

Wojciech Sokólski – Corropol Sp. z o.o.

Prądy błędzące – prądy niechciane

Po roku 1881 w Europie, kiedy to na ulice Berlina wyjechał pierwszy tramwaj elektryczny, a w USA nawet nieco wcześniej, pojawił się nieznanym do tej pory problem techniczny, będący konsekwencją rozwoju cywilizacyjnego, jakim była (i nadal jest) postępująca elektryfikacja. Okazało się bowiem, że częściowo upływające z obwodów roboczych prądy elektryczne (a wówczas stosowano prąd stały zarówno w sieci energetycznej, jak i do napędu trakcji elektrycznych), przepływając w ziemi, powodują nadmierną korozję podziemnych rurociągów metalowych i pancerzy kabli. Przejawiało się to występowaniem lokalnych ubytków korozyjnych – szybkość korozji osiągała 5 mm rocznie, a niekiedy nawet dużo więcej. Uplłynęło jeszcze sporo czasu, zanim ustalono elektrochemiczny charakter tego zjawiska i podjęto próby naukowego wytłumaczenia przyczyn uszkodzeń korozyjnych konstrukcji podziemnych.

Nazwa „prądy błędzące” odnosi się do wszelkiego rodzaju prądów elektrycznych, które odgałęziają się od obwodów roboczych i zamykają swój przepływ poprzez elementy przewodzące nieprzeznaczone do tego celu. Szczególnym przypadkiem są prądy błędzące płynące w ziemi. Na swojej drodze wykorzystują nie tylko warstwy gruntu, ale także znajdujące się w niej konstrukcje metalowe. Przepływa-

jąc przez granicę faz pomiędzy metalem a ziemią uczestniczą w przebiegu procesów korozyjnych. Z prawa Faradaya wynika, że prąd stały o natężeniu 1 ampera w ciągu roku może rozтворzyć około 10 kg żelaza. Powszechnie znane jest oddziaływanie prądów upływających z instalacji prądu stałego (trakcje elektryczne, urządzenia spawalnicze, akumulatorownie, galwanizernie itp.). Znacznie mniej roz-

poznane są oddziaływania prądów przemiennych.

Za najgroźniejsze uważa się prądy błędzące upływające z trakcji elektrycznych prądu stałego (tramwajowej, kolejowej), w których szyny stanowią uziemiony na całej długości element roboczy obwodu powrotnego. Ponieważ ani rezystancja wzdłużna szyn nie jest równa zero, ani rezystancja przejścia z szyn do ziemi nie jest nieskończenie wielka, z konieczności prądy błędzące w ziemi zawsze towarzyszą każdemu takiemu obwodowi trakcyjnemu. Rzecz w tym, aby w technicznie rozsądnych granicach ograniczyć wypływ tych prądów do ziemi. Dlatego konstrukcja i stan techniczny torów mają zasadnicze znaczenie dla wielkości upływających prądów błędzących, a wszelkie remonty i przebudowa torowisk – jeśli mają ograniczyć prądy błędzące – muszą zwiększać rezystancję przejścia prądów do ziemi.

Określenie „błędzący” związane jest z losowym charakterem prądów upływających przede wszystkim z obwodów powrotnych trakcji elektrycznych prądu stałego. Ich zwrot, kierunek i natężenie w danym miejscu zależą od bardzo wielu czynników i w praktyce jawią się jako procesy stochastyczne, z wszystkimi konsekwencjami, które z tego wynikają – przede wszystkim w kwestiach pomiarowych. Prądy błędzące powinny być badane z za-



Rys. 1. Remont torowiska tramwajowego – nastąpi odczuwalne zmniejszenie zagrożenia korozyjnego miejskiej infrastruktury podziemnej wywołanego przez prądy błędzące



Czasopismo inżynierów i techników pożarnictwa oraz projektantów i rzeczoznawców ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych
Już szósty rok na rynku! sprawdź: www.ochronaprzeciwpozarowa.pl

stosowaniem technik przystosowanych do zjawisk losowych, a więc obserwowanych odpowiednio długo, a wyznaczone wartości oczekiwane – obliczone z dużej populacji wyników pomiarowych. To między innymi z tego powodu postęp w rozumieniu zjawisk wywoływanych przez prądy błędzące tak bardzo uzależniony był od możliwości technicznych gromadzenia i analizy dużych ilości danych.

Pierwsze próby wyeliminowania zagrożenia korozyjnego powodowanego przez prądy błędzące datuje się już na przełomie XIX i XX wieku. Ich celem było przede wszystkim wypracowanie zasad możliwie maksymalnego ograniczania wypływu prądów z torowisk tramwajowych i kolejowych do ziemi oraz wpływu tych prądów do podziemnych rurociągów i kabli. Należy pamiętać, że w tym okresie stosowano wyłącznie rurociągi żeliwne, a rurociągi stalowe łączone były na kołnierzach. Również w Polsce, podobnie jak w innych krajach europejskich, przepisy dotyczące walki z prądami błędzącymi pochodzą z okresu międzywojennego. Pierwsza polska norma, wydana przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich pt. „PNE 27 Wskazówki ochrony urządzeń metalowych znajdujących się w ziemi, od działania elektrolitycznego prądów błędzących”, ukazała się w roku 1932. Najbardziej narażone na szkodliwe działania prądów błędzących były wodociągi i miejskie gazociągi rozprowadzające gaz z gazowni miejskich.

Po opracowaniu technologii spawania rurociągów stalowych i wykorzystaniu ich do transportu surowców energetycznych, głównie ropy naftowej, opanowanie metod przeciwdziałających szkodliwemu oddziaływaniu prądów błędzących stało się koniecznością. Pierwsze zastosowania do takich konstrukcji aktywnych technik eliminowania zagrożenia wywołanego prądami za pomocą tzw. drenaży elektrycznych znane są od lat trzydziestych ubiegłego wieku (USA, Rosja).

W okresie powojennym, wraz z postępującą elektryfikacją kolei, pojawił się wyjątkowo dokuczliwy problem eliminowania prądów błędzących na kablach telekomunikacyjnych oraz kablach zabezpieczania ruchu kolejowego (zrk), układanych równoległe z torowiskami kolejowymi. Prądy te powodowały masowe awarie otowianych powłok kabli. Prądy błędzące wywołują uszkodzenia lokalne w postaci głębokich wżerów, zazwyczaj w miejscach uszkodzenia powłoki izolacyjnej.

Na kablach powodowały nieszczelność osłony ołowianej i zamoczenie przewodów, na gazociągach prowadziły do perforacji ścianki i wydostawania się gazu na zewnątrz.

Względy bezpieczeństwa i paramilitarne znaczenie łączności telefonicznej spowodowały, że problematyka prądów błędzących została włączona w Polsce do programów badawczych Instytutu Łączności i Instytutu Elektrotechniki w Warszawie. W roku 1966 Ministerstwo Łączności wydało pierwszą polską normę obejmującą problematykę ograniczania upływu prądów błędzących z obwodów powrotnych traktacji elektrycznych do ziemi oraz ich eliminowania z metalowych konstrukcji podziemnych, łącznie z ich ochroną katodową (PN-66/E-05024). Od tego czasu należy odnotować w Polsce znaczący postęp walki z korozją w całej gospodarce, a także w jego następstwie – wyraźne sukcesy związane z opanowaniem zasadniczych problemów korozyjnych związanych z prądami błędzącymi.

Z nieoczekiwaną siłą prądy błędzące dały znać o sobie w połowie lat siedemdziesiątych, powodując liczne awarie korozyjne sieci ciepłowniczych we wszystkich większych miastach zarówno Polski, jak i w innych dużych aglomeracjach „bloku wschodniego” (w Moskwie, Budapeszcie, Bratysławie i innych). Przyczyną było masowe wdrożenie, łącznie z rozbudową systemu elektrociepłowni miejskich, izolacji termicznej sieci ciepłowniczych w postaci tzw. pianobetonu. Konstrukcja ta po zawilgoceniu stawała się znakomitym przewodnikiem prądów błędzących. Ponieważ sieci ciepłownicze budowane były w głównych ciągach komunikacyjnych miast, łącznie z torowiskami tramwajowymi, na efekty zgubnych działań prądów błędzących nie trzeba było długo czekać: rozkopane miasta, liczne objazdy, niedogrzone mieszkania, także kilka przypadków poparzeń, a nawet śmierci w gorącej wodzie. Sytuacja ta w ciągu kilku lat poprawiała się dzięki podjęciu intensywnych prac badawczych i rozwojowych oraz wdrożeniu nowych rozwiązań zarówno diagnostycznych, jak i przeciwdziałających przepływowi prądów błędzących – zastosowano je w Poznaniu, Gdańsku, Bydgoszczy, Toruniu, Szczecinie, Warszawie i na Śląsku. W efekcie odcinki w izolacji pianobetonowej zamieniono na klasyczne rozwiązanie kanałowe, a w końcu sukcesywnie wprowadzono rury ciepłow-

nicze preizolowane i technologie bezkanałowe. Nie oznacza to wcale końca kłopotów z prądami błędzającymi, bo w takich odizolowanych od ziemi rurociągach mogą się one przemieszczać na większe odległości i pojawiać się w zupełnie nieoczekiwanych miejscach.

W latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych znowelizowano normę dotyczącą ograniczania upływu prądów błędzających z trakcji elektrycznych. W ostatniej wersji uwzględniono wymagania związane z budową Metra Warszawskiego (PN-92/E-05024). W tym też czasie, równoległe z rozwojem mikroelektroniki i informatyki, nastąpił znaczący rozwój metod pomiarowych i analizy szkodliwego działania prądów błędzających na konstrukcje podziemne. Opracowano nowe podejście teoretyczne, nowe metody pomiarowe i oprogramowanie analizujące to oddziaływanie. Obecnie powszechnie wykorzystuje się wielokanałowe rejestratory do analizy wzajemnej korelacji różnych sygnałów charakterystycznych dla rozptywu prądów błędzających w ziemi i w konstrukcjach podziemnych.

Równoległe, wskutek licznych prac badawczych prowadzonych w polskich portach i stoczniach remontowych, opracowane zostały wymagania związane z ograniczaniem prądów błędzających wpływających z instalacji spawalniczych używanych przy budowie i remontach stalowych jednostek pływających. Zawarte zostały one w normie branżowej, która następnie otrzymała status normy polskiej i jest aktualna do dziś (PN-W-89510). Prądy błędzące, wpływające ze źle funkcjonującego stanowiska spawalniczego, mogą uszkadzać stalowe blachy burt statków lub ściany szczelne nabrzeży stocznioowych. Ma to szczególne znaczenie dla nowoczesnych jednostek, budowanych ze stosunkowo cienkich blach stalowych, gdzie rodzaj i skuteczność zabezpieczenia przeciwkorozyjnego poszycia statku podlega ścisłej kontroli.

Prądy błędzące mogą pochodzić z instalacji ochrony katodowej. Oddziaływania takie nazywane są interferencjami ochrony katodowej i występują wtedy, gdy instalacja ochrony katodowej jednej konstrukcji metalowej, np. rurociągu, szkodliwie wpływa na sąsiedni niechroniony obiekt, np. inny rurociąg czy zbiornik. Sytuacje takie muszą być brane pod uwagę przez projektanta instalacji ochrony katodowej i podlegać kontroli podczas

eksploatacji zabezpieczenia przeciwkorozyjnego. Sposoby badania interferencji oraz ich eliminowania objęte są wymaganiami podstawowych norm z zakresu ochrony katodowej (PN-EN 12954, PN-EN 13636). Warto w tym miejscu zwrócić uwagę, że normy europejskie taki właśnie przypadek, a nie szkodliwe oddziaływanie trakcji elektrycznych czy urządzeń spawalniczych, uważają obecnie za powszechne zagrożenie korozyjne wywołane przez prąd stały (PN-EN 50162). Z jednej strony odzwierciedla to duże upowszechnienie

tencjałów w ziemi występujących z przyczyn elektrochemicznych.

Kolejną ważną dziedziną, w której prądy błędzące ściśle związane są z bezpieczeństwem, jest górnictwo. Tu mogą być one przyczyną pojawienia się napięć w przewodach służących do detonacji ładunków wybuchowych. Problematyka badania tego rodzaju prądów oraz metody ich eliminowania są odmienne niż w przypadku konstrukcji powierzchniowych i stosuje się do nich drębne wymagania (PN-84/G-02700).



Rys. 2. Typowe uszkodzenie korozyjne wywołane przez prąd błędzący na gazociągu (fot. H. Matus)

systemów ochrony katodowej konstrukcji podziemnych, a z drugiej – bardziej skrupulatne w Europie stosowanie przepisów ograniczających szkodliwe oddziaływanie trakcji elektrycznych prądu stałego (PN-EN 50122-2).

Jednym ze sposobów eliminowania oddziaływań pomiędzy metalowymi konstrukcjami podziemnymi jest ich tzw. ekwipotencjalizacja, czyli wzajemne połączenie za pomocą metalicznych łączników. Celem tej operacji jest wyrównanie potencjałów podyktowane względami bezpieczeństwa. W rezultacie, poprzez tak wykonane połączenia, może przepływać prąd elektryczny. W przypadku nieprawidłowości w takim połączeniu – stanowi ono poważne źródło niebezpieczeństwa (iskrzenia). Płynący prąd jest albo skutkiem obecności zewnętrznych prądów błędzających, które poprzez łącznik zamykają jedną z gałęzi swojego obwodu elektrycznego, albo skutkiem różnicy po-

Zupełnie innym zagadnieniem, ale związanym z istnieniem w środowisku spadków napięć i potrzebą ich wyeliminowania, a więc analogicznie do prądów błędzających w ziemi, jest ekwipotencjalizacja kadłubów wojennych jednostek pływających. W normalnych warunkach podczas eksploatacji okrętu pomiędzy poszczególnymi elementami poszycia kadłuba, z powodu stosowania różnorodnych materiałów, różnego natlenienia i innych czynników, występują różnice potencjałów i w konsekwencji przepływ w wodzie morskiej prądów w pobliżu części podwodnej okrętu. Te swoistego rodzaju prądy mogą być wykrywane przez wrażliwe na pole elektryczne miny nieprzyjaciela. Z tego też powodu jednostki bojowe wyposaża się w system detekcji pola elektrycznego wywołanego przez omawiane prądy, który następnie w odpowiedni sposób to pole eliminuje. W warunkach pokojowych system ten spełnia ponad-

to rolę ochrony katodowej kadłuba, zapewniając mu wymagane zabezpieczenie przeciwkorozyjne (PN-V-84000).

W ciągu ostatnich kilkunastu lat nasilił się mało do tej pory znany problem szkodliwego korozyjnego oddziaływania na metalowe konstrukcje podziemne prądów przemiennych. Pochodzą one z trakcji elektrycznych zasilanych prądem przemiennym, skąd upływają w sposób analogiczny jak prądy stałe (stosuje się takie w wielu krajach europejskich), oraz samoistnie indukują się w długich rurociągach w sąsiedztwie linii elektroenergetycznych wysokiego napięcia prądu przemiennego. Zjawisko korozji wywołanej przez prąd przemienny znane jest od bardzo dawna, ale szybkość tego procesu (w porównaniu z oddziaływaniem prądów stałych) jest znikoma. Zabudowa w tzw. „korytarzach energetycznych” rurociągów, kabli energetycznych i telekomunikacyjnych oraz linii wysokiego napięcia, a czasami także i linii kolejowych, powoduje wzmożone wzajemne oddziaływanie tych instalacji, a w szczególności indukowanie się prądów przemiennych, które osiągają natężenia znaczące z punktu widzenia procesów korozyjnych. Istotną trudność wynika z faktu, iż w wielu przypadkach korozji wywołanej przez prąd przemienny nie można przeciwdziałać za pomocą ochrony katodowej. Są to zagadnienia stosunkowo nowe, badane w wielu ośrodkach naukowych. W chwili obecnej opracowana została w tym zakresie specyfikacja techniczna (PKN-CEN/TS 15280), mająca na celu identyfikowanie tego rodzaju zagrożeń korozyjnych, a także typowanie niezbędnych środków zaradczych. Zostanie ona wkrótce zastąpiona normą europejską.

Ostatnio pojawiają się doniesienia o kolejnym nowym źródle prądów błędzących. Są nim przetwornice prądu przemiennego na prąd stały, powszechnie stosowane w sprzęcie komputerowym. Otóż wskutek ich działania pojawia się składowa stała prądu w systemach uziemiających instalacji elektrycznych, do których podłączona jest duża ilość sprzętu komputerowego, np. w szkołach, biurach, bankach i podobnych instytucjach. Badania wykazują, że prądy te mogą spowodować realne zagrożenie korozyjne dla podziemnych konstrukcji metalowych.

Podsumowując ten krótki rys problematyki rozprywu w środowisku „niechcianych” prądów elektrycznych i skutków,

Prądy błędzące – aktualne normy	
PN-EN 50122-2:2002	Zastosowania kolejowe – Urządzenia stacyjne – Część 2: Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błędzących wywołanych przez trakcję elektryczną prądu stałego.
PN-EN 50162:2006	Ochrona przed korozją wskutek prądów błędzących z układów prądu stałego.
PN-W-89510:1997	Ochrona obiektów metalowych przed korozją powodowaną prądami błędzącymi w stoczniach i portach. Ogólne wymagania i badania.
PKN-CEN/TS 15280	Ocena prawdopodobieństwa wystąpienia korozji zakopanych rurociągów wywołanej prądem przemiennym. Zastosowanie do rurociągów chronionych katodowo.

jakie za sobą pociągają w zakresie bezpieczeństwa, można przypuszczać, że prądy błędzące będą traktowane analogicznie do innych „zanieczyszczeń”, a być może ich wielkość będzie limitowana odpowiednimi przepisami o ochronie środo-

wiska. Należy o nich stale pamiętać, bo – jak już w przeszłości bywało – dają znać o sobie w najmniej oczekiwanych momentach, pociągając za sobą spore nakłady finansowe, zagrożenie dla środowiska, a nawet życia ludzkiego.



Rys. 3. Wycinki z gazet gdańskich dot. prądów błędzących z lat 80. i 90.