

Seminarium
Postępy w Technice Wysokich Napięć
100. Rocznica Urodzin Profesora Stanisława Szpora
16 maj 2008

ZAKŁAD WYSOKICH NAPIĘĆ I MATERIAŁÓW ELEKTROTECHNICZNYCH POLITECHNIKI POZNAŃSKIEJ

Hanna MOŚCICKA-GRZESIAK, Aleksandra RAKOWSKA, Krzysztof SIODŁA

Politechnika Poznańska, Instytut Elektroenergetyki, Zakład Wysokich Napięć i Materiałów Elektrotechnicznych
ul. Piotrowo 3A, 60-965 Poznań
tel: (0-61) 665-22-72; fax: (0-61) 665-28-72; e-mail: krzysztof.siodla@put.poznan.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono rys historyczny rozwoju inżynierii wysokich napięć w Politechnice Poznańskiej. Przedstawiono najważniejsze tematy badawcze. Wymieniono wybrane zrealizowane i aktualnie realizowane projekty, wśród nich: projekty międzynarodowe, projekty własne badawcze finansowane przez KBN i MNiSzW, projekt rozwojowy oraz kontrakty i umowy z energetyka zawodową. Opisano specjalistyczne laboratorium diagnostyczne transformatorów energetycznych wysokiego napięcia, przedstawiając zestaw aparatury, źródło finansowania i koszty.

Słowa kluczowe: technika wysokich napięć

1. RYS HISTORYCZNY I TEMATYKA BADAWCZA

Politechnika Poznańska istnieje w swej obecnej postaci od roku 1955, kiedy to została powołana na podstawie uchwały Rady Ministrów. Jej poprzedniczką była Państwowa Wyższa Szkoła Budowy Maszyn, utworzona w 1919 roku, a następnie przekształcona w Szkołę Inżynierską w 1945 roku.

Problematyka techniki wysokich napięć pojawiła się z chwilą powołania Politechniki Poznańskiej, to znaczy w 1955 roku. Laboratoria wysokich napięć początkowo były w strukturze katedry. Z połączenia dwóch katedr powstał w 1970 roku Instytut Elektroenergetyki, który po kilku reorganizacjach, składa się obecnie z czterech zakładów. Jednym z nich jest Zakład Wysokich Napięć i Materiałów Elektrotechnicznych (ZWNiME). Instytut o niezmienionej organizacji funkcjonuje do dziś.

Organizatorem laboratoriów wysokiego napięcia, a potem pierwszym kierownikiem Zakładu był Stanisław Grzybowski, który w 1980 roku osiadł na stałe w Stanach Zjednoczonych.

W latach 1981-2005 kierownikiem Zakładu była Hanna Mościcka-Grzesiak, a od października 2005 kierownikiem jest Krzysztof Siodła.

W początkowym okresie Zakład wyposażono w podstawowe źródła wysokiego napięcia (transformator probierczy 600 kV, generator napięcia udarowego 1800 kV, generator udarów prądowych 100 kA, system probierczy AC/DC/Imp 400 kV – rys.1) oraz w niezbędną aparaturę

pomiarową (dzielniki, mostki, mierniki wyładowań niezupełnych, oscyloskop nanosekundowy).

Do roku 2002 w działalności Zakładu dominowały dwa zagadnienia badawcze, a mianowicie:

- wysokonapięciowe kable elektroenergetyczne,
- wykorzystanie wysokiej próżni w elektroenergetyce.

Tematykę kablową do dziś kontynuuje Aleksandra Rakowska. Zajmuje się głównie kablami najwyższych napięć o izolacji z polietylenu sieciowanego. Prowadzone są badania stopnia zesterzenia oraz odporności na starzenie polietylenu sieciowanego. Wykonywane są ekspertyzy z zakresu wykorzystania kabli najwyższych napięć w polskim systemie przesyłowym.



Rys. 1. System probierczy napięcia przemiennego, stałego i udarowego 400 kV

Wysoka próżnia była w owym czasie bardzo atrakcyjnym tematem. W tym zakresie zrealizowano 8 doktoratów, 3 habilitacje i uzyskano 1 tytuł profesora.

Od roku 2002 zaniechaliśmy badań zjawisk w wysokiej próżni, natomiast pojawiły się cztery nowe wątki:

- (1) izolatory liniowe napięcia stałego,
- (2) pole elektromagnetyczne w otoczeniu wysokonapięciowych urządzeń elektroenergetycznych,

- (3) wykorzystanie termowizji w diagnostyce wysokonapięciowych urządzeń elektroenergetycznych,
(4) badania i diagnostyka wysokonapięciowych transformatorów energetycznych,

Ad.(1). Badania dotyczą głównie rozkładu napięcia, w stanach nieustalonym i ustalonym, na izolatorach szklanych najnowszej generacji oraz zachowania się izolatorów kompozytowych przy wysokim napięciu stałym.

Ad.(2). Posiadamy możliwość pomiarów natężenia pola elektrycznego w zakresie częstotliwości od 50 Hz do 300 MHz, natężenia pola magnetycznego w zakresie od 50 Hz do 10 MHz oraz gęstości mocy przy bardzo dużej częstotliwości pola elektromagnetycznego od 0,3 do 3 GHz. Badania są prowadzone głównie pod liniami przesyłowymi wysokiego napięcia oraz na terenach stacji rozdzielczych. Dysponujemy programem komputerowym OPERA do symulacji rozkładu natężenia pola elektrycznego stałego i przemiennego.

Ad. (3). Technikę termowizyjną wykorzystujemy w ogólnej diagnostyce transformatorów, w ocenie sprawności radiatorów, w ocenie remontowanych generatorów (prace dla zakładów remontowych energetyki). Opracowano autorską metodę wyznaczania rozkładu natężenia pola elektrycznego wzdłuż izolatorów długopniowych w oparciu o znajomość rozkładu pola temperaturowego.

Ad.(4). Problematyka diagnostyki transformatorów bardzo dynamicznie się rozwija i angażuje pracowników prawie całego Zakładu oraz doktorantów. Tematu tego dotyczył międzynarodowy projekt badawczy, kilka projektów finansowanych przez KBN, umowy z energetyką zawodową oraz grant aparaturowy inwestycyjny. Prowadzone są badania zawilgocenia izolacji transformatorów z wykorzystaniem metod opartych na analizie odpowiedzi dielektrycznej w dziedzinie czasu i w dziedzinie częstotliwości. Istnieje możliwość kompleksowego badania oleju (własności fizyczne, elektryczne, chromatografia gazowa). Posiadamy aparaturę do badania odkształceń uzwojeń transformatorów SFRA. Badane są wyładowania niepełne przy wykorzystaniu metody elektrycznej oraz akustycznej.

Bardzo istotna działalność o charakterze aplikacyjnym stanowi opracowywany system monitoringu wyładowań niepełnych w transformatorze z wykorzystaniem metody akustycznej. System będzie zainstalowany na dwóch transformatorach sieciowych należących do PSE. Przewidziana jest komunikacja drogą bezprzewodową (projekt badawczy rozwojowy).

Do głównych atutów Zakładu można obecnie zaliczyć:

- młody, dobrze przygotowany zespół,
- bardzo dobre, specjalistyczne wyposażenie laboratorium sfinansowane ze środków unijnych oraz krajowych.

Istotnym przełomem w poziomie badań oraz finansowaniu zespołu była realizacja międzynarodowych projektów badawczych. Poniżej podano wykaz projektów finansowanych przez Komisję Europejską w Brukseli, przez KBN lub MNiSzW oraz kontraktów realizowanych dla energetyki zawodowej.

2. WYBRANE PROJEKTY I KONTRAKT REALIZOWANE W ZWNiME

1. Międzynarodowy projekt badawczy w ramach 4PR *COPERNICUS; Test to measure the water tree resistance of insulating material used in medium and high voltage power cables*; ZWNiME był członkiem konsorcjum; realizator: A.Rakowska; okres realizacji: 1997-2000,
2. Międzynarodowy projekt badawczy realizowany w ramach 5PR; *Reliable diagnostics of HV transformer insulation for safety assurance of power transmission system REDIATOOOL*; NNE5-2001-472; koordynator: H.Mościcka-Grzesiak; menedżer techniczny: Z.Nadolny; realizowany od 01.02.2003 do 31.01.2006; projekt finansowany przez Komisję Europejską w Brukseli, Komitet Badań Naukowych oraz Politechnikę Poznańską,
3. Międzynarodowy projekt realizowany w ramach 5PR; *Centre of excellence in generation, transmission and distribution of electric energy GETRADEE*; NNE5-2002-15; koordynator: H.Mościcka-Grzesiak; menedżer techniczny: K.Siodła; realizowany od 01.01.2003 do 31.12.2005; projekt finansowany przez Komisję Europejską w Brukseli, Komitet Badań Naukowych oraz Politechnikę Poznańską,
4. Międzynarodowy projekt edukacyjny Jean Monet Project 2002; *European integration studies in universities of candidate countries*; 2001-1132/122-001 JMO; koordynator: O.Lissowski; menedżer: A.Rakowska,
5. Sieć naukowa *Zrównoważone systemy Energetyczne ENERGY FUTURE*; członek-założyciel konsorcjum Centrów Doskonałości; działalność od 2004 roku,
6. Międzynarodowy projekt badawczy *ECO-NET* finansowany przez Ministerstwo Spraw Zagranicznych Francji; kierująca: A.Rakowska; realizacja: 2005-2006,
7. 15 projektów badawczych własnych (w tym promotorskie) finansowanych przez KBN lub MNiSzW; realizacja od 1993 do 2009,
8. Projekt badawczy rozwojowy *Monitoring wyładowań niepełnych w wysokonapięciowych transformatorach energetycznych przy wykorzystaniu metody emisji akustycznej*, kierownik projektu: K.Siodła; realizacja od 11.2007 do 10.2010,
9. Umowa z firmą VOLTEON SA dotycząca *Badania zawilgocenia izolacji celulozowej transformatorów z wykorzystaniem metod opartych na analizie odpowiedzi dielektrycznej*, kierująca pracą: H.Mościcka-Grzesiak; realizacja od 2007 bez ograniczeń czasowych; badaniom poddawane są transformatory sieciowe należące do PSE,
10. Zlecenie z firmy Vattenfall Heat Polska na opracowanie *Wytycznych do budowy w Polsce linii kablowych o napięciu 400 kV*; kierująca: A.Rakowska; realizacja 2007,
11. Zlecenie PSE-Operator *Nowe technologie budowy linii kablowych NN w tym rozwiązania kabli przenośnych*; kierująca: A.Rakowska; realizacja: 2007-2008,
12. Dotacja MNiSzW na inwestycję aparaturową *Doposażenie laboratorium diagnostyki wysokonapięciowych transformatorów energetycznych*, kierująca: H.Mościcka-Grzesiak; realizacja 2007-2008,

Szybko narastający popyt na diagnostykę układu izolacyjnego wysokonapięciowych transformatorów energetycznych skłonił nas do skompletowania specjalistycznego laboratorium diagnostycznego. Częścią składową jest **Mobilne Laboratorium Diagnostyczne** (rys.2) będące odpowiednio wyposażonym samochodem. W tablicy 1 podano zestaw aparatury i sprzętu zakupionych w latach 2003-2008.

3. WYPOSAŻENIE LABORATORIUM DIAGNOSTYCZNEGO TRANSFORMATORÓW SKOMPLETOWANE W LATACH 2003-2008

Tablica 1. Zestawienie urządzeń diagnostycznych, źródło finansowania, rok zakupu i koszt

| Nazwa urządzenia | Źródło finansowania |
|---|-------------------------------|
| 1. System diagnostyczny IDA 200, firmy Programma System wykorzystywany jest do oceny zawilgocenia i zesterzenia izolacji transformatora w oparciu o analizę odpowiedzi dielektrycznej w dziedzinie częstotliwości | REDIATOOL 2003 43 000 € |
| 2. Miernik napięcia powrotnego RVM 5462, Tettex Miernik wykorzystywany jest do oceny zawilgocenia izolacji transformatora w oparciu o analizę odpowiedzi dielektrycznej w dziedzinie czasu | REDIATOOL 2003 37 000 € |
| 3. Kamera termowizyjna V-200, Vigo Oprogramowanie kamery pozwala na badania rozkładu temperatury i dynamiki jej zmian | REDIATOOL 2003 16 000 € |
| 4. Elektrometr DB 604, Danbridge Zakres pomiarowy do $10^{16} \Omega$. Oprogramowanie pozwala na rejestrację zmian rezystancji w dużych przedziałach czasowych | REDIATOOL 2003 15 000 € |
| 5. Tytrator Karla-Fischera, TitroLine, Schott Urządzenie używane do wyznaczania zawartości wody w izolacji papierowo-olejowej. Metoda zaliczana jest do bezpośrednich, a wyniki służą jako referencyjne w odniesieniu do metod pośrednich | REDIATOOL 2003 5 000 € |
| 6. System do badania wyładowań niezupełnych metodą emisji akustycznej System został zaprojektowany z przeznaczeniem do badania izolacji papierowo-olejowej transformatorów; możliwa jest identyfikacja źródeł wyładowań niezupełnych | BW/DS 2004 23 000 € |

| | |
|---|---|
| 7. Spektrofotometr NIR-VIS-UV, Jasco Wykorzystywany jest do wyznaczania zawartości wody w izolacji papierowo-olejowej i w oleju; wyniki traktowane są jako referencyjne w odniesieniu do metod pośrednich elektrycznych | BW/DS 2006 25 000 € |
| 8. Chromatograf gazowy 8610C, SRI Przeznaczony do badania oleju izolacyjnego | Grant inwestycyjny 2007/2008 20 000 € |
| 9. Analizator odpowiedzi częstotliwościowej SFRA, M5200, Doble Umożliwia ilościową ocenę odształceń uzwojeń transformatora | Grant inwestycyjny 2007/2008 23 000 € |
| 10. Przenośny system cyfrowy do badania wyładowań niezupełnych PD Smart, LDIC Wysokiej klasy, skomputeryzowany system pomiaru wyładowań niezupełnych | Grant inwestycyjny 2007/2008 43 000 € |
| 11. Zasilacz VAX 230, PAX Przeznaczony do współpracy z systemem diagnostycznym IDA 200, napięcie wyjściowe 20 kV o częstotliwości w zakresie 0,0001-1000 Hz | Grant inwestycyjny 2007/2008 60 500 € |
| 12. Samochód Renault Master Mobilne laboratorium diagnostyczne | Grant inwestycyjny 2007/2008 35 000 € |



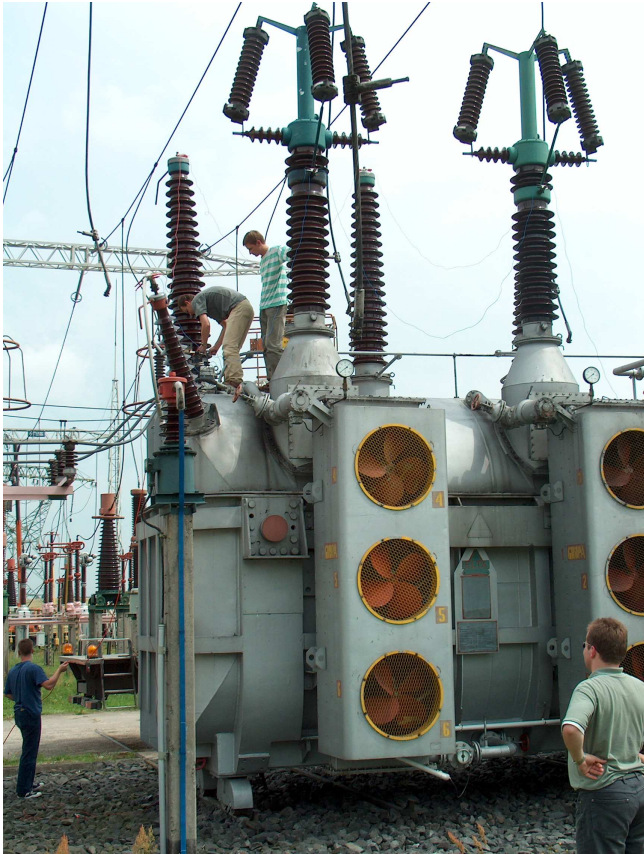
Rys. 2. Mobilne laboratorium diagnostyczne transformatorów energetycznych wysokiego napięcia

W latach 1981-1993 siedem osób w Zakładzie uzyskało tytuły doktora, a po przerwie, w kolejnym okresie 1998-2007 szesnaście osób obroniło rozprawy doktorskie.

Prócz dwójga doktorów habilitowanych, w Zakładzie jest siedmiu doktorów, których średni wiek wynosi 33 lata. Wszyscy oni odbyli liczne staże zagraniczne i posiadają dobrą znajomość języka angielskiego, co jest warunkiem uczestniczenia w różnego typu projektach.

Bardzo nas wspierają doktoranci. W ostatnim dziesięcioleciu w Zakładzie każdego roku było jednocześnie od 6 do 9 doktorantów. Bez ich pomocy i uczestnictwa w badaniach trudno byłoby zrealizować

ambitne projekty międzynarodowe. Należy też podkreślić, że wielu doktorantów prowadziło własne projekty promotorskie. Wszyscy doktoranci, oprócz stypendium, otrzymują honoraria za udział w pracach badawczych, ale są to ciężko zapracowane pieniądze (na przykład 18 godzin pomiarów na transformatorze w zimie lub w upalne lato – rys. 3).



Rys. 3. Przygotowanie transformatora do badań

Od roku 1992 ZWNiME jest organizatorem Ogólnopolskiego Sympozjum „Inżynieria Wysokich Napięć IW” odbywającego się co dwa lata, początkowo w Kiekrzu, a obecnie w Będlewie k.Poznania (rys. 4). Celem Sympozjum jest upowszechnienie najnowszych osiągnięć inżynierii wysokich napięć, wymiana doświadczeń pomiędzy pracownikami różnych ośrodków, dyskusja na temat trendów w nauce światowej, konsolidacja środowiska. Oprócz tradycyjnych sesji plenarnych i plakatowych organizowane są także sesje młodych doktorantów, umożliwiające im zaprezentowanie swojego

dorobku naukowego na forum ogólnopolskim. Aby umożliwić udział w Sympozjum szerokiej grupie młodych doktorantów koszty ich udziału są obniżane o około 40%. W Sympozjach każdorazowo bierze udział około 150 osób z wyższych uczelni technicznych, energetyki zawodowej i szeroko pojętego przemysłu elektroenergetycznego a także goście z zagranicy. Kolejne, dziewiąte już Sympozjum IW-2008, odbędzie się w dniach 9-11 czerwca 2008 roku.



Rys. 4. Komitet organizacyjny VIII Ogólnopolskiego Sympozjum Inżynieria Wysokich Napięć IW-2006, Poznań-Będlewo, 8-10 maja 2006

Zakład od wielu lat prowadzi specjalność *Inżynieria wysokich napięć*, która cieszy się dużym powodzeniem u studentów (rys. 5).



Rys.5. Zajęcia laboratoryjne z techniki wysokich napięć

DIVISION OF HIGH VOLTAGE ENGINEERING AND ELECTROTECHNIC MATERIALS OF POZNAŃ UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Key words: high voltage engineering

The paper describes the historical outline of the development of high voltage engineering at Poznan University of Technology. The most important research topics were presented. Chosen realised and currently carried-on project were mentioned, amongst them: international projects, projects financed by State Committee for Scientific Research as well as Ministry of Science and Higher Education, developmental project and also contracts and agreements with electric power engineering sector. There is also a description of diagnostics laboratory for high voltage power transformers investigation with presentation of the equipment, financing sources and costs.