

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

PÓLWIECZE DZIAŁALNOŚCI W ZAKRESIE TECHNIKI WYSOKICH NAPIĘĆ W POLITECHNICE ŚLĄSKIEJ

Zbigniew GACEK¹

1. Politechnika Śląska, ul. B. Krzywoustego 2, 44-100 Gliwice
tel.: 0-32 237 15 27, faks: 0-32 237 14 81, e-mail: zbigniew.gacek@polsl.pl

Streszczenie: W artykule naszkicowano historię działalności w zakresie techniki napięć w Politechnice Śląskiej, a w szczególności w Katedrze Wysokich Napięć i następnie w Zakładzie Techniki Wysokich Napięć, znajdującego się obecnie w strukturze Instytutu Elektroenergetyki i Sterowania Układów. Omówiono przejawy działalności naukowo-technicznej oraz dydaktycznej i wydawniczej w zakresie problematyki wysokonapięciowej. Na końcu przedstawiono zarys ewolucji współczesnej techniki wysokich napięć w elektroenergetyce.

Słowa kluczowe: technika wysokich napięć, układy izolacyjne, badania izolacji, przepięcia

1. WSTĘP

Początki techniki wysokich napięć na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach miały miejsce w marcu 1949 roku, kiedy inż. Tadeusz Stępniewski przyjął propozycję ówczesnego dziekana profesora Stanisława Fryzego i rozpoczął wykłady z tej problematyki – początkowo jako wykładowca, a od października 1950 r. jako zastępca profesora. Było to więc prawie dokładnie 50 lat temu, gdy – jak się wydaje – działalność profesora Stanisława Szpora osiągała swoje apogeum.

Dopiero w 1952 roku utworzono Katedrę i Laboratorium Wysokich Napięć, organizowaną od podstaw w kilku pustych pokojach. Pierwsze powojenne roczniki studentów Wydziału Elektrycznego w latach 1949 – 1950 wykonywały ćwiczenia laboratoryjne z TWN na Politechnice Wrocławskiej. Nowo utworzone laboratorium – mimo ówczesnych trudności i braków materiałowych – było już po kilku latach nie tylko laboratorium studenckim, ale zaczęło służyć do prowadzenia pierwszych prac naukowych [1].

Dzięki osobistemu zaangażowaniu ówczesnego doc. T. Stępniewskiego, możliwy był umiarkowany rozwój bazy laboratoryjnej w pomieszczeniach o dość znacznych gabarytach. Jednak ani wtedy, ani później nie udało się doprowadzić do budowy Hali Wysokich Napięć (mimo istniejących projektów oraz sporej ilości urządzeń probierczych i pomiarowych). Względna stabilizacja w zakresie Laboratorium Wysokich Napięć (LWN)

zakończyła się w zasadzie w końcu lat 60. ubiegłego wieku, kiedy – po zmianach lokalizacyjnych niektórych jednostek Wydziału i tymczasowym(!) przeniesieniu znaczącej części LWN do obecnie wykorzystywanych pomieszczeń na czwartym(!) piętrze – Katedra została pozbawiona możliwości wykonywania badań wysokonapięciowych z prawdziwego zdarzenia, tracąc „przy okazji” niektóre urzędnicy probiercze. Sytuację poprawiły nieco kolejne reorganizacje Wydziału w latach 70. ubiegłego wieku, ale nie były to zmiany przełomowe. Taki stan, mający swoje złe i dobre strony (eksploatacja Hali Wysokich Napięć kosztuje), ogranicza działalność badawczą Ośrodka.

Silna osobowość prof. T. Stępniewskiego przez prawie 35 lat (aż do przejścia na emeryturę w 1983 r.) kształtowała działalność Ośrodka w zakresie problematyki wysokonapięciowej. Dokładnie rok temu, wspólnie z Oddziałem Gliwickim SEP, zorganizowaliśmy sympozjum podobne do odbywającego się obecnie w Politechnice Gdańskiej – aby przypomnieć dokonania Profesora w zakresie techniki wysokich napięć i przedstawić najnowsze osiągnięcia w tej specjalistycznej dziedzinie elektryki.

2. PRZEJAWY DZIAŁALNOŚCI NAUKOWO-TECHNICZNEJ

Działalność naukowo-badawcza Katedry Wysokich Napięć, a następnie – po kolejnych reorganizacjach Wydziału Elektrycznego – Zespołu Wysokich Napięć i wreszcie Zakładu Techniki Wysokich Napięć w ramach Instytutu Elektroenergetyki i Sterowania Układów, była i jest dość zróżnicowana. Obejmuje ona co najmniej 10 podstawowych kierunków, w których Ośrodek uzyskał liczące się osiągnięcia. W różnych okresach czasu były to lub są nadal następujące kierunki:

- technologia i konstrukcja osprzętu sieciowego (zwłaszcza łukochronnego, zaprasowywanego) i zacisków wielkoprądowych;
- technika izolacyjna, szczególnie w odniesieniu do izolatorów liniowych eksploatowanych w trudnych

warunkach środowiskowych i przepustów aparatowych (głównie transformatorowych);

- problematyka nowoczesnego materiałoznawstwa elektrycznego, ze szczególnym uwzględnieniem tworzyw ceramicznych i wysokonapięciowych warystorów;
- analizy niezawodnościowe układów sieciowych, ze szczególnym uwzględnieniem rozmaitych właściwości technicznych ich elementów składowych;
- badania i modelowanie zachowania się układów izolacyjnych w sieciach mieszanych (napowietrzno-kablowych) o napięciu do 110 kV podczas stanów nieustalonych spowodowanych przepięciami;
- badania i modelowanie narażeń linii kablowych SN w obszarach intensywnej eksploatacji górniczej oraz ich ochrona przed szkodami górnictwami;
- wymiarowanie i kształtowanie układów izolacyjnych w przewodach szynowych GIL;
- ocena zagrożenia przepięciowego oraz skutków prądów zwarciovych w sieciach i urządzeniach elektroenergetycznych;
- racjonalizacja obsługi eksploatacyjnej wybranych elementów sieci i urządzeń elektroenergetycznych;
- diagnozowanie stanu technicznego wybranych układów izolacyjnych na podstawie wyników pomiarów wyładowań niezupełnych.

Zagadnieniami projektowania, konstruowania i badania osprzętu sieciowego – w tym zwłaszcza łukochronnego (zaprasowywanego) oraz zacisków wieloprądowych – zajmowano się już w latach 50. i 60. Było to jakby naturalne ukierunkowanie działalności, ze względu na pracę prof. T. Stępniewskiego w ówczesnej Wytwórni Osprzętu Sieciowego „Izolator” (obecnie WSS Belos) w Bielsku-Białej oraz istotne zmiany w budownictwie sieciowym i wynikające stąd potrzeby (burzliwy rozwój sieci 220 i 400 kV). W Katedrze prowadzono prace studialne i projektowe w zakresie prototypów rozwiązań technicznych rozmaitych elementów łukochronnego osprzętu sieciowego oraz zacisków wieloprądowych. Badania wieloprądowe osprzętu wykonywano początkowo w wyspecjalizowanych placówkach badawczych, a dopiero nieco później w Katedrze – po zorganizowaniu od podstaw załączka Laboratorium Wieloprądowego, istniejącego w nieco innej postaci do dnia dzisiejszego.

Efektom wielu prac badawczych były rozwiązania konstrukcyjne osprzętu sieciowego (w większości zrealizowane i zastosowane w praktyce), kilka patentów dotyczących zacisków wieloprądowych i – nieco później – doktorat, związany z tematyką osprzętu sieciowego, poświęcony zagadnieniu wykorzystywania oddziaływań elektrodynamicznych do sterowania położenia łuku elektrycznego na łańcuchach izolatorów długopniowych. Prof. T. Stępniewski w *Historii Elektryki Polskiej* został wymieniony jako jeden z naukowców, którzy wnieśli znaczny wkład w rozwój energetyki polskiej [1].

Powyższe stwierdzenie odnosi się również w całej rozciągłości do działalności Profesora w zakresie projektowania, konstruowania i badania wysokonapięciowych izolatorów: szczególnie liniowych długopniowych i przepustowych aparatowych (transformatorowych i generatorowych). Prace w tym zakresie trwały nieprzerwanie w zasadzie od początku lat

50. do końca lat 80. ubiegłego wieku. Były one wykonywane przy ścisłej współpracy (często na zlecenie) obecnego ZAPELU w Boguchwale i IZO-ERGU w Gliwicach. Efektem prac konstrukcyjno-projektowych były prototypy, a następnie seryjna produkcja bądź to niektórych izolatorów liniowych (np. klasycznego LP 75/17), bądź to przepustów transformatorowych 110 kV z izolacją twardą o sterowanym polu elektrycznym. Należy oczekiwać powrotu zainteresowania problematyką przepustów, które – po zbyt wielu latach użytkowania – są coraz częściej najsłabszym ogniwem w transformatorach energetycznych.

Technika izolacyjna, w szczególności w odniesieniu do izolatorów liniowych eksploatowanych w trudnych warunkach środowiskowych (zabrudzenia przemysłowe atmosfery), była przez wiele lat głównym zagadnieniem naukowo-technicznym również w ośrodku Gliwickim. Jednym z efektów tych prac były doktoraty dotyczące: specyficznej obsługi eksploatacyjnej izolacji stacyjnej napowietrznej (1966), metodyki doboru i oceny przydatności rozmaitych układów izolacyjnych w liniach napowietrznych wysokiego napięcia na terenach o silnym zanieczyszczeniu atmosfery (1972), zastosowania izolatorów o specyficznym ukształtowaniu kloszy (1973). Zwieńczeniem prac naukowo-badawczych w tym zakresie były dwie monografie habilitacyjne (lata 80.). Wyniki tych prac były również podstawą przy opracowywaniu norm i przepisów regulujących zasady doboru i użytkowania izolacji powietrznej w obszarach o dużym zanieczyszczeniu atmosfery. Zapotrzebowanie na prace z tej problematyki zanikło wraz z restrukturyzacją przemysłu „ciężkiego” na Górnym Śląsku.

Z projektowaniem i konstruowaniem izolatorów wiąże się ściśle problematyka nowoczesnego materiałoznawstwa elektrycznego, ze szczególnym uwzględnieniem tworzyw ceramicznych i innych materiałów elektrotechnicznych. Materiałoznawstwem elektrotechnicznym zajmowano się od samego początku istnienia Katedry Wysokich Napięć. Nie „dorobiliśmy” się wprawdzie specjalistycznego laboratorium materiałoznawstwa (obecnie znajduje się ono w fazie wyraźnego rozwoju), ale niezbędne badania wykonywano w dobrze wyposażonych laboratoriach przemysłowych.

Zainteresowania materiałoznawcze w ośrodku Gliwickim nie ograniczały się tylko do tworzyw ceramicznych. Dość długo trwającymi „epizodami” były, na przykład, specjalistyczne badania laboratoryjne dotyczące: możliwości modyfikacji rezystancji i udarowej wytrzymałości prądowej karborundu odgromnikowego (doktorat w 1969 r.) oraz współzależności między parametrami elektrycznymi i cieplnymi przewodów krioporowych w temperaturach ciekłego azotu, zasilających piece karbidowe (doktorat w 1979 r.).

Analizy niezawodności układów przesyłowo-rozdziałczych i przesyłowych, ze szczególnym uwzględnieniem rozmaitych właściwości technicznych ich elementów składowych, były i są nadal jedną ze specjalności Instytutu. W Zakładzie Techniki Wysokich Napięć wykonywano różnorodne analizy niezawodnościowe, w szczególności w warunkach: zagrożenia przepięciowego układów izolacyjnych w sieciach SN i WN (doktorat w 1998 roku), oddziaływania bezpośrednich udarów piorunowych na kable SN i WN (doktorat w 1980

roku), zagrożenia linii kablowych 6 i 20 kV wskutek intensywnej eksploatacji górniczej (doktorat w 1995 roku), zagrożenia wskutek zanieczyszczenia atmosfery pyłami i gazami pochodzenia przemysłowego. W tym ostatnim przypadku wydano monografię habilitacyjną (1980), w której podsumowano dotychczasowe osiągnięcia w zakresie metodyki określania niezawodności izolacji linii napowietrznych w warunkach niepomiąlnego narażenia zabrudzeniowego.

Badania i modelowanie zachowania się układów izolacyjnych w sieciach mieszanych (napowietrzno-kablowych) o napięciu do 110 kV podczas stanów niestabilnych spowodowanych przepięciami (głównie piorunowymi) wykonywano w końcu lat 70. ubiegłego wieku. Na podstawie uzyskanych rezultatów opracowano warunki współpracy linii napowietrznych z siecią kablową o napięciach znamionowych z przedziału 6 – 110 kV oraz ogólnokrajowe wskazówki ochrony takich sieci mieszanych. Wyniki prac zostały praktycznie wykorzystane przy modernizacji sieci zasilającej Hutę Katowice.

Prawie 10 lat trwały w latach 80. i 90. badania oraz modelowanie narażeń linii kablowych SN w obszarach intensywnej eksploatacji górniczej, zmierzające do wypracowania racjonalnych zasad ich ochrony przed szkodami górniczymi. Badania wykonywano zarówno w warunkach laboratoryjnych (fizyczne modelowanie skutków jednoczesnych oddziaływań elektrycznych, mechanicznych i cieplnych), jak i terenowych (fizyczne modelowanie oddziaływań mechanicznych górotworu na kable 20 kV oraz sprawdzanie skuteczności działania zaproponowanych rozwiązań ochronnych). Wyniki tych bardzo złożonych, pracochłonnych i kosztownych prac zostały zastosowane we wskazówkach projektowych oraz stanowiły podstawę pracy doktorskiej (1995).

Wymiarowanie i kształtowanie układów izolacyjnych w wysokonapięciowych gazoszczelnych przewodach szynowych było jednym z zadań powierzonych ośrodkowi Gliwickiemu w połowie lat 80. w ramach wieloetapowego zadania CPBP. Zakres zadania obejmował izolację gazową (sprężony SF₆) oraz izolację stałą (izolatory odstępnikowe i grodziowe oraz przepusty SF₆ – powietrze i SF₆ – olej). Uczestniczyliśmy w opracowaniu kilku programów obliczeniowych do wspomagania projektowania izolacji, wykorzystanych następnie przy konstruowaniu prototypu i pierwszego technicznego rozwiązania krajowego gazoszczelnego przewodu szynowego 110 kV. Po zakończeniu tych prac (1999) można było doprowadzić do obrony pracy doktorskiej dotyczącej optymalizacji parametrów konstrukcyjnych przewodów GIL. Ta problematyka znajduje się nadal w obszarze zainteresowań technicznych Zakładu.

Zagadnienia związane z oceną zagrożenia przepięciowego oraz skutków prądów zwarciovych w sieciach i urządzeniach elektroenergetycznych są rozpatrywane w Zakładzie od wielu lat. Zagrożenie przepięciowe analizowano i badano (mierzono) nie tylko w sieciach elektroenergetyki zawodowej, ale również przemysłowej, m.in. w sieciach SN zasilających duże huty stali. Wyniki badań umożliwiły wprowadzenie skutecznych środków ochrony przed przepięciami łączeniowymi i dorywczymi. Najważniejsza grupa zagadnień związana z oceną skutków prądów zwarciovych należy do problematyki z pogranicza techniki wysokich napięć

i urządzeń elektrycznych. Należy do niej projektowanie przewodów szynowych giętkich i towarzyszących im układów izolacyjnych w rozdzielniach WN i BWN z punktu widzenia skutków oddziaływań sił elektrodynamicznych i oczekiwanej wytrzymałości elektrycznej krótkotrwałej. W wyniku studiów, symulacji i częściowo badań opracowano m.in. pakiet programów użytkowych do obliczeń skutków mechanicznych prądów zwarciovych w rozdzielniach z oszynowaniem giętkim. Prace w tym kierunku trwają.

W wyniku wielu analiz skutków zagrożenia przepięciowego i zwarciovego sieci nn i SN już w połowie lat 80., a w szerszym zakresie w początku lat 90. ubiegłego wieku, zajęto się problematyką linii napowietrznych z przewodami w izolacji polimerowej (izolowanymi i w osłonie izolacyjnej). Były to prace studialne i konstrukcyjne (w Instytucie i poza nim). Starano się propagować te specyficzne linie napowietrzne w energetyce zawodowej i przedsiębiorstwach elektromontażowych. Jednym z efektów tych prac oraz wielu konsultacji z przedstawicielami renomowanych firm zagranicznych jest pierwsza polskojęzyczna książka na ten temat (1995), a nieco później – monografia anglojęzyczna poświęcona metodom obliczania parametrów pola elektromagnetycznego generowanego wokół takich linii (2004).

Dwa ostatnie wymienione kierunki działalności Zakładu, to już współczesność. Prace nad profilaktyczną obsługą eksploatacyjną zbiorów układów izolacyjnych w sieciach zapoczątkowano jeszcze w końcu lat 90. ubiegłego wieku, ale istotnym krokiem naprzód był doktorat dotyczący modelowania procesów obsługi eksploatacyjnej wybranych elementów sieci elektroenergetycznych (2003) oraz zakup nowoczesnej aparatury diagnostyczno-pomiarowej i stworzenie od podstaw mini-laboratorium badawczego (zainstalowanego w klatce Faraday'a oraz wyposażonego w układy filtracyjne i profesjonalną instalację uziomową). W Zakładzie zrealizowano z powodzeniem do tej pory dwa duże „granty”, wykonywane przy ścisłej współpracy z zespołem fizyków - elektroakustyków. Znacząca część pomiarów wzn była wykonywana metodą emisji akustycznej, a pozostała – metodą elektryczną. Stwierdzono, że racjonalne połączenie rezultatów wyników badań pochodzenia akustycznego i elektrycznego zmniejsza ryzyko popełnienia błędu, a więc zwiększa pewność diagnozowania takich elementów, jak na przykład pręty generatorów, izolatory przepustowe, układy izolacji bezpowietrznej w transformatorach olejowych. Na ten temat napisano już monografię habilitacyjną (zakończenie przewodu w 2008 roku) oraz otwarto przewód doktorski z zakresu diagnostyki izolacji na podstawie pomiarów wyładowań niezupełnych.

Osobną kartę działalności naukowo-technicznej dorobku Ośrodka stanowią prace normalizacyjne – często żmudne i niewdzięczne, a jednak potrzebne do normalnego funkcjonowania świata techniki i handlu. Profesor T. Stepniewski przez całe swoje życie zawodowe bardzo aktywnie uczestniczył w pracach normalizacyjnych. Najpierw, gdy normalizacja elektrotechniczna należała tylko do SEP, działał w Centralnej Komisji Normalizacji Elektrotechnicznej. Od 1948 r. był przewodniczącym Komisji XXX „Izolatory”. W 1949 r., gdy wszystkie prace normalizacyjne przejął Polski Komitet Normalizacyjny,

przemianowany później na Polski Komitet Norm i Miar, został przewodniczącym Komisji Izolatorów, przedstawicielem Polski w IEC (w KT „Izolatory”) i członkiem kilku Grup Roboczych IEC. Dobrą tradycję stara się obecnie podtrzymywać prof. Z. Gacek, uczestnicząc w pracach trzech Komitetów Technicznych PKN: KT nr 76 ds. Izolatorów, KT nr 80 ds. Ogólnych w Sieciach Elektroenergetycznych (wiceprzewodniczący) i KT nr 303 ds. Materiałów Elektroizolacyjnych.

3. DZIAŁALNOŚĆ DYDAKTYCZNA I WYDAWNICZA

Początkowo jako Katedra Wysokich Napięć, później jako Zakład Urządzeń Elektrycznych i Wysokich Napięć, obecnie jako Zakład Techniki Wysokich Napięć w ramach Instytutu Elektroenergetyki i Sterowania Układów realizujemy zadania dydaktyczne dla wszystkich specjalności i rodzajów studiów na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej na kierunku Elektrotechnika studiów stacjonarnych (inżynierskich i magisterskich) oraz wieczorowych i zaocznych w Gliwicach i w Rybniku. Program zajęć obejmuje obecnie następujące przedmioty, które są techniką wysokich napięć lub są z nią związane:

- technika wysokich napięć (30 h wykładu + 15 h laboratorium) na sem. VI (wszystkie specjalności);
- Technika izolacyjna w elektroenergetyce (30 h wykładu + 15 h ćwiczeń tablicowych + 30 h laboratorium) na sem. VIII, specjalność Elektroenergetyka;
- wysokonapięciowe układy izolacyjne (30 h wykładu + 15 h seminarium kursowego) na sem. IX, specjalność Elektroenergetyka, kierunek dyplomowania EPR;
- technika wielkich prądów (15 h wykładu + 15 h laboratorium + 15 h seminarium kursowego) na sem. IX, specjalność Elektroenergetyka, kierunek dyplomowania EPR;
- inżynieria materiałowa (30 h wykładu + 15 h laboratorium) na sem. I i II (wszystkie specjalności).

W Laboratorium Wysokich Napięć, wyposażonym w różnorodne urządzenia probiercze i pomiarowe (m.in. w dwa generatory napięcia udarowego do ok. 250 kV), prowadzone są typowe ćwiczenia z zakresu techniki wysokich napięć i – częściowo – z materiałoznawstwa elektrycznego, a ponadto z bezpieczeństwa użytkowania energii elektrycznej. Laboratorium Wielkich Prądów wyposażone jest w transformatory wielkopiętrowe o prądzie ciągłym do 5,4 kA oraz zespoły prostownicze 0,4 kA. Laboratorium w którym bada się wyładowania niepełne, jest wyposażone m.in. w transformator probierczy TP 110 oraz skomputeryzowaną aparaturę pomiarowo-diagnostyczną (system TE 571 firmy Haefely-Trench), umożliwiającą wykonywanie pomiarów intensywności wzn zgodnie z aktualnymi wymaganiami IEC w tym zakresie. Służy ono głównie do badań naukowych i tylko w ograniczonym zakresie do ćwiczeń laboratoryjnych dla nielicznych grup studentów.

Działalność dydaktyczna Zakładu Techniki Wysokich Napięć jest wspomagana przez dość liczne skrypty i podręczniki akademickich. Z zakresu techniki wysokich napięć i zagadnień pokrewnych wydano do tej pory następujące pozycje:

- Stępniewski T.: Laboratorium wysokich napięć. Skrypt Pol. Śl., Gliwice 1956.
- Stępniewski T. (red.) i in.: Laboratorium techniki wysokich napięć i materiałoznawstwa elektrycznego. Wyd. Pol. Śl. Skrypt nr 709, Gliwice 1979.
- Stępniewski T.: Materiałoznawstwo elektryczne i technika wysokich napięć; część 1. Wyd. Pol. Warszawskiej, Warszawa 1973.
- Gacek Z.: Przykłady obliczeniowe z techniki wysokich napięć. Wyd. Pol. Śl., Gliwice 1988 (wyd. 1), 1994 (wyd. 2).
- Gacek Z., Kiś W.: Zarys wysokonapięciowej techniki probierczej i pomiarowej. Wyd. Pol. Śl. Skrypt nr 1672, Gliwice 1991.
- Gacek Z.: Technika wysokich napięć. Izolacja wysokonapięciowa w elektroenergetyce. Przepięcia i ochrona przeciwprzepięciowa. Wyd. Pol. Śl., Gliwice 1989 (wyd. 1), 1994 (wyd. 2), 1999 (wyd. 3).
- Gacek Z., Kiś W.: Technika wysokich napięć. Ćwiczenia laboratoryjne. Wyd. Pol. Śl., Gliwice 1995 (wyd. 1), 1998 (wyd. 2).
- Gacek Z.: Kształtowanie wysokonapięciowych układów izolacyjnych stosowanych w elektroenergetyce. Wyd. Pol. Śl., Gliwice 2002.
- Gacek Z.: Wysokonapięciowa technika izolacyjna. Wyd. Pol. Śl., Gliwice 1996 (wyd. 1), 2006 (wyd. 2).
- Gacek Z., Szadkowski M.: Wysokonapięciowa technika izolacyjna w przykładach obliczeniowych. Wyd. Pol. Śląskiej, Gliwice 2008.

4. PRZEWIDYWANE KIERUNKI DALSZEJ DZIAŁALNOŚCI

Kierunki dalszej działalności są zgodne ze specjalizacją naukową Zakładu Techniki Wysokich Napięć, a więc również z tematyką większości badań kierunkowych i prac badawczych (własnych) poszczególnych doktorantów, asystentów i adiunktów. Główne kierunki prac naukowych i naukowo-technicznych z zakresu szeroko rozumianej techniki wysokich napięć, które są lub będą realizowane w najbliższym okresie czasu, to:

- projektowanie układów izolacyjnych stosowanych w elektroenergetyce (procedury obliczeniowe ze wspomaganiami komputerowymi);
- badania wybranych właściwości elementów składowych elektroenergetycznych linii napowietrznych z przewodami w izolacji polimerowej (SN i WN);
- projektowanie jedno- i trójbiegunowych przewodów GIL izolowanych sprężonym SF₆ lub mieszaniną N₂/SF₆ (przy współpracy z producentami przewodów);
- diagnozowanie stanu technicznego rozmaitych układów izolacyjnych w sieciach i urządzeniach elektroenergetycznych;
- wykrywanie i ocena stopnia szkodliwości wyładowań elektrycznych niepełnych metodą emisji akustycznej, metodą elektryczną i metodą chemiczną (DGA);
- opracowanie nowej metodyki modelowania wybranych właściwości i diagnozowania stanu technicznego układów izolacji bezpowietrznej przy zastosowaniu systemów (sieci) neuronowych;

- próby opracowania zasad i kryteriów prognozowania stanu wybranych układów izolacyjnych w określonych warunkach obciążenia i przy uwzględnieniu eksploatacyjnych czynności obsługowych.

W celu realizacji niektórych z powyższych zadań badawczych umacniamy kontakty z energetyką zawodową oraz niektórymi firmami pracującymi dla elektroenergetyki. Zamierzamy kontynuować proces modernizacji naszych laboratoriów: wysokich napięć, urządzeń elektrycznych i wielkich prądów. Wydzielone części powyższych laboratoriów powinny mieć docelowo charakter laboratorium akredytowanego, przeznaczonego m.in. do wykonywania zamawianych badań konstruktorskich i porównawczych rozmaitych układów izolacyjnych oraz specyficznych torów prądowych, np. w liniach z przewodami izolowanymi lub w osłonie izolacyjnej.

Z przedstawionego opisu wynika, że główne kierunki prac naukowych prowadzonych w Zakładzie Techniki Wysokich Napięć obejmują wprawdzie dość odległe obszary tematyczne, ale wszystkie one należą do techniki wysokich napięć lub wysokonapięciowej techniki izolacyjnej. Niektóre z nich przenikają się i uzupełniają się wzajemnie, będąc inspiracją do podejmowania prac badawczych przez pracowników Instytutu i doktorantów. W większości przypadków mieszczą się one w głównym nurcie rozwojowym tej specyficznej dyscypliny naukowej, przynajmniej w zakresie zastosowań w elektroenergetyce.

5. ZARYS EWOLUCJI WSPÓŁCZESNEJ TECHNIKI WYSOKICH NAPIĘĆ W ELEKTROENERGETYCE

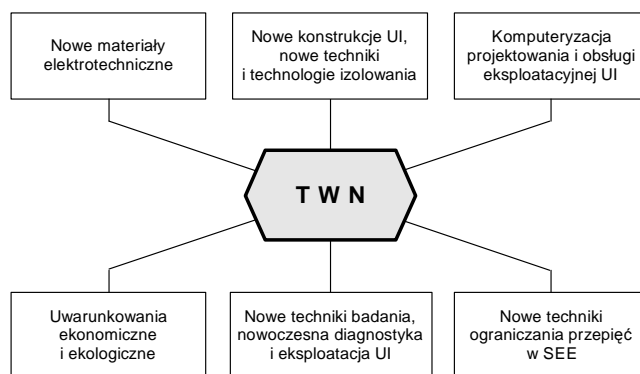
Szeroko pojmowana technika wysokich napięć obejmuje wiele zagadnień z zakresu projektowania, konstruowania, badania i racjonalnej eksploatacji układów izolacyjnych. Oprócz wyraźnych tendencji do coraz szerszego stosowania algorytmicznych metod projektowania i konstruowania izolacji (ze wspomaganiami komputerowymi), najważniejszymi są uwarunkowania materiałowe i eksploatacyjne, ponieważ:

- dynamiczne zmiany w zakresie konstruowania układów izolacyjnych związane są z coraz szerszym stosowaniem rozmaitych materiałów syntetycznych i ich kompozycji,
- korzystając z osiągnięć w zakresie inżynierii materiałowej dąży się do dalszej poprawy właściwości materiałów, które powinny być tańsze i przyjazne środowisku,
- coraz więcej uwagi poświęca się diagnostyce izolacji podczas jej eksploatacji, aby – dla określonego mechanizmu degradacji – można było oszacować czas pozostający do końca jej życia.

Ze względu na dużą „odpowiedzialność techniczną”, układy izolacji w sieciach elektroenergetycznych decydują w znacznej mierze o niezawodności tych sieci. Wzrost napięć w sieciach przesyłowych był i jest uzależniony od możliwości budowania odpowiednich układów izolacyjnych w liniach napowietrznych i kablowych, transformatorach oraz innych urządzeniach i aparatach elektroenergetycznych. Jest on również uwarunkowany skutecznością ograniczania oddziaływań eksploatacyjnych, szczególnie przepięć. We

współczesnej elektroenergetyce występują ponadto coraz wyraźniej uwarunkowania rynkowe i ekologiczne.

Zarys ewolucji współczesnej techniki wysokich napięć w elektroenergetyce zaprezentowano nie tak dawno w artykule [2]. Dlatego też poniżej jedynie zestawiono najważniejsze czynniki decydujące o ewolucji (postępie) współczesnej techniki wysokich napięć (rys. 1). Na podkreślenie zasługuje nie tylko wprowadzanie nowych lecz sprawdzonych materiałów syntetycznych oraz nowych konstrukcji i technik izolowania, ale również: coraz szersza informatyzacja użytkowa procesów projektowania i eksploatacji, konieczność uwzględniania uwarunkowań ekonomicznych i ekologicznych (w tym ograniczenie wartości napięć sieci i rozwoju energetyki rozproszonej), istotne zmiany „systemowe” w eksploatacji (m.in. dzięki nowoczesnej diagnostyce, monitoringowi i pracom pod napięciem), a także możliwości zmian w koordynacji izolacji (dzięki coraz doskonalszym ogranicznikom przepięć).



Rys. 1. Najważniejsze czynniki warunkujące postęp we współczesnej technice wysokich napięć

Realną wydaje się możliwość dalszego zmniejszenia wymiarów układów izolacji powietrznej w liniach i stacjach elektroenergetycznych. Wiąże się to z możliwością wyraźnego obniżenia napięć probierczych (wymaganych napięć wytrzymywanych) i doprowadzenia do korzystnych zmian w zakresie koordynacji izolacji. Zagadnienie to jest jednak jeszcze sprawą otwartą i dyskusyjną, mimo stosowania coraz bardziej uniwersalnych i niezawodnych beziskiernikowych ograniczników przepięć.

Spośród wielu zadań eksploatacyjnych szczególne znaczenie ma racjonalnie zorganizowana i prowadzona diagnostyka stanu technicznego sieci i znajdujących się w niej urządzeń, która może być bardzo zróżnicowana pod względem wykonawstwa. W badaniach eksploatacyjnych są i coraz częściej będą wykorzystywane nowoczesne systemy i skomputeryzowane urządzenia diagnostyczne.

Znaczące postępy uzyskano w zakresie poprawy efektywności i zwiększenia wiarygodności badań izolacji. Dotyczy to szczególnie diagnostycznych badań eksploatacyjnych izolacji bezpowietrznej dużych obiektów (np. transformatorów i generatorów), dla których istnieje możliwość wprowadzenia skomputeryzowanych systemów monitoringu, uzupełnionych elementami systemów ekspertowych.

6. ZAKOŃCZENIE

Obecny Zakład Techniki Wysokich Napięć Instytutu Elektroenergetyki i Sterowania Politechniki Śląskiej w Gliwicach uczestniczy w pracach naukowo-badawczych z zakresu szeroko rozumianej techniki wysokich napięć od prawie 60. lat, tj. odkąd na tym terenie zaczął swoją działalność prof. Tadeusz Stępniewski. Wydaje się, że w tym dość długim przedziale czasu udało się osiągnąć wiele znaczących sukcesów naukowych, technicznych i dydaktycznych, mimo tego, że ta dziedzina wiedzy – wykazująca obecnie wyraźne przejawy rozwoju – nie jest „rozpieszczana” przez rozmaitych decydentów. Należy mieć jednak nadzieję, że niebawem nastąpi swoisty, być może nawet wymuszony „renesans” nowoczesnej techniki wysokich napięć (lub przynajmniej jej niektórych działów), ponieważ ograniczanie się w elektryce jedynie do metod obliczeniowo–symulacyjnych nie daje wystarczających gwarancji, że większość obiektów technicznych w obwodach głównych sieci i urządzeń elektrycznych

(takich jak układy izolacyjne i tory prądowe) będą się charakteryzowały wymaganymi cechami technicznymi w założonym przedziale czasu eksploatacji. Może to oznaczać zbyt wielkie ryzyko wystąpienia awarii zarówno podczas normalnej pracy, jak i podczas stanów nieustalonych, wywołanych na przykład przez przepięcia. Wydaje się, że takie stwierdzenie jest zgodne z poglądami wyrażanymi w swoim czasie również przez Profesora Stanisława Szpora.

7. LITERATURA

1. Praca zbiorowa: 60 lat Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach 1945 – 2005. ZN Pol. Śl. „Elektryka” nr 1642, Gliwice 2004, PL ISSN 0072-4688.
2. Gacek Z.: Zarys ewolucji współczesnej techniki wysokich napięć. „Energetyka” 2007 nr 6/7 s. 501-508, ISSN 0013-7294.

HALF-CENTURY OF ACTIVITY IN THE SPHERE OF HIGH VOLTAGE TECHNICS AT THE SILESIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Key words: high voltage techniques, insulating systems, testing of insulation, overvoltages.

History of activity in the sphere of high voltage techniques at the Silesian University of Technology, particularly at High Voltage Department and afterwards at High Voltage Techniques Section - situated at present in the structure of Institute of Power Systems and Control – is presented in this article. Symptoms of scientific, technical, didactic and publishing activities in the sphere of high voltage problems are discussed. Outline of evolution of contemporary high voltage technology in electrical power engineering is presented at the end.