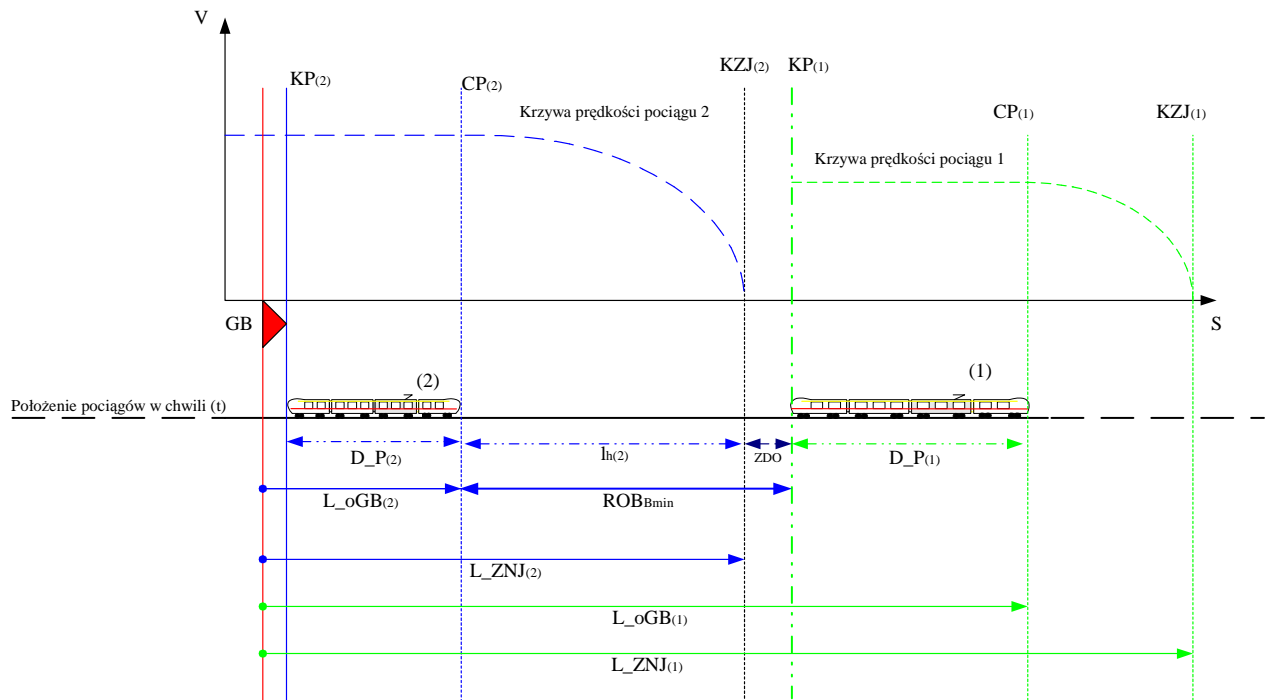
Na rysunku Rys. 1 przedstawiona została realizacja zasady bezwzględny ruchomego odstepu blokowego w ujęciu klasycznym (tj. ma to miejsce w przypadku stosowania systemu ETCS L3, gdzie wykorzystywane są grupy balis zabudowane w torze w celu korygowania odczytów przebytej drogi przy użyciu odometru na pojeździe).

Zgodnie z zasadą ROB_B przedstawioną w ujęciu „klasycznym”, przyjmuje się, iż pociąg oznaczony numerem (2) otrzymuje ZNJ (Zezwolenie Na Jazdę) do miejsca KZJ₍₂₎ (oznaczającego Koniec ZNJ pociągu 2) bliższego niż położenie końca pociągu oznaczonego jako KP₍₁₎ raportowane w chwili (t). Przy wyliczaniu ZNJ₍₂₎ uwzględnione zostają parametry drogi przejechanej przez pociągi nad ostatnią grupą balis (GB) – LoGB, długość pociągów (D_P), długość drogi hamowania (I_h) pociągu (2), oraz raporty o położeniu pociągu poprzedzającego (1) w chwili (t) – nadania ostatniego raportu o swoim położeniu do Centrum Sterowania. Ponieważ zasada ROB_B zakłada zdarzenie, iż po nadaniu ostatniego raportu

¹ Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom, ul. Malczewskiego 29
Tel. +48 48 361-77-20, Fax: +48 48 361-77-42, E-mail: a.lewinski@pr.radom.pl

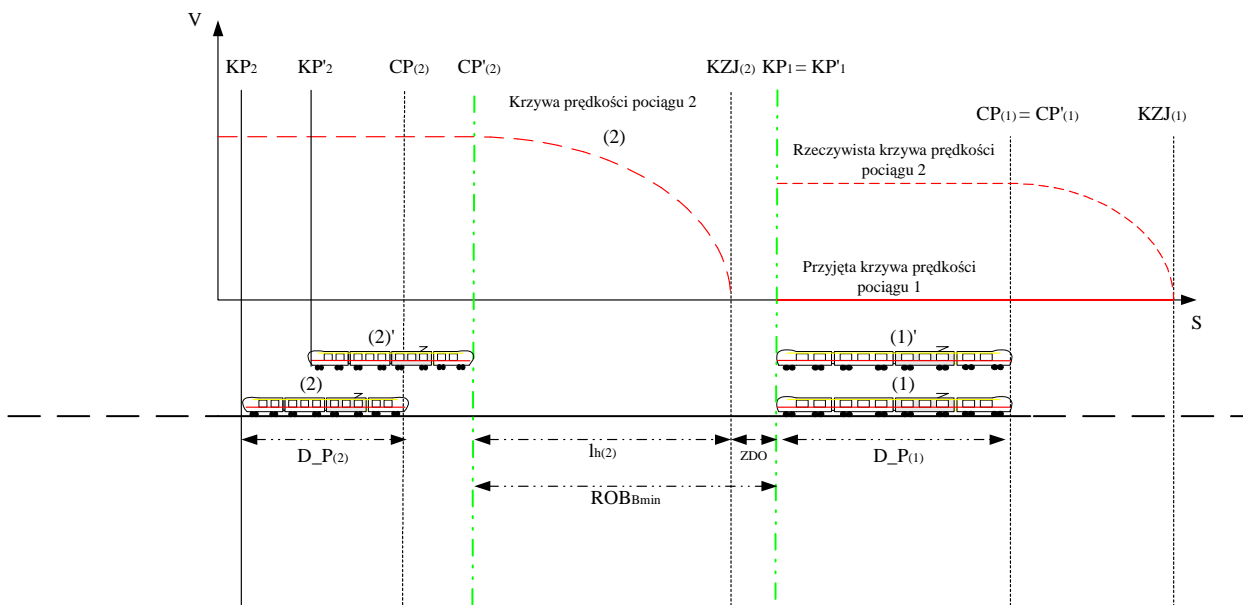
² Instytut Kolejnictwa, 04-275 Warszawa, ul. Chłopskiego 50
tel. +48 22 47-31-490, fax. +48 22 47-31-036, e-mail atorun@ikolej.pl

o lokalizacji pociąg (2) zatrzyma się w drodze równej 0m przy wyliczeniu $ZNJ_{(2)}$ dodatkowo rezerwuje się tzw. „drogę ochronną” – ZDO skracającą dystans udzielonego ZNJ .



Rys. 1 Zasada regulacji następstwa pociągów oparta o metodę ROB_B .

Zaprezentowany poniżej opis metody ROB_B (Rys. 2) został przedstawiony w sposób uwzględniający istnienie informacji o położeniu generowanej w sposób ciągły w czasie rzeczywistym pochodzącej z zewnętrznego źródła danych o położeniu (np. systemy GNSS), oraz przy uwzględnieniu braku informacji korygującej położenie pochodzącej od zlokalizowanych w infrastrukturze dodatkowych stałych punktów odniesienia (np. balis) odzwierciedlając istotę proponowanej w pracy metody lokalizacji.



Rys. 2 Zasada regulacji następstwa pociągów oparta o metodę (bezwzględnego) ROB_B wykorzystująca informacje „ciągłe” o położeniu pojazdu.

Na Rys. 2 przedstawiona została zasada regulacji następstwa pociągów w trybie „bezwzględnego” ruchomego odstępu blokowego w ujęciu rzeczywistej ciągłej informacji o położeniu pociągu.

Generalnie zgodnie z tą zasadą w określonej chwili czasu (t_2) na podstawie raportu o położeniu pociągu (1) wysłanego w chwili (t_1) oraz aktualnej pozycji pociągu (2) w chwili (t_1) pociąg oznaczony (2) – jadący jako drugi, otrzymuje

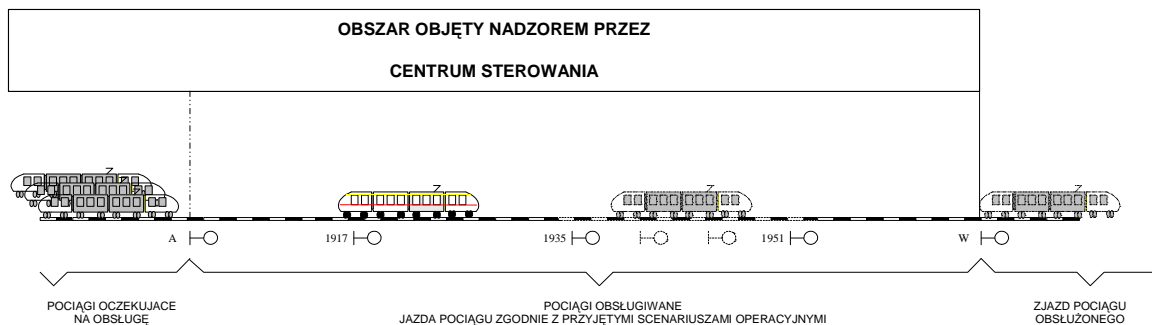
zezwolenie na jazdę $ZNJ_2(t_2)$ do miejsca bliższego niż wynika to z ostatniego raportu o położeniu końca pociągu (1) – $RoP_1(t_1)$ – punkt KP_1 , przy czym punkt KP_1 wyznaczany jest z zależności punktu odniesienia miejsca położenia pociągu (1) w chwili (t_1) – $RoP_1(t_1)$ i długości pociągu (1) – $D_{P(1)}$.

W praktyce oznacza to, iż w takim przypadku przyjmuje się założenie natychmiastowego zatrzymania się pociągu (1) w czasie ($\Delta t = t_2 - t_1 = 0s$) po wysłaniu ostatniego raportu o położeniu $RoP_2(t_1)$ – punkt KP_1 . Jednocześnie uwzględnia się w zezwoleniu $ZNJ_2(t_2)$ fakt przemieszczenia się pociągu (2) w czasie $\Delta t = t_2 - t_1$ o drogę $\Delta S_2(\Delta t)$ jaką przebędzie pociąg (2) jadąc z prędkością V , w czasie Δt (różnica czasu od otrzymania raportów o położeniu pociągów (1) i (2) do momentu odebrania przez pociąg (2) zezwolenia na jazdę $ZNJ_2(t_2)$ w chwili t_2). W konsekwencji zachowanie zasady bezpiecznej odległości między pociągami (2) i (1), tj. czołem pociągu (2) w chwili t_2 – $CP'_{(2)}$ i końcem pociągu (1) w chwili t_2 KP'_1 , pozwala na określenie minimalnego dopuszczalnego ROB_{Bmin} zawierającego pełną drogę hamowania pociągu (2) – $D_{H(2)}$ oraz zarezerwowaną dla tego pociągu drogę ochronną ZDO. W takim przypadku koniec zezwolenia na jazdę pociągu (2) znajduje się w punkcie oznaczonym $KZJ_{(2)}$. ZDO jest wyliczana w sposób dynamiczny w zależności od maksymalnej dopuszczalnej prędkości dla danego typu pociągu i dopuszczalnego czasu zwłoki w reakcji systemu pokładowego związanego z wdrożeniem hamowania służbowego.

3. SCENARIUSZE OPERACYJNE PROWADZENIA RUCHU NA LINII KOLEJOWEJ W OPARCIU O PROPONOWANĄ METODĘ LOKALIZACJI POCIĄGU

Proponowana metoda lokalizacji zakłada wykorzystywanie systemu pozycjonowania klasy GNSS oraz jako medium komunikacyjne standardowego łącza transmisji bezprzewodowej w układzie „transmisji otwartej”. Oznacza to, iż zaproponowana metoda lokalizacji nie będzie zastępować eksploatowanych na linii kolejowej systemów srk, a jedynie stanowić będzie „nakładkę” na te systemy umożliwiającą wdrożenie zdalnego sterowania pociągami (wyposażonymi w urządzenia wspomagające – radiowy system wspomagający RSW) w oparciu o metodę ROB.

W związku z powyższym proces regulacji następstwa pociągów w obszarze nadzorowanym przez Centrum Sterowania (CS) można określić jak układ dwu stanowy, gdzie w stanie (1) pociągi oczekują na obsługę, a w stanie (2) pociągi są obsługiwane przez CS. Idea procesu przedstawiona została na Rys. 3, w takim przypadku stan „zjazd pociągu obsługowanego” nie musi być rozpatrywany ponieważ CS zakończyło proces obsługi już w stanie (2) i nie zachodzi potrzeba nadzoru nad pociągiem będącym poza obszarem objętym nadzorem CS: stan (1) – oczekiwanie na obsługę należy rozpatrywać jako stan logiczny (a nie fizyczną kolejkę pociągów), w którym pociąg znajdując się w obszarze nadzorowanym przez CS otrzymuje informacje o dalszych warunkach dotyczących jego jazdy (bądź to w postaci ZNJ lub jako właściwe wskazanie na sygnalizatorze przytorowym).



Rys. 0. Idea procesu regulacji następstwa pociągów w proponowanej metodzie lokalizacji

W przedstawionych w dalszej części referatu scenariuszach operacyjnych przyjęto zasadę wyboru metody obsługi pociągu przez CS wynikającą z faktu posiadania (wyposażenia) lub nie przez pociąg systemu RSW.

Podstawowo CS może dokonać obsługi pociągu:

- a) wyposażonego – poprzez wygenerowanie i przekazanie informacji do pociągu w postaci zezwolenia na jazdę (ZNJ),
- b) niewyposażonego – pociągi niewyposażone w RSW (nie objęte systemem, lub zakwalifikowane przez Centrum Sterowania jako pociągi niewyposażone np. z uszkodzonym systemem RSW) będą otrzymywały zezwolenie na jazdę zgodnie z aktualnie obowiązującymi zasadami prowadzenia ruchu kolejowego za pośrednictwem sygnałów wyświetlanych na sygnalizatorach przytorowych.

W przy takim założeniu dotyczącym zasad regulacji następstwa pociągu (obsługi) można przyjąć, iż w przypadku gdy CS w obszarze obsługują 100% pociągów wyposażonych w RSW to mamy do czynienia z tzw. potokiem jednorodnym, każdy inny przypadek traktowanych jest jako potok „mieszany”. W skrajnym przypadku, gdy CS obsługuje wyłącznie pociągi niewyposażone (100% pociągów niewyposażonych w RSW) dochodzimy do przypadku prowadzenia ruchu w istniejącej sytuacji bez RSW.

3.1 Scenariusz Operacyjny 1 – obsługa pociągu wyposażonego w RSW – jazda w „pełnym nadzorze”

W takim przypadku przyjmuje się, iż pociągi (towarowe i osobowe) wyposażone w RSW poruszające w obszarze nadzorowanym przez CS posiadają możliwość (przy działającym prawidłowo RSW):

- a) określenia aktualnej pozycji na podstawie odbioru sygnału GNSS,
- b) przesłania telegramu RoP do centrum sterowania,
- c) odbioru telegramu ZNJ z centrum sterowania,
- d) kontroli zgodności prowadzenia pociągu zgodnie z udzielonym przez centrum ZNJ.

W związku z powyższym pociągi te w określonych odstępach czasu wysyłają do CS RoP (bez względu na to czy aktualnie są w ruchu czy też nie) oraz zwrótnie oczekują na wysyłane z CS ZNJ.

Prowadzenie ruchu pociągów zalogowanych w systemie odbywa się zgodnie z ZNJ_(n) wydanego przez CS dla pociągu(n). W praktyce przy prawidłowo działającym systemie wspomagającym RSW ruch pociągów odbywa się zgodnie z zasadą ROB_B przy jednoczesnym ignorowaniu przez maszynistę wskazań sygnalizatorów przytorowych. Oznacza to, nowe podejście w dotychczasowych zasadach prowadzenia ruchu na szlaku, ponieważ zgodnie z przyjętymi założeniami dla prezentowanej metody w przypadku sprawnie działającego systemu RSW nadrzędne znaczenie dla maszynisty mają informacje przekazywane mu przez system pokładowy na panel sterowania (określający m.in. dopuszczalną prędkość oraz długość drogi jazdy i czas ważności udzielonego zezwolenia na jazdę).

3.2 Scenariusz Operacyjny 2 – obsługa pociągu niewyposażonego w RSW – jazda w „na wskazanie sygnalizatorów”

W tym scenariuszu przyjmuje się, iż CS nadzoruje przemieszczanie się pociągu bez RSW na podstawie informacji pochodzących z urządzeń sterowania ruchem kolejowym (zajętości odcinków izolowanych) a zezwolenie na jazdę przekazywane jest w postaci obrazów sygnałowych (zgodnych z Instrukcją E-1). W praktyce oznacza to obsługę pociągu na zasadach prowadzenia ruchu na PKP z wykorzystaniem aktualnie istniejących urządzeń sterowania ruchem kolejowym.

3.2 Scenariusz Operacyjny 3 – obsługa pociągu przy uszkodzeniu RSW – „procedura stanu awaryjnego”

W zależności od typu usterki przeanalizowane zostały poniższe warianty zgodne z naczelną zasadą – uszkodzenie systemu wspomagającego powoduje powrót do sterowania wg. istniejących uprzednio zasad SOB, przy wykorzystaniu istniejących systemów srk.

Przed zdefiniowaniem Scenariuszy Operacyjnych 3 – dla przypadków prowadzenia ruchu przy uszkodzeniach występujących w systemie RSW (zarówno w CS jak i na pojeździe) w oparciu o zalecenia normy dotyczącej „Analizy ryzyka w systemach technicznych” (PN-IEC 60300-3-9:1999) [12] dokonano analizy potencjalnych uszkodzeń systemu RSW i ich skutków i wpływu na bezpieczeństwo i obsługę pociągów przez CS.

W przypadku proponowanej metody lokalizacji analiza FEMA prowadzona była w odniesieniu do procesu obsługi realizowanego z wykorzystaniem systemu RSW. Podstawowym celem analizy FEMA w rozpatrywanym przypadku było zidentyfikowanie potencjalnych uszkodzeń, które w konsekwencji będą miały niepożądany wpływ na proces eksploatacji (proces obsługi pociągu). Jako obiekt przyjęty został system RSW w uszkodzenia w zakłócenia w jego pracy poddane zostały analizie. W analizie zgodnie z zaleceniami normy uwzględniono możliwe rodzaje uszkodzeń, skutki uszkodzeń i krytyczność uszkodzenia. Na tej podstawie zaproponowano niżej przedstawione dwa warianty Scenariuszy Operacyjnych 3.1 i 3.2. określające zasady postępowania w przypadku wystąpienia usterek „krytycznych” i „niekrytycznych” w stremie RSW.

Scenariusz Operacyjny 3.1 – obsługa pociągu przy uszkodzeniu krytycznym RSW,

Za uszkodzenie krytyczne przyjęto w analizie takie uszkodzenie, które wywołuje wdrożenie przez pociąg hamowania służbowego aż do całkowitego zatrzymania pociągu. W wyniku analizy stwierdzono, że potencjalne skutki uszkodzenia:

- a) komputera pokładowego RSW na pociągu,
- b) uszkodzenie lub utrata możliwości określenia pozycji z wykorzystaniem modułu GNSS, powodują stan funkcjonalny, w którym pociąg nie jest w stanie określić stopnia wykorzystania ZNJ, kontrolować położenia czy profili prędkości i krzywych hamowania.

W tym przypadku oznacza to, iż centrum sterowania utraciło kontrolę nad jednym konkretnym pociągiem będącym w obszarze sterowania radiowego. Uszkodzenie takie powoduje natychmiastowe wdrożenie hamowania służbowego, aż do całkowitego zatrzymania pociągu. Ruchowo sytuacja ta jest tożsama z zatrzymaniem się pociągu na skutek zadziałania np. systemu CA na pojeździe trakcyjnym (w dowolnym miejscu na szlaku np. na szlaku pomiędzy sygnalizatorami) – w takim przypadku pociąg po całkowitym zatrzymaniu, może kontynuować jazdę na „widoczność” z maksymalną prędkością nie przekraczającą 20km/h do najbliższego sygnalizatora, a dalej jazda odbywa się zgodnie ze wskazaniami sygnalizatorów. W omawianym scenariuszu przyjęto, iż zawsze po zatrzymaniu pociągu dalsza obsługa pociągu wymaga wdrożenia stanu przejściowego (JNW – jazda na „widoczność”).

Centrum sterowania w takim przypadku zmienia identyfikację pociągu (z uszkodzonym systemem) na „pociąg niewyposażony” i monitoruje jego ruch na podstawie informacji pochodzących z sytemu srk (tak jak w przypadku scenariusza SO2). Pozostałe pociągi „wyposażone” poruszają się zgodnie z udzielonymi im ZNJ natomiast kolejne ZNJ(t₂) dla pociągu jadącego „za” pociągiem, którego status został zmieniony na „niewyposażony” ważne jest do sygnalizatora osłaniającego odstęp blokowy na którym znajduje się pociąg, którego klasyfikacja została zmieniona na „niewyposażony”.

Scenariusz 3.2 – obsługa pociągu przy uszkodzeniu niekrytycznym RSW

Za uszkodzenie niekrytyczne przyjęto w analizie takie uszkodzenie, które nie wywołuje konieczności wdrożenia przez pociąg hamowania służbowego, pociąg jest w stanie kontrolować jazdę wg ostatniego udzielonego ZNJ. W wyniku analizy stwierdzono, że potencjalne skutki uszkodzenia:

a) komputera zależnościowego RSW w CS,

b) uszkodzenie lub zakłócenie w systemie transmisji STO (zarówno od strony urządzeń w CS jak i pociągu), powoduje stan funkcjonalny, w którym pociąg może kontynuować jazdę i kontrolować stopień wykorzystania ZNJ (kontroluje parametry jazdy, położenia czy profili prędkości i krzywych hamowania – chociaż nie jest w stanie odbierać i komunikować się z CS).

W przypadku uszkodzenia modułu transmisji STO na pociągu oznacza to, iż centrum sterowania utraciło kontrolę nad jednym konkretnym pociągiem będącym w obszarze sterowania radiowego (utrata komunikacji centrum - pociąg). W konsekwencji, że na pojazd nie jest w stanie przekazać informacji o swoim położeniu oraz nie jest w stanie odebrać ZNJ. W takim przypadku centrum sterowania wysyła do wszystkich pojazdów zaktualizowane ZNJ uwzględniające ostatnie położenie pociągu z którym utracona została łączność.

W takim przypadku pociąg jadący „za” pociągiem, którego status został zmieniony na „niewyposażony” otrzymuje kolejne ZNJ(t_2) do sygnalizatora osłaniającego odstęp blokowy na którym znajduje się pociąg z uszkodzonym kanałem transmisji. Ponieważ pociąg jest w stanie określać swoje położenie oraz kontrolować aktualny status wykorzystania ZNJ (ostatniego odebranego) uszkodzenie takie powoduje całkowite wykorzystanie posiadanego ZNJ zatrzymanie pociągu w punkcie KZJ.

W drugim przypadku uszkodzenia modułu STO lub komputera w CS następuje całkowity zanik łączności między CS a pociągami w obszarze. Oznacza to, iż centrum sterowania utraciło kontrolę nad wszystkimi pojazdami będącymi w obszarze sterowania radiowego. Uszkodzenie powoduje, że na pojazd nie są przekazywane informacje o aktualizacji ZNJ. W takim przypadku wszystkie pociągi wyposażone w RSW kontynuują jazdę do całkowitego wykorzystania posiadanego ZNJ zatrzymanie pociągu w punkcie KZJ.

Miejsce zatrzymania pociągu w takim przypadku może znajdować się zarówno w dowolnym miejscu szlaku ale również w przypadku jazdy w ruchu mieszanym może znajdować się bezpośrednio przed sygnalizatorem stanowiącym koniec zezwolenia na jazdę dla pociągu „wyposażonego” poruszającego się w ruchu mieszanym za pociągiem „niewyposażonym” w RSW. W przypadku, gdy pociąg po całkowitym zatrzymaniu znajduje się przed sygnalizatorem może on kontynuować dalszą jazdę zgodnie ze scenariuszem SO2 – jazda wg wskazań obrazów sygnałowych na sygnalizatorach. W pozostałych przypadkach (zatrzymanie w dowolnym miejscu szlaku) pociąg, może kontynuować jazdę na „widoczność” z maksymalną prędkością nie przekraczającą 20km/h do najbliższego sygnalizatora, a dalej jazda odbywa się zgodnie ze wskazaniami sygnalizatorów (jazda na podstawie istniejących urządzeń sterowania ruchem kolejowym) tj określone to zostało w SO2. W takim przypadku wszystkie pociągi obsługiwane wg Scenariusza SO1, (ponieważ pociągi są w stanie określać swoje położenie oraz kontrolować aktualny status wykorzystania ZNJ (ostatniego odebranego)) jadą do miejsca wyznaczonego jako koniec ostatniego ważnego ZNJ (punkt KZJ) co powoduje całkowite wykorzystanie posiadanego ZNJ i zatrzymanie pociągu w miejscu końca ZNJ (punkt KZJ).

4. MODELE PROWADZENIA RUCHU WYNIKAJĄCE Z PRZYJĘTYCH SCENARIUSZY OPERACYJNYCH W WARUKACH PRAIDŁOWEGO DZIAŁANIA SYSTEMU RSW

4.1 Model dla ruchu jednorodnego

Model prowadzenia ruchu jednorodnego - prowadzenie ruchu wg zasady ROB przy sprawnym systemie lokalizacji pociągów dla jednorodnego potoku ruchu – pociągi wyposażone w RSW.

Przyjęty w Scenariuszu Operacyjnym 1 model regulacji następstwa dla pociągów wyposażonych w RSW pozwala w przypadku jednorodnego potoku pojazdów na prowadzenie ruchu pociągów na podstawie udzielonych dla pociągów ZNJ(n) wydanego przez CS dla pociągu(n). ZNJ definiuje maksymalną długość drogi jazdy oraz maksymalną prędkość z jaką może poruszać się pociąg. W praktyce przy prawidłowo działającym systemie wspomagającym RSW ruch pociągów odbywa się zgodnie z zasadą ROB_B przy jednoczesnym ignorowaniu wskazań sygnalizatorów przytorowych. Dla takiego przypadku – Scenariusz Operacyjny 1, dopuszcza się pojawienie na jednym odcinku izolowanym (klasycznym) więcej niż 1 pociągu z zachowaniem wymaganej drogi hamowania między czołem pociągu jadącego „za”, a końcem pociągu poprzedzającego - ROB_{Bmin} . Wyjątek stanowi ZNJ obejmujące swoją ważnością obszar wyjazdu z linii (wyjazd po za strefę obsługi CS) w takim przypadku ZNJ wydawane jest do semafora ograniczającego obszar, ponieważ CS nie kontroluje położenia pociągów po za obsługiwanym obszarem. W praktyce obszar obsługi CS może być skalowany w sposób dowolny ograniczony jedynie liczbą obsługiwanych jednocześnie pociągów (liczba pociągów nadzorowanych w CS w chwili (t)).

4.2 Model dla ruchu mieszanego

Model prowadzenia ruchu mieszanego (opartego o SO1 i SO2) – prowadzenie ruchu mieszanego wg zasady ROB /SOB przy sprawnym systemie lokalizacji pociągów dla niejednorodnego potoku ruchu.

W takim przypadku zakłada się, iż poruszające w obszarze pociągi (towarowe i osobowe) mogą być lub nie wyposażone w urządzenia pokładowe umożliwiające:

a) określenie aktualnej pozycji na podstawie odbioru sygnału GNSS,

- b) przesłanie telegramu RoP do centrum sterowania,
- c) odbioru telegramu ZNJ z centrum sterowania,
- d) kontroli zgodności prowadzenia pociągu zgodnie z udzielonym przez ZNJ.

W zależności od wyposażenia pociągu w system RSW ich obsługa może być realizowana przez CS w oparciu o Scenariusz Operacyjny 1 lub Scenariusz Operacyjny 2 (pociąg bez RSW). Oznacza, to iż pociągi wyposażone mogą poruszać się zgodnie z udzielonymi ZJN wg zasady ROB, natomiast wszystkie pozostałe pociągi przemieszczają się w sposób klasyczny zgodnie z zasadą SOB (jazda na wskazania sygnalizatorów przytorowych).

Przyjmuje się dwa podstawowe przypadki ruchu mieszanego (pociągów wyposażonych i niewyposażonych) :

- a) pociąg poprzedzający (jadący jako pierwszy) jest wyposażony w system i porusza się zgodnie z zasadą ROB – w takim przypadku pociąg ten jedzie zgodnie z udzielonym i aktualnym zezwoleniem ZNJ, aż do miejsca końca obszaru obsługi CS, natomiast pociąg jadący jako drugi (niewyposażony) porusza się zgodnie z aktualnymi wskazaniami sygnalizatorów wg zasady SOB.
- b) pociąg poprzedzający (jadący jako pierwszy) jest niewyposażony w system i porusza się zgodnie z zasadą SOB – w takim przypadku CS przygotowuje informacje o ZNJ dla pociągu jadącego „za” (wyposażonego) na podstawie RoP generowanego przez ten pociąg oraz informacji z systemu srk określającej położenie śledzonego pociągu (pierwszego) z dokładnością do zajętego odstępu blokowego, oznacza to że CS w takim przypadku może przekazać do pociągu wyposażonego ZNJ maksymalnie do sygnalizatora osłaniającego zajęty odstęp blokowy. W konsekwencji do pociągu wyposażonego przekazywana jest informacja umożliwiająca jazdę z prędkościami powyżej $V=160$ km/h ponieważ ZNJ zawiera informację o wszystkich wolnych odstępach blokowych.

W przypadku opisanym powyżej – wariant a), kolejność jazdy pociągów nie ma wpływu na długość udzielonego ZNJ dla pociągu, natomiast w wariacie b) – następuje wydłużenie ROB_{min} ponieważ ZNJ nie może być udzielone do miejsca dalszego niż sygnalizator osłaniający zajęty odcinek izolowany (odstęp blokowy).

5. WNIOSKI

Zastosowanie koncepcji Bezwzględny Ruchomy Odstęp Blokowy ROB_B pozwala w istotny sposób poprawić przepustowość linii kolejowej wyposażonej w typowe odcinki izolowane (SOB). Przedstawione scenariusze operacyjne pokazują że prowadzenie ruchu w oparciu o taką metodę w niczym nie zmniejsza poziomu bezpieczeństwa – sytuacje awaryjne związane z zanikiem transmisji i innymi usterkami prowadzą do typowych reakcji przewidzianych w obowiązujących przepisach prowadzenia ruchu. Istotną zaletą tej metody jest prowadzenie ruchu mieszanego, gdy część pociągów nie jest wyposażona w system RSW to ich ruch jest nadzorowany przez klasyczny system blokady liniowej oparty na odcinakach izolowanych. Aktualnie prowadzone badania potwierdzają, że znaczną poprawę przepustowości można uzyskać już przy częściowym wyposażeniu pociągów w system RSW.

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Lewiński A., Bester L., Toruń A.: „Sposoby realizacji transmisji otwartej w systemach sterowania ruchem kolejowym”, Materiały konferencji LOGITRANS 2011, Politechnika Radomska 2011, Logistyka Nr 3/2011 (płyta CD)
- [2] Lewiński A., Toruń A.: „Informacja przestrzenna w procesie sterowania ruchem kolejowym”. Materiały konferencji LOGITRANS 2010, Politechnika Radomska 2010, Logistyka 2/2010 (płyta CD)
- [3] Lewiński A., Toruń A.: „Metoda lokalizacji pojazdów w procesie sterowania ruchem kolejowym”. Materiały konferencji TRANSPORT XXI WIEKU 2010, Politechnika Warszawska, Logistyka 4/2010 (płyta CD)
- [4] Lewiński A., Toruń A.: „The Changeable Block Distance System Analysis”. Communications in Computer and Information Science (104), Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010
- [5] Norma PN-EN 50128:2002 (U) Zastosowania kolejowe. Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Oprogramowanie dla kolejowych systemów sterowania i zabezpieczenia.
- [6] Norma PN-EN 50129:2007 Zastosowania kolejowe. Systemy łączności, przetwarzania danych i sterowania ruchem. Elektroniczne systemy sygnalizacji związane z bezpieczeństwem.
- [7] Norma PN-EN 50129-2005 (U) Zastosowania kolejowe. Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Bezpieczeństwo w systemach sterowania ruchem kolejowym.
- [8] Norma PN-EN 50159-2010 (U) Zastosowania kolejowe. Łączność, sygnalizacja i systemy sterowania. Transmisja w systemach sterowania ruchem kolejowym.
- [9] Norma PN-EN 60812:2009 Techniki analizy nieuszkodzalności systemów. Procedura analizy rodzajów i skutków uszkodzeń (FMEA),
- [10] Norma PN-EN 61025:2007 Analiza drzewa niezdatności (FTA),
- [11] Norma PN-EN 61078:2006 Techniki analizy niezawodności – Metoda schematów blokowych niezawodności oraz metody boolowskie,
- [12] Norma PN-IEC 60300-3-9:1999 Analiza ryzyka w systemach technicznych,
- [13] Toruń A. „Cyfrowe bezprzewodowe systemy transmisji danych w zastosowaniach kolejowych”. Telekomunikacja i Sterowanie Ruchem nr 4/2008