



ROLA POLSKIEGO KOMITETU
ELEKTROCHEMICZNEJ OCHRONY PRZED KOROZJĄ SEP
W ROZWOJU TECHNOLOGII OCHRONY KATODOWEJ
W POLSCE

THE ROLE OF THE POLISH ELECTROCHEMICAL
ANTICORROSION PROTECTION COMMITTEE OF SEP
IN DEVELOPMENT OF CATHODIC PROTECTION TECHNOLOGY
IN POLAND

Wojciech Sokólski

Polski Komitet Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją SEP

Słowa kluczowe: ochrona katodowa, historia, rozwój technologii, normalizacja
Keywords: cathodic protection, history, technology development, standardisation

Streszczenie

Korzystając z okazji czterdziestolecia działalności Polskiego Komitetu Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją SEP przedstawiono krótki rys historyczny rozwoju technologii ochrony katodowej w Polsce, zarówno w ośrodkach naukowych, jak i w przemyśle, wykazując, jaką rolę w postępie technicznym w tej dziedzinie odegrała grupa specjalistów skupionych w tej niewielkiej organizacji społecznej. Przedstawiono w zarysie cele i zadania statutowe Komitetu oraz podsumowano dorobek wieloletniej działalności. W szczególności zwrócono uwagę na udział w pracach normalizacyjnych ochrony katodowej oraz wpływ na szkolenie i upowszechnianie wiedzy w tej dziedzinie techniki wśród użytkowników tej technologii przeciwkorozyjnej. W podsumowaniu nakreślono w zarysie główne cele działania Komitetu w przyszłości oraz zarys programu ich realizacji.

Abstract

On the occasion of 40 years of activities of the Polish Electrochemical Anticorrosion Protection Committee of SEP a short historical outline has been presented of cathodic protection development in Poland, in scientific centres as well as in industry, indicating the role in technical progress played by the group of specialists associated in this small social organisation. The aims and statute tasks of the Committee have been presented and the attainments of many years of activities summarised. Attention has been focused on participation in cathodic protection standardisation works and influence on training and popularisation of knowledge of this technique amongst users of anticorrosion protection technology. In the summary main aims of Committee activities have been outlined and their realisation programme.

1. Wprowadzenie

Kiedy niedawno obchodzone było 50-lecie istnienia czasopisma *Ochrona przed Korozją* nadarzyła się okazja do nakreślenia historii rozwoju technologii ochrony katodowej w Polsce [1]. Nie była ona pełna, bo zarysowana przede wszystkim z perspektywy opublikowanych w czasopiśmie materiałów, i została uzupełniona o udział w tym dziele polskiego gazownictwa, głównie w ostatnim dwudziestolecu i widziany z perspektywy środowiska gdańskiego [2]. Obecnie pojawił się kolejny powód do podjęcia tego tematu, tym razem jako tło do zaprezentowania roli i znaczenia w tej dziedzinie techniki Polskiego Komitetu Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją SEP.

Powszechnie uważa się, że ochrona katodowa najpierw zastosowana została w praktyce, a dopiero później opracowano jej podwaliny teoretyczne. Wydaje się jednak, że metoda ta dobrze znana była już wtedy, gdy tworzone były zręby współczesnej elektrochemii. Za „ojca” ochrony katodowej uważa się Sir Humphry Davy’ego, który pierwsze prace z tej dziedziny opublikował w roku 1824 [3]. Dotyczyły one praktycznego zabezpieczenia przeciwkorozyjnego miedzianego poszycia okrętów wojennych za pomocą anod galwanicznych (stalowych gwoździ). Asystent tego twórczego brytyjskiego fizyka, Michael Faraday, kilka lat później jako pierwszy określił podstawy współczesnej elektrochemii. Nie ulega więc wątpliwości, że już w tamtych czasach stworzona teoria w zupełności tłumaczyła zasadę ochrony katodowej.

Pierwsze w dużej skali wykorzystanie ochrony katodowej do zabezpieczenia przeciwkorozyjnego metalowych konstrukcji podziemnych, a także opracowanie zasad technicznych jej stosowania, nastąpiło w Stanach Zjednoczonych w latach trzydziestych ubiegłego stulecia. Związane to było przede wszystkim z gwałtownym rozwojem przemysłu wydobywczego ropy naftowej i gazu oraz masowego zastosowania rurociągów stalowych do ich transportu.

Technologia ochrony katodowej w Polsce, podobnie jak w innych krajach europejskich, rozwinęła się znacząco dopiero po II Wojnie Światowej. Od początku ubiegłego wieku w Europie dominowały w tym zakresie przede wszystkim działania techniczne zmierzające do wyeliminowania wówczas największego zagrożenia korozyjnego obiektów podziemnych, jakim są prądy błądzące. Przyczyną było zastosowanie trakcji elektrycznych do transportu miejskiego i kolejowego zasilanych prądem stałym [4]. Prądy błądzące towarzyszą w sposób naturalny wszystkim trakcjom elektrycznym, jeśli szyny stanowią jeden z biegunów zasilania. Stąd też zagrożenie korozyjne wywoływane przez linie tramwajowe i kolejowe wskutek upływu z obwodów powrotnych prądów do ziemi występuje stale od dnia ich uruchomienia.

2. Pierwsze badania, pierwsze instalacje ochrony katodowej

Pomimo tego, że drenaże elektryczne stosowano w Europie od początku XX wieku, to pierwsza stacja ochrony katodowej zainstalowana została w Zagłębiu Sary w roku 1952 [4] zaś w Polsce, po wstępnych próbach [5, 6], z końcem marca 1954 roku na gazociągu DN400 łączącym koksownię w Knurowie z Mysłowicami. Montaż gazociągu wykonało przedsiębiorstwo „Gazobudowa” z Zabrza, a próbną doświadczalną instalację ochrony katodowej uruchomiono na zlecenie Centralnego Zarządu Gazownictwa w Warszawie. Prace nad ochroną przed korozją rurociągów podziemnych, w tym ochroną katodową, w okresie tym prowadził Stefan Pawlikowski, uznany specjalista z dziedziny technologii chemicznej, ochrony przed korozją i elektrochemii, kierownik Katedry Technologii Wielkiego Przemysłu Nieorganicznego Politechniki Śląskiej. Wraz ze swoim zespołem (m.in. I. Pollo, S. Anioł, S. Pleśniak, J. Bujoczek – projektant pierwszej instalacji ochrony katodowej) wykonał w latach pięćdzie-

siątych i sześćdziesiątych szereg nowatorskich badań związanych z elektrochemią procesów zachodzących podczas ochrony katodowej [7-10]. Pierwsza instalacja ochrony katodowej gazociągu funkcjonowała około czterech lat pod nadzorem Centralnego Laboratorium Gazownictwa w Warszawie – oddziału krakowskiego, później została zaniedbana i pozbawiona fachowej obsługi przez właściciela.

W tym samym okresie problematyką ochrony przed korozją zajmowała się Katedra Chemii Fizycznej Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej, gdzie pod kierunkiem naukowym profesora Stefana Minca już w roku 1949 badania nad aspektami elektrochemicznymi korozji rozpoczął Romuald Juchniewicz, który doktoryzował się w roku 1954 z tematu aktualnego do dnia dzisiejszego i ściśle związanego z ochroną katodową [11]. Problematyce ochrony elektrochemicznej pozostał wierny, początkowo zajmując się zagadnieniami ochrony katodowej statków [12], później oddziaływaniem prądu przemiennego [13], a w końcu po wyłonieniu z Katedry Chemii Fizycznej dla niego Zakładu Korozji Morskiej w roku 1956 stworzył załadki własnej „polskiej szkoły ochrony katodowej”, która przetrwała pod jego kierunkiem aż do 1995 roku. Specyfika zagrożeń korozyjnych wynikający z agresywności wody morskiej w naturalny sposób doprowadziła do stworzenia w Instytucie Morskim w Gdańsku zespołu naukowo-badawczego zajmującego się tą problematyką, również Zakładu Korozji Morskiej (w części obejmującą zagadnienia ochrony katodowej – L. Gliszewski, A. Stankiewicz i inni).

W drugiej połowie lat pięćdziesiątych odnotować należy początki organizowania się środowiska zajmującego się ochroną przed korozją. W 1955 roku utworzony został Instytut Chemii Fizycznej PAN w Warszawie, w którym rozpoczęto prace podstawowe z zakresu korozji (prof. M. Śmiałowski i prof. S. Minc). W 1957 roku, wspólnie z PAN i uczelniami wyższymi, bardzo aktywnie do grona organizacji zainteresowanych programowo walką z korozją włączyło się Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego. Pierwsza konferencja pod hasłem „Problemy korozji morskiej” odbyła się z udziałem SITPChem w dniach 19–21 września 1957 r. w Gdańsku i w sporej części poświęcona była ochronie katodowej jednostek pływających i konstrukcji hydrotechnicznych. Tradycja organizacji tej konferencji, później pod nazwą „Konwersatorium Korozji Morskiej”, przetrwała aż do końca XX wieku. Niemal równolegle utworzone zostały trzy Sekcje Korozji przy SITPChem: w Katowicach, zajmująca się głównie zagadnieniami korozji w przemyśle chemicznym (W. Plaskura, J. Hawliczek, H. Jodko, G. Gawecka, C. Dacko i inni), w Gdańsku, związana z problematyką ochrony przed korozją konstrukcji w gospodarce morskiej (S. Minc, F. Gawęda, R. Juchniewicz, A. Domański, A. Stankiewicz, L. Gliszewski, Z. Jedliński i inni) oraz w Warszawie Sekcja Korozji Materiałów i Konstrukcji Budowlanych (W. Skolmowski, M. Mączyński, W. Planeta i inni). Powołano także w III Wydziale PAN Komisję do Spraw Ochrony Tworzyw przed Korozją (przewodniczący – prof. M. Śmiałowski). Z inicjatywy tej grupy powstał biuletyn informacyjny „Ochrona przed Korozją” [14].

Podsumowując ten okres można stwierdzić, że technologia ochrony katodowej była w powojakach, chociaż podjęto i prowadzono z różną intensywnością badania nad tą metodą w Politechnice Śląskiej i w Politechnice Gdańskiej, w Instytucie Chemii Fizycznej PAN i w Instytutach Elektrotechniki, Gospodarki Komunalnej i Łączności w Warszawie, w Instytucie Morskim w Gdańsku oraz Centralnym Laboratorium Gazownictwa w Krakowie. W kwestiach technicznych na pierwszym miejscu dominowały zagadnienia prądów błędzących.

Rzeczą charakterystyczną dla początków rozwoju ochrony katodowej w Polsce jest to, że zagadnienia te umknęły uwadze przemysłu wydobywczego ropy naftowej i gazu, który w tamtym okresie dopiero raczkował, w odróżnieniu od Związku Radzieckiego czy Stanów Zjednoczonych. Rozwój dalekiego transportu czynników energetycznych za pomocą rurociągów dopiero się wtedy rozwijał. Istniejące już Biuro Projektów Gazownictwa „Gazoprojekt” jeszcze nie prognozowało rozwoju gazownictwa opartego na gazie ziemnym. Nie te dziedziny techniki zdecydowały więc o pojawieniu się mecenatu państwowego nad ochroną katodową – to korozja kabli telekomunikacyjnych pod wpływem prądów błądzących układanych wzdłuż elektryfikowanych linii kolejowych stała się motorem postępu w tej dziedzinie. Łączność telefoniczna miała wtedy znaczenie paramilitarne.

3. Pierwsze szerokie wdrożenia przemysłowe

W wyniku prowadzonych badań w latach sześćdziesiątych pojawiają się pierwsze rozwiązania techniczne, urządzenia i podzespoły ochrony katodowej [15–20]. Także pierwsza książka w całości poświęcona w całości ochronie elektrochemicznej (R. Juchniewicz) [21], a wkrótce także druga [22] też w dużej części poświęcona tej technologii.

Tworzą się sprzyjające warunki do rozwoju ochrony przeciwkorozyjnej – pojawia się dokument rządowy nakazujący we wszystkich branżach opracowanie programów walki z korozją [23]. Komitet Nauki i Techniki w roku 1964 przyznał Instytutowi Łączności rangę jednostki wiodącej w kraju w dziedzinie ochrony elektrochemicznej. To w Instytucie Łączności od 1957 roku podjęto badania ochrony przed korozją konstrukcji telekomunikacyjnych na zlecenie Ministerstwa Komunikacji i powstała tam Grupa Problemowa ds. Ochrony Podziemnych Konstrukcji Metalowych przed Korozją Elektrochemiczną (J. Bralewski, O. Skiba-Rogalska, S. Dąbrowski). Podjęto tematykę badawczą korozji ołowiu, materiału stosowanego na powłoki kabli telekomunikacyjnych, oraz jego ochrony elektrochemicznej w ziemi. Na początku zastosowano systemy ochrony dalekosiężnych kabli telekomunikacyjnych za pomocą anod galwanicznych. Nawiązano współpracę z Centralnym Ośrodkiem Badań i Rozwoju Techniki Kolejnictwa w Warszawie (T. Puchalski, K. Kulawik) opracowując między innymi modele urządzeń drenaży elektrycznych przystosowanych do współpracy z liniami PKP. Wyniki doświadczeń zgromadzonych w Instytucie Łączności w owym czasie znajdują odzwierciedlenie w książce poświęconej technice pomiarowej (J. Bralewski) [24].

Przy współudziale specjalistów z Politechniki Śląskiej, Instytutu Elektrotechniki (W. Dziuba) oraz Izby Rzecznawców Stowarzyszenia Elektryków Polskich, Biuro Projektów „Naftoprojekt” z Warszawy (L. Jung, M. Jung) i Przedsiębiorstwo Eksploatacji Rurociągu Naftowego „Przyjaźń” w Płocku w okresie od sierpnia 1963 r. do listopada 1965 r. zainstalowały i uruchomiły ochronę katodową naftociągu „Przyjaźń” [25–28]. Był to pierwszy w kraju ważny i duży obiekt, dla którego zaprojektowano i uruchomiono ochronę katodową. Niestety nie wpłynął on w znaczący sposób na postęp w stosowaniu technologii ochrony katodowej w Polsce - chociaż uaktywniły się prace w Centralnym Laboratorium Gazownictwa (Z. Wróblewska, K. Brich) [29–31]. Dla nowobudowanych gazociągów Biuro Projektów „Gazoprojekt” we Wrocławiu zaczyna opracowywać dokumentację „ochrony elektrycznej” (W. Burak), a BUG „Gazobudowa” Zabrze je buduje. Nad działaniami tymi roztacza opiekę Zakład Ochrony Antykorozyjnej Centralnego Laboratorium Gazownictwa w Krakowie. Tak wynika z zachowanych relacji [31] – ale mowa tu za ledwie o pierwszych kilkunastu stacjach drenażowych i katodowych.

W roku 1966 wydana została, zgłoszona przez Ministerstwo Komunikacji, pierwsza polska norma [32] poświęcona przede wszystkim ochronie przed prądami błędzącymi, ale zawierająca także podstawowe wymagania dotyczące ochrony katodowej konstrukcji stalowych i ołowianych (kabli).

Norma nakładała obowiązek stosowania tej technologii ochrony przeciwkorozyjnej (stosowanie norm było wtedy obowiązkowe) na wszystkich podziemnych i podwodnych konstrukcjach metalowych, ze szczególnym uwzględnieniem wszelkiego rodzaju metalowych rurociągów i panczerzy kabli. To od tamtego czasu w Polsce odnotować można znaczący postęp w stosowaniu przemysłowym ochrony katodowej, głównie w telekomunikacji i gazownictwie oraz gospodarce morskiej.

W tym czasie na Wybrzeżu zarysował się wyraźny podział – Instytut Morski (L. Głiszewski, S. Malinowski) zajmuje się polską flotą i remontami statków, Centralne Biuro Konstrukcji Okrętowych i inne biura, późniejsze Centrum Techniki Okrętowej (A. Domański, W. Bogotko) prowadzi badania ochrony katodowej dla potrzeb stoczni produkcyjnych. Przemianowany na Zakład Korozji zespół przy Katedrze Chemii Fizycznej Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej (R. Juchniewicz, J. Walaszkowski, J. Rybicki, W. Bohdanowicz, W. Widuchowski) ukierunkowuje swoje zainteresowania na problematykę ochrony katodowej na lądzie i w dużych zakładach przemysłowych – m. in. ochrony katodowej magistralnych gazociągów w rejonie Trójmiasta, zabezpieczenia dna zbiornika gazowego w Gazowni Gdańskiej, ochrony katodowej kabli, w tym kabla międzymiastowego KD-50 Gdańsk-Malbork, ochrony katodowej podziemnych zbiorników paliwowych na lotniskach wojskowych, ochrony katodowej wewnętrznych powierzchni rur opadowych w elektrowni szczytowo-pompowej (Żydowo) Wyniki tych prac są natychmiast wdrażane w praktyce, a najciekawsze rozwiązania techniczne – patentowane.

4. Rozwój nauki i postęp techniczny

W wyniku zmian organizacyjnych w Politechnice Gdańskiej w latach 1968/69 powołany został samodzielny Zakład Technologii Zabezpieczeń Przeciwkorozyjnych, na czele którego stanął wówczas doc. dr hab. inż. R. Juchniewicz. Zakład składał się z dwóch zespołów naukowo-badawczych – Zespołu Ochrony Elektrochemicznej, który wyłoniony został z Katedry Chemii Fizycznej (R. Juchniewicz, J. Walaszkowski, W. Bohdanowicz, A. Widuchowski, później - W. Sokólski, J. Jankowski, J. Szukalski, E. Stankiewicz, J. Rozwadowski), oraz Zespołu Powłok Ochronnych, wyłoniony z Katedry Technologii Chemii Nieorganicznej. Podział ten utrzymywany był stale do roku 1995.

Zakład rozpoczął kształcenie na studiach dziennych i studiach podyplomowych, a następnie na studium stacjonarno-zaocznym. Opracowano materiały dydaktyczne, stworzono laboratoria, wydano skrypt do ćwiczeń. W ramach programu co najmniej 1/4 omawianych zagadnień – wykładów, ćwiczeń laboratoryjnych i seminariów - wprost lub pośrednio miała związek z technologią ochrony elektrochemicznej. Podjęto także starania o wzmożenie edukacji na szczeblu szkolnictwa średniego – w tym celu opracowano odpowiedni dwutomowy podręcznik „Technika przeciwkorozyjna” [33], poświęcając w nim dużo miejsca ochronie katodowej. Sporo uwagi zwrócono na współpracę z przemysłem. W czasie funkcjonowania Zespołu Ochrony Elektrochemicznej powstało 8 doktoratów oraz kilkadziesiąt prac dyplomowych i kilkaset prac o charakterze naukowym i technicznym. Po zatrudnieniu w latach osiemdziesiątych jeszcze 2 elektroników, 2 fizyków i 2 techników stworzony został bardzo silny zespół interdyscyplinarny liczący ponad 20 osób.

Z perspektywy czasu trzeba przyznać, że zasadniczą cechą tego Zespołu była otwartość na postęp techniczny i naukowy. Okres lat siedemdziesiątych miał duże znaczenie dla rozwoju technologii ochrony katodowej. To wtedy zwrócono uwagę na mechanizmy reakcji elektrodowych podczas polaryzacji katodowej, pojawiły się techniki eliminowania omowego spadku napięcia IR w pomiarach potencjałów, opracowano nowe metody pomiarowe reakcji elektrodowych i szybkości korozji, udoskonalono i stworzono nowe materiały anodowe, dostępne stały się tranzystory i pierwsze obwody scalone, stało się możliwe wykorzystanie maszyn cyfrowych. Nie bez powodu opracowanych zostało wtedy w Politechnice Gdańskiej szereg nowatorskich rozwiązań technicznych, m.in. automatyczne stacje ochrony katodowej kompensacją IR, anody z aktywowanego tytanu, korelacyjna metoda badania prądów błędzących.

Od początku lat siedemdziesiątych zmian organizacyjnych było więcej. Jak już wyżej wspomniano – tworzy się w 1971 r. Centrum Techniki Okrętowej, a w nim Zespół Pracowni Materiałoznawstwa i Korozji, w tym pracownia zajmująca się ochroną katodową (W. Bogotko). Centralne Laboratorium Gazownictwa w 1972 roku zamienia się w Instytut Gazownictwa, a następnie w roku 1976 w Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa, w którym powstają wyodrębnione Pracownia Pokryć Ochronnych (Z. Wróblewska) i Pracownia Ochrony Katodowej (M. Markiewicz). Zainteresowanie ochroną katodową wykazuje także Politechnika Poznańska (Wydział Elektryczny). W sierpniu 1978 r. powstaje pierwszy akt prawny nakazujący stosowanie ochrony katodowej gazociągów.

Lata siedemdziesiąte to także okres nawiązywania współpracy międzynarodowej w ramach Rady Wzajemnej Pomocy Gospodarczej (RWPG). Od 1971 do 1988 roku koordynację jednostek w Polsce w temacie IV „Elektrochemiczna ochrona konstrukcji metalowych i aparatów” sprawował Instytut Łączności, potem (na krótko) Politechnika Gdańska. W ramach tego tematu współpracowały ze sobą Związek Radziecki, NRD, Bułgaria, Węgry, Czechosłowacja i Polska. Co roku odbywały się robocze narady o charakterze naukowo-technicznym organizowane cyklicznie w różnych krajach. Ostatnie miało miejsce w Budapeszcie w roku 1989. Polska była gospodarzem narad tematu IV RWPG dwukrotnie w Sopocie: w roku 1979 (ze strony polskiej – J. Bralewski, O. Skiba-Rogalska) oraz w roku 1985 (ze strony polskiej – O. Skiba-Rogalska, W. Sokólski). Do dzisiaj pozostały w pamięci wspomnienia tych spotkań międzynarodowych, kiedy w sposób nieskrępowany żadną konkurencją wszyscy informowali się wzajemnie o swoich sukcesach i niepowodzeniach w stosowaniu ochrony katodowej, z przymrużeniem oka przyglądając się osiągnięciom „głównego organizatora”.

W omawianym okresie opracowano kolejne normy, początkowo branżowe (BN) [34–37], później normy polskie (PN), nad którymi prawną opiekę i inicjatywę normalizacyjną sprawowało Ministerstwo Łączności. W 1973 r. „Gazoprojekt” przygotował pierwszy „normatyw projektowania” ochrony katodowej (W. Burak), który przetrwał do roku 1996, kiedy to został unowocześniony (M. Markiewicz). W latach 1971, a następnie 1976/77 opracowany został pakiet norm [38–42], który - nowelizowany kilkakrotnie - dotrwał do momentu wstąpienia Polski do Unii Europejskiej, kiedy to dokumenty te w sposób urzędowy straciły swoją aktualność. Nim to jednak się stało, wagę i znaczenie tych norm podniósł po raz ostatni Minister Łączności w 1996 r. zaliczając je do grupy obowiązkowego stosowania [43] (co bez wątpienia podkreślało rangę technologii ochrony katodowej w technice), chociaż raczej uczynił tym gest w stronę użytkowników stalowych rurociągów, ponieważ problem korozji kabli, szczególnie wywołanej prądami błędzącymi, przestał istnieć w sposób samoistny po masowym wprowadzeniu przewodów światłowodowych i powłok z tworzyw sztucznych. Tym samym ochrona katodowa straciła swojego dotychczasowego mecenasa i niestety do dzisiaj nie za-

stąpiły go resorty zajmujące się transportem i magazynowaniem gazu czy ropy naftowej – choć tak się to dzieje praktycznie na całym świecie. Technologia ochrony katodowej od tego czasu nie ma praktycznie żadnego wsparcia przemysłowego.

5. Centralna Komisja Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją SEP

Wreszcie jest właściwe miejsce, aby wpleść w historię rozwoju ochrony katodowej w Polsce wątek powołania do życia „samoistnej organizacji osób zawodowo zainteresowanych elektrochemiczną ochroną przed korozją”, która znalazła oparcie w Stowarzyszeniu Elektryków Polskich. W roku 1972 wyłoniła się grupa specjalistów ochrony katodowej ze środowiska naukowego i technicznego, która powołała przy Zarządzie Głównym SEP Centralną Komisję Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją (Przewodnicząca – O. Skiba-Rogalska, Instytut Łączności w Warszawie). Powstanie tej organizacji odbyło się w sposób naturalny, ponieważ tworzona w resorcie łączności nowa norma arkuszowa ochrony katodowej w roku 1971 skupiła szerokie grono specjalistów z różnych dziedzin i ośrodków naukowo-technicznych z całej Polski, które uznało za celowe stałe spotkanie się, celem podejmowania dalszych wspólnych prac normalizacyjnych nad rozbudową normy. W sposób naturalny prace tego zespołu kierowane były przez Instytut Łączności w Warszawie. Dość szybko kontakty tej grupy zamieniły się w dalece szersze forum dyskusyjne, ponieważ oprócz prac normalizacyjnych niezbędne było podjęcie innych działań: popularyzacji wiedzy, szkolenia, organizacja seminariów i dyskusji na tematy techniczne i ekonomiczne związane z ochroną katodową. Możliwość wymiany informacji i własnych doświadczeń w okresie dość szybkiego rozwoju technicznego i postępu była siłą napędową, która powodowała, że wokół tej organizacji skupiali się wszyscy specjaliści ochrony katodowej z różnych dziedzin (telekomunikacja, gazownictwo, transport i magazynowanie ropy naftowej, gospodarka morska, gospodarka komunalna, szkolnictwo wyższe). Grupa ta, po przekształceniu się w roku 1994 w Polski Komitet Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją (Przewodniczący – W. Sokólski, Politechnika Gdańska), prowadzi do dnia dzisiejszego działalność statutową, której zasadniczym celem jest wspieranie, propagowanie i rozwój elektrochemicznej ochrony przed korozją w Polsce.

W roku 1976 ukazało się tłumaczenie na język polski książki „Katodowa ochrona metali” [4], pierwszej opublikowanej na Zachodzie – wśród skąpej literatury zagranicznej znajdowały się do tej pory jedynie nieliczne tłumaczenia z języka rosyjskiego. W tym samym mniej więcej czasie pojawia się pod auspicjami SEP – Centralnej Komisji Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją skrypt opracowany dla kursów szkoleniowych [46], a także odbywa się jedna z pierwszych konferencji naukowo-technicznych w Poznaniu (W. Machczyński, J. Sibila) [45].

6. Lata świetności i rozwoju ochrony katodowej

„Okres względnej świetności ochrony katodowej w kraju przypada na lata 1960–1975” – tak napisała z perspektywy czasu kilkunastu lat w roku 1986 O. Skiba-Rogalska [48], zapewne pod wpływem zanikającego zainteresowania ochroną katodową służb telekomunikacyjnych (dzisiaj, na początku drugiej dekady XXI wieku, to spojrzenie jest oczywiście inne). W tamtym czasie produkcja podzespołów ochrony katodowej została opanowana (stacje typu SOK, ceramiczne elektrody odniesienia Cu/CuSO₄, anody galwaniczne), stosowane systemy ochrony katodowej, głównie w gazownictwie, zdawały egzamin – liczba uszkodzeń korozyjnych znacząco zmalała. I jak w klasycznym „cyklu świńskim” zainteresowanie ochroną kato-

dową, głównie decydentów, zmalało. Rozwiązano zespoły badawcze, zwolniono ludzi. By jednak uzasadnić prawdziwość wspomnianej zasady pojawił się na szczęście dokuczliwy problem, który znowu na kilkanaście lat rozkręcił koniunkturę rozwoju technologii ochrony katodowej, tym razem w gospodarce komunalnej.

Okazały się nim znowu prądy błądzące, które z niespotykaną siłą zaatakowały miejskie sieci ciepłownicze układane w pianobetonie. Rozpoczął się kolejny „okres świetności i rozwoju”.

To do rozwiązywania tych problemów opracowano dwukanałowy rejestrator magnetyczny (Politechnika Gdańska), a w ślad za nim inne bardziej nowoczesne cyfrowe urządzenia rejestrujące (L'Instruments Warszawa). Wtedy też wyprodukowano дренаże dużej mocy z regulacją tyrystorową w obwodzie ochrony (pierwsze zastosowania na sieci ciepłowniczej w Poznaniu). Pojawiły się nowe koncepcje związane z oceną zagrożeń wywołanych przez prądy błądzące i ich eliminowaniem [47,48], rozwijane później w licznych pracach badawczych [49,50]. W kilku dużych miastach Polski z dużym rozmachem i dużym sukcesem wdrożono nowe rozwiązania (Poznań, Gdańsk, Bydgoszcz, Szczecin, Toruń, Dąbrowa Górnicza, Warszawa i inne).

W latach osiemdziesiątych badania w zakresie ochrony katodowej w Polsce koordynowane były przez Politechnikę Gdańską najpierw w ramach Programu Węzłowego 05.3 „Metody i środki ochrony przed korozją” Podproblemu C.2 „Ochrona elektrochemiczna”, a następnie Centralnego Programu Badawczo-Rozwojowego nr 6.6, cel 33, w których uczestniczyły Instytut Łączności, Instytut Elektrotechniki w Warszawie, Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa, Instytut Elektrotechniki Politechniki Poznańskiej, Centrum Techniki Okrętowej i Instytut Morski.

W omawianym okresie działa Polski Komitet Naukowo-Techniczny NOT ds. Korozji – ochrona katodowa prezentowana jest w nim przez O. Skibę-Rogalską, wiceprzewodniczącą tego Komitetu. W latach 1980, 1986 i 1991 Polski Komitet Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją SEP organizuje kolejne konferencje pod wspólnym tytułem „Pomiary korozyjne w ochronie elektrochemicznej”, które od roku 1996 zamieniają się w stałe konferencje wznawiane co dwa lata. Jest to do dnia dzisiejszego jedyne tego rodzaju forum i miejsce spotkań specjalistów ochrony katodowej w Polsce.

7. Nowe czasy – nowe wyzwania

Lata dziewięćdziesiąte, nie tylko ze względu na zmiany ustrojowe i związane z tym przemiany w działalności gospodarczej, ale przede wszystkim ze względu na otwarcie na nowe technologie, stworzyło inne możliwości rozwojowe również w dziedzinie ochrony katodowej. W 1991 r. w ówczesnym Pomorskim Okręgowym Zakładzie Gazownictwa w Gdańsku powołano do życia Dział Ochrony Antykorozyjnej, o szerokich kompetencjach, usytuowany dość wysoko w strukturze organizacyjnej (M. Fiedorowicz). Rozpoczyna się wdrażanie nowych technologii ochrony przeciwkorozyjnej gazociągów (głębiny uziomy anodowe, monobloki izolujące, metoda wyłączeniowa i pomiary intensywne, zdalny monitoring ochrony katodowej, zabezpieczenia rurociągów przed korozją wywoływaną przez prąd przemienny). Po raz pierwszy zastosowano procedurę odbiorową powłoki izolacyjnej nowo budowanego gazociągu, w której najistotniejszym elementem było określenie kryterium odbiorowego i sprawdzenie spełnienia tego kryterium po zasypaniu rurociągu. W tym czasie także po raz pierwszy z sukcesem wdrożono w Nowym Dworze Gdańskim kompleksową

ochronę katodową całej stalowej miejskiej sieci rozdzielczej [51]. W Zespole Ochrony Elektrochemicznej na Politechnice Gdańskiej rodzi się koncepcja zastosowania kinetycznego kryterium ochrony katodowej i zastosowania do tego celu korozymetrii rezystancyjnej [52], która później wdrożona została w skali przemysłowej [53].

Po kilku latach pracy wydana została w końcu książka „Ochrona elektrochemiczna przed korozją” – praca zbiorowa [54]. Jest spóźniona – w gazownictwie uruchamia się właśnie pierwsze linie do automatycznego nakładania trójwarstwowych powłok izolacyjnych (epoksyd/kopolimer/polietylen). Ministerstwo Przemysłu i Handlu wydaje rozporządzenie nakazujące ich stosowanie (1995). Rozpoczynają się przygotowania do budowy polskiego odcinka gazociągu tranzytowego Jamał – Europa Zachodnia. Ta zupełnie nowa technologia układania rurociągu pociąga za sobą także daleko idące modyfikacje w systemach ochrony katodowej. Wieloletnie doświadczenia zdobyte podczas obserwacji warunków eksploatacji rurociągów w izolacjach bitumicznych okazały się mało przydatne. Pierwszą nitkę gazociągu wybudowano w latach 1996-2001. Niestety, historia się powtórzyła – ta kolejna wielka inwestycja rurociągową w Polsce nie stała się impulsem napędowym dla rozwoju środowiska zajmującego się ochroną katodową (tak, jak stało się to m.in. w Czechosłowacji). Zastosowano co prawda po raz pierwszy w gazownictwie stacje z impulsowymi blokami mocy, anody tytanowe w wypełnieniu grafitowym i technikę łączenia przewodów miedzianych do rurociągu metodą „Pin Brazing” (SPZP Corropol), ale rozwiązania te długo „przebijają się” do praktyki codziennej. Zalety nowoczesnych izolacji 3LPE doceniono i najlepiej wykorzystano w gazownictwie gdańskim [55] – w roku 2005 oddano do eksploatacji odcinek gazociągu Gardeja-Gniew o długości 29,1 km, na którym osiągnięto wysoki poziom szczelności powłoki izolacyjnej, co umożliwiło realizację jego ochrony katodowej za pomocą pojedynczej anody magnezowej przy poborze prądu zaledwie 0,1 mA i to przy oddziaływaniach indukowanego prądu przemiennego (M. Fiedorowicz, M. Jagiełło). Zastosowano rurociągu na odseparowane odcinki, odznaczono przepływ prądu przemiennego, zabudowano czujniki korozymetryczne i wprowadzono zdalne monitorowanie – co dało w rezultacie niespotykany efekt skutecznej ochrony przeciwkorozyjnej gazociągu przy niskich kosztach budowy i eksploatacji [2]. Koncepcja ta jest nadal z powodzeniem rozwijana w tym zespole.

W latach dziewięćdziesiątych zamiera działalność normalizacyjna w obszarze ochrony katodowej w oczekiwaniu na nieuchronne zmiany jakie ma w przyszłości przynieść Unia Europejska. Normy przestają obligatoryjnie obowiązywać jako prawo techniczne.

Brak podręczników z zakresu ochrony katodowej i ograniczenie dostępu do wiedzy w tej dziedzinie zachęciło spore grono zainteresowanych do udziału w seminariach i konferencjach, które Polski Komitet Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją SEP włączył do swojej stałej działalności. Komitet także rozpoczął wydawać własny „Biuletyn” informacyjny, jednak wkrótce okazało się, że koszty jego edycji w stosunku do możliwości wykorzystania do tego celu Internetu są za duże, zważywszy, że działalność redaktorska prowadzona była całkowicie społecznie. Za zgodą NACE International przetłumaczono na język polski podstawową normę amerykańską z zakresu ochrony katodowej NACE RP0169-96. Wydawania drukiem informacji po pierwszym tomie zaniechano, natomiast stworzono stronę internetową, obecnie dostępną pod adresem www.pkeopk.sep.com.pl. Udostępnione przez lata materiały (konferencyjne, w „Biuletynie” i na stronach internetowych) stanowią bardzo bogate źródło wiedzy w dziedzinie ochrony katodowej. W roku 1994 Redaktor Naczelny „Ochrony przed Korozją” (E. Śmieszek) zaprosił Komitet do uaktywnienia Działu „Ochrona katodowa” w tym czasopiśmie – obecnie ósmy numer czasopisma poświęcony jest w całości tej technologii ochrony przeciwkorozyjnej.

8. Nowe wymagania

Zanim Polska wstąpiła oficjalnie do Unii Europejskiej rozpoczął się na przełomie wieków etap pozyskiwania zachodnich technologii poprzez normalizację. W Polskim Komitecie Normalizacyjnym w Wydziale Elektryki powołany został w Komitecie Technicznym nr 290 ds. „Specjalnych Technik w Elektryce” podkomitet „Ochrona Katodowa” (W. Sokółski, J. Dąbrowski), który wraz z współpracującymi specjalistami (W. Dziuba, M. Hanasz, M. Markiewicz) opracował niemal wszystkie wydane do roku 2005 normy europejskie z zakresu ochrony elektrochemicznej w języku polskim. Stanowią one obecnie główne źródło informacji technicznych w tej dziedzinie. Po zmianie zasad funkcjonowania PKN i praktycznym zaniechaniu finansowania prac normalizacyjnych, do udziału w pracach KT 290 nominowano Instytut Elektrotechniki w Warszawie i SPZP CORRPOL z Gdańska.

XXI wiek rozpoczął się od batalii o powszechne stosowanie ochrony katodowej podziemnych zbiorników paliwowych. Niestety jest ona tylko częściowo wygrana. Obecne przepisy [56] nie stawiają w tym zakresie ostrych wymagań. Jest nadzieja, że zostaną zmienione, ponieważ na szczęście w praktyce zakres stosowania tego zabezpieczenia przeciwkorozyjnego zbiorników podziemnych powiększa się z roku na rok.

Zastosowania ochrony katodowej w Polsce w innych dziedzinach techniki, niż wyżej opisane, albo są powszechne, jak w gospodarce morskiej do ochrony kadłubów okrętowych, czy też w energetyce do ochrony wymienników ciepła, albo praktycznie są nieznanymi, jak w gospodarce wodnej i ściekowej, czy w odniesieniu do konstrukcji żelbetowych. Czas na ich rozwój jeszcze nadejdzie.

Rozwój technologii ochrony katodowej nadal postępuje w miarę pojawiających się niedogodności technicznych związanych z jej stosowaniem i ułatwień, jakie przynosi współczesna technika. Obecnie prowadzone są prace nad sposobem ochrony konstrukcji podziemnych posiadających bardzo dobrą powłokę izolacyjną, obiektów narażonych na działanie prądu przemiennego, złożonej infrastruktury (zarówno starej jak i nowobudowanej) oraz usuwaniu błędów, jakie popełniano w przeszłości (np. rozwiązywanie problemów rur osłonowych na rurociągach). Staje się modne zdalne monitorowanie pracy instalacji ochrony katodowej, a nawet jej regulacja.

Stosowanie ochrony katodowej wchodzi w nowy etap rozwojowy. Wymagane są rozwiązania skuteczne i nowoczesne, dobrze zaprojektowane i fachowo eksploatowane. Naprzeciw tej tendencji wychodzi opracowana niedawno nowa norma europejska PN-EN 15257 „Ochrona katodowa. Poziomy kompetencji i certyfikacja personelu ochrony katodowej”. Polski Komitet Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją SEP zainicjował proces wdrożenia tej normy jeszcze przed jej ostatecznym ustanowieniem w CEN w roku 2006 [57], doceniając rolę tego rodzaju regulacji w koniecznym uporządkowaniu rynku ochrony katodowej w Polsce. Obecnie, w wyniku porozumienia pomiędzy Zarządem Głównym Stowarzyszenia Elektryków Polskich a Urzędem Dozoru Technicznego, trwa wdrożenie procesu certyfikacji personelu ochrony katodowej w Jednostce Certyfikującej Osoby UDT-CERT przy współudziale Polskiego Komitetu Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją SEP. Nadrobienie powstałych zaległości i możliwie szybkie uruchomienie tego procesu, obejmującego przede wszystkim organizację szkoleń i oceny kompetencji wg wymagań normy, to jedno z najważniejszych obecnie zadań PKEOpK SEP.

9. Podsumowanie

Przedstawiony w zarysie przebieg rozwoju technologii ochrony katodowej w Polsce, zapewne nie jest pełny, ale oddaje chyba obraz najistotniejszych przemian, jakie następowały w wyniku postępu technicznego i organizacji zespołów odpowiedzialnych za ten postęp. Meandry przemian w obrębie samej technologii, zmiany różnorodnych poglądów i koncepcji, które nastąpiły w omówionym tu okresie, nawet nie zostały przedstawione w zarysie.

Ostateczny bilans jest dość dobry - technologia ochrony katodowej w Polsce nie odstaje od światowego poziomu. Odczuwalne jest to najlepiej przy pracach normalizacyjnych.

Na „polu bitwy” o wysoki poziom techniczny zarówno specjalistów jak i stosowanych rozwiązań technicznych ochrony katodowej pozostaje niezmiennie Polski Komitet Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją SEP, tak, jak czyni to od 40 lat, kiedy to o perspektywach ochrony elektrochemicznej O. Skiba-Rogalska [25] wypowiedziała się następująco:

„Mimo stosunkowo prostych zasad działania, projektowaniem i uruchamianiem ochrony elektrochemicznej powinien zajmować się personel wyspecjalizowany w tej dziedzinie. Praktycy wiedzą ile wymaga ona wyczucia i często indywidualnego podejścia do każdego prawie przypadku korozji. Schematyzm może być przyczyną nieprawidłowych rozwiązań technicznych, czy ekonomicznych instalacji ochrony.

Rozpowszechnienie ochrony elektrochemicznej będzie więc uzależnione od powołania przedsiębiorstw specjalistycznych, które kompleksowo zajmą się projektowaniem, budową, a nawet kontrolą urządzeń ochrony.

Ochrona ta, jak każda inna, wymaga dozoru ze strony służb antykorozyjnych, polegającego na sprawdzeniu prawidłowości działania instalacji i stopnia spolaryzowania konstrukcji oraz na usuwaniu zauważonych usterek. Tylko przy takim założeniu można się spodziewać dobrych efektów.”

Literatura

- [1] Sokólski W., *Ochrona katodowa w czasopiśmie*, „Ochrona przed Korozją” 2007, nr 8, s. 300.
- [2] Fiedorowicz M., *Przyczynek do historii ochrony katodowej w Polsce*, Przegląd Gazowniczy, grudzień 2007, s. 20.
- [3] Davy H., *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 114, 151, 242 and 328 (1824).
- [4] v. Baeckmann W., Schwenk W., *Katodowa ochrona metali*, WNT, Warszawa 1976.
- [5] Pawlikowski S., Kobyłczyk A., Ludera L., *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Chemia* 1, 1954.
- [6] Pawlikowski S., „Nafta” 10, 109, 1954.
- [7] Pawlikowski S., *Przeciwkorozyjna ochrona elektrochemiczna rurociągów w ziemi*, „Ochrona przed Korozją, nr 4/1958, s. 1–10.
- [8] Pawlikowski S., *Ochrona katodowa w przemyśle*, „Ochrona przed Korozją” 1962, nr 2.
- [9] Pawlikowski S., Pollo I., *O procesach zachodzących w glebie pod wpływem parametrów elektroochrony przeciwkorozyjnej*, „Ochrona przed Korozją” 1963, nr 3, s. 72–75.
- [10] Pawlikowski S., *Prądy błądzące - groźna przyczyna korozji urządzeń podziemnych*, „Ochrona przed Korozją” 1964, nr 6, s. 102–106.
- [11] Minc S., Juchniewicz R., *Zależność potencjału nieodwracalnej elektrody (stali) od pH środowiska, jako wskaźnik trwałości antykorozyjnej*, „Przemysł Chemiczny” 1953, nr 9.

- [12] Juchniewicz R., *Katodowa ochrona kadłubów okrętowych*, I. *Pomiary potencjałów statków w basenach Gdańska i Gdyni. Badania ochrony katodowej na modelu kadłuba 10000 TDW*, „Przemysł Chemiczny” 1957, nr 12, s. 26–30.
- [13] Juchniewicz R., *The influence of alternating current on the anodic behaviour of metals*, *First International Congress on Metallic Corrosion*, Butterworths, London, 10–15 April 1961, s. 368–373.
- [14] Protokół zebrania organizacyjnego Sekcji Korozji Materiałów i Konstrukcji Budowlanych z dnia 20.02.1958, „Ochrona przed Korozją” 1958, nr 1, s. 59.
- [15] Bralewski J., *Urządzenia do zabezpieczania metalowych instalacji podziemnych przed korozją powodowaną przez prądy błędzące*, „Ochrona przed Korozją” 1960, nr 3–4.
- [16] Gliszewski L., Stankiewicz A., Taber W., Łopuszek H., *Anody magnezowe produkcji krajowej do ochrony katodowej komór ładunkowych zbiornikowców i innych konstrukcji*, „Ochrona przed Korozją” 1960, nr 3–4, s. 30–32.
- [17] Skiba-Rogalska O., *Ochrona katodowa metalowych konstrukcji podziemnych za pomocą anod galwanicznych*, „Ochrona przed Korozją” 1963, nr 1, s. 19–22.
- [18] Pawlikowski S., Anioł S., Banasik S., Chomiakow A., *Oporność elektryczna izolacji bitumicznych stosowanych w budowie rurociągów podziemnych*, „Ochrona przed Korozją” 1963, nr 4, s. 100–104.
- [19] Bralewski J., *Zagadnienie oddziaływania stacji ochrony katodowej na sąsiednie metalowe urządzenia podziemne*, „Ochrona przed Korozją” 1964, nr 3, s. 49–52.
- [20] Pawlikowski S., *Prądy błędzące – groźna przyczyna korozji urządzeń podziemnych*, „Ochrona przed Korozją” 1964, nr 6, s. 102–106.
- [21] Juchniewicz R., *Katodowa, protektorowa i anodowa ochrona metali w technice*, PWN, Warszawa 1960.
- [22] Juchniewicz R., *Z zagadnień korozji metali*, PWN, Warszawa 1965.
- [23] Rozporządzenie nr 136 Prezesa Rady Ministrów z dnia 19 grudnia 1963 r. w sprawie ochrony przed korozją.
- [24] Bralewski j., *Pomiary korozyjne na metalowych konstrukcjach podziemnych*, WNT, Warszawa 1968.
- [25] Skiba-Rogalska O., *Przemysłowe zastosowania ochrony elektrochemicznej*, „Ochrona przed Korozją” 1974, nr 8, s. 239–244.
- [26] Dziuba W., *Sposoby ustalania parametrów dla ochrony elektrochemicznej w szczególności urządzeń podziemnych*, „Ochrona przed Korozją” 1965, nr 4, s. 80–87.
- [27] Dziuba W., *Wstępne wyniki eksploatacji ochrony katodowej rurociągu PRZYJAŻŃ*, „Ochrona przed Korozją” 1966, nr 4, s. 86–92.
- [28] Dziuba W., *Ocena skuteczności działania ochrony katodowej rurociągu PRZYJAŻŃ*, „Ochrona przed Korozją” 1966, nr 5, s. 114–117.
- [29] Brich K., *Zadania służb antykorozyjnych przy ochronie podziemnych urządzeń metalowych na drodze elektrochemicznej*, „Ochrona przed Korozją” 1966, nr 6, s.147–151.
- [30] Szczepańska E., Wróblewska A., *Wykonywane i planowane prace badawcze z zakresu korozji dla potrzeb górnictwa i gazownictwa*, „Ochrona przed Korozją” 1971, nr 10–11.
- [31] Wróblewska Z., Brich K., *Problemy zwalczania korozji w przemyśle gazowniczym*, „Ochrona przed Korozją” 1969, nr 11, s. 239–244.
- [32] PN-66/E-05024 Ochrona podziemnych urządzeń metalowych przed korozją powodowaną prądami błędzącymi. Wymagania i badania techniczne. Ministerstwo Komunikacji.
- [33] Juchniewicz R., *Technika przeciwkorozyjna*, cz. I i II, PWSz, Warszawa 1974 i 1976.

- [34] BN-71/3702-04 Ochrona katodowa metalowych obiektów pływających i stałych w stoczniach i portach. Ogólne wymagania i badania.
- [35] BN-71/3702-05 Ochrona obiektów metalowych przed korozją powodowaną prądami błędzającymi w stoczniach i portach. Wymagania ogólne.
- [36] BN-74/8980-2 Ochrona katodowa podziemnych sieci telekomunikacyjnych za pomocą anod galwanicznych. Ogólne wymagania i badania.
- [37] BN-74/8980-3 Ochrona katodowa podziemnych sieci telekomunikacyjnych za pomocą anod galwanicznych. Anody galwaniczne magnezowe i cynkowe.
- [38] PN-90/E/05030.00 Ochrona przed korozją. Elektrochemiczna ochrona katodowa. Wymagania i badania.
- [39] PN-90/E-05030.01 Ochrona przed korozją. Elektrochemiczna ochrona katodowa. Metalowe konstrukcje podziemne. Wymagania i badania.
- [40] PN-86/E-05030.05 Ochrona przed korozją. Ochrona katodowa. Anody galwaniczne. Wymagania i badania.
- [41] PN-90/E-05030.10 Ochrona przed korozją. Elektrochemiczna ochrona katodowa i anodowa. Nazwy i określenia.
- [42] PN-92/E-05024 Ochrona przed korozją. Ograniczenie wpływu prądów błędzających z trakcyjnych sieci powrotnych prądu stałego.
- [43] Rozporządzenie Ministra Łączności z dnia 10 października 1996 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie wprowadzenia obowiązku stosowania Polskich Norm i norm branżowych z dziedziny łączności (Dz.U. z dnia 25 października 1996 r.).
- [44] *Elektrochemiczna ochrona przed korozją podziemnych konstrukcji metalowych – dla kursów szkoleniowych*, COSiW SEP, Warszawa 1976.
- [45] Materiały konferencji naukowo-technicznej „Niektóre aspekty zabezpieczenia przed korozją metalowych konstrukcji podziemnych”. Zbiór referatów, SEP, Poznań 1977.
- [46] Skiba-Rogalska O., *Ochrona katodowa i jej praktyczne zastosowanie*, „Ochrona przed Korozją” 1986, nr 2, s. 33–38.
- [47] Juchniewicz R., Sokólski W., Bohdanowicz W., *Prądy błędzące jako bipolarne prądy nałożone*, „Ochrona przed Korozją” 1984, nr 9, s. 227–229.
- [48] Juchniewicz R., Sokólski W., *Praktyczna weryfikacja nowej metody oceny zagrożenia korozyjnego wywołanego przez prądy błędzące*, „Ochrona przed Korozją” 1986, nr 10.
- [49] Sokólski W., *Metoda korelacyjna badania prądów błędzających. Piętnaście lat doświadczeń*, „Ochrona przed Korozją” 1997, nr 5, s. 126–130.
- [50] Dąbrowski J., Dziuba W., *Nachylenie prostej regresji współzależności $e=f(u)$ przy badaniach prądów błędzających*, „Ochrona przed Korozją” 1998, nr 12, s. 342–344.
- [51] Fiedorowicz M., *Elektrochemiczna ochrona przed korozją gazowej sieci w Nowym Dworze Gdańskim*, „Gaz, Woda i Technika Sanitarna”, 1995, nr 6, s. 196.
- [52] Juchniewicz R., Jankowski J., Sokólski W., Walaszkowski W., *Kryteria ochrony katodowej konstrukcji stalowych*, „Ochrona przed Korozją” 1993, nr 6, s. 121.
- [53] Jankowski J., Sokólski W., *Monitorowanie skuteczności ochrony katodowej techniką rezystometryczną*, „Ochrona przed Korozją” 2003, nr 8, s. 218–223.
- [54] Praca zb., *Ochrona elektrochemiczna przed korozją*, WNT, Warszawa, 1991.
- [55] Fiedorowicz M., Jagiełło M., *Stopień szczelności powłoki a ochrona katodowa podziemnego rurociągu*, „Ochrona przed Korozją”, cz. I: nr 12/2001, s. 329, cz. II: nr 2/2002, s. 35.
- [56] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe daleko-

siężne do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie (Dz.U. nr 243, poz. 2063).

- [57] Sokólski W., *Poziomy kompetencji oraz certyfikacja personelu ochrony katodowej wg projektu EN 15257*, Materiały IX Krajowej Konferencji „Pomiary korozyjne w ochronie elektrochemicznej”, Zakopane 2006.