

Tadeusz Maciołek

Niestandardowe zasilanie pojazdów trakcji miejskiej bez ciągłej górnej sieci trakcyjnej

Tramwaje elektryczne od ponad stu lat zasilane są najczęściej poprzez ciągłą górną sieć trakcyjną. Sieć powrotną stanowią szyny jezdne. Rozwiązanie to jest opanowane technicznie i zapewnia wystarczające parametry energii elektrycznej do prowadzenia ruchu taboru w różnych warunkach pogodowych. Tramwaj, trolejbus jako ekologiczny środek transportu o dużej zdolności przewozowej jest promowany. Jednocześnie obecność przewodów jezdnych nad ulicami w obszarach zurbanizowanych jest kłopotliwa. Pogarsza ona architekturę ulic. Problemem jest również zawieszanie sieci trakcyjnej. Właściciele budynków przyległych do linii tramwajowych starają się o usunięcie mocowań konstrukcji podwieszonych poprzecznych ze ścian. Ograniczenie przestrzeni miejskiej utrudnia stawianie słupów. Przy intensywnym ruchu pieszym i kołowym występują większe zagrożenia od upadku sieci. W efekcie wiele miast w Europie zrezygnowało ze swoich linii tramwajowych, bądź powstrzymuje się z ich rozwojem.

Nowe rozwiązania techniczne systemu zasilania napędów trakcyjnych pozwalają na eliminację ciągłej sieci górnej. Aby zapewnić ciągłość zasilania taboru przy braku ciągłości sieci trakcyjnej wymagane jest wprowadzane do tramwajów układu z zasobnikiem energii. Górną sieć trakcyjną można zastąpić przez sieć szynową: segmentową lub trzecią szynę z ostoną.

Akumulatory i superkondensatory w tramwajach

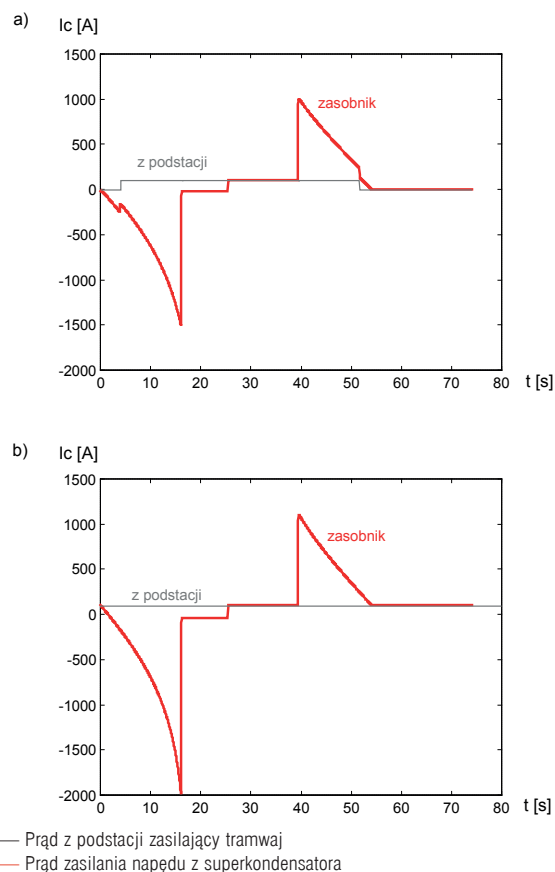
Nowy i modernizowany tabor tramwajowy wyposażany jest w wiele nowych urządzeń energoelektronicznych. Wynika to z konieczności zwiększenia efektywności transportu elektrycznego [8]. Jednym z rozwiązań jest wprowadzenie zasobników energii do pojazdu trakcyjnego [1, 3, 5, 6, 7].

Zastosowanie zasobnika pokładowego [1, 3] zapewnia:

- możliwość pełnego wykorzystania energii odzyskiwanej w trakcie hamowania;
- znaczne zmniejszenie poboru energii do celów trakcyjnych, nawet rzędu 50%;
- możliwość wyrównania w czasie obciążenia systemu zasilania sieciowego;
- zmniejszenie poziomu mocy maksymalnej pobieranej z sieci trakcyjnej i w związku z tym możliwość zmniejszenia kosztów przyłączy i mocy zamówionej;
- zmniejszenie strat energii w układzie zasilania;
- możliwość obniżenia kosztów inwestycyjnych w podstacjach i obwodach zasilania;
- zwiększenie trwałości elementów układu zasilania;

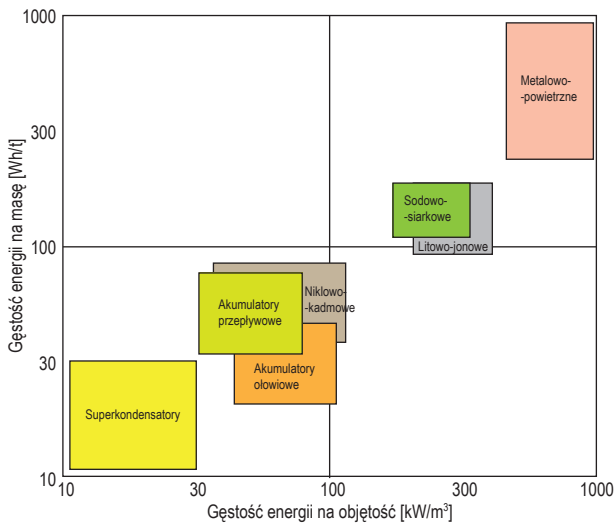
- możliwość zwiększenia gęstości ruchu pojazdów bez modernizacji systemu zasilania;
- zmniejszenie średniego prądu w sieci powrotnej, co zmniejsza wartości prądów błędnych;
- możliwość zwiększenia średniej prędkości, gdyż nie jest konieczne ograniczanie mocy związanej z obniżaniem poziomu napięcia na pantografie pojazdu.

Uzyskanie tych efektów wymaga zastosowania w taborze zasobników o dużej mocy chwilowej – superkondensatorów lub zasobników bezwładnościowych. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe przebiegi prądu z podstacji i tramwaju z superkondensatorami. Jako zasobniki stosowane są również akumulatory chemiczne [1, 9]. Również w Polsce, w Warszawie, były prowadzone próby z zastosowaniem akumulatorów w tramwaju. W eksploatacji akumulatorów problemem jest ich krótki okres przydatności, niska sprawność i mała moc chwilowa. Większą moc



Rys. 1. Udział prądu pojazdu w obciążeniu podstacji i prąd superkondensatora; początkowe wartości napięcia na superkondensatorze w pojeździe
a) $U_c = 730$ [V], b) $U_c = 680$ [V]

jednostkową i sprawność procesu ładowania i rozładowania niż akumulatory chemiczne mają superkondensatory lub układy hybrydowe złożone z akumulatorów i superkondensatorów. Względy techniczne i finansowe wymuszają ograniczenie masy zasobników poniżej 10% masy całkowitej pojazdu. Stosowanie większych zasobników w istotny sposób zwiększa koszty taboru i eksploatacji, a nie zwiększa w istotnym stopniu efektywności energetycznej. Ze względu na małą pojemność energetyczną zasobników superkondensatorowych – realnie około 3–5 Wh/kg [6] konieczne jest częste ich doładowywanie, by nie zwiększać masy pojazdu.



Rys. 2. Rodzaje zasobników energii – porównanie gęstości energii [6]

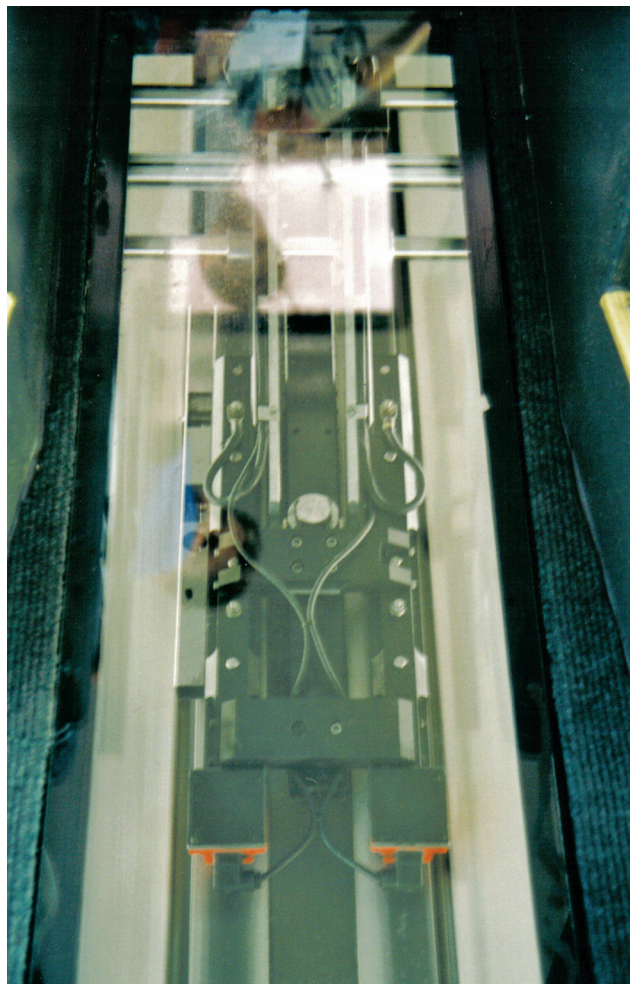
Rozwiązaniem jest więc doładowywanie zasobników na każdym przystanku. Linia tramwajowa z zasilaniem z górnej sieci trakcyjnej tylko w obszarze przystanków zostanie wybudowana w Katarze [9]. Tramwaje będą miały zainstalowane układy hybrydowe typu SistraHES – akumulatory plus superkondensatory. Od 2006 r. w Szanghaju w Chinach testowane i eksploatowane są niewielkie trolejbusy, które zasilane są tylko na przystankach z sieci górnej [11]. Typowy czas ładowania na przystanku to 30 s. Rozwiązanie to weszło więc już do eksploatacji.

Trzecia szyna segmentowa w jezdni lub torze

Jednym z rozwiązań układu zasilania eliminującego sieć górną jest wprowadzenie trzeciej szyny segmentowej w płaszczyźnie jezdni lub toru. Rozwiązanie to opracowane zostało we Włoszech dla autobusów elektrycznych Stream przez firmę Ansaldo Transporti (rys. 3, 4, 5), a wdrożone na starym mieście w Trieście [2]. Trzecia szyna zasila również tramwaje w Bordeaux [10]. Trzecia szyna prowadzona poziomo między szynami jezdniowymi podzielona jest na izolowane segmenty o długości ośmiu metrów. Zasilanie dotychczasowe zostaje tylko do kolejnych segmentów nad którymi znajduje się tramwaj. Sterowanie zasilaniem odbywa się przez przejeżdżający tramwaj. Ostatnia on dostęp do szyny pod napięciem, co przedstawiono na rysunku 6. Zabezpiecza to pieszych i pojazdy przed działaniem niebezpiecznego napięcia. Energia elektryczna dostarczana jest do tramwaju przez odbierak ślizgający się po płaskich segmentach. Pozostałe segmenty odłączone są od zasilania. Rozwiązanie to cechuje znaczna upływność powierzchniowa miejscowa związana z zabrudzeniem i zawilgoceciem izolacji. Pomimo korzystnych efektów architektonicznych



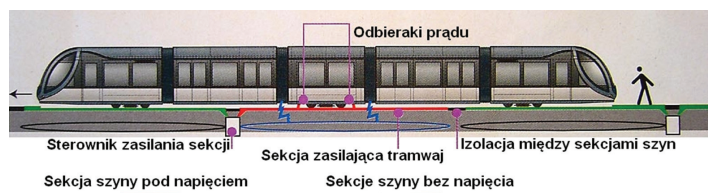
Rys. 3. Szyny zasilające systemu STREAM w laboratorium: lewa ciągła przyłączona do „-”, prawa sekcjonowana przyłączona do „+”, pod napięciem znajdują się tylko 3 sekcje pod przejeżdżającym autobusem



Rys. 4. Odbierak ślizgowy systemu STREAM samonaprowadzający



Rys. 5. Autobus systemu STREAM na torze testowym



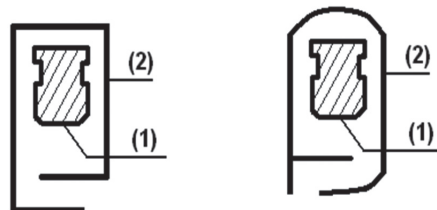
Rys. 6. Zasilanie tramwaju w Bordeaux poprzez szynę segmentową [10]

rozwiązanie to nie jest jeszcze rozpowszechnione. Powszechne stosowanie ogranicza również wysoki koszt budowy systemu. Nie można go zastosować w warunkach Polski ze względu na śnieg i osiadający szron.

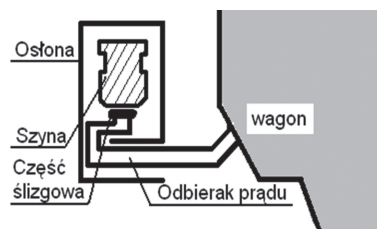
Trzecia szyna boczna z osłoną labiryntową

Sieć boczna – trzecia szyna – stosowana jest powszechnie w zasilaniu metra. Sieć ta umożliwia eksploatację taboru metra z prędkością do 90 km/h. Jest to prędkość większa niż maksymalna prędkość tramwajów. Podstawowym ograniczeniem zastosowania trzeciej szyny do zasilania tramwajów jest niebezpieczeństwo porażenia osób które w sposób przypadkowy lub celowy dotkną szyny. Również prowadzenie ciągłej szyny wyklucza możliwość stosowania skrzyżowań w jednym poziomie. Wprowadzenie do taboru opisanych zasobników umożliwi przerywanie ciągłości szyn zasilających. Tramwaje mogą się poruszać bez zasilania zewnętrznego w obszarach skrzyżowań lub krótkich odcinków torów nie wydzielonych. Trzecia szyna boczna może być zastosowana na liniach gdzie tory tramwajowe są oddzielone od ruchu samochodowego i pieszego. Zastosowanie izolacyjnej

osłony labiryntowej [4] zapewni ochronę przed porażeniem ludzi nawet w przypadku dotknięcia osłony szyny lub wejścia na nią. Nie jest możliwe dotknięcie szyny za pomocą prostych elementów. Nie jest więc wymagane wygradzanie toru tramwajowego. Osłona nie przeszkadza w odbiorze prądu przez jadący tramwaj. Wprowadzenie odbieraka do osłony i jego wyprowadzenie może odbywać się z pełną prędkością. Niewielka wysokość konstrukcji nie pogarsza estetyki torów. Pełna osłona izolacyjna zabezpiecza szynę przewodzącą przed deszczem, śniegiem i lodem. Rozwiązanie takie może więc być zastosowane w warunkach klimatycznych Polski.



Rys. 7. Przykładowe osłony labiryntowe trzeciej szyny
1 - szyna przewodząca, 2 - osłona izolacyjna



Rys. 8. Odbierak prądu do trzeciej szyny w osłonie labiryntowej

Podsumowanie

Wiele torów tramwajowych w miastach prowadzonych jest jako wydzielone od innego rodzaju ruchu. Aktualnie prowadzi się próby z zastosowaniem zasobników w tramwajach ze względu na oszczędności energetyczne. Połączenie tramwajów z zasobnikami i zasilania ich poprzez sieć szynową boczną umożliwi poprawę estetyki miasta, a jednocześnie nie eliminuje wygodnego środka transportu, jakim jest tramwaj, z ruchu miejskiego. Pozostaje nadal możliwość stosowania odcinków o wspólnym ruchu pieszym, tramwajowym i samochodowym jakie są wymagane w ścisłym centrum.

Literatura

- [1] Giziński Z., Żuławnik M.: *Hybrydowy układ zasilania trolejbusu*. 8 Międzynarodowa konferencja MET 2007 Warszawa.
- [2] Kielak R.: *STREAM - system elektrycznego pojazdu autonomiczno-sieciowego*. Technika Transportu Szynowego 9/2000.
- [3] Maciołek T., Drażek Z.: *Tram vehicle energy accumulator - on-board or in substation*. International Conference Speedam 2004 Capri 16-18VI 2004. Materiały konferencyjne s. 132–137.
- [4] Maciołek T.: *Ostona izolacyjna elektrycznego przewodu zasilającego*. Zgłoszenie patentowe nr P382911.
- [5] Nowak M., Hildebrandt J., Barlik R.: *Superkondensatory i ich zastosowania*. Przegląd Elektrotechniczny 8/2002.

Dokończenie na s. 46 >