

Feliks Rejmund¹, Jerzy Bertrand², Przemysław Ranachowski¹

DZIAŁALNOŚĆ NAUKOWA I TECHNICZNA PROFESORA JERZEGO RANACHOWSKIEGO W DZIEDZINIE ELEKTROENERGETYKI W LATACH 1948-2000

Streszczenie: Artykuł prezentuje najważniejsze prace naukowe i techniczne zmarłego w grudniu 2000 roku prof. Jerzego Ranachowskiego. Osiągnięcia przedstawione zostały na tle ponad 50-letniej działalności jako inżyniera, konstruktora oraz organizatora i kierownika zespołów badawczych. Aktywność Profesora jako naukowca była interdyscyplinarna, obejmując zagadnienia elektrotechniki, inżynierii materiałowej i akustyki. Zawsze jednak osią Jęgo zainteresowań były problemy techniki wysokich napięć, a szczególnie zagadnienia związane z systemami i materiałami izolacyjnymi. Działalność swą Profesor rozpoczął w oparciu o Politechnikę Wrocławską oraz Instytut Elektrotechniki. Poczynając od 1956 roku coraz istotniejszą rolę w prowadzonych przez niego badaniach odgrywał Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN. Efektem wieloletnich prac jest bogaty dorobek publikacyjny w postaci monografii oraz artykułów w renomowanych czasopismach naukowych i technicznych. Z uwagi na charakter badań, mających często cechy oryginalnych rozwiązań technicznych, dorobek ten nie mógł być w pełni upowszechniony, natomiast w formie opracowań i ekspertyz stanowił wielką wartość dla rozwijającego się przemysłu elektroenergetycznego. Szereg opracowań i skryptów, których Profesor był autorem lub współautorem stanowi pomoc naukową dla wielu pokoleń studentów i pracowników naukowych.

Słowa kluczowe: porcelana elektrotechniczna, izolatory długopniowe, koordynacja izolacji elektroenergetycznej, akustyczne metody badań materiałowych.

1. Wstęp

Badania naukowe prowadzone przez prof. Jerzego Ranachowskiego zawsze wiązały się z konkretnymi zadaniami technicznymi, wynikającymi z żywotnych potrzeb polskiego przemysłu i energetyki. Stąd też osiągnięcia naukowo-badawcze Profesora rozpatrywać należy jako pewną logicznie rozwijającą się całość i rozpocząć od syntetycznej charakterystyki problemów naukowych i technicznych, którymi się zajmował i uzyskanych rezultatów, nie trzymając się ściśle chronologii publikacji kolejnych wyników badań. Już w okresie studiów zainteresowania praktyczne J. Ranachowskiego dotyczyły dwóch zagadnień technicznych –

¹ Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, ul. Świętokrzyska 21, 00-049 Wa-wa

² Instytut Energetyki, ul. Mory 8, 01-330 Warszawa



*Profesor Jerzy Ranachowski –
jedno z ostatnich zdjęć*

materiałów ceramicznych oraz układów izolacyjnych sieci wysokiego napięcia. Prace nad tworzywami ceramicznymi dotyczyły głównie doskonalenia technologii produkcji materiałów o zadanych parametrach mechanicznych i elektrycznych oraz kompleksowego wyznaczania tych parametrów dla oceny jakości wyrobów. Druga grupa zagadnień obejmowała prace nad udoskonaleniem liniowych i stacyjnych układów wysokiego napięcia oraz zapewnieniem ich bezawaryjnej pracy – odpornością na działanie naprężeń elektrycznych, mechanicznych i termomechanicznych. Wiązało się to z wykrywaniem źródeł awarii, oceną aktualnego stanu i prognozowaniem „czasu życia” urządzeń oraz kompleksowym wyznaczaniem parametrów eksploatacyjnych. Czynnikiem decydującym o rozpowszechnieniu i faktycznym wykorzystaniu opracowań Profesora był fakt, iż doprowadzał on do zaprojektowania i wykonania aparatury pomiarowej służącej jako podstawa kontroli osiągniętego postępu i prawidłowości funkcjonowania wielu urządzeń elektroenergetycznych.

Pozostawiony przez Profesora bogaty dorobek naukowy można w różny sposób przedstawić i sklasyfikować. Za najbardziej uzasadniony punkt wyjścia wydaje się rozróżnienie dwóch grup technik badawczych – statycznych i dynamicznych. Badania statyczne dotyczą struktury i mikrostruktury tworzyw ceramicznych, ich właściwości mechanicznych, elektrycznych i termomechanicznych oraz zależności tych parametrów od składu i technologii produkcji materiałów. Badania dynamiczne mają na celu przede wszystkim poznanie przebiegu procesów destrukcji układów izolacyjnych w warunkach eksploatacyjnych pod wpływem naprężeń mechanicznych, elektrycznych i termomechanicznych w funkcji czasu. Jest to podstawą do określenia „czasu życia” i przydatności eksploatacyjnej elementów ceramicznych. Badania statyczne i dynamiczne wymagają użycia odmiennych technik pomiarowych. W przypadku badań statycznych najwięcej informacji uzyskać można przy użyciu metod mikroskopowych i ultradźwiękowych. Profesor w swoich pracach wykazał, że przy badaniach dynamicznych szczególnie przydatna jest obok technik wytrzymałościowych metoda emisji akustycznej (EA). Wyniki pomiarów statycznych i dynamicznych uzupełniają się wzajemnie dając pełniejszy obraz parametrów technicznych badanego obiektu.

2. Zarys działalności zawodowej profesora Ranachowskiego

Jerzy Ranachowski urodził się w Wilnie 29 września 1926 roku. Fakt, iż jego ojciec był inżynierem a matka polonistką poważnie wpłynął na późniejsze zainteresowania. W 1937 roku rodzina przenosi się do Warszawy, dzięki czemu unika późniejszej deportacji w głąb Rosji. W czasie okupacji J. Ranachowski uczęszcza na konspiracyjne komplety do Liceum Ogólnokształcącego oraz kończy Zawodową Szkołę Elektryczną. Ma to decydujący wpływ na późniejszy wybór kierunku studiów. Od 1943 roku jest członkiem ZWZ/AK, w Powstaniu Warszawskim bierze udział w składzie zgrupowania „Baza - Łużyce”. Po wyzwoleniu, w maju 1945 roku zdaje maturę przed Komisją Państwową. Następnie, z uwagi na zniszczenie stolicy i uzasadnione obawy co do traktowania powstańców warszawskich przez nowe władze, przenosi się do Gdańska. Pracuje tam w stoczni na stanowisku elektryka, gdy w listopadzie

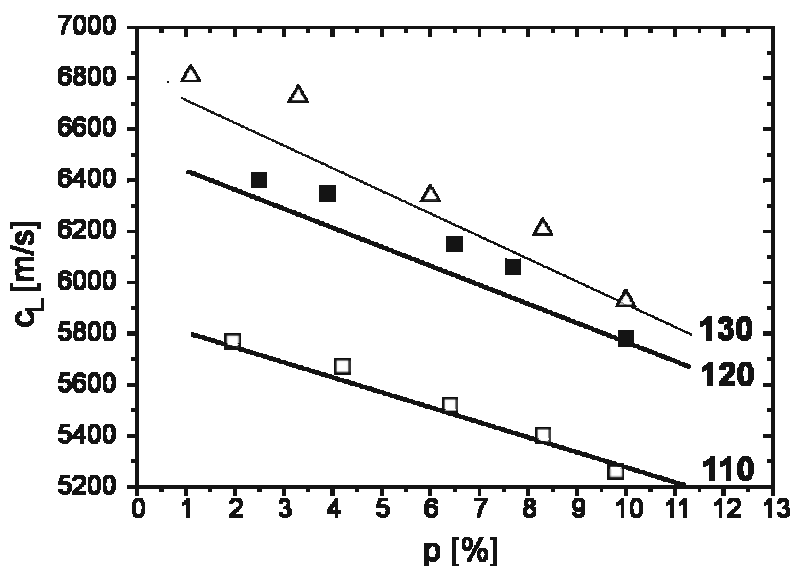
1945 roku skierowany zostaje na studia na Politechnice Wrocławskiej. Znajduje się w gronie pierwszych słuchaczy uczelni, na Wydziale Elektrycznym. Tutaj kształtują się jego zainteresowania zawodowe i naukowe, a szczęśliwy los styka Go z jednym z luminarzy polskich elektryków – prof. Jerzym Ignacym Skowrońskim. Pracę naukową rozpoczął student Jerzy Ranachowski w końcu 1948 roku jako asystent wolontariusz w Katedrze Techniki Wysokich Napięć pod kierunkiem prof. Skowrońskiego. Od początku swej działalności naukowej obrał kierunek techniki wysokonapięciowej związany z inżynierią materiałową dielektryków. W tym czasie jednym z głównych problemów Katedry było zaprojektowanie i budowa laboratorium oraz hali wysokich napięć przeznaczonej do prowadzenia badań naukowych i aplikacyjnych w zakresie techniki izolatorowej. W związku z tym prof. Skowroński wysłała Jerzego Ranachowskiego na praktykę do Instytutu Elektrotechniki w Warszawie. Tutaj, na terenie Politechniki, ukończono właśnie budowę takiego laboratorium. Młody student angażuje się w opracowanie planów budowy wrocławskiego laboratorium i podejmuje współpracę z wybitnymi architektami, budowniczymi Politechniki – prof. T. Brzozą i Zb. Kupcem. Studia kończy w czerwcu 1951 roku i broni rozprawy magisterskiej pt. *Projekt Laboratorium Wysokich Napięć Politechniki Wrocławskiej*. W tym samym roku wraca do Warszawy i podejmuje pracę w Instytucie Elektrotechniki, gdzie kolejno awansuje na stanowiska starszego asystenta, adiunkta, samodzielnego pracownika naukowego i docenta. Niezależnie od pracy w IEL-u prowadzi zajęcia dydaktyczne na Politechnice Warszawskiej w Katedrze Wysokich Napięć. Pierwsze prace, jakie mgr inż. J. Ranachowski wykonuje wraz ze współpracownikami z Pracowni Koordynacji Izolacji Zakładu Wysokich Napięć warszawskiego IEL-u, dotyczą ochrony odgromowej od przepięć atmosferycznych i koordynacji izolacji systemu krajowych elektrowni i stacji rozdzielczych 110 kV. Znajdujące się na stacjach transformatory małej i średniej mocy z porcelanowymi izolatorami przepustowymi ulegały wówczas częstym awariom powodowanym głównie przez przepięcia atmosferyczne i przebicia izolatorów. Zespół specjalistów ze znaczącym wkładem mgr inż. J. Ranachowskiego opracował wówczas pierwsze krajowe założenia ochrony izolatorów wyłączników i transformatorów przed przepięciami udarowymi i wolnozmiennymi. Rozwiązania te zastosowane w szeregu stacji elektroenergetycznych m.in. Chorzów, Starachowice, Bolesławiec, Zabrze, Mościce, Prudnik, Łaziska. Przeprowadzone w latach 1951 - 52 badania pozwoliły ustalić przyczyny uszkodzeń transformatorowych izolatorów przepustowych PTU 10, 20, 30 kV oraz skorygować ich konstrukcję w sposób zabezpieczający przed przebiciami [1]. Prace dotyczące ochrony przeciwprzepięciowej systemów elektroenergetycznych wiązały się również z problematyką typizacji stacyjnych izolatorów wsporczych i przepustowych oraz badaniami izolacji wyłączników WN. W wyniku prowadzonych prac powstał szereg dokumentacji m. in. [2]. Badania związane z izolatorami ceramicznymi były źródłem dalszych zainteresowań mgr inż. J. Ranachowskiego w zakresie technologii wytwarzania, mikrostruktury oraz parametrów użytkowych porcelanowych tworzyw elektrotechnicznych. Nawiązanie współpracy z Zakładem Akustyki Fizycznej IPPT PAN, a szczególnie mgr inż. Jerzym Wehrem, pozwoliło na pionierskie w kraju zastosowanie ultradźwięków do nieniszczących badań materiałów elektroceramicznych oraz obiektów wykonanych z porcelany elektrotechnicznej [3, 4]. W 1956 roku mgr inż. J. Ranachowski podejmuje dodatkowo pracę na pół etatu w IPPT PAN. Fakt ten ma zasadniczy wpływ na rozszerzenie zakresu zainteresowań i prowadzonych badań. Bezpośrednia współpraca z akustykami pozwala na wprowadzenie metod ultradźwiękowych jako jednego z głównych narzędzi badania struktur oraz parametrów użytkowych materiałów ceramicznych. Otwiera to w działalności naukowej mgr inż. J. Ranachowskiego nowe per-

spektrywy. W tym okresie metody akustyczne wprowadzano dopiero w nieniszczących badaniach własności materiałów. Posługiwano się głównie defektoskopią ultradźwiękową do wykrywania stosunkowo dużych wad materiałowych jak wtrącenia lub rozwarstwienia. Zależności pomiędzy parametrami propagacji fal ultradźwiękowych a cechami strukturalnymi i użytkowymi materiałów były wówczas słabo rozpoznane nawet w przodujących w skali światowej ośrodkach. Problematyka ta stanowiła główną oś badań mgr inż. J. Ranachowskiego od początku pracy w IPPT PAN.

Jednym z zasadniczych celów prac badawczych prowadzonych od początku działalności zawodowej było wyjaśnienie przyczyn awarii elementów układów izolacyjnych, a szczególnie izolatorów długopniowych oraz osłon i przepustów. Analiza poszczególnych przypadków awarii wskazywała często na obecność niejednorodności wywołujących miejscowy wzrost naprężeń elektrycznych, mechanicznych i termomechanicznych. Skłoniło to mgr inż. J. Ranachowskiego do pogłębionych badań mikrostruktury tworzyw elektroizolacyjnych oraz poszukiwania związków pomiędzy budową strukturalną a parametrami użytkowymi materiałów. Pomiarów elektrycznych prądów upływu i wytrzymałości dielektrycznej doprowadziły do konkluzji, iż pole elektryczne ulega poważnemu miejscowemu wzrostowi na niejednorodnościach. Okazało się, że najsilniej wpływają na obniżanie wytrzymałości dielektrycznej i mechanicznej tworzyw elektroizolacyjnych inkluzje gazowe. Poza obniżeniem parametrów mechanicznych tworzywa, pory stają się koncentratorami pola elektrycznego w wyniku jonizacji gazu zamkniętego w inkluzji. Opis parametrów porowatości tworzyw wymagał opracowania metod mikroskopowych w powiązaniu z wynikami pomiarów propagacji fal ultradźwiękowych. Najbardziej obiecującymi wynikami wstępnych badań ultradźwiękowych prowadzonych wraz z mgr inż. J. Wehrem [3] była możliwość wyznaczania porowatości w badanych ośrodkach ceramicznych. Parametr ten wraz z nasiąkliwością wskazuje na stan wypalenia czerepu. Do tej pory nie istniała nieniszcząca metoda badania porowatości. Pewnych informacji dostarczały jedynie pomiary współczynnika stratności dielektrycznej – $\tan \delta$. Badania stratności, wykonywane jako próba wyrobu, były jednak uciążliwe i dawały jedynie szacunkowe informacje. Mgr inż. J. Ranachowski podjął się pod kierunkiem prof. Skowrońskiego badań mających za cel opracowanie ultradźwiękowej metody oceny zależności pomiędzy wytrzymałością dielektryczną a zmianami niektórych parametrów pola akustycznego w funkcji porowatości tworzywa. W tym celu konieczna była analiza składu mas porcelanowych, ich technologii produkcji, a szczególnie rozpoznanie przemian zachodzących w czasie procesu wypalania. Przeprowadzono badania mikroskopowe, akustyczne i dielektryczne na szeregu próbek o różnym składzie surowcowym i zróżnicowanej maksymalnej temperaturze wypalania. W laboratorium IEL-u mgr Ranachowski opracował ponad 30 zestawów mas ceramicznych z układu $K_2O-Al_2O_3-SiO_2$ stanowiących przedmiot badań. Uzyskane wyniki pozwoliły na wyprowadzenie zależności pomiędzy prędkością rozchodzenia się fal ultradźwiękowych a porowatością w ośrodkach zawierających pory gazowe. Otrzymana zależność teoretyczna wskazuje na liniowy spadek prędkości propagacji ultradźwiękowych fal podłużnych c_L w funkcji porowatości, w zakresie od zerowej do kilkunastoprocentowej zawartości inkluzji gazowych. Badania weryfikujące wykonane na próbkach porcelan elektrotechnicznych posiadających różną porowatość wynikającą z maksymalnej temperatury wypalania oraz o zróżnicowanych modułach sprężystości potwierdziły liniowy charakter zależności. Różnice stałych sprężystości ośrodków nośnych powodują jedynie równoległe przesunięcie prostej $c_L = f(p)$. Nieco większe nachylenia krzywych doświadczalnych wynikały z faktu, iż przy obliczeniach teoretycznych założono jedynie 5% zmiany modułu sprężystości

ośrodka nośnego. W praktyce różnice wynikające z porowatości oraz składu masy są większe. Ponadto w obliczeniach założono kulisty kształt porów, podczas gdy w rzeczywistości jest on bardziej złożony. Jak wykazały badania, dla porcelany o porowatości zamkniętej, kąt stratności $tg \delta$ praktycznie nie zależy od porowatości, która jednak ściśle warunkuje wytrzymałość dielektryczną. Uzyskana współzależność wytrzymałości dielektrycznej porcelany i prędkości propagacji podłużnych fal ultradźwiękowych została wykorzystana do opracowania nieniszczącej metody oceny wytrzymałości dielektrycznej izolatorów wysokiego napięcia. Wyniki wieloletnich badań zawarte zostały w rozprawie doktorskiej mgr inż. J. Ranachowskiego – *Związki pomiędzy parametrami pola akustycznego i pola elektrycznego w zależności od porowatości porcelany elektrotechnicznej*. Obrona pracy odbyła się na Wydziale Elektrycznym Politechniki Wrocławskiej w 1964 roku. Recenzentami rozprawy doktorskiej byli najwybitniejsi krajowi uczeni w zakresie akustyki prof. dr hab. Ignacy Malecki oraz w zakresie technologii ceramiki doc. dr hab. Zbigniew Świącki.

Opracowane w ramach rozprawy doktorskiej podstawy oceny metodami akustycznymi oraz optycznymi jednorodności mikrostrukturalnej, porowatości oraz stałych sprężystych tworzyw elektroceramicznych stanowiły punkt wyjścia do dalszych wieloletnich badań. Szczególnie przydatnymi okazały się pomiary prędkości propagacji fal podłużnych w nieniszczących badaniach izolatorów długopniowych. Pomiary tego parametru, a w niektórych przypadkach również prędkości fal poprzecznych, są wystarczające do ustalenia podstawowych parametrów eksploatacyjnych tworzywa. Badania na różnych typach tworzyw ceramicznych kontynuowane są do chwili obecnej przez zespół stworzony przez Jerzego Ranachowskiego w IPPT PAN. Wynikiem tych badań stało się między innymi opracowanie zależności prędkości propagacji fal podłużnych w funkcji porowatości dla najważniejszych tworzyw elektroceramicznych – Rys. 1 [5, 6, 29]. Najbardziej istotnym zastosowaniem wyników badań przedstawionych w rozprawie doktorskiej było wdrożenie techniki ultradźwięko-



Rys. 1. Prędkość propagacji podłużnych fal ultradźwiękowych c_L w funkcji porowatości wyznaczona doświadczalnie dla tworzyw porcelanowych produkcji ZPE „ZAPEL”.

wej do badań jakości krajowych izolatorów długopniowych dla linii WN i NN m. in. [5, 6, 7]. Dr J. Ranachowski jest również współautorem patentu z roku 1968 – *Sposób określania wad krytycznych w izolatorach pełnopniowych przy pomocy fal ultradźwiękowych*. Proponowana w patencie procedura kontroli opierała się na oryginalnym pomysłe oceny i kwalifikacji wielkości impulsu wady przez porównanie z wielkością impulsu odbitego od dna. Dalsze prace prowadzone przez J. Ranachowskiego i współpracowników pozwoliły na opracowanie Polskich Norm BN-72/3071-02, a następnie PN-90/E-0623 precyzujących metodykę wykrywania wad w pniach izolatorów ceramicznych. Obok kontroli jakości istotną rolę w działalności dr Ranachowskiego odgrywało zagadnienie projektowania i technologii produkcji izolatorów długopniowych [8]. Datujące się od czasu studiów zainteresowanie procesem wypalania oraz budową strukturalną tworzyw ceramicznych owocowało szeregiem prac już we wcześniejszym okresie działalności np. [9]. Istotny przyczynek do opisu procesów zachodzących w cyklu produkcyjnym ceramiki stanowiła sama rozprawa doktorska. Rozwinięciem i podsumowaniem tych badań była rozprawa habilitacyjna pt. *O możliwości kształtowania struktur tworzyw ceramicznych dla uzyskania optymalnych własności koniecznych w technice wysokich napięć*, obroniona w 1968 roku.

Praca ta stanowiła ważny wkład w zakresie inżynierii materiałowej tworzyw elektroizolacyjnych, szczególnie pracujących w podwyższonych temperaturach. Tematyka inżynierii materiałowej tworzyw ceramicznych obecna będzie w całej późniejszej działalności naukowej J. Ranachowskiego. Do najważniejszych osiągnięć w tej dziedzinie zaliczyć należy:

- opracowanie ceramicznych tworzyw do budowy komór wąskoszczelinowych iskierników i wyłączników oraz całej grupy materiałów odpornych na działanie łuku elektrycznego m. in. [10];
- badania technologiczne nad zagadnieniem syntezy i mikrostruktury tworzyw piezoelektrycznych opartych na cyrkonianie i tytanianie baru. Wynikiem tych prac był postęp w wytwarzaniu przetworników przeznaczonych do defektoskopii ultradźwiękowej i hydrolokacji np. [11];
- opracowania dotyczące technologii produkcji i własności tworzyw steatytowych dla elektrotechniki i elektroniki [12, 13]. W latach 1995-97 we współpracy z Zakładami Ceramiki Radiowej CERAD J. Ranachowski prowadził Projekt Celowy KBN pt. *Uruchomienie produkcji złożonych wyrobów konstrukcyjnych z ceramiki steatytowej*;
- prowadzenie w latach 1997-1998 we współpracy z Zakładami Ceramiki Radiowej CERAD Projektu Celowego KBN pt. *Uruchomienie produkcji szerokiego asortymentu ceramicznych podkładek spawalniczych*. Opracowane w ramach projektu tworzywa kordierytowe o różnych parametrach znalazły zastosowanie obok spawalnictwa również w branży elektrotechnicznej.

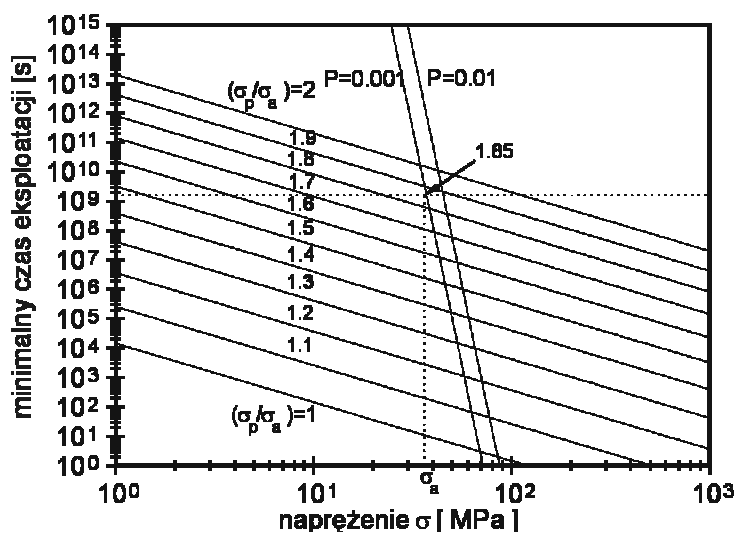
Obok konkretnych opracowań technicznych J. Ranachowski był autorem szeregu prac teoretycznych i podręczników stanowiących przez wiele lat źródło wiedzy w zakresie inżynierii materiałowej. Wśród najbardziej znaczących prac z tego zakresu wymienić należy w kolejności chronologicznej: badania nad potrójnym układem równowagi fazowej tworzyw porcelanowych [14]; rozważania na temat optymalizacji parametrów materiałów elektrotechnicznych [15]; badania szkliv izolatorów linii WN [16]; monografię – *Ceramika w technice wysokich napięć* [17]; wydanie albumu struktur porcelan elektrotechnicznych [18] oraz badania dotyczące odporności na czynniki starzeniowe tworzyw izolatorów długopniowych [19].

Niezależnie od problematyki inżynierii materiałów ceramicznych dominującą tematyką działalności naukowo-technicznej Jerzego Ranachowskiego była metodyka badań tworzyw,

szczególnie z wykorzystaniem nieniszczących technik akustycznych. Tematyka ta obecna od czasu nawiązania współpracy z inż. Jerzym Wehrem, staje się wiodąca od roku 1975, gdy J. Ranachowski przechodzi do pracy na pełnym etacie w IPPT PAN. Rok później Rada Państwa nadaje mu tytuł profesora nadzwyczajnego, a w roku 1986 zostaje mianowany profesorem zwyczajnym.

Pogłębieniem teoretycznym badań doświadczalnych były wieloletnie prace profesora Ranachowskiego nad rozkładem naprężeń elektrycznych, mechanicznych i termicznych w materiale niejednorodnym, jakim jest ceramika. Wiązało się to z wykryciem wpływu wady teksturalnej zwanej skrętem masy na naprężenia wewnętrzne w pniu izolatora m.in. [19, 20]. Prace dotyczyły także zastosowania teorii poprzeczników zespolonych do opisu pola akustycznego w materiałach porowatych o rozproszonych inkluzjach [21].

Znaczące osiągnięcia posiada profesor Ranachowski w badaniach związanych z metodami pomiarowymi krytycznej wartości współczynnika intensywności naprężeń K_{Ic} m.in. [22, 23]. Profesor był inicjatorem wykorzystania tego tak istotnego parametru charakteryzującego odporność tworzywa na kruche pękanie w prognozowaniu trwałości porcelan elektrotechnicznych. W badaniach K_{Ic} stosowano i porównywano ze sobą różne metody wyznaczania współczynnika – podwójnego skręcania, trójpunktowego zginania i technikę wgłębnikową. Badania dotyczyły zarówno stanów statycznych jak i dynamicznych obciążeń. W przypadku tych ostatnich szczególnie przydatna okazała się metoda emisji akustycznej (EA). Doskonalenie i rozwój tej techniki pomiarowej stały się jednym z głównych przedmiotów działalności naukowo-badawczej Profesora w ciągu ostatnich lat. Punktem wyjścia badań było monitorowanie w szerokim zakresie częstotliwości sygnałów akustycznych generowanych przez procesy rozwoju mikropęknięć w materiale ceramicznym podczas rosnącego obciążenia mechanicznego [24]. Analiza sygnałów EA dostarcza unikalnych informacji dotyczących początkowego stadium niszczenia struktury materiału, trudnego do detekcji innymi metodami. Badania prof. Ranachowskiego dotyczyły istotnej dla efektywności metody EA kwestii doboru właściwych deskryptorów sygnałów m. in. [25]. Stwierdzenie faktu, że naprężenie,



Rys. 2. Wykres prognozowania „czasu życia” izolatora LP-75/31W [25].

przy którym pojawiają się sygnały progowe EA, jest liniową funkcją siły niszczącej otworzyło nowe zastosowania metody akustycznej w nieniszczącej kontroli materiałów ceramicznych [24]. Wydaje się, że do najważniejszych prac Profesora w zakresie badań stanów dynamicznych ceramiki, zaliczyć należy prognozowanie „czasu życia” elementów ceramicznych, a zwłaszcza izolatorów w funkcji stosunku naprężenia niszczącego do eksploatacyjnego (σ_p / σ_a) [19]. Rozwinięciem tej pracy stały się szczegółowe badania tworzywa rodzaju 130 izolatora LP 75/31 W produkcji krajowej. Wykonana z udziałem autorów niniejszego artykułu ekspertyza pozwoliła na ocenę trwałości eksploatacyjnej tworzywa C 130 w izolatorach długopniowych. Przyjmując znamionową wytrzymałość izolatora na rozciąganie równą 160 kN i stosunek $\sigma_p / \sigma_a = 1.85$ uzyskano, przy założonym prawdopodobieństwie zniszczenia 1%, 50-letni prognozowany „czas życia” obiektu [25]. Wyniki badań ilustruje Rys. 2. Rozwinięciem i kontynuacją badań dotyczących „czasu życia” tworzywa izolatora długopniowego był udział w pracach prowadzonych na zlecenie Polskich Sieci Elektroenergetycznych S.A. Badania, prowadzone wspólnie z Instytutem Energetyki, dotyczyły analizy celowości stosowania porcelany rodzaju 130 do wytwarzania izolatorów o najwyższej jakości i niezawodności. Prace miały na celu porównanie trwałości eksploatacyjnej porcelan elektrotechnicznych różnego rodzaju, potwierdzenie zasadności użycia tworzywa C 130 do produkcji najbardziej odpowiedzialnych elementów oraz ochronę krajowego rynku. Kierowany przez Profesora zespół, do którego należeli autorzy niniejszej pracy, wykonał badania strukturalne, akustyczne i termomechaniczne. Na podstawie wyników pomiarów dokonana została ocena trwałości eksploatacyjnej porcelan elektrotechnicznych różnego rodzaju oraz ich odporności na procesy starzeniowe [29]. Badania te stanowiły również podsumowanie prowadzonych od 1994 roku termomechanicznych pomiarów izolatorów długopniowych z wykorzystaniem techniki EA [27, 28]. Wyniki badań Profesora i jego zespołu od lat prezentowane były na kongresach światowych (Florence, Berlin) i najważniejszych krajowych konferencjach elektroenergetycznych jak EUI i NIWE. Na obecnej konferencji przedstawiane są wyniki ostatnich badań strukturalnych i akustycznych prętów nośnych izolatorów kompozytowych prowadzonych w latach 2000 - 2001 we współpracy z zespołem prof. Janusza Fleszyńskiego.

3. Zakończenie

Przedstawiona w niniejszej pracy sylwetka prof. Jerzego Ranachowskiego ukazuje jak ważne i trwałe miejsce zajmuje jego działalność w ogólnym rozwoju twórczej myśli naukowej w dziedzinie elektroenergetyki. Szczególne znaczenie jego osiągnięć polega na stałej dbałości i ogromnym wysiłku w dziedzinie łączenia własnego oryginalnego dorobku naukowego i wprowadzania jego wyników do konkretnych rozwiązań technicznych. Dotyczyło to w szczególności aparatury do wyznaczania parametrów eksploatacyjnych, przydatności do dalszego użytkowania oraz stopnia zdefektowania elementów układów elektroenergetycznych. Przedwczesne odejście prof. J. Ranachowskiego w pełni jego sił twórczych stanowi nagłą i niepowetowaną stratę w środowisku polskich elektroenergetyków.

Literatura

- [1] **Ranachowski J.:** *O przyczynach uszkodzeń transformatorowych izolatorów przepustowych do 30 kV.* Biuletyn Instytutu Elektrotechniki, nr 49, Rok VIII, 1954.
- [2] **Ranachowski J. i inni:** *Typizacja izolatorów stacyjnych – wsporczych i przepustowych – na napięcia do 30 kV.* Dokumentacja Instytutu Elektrotechniki, Warszawa 1954.
- [3] **Ranachowski J., Wehr J.:** *Zastosowanie defektoskopii ultradźwiękowej do prób ceramicznych izolatorów wysokonapięciowych.* Przegląd Elektrotechniczny, nr 10/11, 1955.
- [4] **Ranachowski J., Wehr J.:** *O możliwości strukturalnych badań materiałów elektroizolacyjnych metodami ultradźwiękowymi.* Przegląd Elektrotechniczny, nr 1, 1958.
- [5] **Ranachowski J., Rejmund F., Bertrand J.:** *Jakość i niezawodność izolatorów elektroenergetycznych.* Materiały V Ogólnopolskiej Konf. Nauk.-Techn. NIWE'97, Wrocław 1997.
- [6] **Ranachowski J., Bertrand J., Ranachowski P., Rejmund F.:** *Ekspertyza dotycząca przyczyn pęknięcia izolatora wsporczego odłącznikowego 110 kV typu SWZPAK-110 rok produkcji 1976 oraz możliwości wykonania badań wadliwości izolatorów tego typu, jak również izolatorów liniowych typu LP 75.* Ekspertyza IPPT PAN dla Zakładu Energetycznego Legnica S.A., Warszawa 1997.
- [7] **Bosek M., Ranachowski J.:** *Badania izolatorów długopniowych metodą ultradźwiękową, Nieniszczące metody badania materiałów.* Zesz. Prob. Nauki Polskiej, Ossolineum, 24, 1965.
- [8] **Ranachowski J., Bertrand J.:** *Opracowanie i wdrożenie nowoczesnych metod projektowania izolatorów ceramicznych.* Dokumentacja Techniczna Instytutu Elektrotechniki, nr 494/65, Warszawa 1965.
- [9] **Ranachowski J.:** *Badania mikroskopowe struktury materiałów ceramicznych.* Dokumentacja Techniczna Instytutu Elektrotechniki, nr 265/61, Warszawa 1961.
- [10] **Ranachowski J.:** *Ceramiczne tworzywa odporne na działanie łuku elektrycznego.* Prace Komisji Ceramicznej, Ceramika 22 pt. Wybrane zagadnienia fizykochemii i technologii ceramiki ogniotrwałej i specjalnej, PWN Warszawa-Kraków 1975.
- [11] *Elektroceramika – Własności i nowoczesne metody badań.* Praca zbiorowa pod redakcją J. Ranachowskiego, PWN Warszawa-Poznań 1981.
- [12] **Cieśla M., Ranachowski J.:** *Properties of steatite body and the modification of its structure.* Science of Ceramics, 9, 1979.
- [13] **Guzek Z., Ranachowski J.:** *Versuche zur Erhöhung der Mikrostruktur von Statit.* Hermsdorfer Technische Mitteilungen, 1980.
- [14] **Pessel W., Ranachowski J.:** *Prace nad potrójnym układem równowagi faz dla porcelany.* Szkło i Ceramika, 2, 1964.
- [15] **Ranachowski J.:** *O możliwości kształtowania struktury tworzyw ceramicznych dla uzyskania optymalnych własności koniecznych w technice wysokich napięć.* Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej. Elektryka XXXII, 181, 1967.
- [16] **Święcki Z., Ranachowski J.:** *Metody ulepszania powierzchni szkieł i szkieł izolatorów wysokonapięciowych.* Materiały Seminarium Izolatorowego SEP i IEL, Warszawa – Kazimierz Dolny 1968.
- [17] **Ranachowski J., Święcki Z., Łaś T.:** *Ceramika w technice wysokich napięć.* PWN, Warszawa 1970.
- [18] **Ranachowski J., Heřmanský V.:** *Album struktur porcelany elektrotechnicznej i tworzyw porcelanopodobnych.* Wydawnictwo Instytutu Elektrotechniki, Warszawa 1972.

- [19] **Ranachowski J., Librant Z., Rejmund F.:** *Microstructure and Subcritical Crack Growth in Long-Rod High-Voltage Insulators*. Brittle Matrix Composites I, edited by A. M. Brandt and I. H. Marschall, Elsevier Applied Science, London - New York 1985.
- [20] **Ranachowski J., Łaś T.:** *Effects of structure on electric properties of ceramics*. Ceramika, 10, Kraków 1968.
- [21] **Malecki I., Ranachowski J.:** *The Acoustic Cross – Section Method for Evaluation of Porous Material Parameters*. Bull. Pol. Acad. of Sciences, 44, 1997.
- [22] **Ranachowski J., Rejmund F., Święcki Z., Wala D.:** *Ocena wytrzymałości mechanicznej modyfikowanych tworzyw korundowych na podstawie pomiarów krytycznego współczynnika intensywności naprężeń*. Acta Ceramica, 5, 1979.
- [23] **Leksowski A. M., Ranachowski J.:** *Mikrowęzłownikowe badania ceramiki z rejestracją emisji akustycznej*. W: Procesy Niszczenia i Wytrzymałości Ceramiki, Kości, Betonu. Praca zbiorowa pod red. J. Ranachowskiego i F. Rejmunda, Wyd. IPPT PAN, Warszawa 1996.
- [24] **Ranachowski J., Rejmund F., Librant Z.:** *Applications of Acoustic Emission to investigate ceramic materials*. Acta Ceramica, 8, 1982.
- [25] **Malecki I., Ranachowski J.:** *The Informatic Contents of Acoustic Emission Signals*. Proc. 15th International Congress on Acoustics, 1995.
- [26] **Ranachowski J., Rejmund F., Bertrand J., Ranachowski P.:** *Wyznaczenie współczynnika naprężeń krytycznych K_{Ic} oraz ocena „czasu życia” długopniowego izolatora liniowego typu LP 75/31W*. Ekspertyza IPPT PAN wykonana na zlecenie Instytutu Energetyki, Warszawa 1996.
- [27] **Ranachowski J., Rejmund F.:** *Acoustic emission in thermomechanical investigations of ceramics and cement materials*. Ceramics, 45; Polish Ceramic Bulletin, 7, 1994.
- [28] **Ranachowski J., Ranachowski P., Bertrand J.:** *Emisja akustyczna w próbach termomechanicznych izolatorów liniowych*. W: Nowe Kierunki Technologii i Badań Materiałowych, Wyd. IPPT PAN i Politechnika Warszawska, 1999.
- [29] **Ranachowski J., Ranachowski P., Rejmund F., Bertrand J.:** *Analiza problemów dotyczących trwałości ceramiki i określenie trwałości porcelany rodzaju 120 i 130. Analiza wyników badań strukturalnych, akustycznych i ultradźwiękowych oraz procesów starzeniowych ceramiki. W Opracowaniu: Analiza celowości stosowania porcelany rodzaju 130 do wytwarzania izolatorów o najwyższym poziomie jakości i niezawodności. Praca zbiorowa pod naukowym nadzorem J. Wańkowicza, Instytut Energetyki, Warszawa 1998.*