

**KOROZJA I ZABEZPIECZENIA PRZECIWKOROZYJNE PODZIEMNEJ
INFRASTRUKTURY MIEJSKIEJ - PRZEGLĄD PROBLEMÓW**

**CORROSION AND ANTICORROSION PROTECTION OF MUNICIPAL
UNDERGROUND INFRASTRUCTURE – REVIEW OF PROBLEMS**

Wojciech Sokółski
SPZP CORRPOL Gdańsk

Keywords: Underground infrastructure of towns, pipelines, earthing, cathodic protection, interferences

Słowa kluczowe: infrastruktura podziemna miast, rurociągi, uziemienia, ochrona katodowa, interferencje

Streszczenie:

O istnieniu podziemnej infrastruktury w mieście, zapewniający byt jej mieszkańców, zazwyczaj dowiadujemy się wtedy, gdy z jakiś powodów raptownie nie działa. Jedną z tych przyczyn są oczywiście zjawiska korozyjne w ziemi, a celem ich ataku są wszelkiego rodzaju przewody: kable w pancerzach metalowych i rurociągi stalowe. Do tych szczególnie ważnych, bo od nich zależy egzystencja mieszkańców, należą gazociągi i ciepłociągi dostarczające do domów energię. Ta niewidoczna z powierzchni ziemi infrastruktura, z biegiem lat i stałej rozbudowy, tworzy pod ziemią zawiłą i bardzo zagęszczoną płataninę różnego rodzaju przewodów, które wzajemnie i z sąsiednimi obiektami budowlanymi na siebie korozyjnie oddziałują. Szczególnym niebezpieczeństwem są przepływające przez tę infrastrukturę prądy błądzące upływające z trakcji tramwajowej i kolejowej.

W artykule omówiono najważniejsze współczesne problemy związane z korozją i technikami zabezpieczenia przeciwkorozyjnego podziemnej infrastruktury w miastach.

Abstract:

Usually we learn about the existence of an underground infrastructure in towns, ensuring welfare to their citizens, when due to some reason it abruptly stops functioning. Obviously, corrosion phenomena in the ground are one of the reasons, while all types of conduits are the aim of their attack: cables in metal armouring and steel pipelines. Those of special importance include gas and heat pipelines supplying energy to homes, as living conditions of inhabitants depend on them. With years of continuous development this infrastructure, invisible from the ground surface, forms underground a very complex and dense entanglement of different types of conduits, which corrosively interact mutually and with neighbouring building objects. Stray currents flowing out of tram and rail tractions and flowing through this infrastructure are a particular threat. In the article the most important present day problems have been described connected with corrosion and anticorrosion protection techniques of underground infrastructure in towns.

Wprowadzenie

Aglomeracje miejskie charakteryzują się tym, że oferują mieszkańcom szeroką gamę usług tzw. komunalnych, związanych przede wszystkim z zabezpieczeniem funkcji bytowych ludności, dostarczaniem energii, zapewnieniem komunikacji i telekomunikacji oraz innych. Funkcje te zapewnia rozległa infrastruktura, której zadaniem jest dostarczanie i odbieranie różnego rodzaju mediów do mieszkań. O istnieniu podziemnej infrastruktury w mieście dowiadujemy się zazwyczaj wtedy, gdy z jakiś powodów raptownie nie działa któreś z jej ogniw – brak prądu, ciepłej lub zimnej wody, głuchy telefon, uszkodzona kanalizacja – to typowe objawy takich sytuacji.

Jedną z głównych przyczyn awaryjności infrastruktury podziemnej, poza uszkodzeniami mechanicznymi, są oczywiście zjawiska korozyjne, które sięgają spustoszenia wśród wszelkiego rodzaju przewodów podziemnych: kabli w pancierzach metalowych i rurociągach stalowych. Do tych szczególnie ważnych, bo od nich zależy egzystencja mieszkańców, należą gazociągi i ciepłociągi dostarczające do domów energię oraz wodociągi. Postęp technologiczny w wytwarzaniu kabli w osłonach z tworzyw sztucznych na szczęście w znaczącej mierze wyłączył już te przewody z listy narażonych na szybkie uszkodzenia korozyjne.

Ta niewidoczna z powierzchni ziemi infrastruktura, z biegiem lat i stałą rozbudową, tworzy pod ziemią zawiłą i bardzo zagęszczoną płataninę różnego rodzaju przewodów, które połączone pomiędzy sobą i z sąsiednimi obiektami budowlanymi oddziałują na siebie wzajemnie tworząc różnego rodzaju makroogniwa korozyjne. W rezultacie pomiędzy tymi konstrukcjami podziemnymi przepływają prądy, które lokalnie zwielokrotniają naturalną korozję stali w ziemi.

Szczególnym niebezpieczeństwem są przepływające przez metalowe konstrukcje podziemne zewnętrzne prądy błądzące upływające z elektrycznej trakcji tramwajowej i kolejowej [1]. Rozpływają się one w podziemnej infrastrukturze i w miejscach wypływu prądu z metalu do ziemi powodują zniszczenia korozyjne, ubytek materiału, np. dla stali ponad 9 kg przy prądzie 1 A w ciągu roku. Taki sam efekt wywołują makroogniwa korozyjne.

Jednym z najbardziej skutecznych sposobów ochrony przeciwkorozyjnej infrastruktury metalowych konstrukcji podziemnych jest ochrona katodowa [2]. Wymaga ona zastosowania wymuszonego przepływu prądu stałego z celowo w ziemi umieszczonych układów anodowych do poszczególnych elementów tej infrastruktury. Z wielu powodów działanie takie jest przedsięwzięciem dość trudnym technicznie. Powodem są występujące przy przepływie prądu ochronnego interferencje – szkodliwe oddziaływania prądu ochrony katodowej na sąsiednie obiekty, które nie są poddawane temu zabezpieczeniu. W technologii ochrony katodowej z tego powodu stosuje się specjalne wymagania, a omawianą infrastrukturę zalicza się do tzw. konstrukcji złożonych [3], zaś taki system zabezpieczenia przeciwkorozyjnego nazywany jest – wspólną ochroną katodową.

Ze względu na szczególnie silne zagrożenie korozyjne, jakie wywołują prądy błądzące, ich eliminowanie zalicza się do zadań pierwszoplanowych [4]. W pierwszej kolejności powinny być stosowane wszelkiego rodzaju środki profilaktyczne przeciwdziałające nadmiernemu przedostawaniu się prądów błądzących do ziemi, jednak w praktyce najczęściej wykorzystuje się do tego przede wszystkim działania aktywne - tzw. drenaż elektryczny. Odprowadzają one prądy z elementów infrastruktury do źródeł powstawania – zazwyczaj szyn trakcji elektrycznej. Pomimo wieloletnich doświadczeń w stosowaniu tego rodzaju ochrony, powstają obecnie nowe rozwiązania techniczne, których zadaniem jest automatyczna optymalizacja tego procesu.

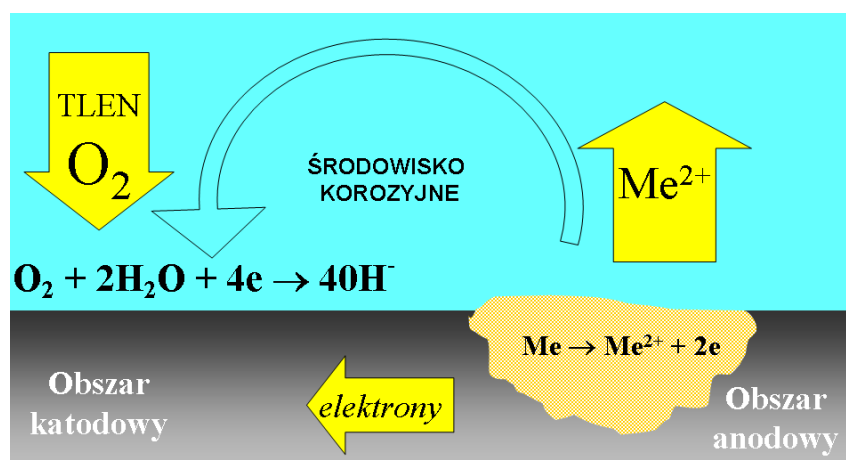
Złożoność problemów korozyjnych infrastruktury miejskiej wymusza współpracę pomiędzy użytkownikami poszczególnych instalacji (np. wodociągów, gazociągów, ciepłociągów) oraz eksploatatorami trakcji elektrycznych (tramwajowej i kolejowej) [4]. Jej celem powinno być wspólne rozwiązywanie problemów technicznych, ekonomicznych i prawnych wynikających z wzajemnego szkodliwego oddziaływania na siebie tych instalacji. Niestety, w Polsce nie ukształtowała się tego typu instytucja, ani rządowa, ani samorządowa, która w sposób systematyczny rozwiązywałaby wspólne problemy eksploatacyjne miejskiej infrastruktury podziemnej, w tym sygnalizowane w tej pracy złożone problemy korozyjne.

Zagrożenie korozyjne podziemnej infrastruktury miejskiej

a) Makroogniwa korozyjne

Makroogniwa korozyjne są zjawiskiem typowym dla dużych metalowych konstrukcji eksploatowanych w objętościowo obszernym środowisku elektrolitycznym, takim jak ziemia czy woda, np. morska. Przyczyną są odmienne warunki fizykochemiczne reakcji korozyjnych przebiegające na powierzchni metalu w różnych obszarach pojedynczej konstrukcji lub kilku takich obiektów połączonych ze sobą elektrycznie. Cechą charakterystyczną makroogniwa jest tworzenie się na konstrukcjach metalowych obszarów anodowych i katodowych o zróżnicowanych potencjałach elektrochemicznych oraz przepływem wyrównawczego prądu elektrycznego w środowisku elektrolitycznym pomiędzy tymi obszarami. Charakter tego zjawiska jest makroskopowy. Z tego powodu jego występowanie dość łatwo potwierdzić w drodze pomiarowej zarówno poprzez pomiar potencjałów, jak i przepływu prądu w elektrolicie, a jeśli to możliwe, także i metalowych elementach konstrukcji metalowych.

Pomimo tego, że makroogniwo jest podstawowym zjawiskiem opisywanym w każdym podręczniku dotyczącym procesów korozyjnych, to w praktyce dla większości osób zajmujących się ochroną przeciwkorozyjną jest ono nieznane, a dla niektórych, jeśli się kojarzy, to niemal wyłącznie z ogniwem galwanicznym. Przyczyną jest przede wszystkim to, że makroogniwa praktycznie nie występują w przypadku korozji atmosferycznej, a więc skutków ich działania zazwyczaj bezpośrednio nie widać. Ujawnia się ono w przypadkach awaryjnych, kiedy to wielkość ubytków korozyjnych powstających wskutek działania makroogniwa uniemożliwia dalszą eksploatację konstrukcji, np. wywołuje perforację ścianki podziemnego rurociągu lub zbiornika.



Rys. 1. Typowe makroogniwo korozyjne wywołane zróżnicowanym natlenieniem (przepływ prądu następuje w metalu i w środowisku korozyjnym).

Przyczyną powstania makroogniwa korozyjnego jest, jak już wspomniano, wystąpienie dowolnego zróżnicowania w obszarach anodowym i katodowym, które ma wpływ na przebieg procesów korozyjnych. Należą do nich:

- różne materiały metalowe użyte do celowo lub przypadkowo połączonych elementów infrastruktury podziemnej, np. żeliwo i stal, uziemienia ze stali ocynkowanej i miedziane,
- różne stężenie przy powierzchni reagentów biorących udział w procesie korozyjnym, np. depolaryzatora (tlenu – najczęściej występujący przypadek),
- różne typy zjawisk korozyjnych zachodzące na elementach ogniwa, np. stal w betonie w połączeniu ze stalą w ziemi,
- różne stężenie rozpuszczonych soli mających kontakt z powierzchnią, np. chlorku sodu, który dostaje się do ziemi zimą, jako środek odladzający,
- różna temperatura obu elementów ogniwa, np. w sieci ciepłowniczej

W warunkach technicznych najczęściej na stalowych konstrukcjach podziemnych występują tzw. makroogniwa zróżnicowanego napowietrzenia (natlenienia). Cechą charakterystyczną jest to, że zazwyczaj objawia się ono na pojedynczej konstrukcji metalowej w miejscach, do których dociera powietrze z różną intensywnością, np. przy różnej głębokości zakopania lub zalania wodą (ograniczona dyfuzja tlenu z atmosfery) lub przy różnorodnej strukturze gruntu (piasek, glina itp.). Najlepiej poznanymi przykładami takich ogniw są podziemne rurociągi stalowe, konstrukcje wydłużone, które eksploatowane są w różnych sąsiadujących ze sobą rodzajach gruntu, a także na różnych głębokościach.

O szybkości i intensywności uszkodzeń korozyjnych w anodowej strefie makroogniwa korozyjnego decyduje różnica potencjałów pomiędzy strefami anodową i katodową oraz suma rezystancji pomiędzy nimi zarówno w ścieżce przepływu prądu w środowisku elektrolitycznym, jak i metalicznym. Ma to również ścisły związek z makroskopową geometrią ogniwa: odległością pomiędzy strefami i stosunkiem ich powierzchni. Zatem szczególnie niebezpieczne z punktu widzenia uszkodzeń korozyjnych w praktyce technicznej są makroogniwa posiadające małą powierzchnię strefy anodowej sąsiadującą w niewielkiej odległości z bardzo dużą powierzchnioowo strefą katodową i w dobrze przewodzącym prąd środowisku elektrolitycznym. Wtedy gęstość prądu wypływającego na niewielkiej powierzchni z anody (korozja) jest naturalnie największa.

Na pracę makroogniw korozyjnych konstrukcji podziemnych mają w dużej mierze wpływ stosowane na nich powłoki ochronne. Takie obiekty jak gazociągi, naftociągi, ciepłociągi, zbiorniki podziemne „oddzielane są” od otaczającego środowiska korozyjnego za pomocą specjalnych powłok izolujących, wytwarzanych obecnie fabrycznie z wykorzystaniem specjalnych technologii nakładania na rury stalowe tworzyw sztucznych (napyłania elektrostatycznego oraz wytłaczania warstwy klejowej i zewnętrznej ochronnej) – żywicy epoksydowej, polietylenu i polipropylenu lub żywicy poliuretanowej. I nie o rodzaj czy grubość tych powłok chodzi, ani o ich przyczepność, a przede wszystkim o ilość i wielkość defektów w powłoce, w których środowisko korozyjne może się kontaktować bezpośrednio z podłożem stalowym, ponieważ tylko te powierzchnie uczestniczą w procesach korozyjnych makroogniwa. Z doświadczenia wynika, że powłok tego typu szczelnych nie ma, ale im szczelność ta jest wyższa, tym powstawanie i szkodliwe działanie makroogniw korozyjnych jest znacząco mniejsze. Spowodowane jest to tym, że zarówno powierzchnie anodowe, jak i katodowe, są niezwykle małe i ich wzajemna interakcja w makroogniwie korozyjnym jest bardzo ograniczona.

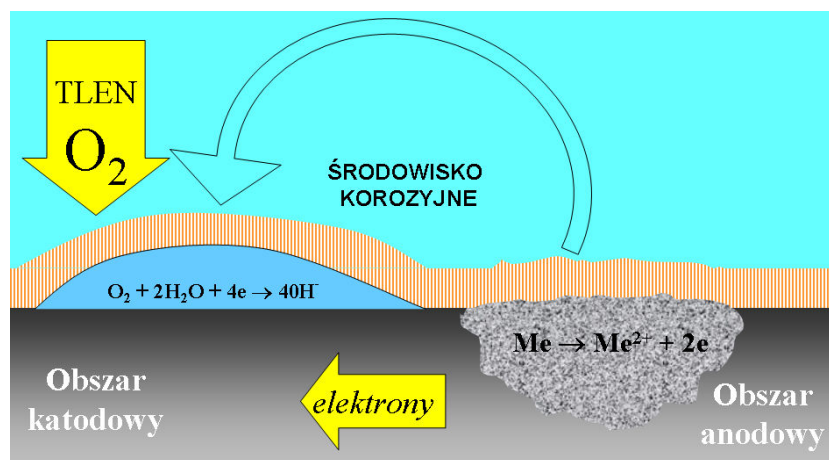
Jeśli powłoki nie są dostatecznie szczelne lub w trakcie wieloletniej eksploatacji uległy procesowi starzenia (degradacji), to działanie makroogniwa wywołuje pęcherzenie

powłoki lub nawet jej odstawanie od powierzchni - zjawisko charakterystyczne dla przepływu prądu przez tak zabezpieczoną powierzchnię konstrukcji podziemnych. Jego obraz na powierzchni anodowej jest inny niż katodowej.

W miejscu wypływu prądu do środowiska korozyjnego następuje proces utleniania metalu (korozja), zakwaszenie najbliższego środowiska (produkty korozji mają zazwyczaj kolor czarny od tlenku żelaza) oraz osuszenie w miejscu wypływu prądu przez powłokę (wskutek zjawiska elektroosmozy). Ponieważ produkty korozji mają większą objętość niż metal, następuje wskutek ich naporu wyraźne uniesienie powłoki izolacyjnej. W żargonie technicznym taki obraz uszkodzenia korozyjnego nazywany jest „pęcherzem anodowym”.

Przy przepływie prądu w drugą stronę (wpływy prądu od strony elektrolitu poprzez nieszczelności powłoki do powierzchni metalowej) przebiegają zjawiska odwrotne: proces redukcji depolaryzatora (zwykle tlenu lub jonów wodorowych), alkalizacja środowiska w miejscu reakcji elektrochemicznej oraz przesączenie się wody wskutek procesu elektroosmotycznego przez pory w powłoce do powierzchni metalu. Jeśli przyczepność powłoki do podłoża nie jest zbyt wielka, to pod naporem ciśnienia elektroosmotycznego i gromadzącej się wody następuje uniesienie się powłoki w kształcie charakterystycznego „pęcherza katodowego”. Jego wnętrze wypełnione jest wodą o odczynie alkalicznym.

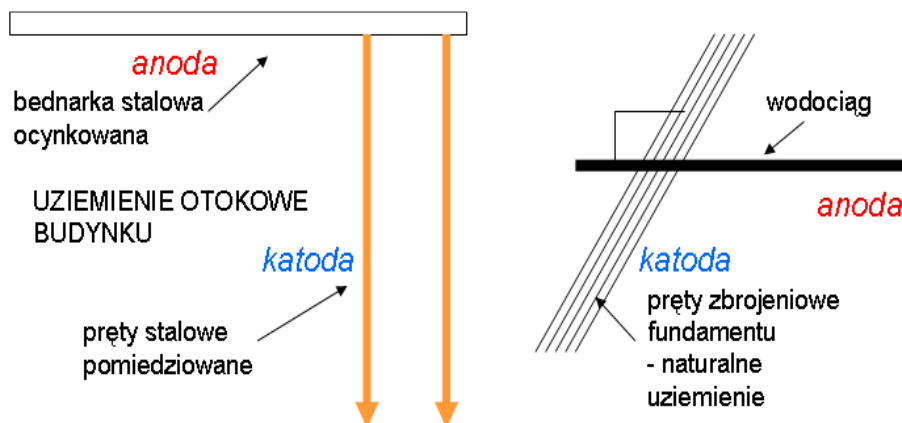
W obu przypadkach powierzchnia metalu pod powłoką w strefach anodowej i katodowej są bardzo podobne. W anodowej strefie pod produktami korozji znajduje się wprawdzie uszkodzony (nadtrawiony) metal, ale po usunięciu produktów korozji pod spodem uwidacznia się błyszcząca metalicznie powierzchnia. Przy przepływie prądu w drugą stronę również powierzchnia pod powłoką jest czysta i metaliczna, co jest skutkiem zahamowania w tym miejscu procesu utleniania podczas polaryzacji katodowej (efekt ochrony katodowej).



Rys. 2. Makroogniwo korozyjne na powierzchni metalowej pokrytej porowatą powłoką.

Warto w tym miejscu podkreślić, że eliminowanie skutków makroogniw korozyjnych (i w ogóle istnienia makroogniwa korozyjnego) odbywa się zazwyczaj poprzez eliminowanie stref anodowych. Jednym ze sposobów jest zmiana stosunku powierzchni anodowych i katodowych w makroogniwie. Nie chodzi tu o zmniejszenie lub wyeliminowanie powierzchni anodowych, a odwrotnie – na ograniczaniu powierzchni katodowych. Obowiązuje tu prosta zasada: zmniejszając powierzchnię anodową wywołuje się wzrost na niej gęstość prądu i przyspieszenie korozji (jeśli wielkość powierzchni katodowej nie ulegnie zmianie), i odwrotnie – zmniejszając powierzchnię katodową lub ją eliminując, powoduje się zmniejszenie lub całkowite zahamowanie procesu utleniania w strefie anodowej wywołanej przez makroogniwo. Drugim sposobem eliminowania stref anodowych jest odpowiednio

dobrana wielkością polaryzacja katodowa konstrukcji za pomocą stałego prądu elektrycznego, skutkiem której na całej konstrukcji uzyskuje się warunki jakie występują w strefach katodowych – cała konstrukcja staje się katodą, zaś anodą druga dołączona w obwodzie systemu ochrony katodowej elektroda.

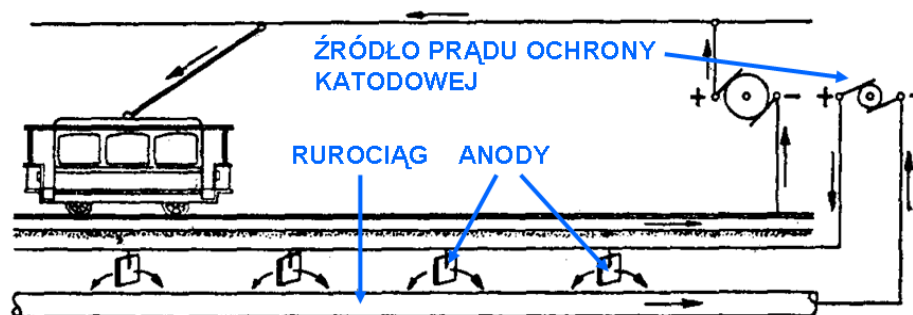


Rys. 3. Przykład makroogniw korozyjnych w uziemieniach: różne metale oraz metale w różnych środowiskach (ziemia, beton).

b) Prądy błądzące

W dużych aglomeracjach miejskich, w których istnieje rozbudowany transport szynowy, zarówno miejska komunikacja tramwajowa czy szybka kolej miejska, jak również rozległe torowiska kolejowe, na wyżej wymienione zjawiska korozyjne w infrastrukturze konstrukcji podziemnych nakładają się upływające z trakcji elektrycznych prądy błądzące. Wielkość tych prądów, generowanych w sposób sztuczny i będących efektem działalności człowieka, jest znacząco większa od prądów wymuszonych w wyniku różnic fizykochemicznych pomiędzy połączonymi elementami metalowej infrastruktury podziemnej. Stąd też prądy błądzące w aglomeracjach miejskich jawią się jako najpoważniejsze zagrożenie korozyjne dla podziemnych konstrukcji metalowych.

Ze względu na wywoływane zagrożenie korozyjne prądy błądzące od czasu ich ujawnienia (koniec XIX wieku w USA i Europie) są przedmiotem licznych badań i ciągle wprowadzanych udoskonaleń technicznych, których celem jest zarówno ograniczanie upływu prądów błądzących z szyn do ziemi, jak również przeciwdziałanie wpływu tych prądów z metalowych elementów infrastruktury do środowiska elektrolitycznego.



Rys. 4. Rycina z patentu z roku 1906 ilustrująca zastosowanie ochrony katodowej do eliminowania oddziaływania prądów błądzących [5].

Na rys. 4 przedstawiono rycinę z patentu z roku 1906, która wskazuje na to, że już w tamtym czasie, kiedy nieznanym był jeszcze mechanizm elektrochemiczny oddziaływania prądów błędzących, proponowano współczesne rozwiązania eliminowania prądów błędzących za pomocą ochrony katodowej.

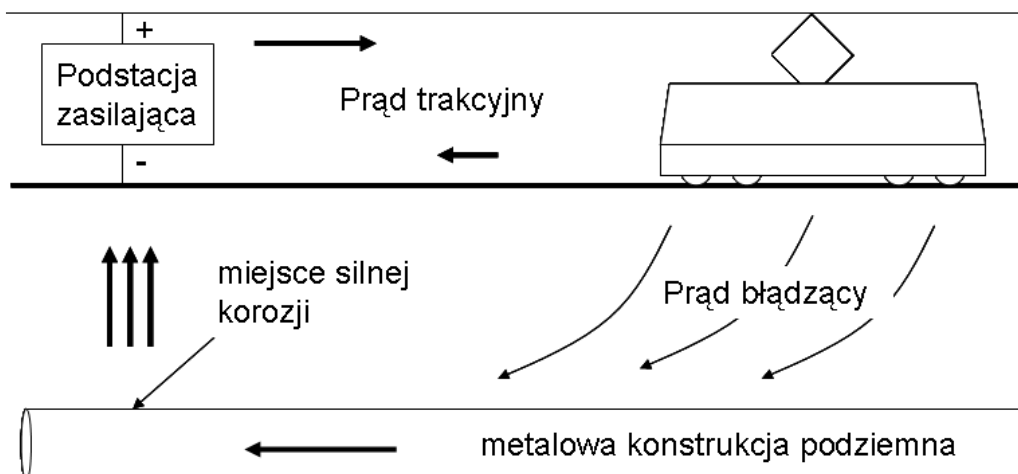
Na terenach polskich pierwsze linie tramwajowe uruchamiane były na początku XX wieku i szkodliwość działania prądów błędzących była dobrze znana. Zbudowana w Warszawie sieć tramwajowa (jak na tamte czasy) była bardzo gęsta, gdyż tramwaje stanowiły jedyny środek transportu publicznego.



Stowarzyszenie Elektryków Polskich powołało Komisję Prądów Błędzących, której zadaniem było opracowanie krajowych przepisów zmierzających do ograniczenia zagrożeń korozyjnych powodowanych przez prądy upływające z obwodów powrotnych zelektryfikowanych linii tramwajowych, na wzór przepisów angielskich, niemieckich, szwajcarskich i francuskich. W lipcu 1930 r. w Warszawie odbył się XXII Kongres Międzynarodowego Związku Tramwajów, Kolei Dojazdowych i Przedsiębiorstw Autobusowych, na którym zatwierdzono w tej sprawie wstępny projekt przepisów międzynarodowych.

W następstwie tego wydarzenia powstała pierwsza polska norma dotycząca ochrony przed prądami błędzącymi wydana przez Stowarzyszenie Elektryków Polskich w 1932 r. [6].

Prądy błędzące towarzyszą w sposób naturalny wszystkim trakcyjnym 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. Ogólny schemat powstawania i rozptyłu prądów błędzących upływających z obwodów powrotnych trakcji elektrycznych do ziemi przedstawia rys 5.



Rys. 5. Typowy schemat ilustrujący powstawanie i kierunki przepływu prądów błędzących (ujemny biegun podstacji podłączony jest do szyn jezdnych).

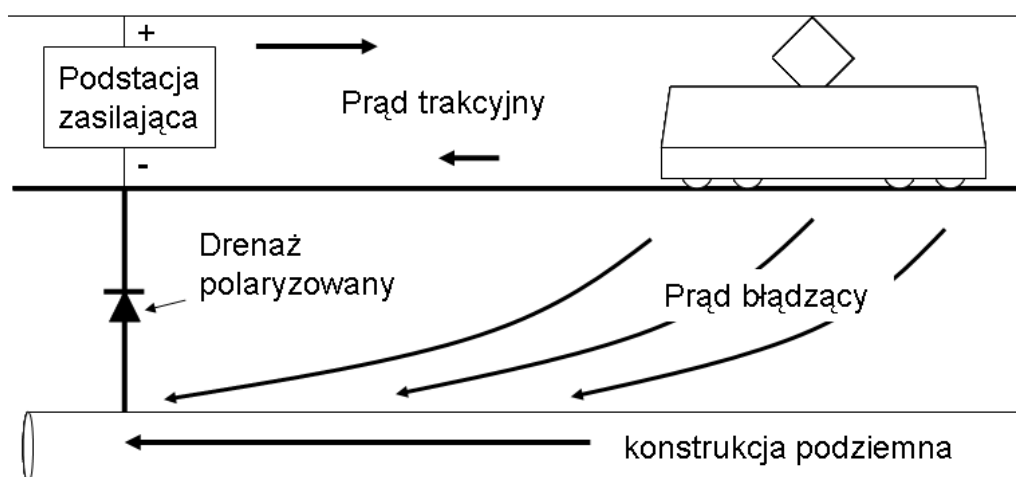
Należy koniecznie w tym miejscu wspomnieć o istnieniu prądów błędnych wpływających z innych źródeł prądu stałego, jak również o zjawisku szkodliwego korozyjnego oddziaływania prądów przemiennych. Na szczęście w aglomeracjach miejskich nie obserwuje się szczególnego narażenia na inne równie silne źródła prądów błędnych niż trakcje elektryczne. Prądy indukowane w pobliżu elektroenergetycznych linii napowietrznych wysokiego napięcia są oczywiście czynnikiem zagrażającym, lecz linie tego typu lokalizowane są poza zabudową miejską lub na jej obrzeżach. Natomiast pojawiło się niedawno nowe zagrożenie korozyjne stałymi prądami błędzającymi, które wypływają w miastach uziemieniami z masowo stosowanych przekształtników prądu przemiennego na prąd stały, np. przetwornic w systemach komputerowych. Obecność takich prądów zlokalizowano w obrębie szkół i uczelni, banków i innych dużych przedsiębiorstw masowo stosujących komputery.

Zabezpieczenia przeciwkorozyjne infrastruktury podziemnej

a) Drenaże elektryczne

Nie jest potrzebna szczególna wyobraźnia, aby uzmysłowić sobie, jakie może spowodować spustoszenie niekontrolowany przepływ prądów błędnych w gęstej infrastrukturze podziemnych rurociągów i kabli w mieście. Niestety, obserwowany ostatnio rozwój nowych technik, np. stosowania rur preizolowanych w ciepłownictwie, wdrożenia indywidualnej ochrony katodowej wydzielonej gazowej sieci rozdzielczej, a także stosowanie specjalnych technik mocowania i izolacji szyn tramwajowych, spowodowały, że w znaczącej mierze uśpiona została czujność i prognozowanie zagrożeń powodowanych przez prądy błędne, czego skutkiem jest wyraźnie odczuwalne osłabienie zainteresowania badaniami tych oddziaływań i podejmowanie środków zaradczych. Niestety skutkuje to pojawiającymi się awariami korozyjnymi infrastruktury podziemnej.

Tradycyjnie, jako środek zaradczy, przeciwdziałający szkodliwym skutkom prądów błędnych, uznaje się drenaż elektryczny. Zasada działania najprostszego drenażu polaryzowanego przedstawiona jest na rys. 6.

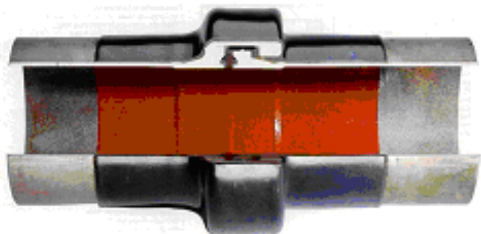


Rys. 6. Typowy schemat ilustrujący działanie drenażu polaryzowanego funkcjonującego wg strategii uzyskiwania pełnego efektu ochrony katodowej na zagrożonej konstrukcji – polaryzacja katodowa całej konstrukcji podziemnej wymaga znacznego przepływu prądów błędnych i prądu drenowanego, co powoduje wzrost zagrożenia konstrukcji sąsiednich.

Instalacja takiego zabezpieczenia nie jest prosta, wymaga przeprowadzenia szeregu badań przy wyborze właściwej lokalizacji w terenie, a następnie szeregu kolejnych pomiarów celem ustalenia optymalnych warunków pracy urządzenia. Drenaże elektryczne, zarówno polaryzowane, jak również dodatkowo zasilane drenaże wzmocnione, przyczyniają się do zwiększenia prądów upływających z torowisk do ziemi, przez co powodować mogą wzrost zagrożenia korozyjnego innych niewłączonych do ochrony metalowych konstrukcji podziemnych. Aktualna norma [4] wręcz nakłada obowiązek ograniczania prądów drenowanych do niezbędnego minimum. Wychodzi temu naprzeciw koncepcja drenażu inteligentnego [7], zaopatrzonego w mikroprocesorowy sterownik i w pełni regulowane złącze półprzewodnikowe, co umożliwi realizację automatycznego wyboru parametrów pracy urządzenia w taki sposób, aby zawsze drenaż spełniał przyjęte kryteria. Prace nad takim rozwiązaniem realizowane są obecnie w SPZP CORRPOL przy wykorzystaniu środków z Unii Europejskiej (Program Innowacyjna Gospodarka POIG.01.04-22-004/11) [7,8].

b) Separacja galwaniczna

Poszczególne elementy podziemnej infrastruktury miejskiej, pomijając szczególne przypadki błędów technicznych i nieprawidłowego wykonawstwa, są ze sobą w zasadzie połączone elektrycznie w węzłach technologicznych w budynkach. Wodociągi połączone są z ciepłociągami poprzez wymienniki ciepła, gazociągi z wodociągami w grzejnikach wody, wewnętrzne metalowe przewody w budynkach z uziemieniami sieci energetycznej. Aby uniknąć tych połączeń - od jakiegoś czasu, gdy zaczęto wdrażać systemy ochrony katodowej sieci rozdzielczych gazociągów w miastach – stalowe gazociągi w miejscu podłączenia do budynku celowo zaopatrywane są w tzw. złącza izolujące, których zadaniem jest wytworzenie przerwy w przepływie prądu wzdłuż gazociągu i uniemożliwienie połączeń elektrycznych z innymi elementami infrastruktury podziemnej. Uzyskano w ten sposób nie tylko separację od innych elementów metalowych, z którymi gazociągi mogłyby tworzyć makroogniwa



korozyjne, ale także stworzono możliwość ich selektywnej ochrony katodowej. Rury gazownicze mają stosunkowo dobrą powłokę izolacyjną i dlatego - po separacji galwanicznej od innych konstrukcji metalowych - mogą być indywidualnie zabezpieczane przed korozją za pomocą ochrony katodowej z wykorzystaniem stosunkowo niewielkiego prądu ochronnego.

Obecnie złącza izolujące dla rurociągów wykonuje się fabrycznie w postaci tzw. monobloków, gotowych elementów, które włącza się do rurociągu metodą spawania. Jako elementy separujące wykorzystuje się także fragmenty rurociągów wykonywane z tworzyw sztucznych.



Brak separacji odcinków rurociągów o różnej charakterystyce nie tylko może być przyczyną utworzenia się makroogniw korozyjnych, ale także, np. w przypadku preizolowanych sieci ciepłowniczych, może rozprzestrzeniać zagrożenia korozyjne wywoływane przez prądy w odległe rejony od ich źródeł. Rury preizolowane posiadają

fabrycznie wykonaną izolację ciepłochronną, zazwyczaj w postaci stosunkowo grubej warstwy pianki poliuretanowej, otuloną z zewnątrz grubą warstwą zewnętrzną z twardego tworzywa sztucznego, zazwyczaj polietylenu. Rura przewodowa nie ma – poza

uszkodzeniami awaryjnymi - kontaktu z otaczającym środowiskiem elektrolitycznym i dlatego z elektrycznego punktu widzenia posiada cechy kabla ziemnego, tj. przewodnika odkrytego nieprzewodzącą izolacją. Dlatego więc, jeśli w sieci ciepłowniczej znajdują się odcinki wykonane w izolacji tradycyjnej kanałowej, gdzie rurociągi poprzez podpory mają kontakt z ziemią, oraz rurociągi w izolacji preizolowanej, to możliwe są pomiędzy tymi odcinkami o gorszej izolacji przepływy prądów na duże odległości. Znane są przypadki, gdzie uszkodzenia od miejsca wpływu prądów do sieci oddalone były o kilka kilometrów.

c) Wspólna ochrona katodowa

W aglomeracjach miejskich w zasadzie nie stosuje się wspólnej ochrony katodowej, tj. wspólnego zabezpieczenia przed korozją wszystkich znajdujących się w zasięgu konstrukcji metalowych. Jak już wyżej wspomniano podejmowane są w tym celu próby wydzielenia pojedynczych sieci (gazociągów), chociaż generalne zasady stosowania w takich warunkach technologii ochrony katodowej opisane są w normie [3], i jak sama jej nazwa wskazuje, są to przedsięwzięcia z wielu powodów złożone. W mniejszej skali wspólną ochronę katodową stosuje się w aglomeracjach przemysłowych, na terenie dużych zakładów chemicznych, elektrowni, rafinerii, tłoczni gazu itp. Na przeszkodzie rozwoju metod wspólnej ochrony katodowej w miastach stanął rozwój zastosowań w infrastrukturze tworzyw sztucznych.

Podsumowanie

Poziom życia mieszkańców miast w zasadniczej mierze uzależniony jest od sprawnie funkcjonującej złożonej podziemnej infrastruktury różnego rodzaju przewodów transportujących niezbędne do życia we współczesnej cywilizacji media. Znaczna jej część, zazwyczaj z powodów technicznych, wykonana jest z metali, które w tym środowisku poddawane są różnym narażeniom korozyjnym, specyficznym dla rozbudowanej aglomeracji miejskiej.

Opanowanie przejawiających się ustawicznymi awariami problemów korozyjnych podziemnej infrastruktury w miastach jest możliwe z wykorzystaniem współczesnej wiedzy technicznej oraz doświadczenia coraz liczniejszej kadry specjalistów ochrony katodowej.

Literatura

1. PN-EN 50122-2:2003 Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Część 2: Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błędnych wywołanych przez trakcję elektryczną prądu stałego
2. PN-EN 12954:2004 Ochrona katodowa konstrukcji metalowych w gruntach lub w wodach. Zasady ogólne i zastosowania dotyczące rurociągów
3. PN-EN 14505:2005 Ochrona katodowa konstrukcji złożonych
4. PN-EN 50162:2006 Ochrona przed korozją powodowaną przez prądy błędne z układów prądu stałego
5. v. Baeckmann W., Schwenk W.: Katodowa ochrona metali, WNT Warszawa 1976.
6. PNE/27-1932 Wskazówki ochrony urządzeń metalowych znajdujących się w ziemi, od działania elektrolitycznego prądów błędnych, SEP, Warszawa 1932 r.
7. W. Sokólski, P. Sokólski: Materiały konferencji "Pomiary korozyjne w ochronie elektrochemicznej", 19-21.09.2012 Jurata, s. 155.
8. W. Sokólski: Ochr. Przed Koroz., 2013, **56**, 5, (243).