

80 lat trakcji elektrycznej w Politechnice Warszawskiej

Trakcja elektryczna jako oddzielna dyscyplina techniki wyodrębniona została w Politechnice Warszawskiej po odzyskaniu przez Polskę niepodległości po pierwszej wojnie światowej. Szczegółowy rys historyczny przedstawiony został w *tts* 5/2000. Okrągła rocznica stanowi także okazję do przybliżenia zagadnień ostatniego dwudziestolecia działalności naukowej i badawczej Zakładu Trakcji Elektrycznej, będącego kontynuatorem 80-letniej tradycji tej dyscypliny naukowej.

Katedra Trakcji Elektrycznej, jako jednostka organizacyjna została przekształcona w roku akademickim 1970/1971 w Zakład Trakcji i Urządzeń Elektrycznych wchodząc w skład powołanego Instytutu Maszyn Elektrycznych i liczyła dwóch profesorów: Zygmunta Figurzyńskiego i Jana Podoskiego, jednego starszego wykładowcę, czterech asystentów oraz zmieniającą się liczbę osób spoza uczelni prowadzących wykłady zleczone.

Po śmierci prof. Z. Figurzyńskiego w 1974 r. i odejściu prof. J. Podoskiego na emeryturę kierownikiem Zakładu Trakcji i Urządzeń Elektrycznych został prof. dr inż. Ryszard Matusiak (1975). W szczytowym okresie liczba osób zatrudnionych w Zakładzie wynosiła dwunastu pracowników dydaktycznych i czterech technicznych.

W latach 70. wykonano w Zakładzie szereg prac związanych z opracowaniem nowych metod projektowania układów zasilania linii kolejowych, systemów zasilania linii komunikacji miejskiej, opracowano wiele rozwiązań układów diagnostyki maszyn trakcyjnych i układów sterowania napędami trakcyjnymi. Zauważalny był udział studentów w realizacji zleczonych prac naukowo-badawczych. W okresie tym obroniono 8 prac doktorskich w zakresie trakcji elektrycznej oraz zakończono jeden przewód habilitacyjny.

Po odejściu prof. dr inż. R. Matusiaka na emeryturę (1997) kierownikiem Zakładu Trakcji Elektrycznej był do śmierci w kwietniu 2000 r. prof. dr hab. inż. Jan Kacprzak.

Zakład Trakcji Elektrycznej aktualnie zatrudnia 5 osób (autorzy niniejszego artykułu) ze stopniem doktora na stanowiskach adiunktów i dwóch pracowników technicznych ze stopniem magistra inżyniera. Profil zagadnień z zakresu transportu kolejowego, podmiejskiego i miejskiego obejmuje następującą tematykę:

- funkcjonowanie systemów trakcji elektrycznej prądu stałego i przemiennego,
- systemy trakcyjne dla dużych prędkości jazdy pociągów,
- optymalizacja i sterowanie pojazdów,
- trakcyjne obwody główne i układy napędowe z silnikami prądu stałego i przemiennego,
- systemy zasilania i sieci trakcyjnej,

- oddziaływanie systemów trakcyjnych na infrastrukturę techniczną oraz środowisko kompatybilności elektrycznej systemów,

- ekologiczne aspekty transportu elektrycznego,
- jakość energii elektrycznej i zakłócenia wprowadzane do systemu elektroenergetycznego,
- zagadnienia efektywności technicznej oraz finansowej inwestycji i modernizacji w transporcie zelektryfikowanym.

Lista prac naukowo-badawczych prowadzonych w ZTE w ostatnim dwudziestuleciu obejmuje około 60 prac. Są to prace od teoretycznych, dotyczących opracowania metod i modeli matematycznych opisujących zjawiska w systemie trakcji elektrycznej, po ich implementacje w postaci modeli symulacyjnych i programów obliczeniowych. Należy tu wymienić opracowane metody analiz i obliczeń oraz projektowania układów zasilania trakcji tramwajowej i kolejowej [B13, B14, B15, B16]* oraz ich wykorzystanie w postaci pakietów programów do obliczeń [B21], które następnie były wdrażane w analizie i pracach studialnych oraz koncepcjach i projektach technicznych konkretnych linii kolejowych. Na szczególną uwagę zasługuje udział Zakładu Trakcji Elektrycznej w realizacji dwóch projektów uzyskanych w wyniku przetargu z funduszu PHARE (we współpracy z włoską firmą ITALFERR [Z2, Z3]). Opracowania są aktualnie wdrażane na linii E-20, przygotowywanej do prędkości jazdy 160 km/h oraz na linii CMK, dla której opracowano prognozę rozwoju układu zasilania [B29, B32, B39] i rozwiązań konstrukcyjnych sieci trakcyjnej na 200 ÷ 250 km/h [B40, B41]. Efektem tych prac jest m.in. uruchomienie zmodernizowanej podstacji trakcyjnej Huta Zawadzka, wyposażonej w prostowniki trakcyjne z transformacją jednostopniową 110 kV/3 kV z transformatorem czterouzwojeniowym i nową generacją filtrów wygładzających typu Gamma – po okresie próbnej eksploatacji i uzyskaniu pozytywnych wyników w trakcie przeprowadzonych pomiarów uruchomieniowych [B45, B46, B48]. Według rozwiązań opracowanych w Zakładzie zmodernizowany został również odcinek sieci trakcyjnej wraz z rozjazdami na linii CMK. Do przeprowadzenia pomiarów w systemach trakcyjnych zostały opracowane specjalistyczne systemy pomiarowe do diagnostyki i identyfikacji parametrów sieci trakcyjnej jak też pomiarów parametrów elektrycznych w obwodach wysokonapięciowych [107].

Zwiększone obciążenia układu zasilania stwarzają nowe zagrożenia i wymagają wprowadzania nowych rozwiązań w zakresie ochrony od zwarć, w tym doziemnych i ochrony przeciwporażeniowej. Poświęcona temu zagadnieniu była praca [B36], w której zarekomendowano nowy system usztywnień grupowych dla trakcji prądu stałego 3 kV. Rozwiązanie to pozwala na skuteczną ochronę od zwarć, szczególnie



* Oznaczeniach w nawiasach pochodzą z katalogu prac Zakładu.

doziemnych, przy jednoczesnym utrzymaniu separacji szyn od ziemi oraz zmniejszonym oddziaływaniu na obwody sygnalizacji i sterowania. System ten został wdrożony na kilku odcinkach doświadczalnych istniejących linii PKP tam, gdzie stosowane są konstrukcje wsporcze z fundamentami palowymi. Kontynuacją tych prac był udział w opracowywaniu wytycznych technicznych ochrony przeciwporażeniowej urządzeń elektroenergetycznych w strefie oddziaływania trakcji elektrycznej [B44].

Ze względu na znaczny wzrost kosztów energii temu zagadnieniu w ostatnich latach poświęca się wiele uwagi. Zakład Trakcji Elektrycznej był jednostką koordynującą projekt badawczy zamawiany [B43], dotyczący racjonalizacji zużycia energii w transporcie kolejowym, przy czym pod pojęciem racjonalizacja rozumiano nie tylko zmniejszenie zużycia energii, ale również ponoszonych kosztów. Opracowano m.in. założenia i wytyczne do podjęcia działań racjonalizacyjnych krótko- i długoterminowych z uwzględnieniem nie tylko efektywności technicznej, ale również finansowej projektów z zastosowaniem metody CBA.

Podobne zagadnienie podjęte zostało w pracy [B42] w odniesieniu do systemów trakcji elektrycznej dużych aglomeracji miejskich oraz w pracy [B49] w odniesieniu do nowego taboru dla metra warszawskiego, z rekuperacją energii w warunkach istniejącego układu zasilania, projektowanego dla taboru klasycznego. Tematom trakcji miejskiej, w szczególności problemom zasilania, poświęcone były m.in. prace [B3, B15, B18, B17, B20, B24], w których szczególną uwagę zwrócono na identyfikację zwarć i prawidłową konfigurację sieci powrotnej, co jest istotne ze względu na zagrożenie korozyjne od prądów błędzących powodujących zwiększoną awaryjność infrastruktury podziemnej, obserwowaną w wielu miastach, w tym w Warszawie.

Innym elementem oddziaływania systemów zelektryfikowanego transportu na infrastrukturę techniczną są zakłócenia wprowadzane do sieci elektroenergetycznych (wyższe harmoniczne i wahania obciążeń), którymi zajmowano się m.in. w pracach [B12, B33, B50]. Opracowano metody analiz możliwych do wystąpienia oddziaływań, środki zaradcze, jak również przeprowadzono pomiary tych oddziaływań. Stało się to możliwe zarówno dzięki opracowaniu unikalnego cyfrowego systemu pomiarowego, jak również zakupom aparatury renomowanych firm, dzięki czemu można przeprowadzać pomiary w obwodach wysokonapięciowych, jak też zapisywać je i przetwarzać, a uzyskane wyniki ocenić pod kątem spełniania wymagań normatywnych. Zakład Trakcji Elektrycznej dysponuje odpowiednim sprzętem i doświadczeniem w tym zakresie. W dobie zwiększonego zainteresowania sprawami jakości energii elektrycznej i wprowadzenia Prawa Energetycznego jest to niezmiernie istotne, bowiem odbiorca energii (eksploatator podstacji trakcyjnej) ma nie tylko obowiązki – spełnienie wymagań niezakłócenia sieci w punkcie wspólnego przyłączenia [52, 102], ale również prawa – energia dostarczona do podstacji powinna być określonej jakości.

Zagadnienia kompatybilności systemów trakcji elektrycznej, w tym oddziaływania obwodów silnoprądowych i po-

jazdów na obwody sygnalizacji i sterowania poruszane były w wielu pracach, a ponadto podjęto zagadnienia związane ze sterowaniem pojazdami trakcyjnymi, w tym wyposażonymi w napędy przekształtnikowe i komputery pokładowe [38] z uwzględnieniem poślizgu kół oraz drgań mechanicznych [47].

Wymienione prace miały w większości przypadków charakter wdrożeniowy w procesie modernizacji systemów trakcji elektrycznej w Polsce. Wykonywane w wielu przypadkach z innymi instytucjami krajowymi (Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, Biuro Studiów i Projektów „Kolprojekt”), dostawcami urządzeń (Adtranz, ABB) na rzecz Polskich Kolei Państwowych i przedsiębiorstw komunikacji miejskiej ze środków instytucji zamawiających, Komitetu Badań Naukowych, funduszy PHARE i środków własnych Politechniki Warszawskiej.

Nie można tu pominąć zagranicznej współpracy naukowej Zakładu Trakcji Elektrycznej w przypadku konkretnych projektów, jak i wzajemnych wizyt naukowych i wymiany doświadczeń z firmą ITALFERR (Włochy), ADTRANZ (Szwajcaria), Uniwersytetem „La Sapienza” w Rzymie (Włochy), Uniwersytetem w Genui (Włochy), Uniwersytetem w Bath (Wielka Brytania), Uniwersytetem Transportu w Rostowie i Moskwie (Rosja), Uniwersytetem w Żilinie (Słowacja), Institution of Electrical Engineers (W. Brytania). Zakład Trakcji Elektrycznej od początku lat 80. organizował krajową konferencję naukową, która w 1993 r. przekształciła się w konferencję międzynarodową „Modern Electric Traction” odbywającą się w latach nieparzystych (ostatnia w 1999 r. w Pułtusku). Konferencja ta stanowi ważne forum wymiany doświadczeń i dyskusji specjalistów trakcji elektrycznej z całego świata, a informacje o konferencji podawane są czasopismach i na zagranicznych stronach internetowych, zaś publikowane materiały (w 1999 roku z 62 referatów połowa była opublikowana w języku angielskim) rozprowadzane są do bibliotek zagranicznych. Inną formą aktywnej współpracy zagranicznej jest uczestnictwo pracowników Zakładu Trakcji Elektrycznej i prezentowanie przez nich referatów na konferencjach zagranicznych.

Przechodząc do omówienia publikacji autorstwa pracowników Zakładu Trakcji Elektrycznej, których lista w ostatnich dziesięciu latach obejmuje 170 pozycji należy podkreślić rolę wydawanych publikacji książkowych, szczególnie w renomowanych wydawnictwach zagranicznych, jak 22 tomowa Encyclopedia of Electrical and Electronic Engineers (Wiley&Sons, USA) [168], w której opublikowano monografię dotyczącą systemów zelektryfikowanego transportu naziemnego, jak również publikacje z cyklu konferencji COMPRAIL, wydawane przez Wessex Institute of Technology (Wielka Brytania) [47, 50, 75, 102, 138]. Z wydawnictw krajowych wymienić trzeba dział poświęcony trakcji elektrycznej w Poradniku Inżyniera Elektryka [69] oraz książki monograficzne i podręczniki akademickie [3, 12, 61, 112]. Pozostałe publikacje to m.in. artykuły w czasopismach zagranicznych, wiele referatów wydanych w zagranicznych i krajowych materiałach z konferencji (krajowych i międzynarodowych), jak również publikacje w czasopismach krajowych. Pracownicy

Zakładu Trakcji są autorami wielu patentów i zgłoszeń patentowych. Obejmują one rozwiązania przydatne zarówno w układach zasilania trakcji elektrycznej, jak i urządzeniach taborowych pojazdów szynowych. Niektóre z tych rozwiązań znalazły zastosowanie w eksploatacji.

Za działalność naukowo-badawczą, publicystyczną i dydaktyczną pracownicy Zakładu Trakcji Elektrycznej byli wielokrotnie nagradzani nagrodami Rektora Politechniki Warszawskiej oraz Ministra Edukacji Narodowej (3-krotnie).

Bogate doświadczenia i wiedza są na bieżąco przekazywane studentom studiów dziennych i wieczorowych, a w latach poprzednich także studiów podyplomowych. Z wieloma z nich Zakład Trakcji współpracuje we wdrażaniu konkretnych rozwiązań w ich miejscu pracy.

Refleksje z perspektywy uczelni technicznej

Rocznica i koniec wieku skłania do kilku uwag i refleksji na temat kondycji zelektryfikowanego transportu w Polsce – refleksji z perspektywy uczelni technicznej, której pracownicy uczestniczyli od początku we wprowadzaniu rozwiązań technicznych trakcji elektrycznej w Polsce. Wydaje się, że mimo poważnych trudności, jakie przeżywa transport zelektryfikowany, szczególnie kolejowy, ma on przed sobą w Polsce perspektywę. Co prawda zachłystnięcie się transportem indywidualnym spowodowało spadek zainteresowania transportem zbiorowym, ale praktycznie zerowy efekt kilkuletnich planów budowy autostrad, zatłoczenie dróg i ulic oraz wzrost cen ropy naftowej powinny skłonić decydentów do zastanowienia. Nie musimy powielać błędów państw zachodnich, wystarczy tylko dostrzec, jak zmieniała się w ostatnich latach polityka transportowa w tych krajach. To właśnie w krajach Unii Europejskiej i USA wraca do miast tramwaj, usuwany stamtąd w latach 60. i 70., zwykle jako tramwaj szybki. Dyskusje czy kontynuować budowę metra w Warszawie powinny być zamienione w dyskusję co zrobić, aby jak najszybciej poprowadzić drugą linię metra. Czy musimy czekać, aż wyjazd czy wjazd samochodem do Warszawy będzie trwał nie godzinę a kilka godzin?

Systemy zelektryfikowanego transportu zbiorowego mają wiele istotnych i oczywistych zalet w stosunku do transportu drogowego czy lotniczego, najistotniejsze z nich to:

- mniejsze zużycie energii pierwotnej na jednostkę ładunku (jeden z priorytetów działań UE),
- mniejsza zajętość terenu,
- zmniejszenie niekorzystnego oddziaływania na środowisko:
 - zmniejszenie emisji zanieczyszczeń,
 - zmniejszenie hałasu,
- większa punktualność i bezpieczeństwo,
- większa przepustowość i przejęcie części ruchu kołowego (zmniejszenie zatłoczenia dróg, liczby wypadków),
- poprawa komunikacji w aglomeracjach miejskich,
- zwiększenie aktywizacji gospodarczej,

Wykorzystanie zalet zelektryfikowanego transportu kolejowego wymaga podjęcia działań zapewniających konkurencyjność na rynku przewozów, takich jak:

- ocena organizacji ruchu i struktury przewozów pod kątem energochłonności i poboru mocy (w tym wykorzysta-

nia zdolności przesyłowych zainstalowanych urządzeń technicznych infrastruktury linii) dla różnych środków transportu,

- regulowania popytu/podaży przewozów kolejowych z preferowaniem transportu szynowego (przykładowo we Francji na trasach obsługiwanych przez sieć TGV prowadzenie przewozów innymi środkami transportu wymaga uzyskania specjalnej koncesji),
- kształtowania polityki cenowej na rynku energii elektrycznej i paliw,
- poszukiwania nowych źródeł finansowania inwestycji w przedsiębiorstwach energetycznych, drogownictwie i kolejnictwie (udział środków własnych i budżetowych oraz inwestowanie z wpływów bieżących lub kredytów bankowych).
- odpowiedniego kształtowania taryf, gdyż dla rozwoju każdego sektora działalności transportowej (głównie kolei i drogownictwa w przewozach towarów oraz pasażerów w przewozach aglomeracyjnych i regionalnych, a także kolei i transportu lotniczego w długodystansowych przewozach pasażerskich) istotne jest, w jakiej części ich koszty będą pokryte przez podatnika (wpływy pośrednie przewoźnika w formie dotacji), a w jakiej przez bezpośrednio przez klienta (wpływy taryfowe).
- zmniejszanie kosztów własnych,
- zmniejszanie zużycia energii,
- zmniejszanie kosztów płaconych za pobraną energię (koszty operacyjne),
- zwiększanie atrakcyjności dla klienta oferty przewozowej.

Odpowiednia polityka rządu, uzasadniona przez ekologię, mogłaby odwrócić pewne niekorzystne trendy i kreować poprzez system podatków (proekologicznych na paliwa płynne, miejsca parkingowe w miastach, koncesje na przewozy drogowe) i ulg większy popyt na usługi transportu zbiorowego, co dałoby źródło finansowania projektów o długim czasie zwrotu (transport kolejowy). Wykorzystanie ekonomicznych środków regulacji jest powszechnie stosowane w UE.

O wyborze środka transportu bezpośrednio decyduje klient, przy czym jego decyzje wynikają z rozpatrywania zagadnień doraźnie w skali mikro (cena biletu – taryfa, dostępność usługi, komfort). Za decyzje strategiczne w skali makro i wynikające z nich skutki odpowiada z kolei państwo, wydające pieniądze podatników, ale z wizją perspektywiczną. Powinno ono tak kształtować politykę transportową, aby zachęcać klientów do wyboru opcji preferowanej, która uwzględnia zjawiska długookresowe, zwykle obojętne dla klienta. Tak postrzegane jest to w polityce transportowej wielu krajów świata, w tym Unii Europejskiej, i dlatego w polityce tych krajów uwzględnia się preferencje dla transportu szynowego, zarówno na etapie inwestycji, jak i eksploatacji istniejących linii, aby umożliwić mu skuteczne konkurowanie na rynku o klienta z transportem drogowym i lotniczym. Odnosi się to m.in. do specyfiki funkcjonowania systemów transportu szynowego, konieczności ponoszenia dużych nakładów na budowę i utrzymanie (wysokie koszty stałe) infrastruktury (sygnalizacja i sterowanie, zasilanie elektroenergetyczne).

Główną różnicą pomiędzy koleją a transportem drogowym jest to, że koszt wykorzystania infrastruktury kolejowej jest włączony jako nieodłączny element taryfy za przewozy kolejowe. Jednocześnie kolej traktowana była jako łącznik – uzupełnienie transportowej sieci drogowej, lotniczej i morskiej. Nieszynowe systemy działają na zasadach gospodarki rynkowej (przedsiębiorstwa nastawione na zysk), ale drogi są budowane i utrzymywane w znacznym stopniu przez samorządy i rząd. Z kolei w stosunku do kolei występuje podejście zasadniczo sprzeczne – ma działać jak przedsiębiorstwo rynkowe przy – odpowiedzialności za wypełnianie funkcji publiczono-społecznych.

Ostatni element jest argumentem za wprowadzeniem preferencji właśnie wobec transportu kolejowego. Bez tego typu polityki grozi to, z czym borykają się państwa ze znacznie lepiej rozwiniętym niż Polska transportem drogowym i lotniczym: zanieczyszczenie środowiska oraz zatłoczenie dróg, prowadzące w godzinach szczytu do paraliżu komunikacyjnego w dużych aglomeracjach i na głównych trasach transportowych. Mimo mniejszej liczby samochodów jest to zjawisko widoczne i lawinowo narastające w Polsce.

Jaka będzie w przyszłości rola uczelni technicznej w zakresie trakcji elektrycznej? Oprócz kształcenia, rozwoju kadry, wykonywania prac naukowo-badawczych na rzecz kraju, bardzo ważne jest włączanie się do prac w ramach tematów finansowanych ze źródeł zagranicznych, większą rolę powinna odgrywać funkcja opiniotwórcza, doradcza, również pod kątem integracji ze Europą. Typowe tematy konstrukcyjno-wdrożeniowe w dobie globalizacji rynku i łączenia przedsiębiorstw tracą na znaczeniu, prowadzi to do zmniejszania zapotrzebowania na zbyt specjalistycznie ukierunkowaną kadrę, przesuwa też środek ciężkości w kierunku zagadnień eksploatacji i jakości, ze szczególnym zwróceniem uwagi na efektywność techniczno-finansową. Coraz więcej jest do rozwiązania zagadnień z zakresu organizacji i zarządzania, inżynier trakcji elektrycznej staje się menedżerem, handlowcem, osobą przygotowującą materiały przetargowe. Zatem wiedza inżynierska tak, ale mniej specjalistyczna, bardziej ogólna, dzięki czemu współczesny inżynier łatwiej będzie mógł zmienić pracę, dostosowując się do nowych wyzwań. Generowany przez komputeryzację gwałtowny postęp we wszystkich dziedzinach wymaga kształcenia ustawicznego, które można uzupełniać na studiach podyplomowych.

Czy trakcja elektryczna jako wyodrębniona dyscyplina elektrotechniki będzie w Politechnice Warszawskiej obchodzić swoje 100-lecie? Miejmy nadzieję, że tak, czego życzymy również kolegom trakcyjnikom z innych uczelni.

□

Literatura

- [1] Kacprzak J.: *80 lat trakcji elektrycznej w Politechnice Warszawskiej*. Technika Transportu Szybnego 5/2000.

Autorzy:

dr inż. Zbigniew Drażek, dr inż. Mirosław Lewandowski,
dr inż. Tadeusz Maciołek, dr inż. Leszek Mierzejewski,
dr inż. Adam Szelağ

– Zakład Trakcji Elektrycznej Politechniki Warszawskiej
Adres internetowy: <http://ztu.ime.pw.edu.pl>

80 years of electric traction at Warsaw University of Technology – scientific-research activity of Electric Traction Division

The 80 years of starting lecturing „electric traction” at Warsaw University of Technology creates an occasion to present the results of scientific and research activity of Electric Traction Division. The Division carries works on design, testing and exploitation of electrical railway transport, sub-urban and urban traction. Mainly it is focused on:

- analysis of operation of traction vehicle supplying DC & AC systems,
- analysis of electric traction systems for high speed trains,
- analysis, study and design of electric traction supply systems and catenary,
- problems of optimisation of electric vehicles’ control,
- mutual influence between electric traction systems and power utility systems,
- environmental aspects of transport,
- analysis, study and designing of electric traction vehicles’ drive supplied by DC and AC traction systems,
- control of electric traction drive with DC and AC motors,
- unconventional sources of energy and drive for traction vehicles,
- analysis of compatibility of electric traction systems.
- financial and economic analysis of technical projects in electrified transport.

Results of scientific and research works run by Electric Traction Division are applied by Polish State Railways, City Transport Companies, Warsaw Underground and other companies working for mass transport and electrical equipment in traction vehicles, power supply and other electric traction components. Among the other results it is worth to mention: modelling and simulation methods used in technical and financial feasibility studies of the main railway lines in Poland, power supply system analysis with application of new type of high voltage diode rectifiers for 3 kV DC railway, short-circuit and safety measures used by Polish State Railways. The Division took part in many research and study works including the ones financed by PHARE funds. The results of works are widely published both in Poland and abroad. Division is opened for the international co-operation having links with the foreign organizations and every two years there is a International Conference „Modern Supply Systems for Electric Traction” MET being organized (the next one in 2001). The results of works are included in the syllabus of lectures and labs for students specialized in „electric traction”.

Graduates in Electric Traction are well educated in electrical engineering with specialized knowledge of operational principles of mass urban, suburban and railway electric transport. Special focus is put on: electric power traction supply systems, electromechanical energy converters, electrical and electromagnetic phenomena in traction systems, diesel-electric traction, electrical drives and automatic systems for traction, electromagnetic compatibility and ecological transport. The students are thought to have a broad view of theory as well as design and operational skills with wide usage of modelling, simulation and computer techniques.

Graduates are fully prepared to work for urban transport companies (trams, trolley-buses, underground), railways (Polish State Railways), electric transport services, research and design centres for transport technology.

Please visit www page: <http://ztu.ime.pw.edu.pl>