

Autonomizacja jazdy tramwajem jako narzędzie wspierające pracę motorniczych¹

MACIEJ GÓROWSKI

Kierownik Działu Badań i Rozwoju NEWAG, ul. Wyspiańskiego 3, 33-300 Nowy Sącz, e-mail: maciej.gorowski@newag.pl

ZBIGNIEW KONIECZEK

Prezes Zarządu NEWAG, ul. Wyspiańskiego 3, 33-300 Nowy Sącz, e-mail: zbigniew.konieczek@newag.pl

Streszczenie: W artykule został omówiony projekt dotyczący autonomizacji jazdy tramwajem realizowany jako narzędzie wspierające pracę motorniczych. W ramach tego zadania odbył się pierwszy w Polsce przejazd tramwajem sterowanym w trybie autonomicznym. Tramwaj wyposażono w precyzyjny układ nawigacji satelitarnej oraz system sterowania, które zapewniają, że pojazd bez motorniczego porusza się po trasie. Docelowym założeniem projektu jest wdrożenie dla prowadzących asystenta jazdy, który będzie ich wspierał, wyręczając z części obowiązków. Ma też za zadanie nadzorowanie bezpieczeństwa jazdy.

Słowa kluczowe: transport zbiorowy, komunikacja tramwajowa, tramwaj autonomiczny, NEWAG.

Wprowadzenie

Koniec stycznia 2020 roku to ważny okres w historii komunikacji miejskiej w Polsce. Wszystko za sprawą oficjalnej prezentacji pierwszego w Polsce tramwaju poruszającego się w trybie sterowania autonomicznego, która miała miejsce w Krakowie. Trójczłonowy, niskopodłogowy tramwaj typu 126N o handlowej nazwie „Nevelo”, wyprodukowany przez firmę NEWAG SA z Nowego Sącza, w nocy z 27/28 stycznia 2020 przejechał bez motorniczego w kabinie trasę spod Muzeum Narodowego do pętli w Cichym Kaciku i z powrotem. Odcinek ten liczy ponad 2 kilometry i ma osiem przystanków. W przejeździe tym brali udział wyjątkowi goście: Prezydent Miasta Krakowa profesor Jacek Majchrowski, prezes Zarządu firmy NEWAG SA Zbigniew Konieczek, prezes Zarządu Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego SA w Krakowie dr Rafał Świerczyński, prorektor ds. ogólnych Politechniki Krakowskiej prof. dr hab. inż. arch. Andrzej Białkiewicz, dziekan Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej prof. dr hab. inż. Jerzy Śladek, dyrektor Instytutu Pojazdów Szynowych Politechniki Krakowskiej dr hab. inż. Maciej Szkoła prof. PK. Kolejnej nocy odbył się przejazd dla szerszego grona uczestników, w tym przedstawicieli mediów.

Projekt badawczo-rozwojowy „Autonomizacja jazdy tramwajem”

Pomysł opracowania tramwaju autonomicznego narodził się w Instytucie Pojazdów Szynowych, Wydziału Mechanicznego Politechniki Krakowskiej za sprawą dra inż. Macieja Michneja – zastępcy dyrektora Instytutu (fot. 1). W połowie 2019 roku rozpoczęto prace przy projekcie badawczo-rozwojowym pod nazwą „Autonomizacja jazdy tramwajem jako narzędzie

wspierające pracę motorniczych”. Politechnika Krakowska do współpracy zaprosiła firmy bezpośrednio związane z branżą transportową, nowoczesnymi technologiami i oprogramowaniem. Krakowska firma CYBID Sp. z o.o. odpowiedzialna była za opracowanie sterowników i oprogramowania sterującego trybu jazdy autonomicznej (fot. 2).

Nowosądecki NEWAG udostępnił swój wagon tramwajowy do testów oraz podjął się koordynacji całego przedsięwzięcia, w tym testów ruchowych. Koordynatorem projektu oraz głównym motorniczym prowadzącym wszystkie jazdy testowe był autor niniejszego artykułu (A. Górski). Ważnym uczestnikiem projektu była również warszawska firma MEDCOM Sp. z o.o., która specjalizuje się w tworzeniu układów sterowania i napędów trakcyjnych do pojazdów szynowych. To właśnie układ sterujący i napęd tej firmy zastosowany jest w tramwaju 126N. Ostatnim uczestnikiem projektu, bez którego przedsięwzięcie nie mogło się udać, było Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne SA w Krakowie, które umożliwiło realizację testów ruchowych oraz zapewniło niezbędne wsparcie merytoryczne i techniczne.



Fot. 1. Twórcy projektu (fot. J. Zych)



Fot. 2. Informacja o projekcie na tramwaju (fot. J. Zych)

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2020. Procentowy udział wkładu autorów w publikację: M. Górski 50%, Z. Konieczek 50%.

Celem projektu było przede wszystkim wdrożenie tzw. asystenta dla prowadzącego, wspomagającego jego pracę i nadzorującego parametry jazdy w celu zwiększenia bezpieczeństwa. Nadzór nad pracą motorniczego przewidziany został dla następujących zakresów:

- czuwania nad prędkością – zwalnianie w przypadku, gdy motorniczy jedzie za szybko w stosunku do wymagań;
- przerywania rozruchu przy izolatorach sekcyjnych;
- wykrywania przeszkód i weryfikowania możliwości przejazdu – dostosowanie prędkości;
- automatyzacji rozruchu i hamowania przystankowego i przy sygnalizacji świetlnej;
- opcjonalnie – komunikacji z sygnalizacją świetlną i dostosowaniem prędkości do cyklu świateł, tak by zapewnić płynny przejazd.

Etap I projektu

Projekt podzielony został na trzy etapy. Pierwszym z nich było uruchomienie sterowania autonomicznego z zastosowaniem systemu nawigacyjnego opartego na nawigacji GPS oraz nawigacji inercyjnej. To właśnie ten etap został zakończony wspomnianymi dwoma jazdami pokazowymi. Zaprojektowany i wykonany został układ sterowania autonomicznego, który komunikuje się z głównym sterownikiem tramwaju, z wykorzystaniem magistrali komunikacyjnej CAN, przejmując sterowanie tramwajem w taki sposób, jakby robił to motorniczy. System zapewnia precyzyjne sterowanie prędkością, sterowanie drzwiami i dzwonkiem. Dzięki układom nawigacji satelitarnej tramwaj z dużą precyzją zatrzymuje się na przystankach, steruje prędkością jazdy, w tym ogranicza ją w miejscach, gdzie jest to wymagane (np. przejazd przez rozjazdy z prędkością 10 km/h). Pojazd w trybie autonomicznym przejeżdża też na wybiegu (bez rozruchu) pod izolatorami sekcyjnymi sieci trakcyjnej. System sterowania autonomicznego posiada zabezpieczenie, które, w przypadku problemów z jego działaniem, automatycznie wdraża hamowanie pojazdu. Dla zapewnienia bezpieczeństwa wszystkie normalne funkcjonalności tramwaju są zachowane i stanowią sygnały nadrzędne względem sterowania autonomicznego. Przykładowo, w sytuacji niebezpiecznej pociągnięcia za rączkę hamulca bezpieczeństwa w przedziale pasażerskim natychmiastowo uruchamia hamowanie. Tak samo w przypadku zmiany pozycji nastawnika jazdy, użycia przycisku dzwonka, alarmu, przycisków drzwiowych itp., podzespoły te wywołują reakcje identyczne jak w klasycznie działającym tramwaju, przerywając tym samym sterowanie autonomiczne.

Dla realizacji tego etapu konieczne było wykonanie przejazdów pomiarowych na wybranej trasie w celu zacytowania jej parametrów z układu nawigacyjnego. Do testów wybrano odcinek trasy tramwajowej do Cichego Kąca (fot. 3).

Wybór tej trasy był spowodowany nie tym, że przebiega ona w linii prostej, tylko przede wszystkim faktem, że jest to odcinek dostępny nocą (nie jeżdżą tam linie nocne), co miało zasadnicze znaczenie dla możliwości prowadzenia



Fot. 3. Trasa zacytana przez układ nawigacyjny – pomiary GNSS/INS nałożone w aplikacji Google Earth

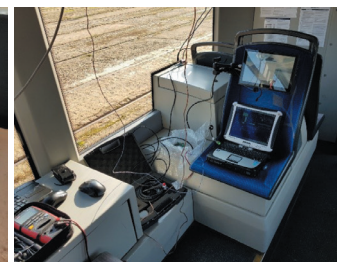
jazd testowych. Dodatkowo trasa ta jest wydzielona, znajduje się w pobliżu centrum i w optymalnej odległości od zajezdni. Ważnym aspektem była też zastosowana tam nawierzchnia torowa wykonana w technologii trawiastej. W związku z pochodzącym od trawy zawilgoceniem istnieje większe ryzyko występowania poślizgów pomiędzy kołami a szynami. Uwzględnienie poślizgów było bardzo ważne z punktu widzenia pomiaru drogi. Oprogramowanie sterujące tramwajem porównuje pozycję z nawigacji do faktycznie przebytej drogi (czujnik prędkości kół).

Drugim ważnym aspektem było poznanie przez programistów zasad sterowania tramwajem oraz parametrów jazdy. Konieczna była również modyfikacja głównego programu sterującego tramwajem tak, by po magistrali CAN odbywała się komunikacja ze sterownikiem jazdy autonomicznej. Podczas jazd pomiarowych na obszarze miasta motorniczy prowadził tramwaj jakby jechał liniowo z pasażerami, a twórcy oprogramowania pobierali dane z układu sterowania dotyczące techniki prowadzenia – pozycje nastawnika, parametry przyspieszania rozruchu, opóźnienia hamowania, umiejscawiania itp. (fot. 4, 5 i 6).

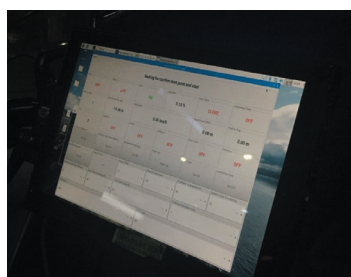
Na podstawie przejazdów pomiarowych i lokalizacji satelitarnej naniesione zostały w programie sterującym newralgiczne miejsca z punktu widzenia jazdy, czyli: przystanki, pozycje izolatorów sekcyjnych, skrzyżowań czy też stref ograniczenia prędkości. Mogły się też odbyć pierwsze próby na terenie zajezdni (fot. 7).



Fot. 4. Anteny nawigacyjne na dachu podczas testów (fot. M. Górowski)



Fot. 5. Stanowisko sterowania autonomicznego podczas testów (fot. M. Górowski)



Fot. 6. Okno programu sterującego (fot. M. Michnej)



Fot. 7. Pierwsze próby jazdy autonomicznej na terenie zajezdni (fot. M. Górowski)

Dzięki stworzeniu oprogramowania, które łączy w sobie aspekty dotyczące lokalizacji i pozycjonowania na trasie z odpowiednim układem sterującym tramwajem, udało się zakończyć pierwszy etap, prezentując publicznie jazdę w trybie sterowania autonomicznego (fot. 8). Podczas przejazdów pokazowych w kabinie nie było nikogo. Trasa przejazdu dla bezpieczeństwa została zabezpieczona przez policję i inspektorów ruchu MPK. Nad przebiegiem jazdy czuwał motorniczy nadzorujący przejazd z za kabiny i posiadający możliwość wdrożenia hamowania nagłego w razie wystąpienia sytuacji niebezpiecznej



Fot. 8. Tramwaj w trybie sterowania autonomicznego po dojeździe na przystanek Muzeum Narodowe (fot. Zasoby NEWAG)

Etap II projektu

W kolejnym, drugim etapie projektu przewidziana jest zabudowa układów wykrywania przeszkód zarówno przed tramwajem, jak przebiegających równoległe do tramwaju. System wykrywania przeszkód będzie miał również funkcję termowizyjnego rozpoznawania przeszkód. Taki system o nazwie AT-OS (Automatyczny Termowizyjny System Wykrywania Zagrożeń) firma NEWAG testuje obecnie w pojazdach kolejowych swojej produkcji.

Etap III projektu

W trzecim etapie przewiduje się zaprogramowanie konkretnej trasy liniowej tramwaju i rozpoczęcie eksploatacji nadzorowanej tramwaju z zastosowanym „asystentem motorniczego”.

Obecne przepisy nie pozwalają na sterowanie pojazdem mechanicznym bez obecności osoby prowadzącej. Docelowo oczywiście opracowywany system może umożliwić pełną autonomizację, jednak na obecnym etapie ma on być narzędziem wspierającym pracę motorniczych i w żadnym wypadku nie ma na celu eliminowania ich. System ten ma być narzędziem, które odciąży prowadzących tramwaje od czynności, które absorbują ich uwagę, a mogą być w pełni zautomatyzowane. Motorowi będą mogli się wtedy skupić na funkcjach naprawde istotnych, w których na dzień dzisiejszy nie mogą być zastąpieni. System sterujący tramwajem będzie czuwał nad odpowiednią prędkością jazdy, zautomatyzowane będzie hamowanie (szczególnie przystankowe) oraz sterowanie drzwiami. Układy wykrywania przeszkód z dużym wyprzedzeniem będą mogły poinformować motorniczego np. o samochodzie zaparkowanym w skrajni taboru czy też wdrożyć hamowanie w przypadku napotkania w pobliżu tramwaju jakiejś przeszkody. Dzięki takim rozwiązaniom prowadzący tramwaje będą mieli bardziej komfortową pracę oraz zwiększy się bezpieczeństwo jazdy. Motorniczy nie będzie musiał pamiętać o przerywaniu rozruchu na izolatorach sekcyjnych, bo system na podstawie nawigacji zrobi to za niego. W miejscach ograniczeń prędkości tramwaj sam zwolni do wymaganej przepisami prędkości i utrzyma żadaną prędkość przez cały obszar obowiązywania ograniczenia. Motorniczy z racji nadrzędności sygnałów ze sterowania manualnego będzie mógł oczywiście przyspieszyć w razie potrzeby, jednak taki ruch z jego strony będzie wymagał świadomego potwierdzenia takiej czynności. Wyświetli się też odpowiedni komunikat, a zdarzenie to będzie zapisane w rejestratorze tramwaju. System sterowania będzie mógł również czuć nad ekonomią jazdy – tzw. *ecodriving*.

Podsumowanie

Pierwsza autonomiczna jazda tramwaju w Polsce spotkała się wielkim zainteresowaniem. Już podczas przejazdu pokazowego prezes krakowskiego MPK Rafał Świerczyński zapowiedział zainteresowanie wdrożeniem takiego systemu i wpisywanie tego typu funkcjonalności do wymagań w ramach przyszłych postępowań przetargowych na zakup taboru tramwajowego. Pozostaje mieć nadzieję, że kolejne etapy projektu zrealizowane zostaną równie sprawnie. Warto zwrócić uwagę na fakt, że realizacja pierwszego etapu trwała tylko pół roku, a twórcy projektu zaczęli całkowicie od zera.

Literatura

1. Jaroszyński M., *Pojazdy autonomiczne: scenariusze organizacyjne oraz szanse i zagrożenia dla zrównoważonego rozwoju*, PNPE 2018, z. 120.
2. Neumann T., *Perspektywy wykorzystania pojazdów autonomicznych w transporcie drogowym w Polsce*, „Autobusy”, 2018, nr 12.
3. Masoud, N.I., Jayakrishnan, R., *Autonomous or driver-less vehicles: Implementation strategies and operational concerns*, “Transportation Research, Part E”, 2017, no 108.
4. Fagant, D.I., Kockleman, K., *Preparing a Nation for Autonomous Vehicles: Opportunities, Barriers and Policy Recommendations*, “Transportation Research, Part A”, 2015, no 77.