

Ryszard Malewski

60 lat pracy
pod Wysokim
Napięciem

Ryszard Malewski

60 lat pracy
pod Wysokim
Napięciem

„Lepiej chyba pójść choćby kawałek dobrą drogą, niż zająć daleko, lecz źle”
Platon

W podziękowaniu za okazaną pomoc w wyborze właściwej drogi
w prowadzeniu biznesu swojemu Mentorowi Ryszardowi Malewskiemu
Marek Szrot
(podpis)

Książka wydana staraniem Energo-Complex Sp. z o.o.
41-949 Piekary Śląskie, ul. Lotników 9
Tel./fax +48 32 775 67 00, 775 67 02

ISBN 978-83-924464-4-6

Realizacja, druk:

LAVENDE Jolanta Budzyńska

Copyright by Energo-Complex, Piekary Śląskie 2018

Część 1

Ryszard Malewski – Życiorys zawodowy

Wykształcenie:

- Gimnazjum im. Tadeusza Reytana w Warszawie, 1948-1952.
- Mgr inż., Wydział Elektryczny Politechniki Warszawskiej, 1958.
- Dr nauk technicznych, Instytut Elektrotechniki, 1967.
- Dr hab., Wydział Elektryczny Politechniki Warszawskiej, 1991.
- Profesor, tytuł nadany przez Prezydenta RP, 1996.

Praktyka zawodowa:

- 1952-1953 pomocnik tokarza w Zakładach Wytwórczych Lamp Elektrycznych im. Róży Luksemburg na warszawskiej Woli.
- 1959-1962 asystent i starszy asystent w Katedrze Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej.
- 1962-1970 adiunkt w Zakładzie Wysokich Napięć Instytutu Elektrotechniki w Warszawie.
- 1970-1990 pracownik naukowy Instytutu Badawczego Hydro-Québec w Montrealu, kierownik działu prób i pomiarów w Laboratorium Wysokich Napięć. Pomiary w sieciach najwyższych napięć, badania transformatorów mocy i dławików 735 kV w laboratorium i w eksploatacji, badania aparatów, ekspertyzy poawaryjne.
- 1976-1993 profesor na Wydziale Elektrycznym Politechniki w Montrealu.
- 1985-1989 profesor na Wydziale Elektrycznym Uniwersytetu w Waterloo.
- Promotor trzech prac doktorskich i dziewięciu magisterskich, dwie z nich zostały nagrodzone.
- 1980-1990 konsultant w firmie Hydro-Québec International, zajmujący się przekazywaniem technologii przesyłu energii sieciami najwyższych napięć do rozwijających się krajów i kształceniem inżynierów w Brazylii, Meksyku, Wenezueli, Korei Płd., Egipcie i Chinach.

- 1990-nadal konsultant, własna firma „Malewski Electric” zarejestrowana w Montrealu.
- 1992-2004 Instytut Elektrotechniki, profesor, doradca dyrektora.
- 2001-2004 Instytut Fizyki Plazmy, Zakład generatora *Plasma focus*, profesor.

Ekspertyzy i doradztwo:

- **dla ośrodków badawczych:** IREQ Institut de recherche d’Hydro-Québec, Varennes, QC, Kanada, OSU Ohio State University, IIE Instituto de Investigaciones Eléctricas, Quernavaca, Meksyk, CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica Rio de Janeiro, Brazylia, KERI Korea Electrotechnology Research Institute, Chang-won, Korea Płd., XIHARI -Xi’an High Voltage Apparatus Research Institute i EPRI China Electric Power Research Institute, Beijing, Chiny, IEn Instytut Energetyki, Ministerstwo Ochrony Środowiska, Politechnika Poznańska.
- **dla energetyki:** Hydro-Québec, Newfoundland and Labrador Power, Churchill Falls, EdeF Electricité de France, Grenoble, EDELCA Electrificación del Caroní, Caracas, Wenezuela, PSE-O Polskie Sieci Elektroenergetyczne-Operator, EPC-Energoprojekt, IEn-LWN Instytut Energetyki Laboratorium Wysokich Napięć.
- **dla przemysłu:** MR Maschinenfabrik Reinhausen, Regensburg, ABB Varennes, QC, Kanada, Haefely-Trench-Tettex, Basel, Szwajcaria, Syprotec Montreal, QC, Kanada, Weidmann St. Johnsbury Vermont i Rapperswil, Szwajcaria, IEM Industrias Electricas Mexicanas Tlalnepantla, Meksyk, Hyosung Transformer Plant Chang-won, Korea Płd., ZRT, Zaporozhtransformator Zaporozże, Ukraina, SWE South-West Electric Oklahoma, Turbocare Lubliniec, ABB Łódź, ZWAR Przasnysz, EC Energo-Complex Piekary Śląskie, BFK Bydgoska Fabryka Kabli, TELAB Warszawa.

Dorobek naukowy:

- Autor ponad 200 prac publikowanych głównie w IEEE Transactions, lecz także w CIGRE, Archiv für Elektrotechnik, Review of Scientific Instruments, ELECTRA, Przegląd Elektrotechniczny, Elektroenergetyka i innych. Siedem publikacji uzyskało nagrodę Komitetu Pomiarów amerykańskiego stowarzyszenia elektryków i elektroników (*The IEEE Power System Instru-*

mentation and Measurements Committee). Jedna z nich została nagrodzona W.R.G. Baker Prize za najbardziej oryginalną pracę opublikowaną w wydawnictwach IEEE w 1983 roku. Jedna uzyskała nagrodę Power Engineering Society (*PES paper award*).

- Prestiżowa nagroda **Morris E. Leeds Prize** za wkład w rozwój miernictwa elektrycznego nadana w 1989 roku.

Udział w Stowarzyszeniach:

- Institute of Electrical and Electronics Engineers **IEEE**, Fellow 1981, Life Fellow 2006.
- Canadian Academy of Engineering **CAE**, Fellow 1985.
- Conseil international des grands réseaux électriques **CIGRE** – distinguished member, 2000.
- Przewodniczący Komitetu Pomiarów **PSIM IEEE Power Systems Instrumentation and Measurements**, 1988-1992.
- Przewodniczący Grupy Roboczej **WG D1.33 CIGRE HV Test & Measuring Technique**, 1984-2006.
- Przewodniczący Grupy Roboczej **WG 42.08 IEC**, International Electro-technical Commission, 1988-1992.
- Ekspert Narodów Zjednoczonych w dziedzinie pomiarów WN, 1986.
- Członek Korporacji Inżynierów Québecu, 1972-2001.
- Członek Rady Zarządzającej Polskiego Komitetu Wielkich Sieci Elektroenergetycznych, 1999-2003.

Zainteresowania:

Żeglarstwo morskie i śródlądowe, narciarstwo alpejskie.

Ankieta personalna

W latach PRL-u przywykłem do zaczynania kontaktu z instytucjami od napisania życiorysu i wypełnienia ankiety personalnej. Myślę, że twórcy tego systemu rozpoczynania dialogu z obywatelem byli inspirowani książką Orwella „*Rok 1884*”, opisującą ustrój oparty na Ministerstwie Miłości, Prawdy itp. oraz dominującej partii, w której istnieje partia wewnętrzna grupująca zwartą, uprzywilejowaną elitę oraz zewnętrzna dla szeregowych członków służących tej elicie.

Poza tym są „proleci”, czyli milcząca większość społeczeństwa. Życiorys służył do identyfikacji, do której grupy petent należy.

„Czym skorupka za młodu nasiąknie...” – zaczynamy od ankiety. Punkt pierwszy to pochodzenie społeczne: bardzo niedobre. Ojciec mój, rocznik 1900, za młodu wojował, był z Piłsudskim w Kijowie i wracał z tej wyprawy mocno nadwerżony, ale zdążył w 1920 roku uczestniczyć w „Cudzie nad Wisłą” i dalszym marszu na wschód. Powojenny kryzys i ogólną biedę przetrzymał, pracując i jednocześnie studiując prawo na Uniwersytecie Warszawskim. Po bezpłatnej, głodowej aplikanturze w kancelarii adwokackiej dostał pierwszą w życiu posadę sędziego w Róźnie nad Narwią.

Moja Matka, Marta Wanda z Jakimowskich ukończyła studia na Wydziale Polonistyki Uniwersytetu Warszawskiego i przed wyjściem za mąż pracowała jako nauczycielka w gimnazjum.

Dzieciństwo

Jedno z pierwszych wspomnień z dzieciństwa to kajak, na którym rodzice wozili mnie po Narwi oraz trójkołowy rowerek, na którym mało nie skręciłem karku, zjeżdżając ze stromej skarpy do twierdzy Różan, w której mieściły się koszary sąsiadujące z budynkiem sądu. Przedwojenny Różan był spokojnym miasteczkiem i w wielu sprawach sądowych mój ojciec orzekał karę grzywny nałożoną na kupców handlujących w niedzielę, co stanowiło niezgodną z przepisami i nieuczciwą konkurencję dla chrześcijańskich kupców. Jak się okazało wiele lat później, ci podsądni doszli do wysokich stanowisk w PRL i postanowili się odegrać na moim tacie, którego uznano za przedstawiciela aparatu przemocy w burżuazyjnej Polsce. Ale nie wybierajmy w przyszłość. Jako mały chłopiec chodziłem z mamą za rękę do miasteczka, gdzie ci stanowiący znakomitą większość kupcy zachęcali ją do nabywania żywności w swoim sklepie. Zapamiętałem ich sposób reklamowania towarów: „*Pani sędzino, to prawda, że u Abrahama te bułki są trochę tańsze, ale one są dużo gorsze*”. Ta maksyma przydawała mi się w dorosłym życiu, kiedy jako konsultant doradzałem moim klientom wybór niekoniecznie najtańszego dostawcy izolacji wysokonapięciowej.

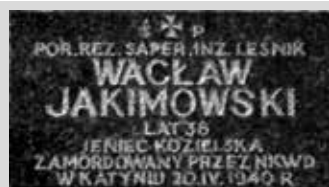
Okupacja niemiecka

Podczas okupacji mieszkałem z rodzicami w Warszawie w dużym mieszkaniu mojej babci przy nieistniejącej dziś ulicy Nowy Zjazd koło Mariensztackiego

Rynku. Babcia usiłowała nauczyć mnie gry na fortepianie, ale wynik tych usiłowań był raczej mierny, bo poza „*Jedzie ułan jazłowiecki*” nie potrafiłem nic zagrać za słuchu. Wśród zabawek była szpiczasta czapka z czerwoną gwiazdą, tak zwana *budionnówka*, którą ojciec przywiózł jako jedyne trofeum z wojny 1920 roku. Mieszkanie babci miało główne oraz kuchenne drzwi i dlatego urządzano w nim tak zwane komplety, czyli tajne nauczanie na poziomie gimnazjalnym. Moje zadanie polegało na rozłożeniu możliwie największej ilości zabawek w wejściowym holu, co miało spowolnić wkraczanie Gestapo i umożliwić szybką ewakuację kuchennymi drzwiami nauczycieli i słuchaczy nielegalnych wykładów. Przed Powstaniem chodziłem do przedszkola prowadzonego przez Siostry Urszulanki na Powiślu przy ulicy Gęstej. Każdego rana dzieci szły na modlitwę do kaplicy, ale zapamiętałem szczególny dzień, kiedy Siostra Przełożona zaprowadziła nas do kaplicy i surowo zabroniła spoglądać do tyłu na chór. Oczywiście spojrzałem tam i na chórze stało wielu młodych ludzi, panował podniosły nastrój, a ksiądz miał na sobie czarny ornat. Po latach dowiedziałem się, że była to msza żałobna po śmierci „*Rudego*”, odbitego z karetki więziennej Gestapo podczas słynnej Akcji pod Arsenalem.

Chodziłem do szkoły przy placu Teatralnym i została mi w pamięci egzekucja kilkunastu Polaków przez niemiecką żandarmerię przy ulicy Senatorskiej, naprzeciw Pałacu Prymasowskiego. Z ciężarówki pokrytej plandeką wyładowano zakneblowanych ludzi ze związanymi rękami, ustawiono ich pod ścianą domu i rozstrzelano z karabinu maszynowego; innym więźniom kazano załadować zwłoki na ciężarówkę i oddział żandarmerii odjechał. Idąc ze szkoły do domu, musiałem przejść obok kałuży krwi, co było mocnym przeżyciem dla siedmiolatka.

Wydawana w Warszawie niemiecka prasa podała listę polskich oficerów zamordowanych w Katyniu, a wśród nich był brat mojej matki. Był to mój ukochany wuj, leśniczy w Nagórzycach koło Spały, u niego spędzaliśmy wakacje i często zabierał mnie do lasu na obchód z dubeltówką i z psami, które bawiły się ze mną. Trudno mi było uwierzyć, że już nigdy go nie zobaczę.



Epitafium mojego wuja
na Powązkowskim cmentarzu.

Powstanie Warszawskie

Powstanie zapisało się w mojej pamięci jako niezwykle moment zbratania się mieszkańców kamienicy. Stróż przybijał polską flagę do drążka, zamożni lokatorzy bratali się z poprzednio niezauważanymi biedniejszymi rodakami, śpiewano patriotyczne pieśni i panował nastrój radości w wolnym od Niemców kwartale domów, ograniczonym przez ufortyfikowany narożny dom przy wjeździe na most Kierbedzia (obecnie Śląsko-Dąbrowski) i Wybrzeżu Kościuszkowskim. Euforia patriotyczna nie trwała długo, nie wszyscy chłopcy z AK byli uzbrojeni w rewolwery i wkrótce oddziały własowców wyparli ich, a także mieszkańców domów przy Nowym Zjeździe, podpalając te domy miotaczami płomieni. Po kilku dniach koczowania w fabryce musztardy przy ulicy Źródłowej rodzice postanowili przedostać się na Stare Miasto, które było wówczas w rękach Powstańców. Wierzyli, że Katedra Świętego Jana, gdzie brali ślub i gdzie byłem chrzczony, nie może wpaść w ręce Niemców. Pamiętam, jak nocą staliśmy za rogiem bernardyńskiej dzwonnicy przy kościele Świętej Anny, czekając na przerwę w strzelaniu, aby przeskoczyć przez Krakowskie Przedmieście do powstańczej barykady zamykającej wjazd na ulicę Miodową. Jednakże na Krakowskim Przedmieściu koło figury Matki Boskiej przy skrzyżowaniu z ulicą Bednarską stał czołg, który strzelał ogniem ciągłym w kierunku placu Zamkowego, aby odciąć Powiśle od Starówki. Widziałem, jak ludzie usiłujący przeskoczyć pod ogniem na drugą stronę padali i nielicznym udawało się przebiec. Wtedy moja mama orzekła, że nie mamy szans, aby z moją babcią, ciotką, kuzynką, którą Powstanie zastało u nas, no i ze mną przedostać się na stronę Powstańców.



„Tygrys” stał przed tą figurą i z drzwi kaplicy chłopcy ciskali w niego butelkami z benzyną.

Powędrowaliśmy do domu przy rogu ulicy Bednarskiej i Krakowskiego Przedmieścia, gdzie od frontu jest kaplica i nad nią duży napis „*Res Sacra Miser*”. W tej średniowiecznej budowlu są wysokie piwnice o masywnych łukowych sklepieniach chroniących przed bombami. Mieścił się tam zakład opieki nad nieuleczalnie chorymi prowadzony przez zakonnice. Do piwnic zakonnice przemieszczały obłożnie chorych, a wokół nich koczowały rodziny mieszkańców Powiśla wypartych z zajętych przez Niemców ulic. Kilkunastoletni chłopcy z biało-czerwonymi opaskami na rękawach usiłovali ciskać butelki z benzyną na czołg stojący naprzeciw kaplicy, ale załoga czołgu miała wstrzelany karabin maszynowy na drzwi kaplicy, zza których wybiegał chłopiec z butelką. Żadnemu nie udało się zbliżyć do czołgu, a zwłoki poległych leżały na bruku. Jako dziewięcioletni młodym patrzyłem przez szparę w oknie obłożonym workami z piaskiem na płonąca Książnicę św. Wojciecha po przeciwnej stronie Krakowskiego Przedmieścia i utrwalił mi się w pamięci niesamowity widok palących się książek, unoszonych w górę przez gorące powietrze, a także obraz chłopców usiłujących spalić czołg.

W końcu sierpnia Kałmucy z oddziałów RONA pod niemiecką komendą wyparli Powstańców z tej części Powiśla i wtargnęli do zakładu nieuleczalnie chorych. Scena to była dantejska, chorych rozstrzelano w ich posłaniach, ludność obrabowano, zabierając osobistą biżuterię, obrączki, zegarki i wszystko, co Kałmukom wydawało się wartościowe. Z mogących iść uformowano pochód prowadzony Krakowskim Przedmieściem na plac Piłsudskiego i dalej do Ogrodu Saskiego. Basen fontanny za obecnym Grobem Nieznanego Żołnierza był wypełniony nagimi zwłokami ludzi zabitych i obrabowanych przez Niemców i Kałmuków. W Ogrodzie Saskim Niemcy wybierali ludzi na osłonę czołgów atakujących ratusz i bank po drugiej stronie placu Teatralnego, która była w rękach Powstańców. Dalszy marsz przez płonące miasto prowadził na ulicę Wolską do kościoła, gdzie oddzielono mojego ojca i większość mężczyzn, których wywieziono w nieznanym kierunku. Ten marsz koło domów, z których okien wydostały się płomienie, został mi w pamięci. Moją matkę, babcię, ciotkę, kuzynkę i mnie wywieziono do obozu w Pruszkowie, skąd moją ciotkę i kuzynkę zabrano do Niemiec na roboty.

Tułaczka po Powstaniu 1944-1946

Nas troje wywieziono na wieś pod Głownem i ulokowano wraz z innymi warszawskimi rodzinami u zamożnego gospodarza, który chciał co prędzej się pozbyć nieproszonych gości. Po pewnym czasie moja matka i jedna z wywiezionych kobiet zorganizowały tajne nauczanie dla dzieci mieszkańców wsi. Groziło to karą śmierci, ale pozwalało na wyżywienie nas produktami otrzymywanymi od rodziców tych dzieci. O dziwo, działała poczta i przez kuzynów z Poznania dostaliśmy wiadomość od ojca, że jest w obozie-kamieniołomie Mauthausen, i od ciotki, że pracuje w fabryce części radiowych mieszczącej się w podziemiu wykutym pod skałą w Dresden-Plauen. Nadchodząca zima nie dawała wido-ków na przeżycie we wsi, gdzie nie było dla nas ogrzewanej izby, i matka od-szukała dalekich krewnych w Krakowie. Podróż koleją nie była łatwa w grudniu 1944 roku, ale zdołaliśmy tam dojechać w letnich ubraniach zabranych z domu w sierpniu. W Krakowie był oficjalny zakaz przebywania ludzi z warszawskim meldunkiem w kenkarcie i po kilku dniach nasi gospodarze chcieli się nas po-zbyć. Pamiętam widok niezniszczonego Krakowa, Wawelu z powiewającą nad nim hitlerowską flagą i eleganckiego mieszczańskiego mieszkania, który rażąco kontrastował z obrazami płonącej i bombardowanej Warszawy. Następnym wy-zwaniem była podróż przeładowanym pociągami do Rabki-Zdroju, gdzie mat-ka znalazła krewną, emerytowaną nauczycielkę, która mieszkała razem ze starą matką i zgodziła się nas przyjąć w swoim domu. Domek był zbudowany przez górali z bali uszczelnionych powróżkami skręconymi ze słomy i ogrzewana była tylko kuchnia. Sroga zima 1944 roku powodowała, że w użyczonej nam izbie zamarzała woda, ale życzliwi ludzie pożyczili nam różne okrycia i derki. Matka miała się dorywczyczych prac. Pamiętam, jak pomagała w piekarni i przynosiła cie-pły, pachnący chleb. Pomagała także w gospodarstwie góralskiej rodzinie Balów, którzy mieli mały browar i piwiarnię. Po kilku tygodniach trzeba było zmienić locum i w murowanym domu użyczono nam pokoju z kuchnią. Nie było mebli oprócz drewnianej nary, ale była wielka kaflowa kuchnia, a w komórce drewno na opał. Moim zadaniem było narabianie drewna i rozpalanie pod kuchnią, choć nigdy w życiu nie miałem w rękę siekiery, a trzeba było odrąbać korzenie od mokrej i twardej karpiny. Syn gospodarzy Jurek, dziarski góralczyk, pokazywał mi, jak się piłuje i rąbie drewno, którą to umiejętność opanowałem po dłuższych zmaganiach z twardymi korzeniami. Nieopodal była niemiecka baza transporto-

wa, gdzie parkowały wojskowe ciężarówki napędzane na „holzgas”. Paliwo w postaci pociętych kawałków drewna złożonych na stosie było pilnowane przez wartownika, ale miejscowi chłopcy po ciemku wykradali te kostki drewna. Ja także usiłowałem w ten sposób zaopatrzyć się w drewno do kuchni, choć wartownik strzelał do podkradających się dzieci. W okolicznych górach działała polska partyzantka. Na najwyższym Turbaczu partyzanci mieli stały obóz i w nocy kontrolowali ruch na drogach. Do Rabki przychodzili po żywność, a Niemcy nie wychylali się zza umocnionych budynków. Zbliżał się front, a w czasie największych mrozów odbyła się wielka bitwa w pobliżu Rabki i ranni niemieccy żołnierze byli zwożeni w przypominających łódkę toboganach do szpitala. Pomimo klęski, do końca panował porządek i ewakuacja Niemców odbywała się w zorganizowany sposób.

Wkroczenie Armii Czerwonej

Pierwszym pojazdem Armii Czerwonej wkraczającej do Rabki był zaprzężony w jednego konia chłopski wóz załadowany odzieżą, rowerami, butami, naczyniami kuchennymi, fragmentami mebli. Siedzieli na nim pijani żołnierze, jeden grał na harmonii, drugi trzymał lejce i powoził, a trzeci spał przykryty damskim futrem. Wkrótce nadeszły dalsze oddziały żołnierzy z azjatyckich republik, z okolicznych domów wykwaterowano mieszkańców i zorganizowano ośrodek szkolenia rekrutów. Nadeszły amerykańskie ciężarówki i wielkie czołgi, na których były wymalowane białe litery: USA. Na pytania, co to oznacza, odpowiadano: „*ubit sukinsyna adolfa*”. W miasteczku wywieszono portrety Marksa, Engelsa, Lenina i Stalina oraz czerwone flagi. Stworzono radę narodową, a miejscowi górale twierdzili, że jest obsadzona przez byłych folksdojczów. Powstała milicja i zaczęła aresztowania ludzi, o których mówiono, że pomagają partyzantom, zazwyczaj swoim synom albo krewnym. Ta rada i milicja barykadowały się na noc w budynku zarządu miasta, gdzie w piwnicach przetrzymywano więźniów, bo po zmroku przychodzili z gór partyzanci i kilka razy udało się im odbić uwięzionych kolegów lub rodziców. Nowe władze postawiły pomnik poległych żołnierzy Armii Czerwonej w postaci betonowego obelisku, na którym widniały wielkie pięcioramienne gwiazdy odlane z mosiądzu, ale w nocy obelisk został wysadzony w powietrze, natomiast pojawiły się w sklepikach góralskie ciupagi z błyszczącą mosiężną siekierką. Jak większość chłopców bawiłem się bronią i amunicją porozrzucaną po polach i pamiętam opo-

wieść, jak to jeden z górali próbował „przeffukać” zapchany komin w swoim domu, wkładając do pieca kostki trotylu. Eksplozja rozwaliła nie tylko komin, ale i ściany domu z bali, co było tematem do rozmów w miasteczku.

Przy szkole powstała drużyna harcerska i choć nie było jeszcze mundurków, to harcerze nosili chusty i lilijki na czapkach. Na zbiórkach śpiewano harcerskie piosenki, a także „*Marsz Mokotowa*”, „*Pałacik Michla*” i panował nastrój patriotyczny. Kilku harcerzy pojechało do Gdyni na jacht „*Generał Zaruski*”, ale jacht odwiedzał Szwecję i część załogi pozostała w tym kraju.

W sierpniu wrócił z obozów Mauthausen i Ebensee mój ojciec, nieco już odkarmiony po dłuższej głodówce. Niezwłocznie pojechał do Warszawy, gdzie kole-dzy poradzili mu, aby nie wspominał o swoim doświadczeniu sędziego grodzkiego, ale poszukał pracy jako radca prawny. Niewielu wykształconych prawników przeżyło wojnę i ojciec został od razu zatrudniony w Ministerstwie Zdrowia, które organizowało się w ocalałym wśród gruzów budynku przedwojennego Zakładu Higieny na Mokotowie przy ulicy Chocimskiej. Z polecenia znajomych ojcu udało się wynająć pomieszczenie na strychu willi w podwarszawskim Milanówku, do którego doprowadzono przedwojenną elektryczną kolej dojazdową EKD. Razem z matką i babcią pojechalśmy do Milanówka, dokąd wróciła z obozu w Dresden-Plauen moja ciotka, niestety z zaawansowaną gruźlicą, na którą wówczas nie było leków. Na jesieni 1945 roku rodzice zabrali mnie do Warszawy i poszliśmy ścieżką wśród gruzów na Powiśle, zobaczyć, co zostało z mieszkania przy Nowym Zjeździe. Dom stał, ale wewnątrz było wypalone, a w dawnym salonie leżały na podłodze struny spalonego fortepianu. Obraz Starego Miasta został mi w pamięci jako wąwozy wśród gruzów, tam gdzie kiedyś były ulice. Pomimo nader trudnych warunków bytowania w spalonym mieście otworzono Bibliotekę Narodową w gmachu przedwojennej Szkoły Głównej Handlowej przy rogu ulicy Rakowieckiej i Alei Niepodległości i tam moja matka z dyplomem uniwersyteckiej polonistyki została zatrudniona w dziale zbiorów nowych. Było to znakomite miejsce pracy, bo kadre stanowili nieliczni przedwojenni bibliotekarze, i matka pracowała tam jako kustosz przez wiele lat aż do emerytury.

W pierwszych powojennych latach pensje nie miały większego znaczenia, bo podstawą egzystencji były tak zwane deputaty składające się z darów UNRRA, głównie amerykańskich paczek żywnościowych CARE, odzieży, sprzętu domowego, szpitalnych łóżek, koców, materaców. Na początku 1946 roku ojciec

dostał mieszkanie w odremontowanej kamienicy przy uliczce Kujawskiej, tuż obok gmachu zajmowanego przez Ministerstwo Zdrowia. Po latach tułaczki to pachnące świeżą farbą mieszkanie, z bieżącą wodą, światłem, kuchnią i łazienką wydawało się nam spełnieniem marzeń.

Szkoła podstawowa oraz warszawska drużyna harcerska 1946-1948

Przez nasze nowe mieszkanie przewijały się dziesiątki osób wracających z niewoli, wychodzących z leśnej partyzantki i pamiętam kuzyna, który był oficerem 27. Wołyńskiej Dywizji AK i do Warszawy przyjechał w mocno podniszczonym przedwojennym oficerskim mundurze. Pomimo starań lekarzy zmarła moja ciotka, chorująca na gruźlicę nabytą podczas niewolniczej pracy w ociekających wodą podziemnych korytarzach niemieckiej fabryki lamp radiowych.

Rok szkolny 1946/1947 zacząłem w szkole podstawowej przy ulicy Narbutta, gdzie reaktywowano drużynę harcerską imienia Władysława Łokietka i tam spotkałem Jacka Kijkowskiego i Wojtka Dziedzica, z którymi przyjaźń zawarta w 1946 roku trwa do dziś.

Jako wydarzenie pamiętam paradny marsz naszej drużyny harcerskiej z Mokotowa na plac Krasińskich, gdzie uroczyście witano Stanisława Mikołajczyka, który przyjechał z Londynu jako członek Rządu Jedności Narodowej. Na placu Krasińskich zebrały się wszystkie warszawskie drużyny harcerskie ze sztandarami i z trębaczami, a w odkrytym samochodzie stał Mikołajczyk i wygłaszał patriotyczne przemówienie. Jednak okazało się, że w gruzach wokół placu rozmieszczone były uzbrojone oddziały milicji i korpusu bezpieczeństwa.

Wiązano wówczas z Mikołajczykiem ogromne nadzieje stworzenia niepodległej Polski, które okazały się płonne po sfałszowanych wyborach, gdzie jego Polskie Stronnictwo Ludowe oczekiwało większości w Sejmie, a uzyskało znikomą liczbę mandatów. Jak się później dowiedziałem, organa przygotowujące wybory kierowały się zasadą przypisywaną Stalinowi: „*Nieważne jak ludzie głosują, ważne kto liczy głosy*”.

O naszym drużynowym i przybocznym mówiono, że brali udział w Powstaniu, a harcerskie biwaki w lasach kabackich i chojnowskich były organizowane według skautowskich zasad, były ogniska i gawędy o wciąż żywych w pamięci wojennych zmaganiach z Niemcami w partyzantce, w Powstaniu, o polskich lotnikach, którzy przyczynili się do rozbicia Luftwaffe nad Anglią, o polskich

marynarzach w konwojach atlantyckich, o pancерnej dywizji generała Maczka i żołnierzach na wschodnim froncie, gdzie służyli pod komendą rosyjskich oficerów.

Do 1948 roku w szkole powszechnej nie odczuwaliśmy nacisku politycznego ze strony władz PRL. System nadzoru nad kształceniem młodzieży jeszcze nie okrzepł, a przedwojenni nauczyciele kontynuowali nauczanie według starych wzorców.

Część 2

Gimnazjum im. Tadeusza Reytana 1948-1952

Miałem szczęście kontynuować naukę w gimnazjum imienia Tadeusza Reytana, którego dyrektor pan Stanisław Ostrowski był przed wojną nauczycielem łaciny, a nasza wychowawczyni pani Jadwiga Odyniec nauczała francuskiego w tym samym gimnazjum przed wojną. Matematyki uczył nas pan Makulec, a potem pan Kozicki, fizyki pan Maciejewski, znakomici pedagodzy z wieloletnią praktyką. Potrafili oni nie tylko przekazać uczniom swoją wiedzę, lecz także zainteresować nauczonym przedmiotem, co rzutowało na wybór kierunku studiów. W olimpiadach z fizyki i matematyki wielu „reytaniaków” uzyskiwało liczące się wyniki, a nagrodę przyznaną przez kuratorium za tak dobre przygotowanie uczniów pan Kozicki przeznaczył na odbudowę warszawskich kościołów. Oczywiście, wywołało to wzburzenie władz kuratorium, jednak dalsze dochodzenie w tej sprawie umorzono, kiedy okazało się, że dwaj synowie pana Kozickiego polegli w Powstaniu.



W roku 1948, kiedy rozpocząłem naukę w tym gimnazjum, istniała jeszcze drużyna harcerska noszącą czarne chusty i kontynuująca tradycję przedwojennej drużyny numer jeden. „Czarna jedyńka” współzawodniczyła z „Pomarań-

czarnią”, noszącą pomarańczowe chusty drużyną przy gimnazjum imienia Stefana Batorego, która była wylęgarnią przywódców Szarych Szeregów podczas okupacji. Niestety, nie zdążyłem już wstąpić do „Czarnej jedynki”, którą władze rozwiązały, a niektórych harcerzy starszego rocznika czekało więzienie.

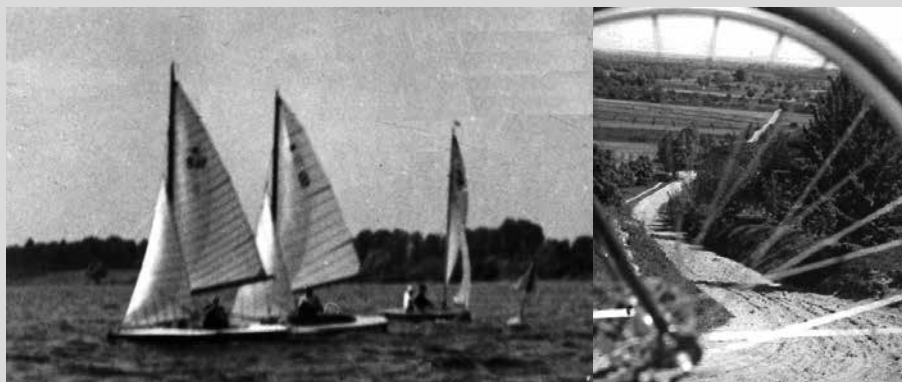
Władze nie podjęły od razu niepopularnej decyzji o likwidacji harcerstwa, ale komunistyczny działacz towarzysz Kuroń stworzył dywersję w postaci „czerwonego harcerstwa”, które miało za zadanie rozłożyć Związek Harcerstwa Polskiego z przedwojenną tradycją i etosem walki z Niemcami podczas okupacji. Organizacja harcerska towarzysza Kuronia cieszyła się poparciem władz, które dostarczały środków na letnie obozy i wydatki organizacyjne, co przyciągnęło różnych działaczy i niezbyt licznych uczestników.

Jednym z przejawów narzuconego przez kuratorium upolityczniania naszego gimnazjum były poranne apele i „prasówki”. Kilku kolegów pasjonujących się elektroniką zbudowało rodzaj radiowęzła z mikrofonem w studiu i głośnikami na korytarzach wszystkich pięter. Uczniowie zgromadzeni na apelu musieli wysłuchać bieżących wiadomości prasowych o sukcesach rolniczych i hodowlanych spółdzielni produkcyjnych, osiągnięciach trójek murarskich w zawodach na największą ilość położonych dziennie cegieł, o ilości ton wydobytego węgla wysyłanego do Rosji, a także o oficjalnej wizycie pierwszego sekretarza komunistycznej partii Mongolii towarzysza Cedenbała w Belwederze.

W naszej klasie był kolega o nazwisku Łoś, który niesłuchanie gorliwie pełnił funkcję spikera tej gimnazjalnej rozgłośni i któregoś dnia usłyszeliśmy z głośników okrzyk jednego z obsługujących radiowęzeł uczniów: „Łoś, nie rwij się do mikrofonu, bo smród na głośniki idzie!”. To nieprzewidziane wprowadzenie ożywiło słuchaczy nudnawej „prasówki”, ale dochodzenie, kto ośmielił się tak urozmaicić jej program, nie dało wyników. Od tej pory nabrałem trwałego wstrętu do „prasówek” i wysłuchiwania komentarzy o prasowych doniesieniach.

W gimnazjum byłem w tej samej klasie z Wojtkiem Dziedzicem, który pasjonował się żeglarstwem w Lidze Morskiej i wprowadził mnie na przystań na Cyplu Czerniakowskim. Wkrótce zlikwidowano Ligę Morską, a powstała Liga Przyjaciół Żołnierza na wzór sowieckiego DOSSAF-u. Z mojej perspektywy niewiele się zmieniło na przystani. Wojtek został sternikiem i startował w regatach na „słońce”, a mnie wziął jako załogę. Pływaliliśmy po Wiśle, gdzie trzeba było nauczyć się manewrowania pod żaglami na silnym prądzie, a także na mazur-

skich jeziorach, biorąc udział w mistrzostwach Polski. W LPŻ-owskiej sekcji żeglarskiej większość stanowili chłopcy z robotniczych rodzin z Pragi, ale był także magister dwóch fakultetów, lekarz, a także zawodowi działacze dbający o paramilitarny profil szkolenia.



Żeglarskie Mistrzostwa Polski - „słonki” na boi zwrotnej.

Rowerowe wyprawy po Polsce.

Przedwojenny styl harcerstwa nie mógł być oficjalnie zaakceptowany w naszym gimnazjum, ale stworzyliśmy nieformalną grupę chłopców organizującą rowerowe wyprawy krajoznawcze po Polsce. W trudnym okresie powojennym naszych rodziców nie było stać na wiele więcej niż nabycie roweru i opłacenie minimalnych kosztów żywności w czasie tygodniowej wycieczki. Noclegi na ogół były w przygodnych stodołach, których właścicielom trzeba było się odwdziżyć, na przykład pracując na siewkarni, bądź grabiąc siano. Czasami można było skorzystać ze schroniska PTTK, a czasami spaliliśmy w lesie „pod pałatką”. Przy ogniskach toczyły się rozmowy o tym, co widzieliśmy, podróżując po różnych częściach kraju.

Przed maturą do gimnazjum wprowadzono Związek Młodzieży Polskiej (ZMP), będący zlepkiem komunistycznego Związku Walki Młodych, Związku Młodzieży Wiejskiej „Wici”, no i na dodatek harcerstwa. To ostatnie było niechcianym i mocno podejrzanym składnikiem tej stworzonej przez PZPR organizacji. Nasza wychowawczyni nieformalnie i wbrew własnym przekonaniom zaleciła swoim wychowankom zapisywanie się do ZMP, „*bo to wam pomoże dostać się na studia*”. Ku naszemu zdziwieniu przewodniczącym ZMP w klasie został Jacek Krzemiński, którego ojciec był przed wojną zawodowym oficerem reno-

mowanego pułku kawalerii, choć było w klasie dwóch uczniów, których rodzice pracowali w milicji i w służbie bezpieczeństwa.

Wiążą się z tym moje dalsze losy. Mieliśmy bardzo kiepską nauczycielkę polskiego, która przed wojną nauczała w szkole powszechnej w małym miasteczku na Kresach Wschodnich. Podczas aneksji wschodniej Polski przez Sowieców została wywieziona wraz ze swoją matką do Kazachstanu, gdzie przeżyła ponoć dzięki temu, że zgłosiła się na kandydatkę do WKP(b). Po wojnie, repatriowana do Polski już jako komunistka, została przez kuratorium skierowana do „reakcyjnego” gimnazjum im. Reytana w ramach planu zastępowania przedwojennego składu nauczycielskiego. Jako nauczycielka nie miała nam nic do zaoferowania, bo jej znajomość polskiej literatury nie wykraczała poza poziom szkoły powszechnej, natomiast na spotkaniach rady pedagogicznej występowała jako przedstawicielka władzy. Uczniowie jak zwykle przypisywali nauczycielom „ksywki” na ogół życzliwe, będące skrótem nazwiska, ale panią Tucewicz nazywano „Tuca-pluskwa”. Oczywiście nie było to używane poza uczniowską czeredą, ale pewnego dnia nasz matematyk pan Makulec, wchodząc do klasy wzburzony po zebraniu rady pedagogicznej, powiedział: „Muszę wam przyznać, że wybraliście dla tej pluskwy odpowiedni pseudonim”.

Po wojnie brakowało podręczników do nauki polskiego w gimnazjum, ale moja mama pracowała w Bibliotece Narodowej i wypożyczała książki z bibliotecznych zbiorów do użytku w gimnazjum, tak że mieliśmy dostęp do dzieł Mikołaja Reja z Nagłowic, uczyliśmy się trenów Kochanowskiego i z zapalem czytaliśmy wojenne przygody pana Paska. Do lektury w domu mama przynosiła w tajemnicy książki z działu prohibitów, które uzupełniały oficjalnie nauczaną historię współczesną. Czytając taką nieoficjalną biografię Lenina, znalazłem passus, że w czasie pobytu w Karlsbadzie (teraz Karlowe Wary) zaraził się syfilisem od miejscowej prostytutki i to było przyczyną jego późniejszej śmierci. Oficjalna wersja historii podawała bohaterską śmierć tego wodza rewolucji od kuli zamachowca. Jak to się szesnastolatkom zdarza, podzieliłem się tą nowiną z kolegami, mówiąc: „*Wiecie, Lenin złapał syfa w Karlsbadzie i od tego umarł?*”. Nie było to zbyt mądre, ale na pozór nikt nie przywiązywał wagi do tej sensacyjnej informacji.

Po maturze w 1952 roku zdawałem egzamin wstępny na Wydział Elektryczny Politechniki Warszawskiej, z matematyki i fizyki miałem bardzo dobre oceny. Nie było to trudne, bo wielu kandydatów przystępujących do eg-

zaminu kończyło szkoły w mniejszych miejscowościach, gdzie skład kadry nauczycielskiej nie mógł konkurować z naszym renomowanym gimnazjum. Natomiast decydujący był egzamin z „*Wiadomości o Polsce współczesnej*” w Małej Auli Politechniki, nazywanej wówczas gabinetem marksizmu-leninizmu, gdzie przy długim, przykrytym czerwonym materiałem stole siedziała komisja ubrana w ZMP-owskie zielone koszule i czerwone krawaty. Miała przed sobą teczkę z danymi każdego kandydata, zawierającą także opinię z lokalnej komórki ZMP lub PZPR. Na początek zauważono, że nie należę do ZMP i zapytano dlaczego, a moja odpowiedź, że działałem w harcerstwie, nie zrobiła dobrego wrażenia. Następne pytanie dotyczyło tego, czym się zajmował mój ojciec przed wojną, a wreszcie „*na co umarł towarzysz Lenin?*”. Na Politechnikę mnie nie przyjęto z powodu braku miejsc, a moje próby dotarcia do członków komisji z gabinetu marksizmu-leninizmu wyjaśniły, że opinia o mnie wydana przez ZMP w naszej klasie gimnazjalnej opisywała dzielenie się z kolegami przyczyną zgonu wodza światowej rewolucji. Dano mi także dobrą radę, abym „*zmienił oblicze*”. Niemal wszyscy moi koledzy dostali się na studia, a ja nie wiedziałem, jak się zmienia oblicze. Dalsze poszukiwania doprowadziły mnie do bardziej szczegółowego sposobu przeprowadzenia takiej zmiany: *trzeba mieć skierowanie na studia i poparcie z socjalistycznego zakładu pracy od miejscowej komórki ZMP lub PZPR.*

Warsztat mechaniczny w Zakładach Wytwórczych Lamp Elektrycznych im. Róży Luksemburg

Dzięki protekcji męża mojej stryjenki zostałem zatrudniony w dawnej fabryce Telefunkena przy ulicy Karolkowej na Woli, w charakterze pomocnika tokarza. Nigdy w życiu nie widziałem tokarni, a w gimnazjum o profilu klasycznym nie mówiono o obróbce metali przy użyciu frezarki, strugarki, palnika acetylenowego. W warsztacie pracowało kilku doświadczonych ślusarzy, frezerów i tokarzy oraz chłopcy z robotniczych rodzin, którzy niechętnie widzieli gimnazjalistę, co łamie wiertła, nie potrafi pracować pilnikiem, nie umie wytoczyć gwintu i psuje materiał. Nie byli skłonni pokazywać mi swoich sposobów działania, ale cieszyli się ze wszystkich moich potknięć. Okazało się, że większość chłopców należy do zakładowego klubu sportowego „Stal”, do sekcji bokserskiej i ich rozmowy obracały się wokół treningów i zawodów. Postanowiłem wziąć byka za rogi i za-

писаłem się do tej bokserskiej sekcji, gdzie przez pierwsze tygodnie służyłem jako worek treningowy do ćwiczenia sierpowych i prostych. Wraciałem do domu z uchem rozbitym na kalafior, nosem rozkwaszonym i podbitym okiem ku rozpaczy moich rodziców. Z wolna zacząłem poznawać bokserskie ciosy, a nasz instruktor postanowił wystawić mnie w wadze muszej do zawodów między „Różą Luksemburg” a „Kasprzakiem” i bardzo starannie przygotowywał mnie do tego pojedynku. Okazało się, że mój przeciwnik z drużyny „Kasprzaka” po jednej rundzie wycofał się, co uznano za moją wygraną, choć wcale nie byłem o tym przekonany. Zakwalifikowałem się na zimowisko w Karpaczu dla drużyny zakładowego klubu „Stal”. Zakwaterowani w poniemieckiej willi trenowaliśmy boks. W wolnym czasie chłopcy próbowali jeździć na drewnianych nartach z wiązaniami ze skórzanych pasków, które leżały w piwnicy naszej willi, ale żaden z nich nie miał wcześniej nart na nogach i niespodziewanie stałem się honorowym instruktorem narciarstwa, korzystając z nabytych w Rabce umiejętności. Podczas zimowiska byliśmy wizytowani przez przedstawicielkę dzielnicowego oddziału ZMP na Woli, która zaniepokoiła się, że wśród robotniczej braci jest taki jeden, co do ZMP nie należy. Kruczowłosa, o niecałkiem aryjskim profilu działaczka postanowiła naprawić ten błąd i zaraz po powrocie z zimowiska zostałem wezwany na zebranie ZMP w fabryce, gdzie w obecności całej młodzieży zostałem jednogłośnie wciągnięty na członka, według ówczesnej *parlance*.

Jedno z przeżyć w warsztacie dotyczyło zanieśienia do kuźni materiału na noże tokarskie i odebrania odkutych i zahartowanych noży od kowala. Kowal miał skórzany fartuch i rękawice oraz ogromny młot i szczypce, wkładał materiał do koksowego paleniska, chwycił szczypcami rozgrzany do czerwoności metal i na kowadle formował młotem nóż kowalski. Byłem zafascynowany tą procedurą, a kiedy kowal krzyknął do mnie „*łap!*” i rzucił trzymany w szczypcach już ciemny, ale nadal gorący nóż, nie zorientowałem się i złapałem go gołą ręką. Niemiły zapach palonej skóry i piekący ból uświadomił mi, że to jest żart kowalski, zwyczajowo stosowany dla takich jak ja żółtodziobów. Moi koledzy pracujący jako pomocnicy ślusarza, tokarza, szlifierza, spawacza bądź kowala musieli zdawać egzaminy czeladnicze, które oprócz praktyki zawodowej wymagały pewnej znajomości matematyki. Zasadniczą trudność stanowiło dla nich rozwiązywanie równań z jedną lub dwoma niewiadomymi, a przerażało obliczanie przeciwprostokątnej trójkąta prostokątnego. Widząc ich bezradność, zostawałem po godzinach z kolegami w zakłado-

wej świetlicy i udzielałem honorowo lekcji na poziomie szkoły powszechnej albo pierwszej klasy gimnazjum. Wówczas zmienił się ich stosunek do mnie, pomagano mi w ustawianiu trybów na tokarni dla nacięcia gwintu, trzymaniu palnika tak, aby zespawać, a nie przepalić łączone blachy i w nabyciu wielu innych cennych umiejętności. Raz przydybał mnie przewodniczący zakładowego ZMP na wieczornych lekcjach matematyki z kilkoma chłopcami. Najpierw ucieszył się, że znalazł wroga klasowego indoktrynującego młodzież robotniczą, ale moi uczniowie chcieli zaraz mu dać po mordzie i wytłumaczyli „w czom dieło”. Co więcej, panowała wówczas moda na podejmowanie zobowiązań produkcyjnych z okazji śmierci Stalina i trzeba było wystąpić przed mikrofonem radiowęzła, przemawiając do wszystkich głośników w fabryce w imieniu zespołu podejmującego takie zobowiązanie. Nikt z robotniczej wiary nie chciał wystąpić publicznie i zobowiązywać się do takiej roboty, ale zgodnie zdecydowano, że to ja mam przemawiać w ich imieniu, ale w taki sposób, żeby usatysfakcjonować PZPR i ZMP, ale nie dać się wpędzić w czyn stanowiący rzeczywistą dodatkową pracę. Odpowiednio poinformowany co do przedmiotu i zakresu zobowiązania dałem się poznać załodze i partyjnym władzom jako delegat warsztatu, który w czynie ma wykonać ileś tam elektrod do zgrzewarki punktowej oraz panewek do taśmociągu przenoszącego lampy do pieca.

W czerwcu, ponownie starając się o przyjęcie na Wydział Elektryczny, złożyłem papiery wraz ze skierowaniem na studia i mocnym poparciem właściwych organów fabryki imienia Róży Luksemburg. Jak poprzednio, nie miałem kłopotów z matematyką i fizyką, ale do najważniejszego egzaminu przygotowałem się starannie. Na „giełdzie” pod drzwiami dowiedziałem się, że pierwsze pytanie brzmi: „czy kolega czyta prasę?”, jako przygotowanie do dalszych indagacji o prasowych doniesieniach. Po wejściu do Małej Auli w mocno złachanym ubraniu z warsztatu na to sakramentalne pytanie odpowiedziałem: „nie cytom”. W pierwszej chwili komisja zaniemówiła, ale spytano mnie: „a dlaczego kolega nie czyta prasy?”, na co miałem przygotowaną odpowiedź: „bo nad mojom maszynom głośnik wisi”. Był to strzał w dziesiątkę, po przeczytaniu rekomendacji z fabryki uznano, że to jest rzeczywisty członek klasy robotniczej. Jednakże w gronie komisji była bardziej rozgarnięta działaczka ZMP, która w mojej teczce znalazła maturę od „Reytana” i zaczęła drążyć ten temat. Jednakże większość komisji była już przeświadczona o autentyczności robotnika z Woli i przeszedłem zwycięsko tę próbę „zmiany oblicza”.

Studia na Wydziale Elektrycznym 1953-1958

Z perspektywy czasu muszę przyznać, że mieliśmy szczęście, bo większość naszych profesorów była wykształcona przed wojną na Politechnice Warszawskiej, Lwowskiej albo w Zurychu, Berlinie, Grazu, a także w Akwizgranie. Mieli oni za sobą tradycyjną szkołę matematyki, fizyki, elektrotechniki, a co więcej - wielu pracowało w przemyśle w Niemczech, w Szwajcarii, w Szwecji i w przedwojennej Polsce. Wynikało to po trosze z ówczesnej polityki kadrowej, która nie pozwalała tak niepewnym politycznie fachowcom na pełnienie odpowiedzialnych funkcji w socjalistycznych zakładach pracy, ale nie zamykała przez nimi drzwi do szkolnictwa na poziomie uniwersyteckim.

Wśród moich kolegów znakomitą większość stanowili zdolni i pracowici studenci mieszkający w domu akademickim. Jednakże niejaki Zadora na spotkaniu świeżo upieczonych studentów oznajmił: „*Będę waszym partorgiem*”. Nie wiedziałem, co to jest „*partorg*”, ale objaśniono mi, że jest to organizator komórki partyjnej na naszym roku. Kolokwia z matematyki były znakomitym probierzem oddzielającym rzeczywistych studentów od osób wyznających hasło PRL: „*Nie matura lecz chęć szczerą robi z Ciebie oficera*”. Z przyjętych na pierwszy rok około 300 studentów na drugim roku było już tylko 180.

Pamiętam nader aktywnego działacza ZMP, który chciał się przenieść z Wydziału Elektrycznego na Wydział Łączności, słusznie rozumując, że jest to bardziej obiecująca dziedzina w nadchodzących czasach. Aby zademonstrować swoją gorliwość, jako przewodniczący ZMP wzywał nas po kolei i pytał o numer legitymacji ZMP, który jego zdaniem trzeba było znać na pamięć. Organizował czyny społeczne i za zasługi uzyskał to upragnione przeniesienie na „lepszy” wydział.

Studenci z Korei

Mieliśmy także kolegów z Korei Północnej, którzy za zasługi na froncie podczas wojny byli wysłani na studia do bratnich krajów obozu socjalistycznego. Na początku nie bardzo umieliśmy ich odróżnić, bo na pozór wyglądali jednakowo. Jednak okazali się bardzo zróżnicowani, pomimo że większość Koreańczyków nosi nazwisko Kim, Park albo Lee, i ważne było zapamiętanie imion, a nie nazwisk. Pamiętam Czunga i Janga (chyba tak się wymawia te imiona). Pierwszy z nich pochodził z biednej rodziny, jego ojciec był drwalem i powalone w górach drzewa spławiał do tartaku, a syn znał kilka języków: japoński, niemiecki i rosyjski, ten ostatni lepiej od nas. Szybko nauczył się polskiego i bez problemu radził

sobie z wykładami i egzaminami. Miał dobry słuch i nieźle śpiewał. Jang pochodził z rodziny mieszczańskiej, miał dobre maniery i czasem przychodził do mnie do domu na obiad. Potrafił prowadzić towarzyską rozmowę i miał dość rozległą wiedzę o historii i geografii Europy, interesował się europejską literaturą. Kiedyś poprosił mnie o wywołanie filmu 35 mm, który miał w aparacie stanowiącym jego zdobycz wojenną. Amatorsko zajmowałem się fotografią i miałem „korex” do wywoływania filmów, więc wyciągnąłem z aparatu rolkę filmu i po wywołaniu ze zdumieniem zobaczyłem serię zdjęć czarnoskórych żołnierzy amerykańskiej piechoty na froncie, a w dalszej części filmu zdjęcia Koreańczyków, dziewcząt i dorosłych ludzi w mieście. Na pytanie, czemu nie dał do wywołania tego filmu w Korei albo u fotografa w Warszawie, odpowiedź była wymijająca, ale wynikało z niej, że wolał, aby niepowołane oczy nie widziały zwłaszcza zdjęć jego rodaków. Komisarzem politycznym tej grupy był Kim, który starał się kontrolować myśli i czyny swoich kolegów, a po polskim Październiku 1956 uznał, że w Polsce wzięły górę elementy kontrrewolucyjne i starał się ograniczać kontakty z polskimi studentami.

Jako anegdotę wspominam ćwiczenia w laboratorium maszyn elektrycznych w dawnej auli Gmachu Fizyki, które odrabialiśmy w trójosobowych grupach, mierząc charakterystyki obciążenia prądnic i momenty silników przy zastosowaniu regulowanych oporników wodnych. Taki opornik składał się ze stalowej beczki wypełnionej wodą, do której zanurzało się stopniowo dwie elektrody, regulując w ten sposób rezystancję między nimi. Wśród koreańskich kolegów, którzy w większości opanowali polski język i byli dobrymi studentami, była jedna dziewczyna Gogum Sok, która miała duże kłopoty ze zrozumieniem tego, co się do niej mówiło i nie bardzo mogła się wysłowić, poza najprostszymi zwrotami. Nikt nie chciał tak mało przydatnej partnerki do odrabiania laboratoryjnych ćwiczeń, ale prowadzący laboratorium asystent, widząc bezradną Koreankę, przydzielił ją „na czwartego” do naszej trójki. Charakterystyka obciążeniowa silników znacznie wykraczała poza jej wiedzę i nie było sposobu wyjaśnienia w krótkim czasie ćwiczeń, co należy robić, więc dałem Gogum Sok kawałek drewna i pokazałem jak mieszać wodę w oporniku, aby się czymś zajęła i nie stała nieruchomo, co przyciągało uwagę prowadzącego asystenta. Trzeba przyznać, że mieszała wodę starannie i cieszyłem się, że skończymy ćwiczenie o czasie, ale galerią wokół auli przechodził profesor Latek, kierownik Katedry Maszyn Elek-

trycznych, człowiek o wielkiej wiedzy i doświadczeniu, znakomity wykładowca tego przedmiotu. Jego uwagę przyciągnęła Koreanka mieszająca wodę w oporniku, bo czegoś takiego nie widział w swojej zawodowej karierze. Nie muszę dodawać, że finał tego wydarzenia nie był dla mnie przyjemny i musiałem wysłuchać pouczeń o obowiązku pomagania słabszym studentom, aczkolwiek wysłuchując pokornie reprimendy, widziałem nieznaczny uśmiech na twarzy profesora.

Bliższe kontakty nawiązałem z kilkoma kolegami, wśród nich Jurek Dąbrowski dzielił moją pasję do żeglarstwa, Kazik Malanowski imponował mi znakomitą znajomością wyższej matematyki i miał zbliżone do moich poglądy na temat otaczającej nas rzeczywistości. Niezwykłą postacią był Georges Borenstein, który po wojnie przyjechał do Polski z Francji, z domu opieki nad osieroconymi w czasie wojny dziećmi z żydowskich rodzin. W domu i w gimnazjum uczyłem się języka francuskiego i korzystałem z okazji francuskiej konwersacji z „*Żordżem*”, bo tak spolszczano jego imię. Żordż miał niewyczerpany zasób „złotych myśli” na każdą okazję, wiele z nich wynikało z wiedzy życiowej gromadzonej przez tysiąclecia. Zapamiętane przeze mnie przykłady to: „*jak ta praca nie jest trzy razy sprzedana, to ona nie jest zrobiona*”, „*jak ja mam płacić, to ja wolę nie płacić*”, „*je-den gram handlu to lepsze niż tona pracy*”, „*w handlu nie ma gniewu, w handlu jest ryzyko*”, „*Ryszek, trzeba się kręcić*”. Zachwycało mnie także dialektyczne podejście Żordża do wykładów prowadzonych przez szefa katedry marksizmu-leninizmu, niejakiego Berlera, który lubił na egzaminie powiedzieć do przerażonego studenta: „*wy jesteście mieńszewikiem, a ja bolszewikiem, i brońcie swoich racji*”, a poza tym przyczynił się do dyscyplinarnego usunięcia z uczelni kilku studentów, podsłuchując rozmowy, w których nieostrożnie wyrażali swoje polityczne poglądy. Żordż uważał, że skoro Berlerowi dobrze płacą, to czemu on nie ma być bolszewikiem. Po dojściu do władzy Gomułki na Politechnice zlikwidowano Katedrę marksizmu-leninizmu, a tłum studentów podnieconych Październikową atmosferą wolności zorganizował wiec w Dużej Auli i wyciągnięto Berlera na podium. Atmosfera była napięta, rozlegały się głosy: „*teraz mu dołożymy*” i groził mu lincz. Wtedy Berler poprosił o głos, tłum przycichł, a on powiedział: „*Ja was bardzo przepraszam, bo nieprawdą jest, że przed wojną organizowałem robotnicze strajki w Zagłębiu. Przed wojną miałem rybny sklep przy ulicy Gęskiej w Warszawie*”. Był to majstersztyk doświadczonego mówcy, bo wiara ryknęła śmiechem i kopniakami wyrzucono go z auli. Wkrótce po tym zdarzeniu Berler

wypowiadał się na temat polskiego Października w rozgłośni „Głosu Ameryki”, już jako ekspert do spraw Wschodu przy University of California. Żordż krótko skomentował to zdarzenie: „*A nie mówiłem, że to świetny dialekt*”. Był to krótki okres, kiedy nie egzekwowano zaliczenia marksizmu-leninizmu w studenckim indeksie i można było w toalecie zwodować ZMP-owską legitymację, co kilku z nas uczyniło grupowo.

Nasi profesorowie

Należy pamiętać o naszym głównym zajęciu: studiowaniu świetnie wykładanych przez profesora Kotowskiego podstaw elektryki, który uczył nas twierdzenia Gaussa-Ostrogradskiego i tłumaczył sens wektora Poyntinga-Umowa, mrużąc oko przy nazwiskach rosyjskich uczonych, którym przypisywano autorstwo podstawowych twierdzeń i pojęć elektrotechniki. Niemniej, jako podręcznik służyła nam znakomita książka rosyjskiego profesora Karola Kruga, w polskim przekładzie. Podręcznik matematyki autorstwa profesora Pogorzelskiego, pięknie wydany po polsku w szwedzkim wydawnictwie jako dar dla zniszczonych wojną wyższych uczelni, służył nam przed egzaminami u profesora Hampla, który był nie najlepszym dydaktykiem, ale świetnym i zamiłowanym znawcą matematyki. Fascynujące naszą wyobraźnię były wykłady profesora Zarankiewicza, twórcy Polskiego Stowarzyszenia Astronautycznego, który przy tablicy obliczał prędkość rakiety wymaganą dla opuszczenia sfery przyciągania ziemskiego. Wprowadzał nas w pojęcia mechaniki teoretycznej, takie jak więzy, naprężenia i reakcja, dodając: „*ale nie czarna*”. Elektrotechnikę teoretyczną wykladał profesor Cholewicki, tłumacząc studentom pojęcia pola elektrycznego: gradientu, dywergencji i rotacji, które były trudne do ogarnięcia w przypadku formalnego zapisu kilku kolejnych takich operatorów. Po dziś dzień pamiętam wykłady o przekształceniu Laplace’a, wzór Heavisida’a i obliczanie residuów funkcji przenoszenia na płaszczyźnie zmiennej zespolonej.

Na kursie magisterskim profesor Kryński uczył nas o przerywaniu łuku elektrycznego w komorze gaszącej wyłącznika, profesor Latek o maszynach wirujących i transformatorach, profesor Podoski o rtęciowych prostownikach do zasilania trakcji elektrycznej, profesor Kolbiński o materiałach izolacyjnych i kablach, profesor Jakubowski o piorunach, przepięciach i koordynacji izolacji wysokonapięciowej, profesor Oleszyński o oświetleniu elektrycznym, fizjologii

widzenia, postrzeganiu kolorów i wyładowczych oraz żarowych źródłach światła. Wykłady z fizyki profesora Szczeniowskiego obejmowały obliczanie stosu atomowego, takiego jak Fermi zbudował na uniwersytecie w Chicago, gdzie po raz pierwszy uzyskano kontrolowaną reakcję łańcuchową i na egzaminie musieliśmy rozwiązywać równanie dyfuzji we współrzędnych sferycznych. Nie jestem w stanie wyliczyć tych znakomitych profesorów, którzy przekazali nam solidną wiedzę, tak potrzebną w zawodowej karierze, i którym tak wiele zawdzięczamy.

Asystentura w Katedrze Wysokich Napięć

W czasie studiów pasjonowałem się żeglarstwem, które w latach 1948-1956 było ograniczone do pływania po jeziorach mazurskich i rzekach, bo wyjście na morze z basenu jachtowego w Gdyni zamykał łańcuch opuszczany przez uzbrojonego żołnierza, na wzór średniowiecznego portu w Bizancjum. Jedynym sposobem żeglowania po morzu było nieco paramilitarne szkolenie w LPŻ na jachcie *General Zaruski*, przemianowanym wówczas na *Młoda Gwardia*, co pozwoliło mi na uzyskanie morskiego stażu pod żaglami w latach 1953-1955.

Po Październiku 1956 roku zniesiono ograniczenia i łańcuch znikł. Perspektywa odwiedzenia portowych miast Skandynawii i dalszych wypraw na Morze Północne stała się realna, jednakże niewiele jachtów morskich i niewielu kapitanów przetrwało wojnę i powojenne lata. Aby uzyskać uprawnienia do prowadzenia morskich rejsów, trzeba było zebrać odpowiednią ilość mil morskich przepływanych pod żaglami i zdać egzamin przed Komisją Polskiego Związku Żeglarskiego w Gdyni lub Szczecinie. Wymagana była wówczas znajomość astronawigacji, locji, budowy jachtu i prawa morskiego wykładanych w Szkole Morskiej.

Przygotowując się do egzaminu, poznałem pana Henryka Ryżkę, który był zastępcą profesora J.L. Jakubowskiego w Katedrze Wysokich Napięć i razem ćwiczyliśmy obliczanie trójkąta paralaktycznego i wyznaczanie pozycji na morzu z gwiazd. Wkrótce po pomyślnym wyniku egzaminu i uzyskaniu patentu jachtowego kapitana żeglugi wielkiej zdawałem egzamin dyplomowy na Wydziale Elektrycznym, który po pięciu latach studiów wydał mi się znacznie łatwiejszy od manewrowania dwumasztowym jachtem pod żaglami i pisania protestu morskiego w „zachodnim języku” w Szczecinie.



Przy kole sterowym w sztormie; na ośrodku żeglarskim PTT; patent kapitana, rok 1958.

Po dyplomie pan Henryk Ryżko zaproponował mi asystenturę w Katedrze Wysokich Napięć, która pozwalała na doksztalcanie się w tym przedmiocie, a także zostawiała sporo wolnego czasu na żeglarstwo.

Widząc potrzebę poszerzenia wiedzy nabytej podczas studiów na Wydziale Elektrycznym, chodziłem na wykłady profesora Smolińskiego z Katedry Podstaw Telekomunikacji i odrabiałem tam ćwiczenia ze wzmacniaczy impulsowych, a także falowodów w laboratorium mikrofalowym prowadzonym przez zaprzyjaźnionych asystentów.

Część 3

Prace zlecane przez instytucje i zakłady przemysłowe

Uposażenie asystentów nie wystarczało na utrzymanie i trzeba było wykonywać prace zlecane Katedrze Wysokich Napięć przez różne przedsiębiorstwa i instytucje. Dochód z takich prac nie mógł przekraczać niewielkiego limitu i często „pożyczano” sobie limit niewykorzystany przez kolegów. Na początku większość zleceń dotyczyła instalacji piorunochronnych, bo była to specjalność profesora J.L. Jakubowskiego.

Zapamiętałem zlecenie na pomiar rezystancji uziomu instalacji piorunochronnej na wysokim kominie młeczarni w miejscowości Mordy. Z kolegą asystentem pojechalśmy tam pociągiem, wyposażeni w odpowiedni mostek, przewody i elektrody. Pomiarzy wykonaliśmy w dwie godziny, ale powrotny pociąg był dopiero po kilku godzinach, więc poszliśmy obejrzeć słynny przed wojną dwór miejscowych ziemian. Dwór był zdewastowany przez różnych użytkowników: szkołę, punkt skupu żywca i jakieś magazyny, a park z wyrąbanymi drzewami dopełniał żałosny obraz niegdyś pięknej rezydencji.



Dwór w Mordach, stan w roku 1959. Niegdyś piękna rezydencja Ciecierskich (rysunek).

Z braku innych obiektów postanowiliśmy zajrzeć do kościoła, w którym były wmurowane w ściany kamienie nagrobne z epitafiami miejscowych szlachciców, a wielu z nich służyło w armii Napoleona. Podszedł do nas ksiądz zaniepokojony obecnością nieznanymi ludźmi ze zwojami przewodów i przyrządami. Po wyjaśnieniu naszej misji w Mordach ksiądz zapytał, czy moglibyśmy sprawdzić instalację

piorunochronną na kościelnej wieży. Nie nastęczało to trudności i wynik pomiaru był zadowalający, a ksiądz chciał nam zapłacić za usługę. Nie wymagał formalnego sprawozdania na blankiecie Katedry, więc odpowiedzieliśmy, że wystarczy „Bóg zapłać”. Zostaliśmy zaproszeni na plebanię, na kolację, która po dłuższym korzystaniu z obiadów w stołówce Politechniki wydała nam się ucztą Lukullusa, a znakomite nalewki na owocach z księżowskiego sadu spowodowały, że przespałiśmy noc na plebanii i nazajutrz ledwo zdążyliśmy na powrotny pociąg.

Inne pamiętne zlecenie nadeszło od najwyższych władz i po zastrzeżeniu tajemnicy państwowej zażądano od Katedry rozwiązania problemu z protokołem dyplomatycznym. Otóż podczas oficjalnych wizyt w Belwederze, w czasie spotkań w sali przyjęć, przy podawaniu ręki przeskakiwała iskra pomiędzy wyciągniętymi dłońmi dyplomatów. Powodowało to nieoczekiwane reakcje tych dostojników i zakłócało program wizyty. Podłogę sali przyjęć pokrywał puszysty dywan ze sztucznego materiału i chodzenie po nim powodowało gromadzenie ładunków elektrostatycznych, co było dla mnie oczywistym źródłem problemu, który rozwiązałem przy współpracy ze sprzątaczką. Problem znikł po zainstalowaniu ceramicznych zbiorników na wodę, tzw. kamionek na kaloryferach i surowym przykazaniu sprzątacze, aby codziennie napełniała je wodą. Jednakże starsi, bardziej doświadczeni koledzy poradzili mi, aby nie traktować lekko zlecenia od tak wysoko postawionych władz i wykonać pomiary potencjału od ładunków statycznych przy różnej wilgotności powietrza, przed i po zainstalowaniu kamionek. Niestety, takich przyrządów nie było w kraju, więc postanowiłem opracować własny prototypowy przyrząd z lampą elektrometryczną, oparty na danych z artykułu opublikowanego w niemieckim *ETZ*.

Przyrząd ten służył nam w Katedrze do wielu prac nad elektrycznością statyczną występującą przy szlifowaniu płyt spilśniionych i jego opis stał się moją pierwszą publikacją w *Przeglądzie Elektrotechnicznym*.



Moja pierwsza publikacja w *Przeglądzie Elektrotechnicznym*.

Przypomniało mi to pierwszą zasadę Żordża Borensteina o pracy, która nie jest zrobiona, jeśli jej nie sprzedano trzy razy.

Profesor Janusz Lech Jakubowski przed wojną był asystentem i doktoryzował się u profesora Drewnowskiego, twórcy Laboratorium Wysokich Napięć przyle-

gającego do Gmachu Elektrycznego Politechniki. Profesor Jakubowski w czasie okupacji ukrywał się u rolnika pana Broniarka na mazowieckiej wsi i w styczniu 1945 roku zgłosił się do nowych władz w Lublinie, gdzie uzyskał pełnomocnictwo na zorganizowanie Głównego Instytutu Elektrotechniki, a także Katedry Wysokich Napięć na Politechnice w zburzonej wówczas Warszawie. Jako działacz partyjny, a później zastępca członka KC PZPR miał poparcie władz, które wykorzystał do zebrania zespołu fachowców, mocno przetrzebionego przez wojnę, do stworzenia szkoły akademickiej kształcącej inżynierów dla odbudowującego się przemysłu. Profesor był pierwszym dyrektorem Instytutu Elektrotechniki, członkiem Polskiej Akademii Nauk, brał udział w międzynarodowym stowarzyszeniu CIGRE, odwiedzał ośrodki naukowe na całym świecie, a poza tym uprawiał nurkowanie w ciepłych morzach, czego bardzo mu zazdrościli asystenci. Napisał książkę pod dość optymistycznym tytułem „*Piorun ujarzmiony*” i miał doskonałe wyczucie tego, co obecnie nazywamy *public relations*.

Co tydzień na zebraniu Katedry, które wówczas prowadził pan Henryk Ryzko, asystenci musieli prezentować wybrany artykuł z fachowych pism zagranicznych, po angielsku, francusku lub niemiecku. Ja zwykle wybierałem publikacje z francuskiej wersji szwajcarskiego biuletynu *SEV*, albo z *IEEE Transactions*, które profesor prenumerował dla biblioteki Katedry, a moi koledzy często prezentowali prace opublikowane w *ETZ*. Kiedyś jeden z asystentów zapytał, czy dopuszczalny jest język słowiański, na co zwierzchność odpowiedziała twierdząco, jeśli to będzie czeski, bo pismo *Elektricheski Obzor* czasem drukowało ciekawe prace. Pomimo krytycznych uwag prowadzących zebranie profesorów o naszej umiejętności publicznych wystąpień w obcych językach, wiele skorzystaliśmy z prezentowania tych streszczeń zagranicznych artykułów przed audytorium Katedry.

Na nasze zebrania zapraszano także pracowników naukowych z Instytutu Elektrotechniki i Energetyki oraz z dawnej fabryki Szpotańskiego w Międzyzlesiu i na Grochowie. Takie referaty pokazywały problemy związane z konstrukcją i technologią produkcji przekładników WN, kondensatorów energetycznych, wyłączników małoolejowych, styczników i odgromników. Co pewien czas profesor Jakubowski zapraszał zagranicznych naukowców, takich jak: prof. Kostenko z Leningradu, prof. Meek z Liverpoolu, prof. Avramescu z Bukaresztu, dr Feser z Bazylei. Kiedyś, po powrocie z konferencji CIGRE, profesor Jakubowski pre-

zentował tematy poruszane w czasie obrad i własne przezrocza z Paryża. Przezrocza były wyświetlane w zaciemnionej sali wykładowej i przedstawiając panoramę miasta z wieży paryskiej katedry Notre-Dame, profesor powiedział, że obok widocznej na zdjęciu rzeźby maskarona stoi jego małżonka, a jakiś źle wychowany, anonimowy słuchacz dodał teatralnym szeptem: „z lewej”. Trzeba oddać profesorowi, że zamiast wszczać dochodzenie „kto to powiedział?”, wybuchnął śmiechem.

Wyprawa dookoła świata pod żaglami

Przy Zarządzie Głównym PTTK powstał Klub Morski i kapitan Kazimierz Klimaszewski, który przed wojną żeglował pod generałem Zaruskim na harcerskim jachcie *Zawisza Czarny*, uzyskał poparcie władz państwowych dla organizowania żeglarskiej wyprawy dookoła świata. Miała to być promocja polskiej bandery za oceanem z okazji tysiąclecia Polski i podjęto budowę jachtu *Polonia* w szczecińskiej stoczni na Dąbiu. Załoga miała się składać z pięciu żeglarzy, wyłonionych po rejsie próbnym do Anglii i Francji z dziesięciu kandydatów. Byłem jednym z nich i przypadło mi zadanie nadzorowania w stoczni budowy jachtu, która rozpoczęła się w końcu kwietnia 1959 roku. Moją grupę studencką połączyłem z grupą prowadzoną przez zaprzyjaźnionego asystenta, przekazując mu mój limit prac zleconych do wykorzystania i pojechałem do Szczecina.

Aby zakwalifikować nowy jacht do oceanicznej żeglugi, Polski Rejestr Statków wyznaczył inspektora w osobie kapitana Konstantego Maciejewicza, legendarnej postaci w kręgach ludzi morza. Kapitan Maciejewicz zaczął karierę w carskiej flocie, po pierwszej wojnie prowadził *Dar Pomorza* z uczniami Szkoły Morskiej w rejsie dookoła świata i miał za sobą ogromną praktykę morską nabytą w rejsach po wielu morzach i oceanach. Zaglądał regularnie do stoczni i sprawdzał plany jachtu skonstruowanego przez inżyniera Tumiłowicza, właściciela stoczni jachtowej w Gdyni, która przed wojną zbudowała, między innymi, serię świetnych jachtów *Konik Morski* według jego konstrukcji. Osiemdziesięcioletni kapitan Maciejewicz starannie sprawdzał pracę stoczniowych skutników i starałem się być mu przydatny do pomocy przy różnych codziennych zadaniach, a on lubił w wolnych chwilach opowiadać o swoich morskich rejsach. Ponadto udzielał mi, przyszłemu

uczestnikowi oceanicznego rejsu pod żaglami, przyjacielskich porad. Jedną z wielu rad, jaka zapadła mi w pamięci, brzmiała tak: „*Jak ci ktoś mówi, że się zarazisz, to się nie zrażaj, to marynarska rzecz, patrz tylko, żeby była grzechu warta*”.



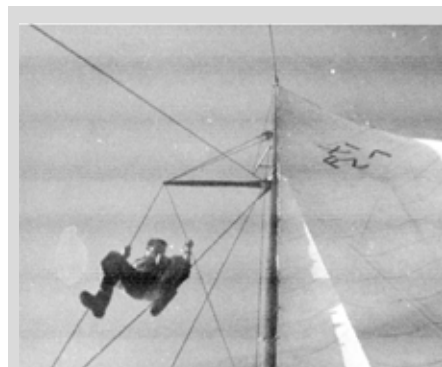
Polonia w dziewiczym rejsie do Le Havre i Londynu.

Nie miejsce tu, aby snuć opowieść o rejsie do Londynu, Dover, Le Havre, Thyboron, ale po powrocie do Szczecina pod koniec listopada 1959 roku, rozglądałem się, gdzie by tu przetrzymać zimę przed następnym sezonem żeglarskim. Spotkałem kolegę, który po odbyciu służby w Marynarce Wojennej zaokrętował się na holownik portowy w Gdyni i powiedział mi o wakującej koi na tym holowniku po odejściu jednego członka załogi. Ponoć szyper nie chciał brać nieznanego mu marynarza z listy kandydatów z działu załogowego Zarządu Portu, ale jak się zgłoszę, to on mnie poleci szyprowi i mam szansę dostać to miejsce w kubryku. Propozycja była ciekawa, bo nie ma lepszej marynarskiej praktyki od służby na holowniku, a ciepłe miejsce w kubryku i niewychodzenie daleko poza port było w zimie dogodnym rozwiązaniem. Niemniej czułem, że powinienem pójść do Katedry, gdzie z pewnością zostałem zwolniony z pracy po dłuższej nieobecności. Pamiętam, że trochę czając się, zajrzałem do sekretariatu, cichcem wyjąłem z szuflady mój suwak logarytmiczny i niespodziewanie natknąłem się na profesora J.L. Jakubowskiego. Patrząc na moją ogorzałą twarz, zapytał: „*Ja pana skądś znam?*”

Nie było rady, musiałem przyznać się do moich niecnych poczynań i powiedzieć prawdę. Ta zaciekała profesora, który za młodu interesował się żeglarstwem, zabrał mnie do swojego gabinetu i musiałem szczegółowo opowiedzieć gdzie kotwiliśmy, gdzie straciliśmy kliwra w sztormie, jak wchodziliśmy w Tamizę, jakie były problemy z wejściem do Dover przy sześciometrowym syzygijnym płyciu. Na zakończenie profesor powiedział: „*No, ale pan się spóźnił na zajęcia, pańska grupa studencka czeka na pana, proszę prędko odrobić z nimi dwa zaległe ćwiczenia w laboratorium*”. W ten sposób moja przyszłość zawodowa zmieniła się z potencjalnej kariery w marynarce handlowej na działalność naukową w dziedzinie Techniki Wysokich Napięć.

Rejs dookoła świata nie doszedł do skutku, bo w 1960 roku władze zmieniły decyzję w tej sprawie i piękny, nowy jacht *Polonia* przekazano PTTK-owskiemu klubowi do użytkowania przez żeglarzy w czasie letnich rejsów po Bałtyku i Morzu Północnym.

Mój pierwszy samodzielny rejs na wycarterowanym jachcie *Krzyż Południa* skończył się pechowo, bo powyżej północnego cypla Olandii złamał się główny maszt i jacht z piętnastoosobową załogą dryfował na skały. Przechodzący frachtowiec podał nam hol i wciągnął do najbliższego portu Västervik. Niestety, miejscowa stocznia była zamknięta, bo był lipiec, a wtedy wszystkie przedsiębiorstwa w Szwecji mają wakacje i wywieszają napis *Semester stangt*. Większość załogi *Krzyża Południa* wróciła do Szczecina polskim statkiem, a ja z trzema żeglarzami musiałem czekać sześć tygodni na nowy maszt.



Sprawdzanie takielunku na *Krzyżu Południa*.



Jarl w Västervik, spotkanie z panią May.

Mieszkańcy ożywającego w lecie Västervik, miasteczka podobnego do Władysławowa, byli bardzo życzliwi i zapraszali załogę do swoich domów, gdzie razem śpiewano żeglarskie piosenki, a zarządzający portem kapitan Jeppson pomagał mi w załatwianiu tysiąca spraw związanych z ubezpieczeniem jachtu w firmie Warta.

Spędzałem długie godziny w biurze telefonów, gdzie czekałem na rozmowy z klubem w Warszawie. W biurze pracowała miła dziewczyna May, która mówiła po angielsku, pomagała mi załatwiać rozmowy na koszt rozmówcy w Polsce, zainteresowała się naszym jachtem i odwiedzała nas tam ze swoim pieskiem o imieniu Pia. Pia dostała od mojej załogi ksywkę *Ferydog*, bo miała mordkę zasłoniętą grzywką i trudno było od razu powiedzieć, gdzie jest łeppek, a gdzie ogon, tak jak na morskim promie dziób i rufa wyglądają jednakowo. Z May nawiązała się sympatia, która trwa do dziś i polega na wymianie pocztówek.

Część 4

1960 – 1970

Zakład Wysokich Napięć Instytutu Elektrotechniki

W Katedrze Wysokich Napięć nastąpiły zmiany, kiedy profesor J.L. Jakubowski wyjechał na dłuższy czas do Paryża, a następnie do Algierii, gdzie nauczał na miejscowym uniwersytecie, a pan Henryk Ryżko wyjechał na stypendium do Sztokholmu do *Kungliga Techniska Hogskolan*, gdzie się doktoryzował, potem ożenił się i osiedlił w domu nad Mälaren.

Wówczas zaczął zarządzać Katedrą dr Maksiejewski, syn współwłaściciela przedwojennej fabryki przekładników Maksiejewski i Starczakow w Łodzi. Nie mogłem się dostosować do jego sposobu zarządzania i skorzystałem z oferty pracy w Instytucie Elektrotechniki (IEL), Zakładzie Wysokich Napięć (ZWN) mieszczącym się w skrzydle Gmachu Elektrycznego, zaoferowanej mi przez pana Jerzego Gzylewskiego, później doktora i profesora w tym Instytucie. Znowu miałem szczęście, bo pan Gzylewski, który walczył w Powstaniu, był znakomitym inżynierem i jego pasją było wprowadzanie nowych technologii do polskiego przemysłu. Współpracował z Gliwicką Wytwórnią Tworzyw Sztucznych, gdzie wprowadził do produkcji przepustę transformatorowe na napięcie 220 kV, dotychczas importowane ze Szwajcarii, opracował i wdrożył technologię produkcji wysokonapięciowych kondensatorów impulsowych w Zakładzie A1, dawnej fabryce Szpotańskiego na Pradze.

Pomiar stromych prądów udarowych

Pan Gzylewski zatrudnił mnie w nowym projekcie budowy maszyny do dynamicznego rozdrabniania karborundu falą uderzeniową w wodzie, a później maszyny do magnetycznego tłoczenia kruchych metali. Karborund był stosowany do produkcji odgromników zaworowych wysokiego napięcia przez Zakład A1. Jednakże przy rozdrabnianiu w młynie kulowym twardy karborund powodował ścieranie powierzchni kul i drobne cząstki metalu zanieczyszczały ziarna karborundu, co znacząco pogarszało charakterystykę stosu zmienno-oporowych płytek w odgromniku.

Było to ambitne i nadzwyczaj ciekawe przedsięwzięcie wymagające wytwarzania impulsów wielkopiędowych o bardzo stromym narastaniu czoła. W latach 50. i 60. takie impulsy były także stosowane w Stanach Zjednoczonych do symulowania impulsu elektromagnetycznego *Electro-Magnetic Pulse* (EMP) towarzyszącego eksplozji broni jądrowej. Podobne prace były także prowadzone w Rosji, aczkolwiek objęte tajemnicą wojskową i jedynym źródłem informacji były wzmianki w amerykańskich publikacjach, dotyczące konstrukcji generatorów takich impulsów oraz niektórych urządzeń pomiarowych. Należy tu powiedzieć kilka słów o EMP, który indukuje w systemie łączności radiowej zakłócenie niszczące obwody wejściowe odbiorników radiowych, a także instalacji sterujących. Aby zapewnić łączność pomiędzy stanowiskami dowodzenia a samolotami, pojazdami i okrętami po wybuchu broni jądrowej, należy odpowiednio chronić wszystkie nadajniki i odbiorniki sygnałów łączności („C-cube”: *Command, Control, Communication*) przez ekranowanie i szybkie ograniczniki przepięć.

Jednakże sprawdzenie skuteczności takiej ochrony wymagałoby narażenia chronionych urządzeń na wybuch broni jądrowej. Poza rzadkimi eksperymentami na poligonach, prowadzono takie próby, stosując symulatory wytwarzające odpowiedniki EMP. Symulator składał się z generatora krótkich impulsów wysokiego napięcia i wielkiego prądu oraz anteny, pod którą umieszczano badany obiekt.

Konstrukcja takiego generatora EMP była zbliżona do generatora udarów używanego w Laboratorium Wysokich Napięć do prób napięciem udarowym sprzętu energetycznego: transformatorów, kabli, wyłączników, izolatorów. Jednakże czas narastania impulsu EMP jest krótszy o rzędy wielkości od czasu czoła udaru stosowanego do prób aparatów energetycznych.

Osobne zagadnienie stanowiła konstrukcja przyrządów do pomiaru składowej elektrycznej i magnetycznej tak wytworzonego pola elektromagnetycznego oraz rejestracja krótkotrwałych, niepowtarzalnych impulsów.

POLSKA AKADEMIA NAUK
Postępy techniki wysokich napięć, 1965, z. 4

IMPULSOWE UKŁADY STERUJĄCE WE WSPÓŁCZESNYCH
GENERATORACH WIELKICH PRĄDÓW
R. MALEWSKI

W pracy przedstawiono analizę działania generatorów wielkich prądów impulsowych oraz rozwiązania konstrukcyjne zebrane z literatury. Szczegółowo omówiono różne typy iskierników sterowanych stanowiących element włączający generatora oraz typowe układy do wytwarzania stromych impulsów sterujących. Część doświadczalną opracowania stanowi opis modelowego generatora impulsów sterujących zbudowanego w Laboratorium Zakładu Wysokich Napięć IEl i Katedry Wysokich Napięć Politechniki Warszawskiej. Ponadto przedstawiono obliczenia indukcyjności kanału wyładowania iskiernika przeprowadzone na podstawie otrzymanych oscylogramów impulsu prądowego.

Moja publikacja – przegląd konstrukcji generatorów wielkich prądów impulsowych opisanych w literaturze.

Pracownia pana Gzylewskiego nie zajmowała się ochroną urządzeń łączności przed EMP, a tylko zastosowaniem w przemyśle udarów wielkopiędowych o krótkim czasie narastania. Niemniej konstrukcja generatora takich udarów była zbliżona do stosowanych w symulatorach EMP i ocierała się o objęte tajemnicą urządzenia budowane do celów obronnych. Podobne konstrukcje generatorów impulsów wielkopiędowych były stosowane do badań nad plazmą i w Wojskowej Akademii Technicznej na Bemowie budowano wówczas ogromny generator impulsów mega-amperowych do badań w układzie *plasma focus*.

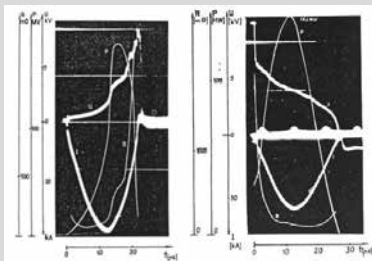
W Laboratorium Wysokich Napięć ZWN IEL działał generator udarowy produkcji firmy Philips, zaopatrzony w pewną ilość części zamiennych, a wśród nich były wysokonapięciowe kondensatory nadające się do budowy pierwszego prototypu generatora impulsów prądu o stromym czole. Problem sprowadzał się do uzyskania jak najwyższej mocy chwilowej przez wyładowanie baterii kondensatorów w obwodzie o możliwie małej indukcyjności. Obciążenie stanowił krótki odcinek cienkiego drutu umieszczony w zbiorniku z wodą.

Impuls prądu powodował dynamiczne odparowanie, a właściwie eksplozję tego drutu, a średnica kanału wyładowania wzrastała w bardzo krótkim czasie, wywołując falę uderzeniową w wodzie. Kawałki karborundu w zbiorniku kruszyły się pod działaniem fali uderzeniowej, a rozdrobnione ziarna były wolne od zanieczyszczenia cząsteczkami metalu.

Realizacja tego projektu wymagała wiedzy o procesie eksplozji drutu pod działaniem krótkiego impulsu wielkopiędowego oraz sprzętu do pomiaru mocy wydzielonej podczas wyładowania. W tym celu należało zarejestrować sub-mikrosekundowy przebieg prądu i składowej czynnej spadku napięcia na impedancji kanału wyładowania w wodzie.

Mnie przypadło w udziale opracowanie konstrukcji bocznika do pomiaru prądu i dzielnika mierzącego składową czynną spadku napięcia.





Rejestracja impulsu prądu i spadku napięcia na eksplodującym drucie w wodzie oraz obliczenie mocy chwilowej osiągającej kilkaset megawatów w ciągu kilku mikrosekund.

Boczniki prądowe

Zacząłem od przejrzania dostępnej literatury o klasycznych bocznikach rurowych (*tubular shunt*) wykonanych w postaci rury ze stopu o wysokiej rezystancji, wykorzystujących brak pola magnetycznego we wnętrzu rurowego przewodnika prądu. Spadek napięcia na rezystancji rury jest mierzony przez przewody umieszczone w jej wnętrzu i wolny od zakłóceń indukowanych przez pole magnetyczne na zewnątrz rury. Bocznik taki zniekształca przebieg mierzonego impulsu prądu, ponieważ naskórkowość spowalnia wnikanie gęstości prądu w głąb ścianki rury i odpowiedź bocznika rurowego na prostokątny impuls ma stopniowo narastające czoło.

W szwedzkim piśmie *Elteknik* znalazłem opis bocznika opracowanego przez Hansa Witta z laboratorium wysokich napięć firmy ASEA. Szczególną cechą tego bocznika był bardzo krótki czas odpowiedzi na impuls prostokątny, co stanowiło o szerokim paśmie przenoszenia składowych widmowych sub-mikrosekundowego impulsu wielkopądowego. Hans Witt rozwiązał problem powolnej odpowiedzi bocznika rurowego przez wprowadzenie wzdłużnych nacięć ścianki rury, co pozwalało na kontrolowane przenikanie zewnętrznego pola magnetycznego do wnętrza tak utworzonej klatki. Impuls napięcia zaindukowany w obwodzie pomiarowym wewnątrz rurowej klatki kompensował powolne narastanie odpowiedzi bocznika, więc postanowiłem skopiować tę konstrukcję.

W warsztacie ZWN IEL był znakomity mechanik pan Kuczkowski i jak się zorientował, że mam za sobą praktykę warsztatową, to chętnie wykonywał potrzebne elementy bocznika według moich rysunków. Po montażu należało tylko zarejestrować odpowiedź tego bocznika na prostokątny impuls prądu, aby sprawdzić jego własności pomiarowe i przydatność do rejestracji udarów wywołanych przez eksplozję drutu w wodzie. ZWN nie dysponował takimi urządzeniami, ale przypomniały mi się ćwiczenia ze wzmacniaczy impulsowych odrabiane w labo-

ratorium Zakładu Podstaw Telekomunikacji, gdzie używałem generatora impulsów prostokątnych o nanosekundowym czasie narastania, opartego na przekazniku firmy Clare z Chicago oraz oscylografu o szerokim paśmie przenoszenia, zbudowanego przez asystentów profesora Smolińskiego.

Z pomocą tych kolegów zarejestrowałem odpowiedź mojej repliki bocznika Hansa Witta i byłem zaskoczony jej przebiegiem. Zamiast oczekiwanego kształtu odpowiedzi pokazanego w szwedzkim piśmie zobaczyłem na początku ogromne przepięcie, rodzaj smukłej igły, a następnie powolny wzrost, typowy dla konwencjonalnego bocznika rurowego. Po zastanowieniu stwierdziłem, że początkowe przepięcie ma kształt pochodnej prostokątnego impulsu prądu mierzonego przez bocznik. Wiadomo, że pole magnetyczne w powietrzu ma taki sam przebieg czasowy jak mierzony prąd. Sygnał zaindukowany w obwodzie pomiarowym bocznika przez pole przenikające przez nacięcia w ściance rury bocznika do wnętrza klatki ma kształt pochodnej tego prądu, czyli smukłej igły (funkcji Diraca).

Doszedłem do wniosku, że Hans Witt się pomylił, usiłując skompensować powolne przenikanie pola magnetycznego w głąb ścianki rury ze stopu o wysokiej rezystancji przez pole magnetyczne w powietrzu, które ma zupełnie inny przebieg. Jednak w szwedzkiej publikacji odpowiedź skompensowanego bocznika wyglądała poprawnie.

Po nieprzespanej nocy znalazłem wytłumaczenie tego błędu. Otóż Hans Witt nie dysponował generatorem impulsów prostokątnych z przekazywnikiem firmy Clare, w którym czoło impulsu jest formowane przez zwilżane rtęcią styki zamykające się w argonie pod wysokim ciśnieniem i czas narastania impulsu jest krótszy od jednej nanosekundy. Aby sprawdzić odpowiedź swojego bocznika, generował wzorcowy impuls przez rozładowanie wysokonapięciowego kondensatora za pomocą iskiernika w powietrzu. Skutkiem tego jego impuls wzorcowy miał dłuższy czas narastania, a zaindukowane w obwodzie pomiarowym bocznika napięcie miało kształt pochodnej tego impulsu. Dobierając doświadczalnie szerokość nacięć w ściance rury bocznika, Hans Witt dopasował wielkość tego napięcia, tak aby skompensować powolny czas narastania odpowiedzi bocznika rurowego. Taka kompensacja działała tylko w przypadku rejestracji wzorcowego impulsu Hansa Witta, ale nie korygowała błędu pomiaru przy każdym innym przebiegu rejestrowanego impulsu prądu. Nie trzeba dodawać, że miałem poczucie podobne do astronoma, który odkrył nową planetę.

Zakomunikowałem tę wiadomość mojemu szefowi, który zmartwił się niepowodzeniem w kopiowaniu szwedzkiego bocznika i skierował mnie do profesora Zygmunta Hastermana, dyrektora ZWN IEL. Ten wysłuchał mojej opowieści i powiedział, że firma ASEA istnieje od niemal pięćdziesięciu lat i jest mało prawdopodobne, aby ich pracownik działu badawczego publikował artykuły z błędami. Poradził mi jeszcze raz wykonać pomiary odpowiedzi tego bocznika, a jeśli nadal będę utrzymywał, że jest on oparty na błędnej konstrukcji, to mam opracować własny system kompensacji błędu pomiarowego i przedstawić go za dwa tygodnie.

Pod ogromnym stresem, aby zaprezentować się korzystnie, w nowym zakładzie pracy spędzałem wieczory nad własną koncepcją, która z grubsza polegała na wprowadzeniu do ścianki rury z „nichromu” (stopu niklu 80% i chromu 20%) cienkiego przewodu pomiarowego na pośredniej grubości tej ścianki. Wydany w tym czasie polski przekład podręcznika MacLachlana „*Funkcje Bessela dla inżynierów*” zawierał obszerny rozdział o obliczaniu rozkładu gęstości prądu, czyli rozwiązywaniu równania dyfuzji we współrzędnych walcowych, ze wzorami, w których stosowane są zmodyfikowane funkcje Bessela. O tych funkcjach uczył nas profesor Hampel na kursie magisterskim, jednak musiałem znacznie uzupełnić te wiadomości i sięgnąć do prac dr. Silsbee opublikowanych w biuletynie *National Bureau of Standards* w 1916 roku. W tych czasach obliczano wnikanie gęstości prądu do cylindrycznego przewodnika w dziedzinie częstotliwości, a ja chciałem to zrobić w dziedzinie czasu. Wymagało to całkowania residuów zespolonej funkcji przenoszenia bocznika, aby powrócić do szukanej funkcji czasu.

W amerykańskim piśmie *The Review of Scientific Instruments* natrafiłem na artykuł przedstawiający obliczenia odpowiedzi rurowego bocznika w dziedzinie czasu na potrzeby rejestracji stromych impulsów prądu, gdzie korzystano z tabel funkcji Bessela obliczonych na maszynie cyfrowej, jednakże niedostępnych w otwartej literaturze. W Pałacu Kultury mieściła się księgarnia dzieł naukowych w języku rosyjskim i tam znalazłem opasły tom stanowiący tabelę zmodyfikowanych funkcji Bessela obliczonych na maszynie cyfrowej *Striela* w roku 1963. Otworzyło to drogę do obliczenia szukanych wymiarów pośredniej średnicy ścianki rury, na której należy wprowadzić przewód pomiarowy, żeby skompensować błąd pomiarowy bocznika rurowego spowodowany naskórkowością. Pan Kuczowski poradził mi, jak wykonać „w metalu” model takiego bocznika

i po wielu poprawkach udało mi się potwierdzić doświadczalnie obliczone przebiegi gęstości prądu na różnych średnicach wewnątrz ścianki rury. Nadużywając uprzejmości kolegów z Zakładu Podstaw Telekomunikacji, chodziłem z kolejnymi modelami do ich laboratorium i wieczorami rejestrowałem odpowiedź moich modeli bocznika na impuls prostokątny.

Profesor Hasterman zainteresował się tym pomysłem i choć otwarcie przyznał, że ten szczególny problem wykracza poza jego specjalność, to podjął się prowadzenia mojej pracy doktorskiej na temat pomiaru wielkoprądowych impulsów o stromym czasie narastania. Postawił jednak warunek, aby po przetłumaczeniu na angielski i wysłaniu do oceny przez ABB w Szwecji ta praca uzyskała aprobatę szefa Laboratorium Wysokich Napięć pana Nilsa Hylten-Cavalliusa, którego znałem ze spotkań na kongresie CIGRE.

Rejestracja odpowiedzi na prostokątny impuls prądu

Stopniowo chciałem się uniezależnić od gościny w Zakładzie Podstaw Telekomunikacji i zbudować układ do rejestracji odpowiedzi na prostokątny impuls prądu w Zakładzie Wysokich Napięć IEL. Dzięki poparciu profesora Hastermana IEL zamówił w Zakładzie Podstaw Telekomunikacji unikatowy oscyloskop ZPT-1. Wykonywano tam pojedyncze egzemplarze dla specjalnych zastosowań. Pozostał tylko problem zakupu przekaźnika firmy Clare z Chicago, który był objęty surowym embargiem z uwagi na jego zastosowanie do sterowania napędem raket balistycznych. Jedyne w Polsce egzemplarz w laboratorium Zakładu Podstaw Telekomunikacji udało się kupić przed kilku laty, bo w specyfikacji tego przekaźnika podano częstość powtarzania jego zadziałań wynoszącą 60 Hz, a nie podano czasu narastania wytwarzanego impulsu. Niezbyt kompetentny amerykański urzędnik zezwalający na sprzedaż za „żelazną kurtynę” uznał, że nie ma ograniczeń na sprzęt pracujący na częstotliwości sieci, ale udało się to tylko raz, bo odpowiednie władze szybko zmieniły jego decyzję.

Po dłuższych poszukiwaniach dowiedziałem się, że w Amsterdamie przy Pelikanstrasse, gdzie są liczne zakłady szlifierzy diamentów, jest także człowiek, który sprzedaje różne, objęte embargiem, amerykańskie podzespoły elektroniczne i co więcej – nieźle mówi po polsku. W żeglarskim klubie „Rejsy” zapowiedziałem, że tego roku popłynę na jachcie *Jarl* do Amsterdamu i dalej kanałami przez Holandię do Rotterdamu. W Amsterdamie z załogą *Jarla* oglądaliśmy galerię

obrazów Rembrandta i Vermeera, a ja z kilkoma dolarami w kieszeni poszedłem na Pelikanstrasse ubrany w kurtkę „bosmankę”, której krój rękawów pozwalał na włożenie w każdy z nich butelki śliwownicy paschalnej, z oficjalną pieczęcią rabina miasta Wrocławia, potwierdzającą koszerny charakter tego trunku. Nie wchodząc w szczegóły transakcji – stałem się posiadaczem przekaźnika firmy Clare, co otwierało drogę do uzyskania stopnia naukowego doktora nauk technicznych.

Praca doktorska

Zbudowany w Zakładzie Wysokich Napięć układ do badania odpowiedzi boczników prądowych i dzielników napięcia na impuls prostokątny stał się znakomitym narzędziem, które wykorzystałem do pracy doktorskiej, a później do konstruowania takich przyrządów pomiarowych dla Instytutu Energetyki na Morach, Politechniki Warszawskiej i Poznańskiej, sprawdzania wyrobów Zakładu A1, który produkował wyposażenie laboratoriów probierczych fabryki ELTA w Łodzi, a także eksportował aparaturę probierczą WN do Jugosławii. W tych pracach brali udział moi koledzy z pracowni pana Gzylewskiego, mój przyjaciel Jurek Dąbrowski, pan Tadeusz Łaś i mechanik pan Kuczkowski. Zgodnie z poleceniem dyrektora ZWN, a mojego promotora, profesora Hastermana musiałem przetłumaczyć moją rozprawę doktorską na angielski, którego to języka uczyłem się intensywnie.

W naszym Zakładzie pracował Jan książę Radziwiłł, który biegle znał ten język i pomagał mi w przekładzie specjalistycznego tekstu, a kolega Jerzy Wierzbicki, prezes Związku Artystów Fotografików opracował tabele oscylogramów odpowiedzi badanych modeli bocznika, zarejestrowanych w skali nanosekund. Angielska wersja rozprawy została oficjalnie wysłana przez IEl do oceny przez pana Hylten-Cavalliusa. Jego recenzja zawierała wprawdzie obronę krytykowanej przez mnie koncepcji Hansa Witta, ale wyrażała uznanie dla konstrukcji opracowanej w ZWN. Pracę recenzowali przychylnie profesor J.L. Jakubowski i profesor Lech, co zdecydowało o pomyślnej obronie doktoratu, jako jednego z pierwszych w ZWN.

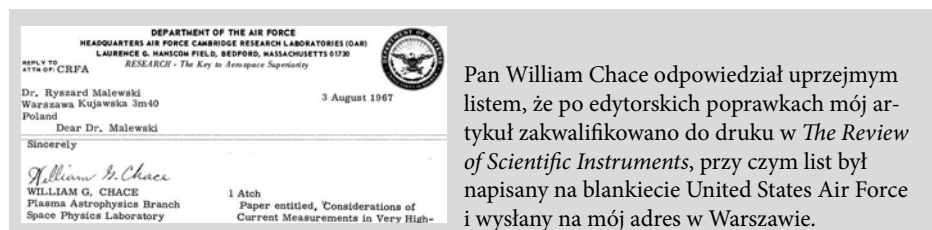
Głównym problemem pracy nad kruszeniem karborundu falą uderzeniową w wodzie było dobranie parametrów eksplodującego w wodzie drutu do generatora impulsów wielkoprądowych. Mój kierownik pracowni pan Gzylewski specjalizował się w konstrukcji kondensatorów impulsowych (*pulse power capaci-*

tors), które są produkowane przez firmę Maxwell w Kalifornii, jednakże nie były one dostępne w Polsce. Jego praca doktorska o uzyskaniu najwyższej mocy chwilowej przez eksplozję drutu podczas wyładowania baterii takich kondensatorów skłoniła go do zorganizowania w Warszawie międzynarodowej konferencji na aktualny wówczas temat *exploding wires*.

Wśród zaproszonych naukowców z NRD, Czechosłowacji, Węgier i Bułgarii znalazł się pan William Chace ze Stanów Zjednoczonych. Był on autorem zbioru referatów prezentowanych na kolejnych konferencjach na temat *exploding wires* w Stanach i zaciekawilo go, co się w tej dziedzinie dzieje w krajach zależnych od ZSRR. Mój referat o bocznikach prądowych i kompensowaniu błędu odpowiedzi wzbudził jego zainteresowanie i po obejrzeniu naszego laboratorium wyraził zdziwienie, że korzystamy ze sprzętu pomiarowego, który jest objęty embargiem. Niemniej uznał moją konstrukcję za oryginalną i zaproponował mi opublikowanie tej pracy w amerykańskim piśmie, co więcej - zaoferował pomoc przy kontaktach z redakcją, jeśli przyślę mu rękopis. Mając za sobą angielski przekład mojej rozprawy doktorskiej, zrobiłem stosowne streszczenie i przy okazji kolejnego rejsu wysłałem z Malmö ten artykuł do pana Chace'a.

Publikacja w *The Review of Scientific Instruments*

Teoretycznie powinienem zrobić to przez dyrekcję IEL, ale niedawno zmarł dyrektor Lando, który zbudował instytut w Międzyzlesiu, wkładał swoje serce w dobór kadry naukowej, zakup sprzętu za granicą i kierownictwo licznymi zakładami na terenie międzyzleskiego parku, bo tak wyglądał zadbane IEL-u. Następny dyrektor był mianowany przez PZPR, miał tytuł profesora ze Szczecina, był mało znany w kręgach naukowych, natomiast wyróżniał się gorliwością w kontaktach z lokalną egzekutywą. Złośliwi mówili o nim, że wydał jedyną w życiu publikację, która jest bardzo często konsultowana i każdy instytutowy



naukowiec ma na biurku swój egzemplarz. Była to nowa książka telefoniczna Instytutu, a na początku był wymieniony z tytułami tenże dyrektor Masalski. Wśród znajomych mówiono o nim familiarnie „mój Hasalski“. W tej sytuacji decyzja o zezwoleniu na publikowanie artykułów w amerykańskim piśmie zapadłaby na zebraniu egzekutywy PZPR i można było ją przewidzieć.

Pan Chace odpowiedział listem na blankiecie Ministerstwa Obrony Stanów Zjednoczonych, Laboratorium Dowództwa Sił Lotniczych w Bedford, Mass., że po analizie i edytorskich poprawkach mój artykuł przyjęto do druku.

Profesor Hasterman po obejrzeniu tego listu powiedział, że to się źle skończy, jeśli odpowiednie władze natrafią na trop sprawy i przykazał nie chwalić się tym zawodowym sukcesem. Kilka miesięcy później zadzwoniła do mnie pani z biblioteki IEL, że przyszedł zaadresowany na moje nazwisko egzemplarz *The Review of Scientific Instruments* z moim artykułem. Jak mówi porzekadło, mleko się rozlało i zostałem wezwany przed oblicze naczelnego dyrektora. Pan Masalski udzielił mi nagany z wpisaniem do akt i powiedział, że skoro bez wiedzy i zgody władz publikuję w pismach wrogiego mocarstwa artykuły o urządzeniach służących do realizacji projektów o strategicznym znaczeniu dla obronności państwa, to mogę oczekiwać dalszego postępowania właściwych organów.

Tak się złożyło, że w IEL był doroczny konkurs pomiędzy Zakładami o najlepsze osiągnięcia naukowe. Komisja oceniała działalność naukową Zakładów według ustalonego klucza i największą liczbę punktów przynosiły publikacje w prestiżowych wydawnictwach. W tym roku moja publikacja w *The Review of Scientific Instruments* przeważała szalę i wygrał Zakład Wysokich Napięć. Wręczając mi nagrodę na uroczystym zebraniu kierownictwa Instytutu, dyrektor Masalski z kwaśną miną gratulował sukcesu, a patrząc mu w oczy odpowiedziałem cichutko: „i tobie też”, zgodnie dowcipem usłyszanym na studium wojskowym.

Pamiętając o korzystnej opinii pana Hylten-Cavalliusa o mojej pracy doktorskiej, napisałem do niego list z zapytaniem, czy mógłby mnie przyjąć na *post doctoral* staż w swoim laboratorium i wysłałem na adres firmy ASEA.

Po pewnym czasie otrzymałem odpowiedź z przedstawicielstwa firmy ASEA na Nowym Świecie na moje zapytanie o staż. Poinformowano mnie, że pan Hylten-Cavallius nie jest już pracownikiem ASEA, bo wyjechał do Montrealu, gdzie został zatrudniony przez Instytut Badawczy Hydro-Québec i kieruje projektowaniem największego na świecie Laboratorium Wysokich Napięć. Poza tym fir-

ma ASEA ceni sobie kontakty handlowe z PRL i rozpatruje wystąpienia o staż w ich laboratoriach, jeśli są nadsyłane przez polskie Ministerstwo Energetyki i Górnictwa.

Starania o staż w Laboratorium Wysokich Napięć w Montrealu

Uznałem, że pojawia się życiowa szansa poznania nowoczesnej Techniki Wysokich Napięć i wysłałem kolejne zapytanie o staż do pana Hylten-Cavalliusa w *Institut de recherche d'Hydro-Québec* (IREQ) w Montrealu, z prośbą, aby odpowiedź skierował do mojej znajomej z żeglarskich rejsów, pani May w Västervik. Wymiana korespondencji z zagranicą w owych czasach nastęrczała trudności, ale w końcu dostałem uprzejmą odpowiedź, że mogę liczyć na zatrudnienie w IREQ pod warunkiem przejścia przez *employment interview*. Pan Hylten-Cavallius będzie odwiedzał swojego ojca w Kopenhadze w końcu lipca i mam się tam zgłosić na rozmowę.

Moja przyszła żona Wanda działała w żeglarskich kręgach i w krótkim czasie znalazła załogę jachtu *Bolko*, która organizowała rejs do Danii i poszukiwała kapitana. Rejs miał wyjść ze Świnoujścia w terminie, który spokojnie pozwalał na spotkanie z panem Hylten-Cavalliussem w Kopenhadze. Niestety, nastąpiło kilkudniowe opóźnienie i wyszliśmy w morze na dwa dni przed datą mojego *employment interview*. Na domiar złego trafił się sztormowy wiatr z NW, ale chcąc zdążyć na termin spotkania, postawiłem żagle i na wysokiej fali załoga srodze cierpiała na chorobę morską. Na wołanie o litość opowiadałem im o patentowanym sposobie zapobiegania takim dolegliwościom, który polegał na położeniu się na wznak pod rozłożystym dębem.

W umówionym hotelu w Kopenhadze spotkałem pana Hylten-Cavalliusa, który mnie znał tylko pośrednio z pracy nadesłanej mu do recenzji. Oczekiwałem pytań o rozwiązywanie równania dyfuzji we współrzędnych walcowych, ale on usiłował tylko sprawdzić, czy stojący przed nim człowiek jest autorem przesłanej mu pracy. Ku mojemu przerażeniu pan Hylten-Cavallius postanowił odwiedzić nasz jacht przycumowany w Basenie Królewskim nieopodal słynnej Syrenki przy Langelinie. Z doświadczenia wiedziałem, że w załodze jachtu w rejsie zagranicznym jest zazwyczaj TW, czyli tajny współpracownik Urzędu Bezpieczeństwa, którego z pewnością zainteresuje taka wizyta. Poza tym jacht cuchnął po ciężkich przeżyciach załogi na rozkołysanym morzu i nie bardzo nadawał się do przyjmowania

gości. Udało się wysłać załogę do Tivoli przed przyjsciem mojego gościa i Wanda dokonywała cudów w doprowadzaniu jachtu do w miarę normalnego stanu, ja szykowałem przyjęcie w oparciu o polskie trunki eksportowe, które zawsze cieszyły się uznaniem wśród Skandynawów. Pan Hylten-Cavallius przyszedł ze swoją dorosłą córką, która uprawiała żeglarstwo i chętnie opowiadała o rejsach wzdłuż szwedzkiego wybrzeża. ZaciekaWiła ją moja znajomość szkieców przy wejściu do Västervik i rozmowa potoczyła się o żeglarstwie. Żubrówka, a także jarzębiak spotkały się z wysoką oceną i pan Hylten-Cavallius oświadczył, że przyjmuje mnie do pracy i może założyć środki na zakup biletu SAS z Kopenhagi do Montrealu, trzeba tylko załatwić w Kopenhadze kanadyjską wizę.

Wśród jachtowych kapitanów panował zwyczaj, że kapitan nie schodzi z pokładu w obcym porcie. Przestrzegaliśmy tego starannie, bo władze na ogół nie odmawiały nam paszportu na żeglarskie rejsy i należało utrzymać ten stan niepisanej umowy. Ku zdziwieniu mojego gościa odpowiedziałem, że muszę odprowadzić jacht do Polski, a potem spróbuję załatwić sobie turystyczny wyjazd za granicę i za jakiś czas zgłoszę się do IREQ w Montrealu. Załoga wróciła z Tivoli i odprawiliśmy naszych gości „pod dobrą datą”. Na pytanie, co to za ludzie, odpowiedzieliśmy, że to przygodni szwedzcy żeglarze, którzy chcieli pogadać i napić się polskiej wódki. Ich stan potwierdzał moją opowieść, więc nie było dalszych dochodzeń.

Po powrocie do Warszawy zastanawiałem się, jak by tu dostać paszport na prywatny wyjazd za granicę, nie mieszając do tego żeglarskich koneksji. Wujek w Londynie nie był dobrą opcją, bo został tam po wojnie, nie chcąc dostać się w ręce władz PRL. Jedyną rozsądną możliwością stanowiło zaproszenie imienne na krótki pobyt od rodowitego Szweda, w podtekście na zbiór owoców w sadzie, czyli na zarobek. Zwróciłem się w tej sprawie do poznanej w Västervik May. Zapewne była zdziwiona, ale wysłała mi takie formalne zaproszenie, z którym wystąpiłem o paszport. Najpierw była odmowa, ale znajomi zbierający jabłka czy truskawki na plantacji w Szwecji poradzili mi, abym złożył odwołanie, a jak zaproszą do Pałacu Mostowskich na rozmowę, to starał się przekonać urzędnika, aby wyraził zgodę. Posłuchałem dobrej rady i z paszportem w garści wykupiłem bilet na prom Świnoujście-Ystad. Nabyłem także składany rower z ogromnym pokrowcem-torbą, do której załadowałem zimowe ubrania, słownik angielsko-polski wydany przez oficynę Kościuszko w Stanach oraz większą ilość puszek z wieprzowiną.

Część 5

Pobyt w Szwecji – oczekiwanie na wyjazd do Kanady

Dotarłem do Västerвик, serdecznie podziękowałem May za to niezbędne zaproszenie i pojechałem do Sztokholmu, gdzie zgłosiłem się do Konsulatu Kanady z prośbą o wizę wjazdową. Konsul oglądał pismo o zatrudnieniu w IREQ i powiedział, że sprawa jest trudna z powodów politycznych. Gdybym zamierzał pojechać do Manitoba i pracować na farmie albo ścinać drzewa w Kolumbii Brytyjskiej, to po sprawdzeniu stanu zdrowia wydałby mi wizę bezzwłocznie. Ale ja chcę pracować w nowo utworzonym instytucie naukowym w Quebecu, w prowincji mającej silną i nader aktywną partię polityczną usiłującą oderwać Quebec od kanadyjskiej federacji. Istnieje domniemanie, że taki nowy twór państwowy może mieć kłopoty gospodarcze i zechce skorzystać z pomocy ZSRR, podobnie jak na przykład Kuba. Pan pochodzi z kraju w sferze wpływów ZSRR, ma pan doktorat z inżynierii i obiecują panu stanowisko w nowym instytucie badawczym. Ta sprawa wykracza poza moje kompetencje, ale za dwa tygodnie będzie tu urzędnik z federalnej stolicy – Ottawy, który odbędzie z panem rozmowę i zadecyduje o dalszym biegu sprawy. Zrobiłem smutną minę, moja szwedzka wiza kończy się za dwa tygodnie, nie mówiąc o braku środków do życia. Konsul poradził zwrócić się do szwedzkiej policji o przedłużenie wizej z powołaniem się na naszą rozmowę. Szwedzki komisarz policji orzekł, że skoro staram się o wizę do Kanady, to mogę przebywać w Szwecji tak długo, jak tego będzie wymagało załatwianie formalności i przedłuży mi wizę pod warunkiem, że nie podejmę tu pracy zarobkowej. Po dwóch tygodniach spotkałem urzędnika z Ottawy, który pytał mnie o to, czym zajmowałem się w Polsce, w jaki sposób mogłem żeglować jachtem do Skandynawii i dlaczego chce mnie zatrudnić IREQ w Montrealu. Poza tym zadawał dość dziwne pytania typu: Czy zna pan np. Kowalskiego albo Wiśniewskiego? Jeśli tak, to gdzie się panowie poznali? Czy rzeczony np. Kowalski mówił o swoich sprawach? Nie bardzo rozumiałem, o co tu chodzi, ale odpowiadałem zgodnie z prawdą. Na koniec zapowiedziano mi, że oczekiwanie na wizę do Kanady może zająć do sześciu miesięcy, bo zwrócą się do amerykańskich władz o pomoc przy zbieraniu danych o mnie, więc muszę sam sobie jakoś radzić w Szwecji.

W ciągu tych sześciu miesięcy skutecznie straciłem nadwagę, bo pod koniec tego okresu ważyłem około pięćdziesięciu kilogramów. Rower oddawał mi nieocenione usługi, bo nie musiałem płacić za komunikację miejską. W pewnej chwili zaprzyjaźnione małżeństwo polsko-szwedzkie zaproponowało mi pobyt w letnim domku nad jeziorem i opiekę nad dwójką dzieci: pięcioletnim Busse i siedmioletnią Mariją, w zamian za wikt i gościnny pokój. Oboje rodzice pracowali i mieli tylko krótkie urlopy, a chcieli, aby dzieci spędziły letnie wakacje nad jeziorem. Takie warunki nie naruszały mojej umowy ze szwedzką policją, dzieci mnie polubiły i zaczęły uczyć szwedzkiego języka na poziomie przedszkola. Kilka lat później, kiedy jeździłem do Szwecji w sprawach zawodowych i usiłowałem coś powiedzieć w lokalnym języku, miejscowi inżynierowie wybuchali śmiechem, słysząc z moich ust słowa i zwroty używane przez małe dzieci.

W Sztokholmie jest elegancka restauracja, która zapełnia się wieczorami w piątek i sobotę. Właściciel nie chciał utrzymywać stałego personelu w kuchni przez cały tydzień i zatrudniał na te dwa wieczory pomocników do odbierania z windy talerzy i sztućców zebranych ze stołów przez kelnerów. Należało te talerze i sztućce posegregować, włożyć do zmywarki i suszarki, a potem poukładać w szufladach. Za tę dorywczą pracę nie płacono, ale właściciel zapraszał na obfity posiłek ze znakomitym wyborem dań. Po takiej uczcie można było przeżyć pozostałe dni tygodnia przy niewielkich uzupełnieniach. Nader ciekawe postaci korzystały z tej okazji; spotykałem tam astronoma z Brazylii, historyka z Północnej Afryki, był także Estończyk, doktor matematyki.

Przez pewien czas mieszkałem w domu akademickim, gdzie niedrogo wynajmowano pokoje w lecie, podczas studenckich wakacji. Ten osiemnastopiętrowy wieżowiec otaczał małe podwóreczko, gdzie każdego dnia o świcie młody mużulmanin, klęczący na owczej skórze, zanosił głośnie modły do Allaha. Echo odbijało te zawodzące dźwięki w studni utworzonej przez ściany domu wokół podwóreczka i obudzeni bladym świtem lokatorzy z górnych pięter ciskali w niego butami. Tonacja zawodzenia zmieniała się, kiedy rzut był celny, co spotykało się z głośnym aplauzem uczestników tej zabawy.

Kończył mi się urlop z IEL, więc zwróciłem się listownie do dyrekcji z podaniem o udzielenie bezpłatnego urlopu, z uwagi na wyjątkową okazję pracy przy projektowaniu i budowie największego na świecie Laboratorium Wysokich Napięć w Montrealu, ponieważ zebrane tam doświadczenie zamierzam wyko-

rzystać przy projektowaniu i budowie nowego Laboratorium Wysokich Napięć w IEn na Morach. Na moje podanie dyrektor Masalski odpowiedział oficjalnym pismem, że dyscyplinarnie zwalnia mnie z pracy, powołując się na paragraf dla bumelantów i pijaków. Odpisałem mu, że ten paragraf się do mnie nie stosuje, bo nigdy nie byłem bumelantem.

Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ)

W końcu władze kanadyjskie przyznały mi wizę, pożyczły pieniądze na bilet i 10 września 1970 roku wylądowałem na lotnisku Dorval w Montrealu. Aby nie przekroczyć dopuszczalnej wagi bagażu, nałożyłem na siebie zimowy płaszcz podbity kożuchem, futrzaną czapkę i włożyłem do kieszeni płaszcz ciężkie słowniki. Na lotnisku w Montrealu panował upał 30°C i 95% wilgotności powietrza, a przy biurku z napisem *Immigration* siedziały dziewczyny w mokrych od potu podkoszulkach. Widząc mnie, krzyknęły: „*Reds are coming!*”, co było zawołaniem z filmu o hipotetycznej inwazji ZSRR na Amerykę.

Po wstępnym okresie zetknięcia się z odmiennymi zwyczajami i załatwiania spraw zostałem zatrudniony w IREQ-u w Zakładzie Wielkich Mocy, którego szefem był André Dupont, miły młody człowiek o żywym usposobieniu, sypiący dowcipami. Wydawało mi się, że niezłe znam język francuski, który jest oficjalnym językiem w prowincji Quebec i oczywiście w IREQ-u. Jednak po trzystu latach separacji od macierzystej Francji język używany w Quebecu znacząco odbiega od uczonego w Polsce francuskiego i nie bardzo rozumiałem, co mówią ludzie na ulicy i robotnicy w laboratorium. Inżynierowie i sekretarki z reguły znają angielski, ale niechętnie się nim posługują. W Zakładzie Wielkich Mocy, z wyjątkiem profesora Vladislava Zajica ze zwarciowni w Bechovicach koło Pragi i Vojislava Narancica z Rade Konczar w Jugosławii, wszyscy pracownicy byli urodzonymi *Canadiens Français*. Starłem się więc szybko opanować lokalny dialekt.

Aby pokazać kontrast pomiędzy życiem w Warszawie i w Montrealu w roku 1970, opowiem historię o zakupie papieru toaletowego. W wynajmowanym przeze mnie mieszkaniu skończyła się rolka, a w ogromnym supermarkecie chodziłem zagubiony pomiędzy dziesiątkami alejek z najróżniejszymi towarami i nie mogłem znaleźć poszukiwanego papieru, aż w końcu skierowano mnie tam, gdzie były rolki papierowego ręcznika używanego w kuchni. Nieco zdziwiony,

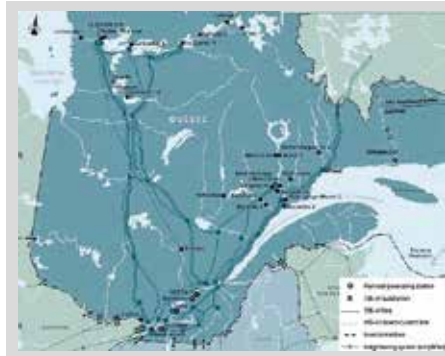
że w Montrealu tak jak w Warszawie są przejściowe trudności z papierem toaletowym, kupiłem ten szeroki papierowy ręcznik. Nazajutrz zapytałem Guy Saint Jeana, kolegę, z którym dzieliłem biuro, czemu w Kanadzie do celów toaletowych używany jest tak szeroki papier? Po dłuższej indagacji Guy pojął, o co mi chodzi, i odpowiedział: „*you know, this is a big country*”.

Decyzja o utworzeniu IREQ została podjęta przez należące do prowincji Quebec przedsiębiorstwo energetyczne Hydro-Québec, które zaopatruje lokalną ludność i przemysł w energię elektryczną wytwarzaną w 95% w elektrowniach wodnych oraz eksportuje w lecie znaczne nadwyżki tej energii do Nowego Jorku i Bostonu na potrzeby urządzeń klimatyzacyjnych. Pod koniec lat 60. premier Quebecu M. Robert Bourassa podjął decyzję o wykorzystaniu zasobów wodnych w północnej części prowincji, w dorzeczu rzeki La Grande, co oznaczało poważne prace ziemne, obejmujące przekierowanie dopływów tej rzeki, budowę kilku zapór i elektrowni wodnych o łącznej mocy zainstalowanej 12 GVA. Dla porównania – moc zainstalowana w Polsce wynosi około 30 GVA, przy załadunku pięciokrotnie większym niż w prowincji Quebec.

W zasadzie elektrownia wodna może wytwarzać energię w ciągu całego roku, ale w Quebecu pobór mocy osiąga szczyt w zimie, bo dominuje system elektrycznego ogrzewania domów, biur i fabryk. W lecie średnie zapotrzebowanie na energię w Quebecu osiąga około 13% zainstalowanej mocy, natomiast w Stanach Zjednoczonych szczytowe zapotrzebowanie występuje w miesiącach letnich, kiedy niezbędna jest klimatyzacja pomieszczeń. Stwarza to korzystną sytuację do sprzedaży nadwyżek energii do południowego sąsiada, jednakże występuje problem niezawodnego przesyłu mocy na odległość ~3000 km, od wodnych elektrowni nad Zatoką Hudsona, a właściwie nad jej południowym skrajem nazywanym James Bay, do wielkiej aglomeracji Nowego Jorku.

W Quebecu istniały od kilku lat linie przesyłowe o najwyższym napięciu 735 kV, którymi przesyłana jest energia z elektrowni wodnych w północno-wschodniej części Płaskowyżu Kanadyjskiego (*Canadian Shield*) do Montrealu. Kompleks elektrowni nad James Bay na rzece La Grande i jej dopływach podwaja dotychczasową moc zainstalowaną, ale odległość między elektrowniami i odbiorcami energii w Nowym Jorku jest większa od dotychczasowych linii prowadzących z Churchill Falls i Manicouagan do rejonu Montrealu, więc rozważano zastosowanie wyższego napięcia przesyłowego, dotychczas nieistniejącego na świecie.

Obliczono, że całą energię wytwarzaną w elektrowniach James Bay można przesłać jedną linią o napięciu 1500 kV, aczkolwiek dotychczas nie istnieją wyłączniki, transformatory, dławiki, odłączniki i przekładniki na tak wysokie napięcie. Aby potwierdzić techniczną możliwość (*feasibility*) zbudowania takiego osprzętu stacji, a także wyznaczyć rozmiary wież linii przesyłowej, należy wykonać próby w Laboratorium Wysokich Napięć zaprojektowanym na napięcie probiercze wyższe od znamionowego napięcia sieci przesyłowej.



Mapa sieci przesyłowej
735 kV oraz linii ± 450 kV
prądu stałego Hydro-Québec.

W Europie prowadzono wówczas studia nad przesyłem energii z elektrowni wodnych na afrykańskich rzekach przez Gibraltar i Hiszpanię, a także z Libii na Sycylię i przez Półwysep Apeniński liniami o napięciu 1000 kV. Francuskie państwowe przedsiębiorstwo energetyczne *Électricité de France* projektowało budowę Laboratorium Wysokich Napięć (*Les Renardières*), a włoski ENEL rozpoczął budowę napowietrznej stacji eksperymentalnej w Suvereto.

Początkowo Hydro-Québec rozważał możliwość zakontraktowania prac badawczych i prób sprzętu w tych europejskich laboratoriach. Jednakże w trosce o wysoką niezawodność systemu przesyłu energii amerykańskie banki udzielające kredytów na budowę kompleksu James Bay postawiły warunek: stworzenie w Quebecu ośrodka badawczego i zatrudnienie zespołu fachowców, którzy są do dyspozycji na miejscu w przypadku problemów konstrukcyjnych i operacyjnych.

W trakcie rozmów padały argumenty wynikające z lokalnej specyfiki obszaru, przez który będą biegły linie przesyłowe i gdzie trzeba będzie stworzyć infrastrukturę niezbędną do transportu ciężkiego sprzętu. Stwierdzono, że budowa takiego systemu przesyłu energii będzie napotykała na problemy wynikające z niezwykle trudnych warunków atmosferycznych w północnej części prowincji

cji, w niezaludnionym obszarze, gdzie temperatura spada do -55°C , przechodzą burze śnieżne, występuje katastrofalne oblodzenie, a grunt stanowi wieczna zmarzlina (*permafrost*) utrudniająca budowę dróg i fundamentowanie budowli. Istnieje szereg dotychczas nierozwiązanych problemów wynikających z długości linii przesyłowych, zbliżonej do połowy długości fali napięcia 60 Hz, co stwarza trudności z zabezpieczeniami. Wytrzymałość dielektryczna izolacji okna wieży linii przesyłowej oraz aparatów na stacji poddanych przepięciom łączeniowym wymaga doświadczalnego wyznaczenia w kategoriach statystycznych. W końcu uznano, że kontraktowanie takich prac badawczych w laboratoriach za oceanem nie gwarantuje bezawaryjnej pracy systemu przesyłu energii i została podjęta decyzja o stworzeniu IREQ.

Zakład Wielkich Mocy

Moim pierwszym projektem w Zakładzie Wielkich Mocy było opracowanie prototypu przekładnika prądowego wykorzystującego efekt Faradaya w szkle, to znaczy skręcanie płaszczyzny polaryzacji wiązki światła przepuszczonego przez szkło flintowe pod działaniem pola magnetycznego.



Magneto-optyczny przekładnik prądowy.
Prototyp podczas próby w Laboratorium Wysokich Napięć.

W Warszawie zajmowałem się tym zagadnieniem i zbudowałem prototypowy rejestrator wielkich prądów impulsowych płynących w obwodzie pod wysokim napięciem, dla potrzeb generatora impulsów mega-amperowych autorstwa inż. Jerzykiewicza z IBJ, dla projektu *plasma focus* Wojskowej Akademii Technicznej. Opis tego prototypowego przyrządu opublikowałem podczas pobytu w Szwecji w piśmie *Elteknik* i przedstawiłem w Zakładzie Wielkich Mocy IREQ-u na poparcie proponowanego projektu magneto-optycznego przekładni-

ka prądowego. Podobny projekt był tematem pracy doktorskiej na Politechnice w Grenoble, wykonanej pod patronatem i przy wsparciu firmy Merlin-Gerin, słynnego producenta aparatury wysokonapięciowej. Szczegóły konstrukcyjne tego magneto-optycznego przekładnika na 220 kV były własnością Merlin-Gerina, ale koncepcję i wyniki prób opisano w rozprawie doktorskiej, którą udało mi się sprowadzić przez bibliotekę IEL. Posiłkując się danymi z tej pracy, zaprojektowałem przekładnik na 735 kV, mając na widoku zastosowanie w istniejącej sieci Hydro-Québec.

Początkowo problemy nastroczała bardzo wysoka kolumna izolatorów, w której wewnątrz biegła wiązka światła od uziemionej podstawy do magneto-optycznego modulatora pod wysokim napięciem i z powrotem do detektora polaryzacji na poziomie ziemi. Wysokość kolumny wynikała z wymaganej wytrzymałości dielektrycznej, ale wibracje mechaniczne wywołane wstrząsami podstawy powodowały chwilowe wahania sygnału, ponieważ powrotna wiązka spolaryzowanego światła padająca na detektor ulegała przesunięciom.

Kiedy zabrałem się do konstrukcji podstawy, która miała tłumić wibracje kolumny izolatorów, dyrekcja IREQ postanowiła przekazać ten projekt do realizacji firmie Cegelec w Montrealu, do wspólnego rozwiązywania problemów mechanicznych i w perspektywie do produkcji i sprzedaży magneto-optycznego przekładnika prądowego 735 kV, jako wyposażenie stacji Hydro-Québec.

Wtedy okazało się, że Cegelec, podający się za kanadyjską firmę, jest w rzeczywistości spółką-córką francuskiego koncernu Alstom, który właśnie opracowuje swoją konstrukcję przekładnika magneto-optycznego na 400 kV i stanowczo zabrania pracownikom Cegelec współpracy z IREQ w tym zakresie. W Quebecu nie było innej firmy, która mogłaby podjąć się produkcji takich przekładników, a współpraca z koncernem Alstom we Francji sprowadzałaby się do kupowania ich wyrobów, więc dyrekcja IREQ postanowiła zamknąć ten projekt z uwagi na brak możliwości wdrożenia prototypu do produkcji w Quebecu.

W końcu lat 60. Hydro-Québec uruchomił system przesyłu energii na napięciu 735 kV z elektrowni wodnej o mocy 5 GVA na wodospadach Churchill Falls na Labradorze oraz systemu wodnych elektrowni o łącznej mocy 10 GMVA na rzekach Outarde i Manicouagan w północno-wschodniej części prowincji Quebec. W IREQ-u grupa kolegów zajmująca się obliczaniem przepięć, prądu zwarcia i przepływem mocy w 735 kV sieci, korzystając z programu EMTP

do symulacji sieci, wystąpiła o przeprowadzenie rejestracji prądu zwarcia, aby zweryfikować obliczone parametry, a także działanie pneumatycznego wyłącznika z ośmioma komorami gaszącymi o mocy wyłączalnej 25 GVA i rezystorami do załączania i wyłączania. Zamykanie wyłącznika było synchronizowane z wybranymi kątami fazowymi napięcia, a prąd zwarcia był przerywany po sześciu okresach 60 Hz. Jako miejsce pomiarów wybrano węzłową stację Arnaud, gdzie zwarcie jest zasilane przez cztery linie z elektrowni Churchill Falls, Mancouagan i Micoua o łącznej mocy zainstalowanej 13 MVA.

Nikt dotychczas nie robił pomiarów napięcia i prądu podczas celowo dokonanego (*staged fault*) zwarcia do ziemi w tak potężnym systemie przesyłu energii. Pomiary takie nastroczają poważne problemy wynikające z zakłóceń w systemie uziemień stacji podczas przepływu prądu zwarcia, ale w zespole pracującym nad tym projektem zostałem wyznaczony do opracowania układu pomiarowego, dobrania dzielnika napięcia, przekładnika prądowego i co najtrudniejsze – ekranowania kabli pomiarowych oraz położenia niskoindukcyjnych uziemień pomiędzy miejscem zwarcia i przewoźnym laboratorium, gdzie umieszczono rejestratory.

Moje doświadczenie z pomiarami wysokich napięć i prądów udarowych było ograniczone do laboratorium ZWN IEL, gdzie panują nieporównanie lepsze warunki z uwagi na starannie zaprojektowany system uziemień i ekranowanie kabli pomiarowych i rejestratorów, udoskonalane przez lata pracy. Miałem tremę w chwili pierwszego zamknięcia pneumatycznego wyłącznika 735 kV na doziemne zwarcie, a huk spowodowany jego działaniem przypominał odpalenie ciężkiego działa na poligonie.

Sukces tego projektu zachęcił mnie do przedstawienia wyników pomiaru i symulacji na letnim spotkaniu IEEE Power Engineering Society w Anaheim, w Kalifornii. Podczas obowiązkowej osobistej prezentacji trzeba „stawić czoła” audytorium złożonym z ponad stu doświadczonych amerykańskich inżynierów, specjalistów z przedsiębiorstw energetycznych i odpowiedzieć na zadawane pytania, często stanowiące rodzaj pułapki (*loaded questions*). Autor ma przywilej zamknięcia dyskusji, ale zarówno pytania, jak i odpowiedzi są wydrukowane razem z artykułem i życiorysem autora w *IEEE Transactions*. W przeciwieństwie do stanowiska dyrektora IEL, dyrekcja IREQ-u poparła moją prezentację i publikację artykułu w *IEEE Transactions*, uważając to za rodzaj reklamy, świadczący o wysokich kwalifikacjach kadry naukowej i technicznej przedsiębiorstwa.

IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-94, no. 2, March/April 1975
BEHAVIOR OF THE HYDRO-QUEBEC 735-kV SYSTEM UNDER TRANSIENT SHORT-CIRCUIT CONDITIONS AND
ITS DIGITAL COMPUTER SIMULATION
Ryszard Malewicki Senior Member IEEE Vojislav N. Narancic Senior Member IEEE Yvan Robitcaud Member IEEE
Hydro-Quebec Institute of Research
Varennes, Quebec, Canada.



Publikacja w prestiżowym *IEEE Transactions* i wyłącznik pneumatyczny 735 kV na stacji wysokiego napięcia Arnaud koło miejscowości Sept Isles, który posłużył do celowo wykonanej próby zwarcia doziemnego.

Zdjęcie moje z Vojislavem Narancicem.

Zakład Wysokich Napięć

W tym samym czasie postępowala budowa największej na świecie hali probierczej Laboratorium Wysokich Napięć o wymiarach podłogi 82 na 76 metrów i wysokości 55 m. Dach tej hali, wielka konstrukcja kratowa, został zmontowany na ziemi. Następnie na narożach przyszłej hali ustawiono cztery kolumny zawierające klatki schodowe i przy pomocy hydraulicznych podnośników zamocowanych na tych kolumnach powoli podnoszono konstrukcję dachu. Robiło to niesamowite wrażenie, zwłaszcza że zapowiedziano huraganowy wiatr i trzeba było zabezpieczać kolumny linami odciągowymi, aby ta gigantyczna stalowa konstrukcja nie złożyła się jak domek z kart.

Zaprzyjaźniłem się wtedy z kolegami z Zakładu Wysokich Napięć, gdzie kadra była złożona z samych cudzoziemców. Był tam George Karady z Budapesztu, Christos Menemenlis z Aten, David Train ze Szkocji, Sarma Maruvada z Indii, Giao Trinh z Wietnamu, no i dyrektor Nils Hylten-Cavallius ze Szwecji. Przy projektowaniu laboratorium, wyborze sprzętu probierczego i licznych problemach związanych z uziemieniem, ekranowaniem, tłumieniem echa, a także ogrzewaniem wielkiej Hali Wysokich Napięć pojawiały się tysiączne problemy i byłem potrzebny do rozwiązywania wielu bieżących zadań.

To zadecydowało o przeniesieniu z Zakładu Wielkich Mocy do Wysokich Napięć, a właściwie do nowego Laboratorium, gdzie po niesłychanie szybkim zakończeniu prac budowlanych rozpoczęto instalowanie maszyn wirujących, generatora udarów 6 MV, kaskadowego transformatora probierczego złożonego



Hala Wysokich Napięć w budowie – zima 1971, a po roku już czynne Laboratorium WN.

z sześciu jednostek po 500 kV, dwóch powielaczy napięcia stałego po 1200 kV. Oryginalne rozwiązanie pomiaru napięcia udarowego stanowił dzielnik napięcia 6 MV podwieszony „do góry nogami” na stropie hali. Byłem zaskoczony zafaniem, jakim dyrekcja IREQ-u darzyła pracowników naukowych, bo miałem prawo podpisywania zamówień na sprzęt i materiały, do bardzo wysokiej kwoty, a podpis dyrektora był wymagany przy wielkich kontraktach. Kontrastowało to rażąco z praktyką IEL, gdzie zakup najdrobniejszych potrzebnych do pracy przedmiotów wymagał wypełnienia druczka RW i uzyskania aprobaty kierownika pracowni, dyrektora Zakładu oraz osoby zajmującej się planami i budżetem.

Nader istotną sprawą było długoterminowe porozumienie pomiędzy dyrekcją IREQ-u a pobliską fabryką transformatorów firmy ASEA o zakontraktowaniu laboratorium do wykonywania prób odbiorczych transformatorów wyprodukowanych przez tę fabrykę. W ten sposób fabryka zaoszczędziła środki na budowę stacji prób odbiorczych, a IREQ miał zapewniony portfel zamówień na badania transformatorów w nowym Laboratorium Wysokich Napięć. Należy tu podkreślić dalekowzroczność dyrektora pana Lionela Bouleta, który zapewnił podstawę egzystencji tego laboratorium w późniejszych latach, kiedy kontrakty na prace badawcze uległy ograniczeniu.

Oprócz pana Hylten-Cavalliusa ja byłem wtedy jedynym pracownikiem naukowym z doświadczeniem w zakresie badań izolacji zewnętrznej i wewnętrznej aparatów wysokiego napięcia oraz techniką pomiarów w laboratorium. Mój kolega David Train posiadał doświadczenie w badaniu transformatorów nabyte w fabryce English Electric. Sarma Maruvada specjalizował się w oddziaływaniu linii przesyłowych na środowisko, a także zajmował się stratami ulotowymi. Giao Trinh miał doświadczenie w zakresie wytrzymałości oleju izolacyjnego i sześciofluorku siarki, George Karady był pracownikiem naukowym na Politechnice w Budapeszcie, a Christos Menemenlis pracował w przedsiębiorstwie przesyłu energii elektrycznej. Moi koledzy byli zwerbowani przez pana Hylten-Cavalliusa, który był aktywnym członkiem CIGRE oraz IEC i poznał ich podczas spo-

tkań grup roboczych tych organizacji. Zebranie takiego zespołu fachowców było jego zadaniem, a zarazem zasługą, bo w Ameryce Technika Wysokich Napięć jako przedmiot akademicki została zarzucona od wielu lat. Jedynie na Rensseler University w Troy, Albany wykładano symulację sieci przesyłowej programem EMTP: przepięcia łączeniowe, przepływ mocy, stabilność systemu, ale oprócz specjalistycznego szkolenia przez firmy General Electric i Westinghouse zorientowanego głównie na pracowników tych korporacji żaden uniwersytet nie prowadził wykładów w dziedzinie Techniki Wysokich Napięć.

Hydro-Québec zdawał sobie sprawę z konieczności wykształcenia własnej kadry do dalszego rozwoju i eksploatacji sieci najwyższych napięć i podpisał umowę z École Polytechnique de Montréal o przyznaniu statusu profesorów pracownikom naukowym IREQ-u, którzy zechcą jako dodatkowe zatrudnienie podjąć się wieczorowych wykładów ze swojej specjalności i prowadzenia prac magisterskich i doktorskich. Wynagrodzenie za te dodatkowe zajęcia nie było znaczące, ale status profesora otwierał drogę do ubiegania się o stypendium z Federalnej National Research Council. Takie stypendium pozwalało na niezależność przy zagranicznych wyjazdach na spotkania grup roboczych IEEE i CIGRE, zakup komputerów i opłacanie studentów bądź pokrywanie ich wydatków na książki i wydatków związanych z przygotowaniem rozprawy akademickiej. Ponadto studentom przygotowującym swoje dyplomowe prace umożliwiono korzystanie z laboratoriów IREQ-u.

<p>Ryszard Malewski, ing., D.Sc., F.I.E.E.E. Chercheur-chargé de projets Laboratoire Haute tension Techniques de mesure et informatique scientifique</p> <p>Institut de recherche d'Hydro-Québec 1800, montée Ste-Julie Varennes (Québec) J0L 2P0 (514) 652-8514 Téléc : 05-267486 Fax : (514) 652-8299</p>	 <p>ÉCOLE POLYTECHNIQUE ÉCOLE D'INGÉNIEURIE FONDÉE EN 1827 AFFILIÉE À L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL</p> <p><small>Centre de l'Université de Montréal Case postale 6071, succursale "A" Montréal, Québec H3C 3J7</small></p> <p>Monsieur Roland Bouthillette Principal de l'École Polytechnique a le plaisir d'inviter le Professeur Ryszard Malewski Département de génie électrique à la remise du Prix d'excellence du principal</p>	<p>Stanowisko w Laboratorium WN IREQ oraz profesora w École Polytechnique de Montréal.</p>
---	---	---

Pierwszym zadaniem było uruchomienie laboratorium i podstawowe szkolenie techników obsługujących generatory, transformatory probiercze i przyrządy pomiarowe, co nie było banalnym przedsięwzięciem, bo większość tych urządzeń stanowiły prototypy zakupione w specjalistycznych firmach: Haelefy i Tettex w Szwajcarii, ABB w Szwecji, Messwandlerbau w Niemczech, Trench Electric w Toronto. W ten sposób nawiązałem kontakt ze specjalistami, takimi jak dr Kurt Feser z Bazylei i pan Raupacher z Bambergu, którzy brali udział w uruchamianiu swoich urządzeń i dokonywaniu niezbędnych przeróbek, bo niektóre wytwórnie

nie dysponowały laboratorium wyposażonym do przeprowadzenia prób odbiorczych na tak wysokim poziomie napięcia. Te bezpośrednie kontakty przekształciły się z czasem we współpracę z firmami produkującymi wysokonapięciową aparaturę probierczą i pomiarową.

Podstawowym zadaniem Laboratorium Wysokich Napięć były próby wytrzymałości dielektrycznej prototypowych odłączników, odgromników, przekładników na napięcie 1500 kV. Rozmiary hali probierczej wynikały z wymiarów takiego odłącznika i niezbędnego odstępu od ścian i sufitu, aby uniknąć przypadkowych przeskoków do uziemionej struktury hali. Iskry o długości ponad 20 m robiły ogromne wrażenie na pracownikach, a jeszcze większe na odwiedzających laboratorium osobistościach. W tym czasie IREQ był uważany za najbardziej zaawansowany naukowo i technicznie ośrodek badawczy nie tylko w Quebecu, ale w Ameryce i wielu ludzi zajmujących odpowiedzialne stanowiska w energetyce i w przemyśle na całym świecie zwiedziło laboratoria IREQ-u, a Hala Wysokich Napięć była najbardziej spektakularnym obiektem.



Ulot na wyłączniku podczas próby napięciowej. Laboratorium Wysokich Napięć IREQ.

Dyrektor Instytutu pan Lionel Boulet był dumny ze swojego personelu i często dawał nam odczuć swoje uznanie przy okazji szczególnie trudnych prób, nagradzanych publikacji, patentów, wyróżnień za działalność w stowarzyszeniach naukowych i pełnienia w nich ważnych funkcji. Wiązało się to z ambicjami władz, które rozważały uzyskanie samodzielnej państwowości Quebecu, zarządzały referendum o oddzieleniu się od Kanadyjskiej Federacji i usiływały podkreślić odrębność etniczną tej mówiącej po francusku prowincji od innych po-

sługujących się językiem angielskim. Mnie i moim kolegom, którzy przyjechali z różnych krajów do pracy w IREQ-u te aspiracje niepodległościowe wydawały się nieuzasadnione, bo w całej Kanadzie obowiązują dwa oficjalne języki, kościół katolicki jest tu dominujący, prawo w Quebecu jest wzorowane na kodeksie Napoleona, i w wielu przypadkach znacząco różne od angielskiego prawa precedensu obowiązującego w innych prowincjach, a służba zdrowia i szkolnictwo są w gestii rządu prowincji. Tak naprawdę to wspólna jest tylko waluta, poczta, wojsko, sprawy zagraniczne i główne szosy. W naszym odczuciu Quebec cieszy się autonomią i trudno mówić o jakimkolwiek ucisku przez rząd federalny, w którym zasiadają także reprezentanci Quebecu.

Jednakże odczucia rdzennych mieszkańców tej niegdyś francuskiej kolonii wynikają z zaszłości historycznych i trudno jest dyskutować na tak drażliwy temat. Pamiętam, jak w szczerzej rozmowie z moim doktorantem usłyszałem, że Polska także chciałaby wyzwolić się z sowieckiej sfery wpływów potwierdzonej traktatem w Jałcie i Poczdamie. Nie byłem w stanie wytłumaczyć mu różnicy między tymi tak bardzo różnymi stopniami zależności.

Część 6

Polscy stażyści w IREQ-u

Na spotkaniu z kadłą dyrektor Instytutu podkreślił, że naszym zadaniem jest rozpowszechnienie wiedzy o tak ważnym dokonaniu Quebecu, jakim jest stworzenie najbardziej zaawansowanego na świecie ośrodka badawczego w dziedzinie energii elektrycznej. Na jego zapytanie, jakie widzimy sposoby rozpowszechnienia renomy naszego Instytutu, koledzy proponowali publikacje w prestiżowych pismach naukowych czy udział w międzynarodowych kongresach. To jednak nie spotkało się z uznaniem, bo po pierwsze, takie działania dyrekcja już popiera aktywnie, a poza tym krąg odbiorców tej informacji jest ograniczony do stosunkowo nielicznego grona specjalistów. W tym momencie miałem rzadki przebłysk intelektu, bo wspomniałem o „roku szabatowym, czyli rocznym urlopie przysługującym profesorom szanujących się uniwersytetów na odbycie raz na siedem lat rocznego stażu w wiodącym w ich dziedzinie zagranicznym ośrodku naukowym. W ten sposób stażysta uaktualnia swoją wiedzę i po powrocie opowiada wszem i wobec o tym ośrodku badawczym. Jego opinia jest oceniana jako niezależna, ponieważ nie pozostaje on w stosunku służbowym z dyrekcją odwiedzanego ośrodka i można powiedzieć, że staje się jego honorowym ambasadorem. Ta sugestia wydała się dyrektorowi rozsądna, ale zapytał mnie, skąd wziąć takich stażystów, na co niezwłocznie przyrzekłem pomoc w rekrutowaniu kandydatów.

Mając poparcie dyrektora, spowodowałem oficjalną korespondencję pomiędzy IREQ-iem a Instytutem Energetyki i Instytutem Elektrotechniki w Warszawie. Po dość długim okresie podpisywania umów o współpracy i wzajemnej wymianie naukowców do IREQ-u zawitał mój przyjaciel Jurek Dąbrowski, kierownik budowanego wówczas Laboratorium Wysokich Napięć IEn na Morach. Po nim kolejno przyjechali dr inż. Jacek Goliński, dr inż. Andrzej Dzierżyński i dr inż. Bohdan Koch z IEl oraz dr inż. Kazimierz Ilkowski i prof. dr inż. Romuald Kosztaluk z IEn. Jako ostatni przyjechał na krótki pobyt prof. dr Jan Maksymiuk z Instytutu Wielkich Mocy Politechniki Warszawskiej.

Dyrekcja była zadowolona z zaproszonych przeze mnie stażystów, bo wielu z nich znało język francuski, otrzymywali bardzo atrakcyjne (jak na polskie

warunki) uposażenie, które starali się zaoszczędzić, a nie wydawać na różne dostępne w Montrealu uciechy, a co najważniejsze – mieli możliwość pracy naukowej w nowoczesnym, dobrze wyposażonym laboratorium, której poświęcali cały czas, nie licząc spędzonych tam godzin. Brali udział we wspólnych publikacjach w prestiżowym *IEEE Transactions* i współpracowali przy realizacji ważnych projektów.

Jako przykład mogę opisać badanie wytrzymałości dielektrycznej linii przesyłowej 735 kV na łączeniowe przepięcia międzyfazowe. Zamknięcie trójfazowego wyłącznika powoduje przepięcie łączeniowe w każdej z trzech faz, jednakże moment załączenia w poszczególnych fazach jest różny na skutek rozrzutu działania pneumatycznego napędu biegunów wyłącznika. Załączenie napięcia w pierwszej z faz powoduje przepięcie, którego fala biegnie wzdłuż linii po przewodzie załączonej fazy i wywołuje ulot, to jest obszar silnie zjonizowanego powietrza w postaci walca wokół tego przewodu. Rozpraszanie jonów powoduje zwiększanie się średnicy tego walca i zmniejszanie gęstości jonów na jego powierzchni. Załączenie napięcia w drugiej z kolei fazie następuje po zwłóce kilku milisekund i może spowodować przepięcie o przeciwnej biegunowości. Podobnie jak w pierwszej załączonej fazie występuje ulot i powstaje wokół przewodu walcowy obszar zjonizowanego powietrza.

Zmniejsza się efektywny odstęp między powierzchnią chmury jonów na tych dwóch przewodach, a zarazem napięcie przeskoku między fazami. Ze względu na przypadkowe opóźnienie załączenia drugiej fazy takie zmniejszenie wytrzymałości izolacji międzyfazowej ma charakter stochastyczny i trzeba wykonać znaczną ilość pomiarów, aby wyznaczyć statystycznie znaczące najniższe napięcie wytrzymałowe. Pomiary wykonano w hali probierczej na modelu jednego przęsła sieci 735 kV w skali 1:1, doprowadzając dodatni udar łączeniowy 1.4 MV z jednego generatora, a ujemny z drugiego generatora z kontrolowanym opóźnieniem. Oprócz napięcia na obydwóch przewodach badanego przęsła linii rejestrowano pole elektryczne przy powierzchni przewodu, prąd wyładowania w powietrzu oraz wykonywano zdjęcie kanału wyładowania kamerą z dużą szybkością rejestracji.

W tym dosyć złożonym eksperymencie brał udział prof. dr Romuald Kosztaluk z IEn, który zaprojektował procedurę badawczą i opracował wyniki rejestracji.


Mój udział polegał na opracowaniu czujników pomiarowych oraz zbudowaniu klatki Faradaya umieszczonej na wysokim potencjale przewodu fazowego i zawierającej oscylografy zasilane z akumulatorów oraz bardzo ograniczone miejsce dla obsługującego technika.

IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-100, No. 7 July 1981				
EFFECT OF TIME SHIFT BETWEEN THE TWO VOLTAGE COMPONENTS ON PHASE-TO-PHASE INSULATION STRENGTH				
Kozmałd Kozstaluk Non Member Instytut Energetyki Warsaw, Poland	Robert Lanofs Non Member Institut de Rechercha d'Hydro-Québec Varenesse, Quebec, Canada	Kyszard Malewski Fellow Institut de Rechercha d'Hydro-Québec Varenesse, Quebec, Canada	Christos Menemelis Senior Member Non Member	Duc-Hai Nguyen Non Member

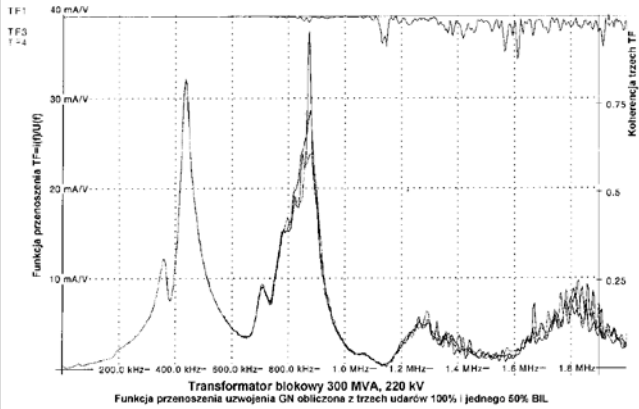
Raport z badań nad izolacją międzyfazową linii 735 kV Hydro-Québec.

Wyniki tej pracy zostały opublikowane w *IEEE Transactions*, a praktyczne wnioski zastosowane w sieci 735 kV Hydro-Québec.

Stacja prób odbiorczych transformatorów z pobliskiej fabryki ABB w Varennes



Wielki transformator mocy poddany próbie udarowej w Laboratorium IREQ. Analiza zarejestrowanych przebiegów.



Transformator blokowy 300 MVA, 220 kV
Funkcja przeniesienia uzwojenia GN obliczona z trzech udarów 100% i jednego 50% BIL.

Poza badaniami nad możliwością przesyłu energii na najwyższym napięciu nader istotnym zadaniem były próby odbiorcze wielkich transformatorów produkowanych przez pobliską fabrykę ABB na zamówienie Hydro-Québec. Próba udarowa była jedną z krytycznych, bo pozwala na wykrycie lokalnych uszkodzeń izolacji uzwojeń. Aby naprawić takie uszkodzenie, należało przetransportować transformator z powrotem do fabryki, spuścić olej, wyjąć z kadzi, zlokalizować uszkodzenie w uzwojeniu złożonym z tysiąca zwojów, co przypominało przysłowiowe szukanie igły w stogu siana, naprawić przebitą izolację, powtórzyć proces suszenia, napełnienia olejem pod próżnią i transport do laboratorium na ponowne próby. Średni

koszt transformatora 250 MVA, 735 kV wynosił około jednego miliona dolarów, a zysk netto producenta waha się pomiędzy 8% a 10% i taka naprawa pochłania znaczną część tego zysku. Podczas próby obecny był inspektor z ramienia producenta ABB i kupującego Hydro-Québec. Ci inspektorzy mieli czasami odmienne zdanie przy ocenie wyników próby i wywiązywała się burzliwa dyskusja, czy transformator przeszedł próbę zgodnie z normą i zostaje odebrany przez kupującego, czy wraca do naprawy w fabryce. Szef Laboratorium David Train i ja byliśmy pytani o obiektywną ocenę wyników próby, ale kiedy moim zdaniem izolacja została przebita, to inspektor ze strony producenta kwestionował moją bezstronność, argumentując, że dostaję pobory jako pracownik Hydro-Québec. Zwróciłem się do dyrektora Instytutu o pomoc w rozstrzygnięciu tego sporu, a odpowiedź pana Lionela Boulet brzmiała: „*Skoro jesteś specjalistą od prób i pomiarów, to znajdź sposób na wyeliminowanie czynnika ludzkiego przy interpretacji wyników próby*”.

W zasadzie próba udarowa izolacji transformatora była sprawdzeniem liniiowości impedancji badanego uzwojenia w zakresie do pełnego napięcia próby, które w przypadku uzwojenia 735 kV wynosiło 1.8 MV. Aby wykazać, że badana izolacja nie uległa zmianie, przykłada się udar o napięciu obniżonym np. do połowy 900 kV i rejestruje przebieg doprowadzonego udaru oraz prądu odpowiedzi uzwojenia na ten udar, który jest rejestrowany przy uziemionym krańcu uzwojenia. Następnie powtarza się taką samą procedurę przy pełnym 1.8 MV napięciu próby. Ocena wyniku próby polegała wówczas na porównaniu kształtu odpowiedzi uzwojenia zarejestrowanej przy pełnym i obniżonym napięciu probierczym. Do rejestracji tych przebiegów stosowano analogowy oscylograf firmy Haefely, który pozwalał na fotografowanie przebiegów pojawiających się na ekranie. Porównanie polega na nałożeniu na siebie kliszy z przebiegami zarejestrowanymi przy pełnym i obniżonym napięciu i wizualnej ocenie, czy występują pomiędzy nimi różnice. Drobną odchyłką mogła być spowodowana przez wyładowanie niezupełne, które nie świadczyło o przebiciu izolacji i zgodnie z normą było tolerowane. Jednakże podobna różnica między porównywanymi przebiegami mogła wskazywać na lokalne przebicie izolacji, które dyskwalifikowało transformator. Decyzję podejmowano po dyskusji pomiędzy inspektorami, a z uwagi na jej poważne konsekwencje finansowe dla wytwórni albo ryzyko przebicia izolacji i awarii transformatora na stacji Hydro-Québec inspektorzy odmiennie postrzegają te drobne różnice między porównywanymi przebiegami.

Z wykładów profesora Kotowskiego pamiętałem, że dwójnik RLC w zależności od wartości R może mieć odpowiedź oscylacyjną albo aperiodyczną i przy analizowaniu rzeczywistych przypadków lepiej rozważać, co dzieje się z energią zgromadzoną na przykład w pojemności, niż analizować przebiegi napięcia i prądu.

Ta cenna wskazówka podpowiedziała mi, że wyładowanie niezupełne w szczelinie olejowej pomiędzy warstwami papieru izolacyjnego polega na zamianie energii pola elektrycznego zgromadzonej w pojemności tej szczeliny na ciepło w kanale wyładowania, czyli w iskierce, przez którą wyładowała się ta energia. Jest to proces nieodwracalny i zazwyczaj przebieg prądu ma charakter aperiodyczny. Natomiast przebicie izolacji stanowi zwarcie pomiędzy dwoma przewodnikami, na przykład między dwoma miedzianymi zwojami. Zwarcie pomiędzy zwojami lub cewkami zmienia ich indukcyjność i wywołuje oscylacyjny impuls napięcia i prądu.

W konsekwencji można rozróżnić te dwa zjawiska przez porównanie impedancji uzwojenia wyznaczonej w funkcji częstotliwości. Miejscowe zwarcie w uzwojeniu spowoduje powstanie nowej częstotliwości rezonansowej, albo przesunięcie szczytu jednej z naturalnych częstotliwości rezonansowych uzwojenia. Natomiast wyładowanie niezupełne można przedstawić jako wtrącenie rezystancji, w której wydziela się energia wyładowania.

Taka rezystancja nie powoduje znaczącej zmiany naturalnych częstotliwości uzwojenia, ale wprowadza tłumienie jednego z tych rezonansów, co obniża jego szczyt na charakterystyce częstotliwościowej. Uświadomiłem sobie, że należy porównywać charakterystykę częstotliwościową impedancji bądź admitancji uzwojenia zarejestrowaną przy obniżonym i pełnym napięciu probierczym, a nie jak dotychczas przebiegi prądu i napięcia udarowego.

Po całonocnych teoretycznych rozważaniach wydawało mi się, że rozwiązałem ten problem, ale w praktyce nie istnieją przyrządy rejestrujące charakterystykę częstotliwościową uzwojenia w zakresie powyżej jednego megahertza (1 MHz), przy udarowym napięciu około dwóch megawoltów (2 MV).

Jedyną drogą jest przekształcenie zarejestrowanych w dziedzinie czasu przebiegów napięcia probierczego i prądu odpowiedzi uzwojenia na ich widmo częstotliwości, stosując transformatę Fouriera, a następnie wyznaczenie impedancji uzwojenia jako ilorazu widma napięcia i prądu. Niestety, ręczne oblicza-

nie widma sygnału zarejestrowanego przez analogowy oscylograf wymagałoby benedyktyńskiej pracy i trzeba było uzyskać ten sygnał w postaci cyfrowej, aby skorzystać z algorytmu szybkiej transformaty Fouriera (*FFT – Fast Fourier Transform*). Ten algorytm opracowany do celów wojskowych został niedawno „odtajniony” i udostępniony.

Pierwszy przyrząd do cyfrowej rejestracji i przetwarzania udarów

W tym czasie pojawiły się pierwsze przetworniki analogowo-cyfrowe (*A/D*) o dużej szybkości próbkowania i dostatecznej rozdzielczości. Po zamknięciu programu Apollo przez Agencję Badań Kosmicznych NASA wiele amerykańskich firm produkujących specjalistyczne przyrządy straciło finansowanie ze środków rządowych i szukało zastosowania dla swoich wyrobów do celów cywilnych. Jedna z nich postanowiła sprzedawać przetwornik analogowo-cyfrowy o 100 MHz częstotliwości próbkowania do celów medycznych, ponieważ cyfrowy rejestrator pozwala na zapisanie i odczyt tej części przebiegu, która poprzedza sygnał wyzwalający (*trigger*). Na przykład cyfrowa rejestracja sygnałów bicia serca pacjenta pozwala lekarzowi na odczytanie przebiegu tego sygnału przed zgonem i zatrzymaniem pracy serca. Z uwagi na główne zastosowanie do badań medycznych i biologicznych takie przetworniki sprzedawano pod nazwą *Biomation* i ich szybkość zapisu była wystarczająca do rejestrowania przebiegu udarowego w laboratorium wysokonapięciowym. Nie mając ograniczeń na zakup sprzętu, nabyłem taki przetwornik i niezwłocznie przekonałem się, że potężne zakłócenia elektromagnetyczne wytwarzane przez megawoltowy generator udarów zaburzają działanie tego przyrządu zaprojektowanego do pracy w klinice medycznej.

Aby ochronić układy elektroniczne przetwornika od zakłóceń, należało umieścić go w klatce Faradaya i odizolować od zasilającej sieci przez odpowiednie filtry. Jednakże odczytanie zapisanych w wewnętrznej pamięci przebiegów i sterowanie przetwornikiem wymaga połączenia kablem z komputerem, którego ekran i klawiatura muszą być dostępne dla operatora, a więc znajdować się poza klatką Faradaya. Zakłócenia powstają w chwili rozładowania generatora wysokonapięciowych udarów, a nie występują w czasie pomiędzy kolejnymi udarami, kiedy ładują się kondensatory generatora. Dzięki temu można odczytać zarejestrowany przebieg i nastawić przetwornik do następnej rejestracji w czasie pomiędzy rozładowaniami generatora udarów. Realizacja takiego dwustopniowego

ekranu była dość trudna, ale udało się szczelnie zamknąć klatkę Faradaya chroniącą przetwornik *Biomation* na krótki czas rejestracji przebiegów udarowych oraz zapewnić skuteczne ekranowanie komputera, umożliwiające wyświetlanie zarejestrowanych przebiegów i sterowanie pracą przetwornika. W ten sposób powstał pierwszy cyfrowy rejestrator udarów w Laboratorium Wysokich Napięć IREQ-u.

Obliczanie widma częstotliwości zarejestrowanych cyfrowo przebiegów wymaga wstępnej obróbki przed zastosowaniem algorytmu FFT. Dalsze obliczanie admitancji badanego uzwojenia w dziedzinie częstotliwości oraz porównywanie tak uzyskanej *transfer function* przy pełnym i obniżonym poziomie napięcia probierczego wymagało napisania kilku programów. Opracowanie tych programów było przedmiotem pracy magisterskiej mojego studenta pana Bertranda Poulin, pracownika sąsiadującej z IREQ wytwórni transformatorów ABB w Varennes Qué. Główna fabryka transformatorów ABB w Ludvika zainteresowała się naszą metodą i zatwierdzono wspólny projekt nad zastosowaniem i doskonaleniem zarówno przyrządu, jak i oprogramowania. Co pół roku było zebranie mieszanej komisji ABB-IREQ na przemian w Montrealu i w Ludvika, na którym wspólnie przedstawialiśmy wykonane prace i plan działania oraz budżet na następne pół roku. Wyjazd na spotkanie w Ludvika był wielkim przeżyciem dla Bertranda, który jako młody inżynier z kanadyjskiej filii ABB musiał prezentować swoją pracę przed gronem szwedzkich specjalistów oraz naczelną dyrekcją „działu-Z transformatory”. Nie brakowało pytań, bo miejscowi inżynierowie-transformatorowcy z wieloletnim stażem zawodowym nie mieli zaufania do cyfrowych rejestratorów i przetwarzania sygnałów, a w tej dziedzinie Europa była mniej zaawansowana od Stanów i Kanady. Niemniej nasze działania spotkały się z uznaniem i Bertrand dał się poznać swojej naczelnej dyrekcji z najlepszej strony.

Wieczorem zaproszono nas do niecodziennej restauracji mieszczącej się w głębokiej skalnej pieczarze, wprawdzie oświetlonej i ogrzewanej, ale robiącej dość niesamowite wrażenie. Właścicielka na wstępie opowiedziała nam historię tej jaskini, leżącej kilka kilometrów na północ od Ludvika i niezbyt daleko od kręgu polarnego. Przed wiekami zimy były bardziej mroźne i nie można było wykopać dołu w zamrożonej na dwa metry glebie. Ludzi, którzy zmarli w zimie, nie można było pochować i zwłoki trzymano do wiosny w najbardziej odległym

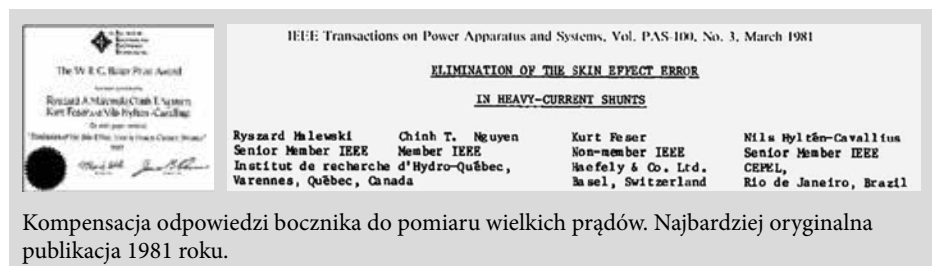
krańcu linii 735 kV w pobliżu Montrealu. Powoduje to przepływ prądu stałego od kilku do nawet kilkudziesięciu amperów przez przewody fazowe linii przesyłowej i uzwojenie wysokiego napięcia transformatora. Taki prąd płynący przez około tysiąc zwojów powodował nasycenie rdzenia transformatora. Strumień magnetyczny od prądu przemiennego 60 Hz zamyka się wtedy przez ścianki i pokrywę kadzi. Indukowany w nich prąd nagrzewa śruby łączące pokrywę z kadzią, transformator zaczyna wibrować i wydobywa się głośny dźwięk. Nasycenie rdzenia powoduje odkształcenie krzywej napięcia i prądu, występują wyższe harmoniczne zakłócające zabezpieczenia sieci i kompensatorów statycznych.

Ten prąd stały pojawiał się niespodziewanie i mógł trwać kilka dni, zmieniając natężenie w sposób nieprzewidywalny. Pierwsze informacje o tym zjawisku dotarły do IREQ od monterów pracujących w odległych w stacjach, którzy opowiadali, że transformatory ryczą i łby śrub łączących pokrywę kadzi grzeją się do czerwoności. O podobnym zjawisku obserwowanym w stacjach wysokiego napięcia na Alasce dowiedzieliśmy się od pracowników Fairbanks University, którzy zidentyfikowali burze magnetyczne jako źródło napięcia stałego pojawiającego się pomiędzy odległymi uziemieniami na wysokiej szerokości geograficznej.

Jako pierwszy krok w kierunku rozwiązania tego problemu Hydro-Québec zdecydował przeprowadzenie rejestracji prądu stałego płynącego przez uzziemienie transformatorów w rejonie James Bay. Do tego potrzebny był bocznik prądowy, który pozwoli na rejestrację względnie słabego prądu stałego (kilku amperów), ale wytrzyma ciągły przepływ znacznie większego prądu składowej zerowej 60 Hz. Mnie przypadło konstruowanie takiego bocznika i w ramach tego projektu zbudowałem układ do rejestracji odpowiedzi masywnych boczników na impuls prostokątny. Aby zapewnić stałą wartość rezystancji, taki bocznik musi skutecznie odprowadzać ciepło wytwarzane w sposób ciągły przez prąd o częstotliwości sieciowej. Jego konstrukcja różni się od opracowanych przeze mnie w ZWN IEl boczników rurowych do rejestracji krótkich impulsów prądu nagrzewanych adiabatycznie przez pojedyncze udary o małej powtarzalności. Należy tu zastosować geometrię płaską z zewnętrznymi radiatorami odprowadzającymi ciepło, a jednocześnie zapewnić aperiodyczny przebieg odpowiedzi na impuls prostokątny, aby uzyskać wierne rejestrację chwilowych wzrostów natężenia prądu. Taki bocznik, złożo-

ny z dwóch płaskich płyt z konstantanu, połączonych masywną miedzianą elektrodą na obu krańcach miał obwód pomiarowy wprowadzony pomiędzy te płyty. Odpowiedni profil obwodu pomiarowego pozwalał na zmniejszenie czasu odpowiedzi bocznika, a więc na rozszerzenie pasma przenoszonych częstotliwości. Prace nad wyborem tego optymalnego profilu stanowiły studium zjawiska naskórkowości impulsowej (*transient skin effect*) w trójwymiarowej geometrii bocznika i były tematem pracy doktorskiej mojego studenta Marca Leclerca. Była to ciekawa praca doktorska, wynikająca z problemu burz magnetycznych zakłócających działanie systemu przesyłu mocy z odległych elektrowni na północy do Montrealu.

Konstrukcja boczników prądowych o skompensowanym czasie odpowiedzi została opracowana dla potrzeb Laboratorium Wielkich Mocy do rejestracji prądu przy próbach zwarciovych wyłączników wysokiego napięcia. Teoretyczna analiza zjawiska naskórkowości w boczniku rurowym o masywnych ściankach pozwoliła na wybranie optymalnego profilu przewodu pomiarowego umieszczonego wewnątrz ścianki rury. Obliczenie potwierdzono doświadczalnie na prototypowym boczniku wykonanym w IREQ-u, a prawa do produkcji i komercjalizacji nabyła firma Haefely ze Szwajcarii.



Artykuł w *IEEE Transactions* opisujący analizę teoretyczną i zrealizowaną konstrukcję bocznika uzyskał wysoką nagrodę W.R.G. Bakera, nadawaną za najbardziej oryginalną publikację we wszystkich wydawnictwach IEEE.

École Polytechnique de Montréal

Jak zwykle pomiędzy pracownikami naukowymi IREQ-u trwała nieformalna, lecz ostra konkurencja, kto jest najlepszy w naszym Zakładzie. Aby ucywilizować te spory, dyrekcja postanowiła sprecyzować kryteria oceny pracownika.

Liczyły się publikacje w *IEEE Transactions*, a zwłaszcza nagrodzone artykuły, tytuł *Fellow* tego stowarzyszenia, rozwiązanie problemów pochodzących z macierzystego przedsiębiorstwa Hydro-Québec, sprzedaż licencji na produkcję opracowanych w IREQ-u urządzeń, kierowanie komitetami i grupami roboczymi międzynarodowych stowarzyszeń naukowych, a także kształcenie specjalistów. Każdy z pracowników naukowych Zakładu Wysokich Napięć prowadził wykłady oraz prace magisterskie i doktorskie na École Polytechnique de Montréal, co spowodowało rodzaj współzawodnictwa o wypromowanie nowego doktora nauk technicznych.

Mój kolega Christos Menemenlis był promotorem pracy doktorskiej pierwszego z młodych inżynierów IREQ-u, który obronił tę pracę na Montrealskiej Politechnice i z tej okazji zorganizowano nieformalne spotkanie pracowników naukowych Zakładu Wysokich Napięć z udziałem nowo wypromowanego doktora. Po gratulacjach i opróżnieniu kilku butelek metaxy atmosfera stała się bardziej familiarna i Christos utrzymywał, że szybkie i skuteczne kształcenie młodych ludzi przez greckich nauczycieli ma wielowiekową tradycję, bowiem w czasach starożytnego Rzymu każda szanująca się rzymska rodzina utrzymywała preceptora Greka, będącego nosicielem starszej kultury, aby kształcił ich synów i córki.

Tego było mi trochę za wiele, więc opowiedziałem historię zasłyszaną od polskiego żołnierza, który walczył w 1944 roku pod Monte Cassino. Dostarczanie amunicji na pierwszą linię na stromych zboczach Monte Cassino nastroczało poważny problem, bo nie było tam drogi umożliwiającej dojazd samochodem i żołnierze musieli wspinać się po wąskich ścieżkach i dźwigać amunicję na plecach. Brytyjski oficer łącznikowy postanowił rozwiązać problem, dostarczając stadko jucznych mułów, do transportu ciężkiego ładunku po górskich drózkach. Jednakże polscy żołnierze nie umieli nakłonić obładowanych mułów do wspinania się na pierwszą linię. Ani zachęta marchewką, ani kijem po grzbiecie nie zdołały skłonić mułów do marszu. Widząc brak umiejętności w postępowaniu z mułami przez Polaków, Brytyjczyk przysłał grupę greckich żołnierzy, którzy, jak twierdził, nie bardzo nadają się do walki na pierwszej linii, ale za to są dobrymi poganiaczami mułów. Strój tych żołnierzy nie spełniał wymagań regulaminu polskiej piechoty: nieogoleni, rozchełstane kołnierzyki mundurów, kolorowe szale i onuce nie przeszłyby przez kontrolę polskiego sierżanta, ale w końcu byli

to specjaliści od mułów, więc przyjęto ich gościnnie. Grecy nie spojrzeli nawet na objuczone muły, ale rozpalili ognisko, usiedli wokół ognia, wyciągnęli bukłaki z winem, wrzucili kartofle do ogniska i wyraźnie nie garnęli się do transportu amunicji pod górę. Polskich piechurów zaczęło to niepokoić, ale po jakimś czasie jeden z greckich żołnierzy wygrzebał z popiołu kartofel, podszedł do muła, podniósł mu ogon i wpakował w odbyt ten gorący kartofel. Muł, rycząc głośno, ruszył żwawo ścieżką pod górę ku radości Polaków.

W tym momencie naszego spotkania zapanowała cisza, a potem wszyscy się roześmiali, ale nikt ze zgromadzonych kolegów nie szukał paraleli do opowieści o greckich poganiaczach mułów.

Chcąc zintegrować ludzi pochodzących z różnych krajów i kultur, dyrekcja IREQ-u nakłaniała nas do urządzania koleżeńskich spotkań, kolejno w domu każdego z pracowników naukowych. Było w zwyczaju, że każdy przynosił potrawę lub napój typowy dla swojego kraju, a gospodarz troszczył się o zapewnienie podstawowych dań i napojów. Kiedy nabyliśmy pierwszy dom, był u nas Jurek Dąbrowski, odbywający wówczas staż w IREQ-u, nasz przyjaciel, poczciwie pomagający Wandzie w opiece nad naszą malutką córeczką, jako doświadczony ojciec dwóch córek.

W tym domu był obszerny *basement*, pomieszczenie z małymi okienkami nad poziomem trawnika, urządzone przez poprzedniego właściciela w stylu barowym, z czerwonym dywanem, czerwonymi kinkietami oraz imponujących rozmiarów barkiem. O umówionej porze przyszli wszyscy koledzy z Nilsem Hylten-Cavalliušem na czele i rozmowa potoczyła się wartko po degustacji zawartości butelek importowanych z Polski przez pana Zygmunta Lunawera, właściciela sklepiku „*Petite Europe*”, gdzie można było kupić „*wszystko, co pan sobie życzy, a nawet więcej*”. W pewnej chwili zadzwonił telefon i okazało się, że telefonuje dr Marek Jaczewski, naczelny dyrektor Instytutu Energetyki na Morach. Na moje pytanie: skąd dzwonisz?, odrzekł, że z Montrealu. Zaproponowałem, aby do nas przyjechał, bo właśnie mamy spotkanie wysokonapięciowców, ekspertów światowej klasy i podałem nasz adres.

Marka Jaczewskiego znałem z klubu żeglarskiego, ale nigdy nie pracowałem pod jego zwierzchnictwem, więc uznałem to za koleżeńską wizytę. W tym czasie atmosfera spotkania się już rozluźniła, wszyscy zdjęli marynarki i krawaty, a wtedy pojawił się Marek, ubrany w czarny wizytowy garnitur, pod krawatem

i wszyscy zamarli, widząc tak formalnie ubranego gościa. Jedynie Hylten-Cavallius, który poznał Marka na CIGRE-owskim zjeździe, otworzył na powitanie ramiona i zaanonsował go, mówiąc: „*To jedyny komunista wśród wysokonapięciowców*”. Salwa śmiechu rozładowała atmosferę i dalsza degustacja polskich eliksirów spowodowała zbratanie uczestników tego integracyjnego spotkania. Później dowiedziałem się, że formalnym powodem wizyty Marka w Montrealu było wizytowanie stażysty, czyli Jurka Dąbrowskiego, a naprawdę chęć zobaczenia największego i najnowocześniejszego laboratorium na świecie.

Na początku lat 80. zmniejszała się ilość projektów zamawianych w Laboratorium Wysokich Napięć IREQ-u przez Hydro-Québec, bo ze względu na wymaganą wysoką niezawodność przesyłu energii z elektrowni wodnych z James Bay do Montrealu i Nowego Jorku potrzeba co najmniej sześciu równoległych linii 735 kV biegnących różnymi korytarzami, aby uniknąć całkowitego przerwania dostawy energii na skutek uszkodzenia wież i osprzętu liniowego przez burzę śnieżną i katastrofalną szadź. Takie rozwiązanie jest znacznie bardziej kosztowne od budowy jednej linii na napięcie 1500 kV, ale warunek ciągłej, niezawodnej dostawy energii przeważał nad kosztem budowy linii.

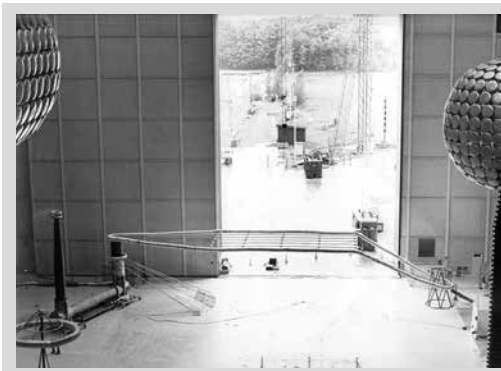
Symulator Impulsów Elektromagnetycznych EMP w Laboratorium Wysokich Napięć

Na zebraniu pracowników naukowych dyrektor IREQ-u zapowiedział, że jeśli chcemy utrzymać nasze stanowiska, uposażenie i ciekawą pracę, to musimy zakrzętnąć się i poszukać zewnętrznych kontraktów, bo prace zlecane przez macierzystą firmę Hydro-Québec nie pokrywają już budżetu Instytutu. Niełatwo znaleźć kontrakty wymagające badań w ogromnej i kosztownej w eksploatacji hali probierczej Laboratorium Wysokich Napięć. Większość zleceń z przemysłu i przedsiębiorstw energetycznych można realizować w znacznie mniejszych i tańszych w obsłudze laboratoriach.

Pamiętając o zagrożeniu sprzętu łączności wojskowej i cywilnej przez EMP (*Electro-Magnetic Pulse*), towarzyszący eksplozji ładunków jądrowych, o którym czytałem przy projektowaniu generatora stromych impulsów wielkoprądowych w pracowni pana Gzylewskiego w ZWN IEL, namówiłem Davida Traina, szefa Laboratorium Wysokich Napięć na odwiedzenie wytwórni sprzętu łączności SPAR w Ontario i rozpoznanie zapotrzebowania na próby odporności ich wy-

robów na EMP. Okazało się, że znaczna część ich produkcji jest przeznaczona na eksport dla klientów finansowanych przez US Department of Defence. Aby zakwalifikować ten sprzęt do użytku przez siły zbrojne, należy przeprowadzić próby kompatybilności z EMP w laboratorium na poligonie w Fort Mammoth w Stanach. Zdarza się, że wynik próby nie jest zadowalający i konstruktorzy muszą wprowadzić zmiany. Niestety, protokół z prób nie zawiera wskazówek, co i jak należy zmienić, więc ulepszenia są robione według intuicji konstruktora i czasami przyrząd jest kilkakrotnie wysyłany do prób nim zostanie przyjęty przez klienta. Oprócz prób samego urządzenia produkowanego przez SPAR, wykonywane są próby po zainstalowaniu go w pojeździe bądź obiekcie latającym, co wymaga użycia symulatora o dużych rozmiarach, a więc kosztownych prób. Perspektywa wykonywania takich prób w Laboratorium Wysokich Napięć IREQ-u byłaby interesująca dla tej firmy, bo konstruktorzy mogliby brać udział w próbach i wprowadzać niezbędne poprawki bez potrzeby przesyłania sprzętu do Stanów. Oczywiście próby w IREQ-u musiałyby być uznane przez Department of Defence i Laboratorium Wysokich Napięć musiałyby uzyskać stosowną akredytację. Po rozpoznaniu sprawy okazało się, że należy zacząć od dowództwa armii kanadyjskiej i wyznaczono nam spotkanie z pułkownikiem urzędującym w stolicy, w Ottawie. Po wysłuchaniu sprawy przedstawionej przez Davida Traina pułkownik stwierdził, że jest tak jak David z pochodzenia Szkotem, i możemy liczyć na poparcie z jego strony, ale musimy w naszym laboratorium zbudować odpowiedni symulator i udowodnić, że spełniamy wymagania dotyczące kształtu impulsu, który symuluje EMP, oraz zapewnić dostatecznie duże wymiary anteny, aby badany pojazd nie zakłócał znacząco rozkładu pola pod anteną. Jak będziemy gotowi, to on wraz ze specjalistami z National Research Council przyjedzie na sprawdzenie tego stanowiska probierczego. Po przedstawieniu wyników rozmów dyrektorowi IREQ-u uzyskaliśmy zgodę i budżet na budowę symulatora wraz z anteną w laboratorium oraz zapewnienie poparcia w staraniach o taki kontrakt.

Nigdy przedtem nie budowałem generatora EMP, który by wymusił pod wysoką na 6 m anteną impuls o czasie narastania 5 ns i czasie grzbietu 20 ns, składowej elektrycznej pola 50 kV/m i magnetycznej 250 μ T, zgodnie z amerykańską specyfikacją QSTAG244. Co więcej, nie wiedziałem, jak się buduje sondy do rejestracji składowej elektrycznej i magnetycznej pola o paśmie przenoszenia



Symulator Impulsów
Elektromagnetycznych
(Electro-Magnetic Pulse)
towarzyszących eksplozji broni jądrowej
w Laboratorium Wysokich Napięć IREQ.

150 MHz. Pewne informacje były dostępne w katalogu firmy EG&G, która oferowała takie sondy do instalowania na samolotach. O antenach symulatorów EMP dowiedziałem się nieco z artykułów kapitana US Air Force C. Bauma, który opublikował swoje prace w *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*.

Jako generator impulsów posłużyła 10-metrowa sekcja koncentrycznej linii o impedancji falowej 70Ω w izolacji w sześciofluorku siarki (SF₆), która została w naszym laboratorium po innych próbach i miała wysokonapięciowe przepusty zainstalowane na obydwóch końcach tej linii. Po niewielkiej modyfikacji udało się na końcu tej linii zainstalować iskiernik o płaskich elektrodach typu Rogowskiego, o napięciu przeskoku kontrolowanym przez ciśnienie gazu. Główny generator uderów Laboratorium Wysokich Napięć o znamionowym napięciu 6 MV ładował tę sekcję koncentrycznej linii izolowanej w SF₆ przez megaomowy rezystor, a po przeskoku na iskierniku Rogowskiego rozładowanie tej linii na impedancję anteny formowało quasi-prostokątny impuls. Antena miała kształt prostokąta 13x7 m, zawieszona poziomo 6 m nad podłogą hali probierczej. Jeden koniec anteny był połączony z iskiernikiem w SF₆, a drugi był uziemiony przez 140Ω małoindukcyjny rezystor dopasowany do oporności falowej anteny.

Prototypowe sondy do rejestracji składowych elektrycznej i magnetycznej pola były umieszczone pod anteną na podłodze hali probierczej, w której jest zalana cementem uziemiająca miedziana siatka Ledóchowskiego. Kable pomiarowe były przeprowadzone do pomieszczenia w podziemiu hali przez studzienkę w podłodze hali. Po kilku próbach okazało się, że spełniamy wymaganie 5 ns czasu narastania impulsu i żądanego natężenia pola. Grzbiet był nieco za wysoki, ale wystarczająco bliski wymaganiom.

Dumni z sukcesu zaprosiliśmy dyrektora IREQ-u na pokaz działania tej instalacji, ale był zawiedziony, bo oprócz przebiegów zarejestrowanych przez szybki oscyloskop cyfrowy nic spektakularnego się nie działo. Przy konwencjonalnych próbach udarowych widać było długie iskry i słychać ogłuszający huk, a tu symulator EMP pracuje niemal bezgłośnie. Rozmyślając, jak by tu uatrakcyjnić działanie naszego symulatora, umieściłem pod anteną zużytą, wyjętą ze śmieci świetlówkę. Potężny impuls pola elektromagnetycznego spowodował wyładowanie w parach rtęci wewnątrz świetlówki, a pobudzony luminofor długo jeszcze emanował światło. Na następny pokaz dla dyrekcji zaprosiliśmy bardzo atrakcyjną dziewczynę z biura dokumentacji i poprosiłem ją, aby trzymała w ręku tę świetlówkę. Oczywiście, najpierw musiałem sam trzymać świetlówkę pod anteną, a dziewczyna, widząc, że nadal żyje, dała się namówić na taki eksperyment. Zaprosiłem także naszego profesjonalnego fotografa, który zrobił zdjęcie dziewczyny z błyskającą świetlówką pod anteną. Tym razem dyrekcja była usatysfakcjonowana, ale wiele młodych pracowniczek IREQ-u nagabywało nas, że też chcą mieć takie zdjęcie. Aby opędzić się od tych pań, powiedzieliśmy, że to tylko dla niezamężnych kobiet, bo indukowany w obręczce prąd może spowodować oparzenie palca.

Nadszedł wielki dzień, kiedy przyjechał pułkownik i kilku kolegów z National Research Council, którzy umieścili pod anteną swoją sondę i pociągnęli po podłodze ekranowany kabel pomiarowy do oscylografu. Patrząc na miedziany oplot tego kabla, zorientowałem się, że ma niewystarczającą gęstość i zakłócenia wysokiej częstotliwości uniemożliwią rejestrację impulsowego pola. Po kilku strzałach koledzy ci uznali słuszność ostrzeżenia i włożyli kabel w stalową rurę położoną na podłodze. Przy następnym strzale pojawiły się rozgałęzione wyładowania pełzające po podłodze od tej rury. Zrezygnowani przyjęli zaproszenie do podziemia, gdzie ich oscylograf i kabel były chronione od zakłóceń przez miedzianą siatkę Ledóchowskiego zatopioną w podłodze hali. Wspólne pomiary potwierdziły spełnienie wymagań odnośnie 5 ns czasu czoła impulsu i jego amplitudy, a ja przyrzekłem, że osiągniemy żądany przebieg grzbietu impulsu i wyłumimy odbicia, po czym delegacja wróciła do stolicy. Zgodnie z przyrzeczeniem pułkownika, po dwu tygodniach przyjechała ze Stanów komisja mająca ocenić, czy spełniamy wymagania dotyczące akredytacji naszego laboratorium do wykonywania prób kompatybilności elektromagnetycznej sprzętu dla amery-

kańskich sił zbrojnych. Mieli ze sobą kwestionariusz z szeregiem pytań, a w zależności od odpowiedzi można było uzyskać klauzulę dopuszczenia do takich prób, która przewidywała 16 poziomów wtajemniczenia. Najniższa była dla personelu obsługi pomieszczeń: sprzątaczek, dozorców, strażników. Najwyższa dla kierownictwa, personelu naukowego instytutu i inżynierów laboratorium. Pierwsze pytanie kwestionariusza brzmiało: „*Czy posiada żyjących krewnych w krajach za żelazną kurtyną?*” Po stwierdzeniu, że zarówno ja, jak i George Karady z Budapesztu, Vladislav Zajic z Bechovic i jeszcze kilku innych pracowników naukowych IREQ-u nie spełnia tego wymogu, komisja wróciła do Fort Mammoth i cały projekt został zamknięty.

Część 7

Automatyczny rejestrator przebiegów w sieci 735 kV

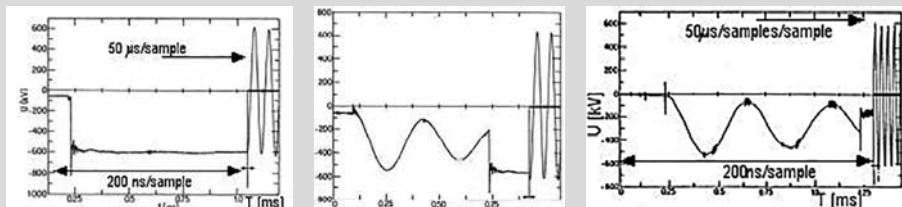
Wymiary i waga wielkich transformatorów, a więc ich koszt produkcji zależą krytycznie od rodzaju i wielkości naprężeń dielektrycznych spowodowanych przebiegami w sieci. Konstruktor oblicza izolację transformatora tak, aby przeszła próby odbiorcze zgodnie z normami ustalonymi w oparciu o doświadczenie zebrane podczas wieloletnich badań rodzaju i wielkości tych przebiegów, a także przez specyfikacje techniczne ustalane indywidualnie przez przedsiębiorstwa energetyczne. Większość prób odbiorczych została znormalizowana w latach, kiedy najwyższe napięcie linii przesyłowych wynosiło 110, a później 220 kV. Największe zagrożenie stanowiły wówczas przebiegi spowodowane uderzeniem pioruna, które były większe od przebiegów spowodowanych wyłączeniem i załączeniem linii, bo takie przebiegi łączeniowe na ogół nie przekraczają dwukrotnej wartości szczytowej napięcia sieci. Po wprowadzeniu do eksploatacji linii 400 kV i 750 kV sytuacja uległa zmianie, bo dwukrotna wartość napięcia sieciowego w wielu przypadkach jest wyższa od przebiegów atmosferycznych, a wytrzymałość dielektryczna izolacji zewnętrznej (przerwy iskrowej w powietrzu) jest znacząco niższa dla przebiegów łączeniowych o dłuższym czasie trwania. Aktualizacja norm, a właściwie opracowanie innych wymagań dla prób aparatów i transformatorów najwyższych napięć nie nadążało za wzrostem napięcia sieci przesyłowych i wiele przedsiębiorstw energetycznych opracowało własne specyfikacje techniczne dla zamawianego sprzętu. W ten sposób można było ustalić próby odbiorcze w oparciu o przebiegi występujące w danym systemie przesyłowym i ograniczyć koszt zamawianego transformatora. Jednakże oczekiwaną wielkość i kształt przebiegów określano na drodze symulacji systemu, najczęściej programem komputerowym EMTP (*Electro-Magnetic Transient Program*). Doświadczalne potwierdzenie symulowanych wartości jest trudne z uwagi na stochastyczny charakter. Względnie łatwo można symulować przebiegi w warunkach i konfiguracjach sieci zadanych do obliczeń programem EMTP, natomiast rejestracja przebiegów występujących w rzeczywistości naraża wielu problemów. Aby uzyskać statystycznie znaczące wyniki, należy prowadzić rejestrację przebiegów przy-

padkowo pojawiających się w sieci, a więc opracować przyrządy, które czekają na moment, kiedy napięcie przekracza ustalony próg i zapisują poprzedzające ten moment oraz występujące po nim przebiegi napięcia i prądu. W strategicznie ważnych stacjach wysokiego napięcia zainstalowano „*perturbografy*”, które początkowo wykorzystywały rejestrację takich przebiegów na taśmie magnetycznej stanowiącej pętlę, która zatrzymywała się po zarejestrowaniu przebiegu i pozwalała na odczytanie wydarzeń poprzedzających przebieg oraz następującą po nich odpowiedź sieci przesyłowej. Wprowadzenie rejestratorów cyfrowych unowocześniło procedurę rejestracji przypadkowo występujących przebiegów, ale pasmo rejestrowanych częstotliwości było ograniczone do potrzeb ustawiania zabezpieczeń i *post mortem* analizy awarii spowodowanych przebiegami. Częste awarie wielkich transformatorów i dławików kompensacyjnych w początkowym okresie eksploatacji sieci 735 kV skłoniły Hydro-Québec i sieci 765 kV American Electric Power (z Canton, w Ohio) do oceny naprężeń na izolacji transformatorów przez przebiegi łączeniowe. W tym celu należało zbudować specjalistyczny rejestrator przebiegu przebiegów na izolatorze przepustowym transformatora i przekładnik prądowy nałożony na zacisk neutralny uzwojenia oraz cyfrowy rejestrator o podwójnej szybkości zapisu, pozwalającej na rozciągnięty w czasie zapis czoła przebiegu i zwolniony zapis odpowiedzi transformatora na to przebieg.

Podjęmując się tego zadania, nie zdawałem sobie sprawy, że napięcie na pokrywie transformatora 735 kV może gwałtownie wzrosnąć o około 30 kV względem uziemienia stacji w chwili pojawienia się stromego przebiegu. Prototypowy rejestrator ustawiony na ziemi tuż przy transformatorze i zasilany z sieci 110 V uległ zniszczeniu przy pierwszym przebiegu łączeniowym, ponieważ izolacja wewnętrzna cyfrowego przyrządu nie przewidywała tak wielkiego napięcia między kablem pomiarowym połączonym do kołnierza izolatora przepustowego na pokrywie kadzi transformatora a zasilaniem przyrządu z sieci 110 V na potencjale uziemienia stacji. Aby uniknąć zniszczenia, rejestrator należało odciąć filtrem od zasilania z obwodu 110 V, albo zasilać go z baterii. Konwencjonalne filtry nie wytrzymują napięcia 30 kV, a baterie zasilające przyrząd zainstalowany na transformatorze w stacji położonej w północnej części prowincji Quebec bardzo szybko ulegają wyładowaniu przy temperaturze -50°C . Jedynym rozwiązaniem było odizolowanie obwodu rejestrującego

go napięcie na przepuście transformatora od potencjału kołnierza przepustu przykręconego do pokrywy kadzi. Teoretycznie można wyznaczyć napięcie doprowadzone do kondensatorowego izolatora przepustowego, mierząc prąd płynący przez pojemność izolacji tego przepustu, a następnie całkując zarejestrowany przebieg. W praktyce wystąpił szereg trudności, które należało pokonać. Wysokonapięciowy przepust jest wyposażony w odczep połączony do ostatniego ekranu sterującego rozkładem pola w izolacji przepustu. Ten ekran jest normalnie uziemiony, ale włączono krótki przewód pomiędzy ekranem a kołnierzem przepustu. Prąd w przewodzie mierzono miniaturowym przekładnikiem prądowym odizolowanym od tego przewodu i od kołnierza przepustu. Aby zachować jak najmniejszą indukcyjność tego dodatkowego przewodu, umieszczono go we współosiowej puszcze zakładanej na odczep przepustu, a miniaturowy przekładnik prądowy – wewnątrz tej puszczy, zalewając jej wnętrze izolacyjną żywicą. Obwód wyjściowy tego przekładnika jest połączony kablem koncentrycznym do cyfrowego rejestratora i utrzymany na potencjale uziemienia stacji. Tak powstała konstrukcja rejestratora przepięć odseparowanego od potencjału pokrywy kadzi transformatora.

Następny problem to całkowanie sygnału wyjściowego miniaturowego przekładnika w paśmie od -0.1 Hz do 1 MHz, a więc przez dziewięć dekad częstotliwości. Aby pokryć tak szeroki zakres częstotliwości, obwód całkujący złożono z trzech części, umieszczonych przy wejściu cyfrowego rejestratora. Aktywny układ całkujący obejmował przedział najniższych częstotliwości, a pośrednie i wysokie częstotliwości całkowano rezystorami i kondensatorami elektronicznymi. Rejestrator zaprogramowano do zapisywania przepięć ze zmienną rozdzielczością, przy próbkowaniu co 200 ns podczas pierwszej milisekundy, a następnie co 50 μ s wyznaczono stromość czoła szybkich przepięć łączeniowych



Włączenie transformatora 735 kV, napięcie na trzech fazach ze zwłoką zamknięcia biegunów wyłącznika.

oraz późniejszych oscylacji własnych uzwojeń transformatora. Jednocześnie rejestrowano prąd w uziemionym krańcu uzwojenia.

Zbudowane w Laboratorium Wysokich Napięć IREQ-u przyrządy zostały zainstalowane na transformatorach w odległych stacjach i obsługa stacji przesyłała miękkie (*floppy*) dyski z zapisanymi przebiegami do analizy w naszym laboratorium. Zebrane podczas kilkuletniej ciągłej rejestracji przebiegi przebiegów pozwoliły na sprawdzenie przebiegów symulowanych programem EMTP. W specyfikacji na próby odbiorcze transformatorów w sieci Hydro-Québec i American Electric Power wprowadzono nowy, nieobjęty istniejącymi normami kształt przebiegu łączeniowego o krótkim 1 μ s czole i długim 4 ms grzbiecie. Ta specyfikacja spowodowała zmiany w konstrukcji izolacji uzwojeń najwyższych napięć. Opis rejestratora przebiegów oraz analiza zarejestrowanych przebiegów opublikowane w *IEEE Transactions* uzyskały nagrodę. Oryginalne rozwiązanie układu do rejestracji przebiegów na odczepie przepustu transformatora zostało opatentowane.



Cyfrowa rejestracja i analiza przebiegów na transformatorach 735 kV w eksploatacji.

Dalsze przetwarzanie przebiegu typowych przebiegów zarejestrowanych w sieci przesyłowej pozwoliło na ocenę rozkładu naprężeń wewnątrz izolacji uzwojeń transformatora przy przebiegach łączeniowych i w przypadku przebiegu piorunowego, także zarejestrowanego naszym przyrządem. Ta analiza była przedmiotem pracy magisterskiej mojego studenta Christiana Vailla, inżyniera fabryki transformatorów ABB.

Stażyści z Chin w Laboratorium Wysokich Napięć

W tym czasie Kanada, jako pierwszy kraj zachodni, nawiązała stosunki dyplomatyczne z komunistycznymi Chinami. W ślad za wymianą ambasadorów podpisano umowy o współpracy naukowej, a Hydro-Québec zaoferował pomoc przy budowie wielkich elektrowni wodnych. Strona chińska zażądała przyjęcia na staż inżynierów i po negocjacjach do IREQ-u przyjechało kilkanaście osób, które po raz pierwszy w życiu były za granicami Chin. Wszyscy ci inżynierowie przeszli krótki kurs języka angielskiego, ale na początku trudno było się z nimi porozumieć i z konieczności dawałem im prace manualne w Laboratorium.

Trzeba przyznać, że szybko uczyli się angielskiego i byli zafascynowani próbami wysokonapięciowymi, a w szczególności wdrażaniem cyfrowych rejestratorów udarów i przetwarzaniem takich rejestracji przy próbach odbiorczych wielkich transformatorów. Pod koniec tego jednorocznego stażu, kiedy zmniejszyła się bariera językowa, zaprzyjaźniliśmy się z chińskimi kolegami. Wtedy zorientowałem się, że są ludźmi wykształconymi, stanowiącymi elitę intelektualną ich społeczeństwa.

Ogromny kontrast pomiędzy poziomem życia w Chinach i w Kanadzie na przełomie lat 70. i 80. spowodował ich początkowe emocjonalne reakcje, które zniknęły po roku. Później bywali u nas w domu, bawili się z naszą córeczką, opowiadali dość otwarcie o trudnych warunkach życiowych w Chinach, o zniszczeniach spowodowanych przez hunwejbiniów podczas *rewolucji kulturalnej*, o ambitnych planach elektryfikacji i unowocześnienia zacofanego technologicznie kraju.

Pobyt chińskich inżynierów w Laboratorium Wysokich Napięć dobiegł końca i pożegnaliśmy ich z uznaniem za szybkie dostosowanie się do odmiennych warunków i innego stylu pracy. Rządowa umowa o wymianie naukowców była dwustronna i IREQ wydelegował kilku z nas do Beijing z serią wykładów dla pracowników CEPRI (*Chinese Electric Power Research Institute*). Byliśmy tam jednymi z pierwszych ludzi z krajów zachodnich, którzy oglądali Chiny odcięte od zewnętrznego świata przez co najmniej dwa pokolenia i dotknięte *rewolucją kulturalną*, która niszczyła ośrodki akademickie, dobra kulturalne gromadzone przez tysiąclecia, a przede wszystkim intelektualistów zesłanych do przymusowej pracy w rolniczych komunach.

Pomimo ogromnych trudności z infrastrukturą władze przedsięwzięły niesłychany rozwój elektryfikacji kraju i zapewniły środki na prace projektowe

i badawcze. Na zajęcia przyjechali inżynierowie z odległych prowincji, bo wiele przedsiębiorstw, instytutów naukowych i uczelni zostało przeniesione z wielkich nadmorskich miast, takich jak Szanghaj czy Kanton, do Xian, bliżej granicy z Mongolią na polecenie Mao Tse-tunga, który obawiał się inwazji desantu amerykańskiej armii w portowych i nadmorskich miastach.

W CEPRI na początku miałem słuchaczy, którzy w grobowej ciszy słuchali mojej prezentacji i nie wiedziałem, w jakim stopniu trafia do nich mój wykład. Na przerwie usiłowałem dowiedzieć się, czy przedmiot ich interesuje, ale odpowiedzi były wymijające, choć bardzo grzeczne. Następną godzinę postanowiłem urozmaicić. Po kilku zdaniach zapytałem człowieka, który miał najbardziej zmrużone oczy, bo chyba przysypiał, aby wstał i powiedział w języku Han swoim kolegom, co zrozumiał z moich wypowiedzi. Nieco zaszokowany takim obrotem sprawy zaczął mówić i w tym momencie rozpoczęło się pandemonium: wszyscy zaczęli mówić naraz, przekrzykując się, co przypominało mi arię z chińskiej opery. Po jakimś czasie zapanował spokój i jeden ze słuchaczy poprosił, abym powtórzył to, co poprzednio mówiłem. Nastąpiła ogólna dyskusja, ale w końcu zadano mi pytania świadczące, że temat nie jest im obcy, ale nigdy nie spotkali się z wy tłumaczeniem zjawisk fizycznych rządzących piorunami i ochroną odgromową. Zнали normy i wymagania techniczne, ale nie zastanawiali się skąd i dlaczego takie przepisy powstały. Ich sposób nauczania polegał na zapamiętywaniu wiadomości przekazywanych przez wykładowców, bez zadawania jemu ani sobie pytań. Różni się to diametralnie od praktyki północnoamerykańskich uniwersytetów, ale mój seminaryjny sposób prowadzenia zajęć bardzo im się spodobał i ułatwiał pokonanie bariery językowej.

Zajęcia w Chińskim Instytucie Badawczym nad Energią (CEPRI) w Beijing

W czasie pobytu w Beijing czułem się zażenowany, bo przydzielonych do mnie w IREQ-u chińskich stażystów na początku używałem do prac manualnych, wydając proste polecenia typu: „*przynies drabinę, zanieś zwój przewodów, połącz kable*”, bo ich znajomość angielskiego nie pozwalała na bardziej zaawansowane rozmowy. Podczas zajęć w CEPRI spostrzegłem, że nasi stażyści to wysoko postawieni zarządcy działów, dyrektorzy i zajmują ważne stanowiska w chińskich ośrodkach naukowych CEPRI w Beijing, XIARI w Xian i HV Laboratory w Wuhan, a jeden z nich jest członkiem Chińskiej Akademii Nauk.

Mój stażysta Czou, któremu poleciłem obsługę rejestratorów w klatce Faradaya pod wysokim napięciem, do której wchodziło się i wychodziło po ośmiodzinnej zmianie, bez szemrania pracował skulony w ciasnej przestrzeni, a moi kanadyjscy technicy nienawidzili tego zajęcia. Teraz zorientowałem się, że Czou jest dyrektorem do spraw łączności z zagranicą w największym wówczas chińskim wysokonapięciowym ośrodku badawczym w Wuhan. Nigdy w Beijing nie odczułem z jego strony niechęci, a wręcz przeciwnie – dawał dowody przyjaźni i starał się zgadywać nasze potrzeby i życzenia. Pani Yang, która w Montrealu zaprzyjaźniła się z moją żoną i bawiła się z naszą córeczką, była wicedyrektorem CEPRI i wspominała z zachwytem czas spędzony z nami w Montrealu.



Zajęcia z kadrami inżynierów CEPRI w Beijing.

Po powrocie z tej trzytygodniowej delegacji opowiadałem w domu, jak wyglądają Chiny, otworzone dla Kanadyjczyków po ponad pięćdziesięciu latach kompletnej izolacji od zewnętrznego świata. Wykłady w CEPRI nie pozostawiały czasu na zwiedzanie, ale udało się znaleźć kilka godzin na zajrzenie do cesarskiego pałacu w *Forbidden City*, który był w restauracji po latach zaniedbania i rządów hunwejbiniów, a mimo to zrobił na mnie silne wrażenie.

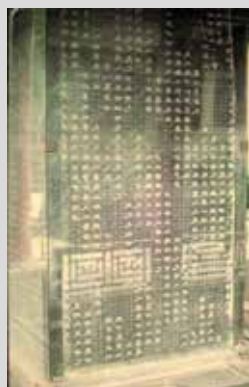
Wkrótce przyszedł do mnie list od Dyrekcji CEPRI, wysłany na mój domowy adres, z propozycją ponownego przyjazdu do Chin z moimi wykładami. Miałem pracować w mieście Xian, gdzie jest fabryka wyłączników wysokiego napięcia i transformatorów piecowych oraz Xian High Voltage Apparatus Research Institute, a potem w Wuhan, gdzie jest stary uniwersytet z fakultetem Wysokich Napięć i największy w Chinach wysokonapięciowy ośrodek badawczy.

W liście zapowiedziano, że nie są w stanie zapłacić za moją pracę według kanadyjskich stawek, ale w zamian zapraszają moją żonę i córkę na zwiedzanie godnych zobaczenia zabytków chińskiej kultury i oczywiście pokrywają

koszty podróży. Jak pokazałem ten list Wandzie i małej Małgosi, to decyzja, że jedziemy do Chin, została podjęta za mnie. Tym razem był to mój prywatny wyjazd, na który musiałem wykorzystać urlopowe dni. Szczegółowa opowieść o tej rodzinnej wyprawie wykracza poza ramy tych wspomnień. Zwiedzaliśmy cesarski pałac i podziemne grobowce, Mur Chiński, starożytną wieżę dzwonów i bębnow w Xian oraz wioskę sprzed sześciu tysięcy wieków, kamienne stalle pokazujące ewolucję pisma i armię żołnierzy z terakoty w pobliskich grotach.



Mur Chiński.



Kamienne stalle w Xian pokazują stopniowy rozwój charakterów alfabetu.

Bardzo ciekawy był uniwersytet w Wuhan, zbudowany przez francuskich architektów i obsadzony platanami. Rektor tego uniwersytetu dr Huang był profesorem Wysokich Napięć i pokazywał mi swoją książkę, w której było kilka rysunków skopiowanych z moich publikacji. Zostaliśmy zaproszeni przez niego na lunch w rektorskiej sali jadalnej, gdzie na stole było urządzenie złożone z szeregu okrągłych szklanych płyt na wspólnej obrotowej osi.

Na płytach była różnorodność dań, których pochodzenia nie umieliśmy odgadnąć, a do picia było dobre białe wino pod nazwą *Chiński Mur*. Na wstępie JM dr Huang wniósł toast za przyjaźń i naukową współpracę między naszymi krajami. Zgodnie z protokołem odpowiedziałem podobnym, zapewne mniej kwiecistym toastem, ale towarzyszący rektorowi dziekan Wydziału Elektrycznego wniósł następny toast i należało odpowiedzieć, więc Wanda powiedziała od siebie kilka słów i podziękowała za tak miłe przyjęcie naszej rodziny. Ku mojemu przerażeniu następny toast wniósł dziekan Wydziału Mechanicznego, więc skinąłem na Małgosię, ale dwunastolatka, trzymając w ręce kieliszek wody mineralnej, od-

powiedziała z wdziękiem, że podczas zwiedzania szkoły w Beijing miała okazję spotkać chińskie dzieci, które były bardzo miłe, ale nie mogły uwierzyć, że jej blond włosy są naturalne.



Z żoną i córką na statku, rzeka Gui-lin.



Rakieta podczas próby udarowej w Wuhan.

Na zakończenie podróży przepłynęliśmy wycieczkowym statkiem przez rozlewisko rzeki Gui-lin, uważane za najpiękniejszy w Chinach obszar turystyczny, gdzie rzeka meandruje pomiędzy górami, wystającymi z wody na kształt ogromnych pokrytych lasem ogórków. W upalne południe bawoły wodne stoją zanurzone w rzece tak, że wystają im tylko nozdrza, rybacy na wydłubanych z pnia drzewa łódkach rzucają sieci, widać zapadnięte w ziemi chaty, których ryżowa strzecha niemal dotyka gruntu oraz ludzi wędrujących po porośniętych lasem zboczach w poszukiwaniu leczniczych ziół.

Z zawodowych wspomnień: zrobił na mnie wrażenie ogromny obwód syntetyczny do badania wyłączników wielkiej mocy, budowany przez Rosjan w laboratorium fabryki wyłączników w Xian. To laboratorium miało umożliwić fabryce zaopatrzenie chińskiej energetyki w niezbędne aparaty łączeniowe, ale jeszcze nie było skończone, kiedy stosunki między Stalinem i Mao Tse-tungiem zostały zerwane pod koniec 1952 roku i rosyjscy specjaliści zostali nagle wezwani do powrotu, zabierając ze sobą całą dokumentację.

Ogromnym wysiłkiem, metodą prób i błędów, miejscowi inżynierowie w ciągu kilku lat zdołali uruchomić laboratorium. Oglądając oznakowane cyrylicą kondensatory i dławiki stanowiące ten *kolebatjelnyj kontur*, wyobraziłem sobie trudności napotkane przy uruchamianiu takiego nieznanego w Chinach układu probierczego. Ręcznie wykonane uzwojenie stojana wielkiego generatora

do prób zwarciovych było dowodem mrówczej pracy chińskich pracowników. Dyrekcja Instytutu zamierzała zastąpić tradycyjne galwanometry piszące przez rejestratory cyfrowe.

Większość rosyjskich aparatów i sprzętu probierczego została uruchomiona, ale nie dostosowana do nowo zakupionych amerykańskich i japońskich przyrządów. W tej sprawie jeździłem kilkakrotnie do Chin po 1990 roku, już jako niezależny konsultant.

W fabryce transformatorów imponujący widok stanowiła wielopiętrowa wieża z kondensatorów wysokiego napięcia do próby napięciem indukowanym dławików kompensacji sieci przesyłowej. Takie rozwiązanie świadczyło o niekompetencji konstruktorów, bo ulot na wyższych stopniach tej wieży uniemożliwia rejestrację wyładowań niezupełnych. Prawdopodobnie przedsiębiorstwo energetyczne kupujące te dławiki nie zdawało sobie sprawy z braku skutecznej kontroli wytrzymałości izolacji wysokonapięciowej i nie wymagało przeprowadzenia prób odbiorczych zgodnie z międzynarodową normą.

W Wuhan widziałem największą na świecie kaskadę siedmiu transformatorów probierczych 750 kV produkowanych przez NRD-owską fabrykę Transformatoren und Maschinenbau (TUR), która zaopatrywała w sprzęt do prób wysokonapięciowych laboratoria wszystkich krajów w sowieckiej strefie wpływów. W ZWN IEl był jeden segment takiej kaskady i nazywaliśmy go „żółw”, bo wypełniał połowę powierzchni laboratorium. Była to stara i niezła konstrukcja, jednak zajmowała wielokrotnie więcej nader cennego miejsca w laboratorium od nowoczesnych transformatorów kaskadowych firmy Messwandlerbau. Chińczycy postawili tę monstrualną kaskadę pod gołym niebem, bo zewnętrznej izolacji nie zagrażały śnieg i lód w łagodnym klimacie Wuhan. Do rejestracji ulotu na wiązkowych przewodach linii przesyłowej nie stosowano *corona cage* (więcierza ulotowego – według polskiej terminologii), ale w klatce Faradaya pod wysokim napięciem rejestrowano prąd ulotu na jednym przęśle linii. Patrząc na to dość siermiężnie zaprojektowane i wykonane urządzenie, zrozumiałem, czemu mój chiński stażysta Czou nie protestował, kiedy musiał siedzieć całymi dniami w podobnej klatce w IREQ-u.

Instituto de Investigaciones Electricas (IIE), Comision Federal del Electricidad oraz Industrias Electricas Mexicanas

Stopniowe zmniejszanie liczby zleczanych przez Hydro-Québec prac badawczych wypełniały zlecenia od zagranicznych instytucji. Pierwszym z nich było zapotrzebowanie na usługi konsultacyjne dla nowo utworzonego instytutu do badań nad energią elektryczną *Instituto de Investigaciones Electricas* (IIE) w Meksyku. Rząd zdecydował, że taki instytut energetyki jest niezbędny dla dalszego rozwoju elektryfikacji i zobowiązał *Comision Federal del Electricidad* (CFE) do stworzenia odpowiedniej struktury i obsady personalnej nowego Instytutu. Po dłuższych sporach kompetencyjnych, kto ma to robić, stwierdzono, że nikt w Meksyku nie chce się podjąć samodzielnie takiego zadania i należy znaleźć zagranicznych doradców (*asesores*). IREQ wydał się najlepszym kandydatem, bo zadawniona niechęć Meksykanów do *gringos*, czyli obywateli Stanów Zjednoczonych, eliminowała ich z tej konkurencji, a do Kanadyjczyków nie ma żadnych uraz. Nowy Instytut miał już dyrektora, radę naukową, w której zasiadali przedstawiciele ministerstwa, CFE i jeden znany profesor z doktoratem uzyskanym na amerykańskim uniwersytecie. Był także nader obrotny dyrektor administracyjny *Señior Covarrubias*, który wystarał się o grant z UNESCO na szkolenie pracowników przez kanadyjskich konsultantów.

Miasto Meksyk leży na wysokości około 2600 m n.p.m. w rozległej dolinie otoczonej wysokimi górami. Siedziba Instytutu mieściła się po zewnętrznej stronie tych gór w pięknie położonej dolinie Cuernavaca, która była słynna z panującego tam klimatu „wiecznej wiosny”. Na zboczu jednej z gór, na wysokości 3000 m Electricité de France zbudowało stację Salazar do badań nad ulotem z przewodów linii 400 kV przy niskiej gęstości powietrza występującej na tej wysokości. Budynek stacji po zakończeniu projektu przeszedł na własność Instytutu, ale nie był użytkowany, bo Meksykanie nie chcieli pracować w „miejscu wiecznej zimy”, gdzie temperatura nie przekracza 18°C. Moje zadanie polegało na wygłoszeniu serii wykładów oraz na zbudowaniu tam małego laboratorium wysokich napięć z dziesięcioma stanowiskami do odrabiania ćwiczeń z prób i pomiarów przez młodych pracowników Instytutu. Mając asystenckie doświadczenie zdobyte w Katedrze profesora Jakubowskiego, wiedziałem, co trzeba robić. Zdecydowałem unowocześnić koncepcję laboratorium Politechniki Warszawskiej, dodając stanowiska do badania przyrządów cyfrowych i z pomocą mojego technika Je-

ana Douville'a, ściągniętego z IREQ-u, ubrani w białe fartuchy z emblematem Instituto de Investigaciones Electricas szkoliliśmy młodych i sympatycznych meksykańskich inżynierów.

Pewnego dnia pojawił się *Señior* Covarrubias w otoczeniu delegacji UNESCO, która miała ocenić sposób wydawania środków z grantu. Nikt z tej licznej międzynarodowej delegacji nie był inżynierem, a widok 30 kursantów odrabiających ćwiczenia pod okiem pracowników IREQ zrobił jak najlepsze wrażenie. *Señior* Covarrubias był doświadczonym człowiekiem i wiedział, że delegacja urzędników UNESCO przyjechała do Meksyku głównie w celach turystycznych i na wieczór zaprosił uczestników oraz mnie i Jeana Douville'a do pięknej restauracji *Las Manianitas* (*Wczesne Poranki*), w pobliżu Cuernavaca. Często gościem był tam zdetronizowany szach Iranu, na emigracji w Meksyku. Restauracja jest położona na szczycie pagórka ze sztucznym jeziorkiem i wysepką, na której grała orkiestra w wielkich *sombreros* i czarnych strojach ze złocistą lamą. Na zewnątrz budynku były ustawione stoliki, a pomiędzy nimi stalowe kosze z żarzącym się koksem, aby goście, a zwłaszcza damy w wydekoltowanych sukniach, nie czuli chłodu przy 20°C. Księżyc w pełni, rozgwieżdżone niebo i znakomite dania zapewniły korzystny raport z przebiegu inspekcji i otworzyły drogę do dalszych grantów UNESCO.



Przed budynkiem stacji Salazar IIE.



Przed Centralą Comision Federal del Electricidad.

Zasadniczym problemem odwiedzających Meksyk Amerykanów i Europejczyków jest miejscowa woda, zawierająca substancje bądź bakterie powodujące gwałtowną, ale długotrwałą biegunkę, często połączoną z bólami głowy i wysoką gorączką. Poinstruowany przez lekarza unikałem niegotowanych dań, owoców i chłodzących napojów z lodem. Pokusa była silna, bo za bezcen można tam kupić pyszne owoce, lody i soki z lodem. Mój technik, a z czasem przyjaciel, Jean Douville dał się skusić, no i nie nadawał się do pracy z uczestnikami kursu, która w całości spadła na mnie. Poskarżyłem się na mój los Lolicie, sekretarce, która wyszła na trawnik przed budynkiem i zebrała jakieś zioła. Następnie zaczęła pojić Jeana naparem własnej produkcji. Po kilku godzinach Jean ożył i wziął się do pracy, a ja dziękowałem Lolicie i pytałem, jak mógłbym się jej odwdziżyć. Nieco się krygując, powiedziała, że marzy o odwiedzeniu restauracji *Las Manianitas*, o której tyle słyszała, ale skromna sekretarska pensja nie pozwala na taki luksus. Niezwłocznie zarezerwowałem tam stolik i zaprosiłem Lolitę na kolację. W pracy Lolita była ubrana w codziennie inną, wyprasowaną sukienkę, ale na ten wieczór pojawiła się w niezwyklej, olśniewającej kreacji. Zażenowany zacząłem się tłumaczyć, że występuję w zwykłej marynarce, a nie w *tuxedo*, ale nie zabierałem ze sobą nic innego, jadąc do pracy w Meksyku. Odpowiedziała mi, że pójdzie do restauracji w ubogiej sukience z człowiekiem wyglądającym niewątpliwie na *gringo* (obelżywa nazwa Amerykanów) spowodowałoby nieprzychylnie spojrzenia i komentarze innych gości. W wytwornej sukni mogła oczekiwać zawistnych spojrzeń innych dam, ale nie braku respektu.

Następny projekt polegał na znalezieniu dla nowego Instytutu zamówień na prace badawcze. Przydzielono mi do pomocy Ramona, młodego inżyniera płynnie mówiącego po angielsku i poradzono, abym odwiedził biura *Comision Federal del Electricidad* (CFE) i rozejrzał się w ich nowych inwestycjach i problemach operacyjnych. Było to trudne zadanie, bo na ogół zlecano prace badawcze zagranicznym firmom, a urzędnik wybierający kontrahenta miał dobry powód do zagranicznej podróży i zazwyczaj był dobrze przyjmowany przez liczące na kontrakt przedsiębiorstwo. Po kilku dniach rozmów stwierdziłem, że nie namówię tam nikogo na zlecenie pracy miejscowemu Instytutowi.

W tym czasie mój kolega David Train był w Meksyku w innej misji, w fabryce transformatorów Westinghouse-Mexico, która została upaństwowiona bez odszkodowania decyzją meksykańskiego rządu i amerykańscy inżynierowie wraz

z całą dokumentacją techniczną wyjechali do Muncie, w stanie Indiana. Dyrekcja Westinghouse oczekiwała, że fabryka wkrótce padnie bez inżynierskiego zaplecza z centrali, ale o dziwo, pod nową nazwą *Industrias Electricas Mexicanas* (IEM) zakład prosperował, produkując nadal takie same transformatory. Katastrofa nastąpiła, kiedy przyszło zamówienie na inny typ transformatora. Miejscowi technicy wiedzieli, jak produkować znany im typ transformatora, a robotnicy, Victor, Pedro czy Carlos, robili to samo, co poprzednio, bez oglądania się na amerykańskich nadzorców. Natomiast nikt nie wiedział, jak zaprojektować nowy, inny transformator. Na pytanie jak się do tego zabrać, uzyskali odpowiedź, że muszą mieć własne biuro konstrukcyjne, ośrodek obliczeniowy, a co najważniejsze – własne laboratorium wysokich napięć do prowadzenia prób konstruktorskich i odbiorczych. Zaangażowanie emerytowanych konstruktorów Westinghouse rozwiązywało część problemów, a w sprawie projektowania i nadzoru nad budową oraz uruchomienia laboratorium zwrócono się do IREQ-u. David dostał ten projekt i miał się zorientować, jakie transformatory będą zamawiane przez *Comision Federal del Electricidad* (CFE) w IEM dla elektrowni wodnej w Ciapas, nad Pacyfikiem koło granicy z Gwatemalą. Ze względu na ten ważny projekt CFE dała do dyspozycji należący do firmy mały samolot, aby zawieźć Davida do Ciapas, a on zaproponował mi wspólną podróż. Lecąc z lotniska w mieście Meksyk, oglądaliśmy zasilające tę 20-milionową metropolię linie przesyłowe 400 kV, które przechodzą nad otaczającymi miasto górami i zauważyliśmy, że wymiary wież są znacznie większe od znanych nam wież w Kanadzie. Oczywiście, gęstość powietrza na 3000 m wynosi około 60% gęstości na poziomie morza i wytrzymałość dielektryczna przerwy iskrowej jest odpowiednio mniejsza, więc konstruktorzy linii musieli zwiększyć odstęp izolacyjny między przewodami i względem konstrukcji wieży. Lecąc do leżącej niedaleko brzegu morza elektrowni wodnej w Ciapas, spostrzegliśmy, że rozmiary wież tej linii są takie same jak na przełęczach wysokich gór koło miasta Meksyk. Nie umiejąc sobie wytłumaczyć takiego nieuzasadnionego zwiększenia wymiarów wież na całej długości linii, zapytaliśmy inżynierów elektrowni o przyczynę. Dowiedzieliśmy się, że linia została zaprojektowana i zbudowana przez dużą amerykańską firmę, ale nikt w Meksyku nie był włączony w proces projektowania, więc nie zadawano pytań. W tym momencie uświadomiliśmy sobie, że ta firma zrobiła znakomity interes, obciążając CFE nieuzasadnionymi wyższymi kosztami linii,

a żaden z miejscowych inżynierów nie zakwestionował takiej konstrukcji. Mogło to wynikać z niekompetencji, bądź z *mordida* zapłaconej przez firmę.

Mój hiszpański, początkowo ograniczony do dwóch nader przydatnych słów: *propina*, czyli napiwek, który jest zwyczajowo dawany w restauracji albo w taksówce, oraz *mordida* – po polsku łapówka, wkrótce wzbogacił się o czasowniki, rzeczowniki, przymiotniki i odmianę. Najtrudniejsze są różne czasowniki na wyrażenie takiej samej czynności w zależności od czasu trwania. Na przykład *yo soy polacco* oznacza narodowość, ale *yo estoy fatigando* oświadcza, że chwilowo jestem zmęczony.

Wycieczka do elektrowni w Ciapas zaowocowała pierwszą pracą badawczą IIE dla CFE. Wskazując na niewłaściwą konstrukcję wież linii 400 kV zbudowanej przez amerykańską firmę, zaproponowaliśmy, aby wieże nowo budowanej linii wymiarować, uwzględniając wysokość nad poziomem morza. Oznacza to poważną oszczędność niebagatelnych kosztów samych wież oraz izolatorów liniowych i ich osprzętu. Napisałem propozycję projektu, polegającego na doświadczalnym wyznaczeniu napięcia wytrzymywanego przez izolację linii na kilku wybranych wysokościach na trasie linii. Jako lokalizację zaproponowałem stację Topilejo na przełęczy koło miasta Meksyk, gdzie należy ustawić generator udarów łączeniowych, dzielnik napięcia i cyfrowy rejestrator przebiegów, w pobliżu modelu wieży pozwalającego na zmienianie odstępów między przewodami linii a uziemioną konstrukcją wieży.

Projekt musiał być najpierw przedstawiony na posiedzeniu Rady Naukowej Instytutu, a następnie oficjalnie zaproponowany dla CFE. Wiedząc, że wielu członków tej Rady nie zna angielskiego i zdając sobie sprawę z mojej, delikatnie mówiąc, słabej znajomości hiszpańskiego, zapędziłem przydzielonego mi do pomocy Ramona do przetłumaczenia tej propozycji oraz wykucia na pamięć hiszpańskiej wersji prezentacji. W ten sposób powstał dokument „*Propuesta de proyecto...*”, pięknie oprawiony w okładkę z wytłoczonym złocistym emblematem Instytutu, który wręczyłem przewodniczącemu na zebraniu Rady.

Ramon, trzęsący się ze strachu przed oficjalnym wystąpieniem przed tak wysoko postawionym gremium, przedstawił opis projektu i zaczęła się dyskusja. Usiłowałem odpowiadać na pytania, ale przewodniczący przerwał mi, mówiąc: „*Ricardo, my wiemy o twojej znakomitej znajomości języka hiszpańskiego, ale proszę cię, mów po angielsku, bo my chcemy wiedzieć, o czym ty mówisz*”. Wyglądało

na to, że Rada zrozumiała przyczynę błędu w konstrukcji wież linii 400 kV do Ciapas i zastanawiała się, jak delikatnie ominąć tę sprawę, występując do CFE z naszym projektem, niemniej poparła projekt i sugerowała, że IREQ będzie prowadził prace doświadczalne na stacji Topilejo.

CFE przyjęła projekt do realizacji i ogłosiła konkurs na wykonanie prac badawczych na stacji Topilejo według zaproponowanego programu. Niestety, konkurs wygrało CESI (*Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano*), z którym IREQ był w zasadzie zaprzyjaźniony, ale według amerykańskiej biznesowej reguły: „*We are very good friends with very sharp teeth*”. Przy porównaniu ofert okazało się, że rząd włoski, dla uatrakcyjnienia oferty CESI, zaproponował sześciomiesięczny pobyt w Mediolanie dla kilku wybranych inżynierów CFE, całkowicie opłacony z włoskiej rządowej kasy. W Kanadzie rząd trzymał się z dala od takich dobroczynnych datków, no i nasza oferta z tego powodu przepadła.

LAPEM – ośrodek badawczy Comision Federal del Electricidad w Irapuato

Z pewnością Nemesis, bogini zemsty czuwała nad tą sprawą, bo IREQ został wybrany do nadzorowania prac prowadzonych przez CESI na rzecz CFE. Nie było to tak atrakcyjne finansowo jak wykonywanie tych prac na stacji Topilejo, jednakże zaowocowało w szeregu prac doradczych związanych z budową zwarciowni i laboratorium wysokich napięć w odrębnym nowym ośrodku badawczym LAPEM, utworzonym przez CFE w miejscowości Irapuato, w szczerym polu, około 400 km na północ od miasta Meksyk. Oprócz wielkiej zwarciowni i hali wysokich napięć zbudowano na rozległym obszarze szereg laboratoriów, chemicznych, mechanicznych i fizycznych, a uliczki między nimi nazwano według nazw instytucji biorących udział w ich projektowaniu i uruchamianiu.

IEEE Power Engineering Society zostało zaproszone przez CFE na doroczną sesję do Meksyku, a po niej przedstawiciele instytucji uczestniczących w budowie i uruchomieniu LAPEM zostali zaproszeni na uroczyste otwarcie tego nowego ośrodka badawczego. Tak się złożyło, że moja matka przyjechała do nas do Montrealu na kilka miesięcy, a usłyszawszy o moim kolejnym wyjeździe na sesję IEEE, westchnęła: „*Ooo, jak ja bym chciała zobaczyć Meksyk...*” Bez kłopotu zmieniłem rezerwację w moim ulubionym hotelu *El Camino Real*, gdzie woda jest dejonizowana i po posiłkach w restauracji *La Huerta* nie grozi biegunka,

a mama była szczęśliwa zwiedzając *Museo del Anthropologia* ze wspaniałą kolekcją prekolumbijskich rzeźb, *codices* i malunków, katedrę i freski Diego Rivery na krążgankach prezydenckiego pałacu przy centralnym placu Zocalo.



Rzeźby bóstw Azteków w Museo del Anthropologia.



Indianka przed Kościołem
M.B. z Guadalupe.

Zapytałem kolegów z CFE, czy mogę zabrać ze sobą matkę na uroczyste otwarcie LAPEM i bardzo uprzejmie odpowiedzieli, że będzie im miło ją poznać. Podróż klimatyzowanym autokarem była przerywana krótkimi odpoczynkami w hacjendach przy autostradzie. Są to stare kolonialne budynki zamożnych rządców dawnej *Nueva España*, bo tak się wówczas oficjalnie nazywał Meksyk. Pięknie odrestaurowane, z ogrodami, fontannami i oswojonymi flamingami, hacjendy te wydają się rajskimi wyspami w pustynnym krajobrazie i mamie bardzo się podobały.



Freski „Podbój
Meksyku”
w podcieniach
pałacu
prezydenckiego
przy głównym
placu Zocalo.



Hacienda, odpoczynek w podróży z moją matką z Meksyku do LAPEM w Irapuato.

Uroczystości w ośrodku LAPEM obejmowały przecinanie wstęgi na uliczkach między laboratoriami i miałem zaszczyt razem z Davidem Trainem przecinać wstęgę na *calle IREQ*. Zwiedzając zaprojektowaną przez CESI zwarciownię, spostrzegłem, że olej do smarowania łożysk wielkiego generatora zwarciowego jest tłoczony tylko przez pompy, a nie ma awaryjnego zbiornika zawieszonego powyżej generatora, aby w razie awarii pompy zapewnić smarowanie łożysk ogromnego wirnika przez grawitacyjnie spływający olej ze zbiornika na ścianie. Ryzyko awarii pompy nie jest wielkie, ale zatarcie łożysk wirnika, który ma ogromną inercję i po próbie kręci się jeszcze przez kilka godzin, powoduje zniszczenie bardzo kosztownej maszyny. Zwróciłem na to uwagę dyrektora, ale *Señior Adame* był zajęty kierowaniem uroczystością i zbył mnie, mówiąc, że CESI nie wymagało takiego zabezpieczenia, bo włoskie pompy olejowe są niezawodne. Po bardzo eleganckim przyjęciu, na zakończenie *Señior Adame* wygłaszał pożegnalne przemówienie, dziękował za pomoc ze strony zagranicznych specjalistów przy budowie tego ośrodka badawczego, największego w Ameryce na południe od Stanów. Na koniec dodał swoje spostrzeżenie, że zazwyczaj zagraniczni, zwłaszcza amerykańscy inżynierowie przyjeżdżający do pracy w Meksyku znajdują sobie *chiquitas* (meksykańskie dziewczyny), czasami przywożą swoje dziewczyny ze Stanów, rzadziej żony. Ale po raz pierwszy zobaczył, że można zabrać ze sobą swoją starą matkę. Wszyscy zebrani wiedzieli o kogo chodzi i moja mama otrzymała *standing ovation*.

Mogę tu dodać, że później, kiedy pracowałem dla fabryki transformatorów IEM, brałem udział w rozmowach na temat uzwojeń w nadprzewodnictwie opracowywanych w laboratorium Condumex-u w Queretaro. Był tam także *Señior Adame*, który ze smutnym uśmiechem opowiedział mi o awarii pompy, zatarciu łożysk wielkiego generatora i półrocznym przestoju stacji, bo trzeba było wysłać wielką maszynę do Włoch do naprawy w fabryce, dzięki Bogu na gwarancji.

Część 8

Fabryka transformatorów IEM

Kolejny pobyt w Meksyku obfitował w niecodzienne wydarzenia. Tym razem było to uruchamianie laboratorium wysokich napięć w fabryce transformatorów IEM, gdzie nadzorowałem instalowanie przyrządu pomiarowego do rejestracji mocy strat obciążeniowych dużych transformatorów, dostarczonego przez firmę z Toronto, której właścicielem i konstruktorem był Ukrainiec pan Oleh Iwanusiw. Ten dość skomplikowany układ elektroniczny mierzy moc czynną (straty) podczas zwarcia uzwojenia wtórnego i przy zasilaniu górnego uzwojenia transformatora napięciem zwarcia. Wektor prądu jest wtedy przesunięty w fazie o niemal 90° , ale należy wyznaczyć moc czynną z dokładnością $\pm 3\%$. Poprawne działanie układu całkowitego w tym przyrządzie zależy krytycznie od stabilnej częstotliwości sieci. Niestety w Meksyku częstotliwość sieci waha się w znacznie szerszych granicach niż dopuszczalne wahania częstotliwości w Kanadzie i przyrząd produkcji pana Iwanusiwa nie chciał działać stabilnie i wskazywać oczekiwanych wartości. Ze strony fabryki odbiór przyrządu nadzorował młody meksykański inżynier Nicolas Aguillar, który szybko się uczył techniki wysokich napięć mimo stosunkowo krótkiego stażu pracy w fabryce, a ja formalnie byłem jego doradcą. Próby ciągnęły się godzinami, aż wreszcie w środku nocy częstotliwość nieco się ustabilizowała i przyrząd zaczął wskazywać rozsądne wartości. Rozradowany Oleh zawołał do Nicolasa: „*Look, now the readings are OK, sign the acceptance protocol*”, ale Nicolas odrzekł: „*I won't sign, Ryszard said it is gównno, take it back to Toronto*”. Mimo zmęczenia obaj z Olehem, z którym rozmawiałem w fabryce po polsku, ryknęliśmy śmiechem, słysząc ten polsko-ukraiński termin w ustach szybko uczącego się meksykańskiego inżyniera.

W Meksyku najbardziej intratną posadą dla inżyniera elektryka jest zatrudnienie w CFE (*Comision Federal del Electricidad*). Nicolas po dwóch latach pracy w fabryce przeniósł się tam i pracował przy sprawdzaniu kaloszy i gumowych rękawic dla monterów obsługujących sieć rozdzielczą. Spotkałem go przypadkowo i żalił mi się, że to nudna i niemiła praca, bo siedzi w podziemiu, gdzie w wannie z wodą sprawdza się, czy izolacja tych butów i rękawic nie jest przebita.

Niedługo po tym spotkaniu brałem udział w rozmowach pomiędzy IIE (*Instituto del Investigaciones Electricas*) i CFE, a siedzący koło mnie wysokiej rangi dyrektor CFE żalił się, że w Meksyku nie ma fachowców w dziedzinie wysokich napięć i trzeba ciągle korzystać z pomocy zagranicznych doradców. Powiedziałem mu o losie Nicolasa, który po dwuletnim szkoleniu w fabryce transformatorów przeniósł się do CFE z uwagi na lepsze zarobki, ale jest zatrudniany przy pracy nieodpowiadającej jego kwalifikacjom. Dyrektor nie chciał uwierzyć, ale podałem mu telefon Nicolasa, więc zapowiedział, że wejrzy w tę sprawę.

Wkrótce zadzwonił do mnie Nicolas, dziękując za interwencję, bo został przeniesiony do działu prób odbiorczych wielkich aparatów wysokiego napięcia i ma ciekawą pracę. Ponadto zaprosił mnie na wesele jego siostry w San Louis Potosi, starym kolonialnym mieście, 400 km na północ od stolicy Meksyku. Termin wesela ustalono w czasie długiego weekendu i Nicolas miał mnie zabrać samochodem na tę rodzinną uroczystość. Nabyłem prezent dla panny młodej i w najlepszej marynarce pojechałem samochodem Nicolasa do jego rodzinnego domu. Rodzina Aguillar ma tam długą tradycję, bo jej członkowie służyli ludności okolicznego rolniczego obszaru jako agronomowie, weterynarze, prawnicy, lekarze bądź adwokaci od kilkuset lat. Ślubu miał udzielać ksiądz prałat, stryj Nicolasa, a na weselne przyjęcie zaproszono ponad trzysta osób, z których byłem jedynym nie-Meksykaninem. Zostałem przedstawiony rodzicom Nicolasa jako pracujący w Kanadzie Polak. Skutkiem tego, na moje usiłowania prowadzenia rozmowy po hiszpańsku nader uprzejmie odpowiadali mi po angielsku.



Katedra w San Louis Potosi i wąska uliczka z ozdobnymi odprowadzeniami wody deszczowej z dachu.

Uroczystość w starej katedrze pełnej barokowych ozdób i złocien przebiegała tak samo jak w Polsce, więc wiedziałem, gdzie należy stanąć i kiedy po mszy podejść do młodej pary i do rodziców z gratulacjami. Uczta weselna była zorganizowana w wielkiej hali sportowej udekorowanej na balową, na dwóch krańcach grały orkiestry *mariachi* w *sombreros*, ubranych w *charro* (obcisły czarny strój obramowany złotą taśmą), a do wybornych mięs podawano znakomite wino *Calafia z Baja California* i meksykański koniak *Dom Pedro*. Po przemówieniach i toastach zaserwowano *dulches* czyli słodczyce, kandyzowane egzotyczne owoce i lody, których nie śmiałem próbować. Po uczcie uprzątnięto salę i młoda para tańczyła ze sobą, następnie z rodzicami i krewnymi według nieznaney mi hierarchii. Pod wieczór przyszedł czas, aby poprosić do walca pannę młodą, która właśnie wróciła na ślub z wizyty u ciotki w Chicago, gdzie utleniono jej włosy na jasny blond, założono błękitne soczewki kontaktowe i zaopatrzone w odpowiednią toaletę i złociste buciki. Pod wrażeniem tej kreacji zacząłem mówić o tym, jakie wspaniałe wrażenie wywarła na mnie i na zaproszonych gościach, ale powiedziała mi, że te piękne złociste pantofelki są bardzo niewygodne i bolą ją stopy po tylu przetańczonych godzinach. Nastrój już był nieformalny, więc opowiedziałem o naszym obyczaju wypicia zdrowia panny młodej z jej pantofelka. Posadziłem pannę młodą na bufecie baru i poprosiłem o nalanie *Dom Pedro* do zdjętego pantofelka. Wypiłem za zdrowie (*salud*) panny młodej, która wyraźnie cieszyła się, odpoczywając od niewygodnego obuwia. Wzbudziło to zainteresowanie *muchachos*, którzy ustawili się w ogonku do stojących na bufecie złocistych pantofelków napełnianych dobrym trunkiem. Zabawa trwała bez przerwy do poniedziałku, kiedy trzeba było pożegnać się i wracać do miasta Meksyk. Dziękując za zaproszenie rodzicom, usłyszałem od ojca panny młodej najwyższy w Meksyku komplement: „*you look like a gringo but do not behave like one*”.

Po przejściu na emeryturę z IREQ-u w 1990 roku pracowałem przez wiele lat jako konsultant dla fabryki transformatorów IEM. Brałem udział w wielu wdrożeniach nowych typów transformatorów i dławików kompensacyjnych sieci najwyższych napięć, badaniach *post mortem* transformatorów uszkodzonych w eksploatacji. Działając w CIGRE jako przewodniczący grupy roboczej „*High Voltage Test and Measuring Techniques*” w Komitecie 33 „*Insulation Co-ordination*”, pomagałem inżynierom IEM włączyć się do prac Komitetu Transformatorów CIGRE, uczestniczyć w pracach na rzecz grup roboczych oraz w publikowaniu artykułów opracowanych wspólnie z nimi w wydawnictwach CIGRE.

Centro de Pesquisas Electricas (CEPEL) w Brazylii

Jednym z organów Zgromadzenia Ogólnego Organizacji Narodów Zjednoczonych jest UNIDO (*United Nations Industrial Development Organization*). Zawsze zazdrościłem inżynierom pracującym w tej strukturze znakomitych, wolnych od podatku uposażeń i – jak sądziłem – wilegiatury raczej niż pracy. Okazało się, że jednym z projektów UNIDO było wybranie „kraju przyszłości”.

Porównując zasoby ludzkie, klimat, potencjał energetyczny, przemysłowy i rolniczy, UNIDO zdecydowało, że najbardziej obiecującym krajem na świecie jest Brazylia. Otworzyło to kredyty z Banku Światowego na budowę infrastruktury: budowę transamazońskiej autostrady oraz elektrowni wodnej na granicznej z Paragwajem rzece Parana. Uruchomiono gigantyczny projekt ITAIPU, polegający na budowie zapory i elektrowni na największych w Ameryce Południowej wodospadach Iguacu Falls oraz linii przesyłowych 750 kV do São Paulo – przemysłowego serca Brazylii.

Przedsiębiorstwo energetyczne Furnas dostało rządowe polecenie stworzenia Instytutu Energetyki, nazwanego CEPEL, stanowiącego naukowe i badawcze zaplecze wielkich projektów wytwarzania i przesyłu energii na wielkie odległości w trudnych lokalnych warunkach klimatycznych. Laboratoria CEPEL zlokalizowano w Adrianopolis, „punkcie mocnym” sieci przesyłowej, z uwagi na dostępną tam wielką moc zwarciovą, niezbędną do badania wyłączników w sieciowej zwarciozni. IREQ uzyskał kontrakt na doradztwo przy projektowaniu, budowie i uruchomieniu Laboratorium Wielkich Mocy i Wysokich Napięć i w ramach tego projektu spędziłem tam łącznie ponad pół roku, pracując w trudnym dla Europejczyka klimacie.

Pierwsza wizyta w Rio de Janeiro i oficjalne spotkanie z dyrekcją firmy Furnas odbyło się eleganckim w hotelu, gdzie w środku kanadyjskiej zimy, a brazylijskiego lata temperatura wynosiła 16°C, bo klimatyzacja działała z całą mocą, a na zewnątrz było około 28°C. Zespół doradców z IREQ-u przyjechał w koszulach z krótkimi rękawami i w płóciennych spodniach, a witał nas rząd dostojnie wyglądających panów o oliwkowej cerze i czarnych włosach, w czarnych garniturach, w śnieżnobiałych koszulach i ciemnych krawatach.

Ceremonia przypominała znany z techniki cyfrowej *shift register*, to znaczy pierwszy z kolegów w rządzie ścisnął dłoń pierwszemu z Brazylijczyków, przedstawiał się, a po usłyszeniu nazwiska wypowiadał formułkę *mucho gusto*, po

hiszpańsku, bo portugalskiego nikt z nas nie znał. Następnie przesuwał się do przodu o jednego i procedura się powtarzała. W pewnym momencie spostrzegłem, że kolejna osoba jest nieco niższa od dorodnych Brazylijczyków, ma inne rysy, blond włosy i niebieskie oczy. Usłyszałem nazwisko Lepecki i *miło mi pana poznać*.

Pan Lepecki zapytał, czy jestem z Polski, po twierdzącej odpowiedzi zapytał, czy mieszkam w Warszawie, odpowiedziałem, że od urodzenia, w końcu zagadnął: a gdzie w Warszawie?, odrzekłem: na Mokotowie, w końcu postanowił uściślić: na wyższym czy na niższym? Wtedy obydwaj się roześmialiśmy, bo on w dzieciństwie też mieszkał na górnym Mokotowie.

Później okazało się, że stryj pana Lepeckiego był wysokiej rangi wojskowym i blisko współpracował z Marszałkiem Piłsudskim, a także napisał kilka książek z okresu pierwszej wojny światowej, z których dwie czytałem: *„Jak poznałem Komendanta nim Polskę wywalczył”* i *„Sybir bez gniewu”*. We wrześniu 1939 roku matka pana Lepeckiego znalazła się w Rumunii, a następnie wraz z kilkuletnim synkiem dotarła do Brazylii. Przed wojną Polska otworzyła w Brazylii konsulát, aby pomagać licznym polskim osadnikom w Parana i Minas Gerais. Konsulem był jeden z krewnych i pani Lepecka znalazła tam oparcie. Jej syn skończył szkoły i uniwersytet w Brazylii, a także „wyższą szkołę elektrotechniki” prowadzoną przez General Electric w Stanach. Po powrocie pracował w brazylijskiej energetyce i został powołany do organizowania ośrodka badawczego CEPEL jako wiceprezes firmy Furnas.

Do CEPEL rekrutowano specjalistów i pan Hylten-Cavallius, mój zwierzchnik z IREQ-u, przyjął ofertę i został dyrektorem dwóch wydziałów: Wysokich Napięć i Wielkich Mocy. Zadanie nie było łatwe. Dla ludzi przyzwyczajonych do sposobu pracy, zarządzania i stosunków społecznych w Kanadzie, które nie odbiegają od panujących w Stanach, Brazylija jest krajem o zupełnie innych obyczajach, historii, rozwarstwieniu społeczeństwa na nielicznych bardzo bogatych, ogromną masę biedoty i nieliczną klasę średnią.

Dyrekcja CEPEL zaproponowała mi stanowisko szefa działu Wysokich Napięć, co obejmowało wielkie laboratorium w budowie. Zaoferowana pensja była znacząco wyższa niż w IREQ-u, a jej siła nabywcza w Rio de Janeiro bardzo wysoka. Z drugiej strony odpowiedzialność za budowę i uruchomienie laboratorium w lokalnych warunkach, to znaczy przy braku fachowców, niezwykle

rozbudowanej biurokracji, koneksjach pomiędzy ludźmi zarządzającymi firmą Furnas to nie zachęcało do wiązania się z Brazylią na dłuższy czas.

Na ofertę odpowiedziałem, że taka decyzja jest wiążąca dla rodziny i przy następnej delegacji do CEPEL zabiorę ze sobą żonę, która zorientuje się w miejscowych warunkach.

Po kanadyjskiej zimie słońce i piękna plaża *Copacabana* tuż przed oknami naszego hotelu *Lancaster*, zbudowanego i prowadzonego przez Brytyjczyków, stanowiły silny magnes. Pod piękną, wysadzaną palmami *Avenida Atlantica* jest podziemne przejście dla gości hotelowych, aby ułatwić dostęp do plaży, a przy wejściu do windy prysznic i rodzaj brodziku z napisem *lava pes*. Ten napis przywoływał wspomnienia z gimnazjum imienia Reytana, którego dyrektor faworyzował naukę łaciny, bo przed wojną był nauczycielem tego przedmiotu.



Syrenka na Sugarloaf (Głowa Cukru) i wejście do zatoki Guanabara. Widok na zatokę i miasto.

Pisany język portugalski jest bodajże najbardziej zbliżony, spośród romańskich języków, do klasycznej łaciny, natomiast język mówiony był dla mnie niezrozumiały, akcentowanie raczej zdań niż słów utrudniało zrozumienie potocznej mowy. Natomiast byłem w stanie odczytać i zrozumieć niektóre artykuły w gazecie.

Rano, po kąpielii w oceanie i znakomitym śniadaniu z owocami, papają i brazylijską kawą ze śmietanką, autobusik zabierał mnie do Adrianopolis, gdzie budowano Zwarciowię, Laboratorium Wysokich Napięć i budynek mieszczący dział komputerowy z symulatorem sieci przesyłowej, laboratoria materiałowe, fizyczne i chemiczne. Budynek administracji był już zagospodarowany, działała tam klimatyzacja, były czynne biura dyrektorów, sekretariaty i ośrodek doku-



Poranna kąpiel w przyboju na Copacabana.



Avenida Atlántica, w drodze na plażę.

mentacji technicznej oraz dział łączności z teleksami, telefonami i telefaksami. Stołówka była jeszcze w budowie, tak że do restauracji trzeba było jechać do odległego o godzinę drogi Rio de Janeiro. Ośrodek badawczy jest ulokowany w dolince pośród pustynnych piaszczystych wzgórz i tworzy rodzaj ogromnego wklęsłego zwierciadła ogniskującego na budynkach padające promienie wiszącego nad tą doliną słońca. Główna hala Laboratorium Wysokich Napięć była pokryta jedną warstwą stalowej blachy, położonej na kratowej konstrukcji nośnej. Jeszcze przed południem temperatura wewnątrz hali dochodziła do 40°C. Robotnicy mający montować generator udarowy chowali się do drewnianych skrzyń, stanowiących opakowanie sprzętu importowanego głównie z Europy i zasypiali w tym upale. Trzeba było ich budzić i wyciągać z zakamarków, ale i tak praca postępowała w żółtym tempie.

Na początku usiłowałem ochłodzić się, wchodząc do klimatyzowanego budynku administracji, ale gwałtowna zmiana temperatury powodowała zaziębienie, katar i kaszel. Większość sekretarek miała czerwone, zażawione oczy i chustki do nosa przy twarzy, bo musiały często wychodzić poza klimatyzowane pomieszczenia. Do laboratorium kilka razy dziennie przyjeżdżała gorąca znako-

mita kawa, rozdawana na koszt firmy. Po jednej filiżance budziłem się na dwie albo trzy godziny i byłem w stanie nadzorować montaż urządzeń, łączenie kabli i prowadzić rodzaj szkolenia na miejscu dla techników. W ten sposób po kilku filiżankach kawy zdołałem dotrzeć do wieczora, bo autobusik przyjeżdżał po mnie, kiedy robiło się ciemno, a w tropikach nie ma zmiernicy i noc zapada od razu. W hotelu po kąpielach i kolacji kładłem się do łóżka, ale nie mogłem zasnąć, słyszałem szum fal i śpiewy dziewcząt na plaży, a nieprzywykły do tak mocnej kawy nie zmrużyłem oczu do białego rana.

Okazało się, że w pobliżu laboratoriów CEPEL jest budowana lokalna droga. Grupa atletycznie zbudowanych mężczyzn mieszanej rasy *boludos* rozbijała młotami kamienie i brukowała nimi piaszczysty teren. Południowy posiłek zapewniała *doña* Maria, która pod daszkiem z palmowych liści miała długi stół z dykty używanej poprzednio na formy do betonowych fundamentów, podpartej na krzyżakach z drewna pochodzącego z tychże form. *Boludos* siadali na skleconych ławach przy stole i każdy dostawał w dużym emaliowanym kubku gęstą zupę z fasoli, wzbogaconą okrawkami mięsa i ostrymi przyprawami. Na zakończenie *doña* Maria, potężnej tuszy niewiasta, nalewała każdemu *cachaça* ze szklanego gąsiora umieszczonego w wyplatany koszyku. Był to rodzaj słabo oczyszczonego rumu lokalnej produkcji, o ostrym smaku i zapachu. Po jakimś czasie staliśmy się stołownikami tej restauracji „*chez doña Maria*” i nasza część stołu była nakrywana *Jornal do Brasil*, dla podkreślenia wyższego statusu klientów z CEPEL. Zaciekawilo mnie, że co dzień gąsior był pełen *cachaça*, chociaż po posiłku wyczerpywali go *boludos* i goście z CEPEL. Raz zajrzałem do wnętrza, a na dnie gąsiora leżała martwa, zwinięta w kółko żmija o zygzakowatym wzorze na grzbiecie. *Doña* Maria gestami wytłumaczyła, że żmija jest zmieniana co niedzielę, aby zapewnić świeży smak i aromat tego trunku.



Wielkie węże stanowią tu pożywienie, a skóra jest używana na buty, torebki i galanterię.

Pewnego wieczoru portier z recepcji hotelowej zatelefonował, że przyszedł pan Koss, który chce się ze mną widzieć. Nie znałem pana Kossa i nie bardzo miałem chęć na spotkanie z nieznanym, ale pan Koss znalazł sposób na poko-

nanie portiera-cerbera i zapukał do moich drzwi. Zobaczyłem człowieka w brudnym i podartym płaszczu, trzymającego w ręku walizkę zapewne znaną na śmietniku, i już chciałem go wyprosić, ale pan Koss zaczął mówić z akcentem znanym mi z dzieciństwa w miasteczku Rózan.

Otworzył swoją walizkę i ku mojemu zdziwieniu miał w niej arkusze białej tekturki formatu A3 z przypiętymi kamieniami półszlachetnymi, oprawionymi w srebro albo złoto. Były tam naszyjniki, pierścionki, kolczyki, bransolety i różne ozdoby dla pań, a także spinki do mankietów i krawatów. Pan Koss rozpoczął rozmowę od serii pytań: Pan z pewnością ma żonę? A jaki jest kolor oczu pańskiej żony? A, brązowy? To dla niej najlepszy będzie kamień z Rio Grande, ten duży pendent na łańcuszku będzie pięknie pasował do jej oczu. A może ma pan córkę? A jakie ona ma oczy? A, niebieskie? To dla niej są tu piękne kolczyki z akwamarynu. Co, że za ciemne? Dlaczego za ciemne? Jasny akwamaryn jest tani, a jak ona na przyjęciu zobaczyłaby inną damę z ciemniejszymi akwamarynami, to jak ona by się wtedy czuła? Niech pan nie żałuje na ciemniejszy akwamaryn dla własnej córki. A druga córka też ma na pewno niebieskie oczy? To co, że trochę starsza, dla niej taki pendent o złocistym odcieniu będzie w sam raz. Pewno ma pan coś z boku? A jaki kolor oczu ma ta dama? To co, że zielone? W tym momencie nie wytrzymałem i roześmiałem się z powodu mistrzowskiej reklamy półszlachetnych kamieni sprzedawanych przez pana Kossa, którego niechlujna odzież i walizka chroniły od rabunku przez miejscowych bandytów.

Pan Hylten-Cavallius, dyrektor Działu Wielkich Mocy i Wysokich Napięć CEPEL

Główne biura CEPEL mieściły się koło miasteczka uniwersyteckiego na Isla do Fundao w zatoce Guanabara. Tam urzędowali panowie Lepecki i Hylten-Cavallius, temperatura była utrzymywana przez otaczającą zatokę i pozwalała na spacer wokół klimatyzowanego budynku, jednakże miejscem pracy dla kierownika Laboratorium Wysokich Napięć było niewątpliwie pustynne Adrianopolis.

Pan Hylten-Cavallius mieszkał w Petropolis, odległej dzielnicy górującej nad Rio de Janeiro, która niegdyś była rezydencją portugalskiego wicekróla Petro Drugiego, i któregoś weekendu zaprosił mnie do siebie. Kolonialny dom był pięknie położony na stoku wysokiej góry. Białe kamienne ściany tworzyły mocny kontrast ze zrobionymi z ciemnego brazylijskiego mahoni drzwiami i ramami okien. We wnętrzu belki podtrzymujące sklepienie, boazeria i meble były

zrobione z tego samego materiału. Rozległy ogród i sad z tropikalnymi drzewami owocowymi były położone na tarasach wyciętych na dość stromym stoku. W domu był naturalny przewiew i panował miły chłód.

Pani Tura Hylten-Cavallius spędzała dni powszednie w klubie, gdzie była ogromna pływalnia, korty tenisowe, konie pod wierzch oraz międzynarodowe towarzystwo eleganckich pań towarzyszących swoim partnerom pracującym w Rio. Domem zajmowała się rodzina *caseiros* (w wolnym przekładzie „domowych”, od *una casa* – dom). Valdecir miał broń i chronił posiadłość przed bandytami, Marija gotowała, sprzątała, prała i dbała o ogród, dzieci były do drobnych posług. Dookoła ogrodu był wysoki płot z siatki, z drutem kolczastym powyżej górnego skraju, a po terenie biegały dwa wielkie psy wilczury.

Pan Hylten-Cavallius przysłał po mnie do hotelu swój służbowy samochód z kierowcą, a kiedy podjechałem pod bramę domu, kierowca wysiadł, aby nacisnąć przycisk dzwonka. Obydwa wilczury rzucały się na siatkę ogrodzenia, szczerząc zęby i głośno szczekając. Kierowca szybko wrócił do samochodu, a po otwarciu bramy psy podbiegły do samochodu, groźnie warcząc. Ja nie kwapiłem się z otwieraniem drzwi, ale po chwili pojawił się pan Hylten-Cavallius i psy podbiegły do niego, łaszcząc się. Po wyjściu z samochodu przywitałem się z nim, a psy zachowywały się przyjaźnie, mogłem je głaskać i klepać po wielkich paszczach. Zapytałem, czemu te psy tak wściekle reagują na kierowcę, przecież dobrze go znają, bo codziennie wozi do pracy pana Hylten-Cavalliusa, a mnie widzą po raz pierwszy i dają się głaskać? Okazuje się, że są to specjalnie hodowane i tresowane wilczury, które odróżniają, jak się wyraził, „białego człowieka” od Brazylijczyka.

Spotkanie upłynęło w miłej atmosferze w cieniu ogrodowych drzew, gdzie Marija przynosiła *capirinha*, mieszankę rumu i soku z różnych owoców. Państwo Hylten-Cavallius mieszkali już od pół roku w tym wynajętym dla nich przez CEP-EL domu i rozważali zakup tej posiadłości z uwagi na dobre sąsiedztwo zamożnych ludzi mieszkających w Petropolis, a także stosunkowo skuteczną ochronę przez miejscową policję.

Nazajutrz Marija szła do kościoła i na tę okazję ubrała się we wspaniałe strój z mnóstwem falbanek i koronek oraz ogromny kapelusz przybrany kwiatami i małym wypchanym ptaszkiem. Pod jej nieobecność próbowaliśmy z panem Hylten-Cavalliusiem przyrządzić *capirinha*, mieszając rum z sokiem z zebranych

w ogrodzie owoców. Pomimo wyszukania takich samych owoców, jakie w sobotę zbierała Marija i takiej samej proporcji rumu nasza *capirinha* nie dorównywała oryginalnej kompozycji. Po powrocie z kościoła zapytałem Mariję, na czym polega jej sekret, i okazało się, że trzeba jeszcze dosypać szczyptę opium, aby uzyskać żądany smak i efekt.

Pan Lepecki także zaprosił mnie do domu na swoje urodzinowe przyjęcie. Było to spotkanie z licznym gronem jego kolegów z pracy, wyższej rangi dyrektorów firmy Furnas, którzy oczywiście rozmawiali po portugalsku, ale co pewien czas zagadywali do mnie po angielsku. Państwo Lepeccy mieli eleganckie mieszkanie w wieżowcu nad piękną plażą *Leblon*, chyba na dwunastym piętrze, ze wspaniałym widokiem na ocean. Oglądając mieszkanie, spostrzegłem na półce encyklopedię wydaną przed wojną w Polsce i znalazłem obszerną historię rodziny Lepeckich, z wyliczeniem stanowisk państwowych i innych osiągnięć prominentnych antenatów gospodarza. Zagadnąłem prezydenta firmy Furnas, czy wie, kim jest naprawdę pan Lepecki, i przetłumaczyłem mu ten wpis z encyklopedii. Wywołało to sensację, bo prezydent firmy pod wrażeniem tak szacownych przodków i krewnych pana domu opowiedział zebranym, z kim mają do czynienia. Poznałem panią Lepecką, piękną Brazylijkę, matkę dwóch synów studiujących na amerykańskich uniwersytetach.

Na tym spotkaniu zaproszono mnie na wycieczkę po archipelagu wysepek, motorowym jachtem jednego z dyrektorów, który trzymał swój jacht w marinie nad wpadającą do oceanu rzeką. Zaciekawilo mnie, jak wygląda jachtowa marina nad oceanem, gdzie poziom wody podczas przyływu i odpływu zmienia się o kilka metrów. Otóż ten motorowy jacht o długości ponad 12 m jest umieszczony na swojej konstrukcji wsporczej o drewnianych płozach. Kilku dobrze zbudowanych pracowników mariny spycha po ziemi tę konstrukcję do wody, aż jacht zacznie pływać. Następnie, stojąc po szyję w wodzie, wyciągają konstrukcję wsporczą na brzeg. Taka operacja jest powtarzana przy każdym wodowaniu jachtu. Całodzienna wycieczka połączona z kąpielą i spacerem po małych niezamieszkałych wysepkach była przyjemna, bo właściciele jachtów motorowych uważają je za rodzaj parku do biwakowania i pracownicy mariny zbierają tam śmieci i dbają o roślinność. Dowiedziałem się, że brak jachtów żaglowych w tej marinie wynika z bardzo silnego prądu oceanicznego, który płynąc w kierunku Antarktydy, omywa brzeg w pobliżu Rio de Janeiro. Jacht żaglowy używany na

weekendowe wycieczki mógłby mieć trudności z powrotem do mariny pod prąd przy słabym wietrze. Mnie nigdy nie pociągały motorówki, ale zrozumiałem, że dyrekcja firmy chciała mi pokazać oceaniczną marinę, wiedząc o moim żeglarskim hobby od pana Hylten-Cavalliusa.

Przy następnym wyjeździe do CEPEL zabrałem ze sobą Wandę, którą zajęła się agencja nieruchomości, pokazując różne domy na sprzedaż. Niedaleko *Sugarloaf*, słynnej „Głowy Cukru”, widokowego miejsca, na które wwozi turystów kolejka linowa, jest wysepka Urca połączona groblą z miastem, gdzie za czasów kolonialnych mieszkali portugalscy zarządcy Brazylii. Stare drewniane centrum Rio de Janeiro zostało wyburzone w latach 20. Powstały tam nowe dzielnice, zdominowane przez niezbyt urokliwe kamienice czynszowe. Z nieznanых powodów wyburzenie nie dotknęło Urca, niewielkiej wysepki z ogrodzonymi kamiennym murem ogrodami i domami zaprojektowanymi przez portugalskich architektów sprzed dwustu lat. Na kamiennych ścianach jest sporo kafelków z błękitnymi motywami kwiatowymi, bądź karawelami żeglującymi na oceanie, kraty w oknach, balustrady i ogrodzenia są zrobione z ręcznie kutej stali, w ogrodzie fontanna z ozdobnym zbiornikiem, owocowe drzewa, kwiaty. Wanda była zachwycona takim domem, tropikalną roślinnością, wodami zatoki Guanabara otaczającymi wysepkę, ciszą i oddzieleniem od centrum miasta przez wąską groblę, ze strażnikiem kontrolującym wjazd. Cena dużego domu była do przyjęcia po sprzedaży naszego *bungalow* w Montrealu, a dwie rodziny *caseiro* służyły tam od pokoleń. Trochę ją zaniepokoił podwójny mur wokół posesji i wielkie, groźnie wyglądające psy, które biegały między tymi murami.

Następnego dnia była umówiona na spotkanie z właścicielem domu, wysokim oficerem brazylijskiej armii. Po opowieściach o długiej historii tej rezydencji zadano mu pytanie, dlaczego sprzedaje taki ładny i dobrze położony dom? Odpowiedź była zaskakująca, bo powiedział, że jego dzieci podrosły i będą chodzić do gimnazjum. Z tego nie wynikało, czemu sprzedaje dom, ale widząc cudzoziemców, wyjaśnił, że małe dzieci woził do i ze szkoły *caseiro*. Natomiast nie jest w stanie upilnować nastolatków, którzy mają różne zajęcia po lekcjach i chodzą sami po mieście. Wtedy kwestią czasu jest otrzymanie w liście palca albo ucha odciętego dziecku wraz z żądaniem okupu przez bandytów.

Potem Wanda powiedziała, że ten dom jej się nie podoba, i oferta pracy w Brazylii jest nie do przyjęcia, a za kilka dni mamy powrotny lot do Montrealu,

gdzie na nas czeka córeczka i nikt jej nie będzie ucha obcinał. To zakończyło rozmowy o moim zatrudnieniu w CEPEL, ale jeszcze kilka razy jeździłem do Laboratorium Wysokich Napięć i pracowałem z młodymi brazylijskimi inżynierami. Jednym z nich był Fernando Chagas, który został wysłany na studia do Niemiec i po dwóch i pół roku uzyskał magisterium na uniwersytecie w Brunzshwiku. Miał dobre wykształcenie ogólne, znał angielski i niemiecki oraz orientował się w fachowej literaturze. Zapytałem go, czemu nie został dłużej na tym uniwersytecie, aby zrobić doktorat, co proponował opiekujący się nim profesor. Odpowiedź była nieoczekiwana: bo jego żona nie mogła już dłużej w Niemczech wytrzymać. Fernando na uniwersytecie był znany i lubiany przez kolegów, asystentów i profesorów, natomiast jego żona wzbudzała niechęć swoim wyglądem wskazującym na indiańskie pochodzenie. Ludzie na ulicy, w tramwaju, w sklepie uważali ją za *gastarbeiter*, dziewczynę do sprzątnięcia czy zmywania w restauracji. Nie znając niemieckiego i nie obracając się w kręgu wykształconych ludzi, miała trudności w porozumieniu się nawet z sąsiadami, cały dzień spędzała sama, bo Fernando był zajęty na uczelni. Po moich namowach zdecydował się na wyjazd do Kanady na University of British Columbia, gdzie zrobił doktorat u profesora Hermana Domela z nowych zastosowań programu EMTP (*Electro-Magnetic Transient Program*), powszechnie używanego przez przedsiębiorstwa energetyczne. Z mojej oferty studiów na École Polytechnique de Montréal nie skorzystał, bo nie zamierzał uczyć się francuskiego i, jak sądzę, wolał nie spędzać mroźnej zimy w Quebecu.

Kompleks ITAIPU: elektrownia na rzece Parana i przesył energii do São Paulo

Brazylia była wówczas krajem, który zbudował największą na świecie elektrownię wodną ITAIPU na rzece granicznej z Paragwajem. Ta elektrownia miała dostarczać energię dla brazylijskiego przemysłu w São Paulo, ale w trakcie budowy sieci przesyłowej 750 kV Paragwaj zażądał, aby połowa elektrowni należała do energetyki tego kraju, a co więcej – pracowała na ich częstotliwości 50 Hz, a nie na brazylijskiej 60 Hz. Zważywszy na gospodarkę Paragwaju opartą na hodowli bydła i przetwórstwie mięsa na eksport, nie było najmniejszej możliwości wykorzystania tam połowy 12 GVA mocy zainstalowanej w wielkiej elektrowni wodnej. W Paragwaju nie ma sieci wysokiego napięcia mogącej przesłać tak wielką energię i nie ma dla niej odbiorców.

Żądanie rządu paragwajskiego wydawało nam się tak absurdalne, że uważaliśmy to za kiepski dowcip. Jednakże sprawa trafiła do *United Nations*, które decydowały o kredytach z Banku Światowego dla Brazylii. Adwokaci wynajęci przez rząd Paragwaju nieustępliwie domagali się, aby generatory w połowie hali elektrowni były zbudowane do pracy na częstotliwości Paragwaju, co uniemożliwiałoby bezpośrednie połączenie do brazylijskiej sieci. Przed siedzibą *United Nations* w Nowym Jorku w czasie obrad odbywały się pochody Indian w pióropuszach, przywiezionych na tę okoliczność (podobno) z Paragwaju i manifestacje paragwajskiego patriotyzmu pod hasłami: „*nie oddamy naszej części rzeki Parana brazylijskim kapitalistom, połowa rzeki jest nasza i nie na sprzedaż*”. Delegacje z krajów „trzeciego świata” w *United Nations* są bardzo wrażliwe na takie protesty i na najwyższym szczeblu zapadła decyzja o uznaniu prawa Paragwaju do połowy energii produkowanej przez elektrownię, a argumenty inżynierów nie były brane pod uwagę.

Problem paragwajskiej częstotliwości rozwiązano przez postawienie ogromnej stacji prostownikowej koło elektrowni, linii przesyłowej napięcia stałego ± 600 kV do São Paulo, a na końcu tej linii stacji przetwornikowej prądu stałego na brazylijską częstotliwość. Dwa koncerny, ABB i Siemens, podzieliły między sobą projekt i budowę tych stacji na obu końcach linii prądu stałego. Niebagatelny koszt stacji przetwornikowych musieli pokryć Brazylijczycy z funduszków pożyczonych im przez Bank Światowy. Przysłuchując się brazylijskim inżynierom mówiącym o tym projekcie, nauczyłem się nieparlamentarnych słów po portugalsku. Była to także pogładowa lekcja reagowania na masowe, zorganizowane przez związki zawodowe, manifestacje górników czy lekarzy domagających się dopłat z państwowych pieniędzy. Także naciski ze strony ekologów działających w Parlamencie Europejskim na zamykanie kopalni węgla w Polsce i kupowanie ekologicznej „zielonej” energii wyprodukowanej przez elektrownie wiatrowe w Niemczech żywo przypominają mi manifestacje Indian Navaho wynajętych do demonstrowania na rzecz Paragwaju przed siedzibą *United Nations* w Nowym Jorku.

W pewnym sensie na budowie linii prądu stałego zyskało Laboratorium Wysokich Napięć IREQ-u, bo była to wówczas pierwsza na świecie linia o tak wysokim napięciu ± 600 kV i występowały przeskokami na izolatorach wyprowadzających przewody liniowe z budynku stacji przetwornikowej. Oznaczało to zwarcie

doziemne jednego bieguna stacji i wyłączenie połowy mocy przesyłanej tą linią, a więc ogromne straty dla energetyki i przemysłu. Takie przeskoki występowały w czasie mżawki. Izolatory wytrzymały ulewny deszcz albo suche powietrze, natomiast niezbyt intensywny opad powodował spektakularne wyładowania po powierzchni izolatora pracującego pod napięciem stałym 600 kV. Z wyjątkiem japońskich wytwórni izolatorów nikt nie miał komory klimatycznej pozwalającej na badanie takich izolatorów. Z uwagi na współpracę z CEPEL i z firmą Furnas dyrekcja IREQ-u zdecydowała się dokupić odpowiedni sprzęt i zbudować komorę do prób napięciem stałym pod deszczem oraz zatrudnić pana Petera Lambetha, znanego specjalistę z Anglii, aby przeprowadzić badania nad zjawiskiem powodującym takie awarie.

Peter kupił dom w bezpośrednim sąsiedztwie naszego domu, przy ulicy, gdzie mieszkało kilku pracowników naukowych IREQ-u i nawiązaliśmy z nim i jego żoną Mary przyjazne stosunki. Mary była w Anglii nauczycielką i dyrektorem szkoły, ale we francuskojęzycznej prowincji nie mogła pracować w swoim zawodzie. Nasza córka chodziła do francuskiej szkoły, więc zwróciliśmy się do Mary, aby zaopiekowała się wykształceniem Małgosi w języku Szekspira, którego niechętnie uczono w szkole. Moja współpraca z Peterem w Laboratorium Wysokich Napięć układała się dobrze, bo zebrał on cenne doświadczenie po latach pracy w Brighton nad kanałem La Manche, w centrum badań nad zachowaniem się izolacji linii wysokiego napięcia podczas angielskiej mgły. Po dłuższych studiach znaleziono przyczynę przeskoków na izolatorach podczas mżawki. Budynek stacji przetwornikowej powodował zawirowania wiatru, który niósł kropelki mżawki i zraszał tylko część długiego na około osiem metrów izolatora przepustowego. Całe napięcie dielektryczne przenosiło się wtedy na suchy odcinek izolacji, co powodowało przeskok iskry i zwarcie. Na budynku zainstalowano odpowiednio ukształtowane ekrany zapobiegające zwilżaniu części izolatora i problem został rozwiązany. Niemniej badania w komorze klimatycznej trwały ponad dwa lata i inwestycja w budowę tej komory zwróciła się w pełni.

Część 9

Korean Electrotechnology Research Institute

Koreański Instytut Badawczy nad Energią Elektryczną (KERI) w Changwon jest zlokalizowany w sąsiedztwie fabryki wyłączników wysokiego napięcia, a właściwie montowni wyłączników, których części sprowadzano z Japonii w drewnianych skrzyniach. Jednakże po montażu wyłącznik musi przejść próby odbiorcze i fabryka zwróciła się do KERI o prowadzenie takich prób. Zgodnie z zaleceniem japońskiej wytwórni zdecydowano się na budowę obwodu syntetycznego, który wytwarza prąd zwarciowy i napięcie powrotne przez zsynchronizowane rozładowanie dwóch wielkich baterii kondensatorów wysokiego napięcia. To zalecenie wskazywało na japońską firmę, która chciała podjąć się budowy stacji prób, ale KERI postanowił zaprojektować, wyposażyć i uruchomić obwód syntetyczny we własnym zakresie. Wynikało to, jak sądzę, z zadawnionej niechęci do Japończyków, którzy okupowali Koreę od 1910 do 1945 roku i byli znienawidzeni przez Koreańczyków za okrutne traktowanie i wynarodowianie ludności.

W IREQ-u pracował pan Vladislav Zajic, twórca jednej z wersji obwodu syntetycznego, która nosi jego nazwisko, znany na całym świecie specjalista i wieloletni dyrektor techniczny zwarciowni w Bechovicach koło Pragi. KERI zwróciło się do IREQ-u o opracowanie projektu, nadzór nad budową i uruchomieniem stacji prób wyłączników, zastrzegając, że prace będą wykonywane przez koreańską firmę. Pan Zajic objął kierownictwo prac dla KERI, a mnie zlecił projekt



Laboratorium prób zwarciowych wyłączników. Szkolenie praktyczne inżynierów KERI.

układu do rejestracji napięcia i prądu podczas próby zwarciowej w obwodzie syntetycznym oraz systemu uziemień komory zwarciowej i sali mieszczącej obwody sterowania i rejestracji. Ta praca obejmowała wybór dostawcy dzielników napięcia, przekładników prądowych i boczników, a także miedzianej siatki cięto-ciągnionej na uziemienia oraz kabli pomiarowych i przyrządów rejestrujących. Aby nie ograniczać użytecznej powierzchni hali probierczej, zawiesiłem dzielniki napięcia pod sufitem „głową na dół”, co było niekonwencjonalnym, ale praktycznym rozwiązaniem. Nie miałem kłopotów ze wskazaniem producentów w Stanach i w Europie, ale jak rozważałem zakup znakomitego oscylografu japońskiej firmy Yokogawa, to uprzejmie poproszono o zakup znacznie droższego amerykańskiego odpowiednika.

Nadzór nad budową i pomoc w uruchomieniu stacji prób wymagały kilkunastu pobytów w Korei, w sumie około pół roku. Pracowałem przez wiele dni w wielkiej hali probierczej, zbudowanej ze zbrojonego betonu, która musi wytrzymać eksplozję badanego wyłącznika. W zimie temperatura powietrza osiągała 10°C w ciągu dnia, natomiast w nocy spadała do zera i przed południem musiałem chodzić po przemarzniętej podłodze hali w butach podklejonych styropianem.



Z inż. Park Jong-Wha w zwarciowni.
Wspólny referat na sympozjum IHS w Yokohamie.

Młodzi koreańscy inżynierowie mieli ogólne wykształcenie politechniczne, ale nie uczono ich elektroenergetyki, budowy i badania aparatów wysokiego napięcia. Znaczną część czasu musiałem poświęcać na szkolenie przyszłej kadry laboratorium KERI. Stosunki z pracownikami Instytutu i z dyrekcją były przyjazne i okazywano nam wiele życzliwości wykraczającej poza normalną zależność między konsultantem a pracodawcą.

Koreańczycy starali się pokazać nam swój kraj, odbudowywany po pół wieku okrutnej okupacji japońskiej i zniszczony przez wojnę z Koreą Północną. Changwon jest położone w dolinie otoczonej wysokimi górami, które stanowiły ostatnią linię obrony w czasie inwazji wojsk Korei Północnej w latach 1950-1953. Dolina Changwon jest oddalona tylko o godzinę drogi od Pusan, wielkiego miasta i najbardziej na południe wysuniętego portu, przez który dostarczano zaopatrzenie dla wojsk Korei Południowej.

Losy wojny zmieniło lądowanie wojsk Narodów Zjednoczonych pod dowództwem generała MacArthura, które odcięło armię Korei Północnej od zaplecza i spowodowało wzięcie do niewoli około trzystu tysięcy jeńców. W czasie rozmów z dyrekcją KERI zorientowałem się, że wicedyrektor pan Bjong ma trudności z rozmową po angielsku i zapytałem, czy woli porozumiewać się w innym języku. Pan Bjong znał język rosyjski i opowiedział mi swoją niecodzienną historię. Urodził się w Korei Północnej, tam skończył szkoły i został wysłany na studia do Moskwy. Kiedy wrócił do domu, wybuchła wojna i wysłano go na front. Po poddaniu się okrążonej armii północnokoreańskiej jej żołnierze zmienili oznaki na mundurach i zostali wcieleni do wojsk Korei Południowej.

Po wojnie większość z nich zdecydowała się zostać w Korei Południowej, gdzie potrzebowano ludzi do pracy w fabrykach zakładanych przez amerykańskie firmy. Dynamiczny rozwój gospodarczy Korea Południowa zawdzięczała w dużym stopniu zdemobilizowanym żołnierzom pochodzącym z Północy, gdzie po wojnie zostali starcy, kobiety i dzieci.

Uświadomiłem sobie, że podobna sytuacja miała miejsce w Niemczech, gdzie po wojnie większość mężczyzn przeszła ze wschodniej części okupowanej przez Armię Czerwoną na zachód, w okresie przed zbudowaniem muru między NRD i Republiką Federalną Niemiec. Szybką odbudowę gospodarki RFN umożliwiła pomoc amerykańska oraz napływ ludzi w wieku produkcyjnym z NRD.

Podróżując po Korei, odwiedziłem rodzaj skansenu pokazującego historię tego kraju od czasów dynastii królewskiej, opanowanie wytopu stali, zaawansowane wyroby ceramiczne, tkaniny i własny alfabet fonetyczny. Dalsza historia to podboje mongolskie, średniowieczne próby inwazji japońskiej po dziewiętnasty wiek, kiedy powstało państwo mające własny system polityczny, rząd, szkoły, prasę i literaturę. Okupacja japońska od 1910 roku oznaczała wyniszczenie ludzi wykształconych albo ich „japonizację”, to znaczy zmianę nazwisk na japońskie,

posługiwanie się japońskim językiem w pracy i w domu, służbę w cesarskiej armii. Dla ludzi zachowujących koreańskie obyczaje i język pozostawały prace manualne, rybołówstwo łodziowe i uprawa ryżowych poletek. Zamknięto koreańską prasę, zabroniono drukowania książek i podręczników, słowem – wprowadzono system podobny do hitlerowskiej koncepcji *Herrenvolk* i *Untermensch*. W czasie drugiej wojny światowej zabierano koreańskie kobiety do „domów uciechy” dla japońskich żołnierzy, a rekrutów wcielano do armii.

Japonia uważała Koreę za swoją kolonię i na górskich rzekach na północy kraju zbudowano zapory i elektrownie wodne. Powstał przemysł przetwórstwa drewna rąbanego w górskich lasach i spławianego rzekami do tartaków przez koreańskich drwali. Koreańczyków zatrudniano także do oprawiania ryb łowionych przez japońskie trawlerzy.

Po pewnym czasie nauczyłem się odróżniać rysy twarzy charakterystyczne dla ludzi z mieszanych japońsko-koreańskich związków. Stanowią oni część współczesnego społeczeństwa, jednakże odróżniają się wizualnie i, jak to oceniam, są traktowani z niechęcią.

W skansenie pokazano państwowotwórcze działania rządu, który po skończeniu wojny w 1953 roku rozpoczął zalesianie górzystego kraju, gdzie lasy powstrzymują erozję gleby wymywanej przez deszcze ze stromych górskich stoków. Każdy mieszkaniec był zobowiązany do zasadzenia pewnej ilości drzew w czasie wolnym od pracy. Rozpoczęto budowę tuneli pod górami i autostrad, a także elektryfikację kraju i rozbudowę sieci kolejowej. Pomimo ciągle żywej nienawiści do Japonii, nawiązano z nią kontakty dyplomatyczne, handlowe i naukowe. Powstały uczelnie techniczne i uniwersytety i nastąpiła migracja ludności ze wsi i małych miasteczek do dużych miast, które powiększają się z roku na rok, co nastęrcza trudności wynikające z bardzo szybkiej rozbudowy infrastruktury.

Fabryka transformatorów Hyosung w Changwon

Nieprzerwany stan wojny z Koreą Północną i zagrożenie inwazją zmuszały do obciążających budżet wydatków obronnych. Powstała nowoczesna armia, siły morskie i lotnicze oraz broń raketowa. Niemniej pod koniec lat 80. władze Korei Północnej wyraziły zainteresowanie współpracą gospodarczą i podjęto rozmowy o budowie przez firmy z Korei Południowej elektrowni wodnych na górskich rzekach w północnej części Półwyspu Koreańskiego oraz linii 750 kV

przesyłających energię do jego południowej uprzemysłowionej części. Państwowe przedsiębiorstwo energetyczne KEPCO zleciło fabrykom transformatorów Hyundai i Hyosung opracowanie konstrukcji i technologii produkcji transformatorów i aparatów dla stacji 750 kV, dotychczas niewytwarzanych w Korei. Gwarancje rządowe spowodowały, że firma Hyosung zatrudniła zagranicznych konsultantów i podjęła budowę nowej fabryki transformatorów i dławików do kompensacji sieci 750 kV. Po wykonaniu kilku prototypowych jednostek dla odcinka eksperymentalnej linii 750 kV, zbudowanego przez KEPCO, okazało się, że władze Korei Północnej wycofały się z tego projektu i nowa fabryka stanęła z braku zamówień.

Dyrekcja fabryki Hyosung w Changwon stwierdziła, że istnieje możliwość eksportu takich transformatorów do Stanów Zjednoczonych dla sieci przesyłowej 750 kV. Jednakże amerykańskie przedsiębiorstwa energetyczne, takie jak American Electric Power (AEP), kupują sprzęt tylko od dostawców, którzy przeszli inspekcję przeprowadzaną przez amerykańskich inżynierów i zostali zakwalifikowani jako wiarygodni producenci transformatorów spełniających wymagania narzucone przez kupującego. Przed taką oficjalną inspekcją dyrekcja fabryki Hyosung postanowiła przeprowadzić nieformalną inspekcję przez zespół konsultantów specjalizujących się w konstrukcji, technologii produkcji oraz próbach odbiorczych transformatorów 750 kV w fabrycznym Laboratorium Wysokich Napięć.

Po przejściu na emeryturę z IREQ-u założyłem własną firmę konsultacyjną w Montrealu i jedno ze zleceń dla Malewski Electric Inc. polegało na przeprowadzeniu inspekcji nowego Laboratorium Wysokich Napięć w fabryce Hyosung w Changwon i zredagowaniu zaleceń dotyczących sprzętu, urządzeń i instalacji, dla spełnienia amerykańskich wymagań na próby odbiorcze transformatorów. Przy okazji poznałem dyrekcję i inżynierów pracujących w tej nowej fabryce, co zaowocowało wieloletnią współpracą w dziedzinie prób i badań transformatorów najwyższych napięć.

Część 10

Electricidad del Caroni – Wenezuela

Kolejne zlecenie nadeszło od firmy EDELCA (Electricidad del Caroni) z Caracas w Wenezueli. Zdaniem energetyków ten kraj został bogato obdarowany przez Boga naturalnymi źródłami energii. Rzeka Caroni ma ogromny, częściowo tylko wykorzystany potencjał energetyczny, pozwalający na budowę szeregu elektrowni wodnych, a przy jej ujściu leży góra bogata w boksyt, z którego wytopia się aluminium, a z drugiej strony są wielkie złoża rudy żelaza. Niedawno EDELCA zbudowała kolejną zaporę Guri i elektrownię wodną wyposażoną w dwanaście transformatorów blokowych, z których połowa pochodzi z Japonii, a pozostałe z ABB w Szwecji. Od tej elektrowni zbudowano linię przesyłową 765 kV do zasilania wież wiertniczych pompujących ropę naftową, postawionych na wielkim, płytkim jeziorze Macaraibo w północno-zachodniej części kraju. Pod dnem jeziora są ogromne zasoby ropy naftowej, eksploatowane przez zagraniczne koncerny i niezawodność dostaw energii ma zasadnicze znaczenie gospodarcze i polityczne. Wkrótce po uruchomieniu elektrowni na zaporze Guri sześć wielkich transformatorów blokowych produkcji ABB uległo awarii w krótkich odstępach czasu, co wyłączyło z ruchu połowę tej wielkiej elektrowni. Po niełatwych negocjacjach z ABB uszkodzone transformatory zostały wysłane z powrotem do fabryki w Ludvika w Szwecji, aby podczas ich rozbiórki poznać przyczynę tej kosztownej awarii i ustalić, kto będzie ponosił te niebagatelne koszty. EDELCA nie miała własnych specjalistów, którzy mogliby reprezentować jej interesy podczas rozbiórki i ewentualnej naprawy tych transformatorów, i zwróciła się do General Electric w Pittsfield, Massachusetts oraz Hydro-Québec o wydelegowanie ekspertów działających w imieniu wenezuelskiej energetyki.

Bill McNutt, były dyrektor techniczny fabryki transformatorów w Pittsfield, i ja poleciliśmy do Ludvika. Towarzyszyli nam inżynierowie EDELCA. Znani mi z kontaktów z fabryką transformatorów ABB w Montrealu szwedzcy inżynierowie witali nas z uśmiechem, mówiąc „*Wenezuelczycy nadchodzą*”, ale pomimo przyjaznych z nimi stosunków musieliśmy wraz z Billem stwierdzić, że transformatory nie zostały obliczone na temperaturę otoczenia w leżącej niedaleko rów-

nika zapory Guri i izolacja wewnętrzna uległa zwęgleniu na skutek przegrzania. Był to ewidentny błąd konstrukcyjny i ABB musiało ponieść koszty awarii oraz wymiany uzwojeń i transportu przez pół świata.

Dwutygodniowy pobyt w Ludvika oprócz całodziennej pracy w fabryce pozwolił na zwiedzanie okolic, gdzie od późnego średniowiecza kopano i wypalano rudę żelaza, produkowano stalowe narzędzia i liny. Tam w końcu dziewiętnastego wieku powstawał przemysł budowy maszyn oraz pierwsze transformatory i generatory. Zwiedzaliśmy skansen zawierający urządzenia do napędu wyciągów górniczych z kołem wodnym, takim jak w dawnych młynach wodnych, pierwsze prototypowe maszyny do wyrobu stalowych i miedzianych drutów, a także domy mieszkalne i ówczesne, trudne warunki życia ludzi zamieszkujących tę leżącą 300 km na północ od Sztokholmu nieurodzajną, ale bogatą w rudy żelaza krainę.

Dalszy ciąg tego zlecenia obejmował pobyt w Caracas, stolicy Wenezueli, gdzie EDELCA postanowiła zbudować zakład remontowy wielkich transformatorów i aparatów, wyposażony w laboratorium wysokich napięć do prób remontowych. Ta decyzja była poddyktowana chęcią uniknięcia ogromnych kosztów transportu wielkich i ciężkich urządzeń do naprawy w fabrykach w Japonii, Stanach Zjednoczonych bądź w Europie. Projektowanie takiego zakładu remontowego i szkolenie personelu zajęło szereg tygodni, co pozwoliło na poznanie miejscowych warunków życia i postaw ludzi pracujących w firmie EDELCA.

Młodzi inżynierowie, wysłani na studia do Stanów lub Kanady, wracali do firmy, gdzie kierownictwo i wielu ludzi starszej generacji nie miało wykształcenia technicznego, ale miało wyższe uposażenie i stanowiska. Sfrustrowani młodzi inżynierowie szukali pracy w Stanach, gdzie ich wykształcenie i nowatorskie pomysły byłyby wykorzystywane. Z drugiej strony dyrekcja firmy narzekała na amerykański *brain drain*, wyciąganie najbardziej wartościowych ludzi z ich kraju pochodzenia pokusą wyższych zarobków i lepszych warunków życia. Problem ten, nieobcy współczesnym Polakom, nie znalazł jak dotąd rozwiązania, jeśli pominąć takie metody jak mur dzielący NRD od Niemiec Zachodnich, bądź biuro paszportów i skuteczne służby graniczne w krajach RWPG.

Ciekawą obserwacją było oglądanie święta narodowego Wenezueli i wspaniałej parady wojskowej prowadzonej przez oficerów w kapiących od złota mundurach. Dostojnicy odbierający tę paradę wygłaszali płomienne przemówienia

patriotyczne, podkreślając tradycję walk wyzwoleniczych od hiszpańskiej administracji kolonialnej, prowadzonych przez Bolivara, bohatera narodowego państw Ameryki Południowej. Zaskakujący był komentarz moich wenezuelskich kolegów, że nobliwie wyglądający na trybunie honorowej prezydent kraju bywa wzywany „na dywanik” do konsulatu Stanów Zjednoczonych i musi wysłuchać reprimendy z ust niższej rangi urzędnika, jeśli firmy wydobywające ropę z jeziora Macaraibo albo wytapiające aluminium z wenezuelskiego boksytu mają zastrzeżenia do poczynań miejscowej administracji.

Elektrownia wodna na Nilu w Asuanie

Po przegranej wojnie z Izraelem oraz wycofaniu rosyjskich doradców wojskowych i cywilnych władzę w Egipcie przejął prezydent Mubarak i zwrócił się do Stanów Zjednoczonych oraz Kanady o pomoc ekonomiczną i techniczną, aby uruchomić i doprowadzić do końca inwestycje w infrastrukturę kraju, rozpoczęte przy pomocy ZSRR, ale porzucone po wyjeździe doradców. Jednym z problemów była eksploatacja elektrowni nazywanej *Gidroelektrostanacja Assuan*, zbudowanej na wielkiej zaporze na Nilu. Rząd Kanady udzielił środków pod warunkiem, że zostaną one wydane na wyroby i usługi zamawiane w Kanadzie, między innymi doradztwo w sprawach związanych z tą elektrownią. W ślad za rządowymi traktatami wysłano inżynierów z różnych przedsiębiorstw do oceny sytuacji i potrzeb egipskiej energetyki.

Pierwsze wrażenie w elektrownianej stacji 500 kV było szokujące. Wielkie transformatory blokowe produkcji fabryki *Zaporozhtransformator* stały w kałużach oleju, który wyciekał przez uszczelki dzwonowej kadzi, a w pobliżu leżała

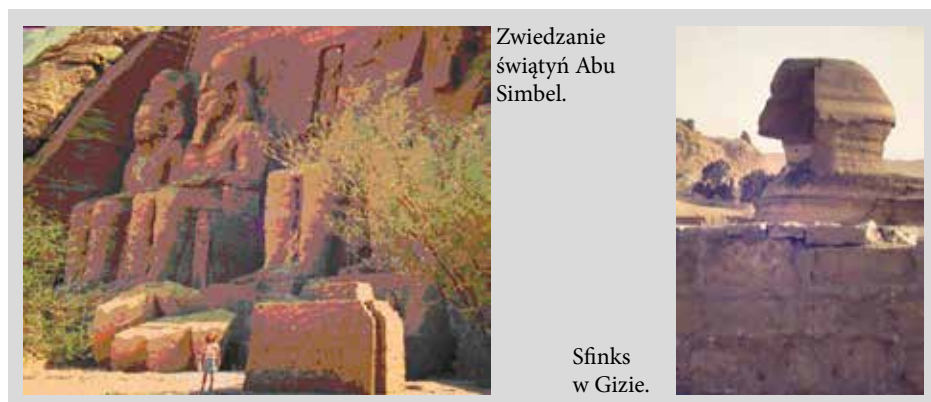


Zapora na Nilu i elektrownia wodna w Asuanie.



Laboratorium Wysokich Napięć w Gizie blisko piramid.

sterta izolatorów przepustowych 500 kV. Zarówno te przepusty, jak i uszczelki zapawne działały poprawnie w temperaturze otoczenia elektrowni wodnych na syberyjskich rzekach, natomiast nie wytrzymały temperatury otoczenia sięgającej 40°C plus temperatury nagrzanego oleju w transformatorze.



Młodzi egipscy inżynierowie z dyplomami politechnik w ZSRR, Czechosłowacji i Polsce mieli niezłe wykształcenie ogólne, ale nigdy nie pracowali w elektrowni i nie mieli doświadczenia przy eksploatacji aparatów i transformatorów. Uzupełniali olej wyciekający z transformatorów, a w przypadku uszkodzenia jednego z izolatorów przepustowych dla pewności wymieniali trzy przepusty we wszystkich fazach na zapasowe.

Kończył się zapas zostawiony przez rosyjskich budowniczych elektrowni, ale nie można było zastąpić oryginalnych izolatorów przepustowych przez produkowane w Szwajcarii, Szwecji lub Niemczech, bo wymiary nie pasowały do konstrukcji transformatorów z Zaporozża. Idąc korytarzem w elektrowni, zauważyłem na jednych z drzwi ogromną kłódkę, wyraźnie odbiegającą od produkowanych w krajach zachodnich i zapytałem, co się znajduje w pomieszczeniu chronionym tak potężną kłódką? Odpowiedź brzmiała: *My nie wiemy, bo Rosjanie, wyjeżdżając, zamknęli te drzwi, zabrali klucze i nikt nie otwierał tego pomieszczenia.*

Przywołany spawacz Selim przeciął kłódkę. W pokoju leżały drewniane skrzynie opisane cyrylicą. Na jednej z nich był napis *pribor prowierki wwodow*, a w środku prosty przyrząd do pomiaru prądu upływu przepustów w trzech fazach. Przy pomocy tego przyrządu udało się odzyskać ponad połowę ze sterty wymienionych przepustów, które Egipcjanie odrzucili jako podejrzane. Oczy-



Kolosy Memnona.



Świątynia Hatszepsut odkopana przez polską misję archeologiczną.

wiecie nie było to rozwiązanie problemu na dłuższą metę i po kilku miesiącach udało się dobrać pierścienie redukcyjne umożliwiające zastosowanie izolatorów przepustowych produkcji ABB, ale doraźnie przyczyniłem się do utrzymania elektrowni w ruchu.

Oprócz tego brałem udział w dyskusji panelowej zorganizowanej przez CI-GRE i szkoleniu miejscowych inżynierów. Korzystając z tego, że byłem zatrudniony w Egipcie, przyjechała do mnie żona z córką i odbyliśmy wycieczki turystycznym szlakiem, zwiedzając pałac i świątynię faraonów w Karnaku, Dolinę Królów z podziemnymi komnatami grobowymi, Abu Simbel – świątynię przeniesioną z zalanych sztucznym Jeziolem Nassera terenów na suchy ląd i wiele innych godnych zobaczenia zabytków.

Praca była niełatwa, z jednej strony obejmowała szkolenie inżynierów, ale często pojawiały się problemy z przeprowadzeniem prób odbiorczych, interpretacją wyników prób i potrzebna była pomoc w rozwiązywaniu reklamacji ze strony

Ocena konsultanta
delegowanego przez
Hydro-Québec
do Egiptu.

EGYPTIAN ELECTRICITY AUTHORITY
ABRASHA NASK - CITY CAIRO, EGYPT
TELEGRAM - ELECTROCOOP - TELEX - 9897 POWER UN

Dr. Gilles Cloutier
Vice President
Hydro-Quebec
75 Dorchester, W.
Montreal, Que., Canada.

Dear Sir,

On behalf of the Egyptian Electricity Authority and my self. I would like to express our appreciation for the contribution of Dr. Richard Malewski to the panel on High Voltage Measurements organized by CI-GRE-96.33.03 for the benefit of our Egyptian Power Engineers.

We found his contribution very instructive, well prepared and presented. Our engineers are very much interested in your measurement techniques and the devices developed and implemented at your organization. And surely further cooperation between your organization and EEA will be more than welcomed.

Yours Sincerely,
Best regards.

E-BC - Sharkaw
Dr. E. El-Sharkaw
Deputy Chairman
EEA





Klinicznie czysta hala montażu transformatorów.



Pan Hung Woo Heo, szef Działu Rozwoju.

energetyki w przypadkach awarii transformatorów i dławików w eksploatacji.

Nowoczesna technologia produkcji transformatorów i niezwykła czystość hal produkcyjnych są tam imponujące. Jednakże zapał koreańskich inżynierów do zdobywania umiejętności i ambicja robotników, aby transformatory z ich fabryki były konkurencyjne na światowym rynku, wywoływały uczucie zazdrości, kiedy porównywałem ich do postawy pracowników państwowych fabryk w PRL, gdzie wyznawano zasadę: „*czy się stoi, czy się leży, tysiąc złotych się należy*”.

Zmęczenie spowodowane długim lotem i wielogodzinną różnicą czasu wymagało koncentracji władz umysłowych, zwłaszcza przy analizie awarii i prowadzenia prób w Laboratorium WN.

W ostatnich latach koreańscy inżynierowie przylatywali do moich biur w Warszawie i w Montrealu, co pozwalało na bardziej efektywne wykorzystanie czasu, zarazem stanowiło dla nich okazję zobaczenia innego kraju.



Szkolenie inżynierów w fabryce transformatorów.



Interpretacja wyników próby udarowej.

Praca z młodymi i ambitnymi inżynierami, absolwentami Uniwersytetu Technicznego w Seulu, jest trudna, bo wymagająca ciągłego dostosowania się



June He Park w biurze Malewski Electric w Montrealu.



Heo, Shin i Kang w biurze w Warszawie.

do zupełnie innego systemu nauczania polegającego na bezkrytycznym przyjmowaniu wiadomości, bez wątpliwości, pytań i kontestacji. Niemniej można się zaprzyjaźnić, poznać ich rodziny, otrzymywać zdjęcia ze ślubu, a nawet prośby o porady w różnych życiowych sytuacjach.



Najzdolniejszy inżynier – Miss Jinni.

Okres kwitnienia wiśni w Changwon.



Część 11

Fabryka Weidmanna w Vermoncie

Jednym z pierwszych zleceń dla mojej firmy była praca w wytwórni preszpanu i papieru stosowanego do izolacji transformatorów wysokiego napięcia na przegrody, przekładki, mokriformowane kształtki na odpływy uzwojeń, taśmy do oplotu przewodów. Dobór odstępów izolacyjnych, optymalizacja kształtu przegród i odpływów uzwojeń wymagały obliczenia rozkładu pola elektrycznego metodą elementów skończonych w dwu- i trójwymiarowej geometrii.

Zakład ten, będący amerykańską filią Weidmanna, słynnej szwajcarskiej wytwórni materiałów izolacyjnych, jest położony w stanie Vermont, gdzie nie ma ciężkiego przemysłu, ale są lasy, jeziora i rzeki, stanowiące źródło czystej wody niezbędnej przy produkcji preszpanu i papieru izolacyjnego. Praca była ciekawa, bo miałem ścisły kontakt z centralnym ośrodkiem badawczym w Rapperswilu, który wynalazł kryterium wytrzymałości dielektrycznej przerwy olejowej pomiędzy elektrodami izolowanymi papierem bądź preszpanem. Stosując tę *Krzywą Wzorcową Weidmanna*”, można zmniejszyć odstęp izolacyjny w oleju transformatorowym, a w konsekwencji zbudować mniejszy, lżejszy i bardziej konkurencyjny transformator.

Programy do obliczania naprężeń dielektrycznych w skomplikowanym układzie geometrycznym izolacji wewnętrznej transformatora wymagały potwierdzenia doświadczalnego i jednym z moich zadań była weryfikacja takich obliczeń.

IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 9, No. 4, October 1994

1789

Experimental Validation of A Computer Model Simulating An Impulse Voltage Distribution in HV Transformer Windings.

Ryszard Malewski, Fellow
Malewski Electric
Montreal, Quebec, Canada

Michael A. Franchek
EHV_Weidmann
St. Johnsbury, Vermont

James H. McWhirter
Optimization, Ltd.
Murrysville, Pennsylvania

Pomiar przepięć udarowych pomiędzy cewkami uzwojenia i porównanie z obliczeniami.

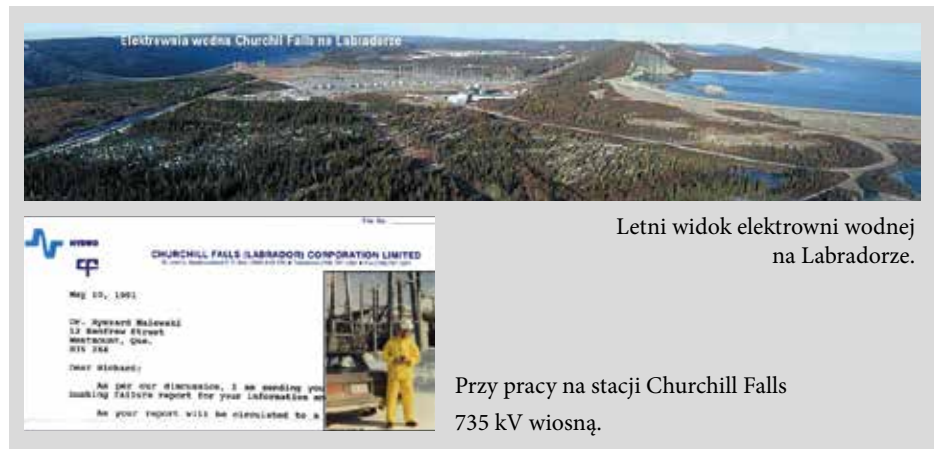
Słynne *Kompendium Weidmanna* jest de facto uznane za podręcznik obliczania wytrzymałości dielektrycznej izolacji wysokonapięciowych transformatorów i dławików. Brałem udział w przygotowaniu niektórych rozdziałów

tego kompendium wiedzy, zgromadzonej przez dziesiątki lat w laboratoriach Weidmanna w Rapperswilu i największego na świecie laboratorium do badania wytrzymałości izolacji wewnętrznej na Uniwersytecie w Grazu. Początkowo uważano to kompendium za wewnętrzne wydawnictwo dla klientów firmy, jednak wkrótce kopie zapisane na CD-ROM stały się ogólnie dostępne. W tej sytuacji pozwolono mi opublikować niektóre opracowania wykonane na zlecenie firmy.

Elektrownia Churchill Falls na Labradorze

Inny kontrakt skierował mnie do elektrowni wodnej Churchill Falls na Labradorze. Eksplozja przepustu 735 kV spowodowała poważne uszkodzenie wielkiego transformatora i zwrócono się do mnie o wyjaśnienie przyczyny tej bardzo kosztownej awarii.

Z Montrealu do St. John's, stolicy Nowej Fundlandii, leciałem zwykłym samolotem, ale ostatni odcinek podróży pokonałem małym samolotem na płozach, który wylądował na ubitym śniegu przy elektrowni.



W podziemnym miasteczku mieści się elektrownia z halą sterowania i rozdzielnią, a także z mieszkaniami pracowników, centrum sklepowym, kinem, ambulatorium i siłownią. W końcu marca temperatura na zewnątrz wynosiła około minus 15°C, co uważano za ciepły wiosenny dzień. Po demontażu uszkodzonego przepustu stwierdziłem wadliwą technologię produkcji, czemu sprzeciwiał się przedstawiciel wytwórni z Ontario. Niestety wyrok sądu był na korzyść fabryki,



IEEE

Adscm
R. Malewski

Digital Techniques in
Electrical Measurements
J. Kuffel

POWER ENGINEERING SOCIETY

**POWER SYSTEMS INSTRUMENTATION AND
MEASUREMENTS COMMITTEE**

CHAIRMAN
R. Malewski
High Voltage Laboratory
Hydro-Quebec Institute of Research
1800 Montee Ste. Julie
Varennes, Quebec
JOL 2P0 Canada

VICE CHAIRMAN
T. R. McComb
Division of Electrical Engineering
National Research Council
M-50, Montreal Road
Ottawa, Ontario
K1A 0R8 Canada

SECRETARY
D. Train
Doble Engineering
85 Walnut St.
Watertown, MA 01272

Byłem przewodniczącym Komitetu PSIM w czasie podwójnej, czteroletniej kadencji.

bo jak mi później powiedziano, przyznanie się do błędów w procesie produkcyjnym umożliwiłoby elektrowni kupowanie przepustów od konkurencyjnych wytwórni w Europie.

Powrotną drogę do Montrealu odbyłem helikopterem elektrowni prowadzonym przez doświadczonego w Arktyce brodatego *Bush Pilot*, który zabawiał mnie gwałtownym schodzeniem nad ziemię, aby pokazać tropy niedźwiedzia na śniegu, albo osadę Indian Cree, gdzie mieszka jedna z jego sympatii.

Komitet IEEE Power System Instrumentation and Measurements

W amerykańskim stowarzyszeniu inżynierów elektryków (IEEE – *Institute of Electrical and Electronic Engineers*) działałem przez dwadzieścia lat w komitecie „Pomiary i Przyrządy Pomiarowe w Sieciach Energetycznych” (*PSIM – Power System Instrumentation and Measurements*). Najpierw pełniłem funkcję szefa podkomitetu „Techniki cyfrowe w zastosowaniu do Wysokich Napięć” (*Subcommittee: Digital techniques in High Voltage Engineering*) i kolejno dwuletnie kadencje: sekretarza, wiceprzewodniczącego i na koniec dwukrotnie przewodniczącego omitetu PSIM.

Sposób działania IEEE jest oparty na wolontariuszach poświęcających swój czas na przygotowanie referatów, wygłaszanie ich na letnim lub zimowym zjeździe, udział w dyskusji nad referatami i publikowanie w prestiżowym wydawnictwie *IEEE Transactions*, gdzie po referacie była drukowana dyskusja (nieraz nader krytyczna) i życiorys autora ze zdjęciem. Jest to okazja do wyrobienia sobie renomy w środowisku inżynierów, ale także narażenia się na publiczną krytykę przez fachowców biorących udział w dyskusji.

W czasach, kiedy amerykański rynek transformatorów i aparatów wysokiego napięcia był zdominowany przez dwie zawzięcie konkurujące wytwórnie General Electric i Westinghouse, z reguły referat autora z jednej z tych firm spotykał się z ostrą krytyką ze strony specjalistów z konkurencyjnej firmy.

Każdy komitet miał przydzielony limit referatów do prezentacji podczas zjazdu i wiceprzewodniczący komitetu musiał wybrać kilka najlepszych spośród wielu zgłoszonych prac.

Było to niewdzięczne zajęcie, bo autorzy odrzuconych referatów nieprędko zapominali wiceprzewodniczącemu niekorzystną dla nich decyzję. Aby zmniejszyć wpływ osobistej oceny, każdy nadesłany referat jest wysyłany do co najmniej trzech recenzentów, którzy muszą wytknąć błędy, zakwalifikować bądź odesłać do poprawy albo zgoła odrzucić oceniany tekst i uzasadnić swoją decyzję. Jednak ostatnie słowo ma wiceprzewodniczący komitetu.

Opublikowany artykuł może się kwalifikować do nagrody nadanej przez komitet (*Committee Award for Prize Winning Paper*), przez Stowarzyszenie Inżynierów Elektroenergetyków (*Prize Paper Award by IEEE Power Engineering Society*) oraz nagród fundacji imienia słynnego naukowca, nadawanych za szczególnie wyróżniającą się publikację w jego dziedzinie, na przykład *W.R.G. Baker Prize Award for the Most Original Paper in the IEEE Publications in this year*. Takie fundacje często noszą nazwiska laureatów Nagrody Nobla, takich jak np. Nikola Tesla.

W IEEE istnieje hierarchia członków, począwszy od *student member*, przez *member*, *senior member* do najwyższego statusu *fellow*. Nominacja na wyższy status jest oparta na takich kryteriach, jak dorobek naukowy, osiągnięcia zawodowe, uznanie w środowisku, stworzenie ośrodka naukowego, szkoły akademickiej. Kwalifikacja na najwyższy status *fellow*, oprócz solidnie udokumentowanego dorobku, musi być poparta przez co najmniej pięciu IEEE Fellows.

Wysiłek i czas poświęcony na działalność w IEEE wynagradza uznanie (*recognition*) w środowisku naukowym i zawodowym, które jest bardzo wysoko oceniane przy nominacji na wyższe stopnie akademickie, promocji na wyższe stanowisko w miejscu pracy, staraniach o posadę. Widomym wyrazem takiego uznania są nagrody, dyplomy, oznaka statusu w postaci wpinanego w klapę marynarki znaczka z symbolem IEEE (tzw. latawiec Franklina) na odpowiednim



Nagrody za najlepszą publikację w:

1. Komitecie,
2. Stowarzyszeniu Energetyków (PES),
3. wszystkich wydawnictwach IEEE w danym roku.

kolorze emalii. Nagrody są wręczane na zimowej albo letniej sesji PES (*Power Engineering Society*), podczas uroczystego obiadu, przez przewodniczącego lub fundatora nagrody.

Mechanizm zdobywania uznania w środowisku polega na ocenie przez peers, osoby, które uzyskały ten status, a list referencyjny od takich osób jest wymagany przy obejmowaniu funkcji w komitetach IEEE, nominacji na wyższy stopień akademicki.

Taki system oceny wymusza życzliwe stosunki pomiędzy ludźmi działającymi w kręgu swojej specjalizacji, bo każdy wie, że będzie podlegał ocenie przez swoich kolegów, rozsianych po świecie, ale bliskich w kategoriach działalności naukowej.

Kontrastuje to z sytuacją w polskich uczelniach i instytutach badawczych, gdzie pracownik naukowy podejmujący temat, który jest także prowadzony w innym ośrodku, jest postrzegany jako zagrożenie, ponieważ może konkurować o środki z grantów i kwestionować status wiodącego w kraju ośrodka.

Jedną z przyczyn ograniczonego udziału polskich naukowców i inżynierów w pracach komitetów IEEE jest stosowany tam sposób oceny dorobku i wymaganie, aby przedstawiana do publikacji praca spełniała jednocześnie dwa warunki: „*has to be new and true*”, w wolnym przekładzie – musi być nowym, oryginalnym wkładem w aktualny stan wiedzy i przedstawiać prawdziwe wyniki badań i wnioski.



Prestiżowa nagroda za działalność w dziedzinie pomiarów oraz odznaka IEEE Fellow.

Nie można mechanicznie przenosić sposobu oceny i kryteriów kwalifikacji wypracowanych przez pokolenia naukowców i inżynierów pracujących w warunkach amerykańskiej uczelni czy instytutu badawczego na polskie środowisko, którego tradycja była kształtowana przez wzorce często zapożyczone od zaborców. Niemniej ustalone przez IEEE reguły oceny wyników pracy badawczej, przedstawione w postaci artykułu wydrukowanego w prestiżowym periodyku, podniosłyby wartość publikacji w polskiej literaturze naukowej i zawodowej, a także w materiałach przedstawianych na konferencjach.

Grupa Robocza CIGRE – High Voltage Test and Measuring Techniques

Oprócz działania w amerykańskim stowarzyszeniu IEEE, równolegle brałem aktywny udział w Grupie Roboczej 33.03 Technika Prób i Pomiarów Wysokonapięciowych (*High Voltage Test and Measuring Techniques*), należącej do Komitetu Koordynacji Izolacji (*Study Committee 33 Insulation Coordination*) Międzynarodowej Rady Wielkich Sieni Elektrycznych CIGRE (*Conseil International des Grands Réseaux Electriques*). CIGRE zostało utworzone w 1921 roku z udziałem Polaka i stanowi najbardziej autorytatywne gremium specjalistów w dziedzinie wytwarzania i przesyłu energii elektrycznej.

Po raz pierwszy brałem udział w tej Grupie Roboczej w 1978 roku, kiedy przewodniczącym był Gianguido Carrara z CESI, a sekretarzem Nils Hylten-Cavallius, który zorganizował to spotkanie w sali obserwacyjnej Hali Wysokich Napięć IREQ-u. Byłem pod wrażeniem wystąpień wybitnych wysokonapięciowców z Europy, Ameryki, a także z Rosji i Japonii, którzy przedstawiali wyniki badań

i prób laboratoryjnych prowadzonych w związku z planowanym systemem przesyłowym 1000 kV.

Miałem wtedy okazję nawiązania nieformalnych kontaktów ze słynnymi postaciami wysokonapięciowego świata. Praca w największym na świecie Laboratorium Wysokich Napięć dała mi unikatową szansę czynnego udziału, a później przejścia kierownictwa w tej znakomitej grupie naukowców z całego świata, na kolejnym spotkaniu w 1989 roku.

Funkcja przewodniczącego Grupy Roboczej polega na wyborze tematów wspólnych działań, takich jak porównywanie wzorców pomiarowych, przygotowanie i aktualizacja tekstu norm międzynarodowych, które są zatwierdzane przez *International Electrotechnical Commission* (IEC), ocena przyrządów pojawiających się na rynku, prezentacja nowych technik i przyrządów opracowanych przez członków Grupy Roboczej. Wyniki takich wspólnych prac są przedstawiane na sesji plenarnej CIGRE organizowanej co dwa lata w Paryżu i są zazwyczaj publikowane w formie broszury tematycznej.

Jednym z obowiązków jest uzgadnianie miejsca kolejnych spotkań w różnych krajach. Każdy z uczestników zapraszał kolejno Grupę Roboczą na spotkanie w swoim kraju, organizując zwiedzanie laboratorium lub stacji wysokiego napięcia, fabryki produkującej sprzęt wysokonapięciowy, a także innych interesujących obiektów.

Jedno z bardziej ceremonialnych spotkań odbyło się w Yokohamie, gdzie trzy Grupy Robocze były podejmowane przez Japoński Komitet Narodowy CIGRE na tradycyjnym przyjęciu.

Trzej przewodniczący tych Grup zostali ubrani w pelerynki, a następnie drewnianym młotem odbijali beczkę sake i napełniali drewniane czworokątne kubki członków swoich Grup tym znakomitym trunkiem. Na wieczornym przyjęciu miałem miejsce przy stole koło inżyniera, którego żona i córka, ubrane w piękne tradycyjne kimona, siedziały naprzeciw nas. Córka, gimnazjalistka mówiła swobodnie po angielsku i jej kimono było z różowego jedwabiu, obramowane srebrną taśmą, natomiast żona miała ciemnozielone kimono ze złocistym obramowaniem, fryzurę spiętą długimi szpilami i na nogach wysokie koturny.

Pod wrażeniem tak wspaniałych strojów nie omieszkałem zapytać o wybór i znaczenie tych kolorów. Córka opowiedziała, że wybór kolorów kimona dla niezamężnych kobiet i dla mężatek jest ustalony tysiącletnią tradycją. Jej ojciec wtrą-

CIGRE WG 33.03 "HV Test & Measuring Techniques" meetings:

1978 Montreal (Canada)	1992 Graz (Austria)
1980 Dijon (France)	1993 Yokohama (Japan)
1981 Salvador (Brazil)	1994 Malaga (Spain)
1982 Pugnochiuso (Italy)	1995 Winchester (UK)
1983 Cairo (Egypt)	1996 Padua (Italy)
1984 Tours (France)	1997 Lake George (US)
1985 Prague (Czechoslovakia)	1998 Joensuu (Finland)
1986 Shrewsbury (UK)	1999 Weggis (Switzerland)
1987 Beijing (China)	2000 Dresden (Germany)
1988 Sardinia (Italy)	2001 Cairns (Australia)
1989 Mexico-City (Mexico)	2002 Ludvika (Sweden)
1990 Cascais (Portugal)	2003 Arnhem (The Netherlands)
1991 Leningrad (USSR)	2004 Palermo (Italy)

Miejsca spotkań Grupy Roboczej „Technika Prób i Pomiarów Wysokonapięciowych”, przed i podczas mojej kadencji przewodniczącego tej Grupy po 1989 roku.

cił, że udało mu się niedrogo kupić te piękne kimona na wyprzedazy, jedno kosztowało tylko 12 000, a drugie 9 000 dolarów, na co odrzekłem: jak to dobrze, że nie ma tu mojej żony i córki, bo domowy budżet nie wytrzymałby takich wydatków. Mój sąsiad wyjaśnił, że zarówno ceny, jak i zarobki w Japonii odbiegają od kanadyjskich standardów i dlatego Japończycy starają się spędzać wakacje za granicą.

Córka, która miała na imię *Kwiat Wiśni*, zadeklarowała się jako przewodniczka na jutrzejszej wycieczce do Kioto, starej stolicy Japonii, gdzie jest szereg świątyń, nazywanych *temple* albo *shrine*. Większość wiernych stanowiły kobiety w średnim wieku, które przy wejściu wrzucały monetę do skarbonki, a po tym uderzały w gong albo w dzwon, w zależności od rodzaju świątyni. *Kwiat Wiśni* wytłumaczyła nam, że są to matki, które przywołują i proszą bogów o pomyślny wynik egzaminów decydujących o przyjęciu dziecka do dobrej szkoły.



Spotkanie trzech Grup CIGRE w Yokohamie.

Z Kwiatem Wiśni w *shrine* w Kioto.

Opowieść o spotkaniach naszej Grupy Roboczej w różnych krajach wymagałaby osobnego tomu. Jednak najważniejszym wydarzeniem dla członków CIGRE jest sesja plenarna organizowana co dwa lata w Paryżu. Podczas sesji można obejrzeć stoiska przygotowane przez wytwórnie transformatorów i aparatów wysokonapięciowych, a także firmy świadczące usługi, które uważają delegatów przedsiębiorstw energetycznych z całego świata za potencjalnych klientów.


Wielkie firmy, takie jak ABB, Siemens, Toshiba, a także mniejsze specjalistyczne przedsiębiorstwa nie szczędzą starań i środków, aby ich stoiska przyciągały odwiedzających inżynierów energetyków często z odległych krajów.

Podczas sesji są dyskutowane referaty zgłoszone przez kraje członkowskie CIGRE na tematy ustalone przez Komitety Studiów CIGRE. Referaty są wydrukowane i wysłane do uczestników przed sesją, aby nie tracić czasu na ich prezentację, a tylko umożliwić publiczną dyskusję. Każdy kraj ma przyznaną liczbę referatów, na przykład: Polska może zgłosić cztery, Kanada pięć, Niemcy dziewięć itp. Podczas dyskusji audytorium jest liczne, zazwyczaj przekracza stu delegatów z różnych krajów.

Autorstwo referatu prezentowanego na sesji plenarnej CIGRE podnosi status zawodowy w środowisku inżynierów energetyków, ale nie jest uważane za dorobek naukowy, ponieważ kryterium oceny przedstawianych prac jest ich praktyczna przydatność dla elektroenergetyki na świecie, a nie oryginalny charakter wymagany przez amerykańskie *IEEE Transactions*.

Prowadzenie i opiniowanie prac doktorskich, wniosków o profesorską nominację, recenzowanie artykułów zgłaszanych do publikacji

Oprócz doradztwa dla energetyki i przemysłu znaczną część czasu zajmuje mi prowadzenie i opiniowanie prac doktorskich, recenzje artykułów zgłaszanych do druku w polskich i zagranicznych pismach naukowych, udział w konferencjach organizowanych przez przedsiębiorstwa produkujące bądź zajmujące się eksploatacją transformatorów.

 21, rue d'Artois F-75006 Paris	Session	Paper 33-302	2002© CIGRE
AN ASSESSMENT OF TRANSFORMER INSULATION DIELECTRIC STRENGTH UNDER FAST HV TRANSIENTS GENERATED BY SF₆ BREAKERS BASED ON MEASUREMENT OF THE WINDING TRANSFER-FUNCTION			
R. MALEWSKI [*] Instytut Elektrotechniki Poland	R. C. DEGENEFF Reaseelaer Polytechnic Institute United States	E. TROYAN Zaporozhtransformator Ukraine	

Referat na sesję plenarną CIGRE musi być wcześniej wydrukowany, a podczas sesji przedstawiany skrótowo przez wybranego członka Komitetu Studiów (*special reporter*) i poddany publicznej dyskusji podczas sesji.

Jedną z najbardziej przestrzegających tradycji, procedury i strojów uczelnia techniczną jest Uniwersytet w Delft, w Holandii.

Obrona pracy doktorskiej „*On-load Tap Changer Diagnosis on High-Voltage Transformers using Dynamic Resistance Measurements*” Juriana Jonathana

Erbrinka na Wydziale Elektrycznym, prowadzona przez promotora z tej uczelni w osobie Prof. dr. J.J. Smita, wymagała trzech zewnętrznych recenzentów: Prof. dr. inż. Stefana Thenbohlena z Uniwersytetu w Stuttgarcie, Prof. dr. inż. Eda Gockenbacha z Uniwersytetu w Hanowerze i Prof. dr. hab. inż. Ryszarda Malewskiego z Instytutu Elektrotechniki w Warszawie.

Prof. dr. hab. inż. Edward Gulski opiniował ten doktorat jako recenzent wewnętrzny Uniwersytetu w Delft.



Obrona doktoratu na Uniwersytecie w Delft, Holandia.



Recenzent IEEE Transactions.

Ocena jakości publikacji w wydawnictwach naukowych

Najczęściej używaną miarą aktywności zawodowej jest liczba i jakość prac opublikowanych w poważnych pismach naukowych, a zwłaszcza cytowania, ściąganie z internetu kopii publikacji i wreszcie nagrody i wyróżnienia. Istnieje szereg instytucji zajmujących się obliczaniem współczynników określających wpływ (*impact*) publikacji na naukowe środowisko. Jedną z nich jest internetowy *Research Gate*, który nie podejmuje się bezwzględnej oceny, a jedynie rejestruje, jak często dany artykuł jest czytany i kopiowany oraz dane osoby, która zainteresowała się tą publikacją.



Statystyka dotycząca czytelników artykułów opublikowanych przez autora, a także cytowania w innych publikacjach.

Część 12

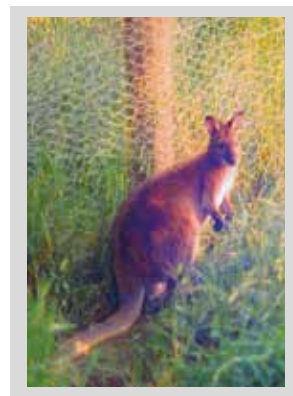
Australia, Nowa Zealandia, Tonga – Vava’u

Był w moim życiu moment, kiedy po przejściu na wczesną (55 lat) emeryturę z Institut de recherche d’Hydro-Québec (IREQ) miałem ofertę z New South Wales University z Sydney objęcia (na 5 lat) profesury i funkcji dziekana Wydziału Elektrycznego tej uczelni. Co prawda musiałem tam pojechać, aby wygłosić wykład na - wówczas mój sztandarowy - temat: „Digital techniques in High-Voltage Engineering”, na który spędzono całą kadrę nauczycieli akademickich Wydziału Elektrycznego, a także kilku studentów-stażystów z Gdańska ze szkoły prof. Piaseckiego, specjalisty od bezpieczników mocy.

Wykład był dobrze przyjęty, bo w Australii jeszcze wtedy (1995) nikt z elektryków nie parął się metodami cyfrowymi. Natomiast uposażenie wraz z zagwarantowanymi pracami zleconymi przez energetykę było w dolarach australijskich i nie osiągało mojej pensji z IREQ, nie mówiąc o uposażeniu mojej żony, szefowej działu komputerowego w przedsiębiorstwie energetycznym w Montrealu.

Aby mnie jakoś zachęcić, wynajęto agenta sprzedaży nieruchomości, który pokazał mi dom na sprzedaż na rodzaju mierzei oddzielającej ocean od zatoki. Z jednej strony były ogromne fale i ludzie na deskach surfingowych na szczycie fali biegnącej do brzegu i załamującej się na plaży. Z drugiej strony, za szosą, był port jachtowy, i dzwonienie fałów o aluminiowe maszty przypominało mi młode lata pod żaglami. Koszt tego domu wynosił dwie trzecie wartości naszego domu w Montrealu.

Żona stanowczo sprzeciwiła się planom przeniesienia do Australii. Z Sydney daleka, długa i kosztowna podróż do Warszawy nie rokowała częstych odwiedzin. Obie nasze stare matki-wdowy żyły w Warszawie, czekając na chwilę, kiedy będziemy mogli przenieść się do Polski, nie narażając się na „odsiadkę”, i zająć się nimi. Poza tym perspektywa, że nasza córka dorośnie i wyjdzie za mąż za „kangura”, wydawała się mojej żonie nie do przyjęcia.



Po dojrzałym namyśle zrezygnowałem z mojej najlepszej szansy zaistnienia w świecie akademickim i odmówiłem JM Rektorowi przyjęcia proponowanej posady. Niemniej kilka podróży do Australii i przy okazji do Nowej Zelandii pozwoliło mi zobaczyć te odległe a ciekawe kraje.

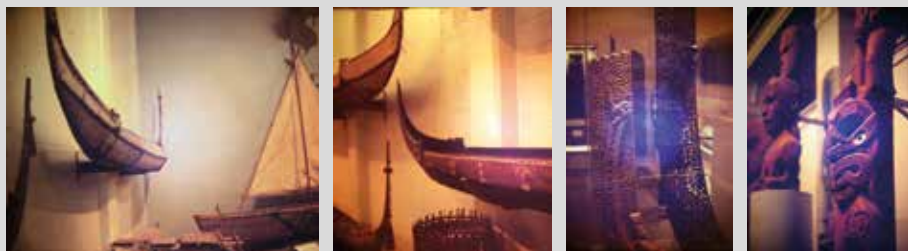
Nowa Zelandia

Na podróż po Nowej Zelandii zabrałem żonę i córkę, a przy okazji poleciliśmy na archipelag Vava'u w Królestwie Tonga, gdzie wynająłem jacht żaglowy, aby zobaczyć ten piękny akwen.



Nowa Zelandia, Wyspa Południowa, kraj wiatru i owiec pilnowanych przez mądre psy.

Elektrownie na rzekach spadających z Południowych Alp zasilają uprzemysłowioną Wyspę Północną przez pierwszy na świecie podmorski kabel wysokiego napięcia prądu stałego.



Maorysi, niegdyś znakomici żeglarze, budowali oceaniczne *canoes* i zdobili rzeźbami ich dzioby.

Królestwo Tonga, Archipelag Vava'u

Samolot z Auckland w Nowej Zelandii ląduje w wyspiarskim Królestwie Tonga, które ma wciąż panującą królową i nigdy nie było kolonią. Dalej mały śmigłowy samolocik dowiózł nas na Vava'u, archipelag koralowych wysepek chronionych przez ogromną rafę koralową przed wielkimi falami Pacyfiku.

12-metrowy jacht wyczarterowany w amerykańskiej firmie Moorings czekał gotowy na naszą na tygodniową żeglugę.



Załoga jachtu, Małgosia i Wanda, żeglująca między wyspami Vava'u.

Jedną z miejscowych osobliwości jest jaskinia, do której trzeba nurkować, płynąc podwodnym kanałem około 40 metrów, ale widok wewnątrz jest wart tego wysiłku.

Pokusa była wielka, więc nałożyłem płetwy oraz maskę i fajkę, nabrałem powietrza w płuca tak, żeby wystarczyło na drogę tam, zakładając, że w jaskini można zaczerpnąć powietrza na powrót. W jaskini panował półmrok rozjaśniony zielonym światłem przefiltrowanym przez morską wodę. Poziom wody podnosił się i opuszczał z nadchodzącą z zewnątrz falą, co powodowało skraplanie pary wodnej na pajęczynach, które pokrywały się na chwilę świecącymi różaniami kropli.

Vigo

Profesor Xose Lopez-Fernandez z Uniwersytetu w Vigo i profesor Janusz Turowski z Politechniki Łódzkiej zorganizowali warsztaty szkoleniowe dla inżynierów pracujących w fabrykach transformatorów w krajach rozwijających taki przemysł i zaprosili mnie do przygotowania referatu „Wytrzymałość przerwy olejowej w zależności od czasu doprowadzenia napięcia” (*Oil Gap Strength as a Function of Voltage Application Time*), który został wydrukowany w The 3rd Advanced Research Workshop on Transformers (ARWtr2010), Dept. El. Eng., 2010, University of Vigo, Santiago, Spain. Przedstawiałem ten temat przed audytorium inżynierów z Indii, Chin, Brazylii, Meksyku, Turcji i Korei, którzy wypełnili wielką salę Uniwersytetu i zadawali wiele pytań podczas przerwy.



Wykłady na Uniwersytecie w Vigo dla inżynierów zajmujących się projektowaniem transformatorów w krajach budujących przemysł aparatów wysokiego napięcia.

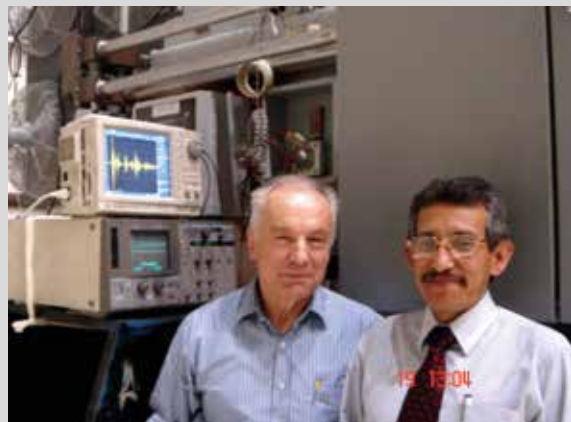


Podróż Krzysztofa Kolumba do Ameryki zaczynała się i kończyła w Vigo, bo jego nawigatorzy pochodzili z tego portu.

Industrias Electricas Mexicanas w Tlalnepantla

Kontakt z fabryką transformatorów IEM w Meksyku podczas pracy w Hydro-Québec International zapoczątkował wieloletnią współpracę z Malewski Electric. Jednym z projektów były próby odbiorcze dławików 750 kV 110 MVar do kompensacji sieci. Stanowisko probiercze stanowiła ogromna bateria kondensatorów wzbudzona do rezonansu z badanym dławikiem przez generator na częstotliwości 180 Hz. Wielopiętrowa bateria kondensatorów wypełniała ogromną halę i była podzielona na sekcje odseparowane przez cewki o rdzeniu powietrznym (*line traps*), ograniczające prąd zwarcia w przypadku przebicia izolacji jednego z kondensatorów. Przy pierwszym uruchomieniu tego układu rezonansowego kilka oddziałów straży pożarnej czuwało w pogotowiu na okoliczność pożaru tej baterii. Była to pierwsza taka próba odbiorcza w Meksyku, która otworzyła drogę dla IEM jako dostawcy wielkich dławików kompensacyjnych. Wyniki tej pracy przedstawiono na kongresie CIGRE w Paryżu. Cancino,

A., Ocon, R., Malewski, R. „Testing and Loss Measurement of HV Shell-Type Shunt-Reactors at Very Low Power-Factor” (*Próby i pomiar strat wysokonapięciowych dławików kompensacyjnych o bardzo niskim współczynniku strat*), CI-GRE 2004, Paris, paper #D1-303.



Laboratorium Wysokich Napięć fabryki transformatorów IEM. Pomiar wyładowań niezupełnych w dławiku kompensacyjnym 750 kV. Zdjęcia z Carlosem i z Rodrigo.

Inny projekt dotyczył awarii transformatorów przy zachodnim wybrzeżu Meksyku, gdzie deszczowe chmury pędzone wiatrem wznoszą się nad stromym klifowym brzegiem i następuje nagłe oziębienie i skraplanie wody. Ulewny deszcz powoduje rozdzielanie ładunku i gwałtowne wyładowania atmosferyczne. Pioruny o wielkiej stromości narastania prądu powodują przebicie izolacji uzwojeń transformatorów, które występuje jedynie w tej części kraju.



21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
<http://www.cigre.org>

A2-201

CIGRE 2006

**IN SERVICE FAILURE OF 230 kV TRANSFORMERS DUE TO STEEP-FRONT
LIGHTNING OVER VOLTAGES AT MEXICAN WEST COAST**

A. CANCINO*, R. OCÓN,
Industrias IEM
México

G. ENRÍQUEZ,
Comisión Federal de Electricidad
México

R. MALEWSKI
Instytut Elektrotechniki
Poland

Artykuł o szczególnych warunkach atmosferycznych i zagrożeniu izolacji transformatorów na zachodnim wybrzeżu Meksyku.



Fresk przedstawiający podbój Meksyku. Tablica na Placu Trzech Kultur w centrum miasta, gdzie skończyła się ostatnia bitwa wodza Azteków Cuauhtemoca z Cortesem.

Nie było to zwycięstwem ani klęską, ale bolesnymi narodzinami kraju o zróżnicowanej ludności, którym jest obecny Meksyk.

EL 13 DE AGOSTO DE 1521
HEROICAMENTE DEFENDIDO POR CUAUHEMOC
COSO TLATELOCO EN PODER DE HERNAN CORTES

NO FUE TRIUNFO NI DERROTA
FUE EL DOLOROSO NACIMIENTO DEL PUEBLO MESTIZO
QUE ES EL MEXICO DE HOY

Laboratorium CIDEC do badania kabli energetycznych w nadprzewodnictwie

Producent kabli energetycznych Condumex (*Conductores Mexicanes*) podjął ambitny projekt opracowania kabli w nadprzewodnictwie w swoim ośrodku badawczym CIDEC w miejscowości Queretaro. Szefem projektu był Petr Dołgoszew, rosyjski naukowiec z Instytutu Niskich Temperatur imienia Kapicy w Irkucku. Po załamaniu gospodarki ZSRR Petr emigrował do Meksyku i opracował działający prototyp nadprzewodzącego kabla.

Brałem udział w obliczaniu parametrów tego kabla oraz ocenie jego charakterystyki po okresie próbnej eksploatacji w sieci rozdzielczej Meksyku. Wyniki tej pracy prezentowano podczas seminarium zorganizowanego przez IEEE Power Engineering Society w Acapulco: „*Fabricación y pruebas de dos transformadores superconductores con potencia 3 kVA y 30 kVA para utilizarlos en pruebas a modelos de cable superconductor*”. P. Dolgosheev, A. Pérez, J.L. Nieto, F. Ortiz, J. Sánchez, J. Yanez, R. Malewski, A. Cancino y R. Ocon.



Laboratorium niskich temperatur CIDECA w Queretaro. Petr Dołgoszew (drugi z prawej), kierownik zespołu pracującego nad kablem wysokiego napięcia w nadprzewodnictwie.



Queretaro jest starym miastem kolonialnym, którego budowę Hiszpanie zaczęli od doprowadzenia wody długim akweduktem.



Katedra z ozdobnym frontonem.



Piękne kolorowe sarapes tkane przez miejscowych artystów na rynku w Queretaro.

Powrót do Polski

Przemiany ustrojowe w Polsce na początku lat 90. spowodowały, że razem z żoną zastanawialiśmy się nad powrotem do Warszawy. Decyzja nie była łatwa. W Montrealu żona miała ciekawą, stałą pracę jako kierownik działu obliczeń i fakturowania dużego przedsiębiorstwa, a ja pracowałem jako konsultant dla firmy Weidmann w Vermoncie, dla Haefelego w Bazylei, dla ABB w Varennes, nie licząc mniejszych kontraktów. Poza tym otrzymałem ofertę objęcia Wydziału Elektrycznego na Uniwersytecie New South Wales w Australii, co stanowiłoby ukoronowanie moich akademickich ambicji.

Urodzona w Montrealu nasza córka Małgosia skończyła szkołę średnią (*The Study*) i rozważaliśmy jej dalsze studia na Wydziale Architektury Uniwersytetu Cornell, który należy do prestiżowej *Ivy League*. Po odwiedzeniu tej uczelni, mieszczącej się nad pięknym jeziorem z grupy Finger Lakes, stwierdziliśmy, że studenci nie uczą się tam odręcznego rysunku, a jedynie posługują się specjalistycznymi programami do rysunków architektonicznych. Poza tym na terenie kampusu zostały rozstawione liczne telefony alarmowe, aby umożliwić wołanie o pomoc studentom i studentkom zaatakowanym przez napastników (o innym kolorze skóry).

Z drugiej strony od dwudziestu lat samotne stare matki czekały w Warszawie na mnie i na moją żonę Wandę, oraz Ania, moja córka z pierwszego małżeństwa,

no i grono przyjaciół oraz kolegów z klubu żeglarskiego. Nowa Polska była wówczas wielką niewiadomą. Sądziliśmy, że doświadczenie zgromadzone podczas 20 lat pracy w Kanadzie przy przekształcaniu upaństwowionych, centralnie sterowanych przedsiębiorstw na prywatne firmy konkurujące na światowym rynku.

Z drugiej strony słyszeliśmy także opinie zaprzyjaźnionych Polaków w Kanadzie, którzy uważali, że UB tylko chwilowo chowa pazury jak przyczajony kot, ale „komuniści władzy nie oddają” i w takiej czy innej formie prominenci PRL pozostaną przy władzy.

Po rozważeniu czynników rodzinnych i zawodowych zapadła decyzja o sprzedaży domu na *Westmount* i powrocie do Warszawy. Małgosia została przyjęta na Wydział Architektury Politechniki Warszawskiej, a Wanda i ja rozpoczęliśmy poszukiwania miejsc, gdzie nasze kanadyjskie doświadczenia zawodowe zostaną uznane za przydatne.

Rzeczywistość okazała się zupełnie inna od oczekiwanej. Ja umówiłem się na spotkanie z szefem największej wówczas w Polsce firmy zajmującej się transformatorami w eksploatacji. Po przyjeździe do Gliwic okazało się, że umówiona wizyta jest nieaktualna, bo szef wyjechał, nie informując mnie o tym. Korzystając z bytności w firmie, zapytałem panie zajmujące się badaniem oleju transformatorowego, jak interpretują wyniki analizy. Okazało się, że zapisują te wyniki w zeszytach, co dla populacji kilkuset transformatorów stworzyło pokaźną kolekcję tych zeszytów. Na moją sugestię, aby stworzyć bazę danych, zapytały: „bazę czego?”. Zapytane o rekomendacje dla użytkowników tych transformatorów odrzekły, że standardowo pisze się: „*powtórzyć badania za trzy miesiące*”. Nieśmiało zapytałem, czy stan izolacji ocenia się interpretując wykryte gazy według normy IEEE, systemu Rogersa czy trójkąta Duvala?, spowodowały szczerą odpowiedź, że takich mądrali nam tu nie potrzeba, firma ma dość klientów i dobrze prosperuje.

Następne podejście do Katedry Wysokich Napięć na Politechnice Warszawskiej też skończyło się bez sukcesu, bo następca Profesora Jakubowskiego nie był zainteresowany moimi pomysłami, aby nieco unowocześnić laboratorium, wystąpić o europejskie granty i przyciągnąć zdolnych studentów.

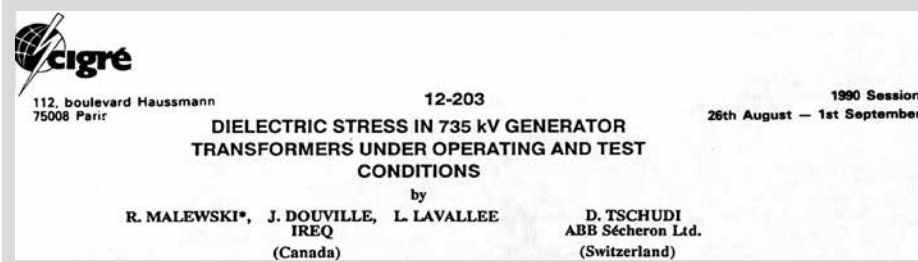
Jedynie dyrektor Instytutu Elektrotechniki dr inż. Stefan Paradowski bardzo przychylnie przyjął mnie do Zakładu Wysokich Napięć, a później zatrudnił jako


swojego doradcę. Uchylił także dyscyplinarne zwolnienie z paragrafu dla bumelantów i pijaków, którym pożegnał mnie w 1970 roku poprzedni dyrektor prof. inż. Masalski, kiedy zwróciłem się z prośbą o urlop bezpłatny. Wprawdzie odwoływałem się od tej decyzji, argumentując, że nigdy nie byłem bumelantem i zamierzam brać udział w budowie największego Laboratorium Wysokich Napięć na świecie, ale egzekutywa PZPR utrzymała w mocy dyrektorską decyzję. Niestety, w nowej Polsce Instytut nie mógł pełnić swojej głównej funkcji zaplecza naukowego dla przemysłu, bo wszystkie fabryki aparatów, transformatorów i maszyn elektrycznych sprzedano międzynarodowym koncernom, które mają własne ośrodki badawcze w Västerås, Ehrlangen, Baden, Linz.

Moja funkcja sprowadzała się do kształcenia na kursie doktoranckim inżynierów pracujących w fabrykach. Jeden z nich napisał wyróżnioną przez KBN pracę doktorską o przekładniku napięciowym na 110 kV w zalewie żywiczej, który miał być produkowany w jego fabryce w Przasnyszu. Niestety, firma ABB kupiła tę fabrykę, a na moje starania, aby wdrożyć ten przekładnik do produkcji, zaprzyjaźniony dyrektor z Västerås odpowiedział szczerze, że ta konstrukcja, choć znakomita, jest NIIS, co oznacza „Not Invented In Sweden” (*nie wynaleziono w Szwecji*) i jako taka nie kwalifikuje się do wdrożenia.

Współpraca z firmą Weidmann – wiodącym producentem izolacji transformatorów WN

Jako profesor École Polytechnique de Montréal poznałem studenta, który po ukończeniu pierwszego stopnia studiów w ojczystej Szwajcarii przyjechał do Montrealu i na École Polytechnique rozpoczął kurs magisterski. Daniel Tschudi był zainteresowany doświadczeniami eksploatacyjnymi nowych wówczas, wielkich transformatorów 735 kV w sieci Hydro-Québec. Włączyłem go do eksper-



 112, boulevard Haussmann
75008 Paris

12-203

1990 Session
28th August – 1st September

**DIELECTRIC STRESS IN 735 kV GENERATOR
TRANSFORMERS UNDER OPERATING AND TEST
CONDITIONS**

by
R. MALEWSKI*, J. DOUVILLE, L. LAVALLEE
IREQ
(Canada)

D. TSCHUDI
ABB Sécheron Ltd.
(Switzerland)

Badanie przyczyn awarii transformatora, analiza cyfrowych rejestracji rozkładu napięcia udaru łączeniowego – praca magisterska Daniela Tschudi na École Polytechnique de Montréal.

tyzy dotyczącej awarii takiego transformatora blokowego w jednej z elektrowni kompleksu La Grande nad Zatoką Hudsona i na tym doświadczeniu oparłem temat jego pracy magisterskiej.

Pracując nad projektem, zaprzyjaźniłem się z Danielem i jego rodziną, która odwiedzała syna podczas studiów w Montrealu. Po uzyskaniu dyplomu Daniel wrócił do rodzinnej firmy Weidmann, produkującej izolację stałą do transformatorów wysokiego napięcia.

Mieszkając jeszcze w Kanadzie, pracowałem jako konsultant w amerykańskiej filii Weidmanna w Vermont – wytwórni preszpanu i papieru stosowanego do izolacji transformatorów wysokiego napięcia na przegrody, przekładki, mokroformowane kształtki na odpływy uzwojeń, taśmy do oplotu przewodów. Moja praca polegała na doborze odstępów izolacyjnych, optymalizacji kształtu pierścieni kątowych, co wymagało obliczenia rozkładu pola elektrycznego metodą elementów skończonych w dwu- i trójwymiarowej geometrii.

Korzystając z malowniczego pagórkowatego krajobrazu Vermont, czas przerwy na lunch spędzałem na nartach biegowych po trasie ubitej w lesie przez śnieżne skutery *skidoo*. Bieganie na nartach to ulubiony zimowy sport mieszkańców stanu Vermont.

Częste kontakty z ośrodkiem badawczym firmy Weidmann w Rapperswil, w Szwajcarii umożliwiły zwiedzanie Muzeum Polskiego na zamku wynajętym przez hrabiego Platera po Powstaniu Styczniowym na okres 99 lat. Gromadzono tam pamiątki w postaci sztandarów powstańczych oddziałów, mundurów i militariów zachowanych po Legionach Polskich we Włoszech, polskich wojskach w Napoleońskiej armii. Większość zbiorów przekazano w 1928 roku do Zamku Królewskiego w Warszawie, który spłonął wraz z nimi w roku 1939. Po drugiej wojnie światowej Muzeum zmieniło status na „szwajcarskie zbiory polskich archiwaliów”, aby zapobiec ponownemu wywiezieniu nowo tworzącej się kolekcji do ówczesnej PRL. Pamiątki ze szlaku bojowego II Korpusu generała Andersa, polskich sił lotniczych i marynarki wojennej walczących na zachodnim froncie zostały zgromadzone w rapperswilskim Zamku. Są tam wydawnictwa księżnicy „W Drodze” II Korpusu w Palestynie, a także prywatne kolekcje poloników przekazywanych po śmierci przebywających na emigracji uczestników walk drugiej wojny światowej. Było wśród nich wielu uwolnionych z łagrów i zesłania w głąb ZSRR w latach 1940-1942.



Muzeum Polskie na zamku w Rapperswilu. Kolumna Konfederatów Barskich. Wystawa poświęcona Janowi Kochanowskiemu. Prababcia Małgosia była z domu Kochanowska.

Ośrodek Badawczy Weidmanna w Rapperswilu

Pracując w fabryce Weidmanna w Vermoncie utrzymywałem ścisły kontakt z centralnym ośrodkiem badawczym w Rapperswilu, który wynalazł kryterium wytrzymałości dielektrycznej przerwy olejowej pomiędzy elektrodami izolowanymi papierem bądź preszpanem. Stosując tę *Krzywą Wzorcową Weidmanna*, można zmniejszyć odstęp izolacyjny w oleju transformatorowym, a w konsekwencji zbudować mniejszy, lżejszy i bardziej konkurencyjny transformator. Programy do obliczania naprężeń dielektrycznych w skomplikowanym układzie geometrycznym izolacji wewnętrznej transformatora wymagały potwierdzenia doświadczalnego i jednym z moich zadań była weryfikacja takich obliczeń.

Była znakomita okazja do obliczania wytrzymałości przerwy olejowej pomiędzy formowanymi na mokro przegrodami z twardego preszpanu w izolacji transformatora i porównania obliczeń z wynikami pomiarów. Pomiary wytrzymałości izolacji transformatorów najwyższych napięć były wykonywane w największym na świecie laboratorium do badania wewnętrznej izolacji papierowo-olejowej na Uniwersytecie w Grazu.

Wynik tych działań miał być opublikowany jako trzecia część książki wydanej przez firmę Weidmann pod tytułem „*Transformerboard I*” i „*Transformerboard II*”. Jednakże dyrekcja nie zdecydowała się na taką publikację, która mogłaby dostarczyć zbyt szczegółowych informacji producentom izolacji transformatorowej z rozwijających się krajów. W końcu wydano te materiały w postaci zakodowanego dysku CD pod nazwą „*Weidmann Compendium*”, udostępnionego klientom firmy. Mam udział w przygotowaniu niektórych rozdziałów tego opracowania.

Po powrocie do Polski otrzymałem od firmy Weidmann propozycję współpracy przy przenoszeniu nowoczesnych technologii i wprowadzania materiałów izolacyjnych do krajowych producentów transformatorów. Zadanie było trudne, bo największa w Polsce fabryka transformatorów ELTA w Łodzi została sprzedana koncernowi ABB, który ma własne ośrodki badawcze w szwajcarskim Baden oraz w szwedzkiej Ludvika i konkuruje z Weidmannem w przypadku wielu wyrobów do izolacji transformatorów.

Niemniej zakład remontowy transformatorów Energoserwis w Lublińcu i ZREW w Janowie były zainteresowane ofertą Weidmanna. Obydwa te przedsiębiorstwa zdecydowały rozszerzyć swą dotychczasową działalność (prace naprawcze) o budowę nowych jednostek, co wymagało wprowadzenia nowoczesnych konstrukcji i wyrobów Weidmanna, aby sprostać konkurencji. Zarówno Energoserwis, jak i ZREW organizowały co roku na przemian konferencje naukowo-techniczne, na których prezentowałem nowe rozwiązania konstrukcyjne oraz prace badawcze prowadzone w Rapperswilu. Słynne mokriformowane przegrody z twardego preszpanu i modułarna izolacja odpływu uzwojenia 400 kV były wbudowane do transformatorów z Lublińca, co pozwoliło na zmniejszenie rozmiarów, a zarazem wagi i kosztów produkcji, a to ma zasadnicze znaczenie na silnie konkurencyjnym rynku. Na konferencje zazwyczaj przyjeżdżał inżynier z Weidmanna, a podczas wizyty w fabryce odbywały się spotkania z kadrami i cenna dla polskich inżynierów bezpośrednia wymiana myśli.

Trzeba przyznać, że konferencje Energoserwisu organizowano w atrakcyjnych miejscach, takich jak zamek w Książu, pałac w Pszczynie i w Wojanowie, czy krzyżacki zamek w Rynie.



Konferencja Energoserwisu w zamku krzyżackim w Rynie.
Kadra Energoserwisu w krzyżackich strojach podczas uroczystej kolacji.

XII Konferencja Energetyki Zamek Książ

BARRIER INSULATION REDUCES EFFECT OF PARTICLES ON THE TRANSFORMER INSULATION STRENGTH

Guido Consogno Bernhard Heinrich
Weidmann Ltd.
Rapperswil, Szwajcaria

Ryszard Malewski
Instytut Elektrotechniki
Warszawa

XIII KONFERENCJA ENERGETYKI KLICKÓW, 10-12 WRZEŚNIA 2003

WYTRZYMAŁOŚĆ DIELEKTRYCZNA PRZEKŁADEK IZOLACYJNYCH POMIĘDZY CEWKAMI UZWOJEŃ TRANSFORMATORÓW O NAPIĘCIU PRZESYŁOWYM

Christoph Krause Martin Häusler Daniel Tschudi
Weidmann Ltd
Rapperswil, Szwajcaria

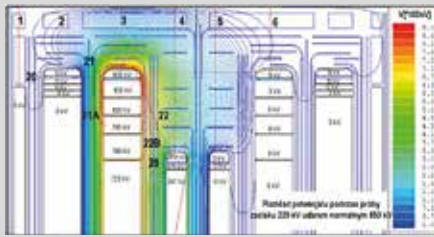
Ryszard Malewski
Instytut Elektrotechniki
Warszawa

Konferencje Energoserwisu w Kliczkowie i na Zamku Książ.

Referaty o rozwiązaniach konstrukcyjnych izolacji transformatorów przy zastosowaniu elementów produkcji Weidmanna, przedstawiające wdrożenie metod obliczeniowych do optymalnego projektowania transformatora.



Konferencja Energoserwisu w krzyżackim zamku w Gniewie. Prezentacja referatu i dyskusja z Kurtem Wickiem z Rapperswilu.



XVIII KONFERENCJA ENERGETYKI, Jachrance, 7-8.0.2011
 Stefan Sieradzki, Paweł Bergier, Adam Kozakiewicz
 TuncCem Poland S.A., Lubliniec, Poland
 Chris Krause, Balz Schöller, Kurt Wöck
 Weismann Electrical Technology A.G., Rapperswil, Switzerland
 Ryszard Małewski
 Malowski Electric, Montreal, QC, Canada
 OBLICZANIE ZAPASU BEZPIECZYSTWA IZOLACJI TRANSFORMATORÓW NA MODELU KOMPUTEROWYM

Referat na Konferencji Energoserwisu w Jachrance. Przeliczenie zapasu bezpieczeństwa izolacji transformatora produkowanego przez Energoserwis.

Obliczenie rozkładu napięcia na komputerowym modelu uzwojeń, wyznaczenie rozkładu naprężeń wzdłuż krytycznie naprężanych trajektorii i zastosowaniu *Krzywej Wzorcowej Weidmanna*.

Maschinenfabrik Reinhausen

Moje zatrudnienie zawdzięczam ówczesnemu dyrektorowi technicznemu fabryki dr. Harro Lührmannowi, z którym łączy mnie znajomość od czasu, kiedy jako *postdoctoral* stażysta w dziale Wysokich Napięć IREQ pomagał mi przy badaniach naskórkowości impulsowej w masywnych przewodnikach, co zaowocowało wspólnym artykułem w prestiżowym *Archiv für Elektrotechnik*.

Archiv für Elektrotechnik 57 (1975) 111–118
 © by Springer-Verlag 1975

Sprungantwort und Antwortzeit rohrförmiger koaxialer Strom-Meßwiderstände beliebiger Wandstärke

H. LÜHRMANN, Braunschweig und R. MAŁEWSKI, Varennes

Wspólny z dr. Lührmannem artykuł o pracy badawczej prowadzonej w IREQ.

Moja praca na rzecz Maschinenfabrik Reinhausen polegała głównie na prezentacji całego zakresu produkcji, od małych przełączników bezobciążeniowych do wielkich i bardzo kosztownych podobciążeniowych przełączników zaczepów (PPZ) stosowanych w wielkich transformatorach sieciowych, a także PPZ specjalnych do transformatorów zasilających piece łukowe w hutach bądź transformatorach przemysłowych stosowanych na przykład do produkcji grafitowych elektrod. PPZ jako jedyna ruchoma część transformatora wymaga okresowych przeglądów i wymiany zużywających się styków, a inspekcje są prowadzone przez wysoko wykwalifikowanych fachowców z wieloletnią praktyką, z uwagi na konsekwencje awarii w ruchu, zainicjowanej przez nieprzygotowany bądź niedbały personel.



Konferencja ZREW w Kazimierzu Dolnym. Przewodniczenie sesji poświęconej podobciążeniowym przełącznikom zaczepów.

Musiałem uzupełnić moją wiedzę zgromadzoną podczas lat pracy dla energetyki i laboratoriów probierczych, co powodowało częste wizyty w Regensburgu, mieście nad Dunajem, którego historia datuje się od czasów, kiedy stanowiło *Campus Regine*, najbardziej wysunięty na północ fort Cesarstwa Rzymskiego. Słynny kamienny most na Dunaju *Steinerne Brücke* i pozostałości murów obronnych, a także klasztor, kościoły i budynki magistratu świadczą o wielowiekowej historii miasta, które kontrolowało rzymską drogę handlową na północ.

Firma *Maschinenfabrik Reinhausen* ma ponadstuletnią tradycję, początkowo jako wytwórnia maszyn rolniczych, a od lat 20. producent podobciążeniowych przełączników opartych na patencie dr. Jansena, który po dziś dzień stanowi zasadę działania tych urządzeń niezbędnych do utrzymywania stałej wartości napięcia w sieci, niezależnie od ciągłych zmian obciążenia.

Jednym z osiągnięć dr. Lührmanna w *Maschinenfabrik Reinhausen* jest wprowadzenie łączników próżniowych, które praktycznie nie wymagają obsługi podczas życia technicznego PPZ, a więc eliminują potrzebę, bądź znacząco zmniejszają częstość kosztownych przeglądów.

Wprowadzenie takich przełączników w Polsce wymagało przekonania z natury konserwatywnie nastawionych pracowników energetyki i przemysłu, odpowiedzialnych za zapewnienie ciągłości zasilania energią elektryczną. Co więcej, pojawiły się PPZ produkcji konkurencyjnej wówczas firmy ELIN, w których mechaniczne styki przełącznika mocy zastąpiono tyrystorami o długim czasie życia, które teoretycznie nie wymagały obsługi.

System sterowania tyrystorami wymagał specjalnego obwodu wytwarzającego impulsy sterujące. Ten obwód wymagał z kolei źródła napięcia, które stanowiła mała prądnicza. Całe to urządzenie było dość skomplikowane i w praktyce okazało się zawodne, ale na początek koncept zastosowania półprzewodników mocy wydawał się atrakcyjny.

Jedną z pierwszych prób zainteresowania Polskich Sieci Elektroenergetycznych (PSE) PPZ produkowanymi przez Maschinenfabrik Reinhausen była oferta wymiany zużytych i ciągle nastroczających kłopoty przełączników typu PO, w które wyposażała transformatory łódzka fabryka ELTA.

Z uwagi na niebagatelny koszt takiej wymiany w kilkuset transformatorach zaoferowano PSE długoletni kredyt z niemieckiego banku, żyrowany przez Maschinenfabrik Reinhausen. Razem z przedstawicielem wytwórni złożyliśmy wizytę dyrektorowi PSE odpowiedzialnemu za transformatory, linie przesyłowe i stacje WN, który po wysłuchaniu tej oferty odpowiedział, że przedsiębiorstwo państwowe nie wyrazi zgody na zaciągnięcie takiego długu. Brak perspektywy na większe zlecenia z PSE dla firmy ENERGO-COMPLEX skłaniał do znalezienia innej klienteli.

Regionalne przedsiębiorstwa energetyczne w Polsce eksploatują tysiące transformatorów średniej mocy i do nich należało się zwrócić z ofertą na niezawodne PPZ z Regensburga, jednakże po wielu latach spędzonych za granicą nie miałem osobistych kontaktów z osobami odpowiedzialnymi za eksploatację i zakup niezbędnych urządzeń. Jednym ze sposobów dotarcia do właściwych inżynierów były referaty i prezentacje na konferencjach transformatorowych oraz uczestnictwo w dorocznych targach energetyki w Bielsku-Białej.

Postanowiłem wspólnie z fachowcami z Regensburga przygotować referat pokazujący rozwiązania techniczne stosowane w PPZ, a także niezawodność tych urządzeń, popartą statystyką uszkodzeń zgromadzoną w raportach z przeglądów tysięcy PPZ eksploatowanych w Europie.

Po wprowadzeniu łączników próżniowych przedstawiałem szereg referatów o mechanizmie gaszenia łuku w komorze próżniowej i ilości operacji łączeniowych gwarantowanych przez taki łącznik. Istotnym czynnikiem jest brak produktów rozkładu oleju pod wpływem wysokiej temperatury łuku, a co za tym idzie – wyeliminowanie pracochłonnego czyszczenia komory łącznika mocy.

Konferencja Energopomiaru
Zarządzanie eksploatacją transformatorów

Wisła, 26 - 28 kwietnia 2006

Nowa generacja
podobciążeniowych przełączników
zaczepów
z komorami próżniowymi

Harold Rotter
Maschinenfabrik Reinhausen
Regensburg

Ryszard Malewski
Instytut Elektrotechniki
Warszawa

Marek Szrot
Energocomplex
Chorzów

Pierwsza strona prezentacji próżniowych PPZ na konferencji Energopomiaru.

Jak się okazało, wiele zamówień na PPZ zostało skierowane do Maschinenfabrik Reinhausen początkowo z zakładów eksploatujących transformatory zasilające piece hutnicze, napędy wielkich maszyn wymagających podobciążeniowej regulacji, gdzie występuje wysoka częstość operacji łączeniowych, a awaria PPZ zatrzymuje produkcję.

Jednym z problemów dla kupujących była konieczność wykonywania okresowych przeglądów przez ekipy specjalistów z Regensburga, których koszt robocizny znacznie przewyższał poziom wynagrodzenia polskich fachowców. W sytuacji awaryjnej istotna jest niezwłoczna interwencja takiej ekipy, a czas podróży z Regensburga wynosi kilka godzin w najlepszym przypadku.

Podczas targów w Bielsku na stoisku Maschinenfabrik Reinhausen demonstrowany był nowy model PPZ i z Regensburga przyjechał pan Edwin Zeisig, doświadczony specjalista w zakresie serwisu, który odpowiadał na pytania zwiedzających. Nagle zadzwonił mój telefon i kierownik oddziału Huty Częstochowa zawiadomił mnie o gwałtownej awarii PPZ, która zatrzymała proces produkcyjny i domagał się natychmiastowej interwencji serwisu z Regensburga. Pan Zeisig wyraził zgodę na niezwłoczny wyjazd z Bielska do Częstochowy i obiecał zaradzić tej awarii.

Odpowiedziałem kierownikowi oddziału Huty Częstochowa, aby za dwie godziny postawił przy bramie pracownika, który przeprowadzi pana Zeisiga przez straż przemysłową kontrolującą wstęp na teren zakładu. Pierwsza reakcja mojego kontrlokutora była gwałtowna, bo sądził, że z niego kpię. Po krótkim wyjaśnieniu, że Maschinenfabrik Reinhausen poważnie traktuje swoich klientów i dokłada starań, aby im pomóc w potrzebie, kierownik zdecydował się wystawić przepustkę i obiecał zadzwonić, jak tylko pan Zeisig dojedzie z Regensburga. Nietrudno sobie wyobrazić jego zdziwienie, bo uznał za cud widomy przyjazd pana Zeisiga po niecałych dwóch godzinach. Wieść o tym zdarzeniu obiegła kręgi energetyków w zakładach przemysłowych używających PPZ z Regensburga.

Oczywiście takie zbiegi okoliczności nieczęsto się zdarzają, a kwestia serwisowania PPZ z odległego Regensburga musiała zostać rozwiązana. Zwróciłem się do dyrekcji Maschinenfabrik Reinhausen o przeszkolenie ekipy z ENERGO-COMPLEX-u w przeprowadzaniu przeglądów mniej skomplikowanych konstrukcji PPZ. Odpowiedziano przychylnie, bo przy fabryce została stworzona szkoła dla monterów z różnych krajów, którzy byliby upoważnieni do wykonywania takich przeglądów i koledzy z Piekar Śląskich pojechali na turnus szkoleniowy do Regensburga. Po powrocie początkowo wykonywali przeglądy pod okiem instruktora z fabryki, ale po krótkim czasie mogli je prowadzić samodzielnie.

Problem powstał przy dokonywaniu przeglądu PPZ pracujących w wielkich transformatorach przemysłowych. W takich przypadkach fabryka stanowczo wymagała przyjazdu fachowców z Regensburga. Po kilku scysjach zgodziła się na udział polskich monterów przy takim przeglądzie, ale fabryka ponosiła odpowiedzialność za przegląd i wystawiała fakturę za tę usługę. Po dłuższym czasie zrezygnowano z tych wymagań i stopniowo ENERGO-COMPLEX uzyskał uprawnienia takie same jak serwis fabryczny.



Przekazanie przedstawicielstwa Maschinenfabrik Reinhausen na rzecz ENERGO-COMPLEX-u.

Moja praca dla Maschinenfabrik Reinhausen dobiegała końca z uwagi na mocno już przekroczony wiek emerytalny i zwrócono się do mnie o wskazanie przedsiębiorstwa, które przejąłoby przedstawicielstwo na Polskę. Zaproponowałem ENERGO-COMPLEX, który już był znany i zyskał zaufanie dyrekcji, a ona chętnie zgodziła się na takie rozwiązanie. Niepokój budziła tylko sprawozdawczość z podjętych i wykonanych zadań wymagana przez administrację. Nie bez racji spostrzeżono, że można polegać na ENERGO-COMPLEX-ie w sprawach handlowych i technicznych, natomiast brak „sfery urzędniczej” w tej rodzinnej firmie niepokoił żądnych sprawozdań urzędników w Regensburgu.

ENERGO-COMPLEX

Prace dla MR, Weidmanna, a także zlecenia od Haefely, Hyosung, IEM i ekspertyzy dla Zaporoz-transformator dostarczały zawodowej satysfakcji i środków do życia, ale nie spełniały wymogu wspierania polskiej firmy działającej w mojej dziedzinie. Po dłuższych poszukiwaniach spotkałem pana Marka Szrota, który po kilku latach pracy dla gliwickiego Energopomiaru zdecydował się na stworzenie własnej firmy w rodzinnym mieście - Piekarach Śląskich. Początki były skromne: produkcja części zamiennych do podobciążeniowych przełączników zaczełów (PPZ) i ich remonty.

W owym czasie większość transformatorów średniej mocy w Polsce była wyposażona w PPZ produkcji austriackiej firmy Elin i ich polskiego odpowiednika z zakładów ELTA w Łodzi. Nie były to konstrukcje udane, ulegały częstym awariom i stanowiły piętę achillesową transformatorów w eksploatacji. Powstały chałupnicze warsztaty zajmujące się doraźnymi naprawami tych PPZ, co pozwalało utrzymać w ruchu transformatory zasilające sieć rozdzielczą miast i i przemysłu.

Przedsiębiorstwo pana Marka rekrutowało pracowników ze Śląska, często pochodzących z rodzin o kilkupokoleniowej tradycji pracy w przemyśle. Działalność firmy stopniowo rozszerzyła się na przeglądy transformatorów i ocenę ich stanu technicznego, a to wymagało wprowadzenia metod diagnostycznych wykraczających poza siermiężne urządzenia i procedury stosowane w PRL.

Pierwsza konferencja ENERGO-COMPLEX-u, zorganizowana dla istniejących i potencjalnych klientów, głównie przedsiębiorstw energetycznych i zakładów przemysłowych eksploatujących transformatory, odbyła się w Sieniawie

i tam spotkałem naukowców wybranych przez pana Marka Szrota jako zaplecze naukowe dla wdrażania nowych metod badawczych. Byli wśród nich państwo Helena i Jerzy Słowikowscy, czołowi specjaliści w dziedzinie izolacji papierowo-olejowej, znani mi z Zakładu Wysokich Napięć IEL oraz dr Jan Subocz z Politechniki Szczecińskiej, który opracował krajową wersję przyrządu do pomiaru pojemności i stratności izolacji w zakresie od miliherców do setek herców.

Z mojej strony zaproponowałem zaproszenie pana Istvana Kispala, twórcy węgierskiej firmy B&C Diagnostics, którego znałem z mojej w CIGRE Grupy Roboczej „Próby i Pomiary Wysokonapięciowe”.



Pierwsza konferencja ENERGO-COMPLEX-u w Sieniawie. Pan Istvan Kispal prezentuje swój przyrząd do badania odkształceń uzwojeń transformatorów.

Istvan Kispal opracował i produkował przyrząd do wykrywania odkształceń uzwojeń. Przyjął zaproszenie i przyjechał z Budapesztu do Sieniawy na konferencję, gdzie demonstrował działanie tego przyrządu na małym, wyjętym z kadzi transformatorze. Uczestnicy konferencji mogli deformować stalowym prętem uzwojenie i odczytywać zmiany charakterystyki FRA na ekranie oscyloskopu. Była to pierwsza w Polsce demonstracja tej nowej metody diagnostycznej, która obecnie jest nieodzownym elementem badania transformatorów.

Zaprosiłem także pana Haralda Rottera, aby przedstawił referat o produkowanych przez Maschinenfabrik Reinhausen w Regensburgu niezawodnych podobciążeniowych przełącznikach zaczepów. Ta pierwsza konferencja była otwarciem okna na nowoczesną diagnostykę i ocenę stanu transformatorów dla zajmujących się tym zagadnieniem polskich energetyków i przyczyniła się do tworzenia renomy ENERGO-COMPLEX-u w środowisku.

Pan Marek Szrot pozytywnie ocenił *impact* tej konferencji i zdecydował kontynuować coroczne, a później organizowane co dwa lata spotkania pod hasłem

„Transformatory w eksploatacji”, które z czasem zyskały większą liczbę uczestników niż konferencje organizowane przez konkurujący i mocno zakorzeniony w tym środowisku Energopomiar.

Sprawdziło się porzekadło „*konkurencja jest motorem postępu*” i Energopomiar z czasem wzbogacił program swoich konferencji, włączając w nie Stowarzyszenie Elektryków Polskich (SEP), gdzie aktywnie działali koledzy z Zakładu Transformatorów IEn w Łodzi. Na jednej z tych konferencji pan Tadeusz Domżański, znany i zasłużony działacz SEP z Bydgoszczy, zaprosił przedstawiciela firmy Nynas, producenta olejów transformatorowych ze Szwecji. Sympatyczny Szwed dr Ecklund nudził się nieco na obradach prowadzonych po polsku i kiedy go zagadnąłem, odpowiedział, że jego firma postanowiła, poza sprzedażą oleju, zająć się oceną stanu zesterzenia oleju w transformatorach w eksploatacji i chciałby znaleźć w Polsce partnera do współpracy i zbudowania laboratorium do badania próbek oleju pobieranych z transformatorów.



Dr Ecklund na konferencji ENERGO-COMPLEX-u w Dźwirzynie.

Zaproponowałem ENERGO-COMPLEX jako dynamicznie rozwijającą się firmę w tej dziedzinie i po rozmowach z panem Markiem Szrotem zawarto stosowne umowy oraz podjęto budowę laboratorium olejowego w nowej siedzibie ENERGO-COMPLEX-u. Negocjacje z firmą Nynas były prowadzone także w szwedzkim Nynäshamn, gdzie znajduje się wielka rafineria ropy naftowej i pewną osobliwość stanowi mała skalista wysepka w niewielkiej odległości od brzegu. Przed drugą wojną światową na tej wysepce wykuto poniżej poziomu morza ogromną grotę, która stanowi rezerwuar ropy naftowej na okoliczność działań wojennych uniemożliwiających dostawy w krajów arabskich. Ten strategiczny rezerwuar jest nadal czynny, choć nie stanowi już tajemnicy wojskowej. Dr Ecklund i dr Bruce Pahlavanhur, pracownik naukowy firmy Nynas uczestniczyli w konferencjach organizowanych przez ENERGO-COMPLEX, dzieląc się

specjalistyczną wiedzę o technologii produkcji oleju transformatorowego i procesie starzenia w eksploatacji. Po kilku latach firma Nynas odeszła od programu badania stanu oleju transformatorowego w eksploatacji i nowo zbudowane laboratorium, wyposażone w nowoczesny sprzęt badawczy, stało się własnością ENERGO-COMPLEX-u.

Dalsza współpraca z ENERGO-COMPLEX-em układa się na zasadzie przyjacielskich kontaktów, uczestnictwa w kolejnych konferencjach „Transformatory w eksploatacji”, przedstawiania referatów i współdziałania przy rozwiązywaniu problemów napotykanych przy realizacji różnych projektów w Polsce i za granicą.

Wraz z wejściem Polski do Unii Europejskiej zniknęło wiele barier utrudniających świadczenie specjalistycznych usług w krajach Unii i starałem się zainteresować pana Marka Szrota i jego współpracowników uczestnictwem w pracach CIGRE, która gromadzi specjalistów z całego świata, pozwala na wymianę koncepcji i poglądów oraz jest źródłem informacji o tym, nad czym pracują

Temperature distribution on the bushing outer shell derived from the thermogram is used to calculate temperature distribution inside the core, with the aid of bushing thermal model, and allows identification of wet insulation volumes with a high dielectric loss.

21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
http://www.cigre.org

A2-209 CIGRE 2008

CONDITION ASSESSMENT OF MEDIUM-POWER TRANSFORMERS USING DIAGNOSTIC METHODS: PDC, FDS, FRA TO SUPPORT DECISION TO MODERNIZE OR REPLACE SERVICE-AGED UNITS

R. MALEWSKI* J. SUBOCZ M. SZROT, J. PLOWUCHA, R. ZALESKI
Instytut Elektrotechniki Politechnika Szczecińska Energo-Complex

Poland

21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
http://www.cigre.org

A2-104 CIGRE 2010

HV bushing failure in service, diagnostics and modeling of oil-type bushings

J. WANKOWICZ*, J. BIELECKI M. SZROT J. SUBOCZ R. MALEWSKI
Instytut Energetyki Energo-Complex ZUT Malewski Electric

Poland

21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
http://www.cigre.org

A2-303 CIGRE 2016

PS 3 Effects of ageing and maintenance practice on winding performance

On-site replacement of OLTC, drying of winding insulation, induced voltage test with PD measurement of 250 MVA, 400/110 kV, 40 year-old transformer

M. SZROT, J. PLOWUCHA, R. KUBICKI R. MALEWSKI*
Energo-Complex Malewski Electric

Poland

Referaty na plenarnej sesji w Paryżu przedstawiali panowie Marek Szrot i Janusz Płowucha.

Working Group A 26 CIGRE 2004		Referat ENERGO-COM- PLEX-u o wykrywaniu odkształceń uzwojenia wyrównawczego, które jest szczególnie podatne na deformacje przy zwar- ciu jednofazowym w autotransformatorach 160 MVA produkcji ELTA.
Ryszard MALEWSKI Malewski Electric Inc.	Marek SZROT Janusz PŁOWUCHA Ergo-Complex	
Winding deformation of 160 MVA, 230/115 kV autotransformers In Polish Transmission System		

wiodące ośrodki naukowe i wielkie firmy. Jak sądzę, ziarno padło na podatny grunt i zaowocowało aktywnym włączeniem ENERGO-COMPLEX-u do prac międzynarodowych stowarzyszeń.

Nader istotne jest uczestnictwo w grupach roboczych CIGRE, gdzie spotyka się wąskie grono specjalistów pracujących nad wybranym tematem. Wykrywanie odkształcenia uzwojeń leży w głównym nurcie studiów ENERGO-COMPLEX-u i nasz udział w pracach tej grupy cieszył się uznaniem.

Stoisko na wystawie towarzyszącej sesji plenarnej CIGRE, aczkolwiek kosztowne, stanowiło znakomity sposób przedstawienia zakresu prac wykonywanych przez ENERGO-COMPLEX na zlecenie przedsiębiorstw energetycznych w kraju i za granicą.



Stoisko ENERGO-COMPLEX-u w pawilonie wystawowym w Pałacu Kongresowym podczas sesji plenarnej CIGRE 2016 w Paryżu. Na zdjęciu kadra ENERGO-COMPLEX-u: dyrektor ds. rozwoju prof. Jan Subocz, wiceprezes Janusz Płowucha, konsultanci: Ryszard Malewski i Wojciech Kołtunowicz.

Polskie Sieci Elektroenergetyczne

Usługi świadczone przez ENERGO-COMPLEX na rzecz PSE są zlecane w sytuacji, kiedy inne polskie przedsiębiorstwa nie mają niezbędnego sprzętu bądź wykwalifikowanego personelu.



Przedstawiciele ENERGO-COMPLEX-u i Maschinenfabrik Reinhausen po prezentacji projektu i oferty dla PSE przed siedzibą tej firmy, charakterystycznym przeszklonym budynkiem w Konstancinie.

Jako przykład może służyć wymiana PPZ w czterdziestoletnim transformatorze sieciowym 250 MVA 400 kV produkcji Hitachi, wykonana na stacji Gdańsk Błonia. Praca ta została przedstawiona na sesji plenarnej CIGRE 2016 w Paryżu i uznana przez specjalnego recenzenta, wyznaczonego do oceny artykułów nadesłanych z dziewięciu krajów, za wzorzec dla przeprowadzania podobnych operacji.



Figure A2-101 (Poland) - life extension

The decision to not replace aged damaged accessories (OLTC, bushings) - usually in conjunction with a firing process - depends on a cost analysis and is based on the expected life extension after refurbishment. The maintenance of a successful OLTC replacement including start dry-out is presented for a 250 MVA, 400 kV network transformer. Main steps include design-validate, start preparation, installation, start-up, testing, and start-up. The design process, testing before and after refurbishment are discussed in sufficient detail to use the paper as reference and guide for similar cases.

Transformator 250 MVA, 400 kV, w którym wymieniono PPZ na stacji Gdańsk Błonia oraz ocena tej pionierskiej pracy przez specjalnego recenzenta CIGRE.

Inny przykład to zlecenie ENERGO-COMPLEX-owi, a właściwie jego Ośrodkowi Badań i Rozwoju Energetyki (OBRE), wsparcia eksperckiego przy ustaleniu przyczyny awarii przesuwника fazy 1200 MVA, 400 kV na stacji Mikułowa. Przesuwnik wyprodukowany przez fabrykę Siemens w Weiz w Austrii uległ awarii w okresie gwarancji i został przewieziony do fabryki celem demontażu uzwojeń i znalezienia miejsca oraz wyjaśnienia okoliczności przebicia izolacji uzwojeń w jednej z faz.

Podczas wizyty w fabryce wspólnie z inżynierami Siemensu rozważano hipotezy, co mogło spowodować przebicie izolacji. Analiza zapasu bezpieczeństwa izolacji wykluczyła możliwość przepięcia spowodowanego błędnym nastawieniem

bądź uszkodzeniem PPZ. Za najbardziej prawdopodobne uznano lokalne zanieczyszczenie izolacji wtrącinami albo wodą korpuskularną pozostałą w układzie chłodzenia, który był instalowany po postawieniu przesuwника na stacji Mikołowa. Potwierdzenie tej tezy wymaga dalszej analizy i jeśli zostanie potwierdzona, to będzie można uznać, że przyczyna awarii jest przypadkowa i nie stanowi zagro-



Spotkanie inżynierów Siemens z przedstawicielami PSE i OBRE w biurze fabryki w Weiz i w hali montażowej przy uszkodzonym przesuwniku.

żenia dla trzech identycznych przesuwników nabytych przez PSE.

Takie zlecenia stanowią wyzwanie dla zgromadzonej wiedzy i doświadczenia ENERGO-COMPLEX-u i skuteczne rozwiązanie problemu buduje renomę firmy. Jednakże pojawiają się sporadycznie i wymagają dość uciążliwej procedury publicznego przetargu, co wymaga znajomości przepisów na poziomie radcy prawnego.

Konferencje „Transformatory w eksploatacji”

Większość prac ENERGO-COMPLEX-u jest zlecana przez regionalne przedsiębiorstwa energetyczne i zakłady przemysłowe. Z myślą o nich organizowane są kolejne konferencje w nadmorskich ośrodkach takich jak Dźwirzyno, Kołobrzeg, Ustka, które przyciągają coraz więcej polskich energetyków, a także gości zagranicznych.

Organizatorzy dokładają starań, aby zapewnić udział w nich profesorów polskich politechnik, kształcących nową kadrę energetyków.



John Lapworth z komitetu studiów CIGRE A2 na konferencji w Dźwirzynie w 2007 r.
Jubileusz 15-lecia ENERGO-COMPLEX-u z udziałem profesorów Politechnik w Poznaniu,
Opolu, Szczecinie i Lublinie.

Zgodnie z moim postanowieniem, przygotowałem na każdą konferencję referat o nowych technologiach, urządzeniach i kierunkach studiów prowadzonych przez zagraniczne ośrodki. Oprócz materiałów konferencyjnych drukowano także referaty w polskich wydawnictwach, aby rozszerzyć krąg odbiorców.

„Doświadczenia w ocenie stopnia zawilgocenia izolacji transformatorów”
Subocz, J., Malewski, R., Szrot, M., Płowucha J., Konferencja Sieniawa I, 2002.

„Zastosowanie łączników próżniowych lub tyrystorów do przelazników zaczepów”, Rotter, H., Malewski, R., Konferencja Sieniawa I, 2002.

„Lokalizacja odkształcenia uzwojeń transformatorów metodą funkcji przenoszenia”, Malewski, R., Szrot, M., Płowucha, J., Konferencja Sieniawa II, 2003.

„Postępy w modelowaniu transformatora do wykrywania odkształceń uzwojeń”, Malewski, R., Szrot, M., Zaleski, R., Konferencja Dźwirzyno, 2005.

„Wykrywanie odkształceń uzwojenia wyrównawczego w autotransformatorach 160 MVA, 230/110 kV typu RtdX metodą odpowiedzi częstotliwościowej”, Malewski, R., Pewca, W., Zaleski, R., Szrot, M., Banaszak, S., Konferencja Dźwirzyno, 2007.

„Podstawy oceny opłacalności modernizacji transformatorów”, Malewski, R., Subocz, J., Szrot, M., Płowucha, J., Zaleski, R., Konferencja Kołobrzeg, 2009.

„Urządzenia do monitorowania gazów rozpuszczonych w oleju transformatorowym”, Malewski, R., Konferencja Kołobrzeg, 2011.

„Hipotezy i modele zmian klimatu Ziemi”, Malewski, R., Konferencja Kołobrzeg, 2015.

„Zagrożenie aparatury stacyjnej przepięciami łączeniowymi w stacjach z izolacją gazową”, Malewski, R., Konferencja Ustka, 2017.

Seminaria

Oprócz Konferencji „Transformatory w eksploatacji” ENERGO-COMPLEX organizował seminaria zazwyczaj ukierunkowane na określony profil odbiorców.



Prezentacje przygotowane i przedstawione podczas seminariów spotkały się z uznaniem.

„Okresowa i ciągła ocena stanu technicznego transformatorów” przedstawia system oceny stosowany przez amerykańskie Bureau of Reclamation, opracowany przez Bonneville Power Administration, który zainspirował ENERGO-COMPLEX do stworzenia własnego programu TRAFODGRADE i wdrożenia go w kilku przedsiębiorstwach energetycznych w Polsce.

„Suszenie izolacji stałej transformatorów na miejscu zainstalowania metodą nagrzewania uzwojeń prądem niskiej częstotliwości” jest obecnie stosowane przez serwis ABB, który współpracuje z ENERGO-COMPLEX-em przy remontach transformatorów.

„Rejestracja zawartości wodoru w oleju transformatorowym przez różne układy monitorujące” przedstawia zasadę działania i własności rejestratora siedmiu gazów, oferowanego przez firmę Kelmann i instalowanego na transformatorach w Polsce.

Podziękowanie

Współpraca z ENERGO-COMPLEX-em sprawia, że moje zebrane za granicą doświadczenia są w pewnej mierze przydatne i wykorzystywane w praktyce, co jest źródłem satysfakcji, a ponadto pozwala na zbieranie nowych i uaktualnianie zebranych doświadczeń.

Poza tym w moim subiektywnym odczuciu choć częściowo spłacam honorowy dług zaciągnięty przed 60 laty podczas studiów i pracy w Katedrze Wysokich Napięć na Politechnice Warszawskiej i w Instytucie Elektrotechniki.

Możliwość realizacji tych zamierzeń zawdzięczam dr. inż. Markowi Szrotowi, twórcy i właścicielowi ENERGO-COMPLEX-u, który włącza mnie do ekspertyz i szkolenia kadry inżynierskiej w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Energetyki.



Profesor dr hab. inż. Ryszard Malewski, urodzony w Warszawie w 1935 roku, absolwent Gimnazjum im. Reytana i Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej. Od 1958 roku asystent w Katedrze Wysokich Napięć, następnie adiunkt w Zakładzie Wysokich Napięć Instytutu Elektrotechniki.

Od 1970 roku pracownik naukowy Instytutu Badawczego Hydro-Québec w Montrealu, Kanada, kierownik działu prób i pomiarów w największym na świecie Laboratorium Wysokich Napięć. Wykładał i prowadził prace magisterskie i doktorskie na Politechnice w Montrealu i w Waterloo, Ont. Delegowany do Brazylii, Meksyku, Wenezueli, Korei Płd., Chin i Egiptu kształcił inżynierów, brał udział w budowie i uruchamianiu Laboratoriów Wysokich Napięć.

Przewodniczący Grupy Roboczej „Próby i Pomiary Wysokonapięciowe” w Conseil International des Grands Réseaux Électriques (CIGRE) oraz Komitetu Pomiarów (PSIM) Instytutu Inżynierów Elektryków i Energetyków (IEEE), który nadał mu tytuł Fellow.

Od 1990 roku konsultant świadczący usługi dla ośrodków badawczych, przemysłu i energetyki w USA, Kanadzie, Meksyku, Chinach, Korei Płd., Szwajcarii, Niemczech, Francji, Finlandii, na Ukrainie i w Polsce.

Autor ponad 200 publikowanych prac, wiele z nich zostało nagrodzonych przez IEEE. Prezydent RP nadał mu tytuł profesora w 1996 roku.

Książka wydana staraniem:



ISBN 978-83-924464-4-6



9 788392 446446 >