

Krystian Leonard Chrzan, Societas Humboldtiana Polonorum

## INŻYNIERSKIE DZIEŁA JERZEGO LISIECKIEGO

### ENGINEERING WORKS OF JERZY LISIECKI

**Streszczenie:** Laboratoria wysokich napięć wyposażone są w specjalistyczną, drogą aparaturę produkowaną przez wyspecjalizowane firmy jak Westinghouse, Haefely Trench, High Volt. Jerzy Lisiecki, który przepracował na Politechnice Wrocławskiej ponad 54 lata zaprojektował i zbudował jednak we własnym zakresie wiele urządzeń wysokiego napięcia: transformatory, źródła napięcia stałego, dzielniki napięciowe, boczniki prądowe, głowice kablowe i inne. Prowadził również bardzo oryginalne i pionierskie badania naukowe.

**Abstract:** High voltage laboratories are equipped in special, expensive apparatuses manufactured by companies like Westinghouse, Haefely Trench, High Volt. Jerzy Lisiecki who worked for Wrocław University of Technology for over 54 years, have designed and built many devices like: transformers, DC voltage sources, voltage dividers, current shunts, cable accessories and others. He carried out also very original and pioneering research.

**Słowa kluczowe:** transformator Tesli, generator van der Graffa, ogranicznik przepięć, symulator EMC

**Keywords:** Tesla Transformer, van der Graff generator, surge arrester, EMC simulator

#### 1. Krótka biografia Jerzego Lisieckiego



Jerzy Lisiecki urodził się 6 stycznia 1925 r. w Rogowie (woj. kujawsko-pomorskie, powiat Żnin) jako syn Stanisława i Emilii (z d. Basta) [1]. W czasie wojny był żołnierzem Armii Krajowej. W 1946 r. ukończył liceum w Kościanie i rozpoczął studia na Politechnice Wrocławskiej na Wydziale Elektrycznym, pracując jednocześnie od 1949 r. na etacie młodszego asystenta. Od października 1950 r. do listopada 1951 r. odbył służbę wojskową, uzyskując stopień porucznika. W lipcu 1952 r. obronił pracę magisterską. W latach 1956–1964 pracował na etacie adiunkta a następnie jako starszy wykładowca. Pełnił funkcję seniora budowy gmachu Wydziału Elektrycznego D-1 i wspólnie z prof. Skowrońskim był projektantem Hali Wysokich Napięć. W latach 1975–1978 kierował kompleksową modernizacją Zakładu Wysokich Napięć, a w latach

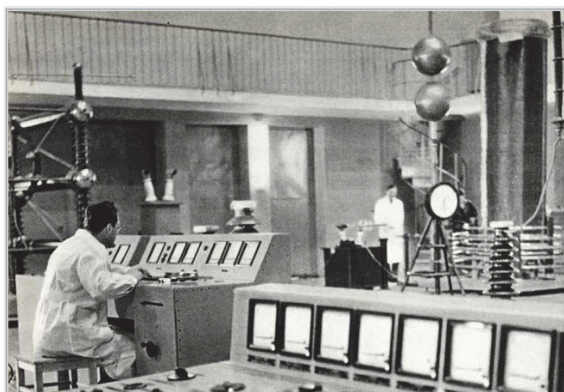
1954–1990 kierował Laboratorium Wysokich Napięć. Opracowane przez niego stanowiska pomiarowe w studenckim Laboratorium Wysokich Napięć oraz instrukcje do ćwiczeń z małymi zmianami są stosowane do dzisiaj [2]. Wykładał technikę wysokich napięć i ochronę odgromową we Wrocławiu a także w Szkole Inżynierskiej w Zielonej Górze.

Jerzy Lisiecki jest autorem kilku patentów [3], współautorem 5 skryptów z techniki wysokich napięć i miernictwa wysokonapięciowego [4-8], 40 publikacji i ponad 70 raportów i sprawozdań. Współautorami Jego prac jest aż 65 osób, w tym tak znani uczeni jak: prof. Jerzy Ignacy Skowroński, prof. Ludwik Badian, prof. Konstanty Wołkowiński, prof. Daniel Bem i prof. Tadeusz Więckowski. Jerzy Lisiecki za swoją działalność został wyróżniony nagrodami Senatu Politechniki Wrocławskiej, rektora PWr i Ministra Szkolnictwa Wyższego oraz odznaczony Krzyżem Kawalerskim Orderu Odrodzenia Polski, Srebrnym Krzyżem Zasługi, Odznaką XV-lecia PRL, Odznaką Tysiąclecia Państwa Polskiego, Medalem 35-lecia Politechniki Wrocławskiej, Złotą Odznaką Politechniki Wrocławskiej, odznakami SEP i ZNP.

Na emeryturę przeszedł w 1990 r., jednakże aż do końca 2003 r. był zatrudniony na części etatu. Zmarł 31 stycznia 2008 r. Spoczywa na cmentarzu komunalnym przy ul. Kiełczowskiej. Pozostawił dwóch synów Romana i Marka, wnuka oraz 3 wnuczki.

## 2. Dzieła inżynierskie na hali wysokich napięć

Projektował aparaturę wysokonapięciową, jako wyposażenie hali wysokich napięć i studenckiego laboratorium wysokich napięć. Stánwiska dla studentów opisane zostały w skrypcie [2]. Jednymi z pierwszych konstrukcji Jerzego Lisieckiego był transformator Tesli 1,2 MV i generator van der Graffa widoczne na rys. 1. Generator van der Graffa znajduje się z lewej strony a transformator Tesli z prawej strony zdjęcia. Przez pewien okres, zanim zmontowano transformator 800 kV i generator udarowy Marksa 1,8 MV, były to jedyne źródła napięcia na hali wysokich napięć.



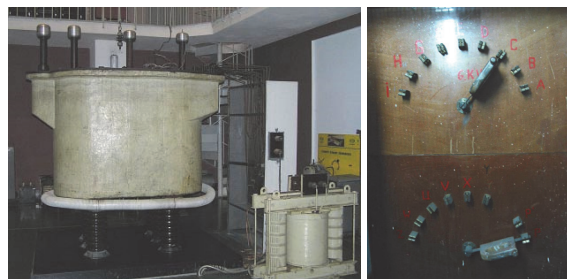
Rys. 1. Hala duża wysokich napięć, lata 60. XX wieku, fot. T. Drankowski [2]

Bardzo interesującą konstrukcją jest transformator do prób zabrudzeniowych izolatorów TPZ o napięciu 6 kV/160 kV, i mocy 300 kVA (rys. 2). Dzięki czterem zaczeptom na uzwojeniu wysokiego napięcia i 17 na uzwojeniu 6 kV możliwa jest skokowa regulacja napięcia, co ok. 2-3 kV. Umożliwia to wyznaczenia napięcia 50% z dostateczną dokładnością. Prądy zwarciovne transformatora w zależności od napięcia (zaczeptu uzwojenia wysokiego napięcia) wynoszą 6-22 kA [9].

Na dziedzińcu budynku D-1 zbudowana została komora mgły solnej (rys. 3). Napięcie do komory doprowadzane było z transformatora TPZ przez otwarte drzwi hali wysokich napięć. W komorze wykonywane były badania iskierkowych ograniczników przepięć (dr Edward Sojda), izolatorów firmy ZAPEL (dr Jacek Wańkiewicz) i ograniczników beziskiernikowych (dr Krystian Chrzan).

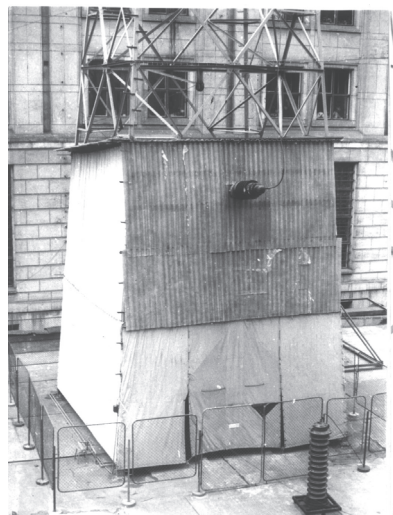
Największym urządzeniem zaprojektowanym i zbudowanym przez Jerzego Lisieckiego było źródło napięcia stałego 2 MV (rys. 4). Zazwyczaj źródła o tak wysokim napięciu stanowią

układ kaskadowy. Jednak zastosowany układ jednostopniowy zasilany z transformatora 800 kV charakteryzuje się znacznie większą sztywnością [10].



a b

Rys. 2. Transformator TPZ 300 (a) i tablica z zaczeptami uzwojenia 6 kV (b)

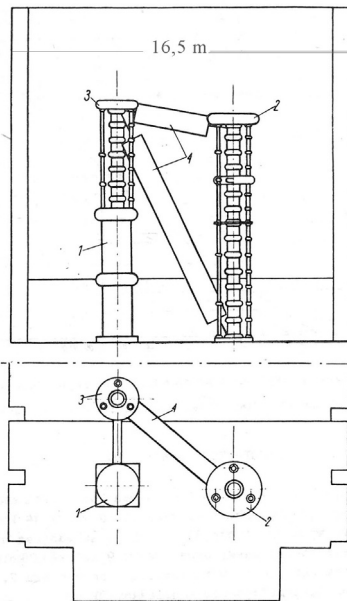


Rys. 3. Komora mgły solnej do prób zabrudzeniowych izolatorów i ograniczników przepięć

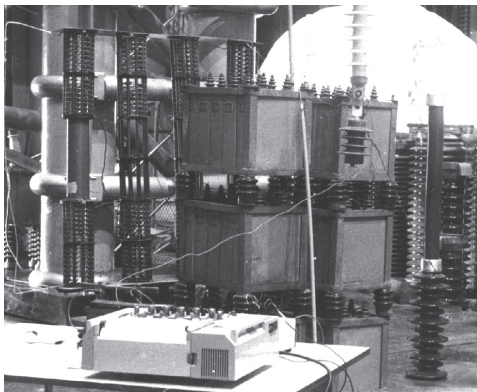
Do badań izolatorów trakcyjnych PKP zbudowane zostało źródło napięcia stałego [11]. Jednopołówkowy układ prostowniczy był zasilany z transformatora TPZ i transformatora obniżającego napięcie z 6 kV do 500 V. Prostownik stanowił układ połączonych szeregowo-równoległe diod z napięciem zwrotnym 100 kV i ustalonym prądem obciążenia 8 A. Bateria kondensatorów wygładzających miała pojemność 3,3  $\mu\text{F}$  i napięcie znamionowe 45 kV (rys. 5). Rezystancja zabezpieczająca przed tzw. udarowym działaniem układu wynosiła 2 k $\Omega$ . Przy prądzie obciążenia 200 mA, spadek napięcia wynosił 6%.

Generator Marxa 1,8 MV był zasilany z układu o napięciu znamionowym 150 kV. Został on zastąpiony źródłem o napięciu 300 kV zbudowanym w układzie Greinachera (rys. 6). Układ ten może być również stosowany do innych celów.





Rys. 4. Źródło napięcia stałego 2 MV w jedno-stopniowym układzie Greinachera. 1 – transformator 800 kV, 2, 3 – kondensatory, 4 – prostowniki [10]



Rys. 5. Źródło napięcia stałego do prób zabrudzeniowych izolatorów [12]



Rys. 6. Źródło napięcia stałego 300 kV w układzie Greinachera

W 1992 roku zbudowano symulator impulsowego pola elektromagnetycznego o objętości pola probierczego  $18 \text{ m}^3$  [13]. Umożliwia on badania odporności urządzeń elektronicznych na narażenia elektromagnetyczne generowane przez wyładowania atmosferyczne i wybuchy jądrowe tzn. narażenia o mikrosekundowych i nanosekundowych przebiegach czasowych.



Rys. 7. Symulator impulsowego pola elektromagnetycznego [13]

### 3. Laboratorium studenckie

Jerzy Lisiecki zbudował również 13 stanowisk pomiarowych na których studenci wykonują różne ćwiczenia w ramach laboratorium wysokich napięć, laboratorium ochrony odgromowej i przepięciowej oraz laboratorium diagnostyki [2, 14]. Na rysunku 8 pokazano 3 przykładowe dzielniki napięcia zaprojektowane i zmontowane przez Jerzego Lisieckiego, wykorzystywane w laboratorium studenckim, jak również do badań.



Rys. 8. Dzielniki napięcia., a – dzielnik rezystancyjny 100 kV,  $100 \text{ M}\Omega / 85 \text{ k}\Omega$ , b - dzielnik rezystancyjny 200 kV, c - dzielnik pojemnościowy DUC 110 kV

We współpracy z Zbigniewem Worobcem Jerzy Lisiecki zbudował dwa stanowiska studenckie do badania warystorów i iskierników gazowych stosowanych do ochrony aparatury nisko-

napięciowej przed przepięciami. Zasilacz AC/DC służy do wyznaczania charakterystyk napięciowo-prądowych warystorów (rys. 9), natomiast mały generator udarowy i rezystancyjny dzielnik napięciowy umożliwiają badanie tzw. dynamicznych charakterystyk warystorów i iskierników gazowanych (rys. 10).



Rys. 9. Zasilacz napięciowy AC-DC



Rys. 10. Generator napięciowy udarów piorunowych 1,5 kV/6 kV i rezystancyjny dzielnik napięciowy

We współpracy z Bolesławem Mazurkiem wykonano i opatentowano głowice kablowe z żywicy epoksydowej [3, 15]



Rys. 11. Głowice trójfazowych kabli z izolacją papierowo-olejową na stanowisku do pomiaru współczynnika strat dielektrycznych  $tg\delta$  [15]

Głowice kablowe porcelanowe stosowane w latach 60. XX w. nie zapewniały szczelności przy dużych różnicach wysokości początku i końca kabla. Problemy takie wystąpiły przy zasilaniu wyciągu na Szrenicę za pomocą kabla 20 kV.

Głowice epoksydowe okazały się szczelniejsze od porcelanowych i były produkowane w Dolnośląskim Zakładzie Energetycznym. Rysunek 11 przedstawia mufę epoksydową na kablu wykorzystywanym w laboratorium studenckim.

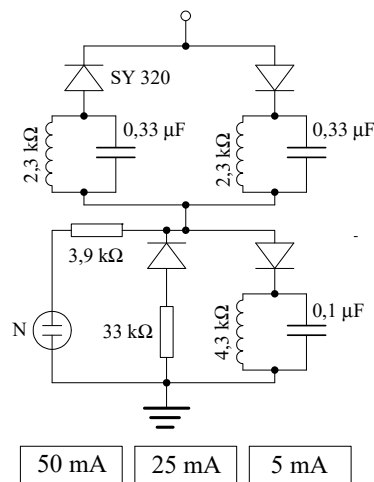
#### 4. Aparatura dla badań wykonywanych w ramach zleceń zewnętrznych

W 1958 roku zbudowano pierwszą w Polsce stację prób do badania izolatorów w naturalnych warunkach zabrudzeniowych w Wałbrzychu (rys. 12). Zebrane doświadczenia wykorzystane zostały przy budowie stacji prób izolatorów przy elektrowni w Siechnicy koło Wrocławia oraz w Hucie Miedzi Głogów.



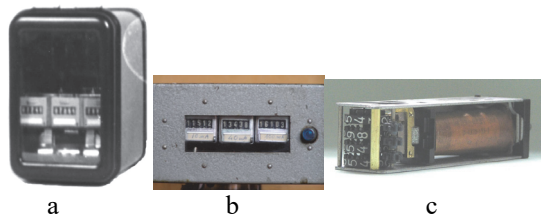
Rys. 12. Fragment stacji prób izolatorów w Wałbrzychu [16, 17]

Dla pomiarów prądu upływu na zabrudzonych izolatorach wraz z Zbigniewem Worowcem zmontowano liczniki impulsów prądu (rys. 13). Liczniki wykorzystywane były na stacji prób w Siechnicy oraz w Głogowie (rys. 14).



Rys. 13. Schemat licznika elektromagnetycznego o zwiększonej czułości i poziomach trygerowania 5, 25, 50 mA [18]





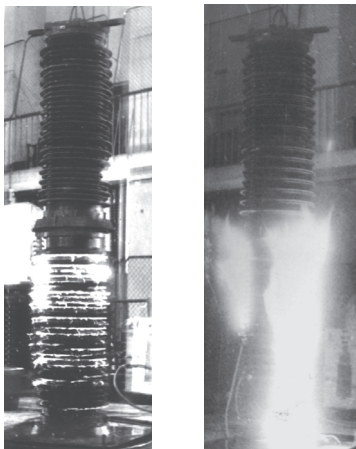
Rys. 14. Liczniki elektromagnetyczne impulsów prądu upływu. a – w wykonaniu napowietrznym, b – w wykonaniu wewnętrznym, c – liczydło elektromagnetyczne [18]

Jerzy Lisiecki zaprojektował instalację piorunochronną obserwatorium meteorologicznego na Śnieżce (rys. 15), zajmował się także wykorzystaniem konstrukcji żelbetowych jako uziołów naturalnych i ich odpornością na działanie prądów udarowych.



Rys. 15. Model obserwatorium meteorologicznego na Śnieżce podczas badań [18, 19]

W latach 1970–1990 współpracował z Zakładami Wytwórczymi Aparatury Rozdzielczej ZWAR i Edwardem Sojłą nad optymalizacją konstrukcji odgromników zaworowych.

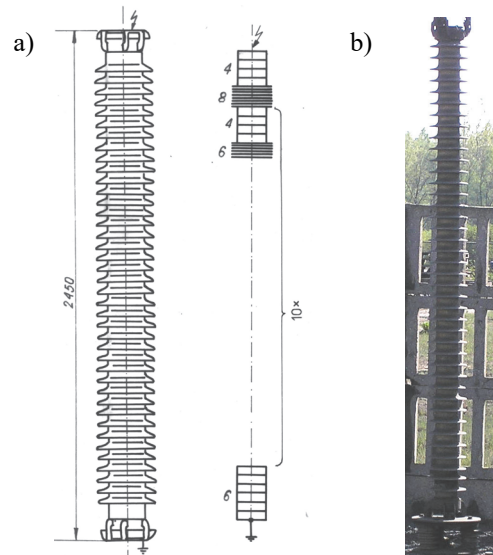


Rys. 16. Odgromniki zaworowe w próbie zabrudzeniowej; zapłon częściowy członu górnego (a) i przeskok częściowy na członie dolnym (b) [18]

Wykonano liczne próby zabrudzeniowe ograniczników iskiernikowych. Stwierdzono występowanie zapłonów częściowych w ogranicznikach dwuczłonowych (rys. 16). Efektem tych badań była m. in. praca doktorska Edwarda Sojdy.

Zaprojektował i zbudował odgromnik 110 kV w osłonie z kauczuku silikonowego (pierwszy tego typu aparat w Polsce, rys. 17). W 1983 r. wykonał również pionierskie badania warystorów na bazie tlenku cynku produkowanych przez firmę Pelelectric [18]. Przy pomocy J. Lisieckiego na hali wysokich napięć zmontowany został generator prądów udarowych do badania wpływu wielokrotnych impulsów prądowych na zmiany charakterystyk warystorów firmy Pelelectric [21]. Do pomiaru prądu wykorzystywano wykonany wcześniej przez J. Lisieckiego bocznik 10,2 mΩ (rys. 18).

Jerzy Lisiecki zaprojektował i wykonał transformator 200 kV do diagnostyki ograniczników przepięć dla kombinatu KGHM [22], kondensator wzorcowy 150 kV, izolator przepustowy z żywic lanych dla turbogenerators 64 MVA. Jego ostatnią pracą wykonaną w 2003 r. była modyfikacja zasilacza 1000 V wykorzystywanego przez doktoranta Adriana Drzazgę [23].



Rys. 17. Prototypowy odgromnik GZSbk-96 w osłonie z kauczuku silikonowego, a – szkic konstrukcyjny, b – odgromnik na stacji prób w Hucie Miedzi Głogów [20]



Rys. 18. Bocznik prądowy 10,2 mΩ

## Literatura

- [1]. Chrzan K. L., Lisiecki R., *Mgr inż. Jerzy Lisiecki (1925-2008)*, Wiadomości Elektrotechniczne nr 11/2012, s. 50.
- [2]. Chrzan K. L., *Ćwiczenia w laboratorium wysokich napięć*, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2013.
- [3]. Lisiecki J., Mazurek B., *Opis patentowy nr 51750. Głowica do kabli wysokiego napięcia*, Warszawa, 1964.
- [4]. Juchniewicz J., Lisiecki J., *Wytrzymałość dielektryczna i układy izolacyjne. Materiały pomocnicze do wykładów*, Skrypt. Wrocław: PWr, 1976. 110 s.
- [5]. Fleszyński J., Lisiecki J., Pohl Z., *Miernictwo wysokonapięciowe i laboratorium wysokich napięć*, Skrypt Wrocław, PWr 1979, 222 s.
- [6]. Juchniewicz J., Lisiecki J., (red.) *Wysokonapięciowe układy izolacyjne*, Skrypt, Wrocław, PWr, 1980. 419 s
- [7]. Fleszyński J. Lisiecki J., Pohl Z., *Miernictwo wysokonapięciowe i laboratorium wysokich napięć*, Wrocław: Wydaw. PWr, 1990. 183 s.
- [8]. Fleszyński J., Lisiecki J., Lisowski, Pohl Z., *Laboratorium wysokonapięciowe w dydaktyce i elektroenergetyce*, Wrocław, Oficyna Wydaw. PWr, 1999, 316 s.
- [9] Lisiecki J., Pohl Z., *Układ probierczy 160 kV, 50 Hz do prób zabrudzeniowych izolacji napowietrznej*, Przegląd Elektrotechniczny nr 4, 1975, s. 185-187.
- [10]. Chrzan K. L., *2 MV Greinacherverdopplungsschaltung von Jerzy Lisiecki*, Fachtagung Polymere Isolierstoffe und ihre Grenzflächen, Zittau, Mai 2018.
- [11]. Lisiecki J., Sojda E., *Badania zabrudzeniowe izolatorów z tworzyw sztucznych przy napięciu stałym*, Konferencja Urządzenia Elektroenergetyczne, Sekcja 1 – izolacja linii i stacji, Bielsko-Biała wrzesień 1983.
- [12]. Lisiecki J., Sojda E., *Badania zabrudzeniowe izolatorów z tworzyw sztucznych przy napięciu stałym*, Raport Instytutu I-7, seria SPR nr 108, Wrocław 1982.
- [13]. Fleszyński J., Lisiecki J., Sojda E., *Electromagnetic impulse simulator*. 11th Int. Symposium on Electromagnetic Compatibility, Sept. 1992.
- [14]. Lisiecki J., *Laboratorium wysokich napięć Instytutu Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Wrocławskiej*, Wiadomości Elektrotechniczne. 1981, R. 49, nr 15/16, s. 366-367.
- [15]. Lisiecki J., Mazurek B., *Głowice wewnętrzne i napowietrzne oraz mufy o elementach prefabrykowanych z żywicy epoksydowej do kabli wysokonapięciowych*, Przegląd Elektrotechniczny. 1966, R. 42, z. 9, s. 385-388.
- [16]. Lisiecki J., Pohl Z., *Stacja badań izolatorów w warunkach zabrudzeniowych w Wałbrzychu*, Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej Elektryka, z. 9, 1958.
- [17]. Lisiecki J., Pohl Z., *Wyniki badań zachowania się izolatorów liniowych w warunkach zabrudzeniowych na stacji badawczej w Wałbrzychu*, Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej. Elektryka. 1960, z. 13, s. 35-56.
- [18] Chrzan K. L., *Badania z zakresu ochrony odgromowej wykonane na Politechnice Wrocławskiej*, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej Nr 24, 2008.
- [19] Lisiecki J., *Anomalie zagrożenia piorunowego i zagadnienie ochrony obserwatorium na Śnieżce*, Komunikat. Sprawozdania Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego. Seria B. 1966, t. 21, s. 68-69.
- [20] Lisiecki J., Sojda E., *Wpływ rodzaju osłony na konduktywność wytrzymawaną odgromników zaworowych*, Konferencja Optymalizacja doboru materiałów i rozwiązań konstrukcyjnych wysokonapięciowej izolacji napowietrznej. Gliwice, maj 1980, s. 169-172.
- [21] Chrzan K. L., Wróblewski Z., *Degradation and destruction of ZnO varistors caused by current pulses*, Int. Conference on Advances in Processing, Testing and Application of Dielectric Materials APTADM, Wrocław 2001, pp. 217-220
- Ostatnia publikacja
- [22] Lisiecki J. Pohl Z., *Diagnostyka eksploatacyjna beziskiernikowych ograniczników przepięć z tlenków metali za pomocą przewodzącego układu wysokiego napięcia stałego*, Konferencja Stacje Elektroenergetyczne WN/SN i SN/NN, Jelenia Góra, maj 2001, Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej, s. 165-169
- Ostatnia praca, ostatni raport
- [23] Lisiecki J., Drzazga A., *Zasilacz 1000V. Modyfikacja układu*, Raporty Inst. Podst. Elektrotech. Elektrotechnol. PWroc. 2003, Ser. SPR nr 1, 15 s.
- [24] Gałuszka H., Lisiecki J., *Certain reactions in honey bees to the flow of electric current of different parameters*, Zoologica Poloniae, Vol. 19, Fasciculus 2, 1969, pp. 197-211.

## Autor

dr hab. inż. Krystian Leonard Chrzan  
Wydział Elektryczny, Katedra K-1  
Politechnika Wroclawska  
ul. Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław  
krystian.chrzan@pwr.edu.pl