



Fot. 1. Wspólny przystanek tramwajowo-trolejbusowy, Segedyn, Węgry. Fot. M. Bartłomiejczyk

Mikołaj Bartłomiejczyk, Marcin Połom

## Uwagi na marginesie artykułu Adama Moleckiego *Rozwój autobusów elektrycznych w oparciu o istniejące sieci tramwajowe*

*W numerze 12/2014 niniejszego czasopisma został opublikowany artykuł Adama Moleckiego pt. „Rozwój autobusów elektrycznych w oparciu o istniejące sieci tramwajowe” [4]. Autor w swoich rozważaniach sformułował tezę o zasadności rozwijania elektrycznego transportu miejskiego – autobusów elektrycznych – w oparciu o istniejącą infrastrukturę tramwajową lub trolejbusową. W niniejszym artykule, na tle rozważań teoretycznych, rozszerzono zagadnienia prezentowane w przywołanym tekście.*

Polityka Unii Europejskiej w zakresie rozwoju transportu publicznego jest jednoznaczna. Należy rozwijać te podsystemy transportu, które najmniej ingerują w środowisko, ograniczają emisję zanieczyszczeń i hałasu. Komunikacja trolejbusowa wpisuje się w ten nurt i jest pozytywnie oceniana przez instytucje unijne. Przejawem tego jest choćby możliwość uzyskania dofinansowania na inwestycje związane z komunikacją trolejbusową.

Propozycja Adama Moleckiego jest interesująca i zasadna, nie wyczerpuje jednak tematu. Można ją wpisać w nurt koncepcyjny, jednak doświadczenie pokazuje, że tego typu inicjatywy bez mocnego uzasadnienia ekonomicznego i technicznego nie mają szans na realizację. W polskich warunkach równie istotne są aspekty polityczne. Trolejbusy nie są tak spektakularne jak tramwaje i często przedkłada się cel polityczny nad rachunek ekonomiczny. Znałe są także przykłady sztucznego przeszacowywania inwestycji trolejbusowych, aby wykazać zasadność budowy tramwajów.

Trakcja trolejbusowa i trakcja tramwajowa posiadają wiele elementów wspólnych. Mają przede wszystkim identyczne (bądź zbliżone) napięcia zasilania. Ponadto zarówno trolejbusowa, jak i tramwajowa sieć trakcyjna korzystają z konstrukcji wsporczych o zbliżonym charakterze, czyli wieszaków bądź poprzecznych linek, a zatem zaproponowana przez autora artykułu integracja autobusów elektrycznych i sieci tramwajowych za pomocą sieci trolejbusowej jest rozwiązaniem uzasadnionym z technicznego punktu widzenia. Konieczne jest jednak zwrócenie szczególnej uwagi na kilka aspektów technicznych i ekonomicznych tego zagadnienia [1–3].

### Integracja dwóch sieci trakcyjnych – trolejbusowej i tramwajowej

Według A. Moleckiego skrzyżowania sieci trolejbusowej i tramwajowej są rozwiązaniem problematycznym: „o ile to jest możliwe, należy unikać skrzyżowania obydwu trakcji”. Taki pogląd jest typowy dla polskiego środowiska ekspertów związanych z miejską trakcją elektryczną. Jednak obecnie budowa skrzyżowań sieci trakcyjnych (trolejbusowej i tramwajowej) nie stanowi problemu technicznego. Zarówno w krajach Europy Zachodniej, jak i Wschodniej, liczne są wspólne systemy komunikacji tramwajowej i trolejbusowej. Na rynku dostępnych jest wiele rozwiązań technicznych szybkoprzejezdnych skrzyżowań obydwu trakcji. Na fot. 2 i 3 przedstawiono dwa skrzyżowania oparte o aparaturę firmy Elektroline z czeskiej Pragi [6]. Podtrzymywanie opinii na temat koniecznego unikania krzyżowania się sieci tramwajowej i trolejbusowej daje nieuzasadnione argumenty przeciwnikom trolejbusów. Za przykład może posłużyć Gdynia, gdzie w uchwalonym Zintegrowanym Planie Rozwoju Transportu Publicznego na lata 2004–2013, zakładano budowę trasy trolejbusowej z pętli przy ul. Reja w Sopocie do pętli tramwajowej w Oliwie. Nowa trasa miała za zadanie integrację systemu tramwajowego i trolejbusowego. Nie zrealizowano tego celu; jedną z przyczyn był brak dostatecznego budżetu, a drugą – pojawiające się argumenty o trudnościach w krzyżowaniu się obydwu sieci trakcyjnych.

Zaproponowane przez autora wspólne wykorzystanie pasów ruchu przez tramwaje i trolejbusy jest rozwiązaniem bardzo efektywnym i sprawdzonym. Umożliwia ono wykorzystanie istniejącego torowiska tramwajowego dla innych pojazdów komunikacji miejskiej i ograniczenie kongestii ruchu ulicznego. Na fot. 1, 4 i 5 zaprezentowano przykłady takich skrzyżowań.

Adaptacja istniejącej sieci tramwajowej dla celów instalacji trolejbusowej sieci trakcyjnej może się wiązać z koniecznością przeprowadzenia znacznych zmian konstrukcyjnych. Niezbędna może okazać się wymiana poprzecznych elementów zawieszenia sieci trakcyjnej oraz słupów trakcyjnych w związku ze zwiększonym obciążeniem mechanicznym. Z tego powodu zalecane jest połączenie budowy trolejbusowej sieci trakcyjnej z remontem generalnym sieci tramwajowej, a więc przy projektowaniu proponowanej integracji należy wybierać takie odcinki tramwajowe, które wymagają remontu.

A. Molecki pisze w odniesieniu do Wrocławia: „wyznaczenie miejsca włączenia do sieci trakcyjnej na odcinku poprzedzającym jezdnię autobusowo-tramwajową wymagałoby dodatkowego

zatrzymania poza przystankiem na kilkadziesiąt sekund. Należy zatem uznać, iż skrócenie przebiegu (...) znajduje uzasadnienie”; z poglądem tym nie można całkowicie się zgodzić. Istnieje w Europie kilka przykładów sieci trolejbusowych wykorzystujących w ruchu liniowym zasilanie alternatywne, w których podłączenie trolejbusu do sieci trakcyjnej następuje w sposób automatyczny poza przystankami – najbliższym przestrzennie przykładem jest Opawa [5]. Szkolenia kierowców pozostają czynnikiem decydującym o efektywności takiego systemu. Należy pamiętać, że każdy dodatkowy kilometr jazdy pozasieciowej wpływa na wielkość i cenę baterii przez zwiększenie jej pojemności i wydłużenie żywotności. Ponadto dłuższy odcinek jazdy bez zasilania sieciowego zwiększa ryzyko nadmiernego wyładowania akumulatorów przy wystąpieniu kongestii co może skutkować skróceniem ich żywotności. Jazda na zasilaniu alternatywnym to większe ryzyko rozładowania, więc powinno się optymalizować długość odcinka bezsieciowego i przeważać postój kilkunastosekundowy nad 1 km dodatkowej jazdy przy zasilaniu z baterii. Przytoczony przykład Opawy pokazuje, że podłączenie automatycznie zajmuje nie więcej niż 10 sekund.

### Integracja układu zasilania obu rodzajów sieci trakcyjnych

Sieć tramwajowa i sieć trolejbusowa są zasilane napięciem o tej samej wartości, jednak zasilanie obydwu rodzajów trakcji ze wspólnych podstacji trakcyjnych wiąże się z kilkoma problemami technicznymi. Najprostszym rozwiązaniem jest zasilanie sieci tramwajowej i sieci trolejbusowej ze wspólnego układu szyn zbiorczych podstacji trakcyjnej. Wówczas konieczna jest rozbudowa rozdzielnic prądu stałego o pola służące dla zasilania trolejbusów, które zasilane są w sposób identyczny jak tramwaje. W takim przypadku sieć trolejbusowa jest zasilana w sposób uziemiony, co zwiększa zagrożenie z punktu widzenia ochrony przeciwporażeniowej pasażerów w przypadku uszkodzenia izolacji instalacji elektrycznej w pojeździe.

Alternatywnym rozwiązaniem jest zastosowanie podstacji trakcyjnych z rozdzielonym układem szyn zbiorczych (rys. 1). Wówczas rozdzielnia prądu stałego składa się z dwóch części, jednej zasilającej sieć trolejbusową, a drugiej – tramwajową. Każda z tych części jest zasilana z odrębnych zespołów prostownikowych. Rozwiązanie takie umożliwia zasilanie sieci w sposób izolowany. W wielu przypadkach stosuje się osobne podstacje dla celów zasilania trakcji trolejbusowej i tramwajowej; wówczas obydwa systemy są całkowicie niezależne.



Fot. 2. Szybkoprzejezdne skrzyżowanie trolejbusowej i tramwajowej sieci trakcyjnej, Ostrava, Republika Czeska. Fot. M. Bartłomiejczyk



Fot. 3. Szybkoprzejezdne skrzyżowanie trolejbusowej i tramwajowej sieci trakcyjnej, Szeged, Węgry. Fot. M. Bartłomiejczyk



Fot. 4. Wspólny pas ruchu dla komunikacji tramwajowej i trolejbusowej, Zurich, Szwajcaria. Fot. M. Bartłomiejczyk

Pierwsze rozwiązanie jest zdecydowanie najtańsze, jednak obecnie – ze względu na kwestie ochrony przeciwporażeniowej – większość przedsiębiorstw stara się unikać zasilania obydwu systemów trakcji elektrycznej ze wspólnych szyn zbiorczych. Zastosowanie rozdzielnic o rozdzielonym układzie szyn zbiorczych zwiększa stopień ochrony pasażerów komunikacji trolejbusowej przed porażeniem prądem elektrycznym, ale także zwiększa nakłady finansowe związane z przebudową podstacji trakcyjnych. W licznych przypadkach (w obydwu wyżej wymienionych wariantach) koszty przebudowy podstacji trakcyjnych mogą być na tyle wysokie, iż uzasadnione będzie rozważenie budowy osobnych podstacji dla zasilania trakcji trolejbusowej. Wybór konkretnego rozwiązania jest uzależniony od lokalnych warunków i specyfiki istniejącego układu zasilania.

### Podsumowanie

Trolejbus stanowi pośrednie rozwiązanie między autobusem a tramwajem. System klasycznej komunikacji trolejbusowej nie wymaga tak znaczących nakładów inwestycyjnych jak w przypadku tramwaju.

Komunikacja trolejbusowa, uzależniona od zasilania trakcyjnego, stała się uciążliwa w eksploatacji. Poszukiwano więc rozwią-

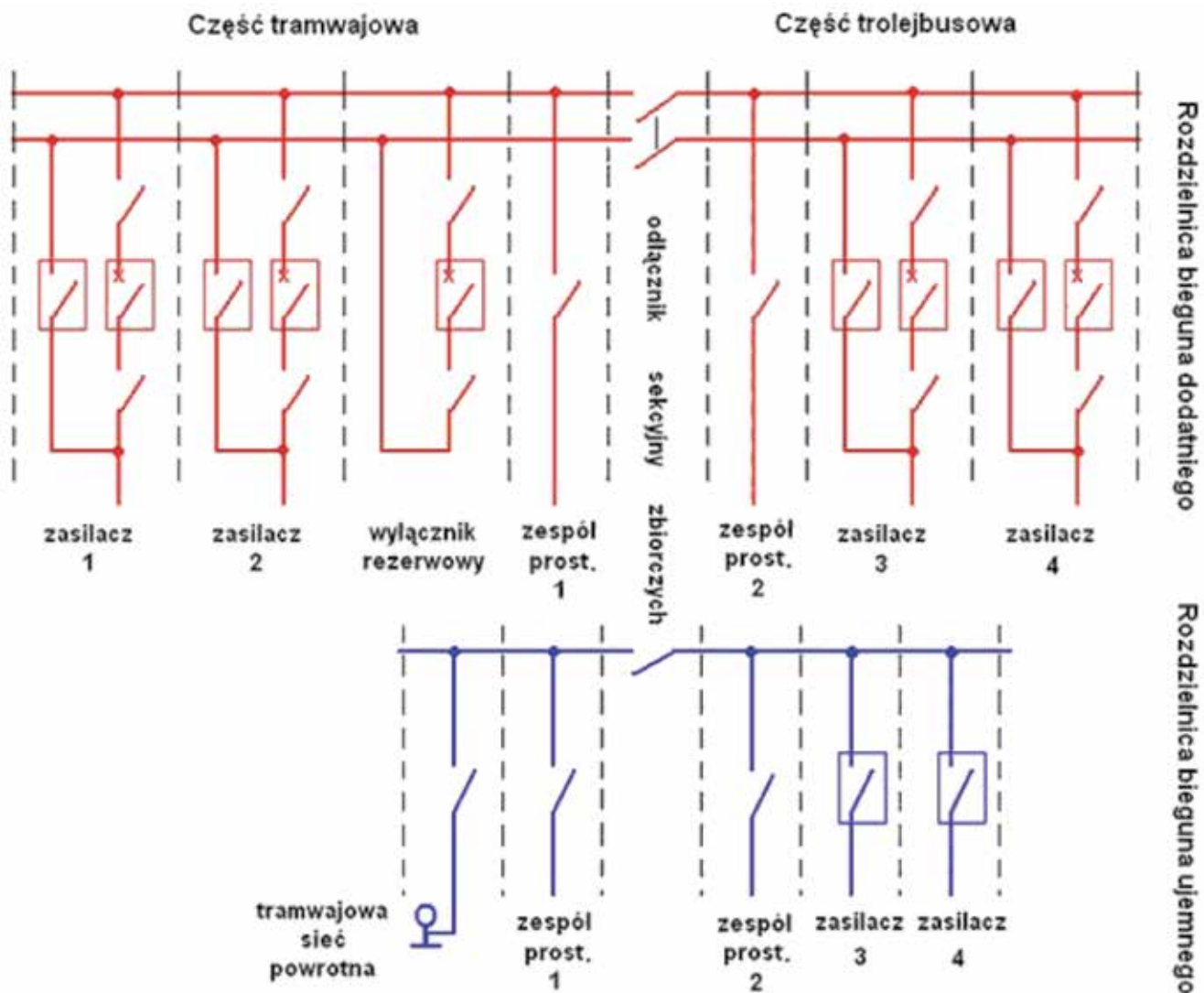
zań umożliwiających „uelastyczenie” trolejbusów. W wyniku rozwoju technologii pojawiły się alternatywne sposoby zasilania układu napędowego trolejbusów przez zabudowanie agregatów spalinowych, spełniających rolę prądnicy, akumulatorów o dużej pojemności energetycznej lub zasobników superkondensatorowych. Przesłanką kierującą uwagę przewoźników na poprawę warunków eksploatacyjnych były przede wszystkim wysokie koszty utrzymania rezerwy autobusów na ewentualność zaniku zasilania w sieci trakcyjnej, poważnego zerwania przewodów jezdnych lub długotrwałej przebudowy ulicy. Trolejbusy pozostające w zajezdni nie zarabiały na swoje utrzymanie, a autobusy kursujące na liniach trolejbusowych generowały większe koszty, przez co komunikacja trolejbusowa wypadła w bilansie ekonomicznym negatywnie.

Rozwój alternatywnych źródeł zasilania stał się wielkim walorem komunikacji trolejbusowej. Dotychczas podnoszono – jako argument przeciwko trolejbusom – brak elastyczności ruchowej. Pojazdy poruszające się po wspólnej jezdni z samochodami osobowymi były problematyczne w sytuacji zaniku zasilania, zerwania sieci trakcyjnej. Dziś trolejbus w takiej sytuacji porusza się dalej przy wykorzystaniu zasilania alternatywnego [5]. Trolejbus wyposażony w dodatkowe źródło energii góruje nad tramwajem, który nie może wyminąć np. uszkodzonego pojazdu.

Zaproponowana przez A. Moleckiego koncepcja jest podwójnie zasadna, zwraca uwagę na możliwość rozwijania proekologicznej komunikacji na obszarach o mniejszych potokach pasażerskich, a więc przy braku zasadności ekonomicznej budowy infrastruktury trakcyjnej. Ponadto umożliwia wprowadzenie większej liczby pojazdów nieemitujących zanieczyszczenia w obszarach śródmiejskich. Dzisiejsza technologia bateryjna, mimo jej dynamicznego rozwoju, nie pozwala na jednoznaczne określenie żywotności akumulatorów, a więc częstotliwości i kosztów ich wymiany. Dodatkowo ograniczona pojemność wpływa na wielkość pracy przewozowej możliwej do wykonania bez doładowywania baterii. Zwiększanie pojemności baterii wpływa na jej wielkość i masę, co w konsekwencji ogranicza przestrzeń przeznaczoną dla pasażerów. Koncepcja powiązania nowoczesnych rozwiązań bateryjnych z możliwością doładowywania



Fot. 5. Wspólny przystanek tramwajowo-trolejbusowy (Segedyn, Węgry): a) widoczne jest boczne zawieszenie sieci trakcyjnej, b) rozdzielenie się sieci trakcyjnej tramwajowej i trolejbusowej wraz ze skrzyżowaniem obydwu trakcji. Fot. M. Bartłomiejczyk



Rys. 1. Schemat tramwajowo-trolejbusowej podstacji trakcyjnej z rozdzielonym układem szyn zbiorczych rozdzielni prądu stałego  
 Źródło: opracowanie własne.

z sieci trakcyjnej tramwajowej (przystosowanej odpowiednio dla trolejbusów) wydaje się być najlepszym i najłatwiejszym sposobem wprowadzenia autobusów elektrycznych na szeroką skalę.

**Bibliografia:**

1. Bartłomiejczyk M., Połom M., *Perspektywa napędu alternatywnego w lubelskiej komunikacji trolejbusowej. Cz. 1*, „Technika Transportu Szynowego” 2013, nr 9.
2. Bartłomiejczyk M., Połom M., *Perspektywa napędu alternatywnego w lubelskiej komunikacji trolejbusowej. Cz. 2*, „Technika Transportu Szynowego” 2013, nr 10.
3. Bartłomiejczyk M., Połom M., *Trolejbusy z bateryjnym źródłem zasilania – doświadczenia eksploatacyjne i koncepcja liniowego zastosowania w Gdyni*, „Technika Transportu Szynowego” 2011, nr 5–6.
4. Molecki A., *Rozwój autobusów elektrycznych w oparciu o istniejące sieci tramwajowe*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2014, nr 12.
5. Połom M., Bartłomiejczyk M., *Alternatywne źródła zasilania w trolejbusach – przegląd rozwiązań stosowanych w miastach europejskich*, „Transport Miejski i Regionalny” 2011, nr 8.

6. Połom M., *Innowacje wzmacniające konkurencyjność komunikacji trolejbusowej*, „Infrastruktura Transportu” 2011, nr 4.

**Autorzy:**

dr inż. **Mikołaj Bartłomiejczyk** – Katedra Inżynierii Elektrycznej Transportu, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, Politechnika Gdańska, e-mail: mikolaj.bartlomiejczyk@pg.gda.pl  
 mgr **Marcin Połom** – Katedra Geografii Rozwoju Regionalnego, Instytut Geografii, Wydział Oceanografii i Geografii, Uniwersytet Gdański, e-mail: marcin.polom@ug.edu.pl

**Remarks on the article by Adam Molecki**  
*The development of electric buses based on the existing tram network*

In the issue 12/2014 of this journal, the article entitled *The development of electric buses based on the existing tram network* by Adam Molecki has been published [4]. Author in their deliberations formulated the thesis about the advisability of developing electric transport - electric buses - based on the existing tram or trolleybus infrastructure. In this paper, on the theoretical considerations background, issues presented in cited text has been extended.