

PROFESOR SZPOR I JEGO KATEDRA PRZY ULICY WŁASNA STRZECHA

Marek OLESZ¹, Stanisław WOJTAS²

Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, Katedra Mechatroniki i Inżynierii Wysokich Napięć

1. e-mail: marek.olesz@pg.edu.pl,
2. e-mail: stanislaw.wojtas@pg.edu.pl

Streszczenie: W artykule opisano pierwsze lata rozwoju Katedry Wysokich Napięć, a potem Katedry Wysokich Napięć i Aparatów Rozdzielczych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Gdańskiej. Rozwój tej Katedry jest nierozdzielnie związany z osobowością profesora Stanisława Szpora, który po przybyciu do Gdańska w 1947 roku w krótkim czasie zbudował nowoczesne laboratorium wysokich napięć i zwarcionię, co pozwoliło zespołowi naukowemu uzyskać światowej rangi osiągnięcia, zwłaszcza w dziedzinie badań piorunowych i ochrony przepięciowej.

Słowa kluczowe: ochrona odgromowa, ochrona przepięciowa, laboratorium wysokich napięć, laboratorium zwarcione.

1. POCZĄTKI KATEDRY WYSOKICH NAPIĘĆ

W Gdańsku prof. Szpor przejął Katedrę Wysokich Napięć w roku 1947 po powrocie do kraju z rąk prof. Stanisława Trzetrzevińskiego. Wyposażenie w zaadaptowanym na potrzeby katedry budynku znajdującym się poza głównym terenem uczelni przy ulicy Własna Strzecha, widocznym na rysunku 1a, było skromne i pochodziło głównie z laboratorium usytuowanego pod audytorium w gmachu Wydziału Elektrycznego. Część aparatury wysokonapięciowej z tego okresu, mimo prawie 100-letniego wieku, jest wciąż użytkowana podczas zajęć laboratoryjnych - jak np. transformator o przełączalnych uzwojeniach pierwotnych i wtórnych oraz kondensator powietrzny na napięcie 150 kV. Oba elementy umożliwiały wówczas wytwarzanie i pomiar napięcia przemiennego do wartości 150 kV, a po wprowadzeniu prostowników lampowych również napięcia stałego [1].

Już po 7 latach od objęcia katedry Profesor (rys. 1b) wykształcił pierwszych swoich doktorów: S. Grudzieckiego (Badania materiałów samogazujących i odgromniki wydmuchowe na 15 kV) i T. Lipskiego (Badania styków silnopiędowych). W 1959 do tej grupy dołączył W. Kuźniar, który opracował nowy przyrząd elektroniczny do pomiaru napięć udarowych wykorzystujący innowacyjną wówczas metodę pomiaru wartości szczytowej napięć. W następnych latach 1961–1965 przybyło kolejnych 7 prac doktorskich, z których 4 dotyczyły wiodącej tematyki Profesora – ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej (J. Samuła 1961, Badania modelowe nad rozplywem prądu piorunowego w liniach energetycznych na słupach drewnianych, J. Suchocki 1964, Rola składowej elektrycznej przepięć indukowanych w mechanizmie przeskoków odwrotnych - rys. 2a, A. Jałocha 1964, Zakłócenia w kablu w pobliżu uziomu z prądem ziemnozwarciowym oraz R. Koształuk 1965, Badania skuteczności układów ochrony

dławikowej w stacjach elektroenergetycznych 110 kV), a pozostałe 3 - nowych sposobów diagnozowania stanu technicznego aparatów elektrycznych (E. Wasilenko 1962, Badania profilaktyczne izolacji krajowych przekładników na napięcie 110 kV, H. Dzierżek 1963, Badanie warunków prób zwarciovych przekładników prądowych, W. Winiarski 1964, Pomiary i analiza osiowych sił elektrodinamicznych działających na transformatory prądowe).



Rys. 1. Budynek Katedry Wysokich Napięć,
a) stan w czasie przejmowania budynku,
b) prof. Szpor w swoim gabinecie na Własnej Strzesze

Wykształcenie grupy pracowników naukowych aktywnie współpracujących z przemysłem i realizujących szeroko pojętą aktywność w dziedzinie techniki wysokich napięć i aparatów elektrycznych (rys. 2b) umożliwiło

reorganizację Katedry w roku 1954 (zmiana nazwy na katedrę Wysokich Napięć i Przyrządów Rozdzielczych) oraz wyodrębnienie w niej 3 aktywnie działających naukowo i wdrożeniowo zespołów:

- Zakład Łączników WN kierowany przez Prof. Grudzieckiego,

- Zakład Łączników nn kierowany przez Prof. Lipskiego,

- Zakład Wysokich Napięć – kierowany przez Prof. Szpora, w którym głównie prowadzono badania pioruna oraz analizowano rozwiązania i skuteczność ochrony odgromowej.

a)



b)



Rys. 2. Wychowankowie profesora Szpora,

a) obrona pracy doktorskiej mgr inż. Suchockiego (po lewej stronie) w audytorium budynku Wysokich Napięć,

b) niektórzy z wychowanków profesora Szpora przed wejściem do budynku Wysokich Napięć przy ul. Własna Strzecha (od lewej B. Zaborowski, W. Winiarski, T. Domzalski, A. Wiśniewski)

2. OSIĄGNIĘCIA PROFESORA

Wprowadzenie wyodrębnionych zakładów wiązało się również z ukończeniem w 1955 roku nowego skrzydła budynku, które pomieściło salę wykładową na ok. 100 osób, zwarciownię (rys. 3) oraz warsztaty, gdzie budowano prototypy projektowanych urządzeń i wyposażenia laboratoryjnego.

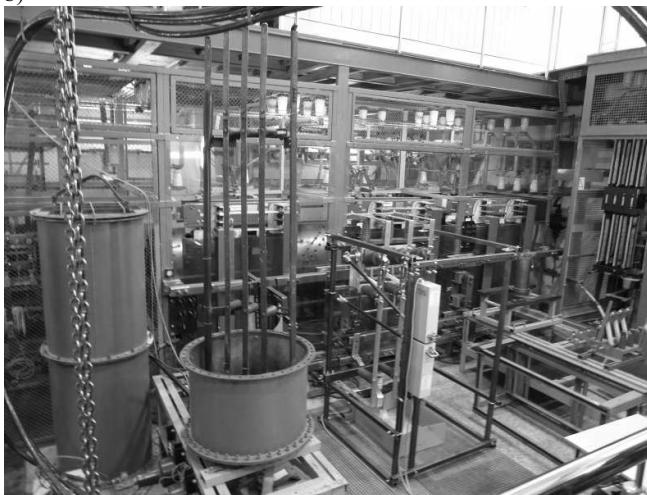
W 1964 roku ze względu na stan zdrowia profesor Szpor zrezygnował z kierownictwa katedry, którą przejął doc. S. Grudziecki. Cztery lata później po wydarzeniach marcowych, ze względu na publiczne mówienie prawdy, został zmuszony do przejścia na wcześniejszą emeryturę, ale nie zaprzestał jednak pracy badawczej. Jej efektem są kolejne 3 doktoraty - J. Arciszewski 1969, Współpraca dławików szeregowych z odcinkami kablowymi w układach

ochrony odgromowej, S. Nurek 1968, Pomiar i analiza promieniowych sił dynamicznych działających na uzwojenia transformatorów prądowych, E. Dytkowski 1970, Harmoniczne i ich eliminacja w zespołach probierczych wysokonapięciowych kaskadowych.

a)



b)



Rys. 3. Zwarciownia, a) w układzie jednofazowym, b) stan obecny z nowymi transformatorami do prób trójfazowych

Kolejni doktorzy są już wychowankami pierwszych samodzielnych pracowników naukowych profesora Szpora. Ostatnich z nich promował najpierw docent, a potem prof. Wasilenko, który do końca życia zajmował się zagadnieniem starzenia dielektryków stałych, prowadząc prace nad znalezieniem uniwersalnego modelu wieloczynnikowej degradacji dielektryków stałych. Podczas wykładów i rozmów prof. Wasilenko wiele razy wspominał profesora Szpora, jako osobę wymagającą i skrupulatną oraz oczekującą zwięzłych i logicznych wypowiedzi. Wspominał godziny spędzone na poprawianiu pierwszych publikacji, w których według Profesora „roito się od błędów”. To między innymi wnikliwa analiza fizyki zjawisk oraz wycucie inżynierskie i konstruktorskie pozwoliły dokonać profesorowi Szporowi w czasach jego intensywnej działalności szeregu spektakularnych odkryć:

- teoria relaksacyjna lidera schodkowego (1942),
- pierwsza w Europie fotografia pioruna wielokrotnego (1945),
- pierwsza polska zwarciownia zasilana z sieci elektroenergetycznej (układ jednofazowy i prąd zwarciowy do 100 kA przy napięciach do 1000 V - transformator 15 kV/110, 220, 440, 880 V; 5/15 MVA), a od 1955 układ trójfazowy o mocy zwarciowej

100 MVA na napięcia do 24 kV – stan obecny pokazano na rysunku 3b),

- rozbudowa laboratoriów wysokich napięć (generator prądowy 10 kA, generatory udarowe 300 kV, 500 kV, oraz 1000 kV (10 kJ), mostek Scheringa z możliwością kompensacji zakłóceń, nowy aparat fotograficzny z wirującym filmem do zdjęć pioruna (Henryk Dzierżek),
- rewizja rozkładu amplitud prądów piorunowych (metoda pomiaru prądu za pomocą pręcików magnetycznych),
- wprowadzenie do powszechnego zastosowania konstrukcji piorunochronu typu lekkiego,
- analiza zagrożenia piorunowego szlaków tatrzańskich,
- ochrona odgromowa podejścia do stacji rozdzielczych,
- ochrona stacyjna (dławiki),
- nowe metody badania uziemień oraz diagnostyki izolatorów (badanie rozkładu napięcia w czasie występowania wyładowań niepełnych, badanie rozkładu napięcia przy udarach), przekładników napięciowych (układ kompensacyjno-różnicowy pomiaru uchybu) i prądowych (pomiar uchybu wskazowego),
- budowa zwiarcowni (rys. 3), najpierw w układzie jednofazowym, a potem do prób trójfazowych (dzieło wielu osób: Henryk Dzierżek (dławiki regulacyjne 15 kV), Wojciech Winiarski (boczniki wieloprądowe), Jerzy Galotzy (nastawnik czasowy i fazowy), Władysław Borek (załącznik zwiarcowy), Michał Jabłoński (transformator zwiarcowy) i inni, była to pierwsza w Polsce zwiarcownia zasilana z sieci elektroenergetycznej.

Profesor wielokrotnie inicjował fotografie zespołowe. Jedno z takich zdjęć pochodzące z lat 60-tych (rys. 4) wskazuje, że po około 20 latach Katedra nie tylko mieściła się w rozbudowanym budynku, ale również miała liczny skład osobowy – na fotografii są widoczne 32 osoby.



Rys. 4. Profesor Szpor (pierwszy z prawej) wraz z pracownikami Katedry Wysokich Napięć i Przyrządów Rozdzielczych na tle rozbudowanej siedziby na przełomie 1964 i 1965 roku

3. BADANIA PIORUNOWE

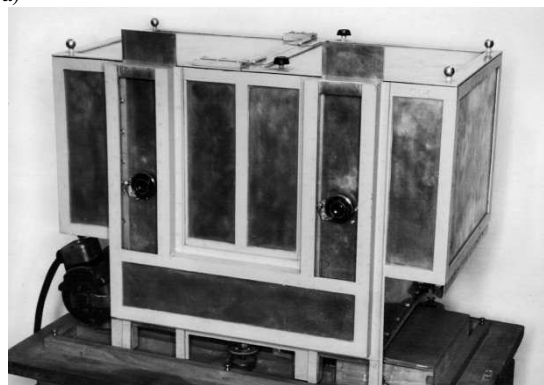
Profesor Szpor rozpoczął badania natury wyładowań atmosferycznych jeszcze w obozie jenieckim Winterthur w Szwajcarii. Tam opracował swój pierwszy aparat, którym udało mu się w 1945 roku wykonać pierwsze zdjęcia pioruna wielokrotnego w Europie w dolinie Töss, niedaleko miejsca internowania. Aparat ten posiadał sprzężoną część wolno oraz szybkobieżną i pozwalał na wykonanie 6 zdjęć pioruna.

Po powrocie do kraju i rozpoczęciu pracy na Politechnice Gdańskiej Profesor z grupą swoich wychowanków kontynuował badania błyskawic w zakresie fizyki wyładowań atmosferycznych, gromadzenia parametrów statystycznych prądów piorunowych i wprowadzania nowych rozwiązań ochrony odgromowej.

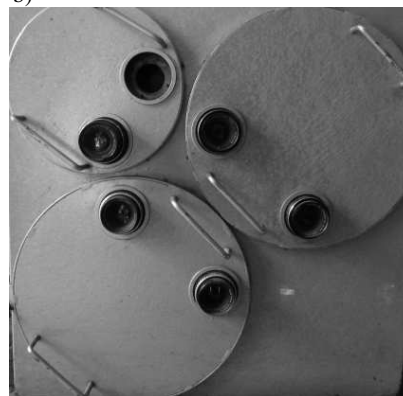
W tamtym czasie podstawowe badania wyładowań piorunowych przeprowadzano przy użyciu kamer z obracającymi się światłoczułymi filmami, pręcików magnetycznych (pomiar wartości szczytowej prądu) i klidonografów (pomiar stromości prądu piorunowego).

Pierwotną konstrukcję aparatu Szpora udoskonalili po wojnie mechanik precyzyjny Józef Woronecki, rozszerzając możliwości aparatu do wykonania nie 6-ciu, a 48 zdjęć (rys. 4a). Inne konstrukcje aparatów, które w czasie pierwszych lat działalności profesora Szpora powstały w Gdańsku umożliwiały wykonanie tylko jednej ekspozycji wyładowania w skali czasowej wymuszonej ruchem błony fotograficznej. Posiadały one dwie lub trzy tarcze wirujące z określonymi prędkościami (standardowo 10 i 250 obr/min). W ostatnim skonstruowanym aparacie z trzema tarczami uzyskiwano prędkości do 200 m/s, co sytuowało tę konstrukcję w czołówce ówczesnych rozwiązań technicznych (rys. 4b).

a)



b)



Rys. 4. a) Pierwszy aparat do zdjęć pioruna opracowany przez profesora Szpora w okresie internowania w Szwajcarii, zmodyfikowany później przez Józefa Woroneckiego, b) aparat 3 obiektywowy, uzyskujący prędkości do 200 m/s

Idea aparatu polegała na sprzęgnięciu mechanicznym 2 lub 3 tarcz poprzez odpowiedniej przekładnie, tak, aby poruszały się z określonymi prędkościami kątowymi. Do tarcz w ciemności mocowano klisze płaskie typu rentgenowskiego. Na każdej tarczy umieszczano 2 obiektywy fotograficzne pozwalające uzyskać po wyładowaniu 2 obrazy fotograficzne na każdej z błon światłoczułych, zarejestrowane w innych warunkach

ekspozycji (przesłona obiektywu). Tym sposobem po wyładowaniu piorunowym pojawia się zapis fotograficzny rozwoju wyładowania piorunowego, na podstawie którego określano rozwój lidera odgórnego, a potem prędkość propagacji wyładowania oddolnego.

W budowie i udoskonaleniu aparatu z 3 tarczami wirującymi duży wkład wniósł inż. Jan Kotłowski, który wykonał szereg zdjęć piorunowych (rys. 5) z elektrowni wodnej w Bolszewie (rys. 6), której był właścicielem z przerwą podczas wojny i w latach 1946-1971 po wywłaszczeniu przez rząd komunistyczny PRL. Profesor Szpor w nagrodę za liczne ciekawe zdjęcia pioruna umożliwił inż. Kotłowskiemu rejs na statku PLO „Stefan Żeromski” do Ameryki Południowej, w czasie którego wykonał on w okresie styczeń – kwiecień 1962 roku 32 udane zdjęcia piorunowe na Atlantyku u wybrzeży Brazylii i Urugwaju.



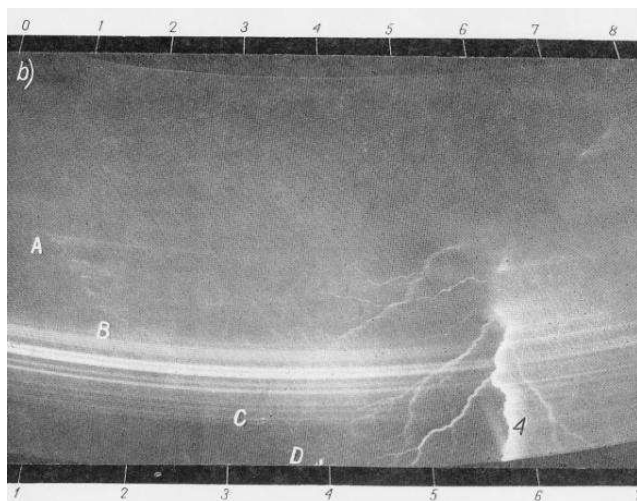
Rys. 5. Przykład zdjęcia wyładowania piorunowego wykonanego przez Jana Kotłowskiego



Rys. 6. Elektrownia wodna w Bolszewie, z której większość zdjęć piorunów wykonywał Jan Kotłowski

Lokalizację każdej kamery wybierano tak, aby nie była zasłaniana przez pobliskie budynki i nie była oświetlana w nocy. Wyniki badań umożliwiały opisanie różnych faz rozwoju wyładowań piorunowych, a wyniki tych analiz prezentowano m.in. na 8 konferencji ICLP w Krakowie [2]. Przykładowe zdjęcie z nagrania z kamery pokazano na rysunku 7, na którym są widoczne ślady rozwoju 4 strimerów i jednego lidera.

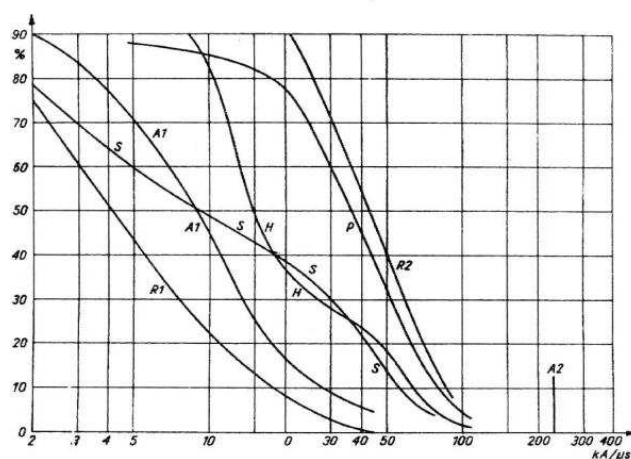
Na podstawie wykonywanych badań fotograficznych prof. Szpor poszukiwał dowodów potwierdzających teorię relaksacyjną [3], opisującą mechanizm stopniowego rozwoju wyładowania piorunowego [4].



Rys. 7. Zdjęcie rozwoju wyładowań piorunowych wykonane aparatem z obracającą się błoną w 1964 r.; skala czasu wynosi 2,04 ms / dz.; A, B, C, D - strimery, 4 - lider [2]

Zespół badawczy Politechniki Gdańskiej przeprowadził szeroko zakrojone badania parametrów prądu piorunowego w różnych regionach Polski, głównie na Pomorzu (północ Polski) i na Śląsku (południe Polski). Amplitudę prądów piorunowych i ich szybkość wzrostu mierzono za pomocą pręcików magnetycznych i klidonografów rurowych. Opracowano nową metodę odczytu prądu z namagnesowanych pręcików, aby zapewnić niedokładność oceny prądu w zakresie 10% [5].

Zestawy opisanych powyżej urządzeń pomiarowych instalowano na wysokich obiektach, takich jak: kominy przemysłowe, wieże i słupy. W okresie 9 lat (1958–1966) zgromadzono około 250 udokumentowanych zapisów prądów piorunowych. Wyniki tych badań opublikowano w czasopiśmie IEEE PAS [6] i porównano z rejestracjami uzyskanymi w innych krajach. Wyniki zespołu Profesora wskazywały na wyższe prawdopodobieństwo wystąpienia wyładowań o określonym prądzie szczytowym wobec wyników innych zespołów przedstawianych wcześniej w literaturze (rys. 8).



Ryc. 8. Wartości graniczne stromości prądów piorunowych w funkcji procentowego prawdopodobieństwa: P - rekordy polskie; R1 i R2 - stare i nowe rosyjskie rekordy; A1 i A2 - rekordy amerykańskie; S - rekordy szwedzkie; H - rekordy szwajcarskie [6]

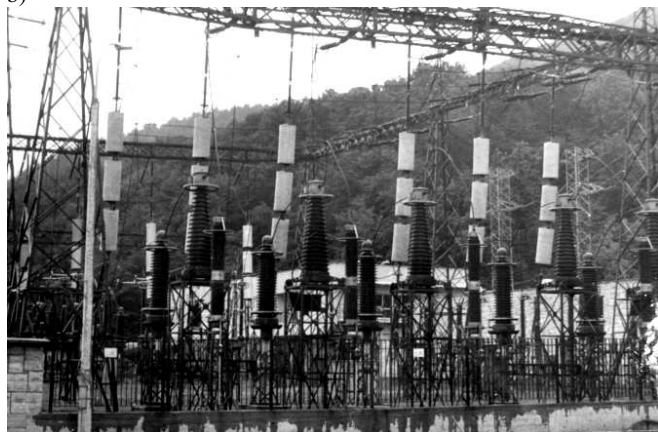
Powojenna modernizacja krajowych sieci elektroenergetycznych w Polsce oraz instalacja transformatorów o większych mocach znamionowych wymagała poprawy systemu ochrony odgromowej sieci

przesyłowych i dystrybucyjnych. Znaczny odsetek linii wysokich napięć w tym czasie w Polsce nie miał przewodów odgromowych. W takich przypadkach, w celu poprawy ochrony odgromowej transformatorów przy wejściu do podstacji instalowano dławiki indukcyjne zamiast przebudowy linii WN. Dławiki w fazach z propagującym napięciem wymuszały wzrost napięcia i przepływu prądu piorunowego przez ogranicznik przepięć do ziemi przed podstacją. Na urządzenia podstacji działa wówczas prąd pioruna o niższej amplitudzie i zmniejszonej stromości (rys. 10). Rozwiązanie takie zasadniczo poprawiało ochronę przeciwprzepięciową stacji szczególnie w przypadku linii z ostnietymi podejściami posadowionych na gruncie o dużej rezystywności (realizacja praktyczna na terenie elektrowni wodnej Żar – Porąbka).

a)



b)



Rys. 10. Cewki indukcyjne na wejściu linii energetycznej do stacji zastosowane w celu ulepszenia systemu ochrony odgromowej [7], a) konstrukcja prototypowa zainstalowana na podstacji WN/SN w Gdyni Grabówek, b) wdrożone rozwiązanie w Elektrowni Wodnej Żar Porąbka z dławikami o parametrach: $I_r=400$ A, $L=500$ μ H, $I_{r1}=16$ kA, długość 1,3 m, średnica 0,5 m

W tym samym okresie również sieci dystrybucyjne SN podlegały modernizacji w Polsce. W celu zapewnienia niezbędnego poziomu ochrony odgromowej np. na podstacjach transformatorowych 15/0,4 kV, potrzebna była znaczna liczba odgromników. W związku z tym członek gdańskiego zespołu prof. Grudziecki opracował nową konstrukcję ogranicznika z wydmuchem gazu (rys. 11). Ulepszone parametry osiągnięto dzięki nowemu rodzajowi gaszenia w komorze oraz zastosowaniu materiału

o odpowiednich właściwościach dielektrycznych i gazowych [8]. Odgromniki pomysłu Grudzieckiego były produkowane w Polsce do końca XX wieku i powszechnie stosowane w sieciach 15 kV.

a)

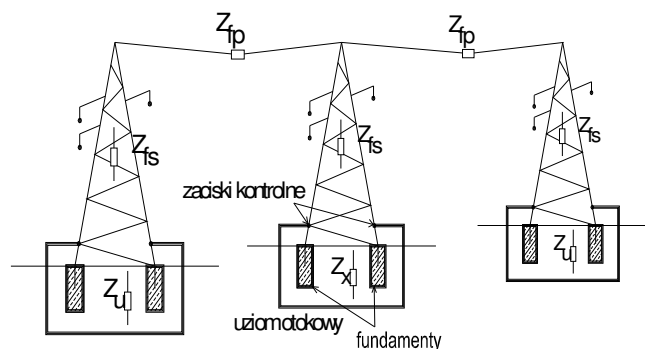


b)



Rys. 11. Pionierskie próby konstrukcji odgromników wydmuchowych na linii SN, a) stanowisko pomiarowe do prób odgromników wydmuchowych na terenie elektrowni wodnej w Bolszewie – na pierwszym planie Stanisław Szpor (2-gi od prawej) i Stefan Grudziecki (3-ci od prawej), b) zadziałanie odgromnika

Kolejny temat działalności zespołu dotyczył oceny parametrów uziemień stanowisk słupowych linii elektroenergetycznych WN. Obecność przewodów odgromowych powoduje równoległe połączenie uziemień wszystkich słupów linii (rys. 12), co utrudnia ustalenie rezystancji (lub impedancji) indywidualnych uziemień każdego słupa, mierzonych podczas badań okresowych. Zwykle po odłączeniu sztucznego uziemienia od konstrukcji słupa można zmierzyć jego parametry, ale wtedy nie bierze się pod uwagę właściwości uziemiających fundamentu słupa. Dodatkowo potrzeba długiego czasu na wykonanie pomiarów przy konieczności wyłączenia linii. Zastosowanie udarów prądowych pozwala przeprowadzać takie pomiary bez odłączania uziemień od konstrukcji słupa oraz wyłączania linii. Długość pręseł linii przesyłowych zwykle przekracza 200 m, więc dla szybkich przebiegów zamiast rezystancji przewodów odgromowych należy brać pod uwagę ich impedancję falową, która w układzie przewód – ziemia osiąga wartość w granicach 400–500 Ω . Podczas takiego pomiaru badane uziemienie słupa o impedancji Z_x jest bocznikowane przez impedancje falowe Z_{wc} przewodów odgromowych biegnących do sąsiednich słupów (rys. 12). W tej sytuacji błąd pomiaru wynikający z oddziaływania uziemień sąsiednich słupów może być pomijany.



Rys. 12. Układ impedancji dla dwóch przęseł linii podczas badania rezystancji uziemienia słupa środkowego, Z_{fp} - impedancja falowa przewodu odgromowego, impedancja falowa Z_{fs} słupa, impedancje Z_u i Z_x uziemień słupów

Elementem niezbędnym do stosowania w praktyce tej metody w ówczesnym stanie techniki był oscyloskop katodowy, którego używanie w warunkach terenowych było niezwykle kłopotliwe. Zespół prof. Szpora zaproponował rozwiązanie w postaci zastąpienia oscyloskopu elektronicznym woltmierzem wartości szczytowej, które było przedmiotem patentu. Patent był zatytułowany „Miernik oporności uziemień”, a wniesione zastrzeżenie miało treść: „znamienny tym, że zawiera woltmierz szczytowy, który jest włączany kolejno na uziemienie badane i na opornik porównawczy” [9]. Zbudowany na tej podstawie miernik znalazł ograniczone zastosowanie w praktyce pomiarowej, bo jego wadą była konieczność używania akumulatora ołowiowego o znacznej pojemności ze względu na żarzenie tyratronu zastosowanego w generatorze udarów.

Dostępne w ostatniej dekadzie ubiegłego wieku wysokonapięciowe elementy półprzewodnikowe i elektroniczne pozwoliły pracownikom PG kontynuującą tematykę ochrony odgromowej na opracowanie oraz wprowadzenie na rynek udarowych mierników uziemień, które generują udary prądu z czasami czoła 4 lub 8 mikrosekund i amplitudą około 1 A. Mierniki te realizują pomiar w czasie rzeczywistym poprzez cyfrowe dzielenie napięcia oraz prądu i dziś są w powszechnym użyciu [10, 11].

Innym kontynuowanym tematem w dziedzinie ochrony odgromowej to problematyka ograniczników przepięć - poszukiwanie sposobów diagnostyki tych urządzeń poprzez wykorzystanie metody wektorów ortogonalnych do wyznaczania składowej czynnej prądu upływowego ogranicznika bez konieczności dodatkowego pomiaru wysokiego napięcia [12].

PROFESSOR SZPOR AND HIS DEPARTMENT AT WLASNA STRZECHA STREET

The article describes the first years of development of the High Voltage Department, and then the High Voltage and Switching Apparatus Department at the Faculty of Electrical Engineering at Gdansk University of Technology. The development of this Department is closely related to the personality of Professor Stanisław Szpor. After arriving in Gdańsk in 1947, he quickly built a modern high-voltage laboratory and short-circuit facility, which allowed the research team to achieve world-class achievements especially in the field of lightning research and surge protection.

Keywords: lightning protection, surge protection, high voltage laboratory, short circuit laboratory.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Profesorowi Szporowi niewątpliwie zawdzięczamy rozwój gdańskiej szkoły wysokich napięć. Jego liczne badania i prace naukowe spowodowały istotne rewizje parametrów wyładowań piorunowych, a wprowadzane do zastosowania nowe rozwiązania techniczne ochrony odgromowej i przepięciowej istotnie zmniejszyły straty w obiektach chronionych. Dzieło profesora 3 tomowa Ochrona Odgromowa mimo nowych koncepcji naukowych w wielu obszarach badań wciąż może inspirować naukowców poszukujących rozwiązania zagadnień piorunowych.

Autorzy artykułu składają podziękowanie Panu Romanowi Kotłowskiemu za pomoc i udostępnienie niektórych zdjęć pochodzących z jego rodzinnej kolekcji.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Chrzan K., Olesz M., Wojtas S.: Pierwsze laboratoria wysokich napięć na ziemiach polskich. Przegląd Elektrotechniczny, Nr 9, 2020.
2. Szpor S.: Remarks about photographic records of lightning. 8-th ICLP, Krakow 1965.
3. Szpor S.: Theorie de la formation de la foudre. Bull. Ass. Suisse Electr., 1942.
4. Szpor S.: Review of the relaxation theory of the lightning stepped leader. Acta Gedanensia, 1970.
5. Szpor S., Dydkowski E.: Observations et enregistrements sur les paratonnerres ruraux de type léger. 7-th ICLP, Arnhem 1963.
6. Szpor S.: Comparison of Polish versus American Lightning records. IEEE PAS-88, No 5, 1969.
7. Szpor S.: Polish developments in inductance coils for lightning protection of power stations and substations. Power Record, Proc. IEE, Vol. 120, No 5, 1973.
8. Grudziecki S. Gas expulsion arrester with slit and screw cage channel cross-section. Patent PL42663, 1958.
9. Szpor S., Kosztaluk R., Ossowicki J., Suchocki J.: Miernik oporności uziemień, Patent Polska, nr 56823, 1969.
10. Galewski M., Wojtas S., Wołoszyk M.: Impulse earthing measurement. IMEKO XIV International Congress, Tampere (Finland) 1997.
11. Wojtas S.: Impulse measurement accuracy of transmission line earthings, 29-th ICLP, Uppsala, Sweden, 2008.
12. Olesz M.: Determining the leakage current resistive component by the orthogonal vector method, 2018, 34th International Conference on Lightning Protection (ICLP), s. 1-4