

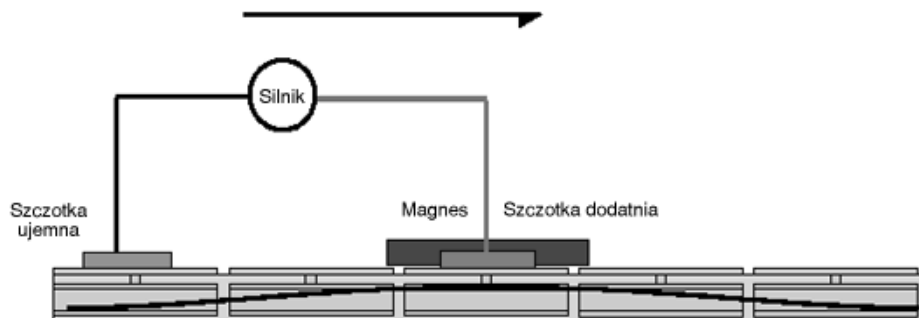
# STREAM

## – system elektrycznego pojazdu autonomiczno-sieciowego

**Systemy zelektryfikowanego transportu byłyby bardzo dobrym rozwiązaniem, gdyby nie napowietrzna sieć trakcyjna – ileż problemów sprawia ona eksploatatorom linii kolejowych, tramwajów, trolejbusów, a jakie uczucia budzi wśród architektów, urbanistów czy estetów. Czy nie można się jej pozbyć? Okazuje się, że można, o ile zastosuje się system STREAM (Elektryczny System Transportu z Odbierakiem Magnetycznym), który w praktyce można porównać do autobusu elektrycznego zasilanego z sieci umieszczonej w jezdni. Jest to oryginalne rozwiązanie, przeznaczone dla transportu publicznego o średniej zdolności przewozowej, zaprojektowane i zbudowane przez firmę Ansaldo (Włochy).**

Założeniem projektantów było uzyskanie kompromisu między oczekiwaniami pasażerów i eksploatatorów a spełnieniem wszelkich wymagań dotyczących ochrony środowiska i potrzeb urbanistycznych w miastach.

Przyjęte rozwiązania konstrukcyjne dały systemowi dużą elastyczność w adaptacji do istniejących już warunków lokalnej infrastruktury miejskiej, eliminując większość problemów związanych z budową typowego systemu transportowego, zasilanego z napowietrznej sieci trakcyjnej, takiego jak trolejbus czy tramwaj.



Rys. 1. Zasada działania odbieraka magnetycznego (przyciągany pas przewodzący zasilą sekcje tylko bezpośrednio pod odbiornikiem)

Pojazdy systemu STREAM kursują bardziej regularnie, dzięki:

- całkowitej dowolności w opuszczaniu (na krótki czas) i powrotu do linii zasilającej (np. by uniknąć przeszkód na drodze) dzięki wyposażeniu ich w autonomiczne zasobniki energii elektrycznej (typowo: akumulatory),
- poruszaniu się niezależnie od siebie nawet po zatłoczonych ulicach,
- korzystaniu ze specjalnie wydzielonych pasów jezdni lub wspólnych z innymi pojazdami,
- centralnemu, komputerowemu nadzorowi i sterowaniu ruchem pojazdów,
- możliwości zastosowania uprzywilejowania w ruchu.

### Technologia wykonania systemu

Pojazdy systemu STREAM mają gumowe opony i są zasilane elektrycznie z sieci zasilającej osadzonej w powierzchni drogi wzdłuż całej trasy lub tylko jej większości. Sieć wykonana jest w postaci dwóch przewodzących listew, z których jedna (przyłączona do bieguna dodatniego) jest sekcjonowana, a druga (przyłączona do bieguna ujemnego) nie jest sekcjonowana. Sekcja zasilająca jest aktywowana (przyłączone jest do niej napięcie) jedynie, gdy nad nią znajduje się pojazd (rys. 1). Na wszystkich innych odcinkach jest uziemiona i nie stanowi zagrożenia dla pasażerów czy innych użytkowników jezdni.

W normalnych warunkach pracy pojazd zasilany jest z linii zasilającej poprzez specjalny odbierak prądu, z dwoma ślizgaczami umieszczonymi pod pojazdem, uruchamiany za pomocą magnetycznego podnośnika. Ale silniki pojazdu mogą być również zasilane z autonomicznych źródeł pokładowych (np. baterii akumulatorów), dzięki czemu pojazd może zostać w każdej chwili odłączony od sieci zasilającej (po prostu zwalniając odbierak prądu) i kontynuować jazdę używając autonomicznego zasilania pokładowego. Na przystankach, gdy pojazd nie zużywa energii na przejazd, może doładowywać akumulatory. Właściwość ta daje pojazdowi w pewnym stopniu (ograniczonym pojemnością akumulatorów) tę samą niezależność jazdy, którą ma autobus. Przy zasilaniu sieciowym kierowca prowadzi pojazd z automatycznym samocentrowaniem się odbieraka – dzięki czemu ślizgacze ustawiają się względem linii zasilającej niezależnie od ruchu pojazdu. Odbierak prądu może również oddziaływać na przednie koła pojazdu jako system sterowania wspomagający jazdę. Praca pojazdu jest monitorowana przez cały czas przez centrum kierowania, które identyfikuje jego położenie wzdłuż trasy sieci zasilającej.

System automatyki pojazdu może być dostosowany do poszczególnych operacji i wymagań technologicznych. Informacje te mogą być użyte do realizacji funkcji pomocniczych, np. ustalania priorytetu pojazdu dla świateł drogowych czy diagnostyki wewnętrznej. Dzięki temu kierujący pojazdem dostaje na bieżąco informacje dotyczące wykonania

rozkładu jazdy i ewentualnych korekt, a pasażerowie w pojazdach i na przystankach są informowani o sytuacji na trasie (np. o czasie przyjazdu następnego pojazdu).

Pojazdy systemu STREAM poruszają się po zwykłych ulicach, na których zainstalowana jest sieć zasilająca. Jest ona przyłączona do podstacji trakcyjnych przetwarzających lokalnie dostępne prądowe napięcie niskie lub średnie 50 Hz na napięcie stałe 500 V. Niewielkie podstacje zasilające (ich liczba i gęstość zależna jest od częstości kursowania i mocy pojazdów) są rozmieszczone wzdłuż linii w specjalnych kompaktowych kontenerach, by łatwiej można je wkomponować w otoczenie.

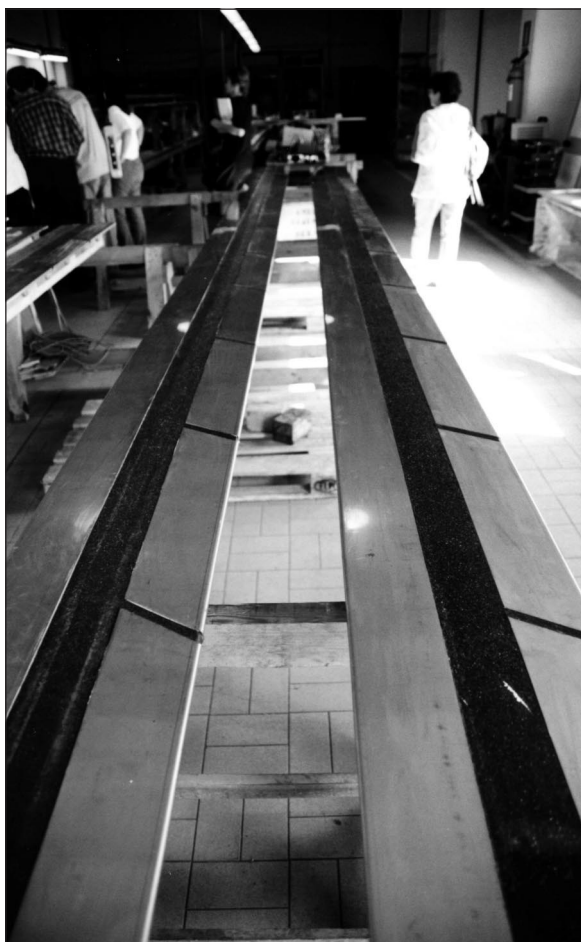
Sieć zasilająca (rys. 2, 3, 4) jest zainstalowana w jezdni, w rowku o głębokości 30 cm i szerokości 60 cm. Prefabrykowane, prostopadłościowe moduły są sztywne i wodoodporne. Zawierają elastyczny przewodnik (pas). Każdy moduł ma długość 3 do 6 m, a sieć dodatnia podzielona jest na izolowane metalowe segmenty długości ok. 48 cm. Segmenty te są podłączane do napięcia zasilającego przez siłę magnetyczną wywołaną przez podnośnik znajdujący się pod pojazdem. Siła ta podnosi pas zasilający (który normalnie spoczywa na dnie modułu zasilającego), tak że styka się z metalowym segmentem powyżej. Prąd, pobierany przez silnik trakcyjny za pośrednictwem ślizgacza podłączonego do znajdującego się pod napięciem segmentu dodatniej sieci zasilającej, wraca poprzez drugi ślizgacz stykający się z siecią powrotną tworzoną przez niesekcjonowany odcinek sieci, przyłączony do bieguna ujemnego podstacji.

Odbierak prądu (rys. 5, 6) składa się z magnesu oraz dwóch ślizgaczy. Ramię i ślizgający się mechanizm pozwala

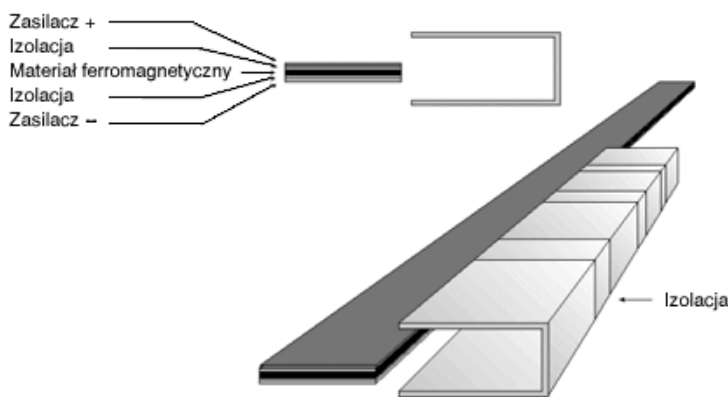


Rys. 2. Zakładanie sieci zasilającej

odbierakowi poruszać się w trzech osiach w stosunku do pojazdu, zapewniając dzięki samocentrowaniu, ciągły kontakt z siecią jezdnią. Po podniesieniu odbieraka pojazd odłącza się nie tylko od zasilania, lecz również od systemu sterowania i przesyłu informacji i może zjechać z linii, a zatem są to pojazdy sieciowo-autonomiczne. Na podobnej zasadzie pokonywane są rozjazdy – za pomocą wewnętrznego zasilania autobus przemieszcza się na inny tor jazdy. W typowym wykonaniu są w całości niskopodłogowe. Proponowany standard to: szerokość 2,5 m, długość 12, 18 lub 24 m, przy



Rys. 3. Doświadczalny odcinek sieci zasilającej w laboratorium firmy Ansaldo w Neapolu

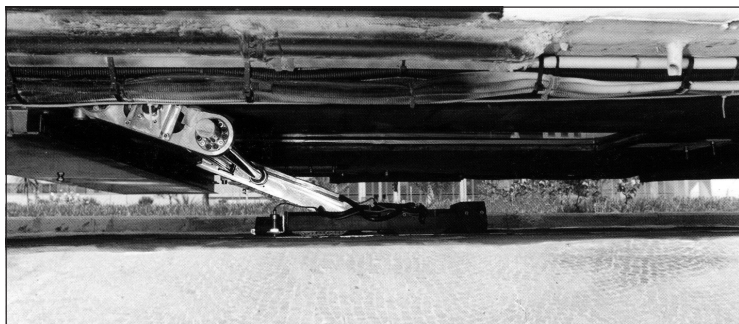


Rys. 4. Budowa sieci zasilającej

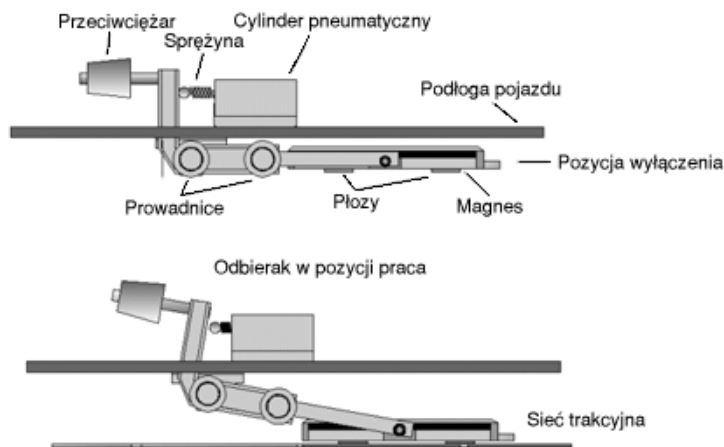
pojemność pojazdu około 160–180 pasażerów. Inna aranżacja wnętrza może zmienić tę liczbę. Stream został zaprojektowany tak, by jego handlowa prędkość nie była mniejsza niż 20 km/h (maksymalne: 60÷70 km), a osiągalna częstotliwość kursowania nawet co 1 min (zależnie od zapotrzebowania).

### Koszty inwestycyjne

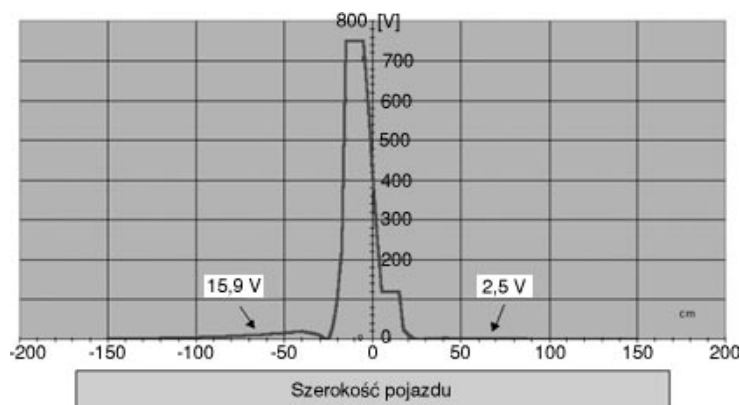
System STREAM jest podobny do tradycyjnego systemu trolejbusowego, bez jego wad (takich jak napowietrzna sieć trakcyjna, czy trudności komunikacyjne i zakłócenia w ruchu), ale koszty inwestycyjne systemu są znacznie niższe. Te niskie koszty inwestycyjne powodują, że Stream jest w za-



Rys. 5. Widok boczny odbieraka



Rys. 6. Zasada działania odbieraka



Rys. 7. Rozkład napięcia w sieci trakcyjnej pod pojazdem

sięgu finansowym małych i średnich miast, również w obszarach o małej gęstości mieszkańców, podczas gdy jednocześnie oferuje wysoką zdolność przewozową.

Modułowa, prefabrykowana struktura systemu STREAM zdecydowanie skraca czas instalacji w porównaniu do tradycyjnych systemów. W zwykłych warunkach szybkość instalacji systemu STREAM wynosi do 100 m dziennie.

### Oddziaływanie na środowisko

STREAM ma niemal niezauważalny wpływ na środowisko, otoczenie i infrastrukturę zarówno w czasie konstrukcji, jak i eksploatacji, głównie dzięki wyeliminowaniu stosowanych w typowych systemach z siecią napowietrzną konstrukcji wsporczych i płataniny sieci. System ma zatem wszystkie zalety systemu transportu elektrycznego, przy małej zajętości terenu oraz autobusów o zerowej emisji spalin, przy znacznie niższym poziomie hałasu. Instalacja sieci STREAM wymaga jedynie rowu o wymiarach ok. 30 na 60 cm, wykopanego w jezdni, by położyć prefabrykowane moduły z siecią zasilającą na zewnątrz, a zawierające wewnątrz przewód zasilający oraz okablowanie sygnałowe.

### Bezpieczeństwo

System STREAM jest w pełni bezpieczny – jest ono zapewnione przez zasadę działania systemu (np. pas zasilający jest odłączany grawitacyjnie od segmentów na powierzchni przy zjeździe pojazdu) i indywidualnie zaprojektowane rozwiązanie techniczne (jak: pętla uziemiająca, kontrola potencjału w stosunku do ziemi aktualnie niezasilanych segmentów – rys. 7). Rozwiązania te mogą być łatwo zmieniane i dostosowywane w trakcie eksploatacji. Położenie pojazdu jest sprawdzane przez detekcję segmentu sieci zasilającej aktualnie podłączonego do zasilania. Stwarza to również efektywny system diagnostyczny dla sterowni (np. kiedy wykryje się trzy kolejne segmenty sieci równocześnie podłączone do zasilania, system zabezpieczający interweniuje i zasilanie jest odłączane). Wykonalność, funkcjonalność, bezpieczeństwo i efektywność zastosowanych najnowocześniejszych, innowacyjnych rozwiązań została potwierdzona teoretycznie i w testach laboratoryjnych. W koncepcji linii zasilającej zwrócono uwagę przede wszystkim na bezpieczeństwo, a system został przebadany i atestowany przez Politechnikę Rheinland. Pierwsze zastosowanie eksploatacyjne przewidywane jest w Trieście (rys. 8).

Elastyczność systemu STREAM umożliwia konfigurację linii zarówno dla wysokich wymagań transportowych, jak i mniejszych przewozów, z etapowaniem rozbudowy systemu przy ograniczonych kosztach inwestycji i znakomitym współczynniku efektów do kosztów. Poszczególne konfiguracje systemu STREAM są projektowane w oparciu o lokalne warunki. Linia STREAM może osiągnąć większą zdolność przewozową niż trolejbus, przy mniejszych kosztach inwestycji i znacznie krótszym czasie budowy.

### Wypożyczenie elementów systemu

Pojazdy elektryczne dla systemu mogą być zakupione na wolnym rynku (u dowolnego dostawcy), następnie wyposa-



żone w system odbieraka prądu w zależności od wymagań odbiorcy, bowiem technologia wykonania podsystemu napędowego pojazdu jest całkowicie niezależna od rozwiązań technologicznych zasilania i sterowania pojazdami, w tym możliwości współpracy ze światłami ulicznymi, polegającej na uprzywilejowaniu pojazdu.

Podsumowując można stwierdzić, że jest to nowy i wydajny system ekologicznego transportu, który może pomóc w udrożnieniu systemów transportu publicznego w miastach.

Czy system STREAM może znaleźć zastosowanie w Polsce – czy może stanowić alternatywę dla autobusu, trolejbusu, czy tramwaju w polskich warunkach klimatycznych – śnieg, lód, opady deszczu? Trudno na to odpowiedzieć, ale na pewno jest to ciekawe rozwiązanie dla krajów o suchym klimacie i świadczy o możliwościach rozwoju nieszynowej trakcji elektrycznej w miastach.

□

*Opracowano na podstawie materiałów firmy Ansaldo uzyskanych w czasie wizyty technicznej Studenckiego Koła Trakcji Elektrycznej w fabryce Ansaldo w Neapolu. Opracował członek SKTE*

– Robert Kielak



Rys. 8. Pierwsze autobusy elektryczne na ulicach Triestu

## Działalność Studenckiego Koła Trakcji Elektrycznej Politechniki Warszawskiej

Studenckie Koło Trakcji Elektrycznej (SKTE) zarejestrowane zostało 9.06.1998 r. i funkcjonuje przy Zakładzie Trakcji Elektrycznej Instytutu Maszyn Elektrycznych Politechniki Warszawskiej. Celem jego działalności jest „umożliwienie członkom rozwijania i pogłębiania wiedzy na temat: nowoczesnych rozwiązań technicznych związanych z elektrycznymi pojazdami trakcyjnymi, układami zasilania i systemami transportu” (pkt. 4 Regulaminu). Cel ten realizuje przez udział w badaniach naukowych prowadzonych przez ZTE IME PW oraz organizowanie seminariów, konferencji, wycieczek i odczytów związanych z szeroko pojętym transportem zelektryfikowanym. Od chwili powstania opiekunem koła jest dr inż. Adam Szeląg.

Członkowie koła wychodzą z założenia, że najlepszy efekt daje czynny udział w poznawaniu rozwiązań technicznych, dlatego starają się organizować i uczestniczyć w jak największej liczbie wypraw i ciekawych spotkań. Zabiegają również o dofinansowanie poczynań Koła, by były dostępne dla wszystkich zainteresowanych. Z ostatnich wizyt i wycieczek technicznych wymienić można pobyt w Alstom Konstal w Chorzowie, Adtranz w Łodzi, Metrze Warszawskim, Tramwajach Warszawskich, różnych działach PKP: sterowni, lokomotywowni oraz Centrum Naukowo-Technicznym Kolejnictwa. Studenci starali się zapoznać z rozwiązaniami nie tylko krajowymi, dlatego kilkakrotnie odwiedzili Żilinę na Słowacji, gdzie zapoznawali się z kolejowym systemem zasilania napięciem prądu przemiennym 25 kV 50 Hz, tyrystorowymi podstacjami dla transportu miejskiego oraz taboru kolejowym. Interesujące jest funkcjonowanie komunikacji miejskiej opartej głównie na trolejbusach. Nawiązano współpracę i zwiedzano laboratoria Katedry Trakcji Elektrycznej Uniwersytetu w Żilinie.

Najdłuższą wyprawą koła był prawie dwutygodniowy wyjazd do Włoch. W Mediolanie zapoznano się z lokalną rozdzielnią

SN/NN miejscowego zakładu energetycznego. Zwiedzano doświadczalny odcinek linii kolejowej o prędkości do 300 km/h na linii Rzym – Mediolan, zasilanej napięciem 3kV DC. Obejrzano rozwiązanie zawieszenia sieci trakcyjnej oraz zapoznano się z opracowanymi dla kolei włoskich metodami symulacji jej współpracy z odbierakiem. Ciekawym doświadczeniem była wizyta na budowie najnowocześniejszej linii dużych prędkości Neapol – Rzym, która zasilana będzie napięciem 25 kV 50 Hz. Wycieczkę organizowała włoska firma ITALFERR, która współpracowała z Zakładem Trakcji Elektrycznej PW w ramach dwu projektów PHARE. Zakresem działalności ITALFERR, mieszczącej się w Rzymie, są prace studialne, projekty i nadzór nad wykonawstwem linii kolejowych oraz kompletnych systemów transportowych. W Neapolu zorganizowano wizytę w firmie Ansaldo Transporti – zajmującej się produkcją taboru trakcyjnego w bardzo szerokim zakresie: miejskim, kolejowym, przemysłowym.

Wyjazdy tego typu pozwalają na poznanie najnowocześniejszych technologii i nawiązanie kontaktów, które w dobie integracji z Europą nabierają coraz większego znaczenia.

Studenci trakcji elektrycznej, jeszcze przed powstaniem koła, czynnie włączali się do prac prowadzonych w zakładzie, tak teoretycznych, jak i mających charakter wdrożeniowy dla PKP, czy przedsiębiorstw komunikacji miejskiej. Dzięki temu są lepiej przygotowani do podjęcia pracy zawodowej, a w wielu przypadkach pracują w firmach, z którymi nawiązali kontakt w czasie studiów na wybranej specjalności.

Członkowie koła wybrali studia na trakcji elektrycznej, gdyż uważają, że środkiem transportu, który powinien wozić nas w XXI wieku jest właśnie transport zelektryfikowany.

Członek Zarządu Koła Naukowego Trakcji Elektrycznej  
– Robert Kielak