

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

HISTORIA I OSIĄGNIĘCIA KATEDRY/ZAKŁADU WYSOKICH NAPIĘĆ POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ

Franciszek MOSIŃSKI, Józef GALCZAK

Politechnika Łódzka, Instytut Elektroenergetyki Zakład Wysokich Napięć
e-mail: mosinskf@mail.p.lodz.pl

Streszczenie: W referacie omówiono historię i osiągnięcia Zakładu/Katedry Wysokich Napięć Politechniki Łódzkiej od początku jej istnienia datowanego na 1945. Przedstawiono kolejnych Kierowników i kierunki rozwijanych przez nich badań naukowych. W ostatnich punktach zaprezentowano stan obecny w zakresie osiągnięć naukowych i oferowane usługi naukowe i dydaktyczne.

Słowa kluczowe: technika wysokich napięć, izolacja transformatorów energetycznych, wysokonapięciowa technika probiercza

1. PRZED ROKIEM 1966

Historia Katedry Wysokich Napięć Politechniki Łódzkiej (PŁ) zaczyna się wraz z historią Katedry Elektroenergetyki PŁ, w dniu jej utworzenia 1.X.1945 r. W tej strukturze organizacyjnej mgr inż. Janusz Maksiejewski tworzył początki laboratorium wysokich napięć.

Z datą 12.V.1954 powstaje Zakład Wysokich Napięć (ZWN), którego kierownikiem zostaje – adiunkt mgr inż. Janusz Kruczek. Gdy w czerwcu 1956 r. J. Kruczek ginie w wypadku, kierownikiem ZWN zostaje mgr inż. Zdzisław Szczepański.

W latach 1956 – 1958 w ramach ZWN, istnieje pracownia uziemień Instytutu Energetyki, którą kieruje Z. Szczepański.

1.1 Profesor Zygmunt Hasterman (zm. 1986)

W 1966 r. ZWN zostaje podniesiony do rangi Katedry Wysokich Napięć (KWN). Kierownikiem zostaje prof. Zygmunt Hasterman, który pozostaje na tym stanowisku do 1976 r. (emerytura).

Okres kierowania KWN przez prof. Z. Hastermana wiąże się z początkiem szybkiego rozwoju łódzkiej Fabryki Transformatorów i Aparatury Trakcyjnej ELTA. W roku 1965 wyprodukowano pierwszy transformator na napięcie GN 220 kV, a w roku 1971 wyprodukowano pierwszy transformator na napięcie GN 420 kV (240 MVA dla Elektrowni Turów). Duży skok technologiczny mógł się dokonać jedynie przy wielokierunkowych wysiłkach kadry inżynierskiej ELTY (przy wdrożeniu produkcji transformatorów 220 kV zakupiono licencję austriackiej firmy ELIN), kadry naukowej Politechniki Łódzkiej i kadry

naukowej powstałego Oddziału Transformatorów Instytutu Elektrotechniki (obecnie Oddział Transformatorów Instytutu Energetyki), którego pracownicy rekrutowali się w przeważającej liczbie z PŁ.

Działalność KWN została ukierunkowana na współpracę z FTiAT ELTA. Prof. Z. Hasterman był jedną z wiodących osób w zespole projektującym pierwszy polski transformator 420 kV (zespół uzyskał nagrodę państwową I stopnia).

Pod kierunkiem prof. Z. Hastermana szereg osób zdobyło stopień dr n.t. z zagadnień związanych z izolacją transformatorów energetycznych najwyższych mocy i wysokich napięć. Byli to doktorzy Ryszard Malewski (obecnie profesor), Stanisław Kiersztyn, Wiesław Dudek, Andrzej Rosicki, Andrzej Wira, Franciszek Mosiński (obecnie profesor), Józef Galczak (obecnie dr hab.) i Łukasz Sikorski.

Z transformatorowym kierunkiem badań naukowych zainicjowanych przez prof. Z. Hastermana wiążą się trzy duże konferencje naukowe obejmujące zagadnienia projektowania i badania izolacji papierowo-olejowej transformatorów energetycznych (1984, 1987, 1990) zorganizowane z inicjatywy i przy wiodącym udziale pracowników i kierownika Katedry Wysokich Napięć PŁ prof. Zdzisława Szczepańskiego (1919-1986). Konferencje te pod nazwą „International Conference on Insulation Problems in Power Transformers” gromadziły od 150 do 250 inżynierów i naukowców z całego świata. Organizatorami konferencji były Katedra Wysokich Napięć i Fabryka ELTA.

Prof. Z. Hasterman, który był równolegle z kierowaniem KWN, pracownikiem FTiAT ELTA, zainicjował ciągłą współpracę KWN z Fabryką. Współpraca ta trwała aż do momentu przekształceń własnościowych w roku 1990, gdy Fabryka weszła w strukturę koncernu ABB. Wynikiem tej współpracy były dokumentacje dla Fabryki, doktoraty i habilitacja (dr inż. F. Mosiński) dla pracowników Uczelni i ukoronowanie pracy Profesora w postaci unikalnej książki „Wytrzymałość elektryczna transformatorów energetycznych” [2].

Pod kierownictwem prof. Z. Hastermana powstało w KWN nowoczesne laboratorium wysokich napięć obejmujące kilkanaście pomieszczeń laboratoryjnych, w

tym halę wysokich napięć wyposażoną w kaskadę probierczą AC 2x300 kV i generator udarów napięciowych piorunowych LI 700 kV.

Do roku 1974 pracował w KWN dr hab. inż. Jerzy Stanisław Zieliński [H2] (obecnie prof. dr hab. inż., emerytowany profesor Uniwersytetu Łódzkiego), którego zainteresowania obejmowały przepięcia w systemie elektroenergetycznym. Pod jego kierunkiem stopnie dr n.t. uzyskali Roman Małecki (później dr hab. – [H5] kierownik Samodzielnego Zakładu Sieci Komputerowych PŁ, zm. 1996) i Ibrahim Steif z Algierii



Rys. 1 Prof. Zygmunt Hasterman (1906-1986), od 1955 pracował w Zakładzie Wysokich Napięć Instytutu Elektrotechniki, od 1966 do 1976 r kierownik Katedry Wysokich Napięć Politechniki Łódzkiej; twórca polskiej szkoły projektowania izolacji transformatorów energetycznych

1.2. Profesor Zdzisław Szczepański (zm. 1986)

Profesor Zdzisław Szczepański pracował w ZWN od 1945 r. W latach 1956–66 był kierownikiem Zakładu, zatem po odejściu prof. Z. Hastermana na emeryturę, w sposób naturalny objął kierownictwo, początkowo KWN (1976-79), następnie ZWN (w strukturze Instytutu Transformatorów, Maszyn i Aparatów Elektrycznych 1979-80) i ponownie KWN (1980-86).

Pod kierownictwem prof. Z. Szczepańskiego w ZWN/KWN PŁ obecne były dwa nurty badań naukowych. Zagadnienia izolacji transformatorów energetycznych we współpracy z ELTĄ oraz zagadnienia wyładowań niezupełnych i problematyka budowy wysokonapięciowych urządzeń probierczych. Te dwa ostatnie kierunki badań wynikały z zainteresowania Kierownika prof. Zdzisława Szczepańskiego.

Pod kierunkiem prof. Z. Szczepańskiego stopień dr n.t. uzyskali Ryszard Zybert, Sabina Domaradzka, Włodzimierz Sitek (zm. 2004), Jarosław Galoch, Zbigniew Paciorek. Ukoronowaniem pracy prof. Z. Szczepańskiego była budowa około 30 generatorów udarów piorunowych (GUN) o napięciach od kilkunastu kilowoltów do 2400 kV (dla Politechniki Częstochowskiej). Za czasów prof. Z. Szczepańskiego zbudowano drugą halę wysokich napięć. Podsumowaniem pracy naukowej Profesora były dwie książki: „Wyładowania niezupełne w izolacji urządzeń elektrycznych” (WNT 1973 [3]) oraz „Układy izolacyjne urządzeń elektroenergetycznych” (WNT 1978 [4]).



Rys. 2 Prof. Zdzisław Szczepański (1919-1986) inicjator transformatorowych konferencji izolacyjnych, kierownik Katedry Wysokich Napięć i Dziekan Wydziału Elektrycznego Politechniki Łódzkiej



Rys. 3. Zdjęcie zbiorowe uczestników “Third International Conference on Insulation Problems in Power Transformers”, Łódź wrzesień 1990 – przed drzwiami sali konferencyjnej FTiAT ELTA



Rys. 4. Kondensatory pomiarowe izolowane SF6 na napięcia do 150 kV (zdjęcie dla 120 kV)

2 DZIEŃ DZISIEJSZY

W roku 1986 kierownictwo KWN objął prof. Jerzy Wodziński, kontynuator kierunku badań w zakresie wysokonapięciowej techniki probierczej. Osiągnięcia Profesora lokują się w dziedzinie konstrukcji GUN i innych elementów pola probierczego wysokich napięć. Między innymi dziełem Profesora i jego współpracowników (głównie dr R. Zybarta) jest rodzina wzorcowych kondensatorów izolowanych sześćfluorkiem siarki (rys. 4), rodzina prostowników wysokiego napięcia (rys. 6) oraz zautomatyzowane układy probiercze wykonane na zamówienia zakładów przemysłowych i uczelni.

Pod kierunkiem prof. J. Wodzińskiego stopnie dr n.t. uzyskali Grzegorz Dzikowski, Eugeniusz Żukowski, Piotr Barmuta. Ukoronowaniem pracy naukowej była książka „Wysokonapięciowa technika prób i pomiarów” (WNT 1997 [5]).

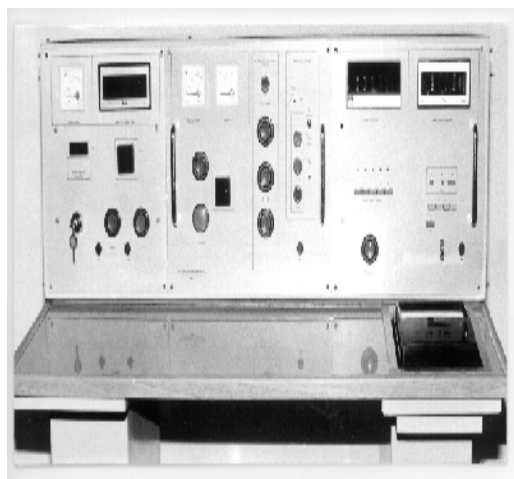
W 1999 roku KWN ponownie została przekwalifikowana na ZWN wchodzący w strukturę Instytutu Elektroenergetyki, w którym jest do dzisiaj.



Rys. 5. Generatory udarów piorunowych i łączeniowych – zdjęcie dla GUN 300 kV



Rys. 5. Prostownik wysokiego napięcia na napięcie zwrotne do 150 kV, o średnim prądzie przewodzenia 0,5 A



Rys. 7. Pulpity sterownicze



Rys. 9. Dzielniki pomiarowe i skalujące do miernika DDX

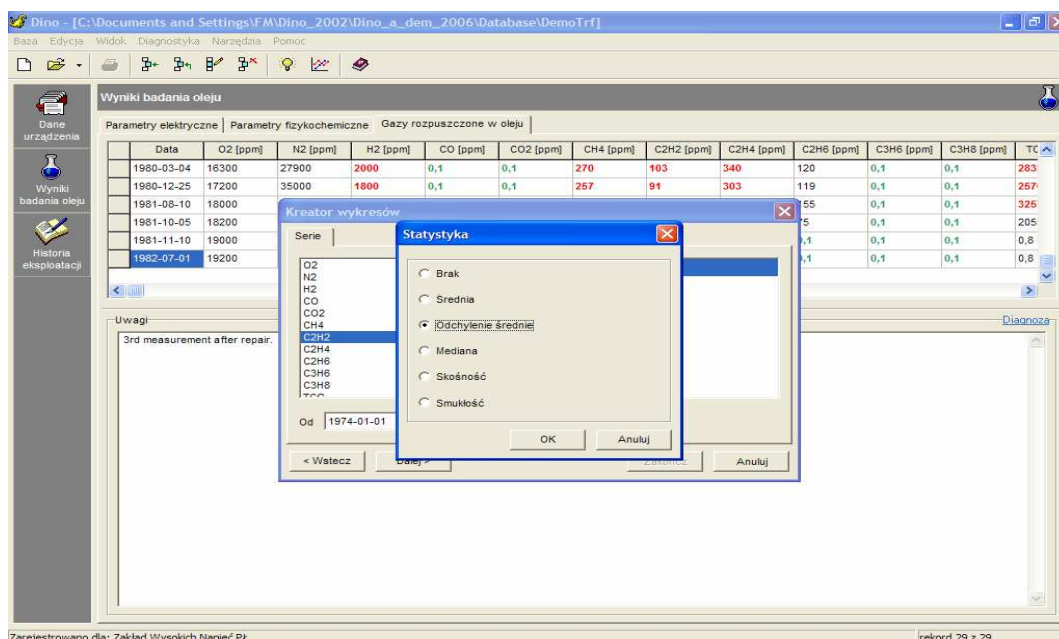


Rys. 8. Komputerowy miernik intensywności wzn DDX firmy Hipotronics

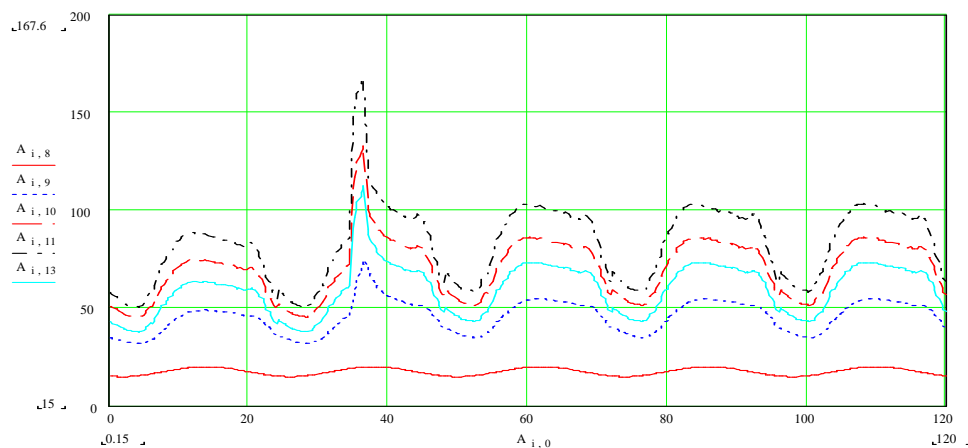
W 1999 r. prof. J. Wodziński przeszedł na emeryturę, jednak do dziś uczestniczy w pracach ZWN prowadząc

wykłady dla studentów i egzaminy dyplomowe.

Mimo ograniczonych możliwości współpracy z przemysłem transformatorowym w Zakładzie kontynuuje się rozpoczęte jeszcze w latach 90. ubiegłego stulecia prace badawcze nad rozwojem wyładowań elektrycznych w układach papierowo-olejowych o wolnej przerwie międzyelektrodowej. W całkowicie zautomatyzowanym, unikatowym w skali kraju, laboratorium wyposażonym w laserowy układ ultraszybką fotografię oraz układ rejestracji światła emitowanego przez kanały wyładowań, możliwe jest fotografowanie tworów wyładowczych o szybkości propagacji rzędu 10 mm/μs z rozdzielczością przestrzenną rzędu 0,1 mm oraz śledzenie, na podstawie oscylogramów światła, etapów propagacji wyładowań i względnego stopnia ich zjonizowania.



Rys. 10. Przykład ekranu w programie DINO: statystyczna analiza ilości gazów rozpuszczonych w oleju



Rys. 11. Program DTR, wyniki obliczeń temperatury (w $^{\circ}\text{C}$) w funkcji czasu (godziny), dla transformatora trójzwojowego o mocy 125/62.5/62.5 MVA, 110/14.2/14.2 kV, układzie połączeń Dyy i chłodzeniu ODAF: temperatura otoczenia (czerwona dolna), temperatura oleju w górnej warstwie (kropkowana), temperatury punktów gorących uzwojenia DNY (czarna przerywana), i DNx (czerwona przerywana), GN (niebieska);

Zakład może się poszczycić także nowoczesnym laboratorium do pomiaru intensywności wyładowań niezupełnych w urządzeniach wysokiego napięcia.. Laboratorium wyposażone w urządzenia firmy Haefely (miernik komputerowy intensywności wyładowań – rys. 8, kondensator sprzęgający, kondensator skalujący pod pełnym napięciem probierczym – rys. 9) posiada napięcie znamionowe 300 kV. Bogate oprogramowanie pozwala na pomiary w obecności intensywnych zakłóceń. Laboratorium zostało uzupełnione o elementy umożliwiające prowadzenie pomiarów poza zakładowym laboratorium WN (impedancja detekcyjna, generator skalujący); jako kondensator sprzęgający używany jest wtedy jeden z kondensatorów izolowanych SF_6 (rys.4).

Od 1999 r ZWN kieruje prof. Franciszek Mosiński kontynuujący kierunek badań naukowych zapoczątkowany przez prof. Z. Hastermana. Ze względu na mniejsze możliwości współpracy z fabryką transformatorów wchodzącą w skład koncernu ABB oraz zgodnie z zapotrzebowaniem elektroenergetyki, środek ciężkości prac naukowych przesunął się z zagadnień związanych z konstruowaniem układów izolacji transformatorów energetycznych na zagadnienia diagnostyki i zarządzania czasem życia układów izolacji transformatorów. W tym zakresie wykonano prace promocyjne na stopień dr n.t. (Khalaf Yassin Salman Al – Mualla z Jordanii, Tomasz Piotrowski, Bogusław Bocheński, Jacek Karpiński). Podstawowe osiągnięcia to programy numeryczne ekspertowe ZEFIREK/DINO (rys. 10) (Diagnostyka Instrumentów Napełnionych Olejem) stanowiące bazy danych i służące do diagnostyki izolacji papierowo-olejowej z wykorzystaniem analizy gazów rozpuszczonych w oleju (wdrożone w około 20 elektrowniach, fabrykach transformatorów i przedsiębiorstwach energetycznych w kraju i za granicą m.in. w Indiach) oraz program DTR (Dynamic Transformer Rating) (rys. 11) służący do prognozowania obciążalności i określania stopnia zesterzenia transformatorów energetycznych. DTR jest z powodzeniem wdrożony i od ponad roku pracujący

bezwaryjnie, w systemie on-line w kanadyjskiej firmie energetycznej Hydro One.

Tematyka badawcza uległa rozszerzeniu na zagadnienia oddziaływań ekologicznych na infrastrukturę elektroenergetyczną (dr n.t. Waldemara Gochnio z PSE), zagadnienia probabilistyczne w zastosowaniach elektroenergetycznych (dr n.t. Marek Mończyk) (inne doktoraty to Stanisław Stryszowski z techniki probierczej, i Adam Ketner z prób udarem piorunowym transformatorów energetycznych). W tym zakresie osiągnięcia zawarte są w publikacjach książkowych [6, 7].

3. DYDAKTYKA

Zakład, a następnie Katedra Wysokich Napięć zostały powołane, w strukturze Wydziału Elektrycznego PŁ (obecnie Wydział Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki i Automatyki) do kształcenia studentów na poziomie magisterskim, na kierunku Elektrotechnika. Funkcję tę ZWN pełni do dziś.

Autorski wykład akademicki na najwyższym poziomie opracował i prowadził przez 10 lat (1966-76) prof. Zygmunt Hasterman. Wykład 45-godzinny uzupełniono 60-godzinnym laboratorium. W tym celu w 1966 r oddano do użytku wielostanowiskowe laboratorium zawierające 12 ćwiczeń, początkowo prowadzonych w oparciu o instrukcje, a następnie od roku 1973 w oparciu o skrypt, który miał kilka kolejnych, poprawianych wydań [8].

Wykład podstawowy kolejno, po prof. Z. Hastermanie prowadzili prof. Z. Szczepański w latach 1976-86, prof. F. Mosiński w latach 1986-98 [9], dr. Józef Galczak w latach 1998-2002 oraz prof. F. Mosiński od roku 2002 do chwili obecnej. W tym czasie laboratorium podlegało ciągłej modernizacji polegającej głównie na wymianie aparatury.

Poza podstawowym wykładem w ZWN/KWN prowadzono, w latach 70-tych i 80-tych ubiegłego wieku laboratoria specjalistyczne na specjalności Technika Wysokich Napięć. Ze specjalnością wiązało się uruchomienie i prowadzenie laboratoriów specjalistycznych

[10]. W ramach specjalności pracownicy ZWN/KWN prowadzili szereg wyspecjalizowanych wykładów z zakresu teorii przepięć, koordynacji izolacji, problematyki izolacji transformatorów energetycznych najwyższych napięć, metod numerycznych w zastosowaniach wysokonapięciowych, wysokonapięciowej techniki probierczej i pomiarowej, przemysłowych zastosowań techniki wysokich napięć, metod statystycznych [11] itd.

W połowie lat 70-tych, z inicjatywy prof. Z. Hastermana w KWN prowadzono wysokospecjalistyczne studia podyplomowe dla pracowników biura konstrukcyjnego i stacji prób FTiAT ELTA. Dla potrzeb tego studium opracowano unikalne wykłady i unikalne stanowiska laboratoryjne.

Gdy w latach 90-tych nastąpił okres zawężania i uogólniania programów studiów wyższych na poziomie magisterskim, te poszerzone zainteresowania pracowników KWN pozwoliło rozszerzyć gamę propozycji dydaktycznych na inne kierunki studiów niż Elektrotechnika. I tak obecnie pracownicy ZWN prowadzą zajęcia na kierunku Informatyka, a od 2008 również na kierunku Inżynieria Bezpieczeństwa Pracy, gdzie realizowany jest autorski program przedmiotu „Metody probabilistyczne” obejmujący wykład [12] oraz laboratorium komputerowe [13] zawierające 15 ćwiczeń.

Na kierunku Elektrotechnika prowadzony jest przedmiot „Ekologiczne oddziaływania infrastruktury elektroenergetycznej”, zawierający wykład oparty o książkę [7] i specjalistyczne laboratorium obejmujące pomiary i analizy numeryczne oddziaływań elektromagnetycznych i akustycznych. Przedmiot ten w rozszerzonej wersji będzie realizowany na, utworzonym w roku 2007, międzywydziałowym kierunku studiów Inżynieria Bezpieczeństwa Pracy.

Poza tym pracownicy ZWN/KWN organizowali lub brali udział w cyklach wykładowych dla pracowników zakładów przemysłowych, jak np. dla Zakładu Energetycznego Płock (1999), dla ABB Łódź (1995, 1997, 2005, 2006, 2007), dla pracowników biura konstrukcyjnego EMCO Transformers Ltd - Bombaj (Indie - 1997), Bydgoska Fabryka Kabli (1998), ATR Bydgoszcz, (2002), dla Zakładów Energetycznych LUBZEL (2004).

Od roku 1996 KWN/ZWN jest współorganizatorem Konferencji TRANSFORMATORY ENERGETYCZNE i SPECJALNE organizowanej przez Zakłady Remontowe Energetyki Transformatory – Janów w dwuletnim cyklu, na jesieni, w Kazimierzu Dolnym nad Wisłą. Kolejna konferencja odbędzie się w roku 2008 w dniach 1-3 października.

4. BIBLIOGRAFIA

[1] F. Mosiński - „Zagadnienia izolacyjne w treściach łódzkich konferencji transformatorowych”, Energetyka 2005, nr 10, s. 701-712

- [2] Z. Hasterman, F. Mosiński, A. Maliszewski - "Wytrzymałość elektryczna transformatorów energetycznych", Warszawa, WNT, 1983
- [3] Z. Szczepański – „Wyładowania niezupełne w izolacji urządzeń elektrycznych”, Warszawa, WNT 1973
- [4] Z. Szczepański, Z. Lechowski, A. Rosicki, J. Wodziński – „Układy izolacyjne urządzeń elektroenergetycznych”, Warszawa, WNT 1978
- [5] J. Wodziński - „Wysokonapięciowa technika prób i pomiarów”, Warszawa, WNT 1997
- [6] F. Mosiński, A. Wira, W. Gochnio – Ekologiczne problemy przesyłu i rozdziału energii elektrycznej w makroregionie łódzkim”, Wyd. PŁ 1998
- [7] F. Mosiński, A. Wira – „Ekologiczne problemy przesyłu i użytkowania energii elektrycznej”, Wyd. PŁ 1999
- [8] A. Wira, R. Zybert – „Laboratorium techniki wysokich napięć”, Wyd. PŁ 1973, Wyd. PŁ 2006
- [9] F. Mosiński – „Podstawy techniki wysokich napięć” Wyd. PŁ 1991, 1995, 2006 (wersja elektroniczna)
- [10] J. Galczak, J. Wodziński – „Laboratorium z układów izolacyjnych oraz techniki probierczej i pomiarowej”, Wyd. PŁ, Łódź 1986
- [11] F. Mosiński – „Metody statystyczne w technice wysokich napięć”, Wyd. PŁ 1991, 1995
- [12] F. Mosiński – „Zastosowanie metod statystycznych dla inżynierów elektryków”, Wyd. PŁ 200, 2006 (wersja elektroniczna)
- [13] F. Mosiński - “Laboratorium komputerowe z zastosowań statystyki matematycznej w technice wysokich napięć”, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrycznego Politechniki Gdańskiej nr 8, s. 17-24, 1995

4.1. Prace habilitacyjne

- [H1] Zdzisław Szczepański – „O mechanizmie wyładowań niezupełnych powodujących szybką degradację dielektryku kondensatorów impulsowych”, 1968 r.
- [H2] Jerzy Stanisław Zieliński – „Zastosowanie metody charakterystyk do rozwiązywania układów quasiliniowych równań cząstkowych w odniesieniu do analizy stanów nieustalonych w n – przewodowych liniach elektroenergetycznych”, 1969 r.
- [H3] Jerzy Wodziński – „Analiza dokładności odtwarzania udarów piorunowych przez dzielniki rezystancyjne i pojemnościowe”, 1981 r.
- [H4] Franciszek Mosiński – „Zastosowanie teorii wartości ekstremalnych do oceny wytrzymałości izolacji transformatorów energetycznych”, 1984 r.
- [H5] Roman Małecki - “Modele cyfrowe do badania przebiegów udarowych w transformatorach”, 1986 r.
- [H6] Józef Galczak – „Wyładowania elektryczne w oleju transformatorowym przy udarach piorunowych w układach izolowanych elektrod”, 2005 r.

HISTORY AND ACHIEVEMENTS OF THE HIGH VOLTAGE DEPARTMENT OF TECHNICAL UNIVERSITY OF LODZ

Summary: The history and achievements of the High Voltage Engineering Group/Department from its foundation in 1945, are summarized in the paper. The successive Heads and the researches they promoted are presented. The final part is dedicated to the present day scientific accomplishments of the Group and research, technological, and teaching services it offers.