

Marek Buda, Tomasz Krukowicz, Tomasz Kunisz

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, Zakład Sterowania Ruchem,
Zespół Sterowania Ruchem Drogowym

PROBLEMY PROJEKTOWANIA SYGNALIZACJI STERUJĄCEJ RUCHEM NA JEDNOTOROWYCH LINIACH TRAMWAJOWYCH

Rękopis dostarczono, marzec 2017

Streszczenie: Artykuł opisuje problematykę projektowania i eksploatacji sygnalizacji świetlnej sterującej ruchem na jednotorowych odcinkach sieci tramwajowej o ruchu dwukierunkowym. Opisano istniejące rozwiązania sterowania ruchem na odcinkach jednotorowych. Zbadano zgodność z przepisami stosowanych rozwiązań. Przedstawiono wyniki prac nad propozycją zmian warunków technicznych dotyczących sygnalizacji świetlnej w zakresie sterowania ruchem na jednotorowych liniach tramwajowych.

Słowa kluczowe: Sygnalizacja świetlna, tramwajowe linie jednotorowe, sygnalizacja mijankowa

1. WSTĘP

Jednotorowe linie tramwajowe (właściwie jednotorowe odcinki torowisk tramwajowych o ruchu dwukierunkowym) występują w wielu miastach w Polsce. Według [11] odcinki takie występują w Warszawie, Wrocławiu, Łodzi i okolicach, Gorzowie Wielkopolskim, Elblągu, Grudziądzu, Bydgoszczy oraz na Śląsku. Nie występują natomiast w Poznaniu, Szczecinie, Gdańsku, Krakowie, Częstochowie i Toruniu. W sieciach, w których nie ma takich odcinków, potrzeba sterowania ruchem na odcinku jednotorowym może występować podczas prowadzenia robót torowych. Sygnalizacja taka funkcjonuje wtedy w ramach czasowej organizacji ruchu. Można więc stwierdzić, że potrzeba określenia zasad takiego sterowania dotyczy większości sieci tramwajowych w Polsce. Największy odsetek funkcjonujących odcinków jednotorowych stanowią linie jednotorowe w aglomeracji górnośląskiej, gdzie ich długość wynosi 89,2 km toru (w wielu dokumentach i publikacjach stosowana jest w takim przypadku jednostka „tor pojedynczy”) w odniesieniu do łącznej długości sieci 336 km torów. Stanowią one około 27% całej sieci tramwajowej [12]. W innych obszarach Polski, na których funkcjonuje ruch tramwajowy, odsetek ten jest znacznie mniejszy. Dla przykładu w Warszawie istnieje jedna trasa tramwajowa (na warszawskim Bemowie), po której tramwaje poruszają się po odcinkach jednotorowych o długości ok. 3,5 km. Stanowi to około 1% w stosunku do całej długości sieci (275,9 km torów) [8]. Z tego powodu zdecydowano się podjąć badania dotyczące

sterowania ruchem na jednotorowych odcinkach sieci tramwajowej o ruchu dwukierunkowym, których elementem jest m. in. praca [7].

2. WYMAGANIA DLA SYGNALIZACJI NA ODCINKACH JEDNOTOROWYCH

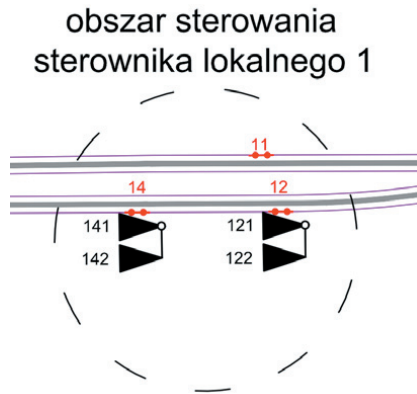
Aktem prawnym regulującym funkcjonowanie sygnalizacji świetlnej w Polsce jest rozporządzenie [10] wraz z późniejszymi zmianami. Jedyny zapis odnoszący się do sterowania ruchem na odcinkach jednotorowych sieci tramwajowych znajduje się w załączniku nr 3 do tego rozporządzenia w punkcie 5.2.12. i ma on postać: *Jeżeli na pewnym odcinku torowisko jest wspólne dla obu kierunków, sygnalizacja dla kierujących tramwajami steruje ruchem przeciwbieżnym na odcinku jednotorowym*. Zapis ten jest bardzo ogólny i nie określa wystarczająco wymagań dla takiej sygnalizacji. Co więcej, brak jest możliwości zaprojektowania sygnalizacji świetlnej spełniającej inne wymagania tego rozporządzenia, a jednocześnie zachowującej efektywność sterowania ruchem.

Wcześniejsze przepisy [5] przewidywały zapis: *Sygnalizację dla tramwajów na odcinkach jednotorowych służącą do sterowania ruchem tramwajowym w dwóch kierunkach po wspólnym odcinku torów należy stosować w każdym przypadku, gdy odcinek taki wykorzystywany jest do ruchu tramwajów w kierunkach przeciwnych*. Później, w przepisach [6] zapis ten zmieniono na: *Na odcinkach jednotorowych wykorzystywanych do ruchu dwukierunkowego, stosowanie sygnalizacji do sterowania ruchem tramwajów, jest obowiązkowe. Dopuszcza się odstępstwo od powyższej zasady w przypadku odcinków jednotorowych o długości nie większej niż 50 metrów i zachowanej wzajemnej widoczności bezpośredniej*. Zapisy te były bardziej konkretne niż obecne, jednak nadal nie określały wymagań szczegółowych dla sterowania ruchem na odcinku jednotorowym.

Charakter ruchu na odcinku jednotorowym powoduje odejście od niektórych zasad prowadzenia ruchu stosowanych na drogach i w pewien sposób zbliża stosowane rozwiązania do występujących w ruchu kolejowym. Ruch odbywa się na widoczność w zakresie rozdzielenia od innych uczestników ruchu – pieszych jak i kierujących pojazdami innymi niż tramwaj. Na kierującym tramwajem spoczywa obowiązek obserwacji toru oraz zapewnienia widoczności pojazdu. Natomiast rolę zabezpieczenia przed zderzeniem czołowym tramwajów (i większości przypadków najechniem na inny tramwaj) przejmuje na siebie sygnalizacja świetlna. W tym zakresie ruch odbywa się w odstępie drogi. Rozwiązanie to powoduje konieczność zastosowania specjalnych wymagań dla sygnalizacji świetlnej, uwzględniających specyfikę przedstawionych zasad.

W aktualnych przepisach są zdefiniowane minimalne czasy trwania sygnałów, określone dla tramwaju w załączniku 3 do [10] pkt. 8.2. jako: *długości sygnałów zielonych w sygnalizacji staloczasowej powinny wynosić co najmniej: 7 s dla tramwajów, autobusów i trolejbusów linii stałych, 6 s dla pojazdów komunikacji publicznej linii awaryjnych (wykorzystywanych nieregularnie), w sygnalizacji acyklicznej wszystkie strumienie ruchu powinny otrzymywać sygnał zielony stosownie do zapotrzebowania, jednak nie krótszy niż 5 sekund*. Nie przewidziano możliwości zastosowania sygnału zezwalającego o czasie trwania do chwili przejechania tramwaju za sygnalizator, co powszechnie jest stosowane

w kolejnictwie. Rozwiązaniem problemu konieczności wyświetlania sygnału zezwalającego przez minimum 5 sekund może być zastosowane słuzy składającej się z sygnalizatorów umieszczonych w dwóch przekrojach toru, na których w żadnym przypadku nie jest jednocześnie wyświetlany sygnał zezwalający. Rozwiązanie takie jest nieefektywne, gdyż powoduje nieuzasadnione technicznie zwiększenie nakładów na budowę sygnalizacji świetlnej, jak również obniża efektywność sterowania, w wielu przypadkach wymaga zwiększenia długości mijanek oraz komplikuje niepotrzebnie system sterowania ruchem, także poprzez zwiększenie liczby stosowanych urządzeń. Przykład takiego rozmieszczenia sygnalizatorów przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Przykład rozmieszczenia sygnalizatorów dla tramwajów w dwóch przekrojach, stanowiących słuzy uniemożliwiającej wjazd dwóch tramwajów na odcinek jednotorowy [7]

Inny problem, to zagadnienie zapewnienia bezpieczeństwa ruchu. W drogowej sygnalizacji świetlnej bezpieczeństwo jest zapewniane poprzez określenie grup kolizyjnych o niedopuszczalnym jednoczesnym zezwoleniu na ruch, a następnie zachowaniu pomiędzy nimi co najmniej minimalnego czasu międzyzielonego. Czas ten zapewnia opuszczenie miejsca kolizji przez pojazdy ewakuujące się nim dojadą do tego miejsca pojazdy rozpoczynające ruch. W przypadku długiego odcinka jednotorowego rozproszenie czasu przejazdu (określone np. jako rozstęp czasów przejazdu) tramwaju wynikające z wielu czynników (w tym zatrzymań na przystankach) jest duże. Przyjęcie jednej wartości czasu przejazdu w celu projektowania systemu jest niemożliwe, gdyż powodowałoby znaczący wzrost strat czasu tramwajów (przyjęcie dużej wartości) lub wystąpienie dużego prawdopodobieństwa możliwości znalezienia się dwóch tramwajów na odcinku jednotorowym. Nie można więc opierać bezpieczeństwa na podstawie czasów międzyzielonych. Zasadne jest zastosowanie rozwiązań stosowanych w kolejnictwie, obejmujących kontrolę zajętości odcinka toru. W oparciu o detekcję zajętości toru (wykrywanie wjazdu oraz zjazdu z odcinka toru) funkcjonują wszystkie znane autorom sygnalizacje świetlne na odcinkach jednotorowych. Rozwiązanie to stoi jednak w sprzeczności z przepisami [10]. Sygnalizacja, w której zabezpieczenie ruchu odbywa się wyłącznie w oparciu o detektory nie może pracować w trybie cyklicznym, w związku z czym

konieczne jest zastosowanie niezawodnych rozwiązań w zakresie detekcji, jak również opracowanie algorytmu zapewniającego bezpieczeństwo funkcjonowania w przypadku uszkodzenia detektora. Jak zaznaczono wcześniej, w odróżnieniu od ruchu kolejowego, który jest prowadzony w większości przypadków w odstepie drogi, ruch tramwajowy jest prowadzony na widoczność. W związku z tym przepisy niektórych przedsiębiorstw tramwajowych [3] dopuszczają prowadzenie tzw. pociągów następnych. W rozwiązaniach tych sygnalizacja świetlna zabezpiecza przed czołowym zderzeniem tramwajów na odcinku jednotorowym, natomiast zabezpieczenie przed najechaniem na poprzedzający pojazd jest realizowane poprzez obserwację toru przez motorniczego i zapewnienie widoczności pojazdów.

Zgodnie z przepisami [10] w przypadku awarii drogowej sygnalizacji świetlnej powinna ona przełączyć się w tryb pracy ostrzegawczej i wyświetlać sygnał żółty migający. Awaria taka może polegać na przykład na braku możliwości wyświetlenia sygnału czerwonego. W przypadku skrzyżowań bądź przejść dla pieszych sytuacja taka powoduje konieczność stosowania się do odpowiednich znaków drogowych określających pierwszeństwo przejazdu lub reguł wynikających z ustawy [14]. Zastosowanie sygnału żółtego migającego jest niemożliwe w przypadku sygnalizacji sterującej ruchem na odcinku jednotorowym, gdyż nie jest dla takiego układu drogowo-torowego określone pierwszeństwo przejazdu. Stosowanie sygnału żółtego migającego, choć wymagane przepisami, wydaje się być niebezpieczne, podobnie jak wyłączenie sygnalizacji (sygnalizatory ciemne). Sygnał żółty migający był jednak stosowany na niektórych odcinkach jednotorowych w porze nocnej, aby umożliwić wjazd pojazdów technicznych (po uzgodnieniu z Centralą Ruchu).

Odrębny problem stanowi zastosowanie sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniach oraz przejściach dla pieszych na odcinku jednotorowym. Sygnalizacja świetlna sterująca ruchem tramwajów steruje jedynie strumieniami tramwajowymi i zapewnia brak możliwości wjazdu na odcinek tramwajów z przeciwnych kierunków. Natomiast na odcinku jednotorowym mogą się znajdować skrzyżowania niesterowane, jak również takie, na których potrzebne jest sterowanie ruchem strumieni innych niż tramwajowe. W takim przypadku można wyróżnić dwa problemy. Problemem pierwszym jest uznanie przez niektóre organy zarządzające ruchem strumieni tramwajów poruszających się w przeciwnych kierunkach za kolizyjne, choć z zasady działania sygnalizacji na odcinku jednotorowym wynika, że nie ma możliwości jednoczesnego wjazdu tramwajów z dwóch kierunków. Rozdzielenie w czasie sygnałów zezwalających dla przeciwbieżnych strumieni tramwajowych powoduje zwiększenie strat czasu i pogorszenie efektywności sterowania. Nie poprawia ono jednocześnie bezpieczeństwa, gdyż w przypadku niezamierzonego wjazdu tramwajów z przeciwnych kierunków na odcinek jednotorowy i tak mogą się one zderzyć poza skrzyżowaniem. Drugim problemem jest podnoszony czasem obowiązek obejmowania sygnalizacją świetlną wszystkich punktów kolizji na całej długości odcinka jednotorowego. Sytuacja ta wynika z braku odpowiedniego zapisu w przepisach informującego motorniczego o tym, że sygnalizator sterujący ruchem na odcinku jednotorowym zabezpiecza jedynie przed zderzeniem z tramwajem jadącym z przeciwnego kierunku, a nie odnosi się do innych miejsc przecinania się strumieni ruchu.

Problemem jest również stosowanie sygnalizatorów dla kierujących tramwajami przy wjazdach na odcinki jednotorowe. Stosowane są sygnalizatory o różnej liczbie komór oraz barwach i symbolach na soczewkach – np. z dwoma komorami sygnałów zabraniających (np. w kształcie białej poziomej kreski). Rozwiązania te, choć stosowane w praktyce, są

niezgodne z przepisami [10] i innymi aktami wykonawczymi do [14]. Ich znaczenie jest określone tylko i wyłącznie w wewnętrznych przepisach przedsiębiorstw komunikacyjnych [3], [4].

Na podstawie powyższej analizy można stwierdzić, że zagadnienia związane ze sterowaniem ruchem na jednotorowych liniach tramwajowych nie są uregulowane w dostatecznym stopniu i istnieje potrzeba stworzenia zapisów pozwalających na ich projektowanie.

3. SYGNALIZACJE NA ODCINKACH JEDNOTOROWYCH W POLSCE

W polskich sieciach tramwajowych stosowane są różne rozwiązania sygnalizacji świetlnej regulującej ruch tramwajów na odcinkach jednotorowych. Na Śląsku instrukcja [3] dopuszcza ruch na tzw. berło. Urządzenie to jest nazywane drążkiem bezpieczeństwa. Jest przekazywane motorniczemu na końcu odcinka jednotorowego przez uprawnionego pracownika. Motorniczy posiadający drążek ma prawo wjechać na odcinek jednotorowy. Przepisy przewoźnika dopuszczają również w takim przypadku ruch pociągów następnych (w takim przypadku pociągi są oznaczone specjalną tarczą, a drążek otrzymuje ostatni motorniczy wjeżdżający na odcinek).

W obszarze sieci Tramwajów Śląskich S. A. stosowane są trzy systemy sygnalizacji świetlnej sterującej ruchem na odcinku jednotorowym. Należą do nich:

- sygnalizacja obsługiwana ręcznie,
- sygnalizacja ślizgowa,
- sygnalizacja przekąźnikowa.

Jednym z najprostszych rozwiązań jest sygnalizacja świetlna obsługiwana ręcznie. Jest ona zasilana bezpośrednio z sieci trakcyjnej i wymaga tylko jednej żyły przewodu dla sterowania ruchem na odcinku jednotorowym. Po obu stronach odcinka są zamontowane skrzynki z przełącznikiem do sterowania sygnalizacją świetlną oraz żarówką stanowiącą sygnalizator. Żarówki są połączone szeregowo. Skrzynki te są zamykane specjalnym kluczem lub do przełączenia przełącznika potrzebny jest klucz. Przełączniki są połączone według układu połączeń przełącznika krzyżowego w tzw. układzie brandenburskim. Przełączenie przełącznika na jednej stronie odcinka jednotorowego powoduje włączenie lub wyłączenie żarówek na obu końcach odcinka. Świecenie żarówki oznacza, że odcinek jednotorowy jest wolny. Przed wjazdem na odcinek jednotorowy należy wyłączyć świecenie żarówki, a po zjechaniu ponownie włączyć żarówkę.

Dla zabezpieczenia przed przypadkiem jednoczesnego obsłużenia przełączników przez motorniczych z obu końców odcinka jednotorowego, co powoduje ponowne zaświecenie żarówek, jedna ze skrzynek jest oznaczona tarczą czworokątną, a druga trójkątną. Motorniczy, który zatrzymał się przy skrzynce z tarczą czworokątną może w tym przypadku ponownie wygasić świecenie żarówek. System jest dość bezpieczny, gdyż przerwanie przewodu pomiędzy żarówkami lub przepalenie żarówki powoduje wskazanie jak dla zajętego odcinka jednotorowego (żarówka ciemna). Rozwiązanie to jest niezgodne

z rozporządzeniem [10], gdyż zastosowano odmienne sygnały od opisanych w przepisach, nie ma urządzenia sterującego z podwójnym nadzorem sygnałów, które jest wymagane przepisami. Jednak rozwiązanie to jest z powodzeniem stosowane np. podczas prac remontowych. Skrzynkę sygnalizacji mijankowej ręcznej z tarczą czworokątną przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Skrzynka ręcznej sygnalizacji mijankowej na ul. Obrońców Westerplatte w Katowicach
foto. Hubert Kleban

Innym rodzajem sygnalizacji świetlnej stosowanej na sieci Tramwajów Śląskich jest sygnalizacja ślizgowa. Działa ona na zasadzie zwierania odbierakiem przewodu trakcyjnego do innego, pomocniczego przewodu, który jest zamocowany obok drutu jezdnego i przyłączony do odpowiednich sygnalizatorów. Ze względu na możliwość jednoczesnego wjazdu dwóch tramwajów na odcinek wprowadzono z jednej ze stron odcinek wstępny. Możliwe jest w tej sygnalizacji poruszanie się pociągów następnymi. Stosowane są sygnalizatory jedno, dwu i trzykomorowe. Nie jest realizowana sekwencja sygnałów opisana w przepisach [10], sygnalizator jednokomorowy oraz sygnalizator z trzema komorami (dwie z kreską poziomą, jedna z kreską pionową) są również niezgodne z przepisami. Brak jest urządzenia sterującego i nadzorującego pracę sygnalizacji świetlnej. Oderwanie odbieraka od sieci trakcyjnej (w czasie jazdy lub w przypadku awarii) powoduje stwierdzenie niezajętości odcinka jednotorowego, co może powodować niebezpieczeństwo. Zagadnienie to było opisywane w [2], jednak nie opisano go w [3].

Inny rodzaj sygnalizacji, to sygnalizacja przekaźnikowa. Opiera się ona na urządzeniu sterującym funkcjonującym w technice przekaźnikowej. Zgłoszenie tramwaju jest realizowane poprzez przejazd pod kontaktem sterującym umieszczonym na sieci trakcyjnej

(tzw. sankami). Zajętość lub zwolnienie odcinka jednotorowego są rejestrowane tylko punktowo, w momencie wjazdu/zjazdu z odcinka. Instrukcja [2] zwraca uwagę, że sygnalizacja może funkcjonować nieprawidłowo w przypadku zaniku napięcia w sieci trakcyjnej. Istnieje również możliwość zakłócenia wskazań sygnalizacji w przypadku opuszczenia odbieraka. Sygnalizacja ta opiera się o sygnalizatory o liczbie komór od 2 do 4 (dla sygnalizacji sterującej ruchem na odcinku sieci z trzema miejscami wjazdu). Wyświetlane sygnały jak również sekwencja są niezgodne z przepisami. Ze znanych opisów budowy urządzenia sterującego wynika, że nie spełnia ono wymagań norm dla sterowników sygnalizacji świetlnej.

Sygnalizacja świetlna na jednym jednotorowym fragmencie sieci tramwajowej w Warszawie, na linii na Boernerowo, była przebudowywana. Linia po przebudowie została otwarta 30.04.2011. Według instrukcji [4], dotyczącej sygnalizacji funkcjonującej przed przebudową, wyświetlane na sygnalizatorach są sygnały barwne – czerwony, żółty, zielony i żółty migający, przy czym ich znaczenie jest odmienne niż w obowiązujących przepisach [10] i [9]. Zachowania motorniczych przy poszczególnych sygnałach w różnych sytuacjach ruchowych są opisane w instrukcji [4]. W okresie przed przebudową nie wszystkie mijanki były objęte sygnalizacją świetlną, przez co nie wszystkie mogły być wykorzystywane w ruchu liniowym.

W roku 2010 opracowano projekt modernizacji sygnalizacji świetlnej sterującej ruchem na odcinku jednotorowym, który następnie został zrealizowany przy okazji remontu trasy tramwajowej (wraz ze skróceniem odcinka jednotorowego). W chwili obecnej istnieje jeden jednotorowy fragment sieci tramwajowej, który podzielony jest na trzy odcinki z dwoma mijankami. System po modernizacji składa się z czterech sterowników lokalnych oraz sterownika nadrzędnego. Jako detektory zastosowano liczniki osi – inne sposoby detekcji okazały się awaryjne, co powodowało utrudnienia w ruchu tramwajów. W projekcie przewidziano sterowanie wjazdem do fragmentu sieci tramwajowej z odcinkami jednotorowymi (od strony przejścia dwóch torów w tor pojedynczy oraz od strony pętli) za pomocą par sygnalizatorów umieszczonych w różnych przekrojach. Idea takiego rozmieszczenia sygnalizatorów została przedstawiona w rozdziale 2 (rysunek 1). Dzięki temu można sterować dopływem tramwajów do fragmentu sieci, nie dopuszczając sytuacji wjazdu dwóch tramwajów za sobą. Jeżeli tramwaj przejedzie przy sygnalizatorze pierwszym (patrząc zgodnie z kierunkiem jazdy), automatycznie wyświetla się na nim sygnał zabraniający i dopiero po zwolnieniu odcinka przed sygnalizatorem wjazdowym na odcinek jednotorowy (sygnalizator drugi), na sygnalizatorze pierwszym może wyświetlić się sygnał zezwalający.

W systemie stosowanym w Warszawie niedopuszczalne jest poruszanie się tramwajów następnych, co znaczy, że na każdym odcinku jednotorowym może w tej samej chwili przebywać tylko jeden tramwaj. System sterowania ruchem jest połączony z systemem elektroenergetyki trakcyjnej. Wjazd tramwajów poruszających się w przeciwnych kierunkach na ten sam odcinek jednotorowy powoduje wyłączenie zasilania sieci trakcyjnej. Zabezpiecza to przed zderzeniem się tramwajów.

Po modernizacji w 2011 roku zmieniono rodzaj sygnalizatorów wykorzystanych do sterowania wjazdem na odcinek jednotorowy. Obecnie stosowane są sygnalizatory dwukomorowe, z sygnałami w postaci czerwonej kreski poziomej (sygnał zabraniający) oraz zielonej kreski pionowej (sygnał zezwalający). Taka sekwencja sygnałów oraz ich barwa, nie jest zgodna z przepisami [10]. Sygnalizatory tego typu zostały zlokalizowane

w bezpośrednim sąsiedztwie przejść dla pieszych bez sygnalizacji świetlnej. Sposób lokalizacji sygnalizatorów wymusza oczekiwanie tramwaju na możliwość wjazdu na odcinek jednotorowy na przejściu dla pieszych zlokalizowanym przed tym sygnalizatorem.

Sygnalizacja ta, choć zapewnia wysoki poziom bezpieczeństwa ruchu tramwajowego (zapewnienie bezpieczeństwa wyłącznie pomiędzy strumieniami tramwajów), nie jest zgodna z przepisami i nie uwzględnia potrzeb innych uczestników ruchu. W dokumentacji projektowej [13] brak jest zatwierdzenia organu zarządzającego ruchem dla tej sygnalizacji.

W innych miastach funkcjonują inne rodzaje sygnalizacji świetlnej, jednakże w żadnym przypadku (poza krótkimi odcinkami jednotorowymi stosowanymi w tymczasowej organizacji ruchu) ruch nie jest zabezpieczony poprzez zachowanie czasów międzyzielonych. Także stosowane sygnalizatory i sekwencja sygnałów odbiegają od wymagań określonych przepisami.

4. PROPOZYCJA ZMIAN WARUNKÓW TECHNICZNYCH

Badania związane ze sterowaniem ruchem na jednotorowych odcinkach sieci tramwajowej są prowadzone na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej od kilku lat. Zdiagnozowane w ramach tych badań problemy zostały wykorzystane podczas tworzenia propozycji nowych warunków technicznych dotyczących sygnalizacji świetlnej, które przedstawiono w opracowaniu [1]. Oprócz tego przeprowadzono badania symulacyjne takiego sterowania, których zakres wykracza poza ramy niniejszego artykułu.

W warunkach technicznych przewidziano oddzielny rozdział 6.10. pt. Wymagania szczegółowe dotyczące sterowania ruchem na jednotorowych odcinkach torowisk tramwajowych o ruchu dwukierunkowym. W rozdziale tym znalazło się wiele zapisów umożliwiających projektowanie takiej sygnalizacji świetlnej. Ze względów bezpieczeństwa zdecydowano się nałożyć obowiązek obejmowania sygnalizacją świetlną wszystkich odcinków jednotorowych sieci tramwajowej. Przewidziano, że w razie awarii sygnalizacji świetlnej na odcinku jednotorowym wszystkie sygnalizatory powinny wskazywać sygnał zabraniający, a nie żółty migający, jak w przypadku normalnej sygnalizacji świetlnej. Bezpieczeństwo tramwajów, które są sterowane przy pomocy sygnalizacji na odcinku jednotorowym, powinno być zapewnione za pomocą niezawodnych detektorów, a nie poprzez czasy międzyzielone. Detektory powinny być niezależne od zasilania sieci trakcyjnej, jak również położenia odbieraka prądu. Rozwiązanie takie zapewni bezpieczny ruch również pojazdom o napędzie spalinowym, jak np. podbijkarka torowa. Zrezygnowano ze stosowania minimalnych długości sygnałów – wyłączenie sygnału zezwalającego powinno być spowodowane oddziaływaniem taboru na detektor.

Zalecono również stosowanie rozwiązania polegającego na wyłączeniu napięcia w sieci trakcyjnej, w przypadku wystąpienia sytuacji niebezpiecznej – np. brak sygnału czerwonego lub wjazd kolejnego pojazdu na odcinek jednotorowy w sposób mogący spowodować zderzenie czołowe. Jest to podyktowane bardzo poważnymi skutkami zderzeń tramwajów. Linie jednotorowe często są prowadzone w dzielnicach peryferyjnych miast, często wśród gęstej zieleni, co utrudnia motorniczym obserwację szlaku. W propozycji przepisów

dopuszczono ruch tramwajów następných, co pozwoli poprawić przepustowość jednotorowych odcinków sieci tramwajowej.

Dla poprawy niezawodności urządzeń zaproponowano wymaganie wyposażenia urządzeń sterujących ruchem na odcinku jednotorowym w zasilanie awaryjne.

Przewidziano również specjalne oznaczenie sygnalizatorów kierujących ruchem na odcinku jednotorowym, aby poinformować kierującego tramwajem o tym, że sygnalizator zabezpiecza jedynie ruch tramwajów, a nie zapewnia oddzielenia od innych strumieni ruchu. Stosowne zapisy zostały umieszczone również w części dotyczącej znaków dla kierujących tramwajami.

Całe opracowanie zostało udostępnione przez Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju [1]. Wyniki pracy mogą być wykorzystane przez Ministerstwo podczas prac legislacyjnych nad nowelizacją rozporządzenia [10].

5. PODSUMOWANIE

Przedstawione w artykule przykłady i problemy pokazują, że sygnalizacje świetlne na odcinkach jednotorowych linii tramwajowych są ważnym systemem zapewniającym bezpieczeństwo ruchu tramwajów. Zderzenia czołowe tramwajów powodują bardzo duże straty materialne, a często również odniesienie obrażeń przez pasażerów i kierujących tramwajami. Właściwe sterowanie ruchem tramwajów na takich odcinkach jest więc bardzo istotne.

Przeprowadzona analiza przepisów obowiązujących na terenie Polski oraz sposobu prowadzenia ruchu tramwajów pokazuje, że w praktyce nie jest możliwe zaprojektowanie sygnalizacji świetlnej sterującej ruchem na odcinku jednotorowym, która będzie w pełni zgodna z obowiązującymi przepisami, w szczególności rozporządzeniem [10]. Szczególne utrudnienia dotyczą: konieczności wyznaczenia i uwzględnienia w algorytmach sterowania minimalnych czasów międzyzielonych, braku możliwości uzależnienia długości sygnałów od detektorów oraz sposobu funkcjonowania sygnalizacji świetlnej w przypadku wystąpienia awarii (wyświetlanie sygnału żółtego migającego).

Na podstawie zdiagnozowanych problemów związanych ze sterowaniem ruchem na jednotorowych liniach tramwajowych na terenie Polski rozpoczęto prace związane z ich rozwiązaniem. Propozycja przepisów została opracowana na zlecenie Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju. W opracowaniu [1] uwzględniono przepisy pięciu krajów o wyższym poziomie bezpieczeństwa ruchu drogowego: Niemiec, Austrii, Szwecji, Wielkiej Brytanii oraz Francji. Prowadzone na Wydziale Transportu Politechniki Warszawskiej badania obejmują również tworzenie algorytmów sterowania ruchem na jednotorowym odcinku sieci tramwajowej oraz przetestowanie ich w programie do symulacji ruchu drogowego. Planowana jest publikacja wyników weryfikacji algorytmu sterowania ruchem.

Bibliografia

1. Buda M., Folwarski T., Krukowicz T., Warunki techniczne elementów infrastruktury drogowej stosowanych w organizacji ruchu na drogach (umowa nr DTD/KF/BDG-VIII-32018-U-103/14) Tom II

Szczegółowe warunki techniczne dotyczące znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunki umieszczania ich na drogach Część III Warunki techniczne dotyczące sygnałów drogowych i warunki stosowania ich na drogach, MIR, Dostępne pod adresem: <http://mib.gov.pl/files/0/1796924/TOMII.pdf>

2. Instrukcja dla Służby Ruchu PKT Katowice, Katowice 2001.
3. Instrukcja dla służby ruchu, Tramwaje Śląskie S.A. w Katowicach, 2007.
4. Instrukcja dla pracowników ruchu, Tramwaje Warszawskie sp. z o. o., Warszawa, 2006.
5. Instrukcja o drogowej sygnalizacji świetlnej, Załącznik nr 2 do Zarządzenia Ministrów Transportu i Gospodarki Morskiej oraz Spraw Wewnętrznych z dnia 6 czerwca 1990 (M. P. 24 poz. 184 z 1990 r.).
6. Instrukcja o drogowej sygnalizacji świetlnej. Zasady stosowania, konstrukcja i wzory barwne sygnałów, Załącznik nr 3 do Zarządzenia Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 3 marca 1994 (M. P. 16 poz. 120 z 1994 r.).
7. Kunisz T., Sterowanie ruchem na jednotorowych liniach tramwajowych, Praca dyplomowa magisterska, Politechnika Warszawska, Wydział Transportu, 2014.
8. Ponowne otwarcie trasy tramwajowej na Boernerowo, <http://old.tw.waw.pl/node/4626> strona internetowa Tramwaje Warszawskie sp. z o. o. [dostęp 22.02.2017].
9. Rozporządzenie Ministrów Infrastruktury oraz Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2002 r. w sprawie znaków i sygnałów drogowych. Dz. U. 170 poz. 1393 z 2002 r. z późn. zm.
10. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach (Dz. U. 220 poz. 2181 z 2003 r.).
11. Szczęsny P., Układy torów tramwajowych w miastach na terenie Polski, zajezdnia.pl, Warszawa, 2003.
12. Tramwaje Śląskie S. A. Infrastruktura techniczna, <http://www.tram-silesia.pl/www/index.php/tabor/infra/> [dostęp 27.02.2017].
13. Trentowski J., Rozbudowa torowiska tramwajowego w ciągu ul. Dywizjonu 303 i ul. Łazurowej od ul. Radiowej do ul. Kocjana, odcinka w ciągu ul. Kaliskiego z budową mijanki w obrębie przystanków „WAT” oraz remontu mijanki z przystankami „Stare Bemowo” – tom 05 Sygnalizacja Mijankowa, Warszawa, 2010.
14. Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym, tekst jednolity Dz. U. 2012 r. poz. 1137 z późn. zm.

PROBLEMS OF CONTROL TRAFFIC LIGHTS DESIGNING AT SINGLE-TRACK TRAMWAY LINES

Summary: The paper describes problems of designing and operation of traffic lights controlling single-track tramway lines where both directions traffic is allowed. The practical solutions for traffic control at single-track sections have been described. Compatibility of those solutions with current legislation has been analyzed. Potential changes in technical conditions concerning traffic lights controlling traffic at single-track tramway lines have been proposed.

Keywords: traffic lights, tram single-track lines, loop section signaling