

LABORATORIUM WYSOKICH NAPIĘĆ POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ 1910-2020

Krzysztof Leonard CHRZAN

Politechnika Wrocławska W5 K38

tel.: 71-320 2688 e-mail: krystian.chrzan@pwr.edu.pl

Streszczenie: Opisano wyposażenie i lokalizacje laboratorium wysokich napięć na Politechnice Wrocławskiej od 1910 roku. Pierwsze laboratorium oddano do eksploatacji bezpośrednio po otwarciu Technische Hochschule Breslau. Jednak dopiero po przybyciu Prof. Paula Boeninga w 1936 r. zaczęto je w pełni wykorzystywać. Prof. Jerzy Ignacy Skowroński w 1946 r. przeniósł laboratorium do znacznie większego pomieszczenia w gmachu A-1, a następnie do budynku D-1 po jego ukończeniu w 1954 roku. Działalność laboratorium można podzielić na trzy okresy: przed II wojną światową 1910-1945, lata kierownictwa Prof. J.I. Skowrońskiego i okres 1971–2020. Największy rozwój laboratorium w zakresie zakupów wyposażenia i liczby zatrudnionych (20 pracowników) przypada na lata 1960-1990. W referacie opisano najważniejsze wyposażenie zakupione lub zmontowane przez Jerzego Lisieckiego.

Słowa kluczowe: generator udarowy, dzielnik napięciowy, transformator prądowy.

1. WSTĘP

Pod koniec XIX wieku wystąpił znaczny wzrost produkcji energii elektrycznej w Europie, zwłaszcza po rozpoczęciu eksploatacji 3-fazowej linii 25 kV z Lauffen do Frankfurtu nad Menem w 1891 roku. Około 20 lat później wybudowano pierwsze 3-fazowe linie przesyłowe o napięciu 110 kV (1912 r.) w Michigan i w Niemczech. Poziom transmisji 220 kV osiągnięto w Kalifornii w 1923 roku. W tym samym okresie do rozpoczęcia II wojny światowej napięcie nominalne linii przesyłowych w Polsce wynosiło tylko 60 kV i 150 kV. W pierwszych dziesięcioleciach XX wieku często obserwowano w energetyce niską jakość urządzeń z uwagi na fakt niewielkich doświadczeń zakładów produkcyjnych branży wysokonapięciowej. W związku z powyższym pojawiła się potrzeba budowy laboratoriów wysokich napięć zlokalizowanych w większych zakładach energetycznych oraz na uniwersytetach technicznych w celu sprawdzania materiałów i gotowych wyrobów, a także do kształcenia inżynierów elektryków w tej nowej specjalności.

2. LABORATORIUM TECHNISCHE HOCHSCHULE BRESLAU

Laboratorium wysokich napięć zorganizowano jako część Instytutu Elektrotechnicznego otwartej w październiku 1910 roku Technische Hochschule Breslau. Mamy tu zatem do czynienia z drugim laboratorium tego typu w obecnych granicach Polski, po otwartym w 1904 r. laboratorium wysokich napięć Technische Hochschule Danzig [1]. Laboratorium dysponowało transformatorem 20 kVA firmy Siemens-Schuckert-Werke o trzech zakresach napięcia 50,

100, 200 kV przełączanych na stronie niskiego napięcia 160 V (rys. 1). Drugi, niewidoczny na rys. 1 transformator 10 kVA miał również trzy zakresy 3,75; 7,5 i 15 kV. Dostęp do części wysokonapięciowej ograniczano drewnianą kratą z bramką zaopatrzoną w blokadę. Sterowanie napięciem wykonywano na tablicy umieszczonej na ścianie, przed drewnianą kratą. Obok transformatora 200 kV znajdowała się cynkowana wanna o średnicy 1 m umieszczona na czterech izolatorach deltowych. Po wypełnieniu wanny olejem izolacyjnym testowano w niej wytrzymałość dielektryków. Nad wanną zawieszono dyszę Köertinga do wytwarzania sztucznego deszczu o pionowo opadających kroplach. W następnych latach zbudowano w Instytucie generator udarowy 350 kV.



Rys. 1. Najstarsze laboratorium wysokich napięć Politechniki Wrocławskiej [2]



Rys. 2. Prof. Georg Hilpert (a), Prof. Paul Boening (b), Prof. Jerzy I. Skowroński (c) [2]

Pierwszym kierownikiem Instytutu Elektrotechnicznego był Prof. Hilpert, który mimo osiągnięcia wieku emerytalnego pracował jeszcze w latach II

wojny światowej (rys. 2a). Jednak profesorem o najwyższej pozycji był przybyły z Chin Paul Boening (rys. 2b). Profesor Boening interesował się wieloma dziedzinami nauki, zajmował się elektrotechniką teoretyczną, techniką wysokich napięć, miernictwem i fizyką dielektryków. Po ewakuacji do Drezna rozpoczął prace nad odbudową tamtejszej Politechniki. Zwolniony z powodu przynależności do NSDAP, pracował przez następne 10 lat w firmie Dielektra w Porz pod Kolonią. Dwa lata przed emeryturą został profesorem w RWTH Aachen [3].

3. KATEDRA WYSOKICH NAPIĘĆ PROF. JERZEGO IGNACEGO SKOWROŃSKIEGO

W 1947 r. laboratorium przeniesiono do przyziemia budynku A-1, a w roku 1954 do wybudowanego budynku D-1. W jego skład wchodziła duża hala wysokich napięć, mała hala i laboratorium studenckie. Duża hala ma największe wymiary 16,4 m × 26 m × 17 m (wysokość) spośród laboratoriów politechnicznych w Polsce. Zaprojektowano ją według koncepcji Prof. J. I. Skowrońskiego, Jerzego Lisieckiego i dyplomanta Jerzego Ranachowskiego (późniejszego profesora PAN).

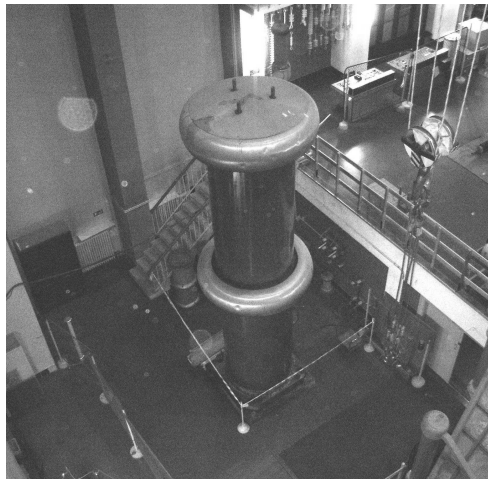
W hali wysokich napięć zbudowano, widoczne na rys. 3, transformator Tesli i generator van der Graffa. Dopiero po 10 latach halę wyposażono w transformator 800 kV (rys. 4) oraz w generator udarowy Marxa 1,8 MV (rys. 5). Wykorzystując transformator 800 kV Jerzy Lisiecki zbudował olbrzymie źródło napięcia stałego 2 MV w postaci jednostopniowego układu Greinachera (rys. 6). W 1975 r. w słupie linii 220 kV z Wystawy Ziem Odzyskanych z 1948 r zbudowano komorę mgły solnej, w której testowano izolatory i ograniczniki przepięć doprowadzając napięcie z transformatora TPZ 300 kVA (rys. 8). Oryginalny transformator 200 kV Siemens-Schuckert Jerzy Lisiecki przerobił na transformator TPZ 160 kV 300 kVA. Po modernizacji prąd zwarcia transformatora przekraczał poziom 6 A i dlatego wykorzystywano go do przeprowadzania prób zabrudzeniowych aż do roku 2014. W latach 1970-tych zakupiono transformator 350 kV firmy TUR Dresden, który zamontowano w małej hali.



Rys. 3. Hala duża wysokich napięć, lata 1960 [2]

W Katedrze prowadzono prace badawcze w dziedzinie materiałoznawstwa i technologii elektrotechnicznej oraz krio-elektrotechniki (od 1966 r.). Badaniami izolacji napowietrznej interesowano się od początku istnienia katedry i kontynuuje się je do tej pory. W tamtym okresie do istotnych osiągnięć należy zaliczyć opatentowanie izolatora schodkowego oraz zbudowanie trzech stacji prób izolatorów

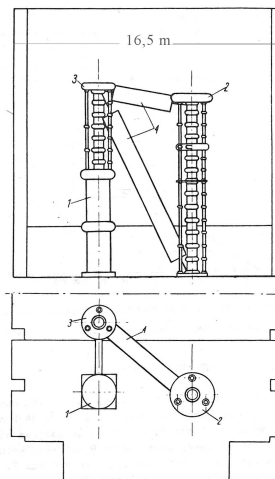
w warunkach zabrudzeniowych w Wałbrzychu, Siechnicach i w Hucie Miedzi Głogów. Prof. J. I. Skowroński zorganizował Oddział Instytutu Elektrotechniki we Wrocławiu oraz wypromował aż 18 doktorów, z których 12 zostało profesorami: Konstanty Wołkowiński, Jarosław Juchniewicz, Zbigniew Pohl, Tadeusz Sulima, Zbigniew Matheisel, Ryszard Sroczyński, Bolesław Mazurek, Hanna Mościcka, Bogusław Węgliński, Abdelrahmanne Beroual, Jonusef Radman Hassan Abed, Janusz Fleszyński.



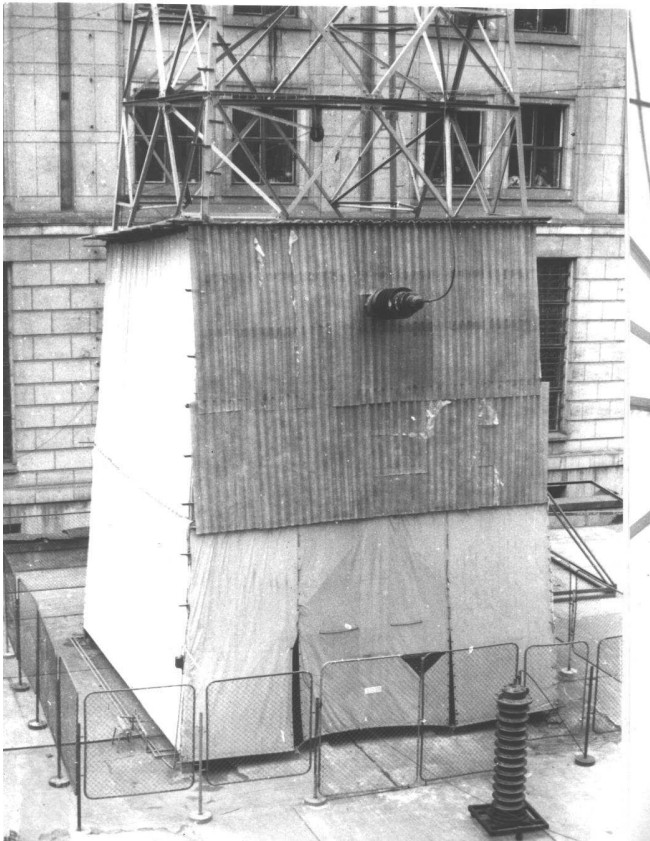
Rys. 4. Transformator 800 kV



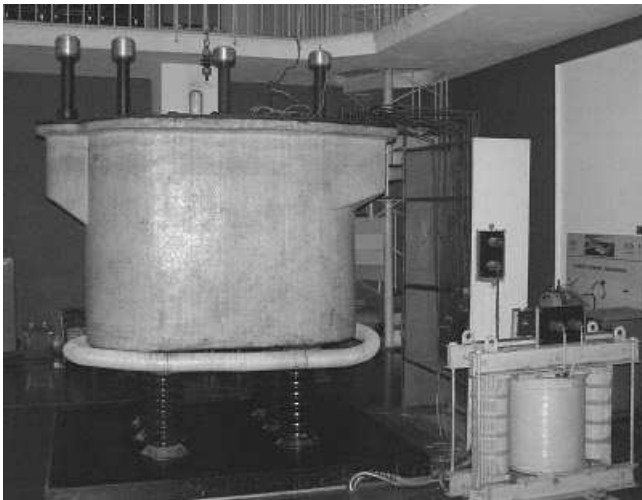
Rys. 5. Generator udarowy 1,8 MV



Rys. 6. Źródło napięcia stałego 2 MV w jedno-stopniowym układzie Greinachera. 1 – transformator 800 kV, 2, 3 – kondensatory, 4 – prostowniki [4]



Rys. 7. Komora mgły solnej do prób zabrudzeniowych izolatorów i ograniczników przepięć [5]



Rys. 8. Transformator TPZ 160 kV 300 kVA przerobiony z niemieckiego transformatora 200 kV z TH Breslau, wykorzystywany w latach 1962-2014 [5]

4. LABORATORIUM W INSTYTUCIE I-7 (1969-2014) I W KATEDRZE K38 (PO 2014)

W 1969 roku (kadencja Rektora Tadeusza Porębskiego) na Politechnice utworzono instytuty z likwidowanych katedr. Katedrę Wysokich Napięć połączono z Katedrą Elektrotechniki Teoretycznej w jeden Instytut Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii I-7. Początkowo utworzono aż 5 Zakładów, jednak w 1972 ich liczbę zmniejszono do 3. Z części materiałowej Katedry Wysokich Napięć wydzielono Zakład Materiałoznawstwa Elektrycznego, którym kierował Prof. Ludwik Badian, Zakładem Wysokich Napięć kierował Prof. Jarosław

Juchniewicz a Zakładem Elektrotechniki Teoretycznej Prof. Roman Kurdziel. W roku 1976 w Instytucie I-7 zlikwidowano Zakłady i utworzono Zespoły Dydaktyczne. W 2014 Rektor Tadeusz Więckowski zlikwidował Instytuty i utworzył Katedry. 1.10.2014 Instytut I-7 zmienił nazwę na Katedrę Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii (obecne oznaczenie Katedry to K38). Zakłady zmieniły nazwy na Zespoły. Dawny Zakład jest obecnie Zespołem Wysokich Napięć.

Kierownikami Zakładu Wysokich Napięć byli: Prof. J. I. Skowroński (1969-1972), Prof. Jarosław Juchniewicz (1972-1976), Prof. Janusz Fleszyński (kierownik Zespołu Wysokich Napięć (1976-2005) i Prof. Janina Pospieszna (2005-2014).

W 1983 roku, gdy przyjęto mnie do pracy, w Zakładzie pracowało 18 osób: Jerzy I. Skowroński, Jarosław Juchniewicz, Jerzy Lisiecki, Jerzy Sorokiewicz, Zbigniew Pohl, Bogdan Lutyński, Bolesław Mazurek, Janusz Fleszyński, Edward Sojda, Andrzej Zelek, Jerzy Rutkowski, Adam Tymań, Janina Pospieszna, Jacek Wańkowicz, Stefan Głuchowski, Jerzy Piotrowicz, Zbigniew Worobiec. Rozpocząłem pracę w niewielkim pokoju 25, razem z Jerzym Piotrowiczem i Jackiem Wańkowiczem.

Prawdopodobnie w 1984 roku gdy Prof. Juchniewicz został prorektorem, podzielił zakład na część elektrotechnologiczną, którą objął Bolesław Mazurek i część wysokonapięciową, którą objął Janusz Fleszyński. Po śmierci Prof. Badiana, Bolesław Mazurek został również szefem zespołu materiałów dielektrycznych.

Bardzo ważną rolę odgrywały kontakty z ośrodkami zagranicznymi. Współpracowano z zespołami politechnik w Moskwie, Leningradzie, Nowosybirsku, Zittau, Dreźnie, Stuttgarcie i Waterloo (Kanada). Po raz pierwszy, chyba już w 1984 r. wyjechałem do Zittau z Andrzejem Zelkiem, który nawiązał współpracę z Prof. Juergenem Pillingiem. Nasi dwaj studenci, (m in. Włodzimierz Filipiak) przez okres jednego semestru pracowali w Zittau nad pracą dyplomową. Z kolei dwóch innych studentów z Zittau, Tilo Seelig (1985) i Heinz Huelss (1987) pracowało pod moją opieką nad swoimi pracami dyplomowymi we Wrocławiu. Niestety, mój zaplanowany doktorat w Zittau nie doszedł do skutku. Nie dowiedziałem się dlaczego tak się stało. Profesor Pilling mój niedoszły promotor, bardzo się zdziwił, gdy dowiedział się o moim wyjeździe do Stuttgartu na stypendium Alexandra von Humboldt. Po powrocie ze Stuttgartu, przyjechałem jednak do Zittau gdzie przez dwa lata pracowałem w programie finansowanym przez Deutsche Forschungsgemeinschaft. Oba dwuletnie pobyty w Stuttgarcie i Zittau oraz roczny pobyt w Cardiff u Prof. Rona Watersa były i są dla mnie bardzo ważne naukowo, finansowo i prestiżowo. To dzięki Prof. Watersowi mam w swojej ścieżce naukowej aż dwóch Noblistów: Ernesta Rutherford'a i Josepha Johnsona Thomsona. Bardzo ciekawymi były również pobyty w Gainesville na Florydzie u Martina Umana, w Stellenbosch koło Kapsztadu u Jacoba Holzhausena, w Bangalore u Thomasa Meledatha a także pobyty w laboratoriach FGH w Mannheim, w Darmstadtzie, Cottbus i Pradze.

W tamtym okresie w Stuttgarcie przebywali również Prof. Juchniewicz, Jacek Wańkowicz, Jerzy Piotrowicz Janusz Fleszyński, a w Kanadzie – Prof. Juchniewicz, Bolesław Mazurek i Adam Tymań.

Moim gościem we Wrocławiu była Tatiana Erschova z Tomska, która otrzymała 3 miesięczne stypendium DAAD. Znacznie krótsze wizyty składali mi koledzy z Algierii, Prof.

Ahmed Boubakeur, Dr. Madjid Teguar, Prof. Salah Leumi, dr Sif. Eddine Abdi, Aleksandr Antoncew z Pawłodaru (Kazachstan), z RPA – Corinne Greyling, z Iranu - Mitra Khiabani Moghaddam i z Charkova - Nadiia Veselova oraz Maryna Gutnik.

4.1. Wyposażenie techniczne laboratorium

Na początku lat 1970-tych przebudowano laboratorium studenckie i zakupiono generator udarowy 500 kV w firmie TUR Dresden (rys. 9, rys. 10).

W ramach programu EMC zbudowano symulator impulsów elektromagnetycznych EMI we współpracy z zespołem Prof. Bema i Prof. Więckowskiego (rys. 13). Laboratorium dysponuje 4 kondensatorami ciśnieniowymi firm TETTEX Zuruech, Micafil i TUR Dresden. Zespół Prof. Janusza Fleszyńskiego w latach 1990. zajmował się budową dzielników pojemnościowych m. in. dla laboratorium fabryki ABB Dolmel we Wrocławiu. W latach 1990-tych zakupiono referencyjny dzielnik Haefely Trench o napięciu udarowym 500 kV oraz o napięciu AC/DC 160 kV (rys. 12), woltomierz wartości szczytowej (rys. 14) oraz generator kalibrujący.



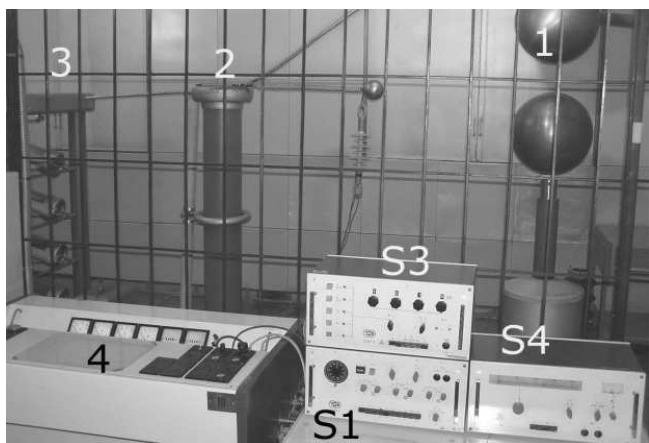
Rys. 11. Transformator wielkopoprądowy, ZWAR Warszawa, 1975 r., $U_2 = 7,5 \text{ V}$, $I_2 = 7 \text{ kA}$ do prób kriokabli



Rys. 9. Udarowy generator Marxa 500 kV, 2,2 kWs, produkcji TUR Dresden



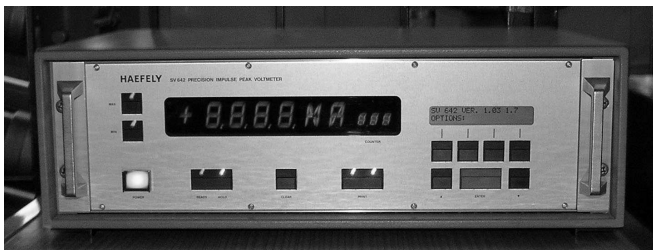
Rys. 12. Dzielnik uniwersalny Haefely RCZ 500, 500 kV udar/180 kV AC/DC z 1995. Dzielnik rezystancyjny TUR z 1977 r. do pomiaru napięć udarowych 700 kV, $R=10 \text{ k}\Omega$



Rys. 10. Pulpit sterowniczy generatora i pole probiercze



Rys. 13. Symulator impulsów elektromagnetycznych EMI



Rys. 14. Woltomierz wartości szczytowej SV642 Haefely



Rys. 15. Transformator Phenix na stanowisku do pomiaru wyładowań niezupełnych z kondensatorem Doble Lemke



Rys. 16. Panel sterujący transformatora Phenix i system Doble Lemke z 2012 r. do pomiaru wyładowań niezupełnych

Największą inwestycją po roku 2000 stanowił zakup transformatora Phenix wraz z systemem do pomiaru wyładowań niezupełnych firmy Doble Lemke (rys. 15 i 16). W roku 2011 to stanowisko zmontowała firma Poltrade Siemianowice Śląskie.

4.2. Skład osobowy laboratorium

Skład osobowy laboratorium począwszy od lat 1980 ciągle się zmniejszał. W roku 2012 pracowało 9 osób z nieobecnym na zdjęciu (rys. 17) Prof. Januszem Fleszyńskim pełniącym wówczas funkcję dyrektora Instytutu I-7. Obecnie, w roku 2020 laboratorium liczy tylko 6 osób. Zdemontowano komorę słonej mgły, a po powodzi w roku 1997 zlikwidowano stację prób izolatorów w Siechnicach a w roku 2010 stację prób izolatorów w Hucie Miedzi Głogów. Kolejna strata dotyczy usunięcia transformatora TPZ300 oraz przekazania małej hali wysokich napięć do dyspozycji Katedry Bioinżynierii.



Rys. 17. Skład osobowy Zakładu WN w 2012. Janina Pospieszna (kierownik), trzecia od prawej i autor Krystian L. Chrzan, czwarty od prawej

W roku akademickim 2020/2021 laboratorium zwiększy znacznie ofertę dydaktyczną o ćwiczenia z ochrony odgromowej. W nowym skrypcie zaplanowano 8 ćwiczeń [6]. Dotychczas studenci wykonywali tylko dwa ćwiczenia z tego przedmiotu przygotowane przed 20 laty przez Jerzego Lisieckiego.

5. PODSUMOWANIE

Największy rozwój laboratorium w zakresie zakupów wyposażenia i liczby zatrudnionych (20 pracowników) przypada na lata 1960-1990. Częściowo w wyniku czynników zewnętrznych ale także z powodu błędów i niekompetencji, obecny stan laboratorium nie jest dobry. Laboratorium wymaga modernizacji wyposażenia, a skład osobowy wymiany pokoleniowej.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Chrzan K. L., Olesz M., Wojtas S.: Pierwsze laboratoria wysokich napięć na terytorium Polski. Przegląd Elektrotechniczny, nr 9, 2020, s. 149-152.
2. Chrzan K. L.: 100 lat Instytutu Elektrotechniki i Laboratorium Wysokich Napięć Politechniki Wrocławskiej. Pryzmat Nr 234, grudzień 2009/styczeń 2010, s. 79-81.
3. Chrzan K. L.: Paul Boening, prof. Politechniki w Woosong, TH Breslau i RWTH Aachen. IV Symposium Historii Elektryki, Kraków 2018, s. 121-126.

4. Chrzan K. L.: Dzieła inżynierskie Jerzego Lisieckiego. IV Sympozjum Historii Elektryki, Kraków 2018, s. 149-154.
5. Chrzan K. L.: Laboratorium wysokich napięć Politechniki Wrocławskiej 1910-2020. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2020.
6. Chrzan K.L.: Laboratorium ochrony odgromowej i przepięciowej. Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2020

HIGH VOLTAGE LABORATORY OF THE WROCLAW UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Equipment and locations of the high voltage laboratory have been described since 1910. The first laboratory was put into operation immediately after the opening of the Technische Hochschule Breslau. However, only after the arrival of prof. Paul Boening in 1936 began to be fully used. Professor Jerzy Ignacy Skowroński in 1946 moved the laboratory to a much larger room in the A-1 building and then to the D-1 building after its completion in 1954. The laboratory can be divided into three periods: the time before World War II 1910-1945, the years of management of Prof. J.I. Skowronski and the years 1971–2020. The years 1960-1990 were the period of the greatest development, purchase of equipment and employment of almost 20 employees. The article describes the most important equipment purchased or assembled by Jerzy Lisiecki.

Keywords: impulse generator, voltage divider, current transformer.