

Ewentualna korozja elektrochemiczna szyn na szlaku kolejowym zelektryfikowanym prądem stałym

Possible electrochemical corrosion of rails on a railway track electrified with direct current



Józef Dąbrowski

Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut
Elektrotechniki, Warszawa

jozef.dabrowski@iel.lukasiewicz.gov.pl

Streszczenie: W artykule opisano budowę zelektryfikowanego prądem stałym szlaku kolejowego. Zwrócono uwagę na izolowanie elementów wiodących prąd trakcyjny w sieci zasilającej i powrotnej oraz na różnicę znaczenia tych izolacji. Podano przyczyny występowania prądów błądzących i ich charakter w dowolnym przekroju poprzecznym torowiska na szlaku. Wykazano warunki konieczne do ujawniania się procesów elektrochemicznych na szynach torów szlakowych. Wykazano, że lokalnie na szlaku występują procesy galwanizacyjne – nakładania jonów elektrolitu glebowego na powierzchnię szyn i korozji elektrochemicznej – ubytku materiału szyn. Przy ruchu zelektryfikowanych pociągów na szlaku niezbędna jest wilgoć i styk szyn ze słabo odwodnionym podparciem stopki lub z tłucznem – podsypką torowiska.

Słowa kluczowe: Zelektryfikowany szlak kolejowy; Prądy błądzące; Korozja elektrochemiczna

Abstract: The article describes the construction of a railway line electrified with direct current. Attention is paid to the isolation of the elements leading to the traction current in the supply and return network, and to the difference in significance of these insulations. The reasons for the occurrence of stray currents and their nature in any cross-section of the track on the trail are given. The necessary conditions for the disclosure of electrochemical processes on the rails of the track tracks were shown. It has been shown that the galvanization processes occur locally on the trail - the application of soil electrolyte ions on the surface of the rails and electrochemical corrosion - the loss of the rails material. During the movement of electrified trains on the route, moisture is necessary and the contact of the rails with the poorly drained support of the foot or with the ballast - track ballast.

Keywords: Electrified railway route; Stray currents; Electrochemical corrosion

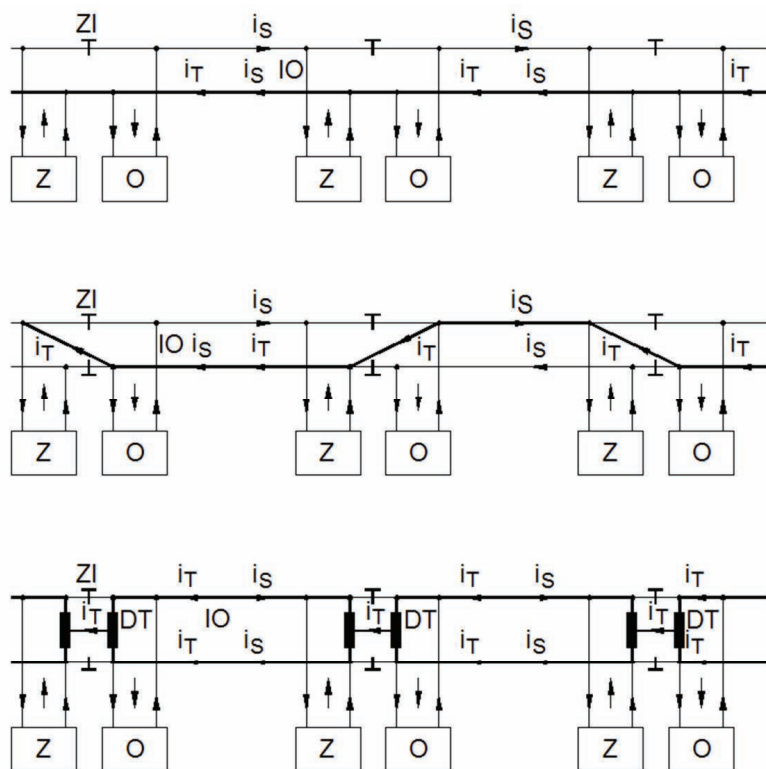
Wstęp

Zelektryfikowany szlak kolejowy charakteryzuje się tym, że nad szynami toru zawieszony jest przewód jezdny. Stanowi on sieć górną zasilającą pojazd w energię elektryczną. Przewód jezdny nad torami szlaku zawieszony jest zygakiem, aby powierzchnia styku odbieraka prądu zużywała się równomiernie na całej jego czynnej długości i szerokości. Do podwieszania przewodu służą słupy trakcyjne ustawiane na zewnątrz torów w liniach dwutorowych. Przewód podwieszany jest w zmiennej odległości od kolejnych słupów na wysięgnikach wystających na odpowiednich wyso-

kościach ze słupów co zapewnia wymaganą wysokość nad główką szyny oraz układ zygaka nad torami. Dodatkowo, aby uzyskać stabilne położenie przewodu i spokojną pracę zestyku ślizgowego niezależnie od warunków temperatury powietrza stosowane są odciążniki/napinacze przewodu zawieszone co pewną liczbę słupów zależnie od profilu trasy. Zarówno miejsca podtrzymywania przewodu jak i jego naciągania muszą spełniać wymagania izolacji elektrycznej.

W przestrzeni pomiędzy słupami trakcyjnymi izolację zapewnia powietrze – wysokość zawieszenia nad ziemią. Generalnie na szlaku kolejowym co ok. 20 km występują izolato-

ry sekcyjne – przerwy w metalicznej ciągłości przewodu jezdny. Po obu stronach tego izolatora przyłączane są poprzez odłączniki kable zasilające wychodzące z podstacji trakcyjnej. W liniach dwutorowych każdy przewód jezdny nad torami ma swój izolator sekcyjny i przyłącza kablowe z tej samej podstacji. Po obu stronach tego przyłącza znajdują się sąsiednie podstacje, umożliwiając indywidualne zasilanie dwustronne każdego z tych ok. 20 km odcinków. Podział ten zapewnia możliwość zastosowania selektywnych zabezpieczeń poszczególnych odcinków sieci górnej oraz dokonywania przeglądów lub napraw wydzielanych z eksploatacji i



1. Uprozczone schematy obwodów torowych

Oznaczenia: a) izolacja jednotokowa, jednotokowy przepływ prądu trakcyjnego, b) izolacja dwutokowa, jednotokowy przepływ prądu trakcyjnego, c) izolacja dwutokowa, dwutokowy przepływ prądu trakcyjnego, Z – zasilacz, O – odbiornik, ZI – złącze izolowane, IO – odcinek izolowany, DT – dławik torowy, i_S – prąd sygnałowy, i_T – prąd trakcyjny.

odłączanych od napięcia trakcyjnego odcinków. W podstacjach kolejowych jest przetwarzana energia elektryczna prądu przemiennego z krajowego systemu elektroenergetycznego, na energię prądu stałego o nominalnym napięciu 3 kV. Do tej przemiany zastosowany jest zespół trój uzwojeniowego transformatora prostownikowego z odpowiednio dobranym diodowym prostownikiem 6 lub 12-to pulsowym. Na PKP plus prostownika wyprowadzany jest na sieć górną poprzez rozdzielnię prądu stałego, zaś minus przyłączany do szyn przez szafę kabli powrotnych. Dlatego na wysokości podstacji trakcyjnej kable przyłączone do szyn jezdnych torowiska zwane są powrotnymi. W Polsce torowiska kolejowe na szlakach są klasycznej budowy podsypkowej, gdzie szyny przytwierdzone do podkładów, które są zagłębiane w tłuczniu. W przypadku torowisk izolację szyn od podtorza i dalej ziemi zapewniać powinno podparcie i przytwierdzenie stopki szyny do podkładu. Pomiedzy podkładami materiał szyny nie powinien dotykać kamieni tłuczni.

Systemy SRK i układ zasilania

Masa składów kolejowych i ich prędkości jazdy przy relatywnie małych współczynnikach tarcia obręczy kół o główkę szyn przyczyniają się do długich dróg hamowania. Z tego powodu w celu zapewnienia bezpieczeństwa jazdy składów kolejowych organizuje się ich przemieszczanie na szlaku z odpowiednim odstępem pomiędzy pociągami jadącymi jednym torem w danym kierunku. Służą do tego układy Sterowania Ruchem Kolejowym (Pociągów – na metrze w Warszawie). Ideą systemów SRK jest określania zajętości odcinka torów na którym znajduje się skład i sygnalizowanie dopuszczenia do wjazdu na dany odcinek kolejnego składu. Przemieszczanie się po torach pociągu powinno powodować zajmowanie kolejnego odcinka toru i uwalnianie od zajętości odcinka z którego pociąg zjechał. Pomiedzy dwoma zajętymi odcinkami toru przez dwa różne pociągi w danym kierunku powinien znajdować się minimum jeden odcinek wol-

ny od pociągu, przy czym sygnalizacja SRK powinna zapewnić uruchamianie systemu hamowania pociągu. Aby zapewnić przepustowość i bezpieczeństwo ruchu SRK nie jest jedynym systemem uruchamiającym hamowanie pociągu. System SRK w początkowej fazie rozwoju wykorzystywały szyny danego toru w sposób pokazany na rysunku 1.

Zastosowanie w obwodach torowych zasilacza i odbiornika w sekcjonowanych złączem izolującym odcinkach szyn zapewnia informację o stanie każdego odcinka obwodu torowego. W praktyce występowały trzy rozwiązania a) – izolacji jednotkowej oraz b) – izolacji dwutokowej z jednotkowym przepływem prądu trakcyjnego c) – izolacja dwutokowa z dwutokowym przepływem prądu trakcyjnego. W każdym z tych rozwiązań osie pociągu znajdującego się nad obwodem torowym zwierają w przypadkach a i b wzdłużnie i poprzecznie zaś w przypadku c poprzecznie złącza izolujące zmieniając tym samym obciążenie źródeł i energię dostarczaną do odbiorników w tym obwodzie torowym. Jeżeli odbiornikiem jest cewka przekątnika z obwodem ferromagnetycznym elektromagnesu, to zmiana dostarczanej ze źródła energii powoduje zmianę energii w cewce i przy odpowiednio dobranych parametrach całego obwodu torowego względem cewki przekątnika następuje zmiana położenia zwory elektromagnesu i mechanicznie z nią sprzęgniętych roboczych styków przekątnika. Styki tego przekątnika pracują w innych separowanych elektrycznie od sieci trakcyjnej obwodach elektrycznych służących sygnalizacji, sterowaniu lub wizualizacji i zmieniają ich stan pracy z chwilą najeżdżania pociągu na separowany odcinek torowy lub też zjazdu z tego odcinka, któremu odpowiada dany odbiornik – przekątnik.

Na PKP następuje wymiana systemu SRK z rys.1c na liczniki osi. Zamiast pary dławików torowych i złączy izolujących w obu szynach montuje się do szyny urządzenie zwane licznikiem osi. Każdy najazd obręczy koła nad licznik uruchamia w liczniku sekwen-

cję sygnałów z których można określić liniową prędkość przemieszczania się obręczy koła nad licznikiem, kierunek i co najistotniejsze jedną oś. Ilość tych osi wjeżdżająca na licznik musi się zgadzać z liczbą na poprzednim liczniku, a po przejechaniu odcinka na następnym liczniku. W ten sposób paczka osi odpowiadająca danemu składowi przemieszcza się po torze zajmując i zwalniając kolejne odcinki. Pomiędzy poszczególnymi paczkami musi być dopuszczalna sekwencja czasowa przerwy zależnej także od prędkości przemieszczania się tych składów.

Uwagi o torowisku

Budowa podtorza i zastosowanie szyn o określonej wadze jednostkowej mają zapewnić trwałość torowiska przy dopuszczalnych naciskach na oś pojazdów kolejowych. Wybór typu szyny determinuje jednostkową rezystancję wzdłużną wynikającą z zastosowania żelaza na szyny. Czym cięższa szyna tym rezystancja jest mniejsza. Zastosowanie SRK w postaci obwodów torowych z rys. 1 w każdym przypadku zwiększa wypadkową rezystancję wzdłużną toru, ponieważ linki łączące cewki dławików torowych oraz połączenie środków tych cewek też charakteryzują się rezystancjami. Dodatkowo pojawiają się styki materiałów linek i szyn, które także powodują, że wypadkowa rezystancja wzdłużna torowiska wzrasta. Obwody torowe w swoisty sposób zapewniają diagnostykę pęknięć szyn i ubytków łączników szynowych wzdłużnych w czasach mechanicznego łączenia odcinków szyn łupkami stalowymi. W przypadku liczników osi w torowisku nie następuje zwiększenie rezystancji torowiska, ale brak już diagnostyki pęknięć w szynach wynikającej z nałożonego prądu przemiennego, natomiast to rozwiązanie SRK pozwala na stosowanie zalecanych łączników międzyszynowych oraz międzitorowych w normie [1], a w normie [2] tylko wspomnianych jako łącznik, który może ograniczać oddziaływanie prądów błędnych z trakcji szynowej zelektryfikowanej

prądem stałym. Dzięki temu przy licznikach osi można uzyskać dodatkowe zmniejszenie rezystancji sieci powrotnej.

Współczesne torowiska zelektryfikowane prądem stałym w celu ograniczenia prądów błędnych powinny spełniać wymagania normy [2] w zakresie jednostkowej konduktancji przejścia szyny-ziemia pojedynczego toru. Konduktancja jest odwrotnością rezystancji. W polskiej nomenklaturze technicznej stosowano pojęcie rezystancji przejścia szyny ziemia. Norma [2] rozróżnia tylko dwa rodzaje torowiska – budowy otwartej – mamy do czynienia wtedy gdy widoczne są całe szyny oraz konstrukcje zastosowanego przytwierdzenia do podłoża (podkładu lub płyty betonowej). Drugi typ torowiska to budowy zamkniętej – widoczna jest jedynie powierzchnia toczna główki szyny. Rozwiązanie to występuje na każdym przejeździe przez torowisko czyli skrzyżowaniu drogi szynowej z jezdnią/szosa/droga pojazdów ogumionych. Norma [2] wymaga, aby torowisko otwarte charakteryzowało się jednostkową konduktancją przejścia szyny ziemia nie większą niż 0,5 S/km (tj. rezystancją nie mniejszą niż 2 Ω km), natomiast torowisko zamknięte konduktancją nie większą niż 2,5 S/km (tj. rezystancją nie mniejszą niż 0,4 Ω km) Nowelizacja normy [2] z 2011 r. uzupełnia jeszcze te wymagania wartością potencjału szyn względem ziemi dla torowisk odpowiednio 5 V dla budowy otwartej i 1 V dla budowy zamkniętej torowiska. Można odczytywać to jako pokłon w stronę wymagań normy [1].

W przypadku polskiej normy [1] ograniczanie oddziaływania prądów błędnych odbywało się na poziomie projektu, gdzie dla przyjmowanego rozkładu jazdy, charakterystyk taboru przewidywanego do jazdy po tym odcinku wyznaczano zapotrzebowanie na moc podstacji trakcyjnej i przy założeniu napięcia biegu jałowego w systemie trakcyjnym określano prąd trakcyjny, co przy znajomości wytypowanych szyn pozwala wyliczyć spadki w szynach torowiska przy dodatkowym założeniu, że nastąpiło już

15% zużycie przekroju poprzecznego szyny, a zatem rezystancja jednostkowa nowej szyny wzrosła o te 15 %. Wypadkowo średni spadek napięcia w szynach odcinka wybiegowego jakim jest szlak kolejowy wynosić do 10 V.

Mechanizm powstawania prądów błędnych

Źródłem powstawania prądów błędnych jest spadek napięcia w szynach torowiska. Prąd w szynach w miejscu położenia pojazdu jest równy prądowi pobieranemu z przewodu jezdni przez odbierak. Przy dwustronnym zasilaniu pobór prądu przez pojazd rozłożony jest proporcjonalnie do rezystancji pomiędzy pojazdem, a tymi podstacjami. Ze względów ekonomicznych dobierane są dostępne katalogowo przekroje zastosowanych kabli powrotnych i zasilających oraz przewodu jezdni. Ciężar jednostkowy związany jest podobnie jak w przypadku szyn z jednostkową rezystancją przewodu jezdni, ale ma istotny wpływ na konstrukcję oraz posadowienie słupa oraz armaturę do zawieszenia tego przewodu. Izolowanie sieci górnej wynika z dwóch przesłanek, upływ prądu z sieci jezdni pojawia się bezpośrednio po podaniu napięcia trakcyjnego na sieć i jest stratą energii podobnie jak spadki napięcia w sieci pojawiające się podczas przepływu prądu trakcyjnego. Drugą przesłanką jest bezpieczeństwo porażeniowe osób postronnych i obsługi technicznej system trakcyjnego. W celu zwiększenia tego bezpieczeństwa słupy trakcji kolejowej były indywidualnie uszyniane. Fundament każdego słupa stanowi naturalny uziom. Z doświadczeń pomiarowych rezystancje uziomów słupów trakcyjnych zainstalowanych na sieci tramwajowej w Warszawie mieściła się w granicach od ułamka do prawie 200 Ω . Przy indywidualnym uszynianiu słupów do sieci powrotnej zmniejszano wypadkowy izolację szyn od ziemi zewnętrznej. Każdy słup zależnie od jego rezystancji uziemienia wprowadzał lokalne zwiększenie upływności zewnętrznej szyny toru tym większe im mniejszą

wykazywał rezystancję uziomu. Obecnie na kolejowych sieciach stosuje się usznięcie grupowe z wykorzystaniem niskonapięciowych ograniczników. To rozwiązanie przyczynia się do zmniejszenia upływności torowiska w czasie normalnej pracy. Na sieci powrotnej pojawia się napięcie względem ziemi z chwilą poboru energii przez pojazd znajdujący się na szynach danego odcinka sieci. Pełne metaliczne połączenia szyn w torowiskach przyczyniają się do ewentualnego wynoszenia potencjału szyn na sąsiednie odcinki podłączone kablami powrotnymi do sąsiednich podstacji. Wynoszenie to jest tym większe im izolacja sąsiedniego odcinka będzie mniejsza (jego upływność – konduktancja będzie większa).

Szacowanie prądów błędnych

Prąd zasilający pojazd na szlaku w kablach i przewodach zasilających oraz szynach i kablach powrotnych wywołuje spadki napięć, które ze względów ekonomicznych w eksploatacji powinny być ograniczane, ale w procesie inwestycyjnym czyli projektowo – budowlanym optymalizowane są koszty. W procesie inwestycyjnym przyjmuje się założenia, które podczas projektowania szlaku przekładają się na obciążenie elektroenergetyczne, wynikające z profilu trasy, zakładanego rozkładu jazdy i charakterystyk kursującego ta-

boru, a to umożliwia wyliczenie średnio-dobowy, tygodniowy, miesięczny czy kwartalny lub roczny poboru energii. Stąd określa się zapotrzebowanie podstacji na moc podstacji. Zagadnienie te są opisane w literaturze przedmiotu [3]. W efekcie po wybudowaniu eksploatacja uzyskuje szlak najczęściej dwu torowy z kilkoma możliwościami przejazdu na sąsiedni tor, co ma umożliwić przeglądy i naprawy na odcinku i podstacjami trakcyjnymi rozmieszczonymi co ok. 20 km zasilanych najczęściej z linii SN. W normalnym stanie pracy przewiduje się dwustronną pracę podstacji na szlaku, dzięki czemu konstrukcja podstacji jest powtarzalna i typowa dla zasilania sieciowego. W stanie awaryjnym np. braku zasilania z sieci elektroenergetycznej jednej z podstacji konstrukcja rozdzielni prądu stałego umożliwia przejście tej podstacji do pracy jako kabina sekcyjna, zapewniając tym samym nadal dwustronne zasilanie, ale na wydłużonym odcinku. Na podstacjach dobrane są zabezpieczenia przed awariami na szlaku i w jego otoczeniu oraz na i w otoczeniu podstacji.

Po ustaleniu powyższych parametrów można przystąpić do oceny spełnienia wymagań normy [1]. Korzystając z modelu linii długiej dla układu torowego [4] można wyprowadzić wzory na rozkład prądów w szynach, w ziemi i rozkład potencjału szyn względem ziemi przy założeniu

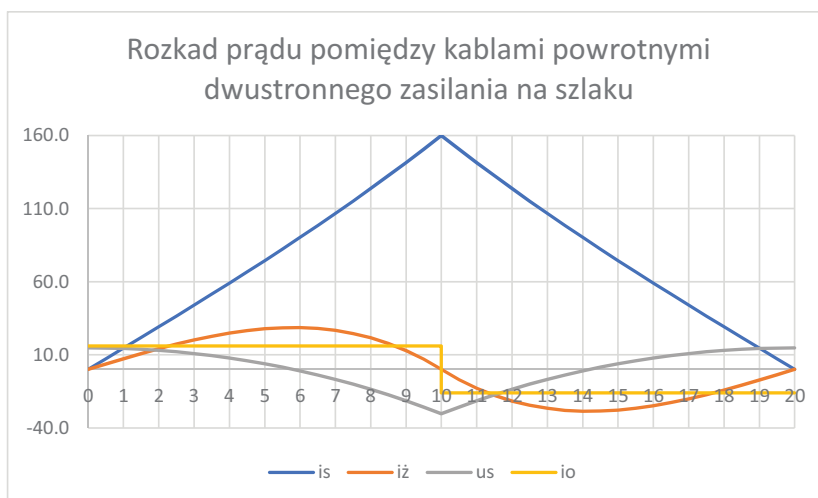
jednorodności (stałości) parametrów elektrycznych sieci powrotnej czyli jednostkowej rezystancji toru r_s i jednostkowej konduktancji szyna-ziemia g_s tego toru. Lokalne uziomy słupów trakcyjnych uśrednia się za odcinek, zwiększając ewentualnie przyjmowaną jednostkową konduktancję przejścia, albo przyjmując wartość wymaganą w normie [2]. Z oszacowanych średnich poboru energii dla danego okresu czasu wyznacza się okład prądowy – czyli wartość prądu przypadającą na odcinek zasilania wynikający z sieci górnej, rozłożona równomiernie [4]. Z reguły rozpatrywany jest odcinek równy połowie odległości pomiędzy podstacjami [4]. Jeżeli uwzględni się w przeliczeniach, że po przekroczeniu połowy odległości pomiędzy podstacjami pracę przejmuje druga podstacja to przy stałych parametrach uzyskuje się wynik obliczeń pokazany na rys. 2.

Niezależnie od przyjmowanych wartości parametrów elektrycznych torowiska i jego długości oraz okładu prądu przebieg napięcia us wykazuje swoiście charakterystyczny kształt, przy punktach powrotnych jego wartości dodatnie są ekstremalne, a w połowie odległości osiąga wartość ujemną z reguły bezwzględnie większą niż wartości dodatnie. Wnioski z tego są następujące, że przeciętnie w okolicach kabli powrotnych na szynach należy oczekiwać odmiennych zjawisk niż w okolicach połowy odcinka pomiędzy kablami powrotnymi (podstacjami), jeżeli warunki posadowienia byłyby niezmiennie, a pogodowe na tym odcinku jednakowe.

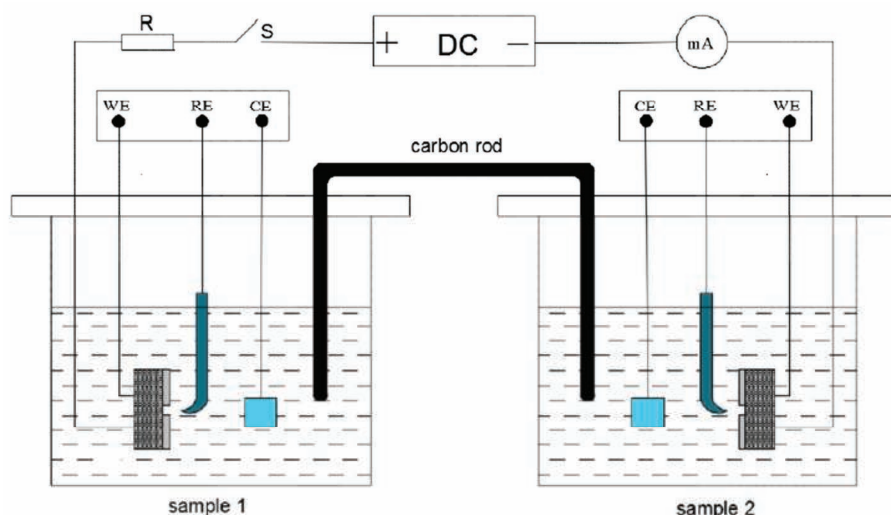
Zerowa wartość potencjału szyn względem ziemi przy obciążeniach okładem prądowym jest hiperboliczną funkcją elektrycznych parametrów torowiska oraz długości odcinków i nie wypada w połowach połówek odcinków.

Badania laboratoryjne

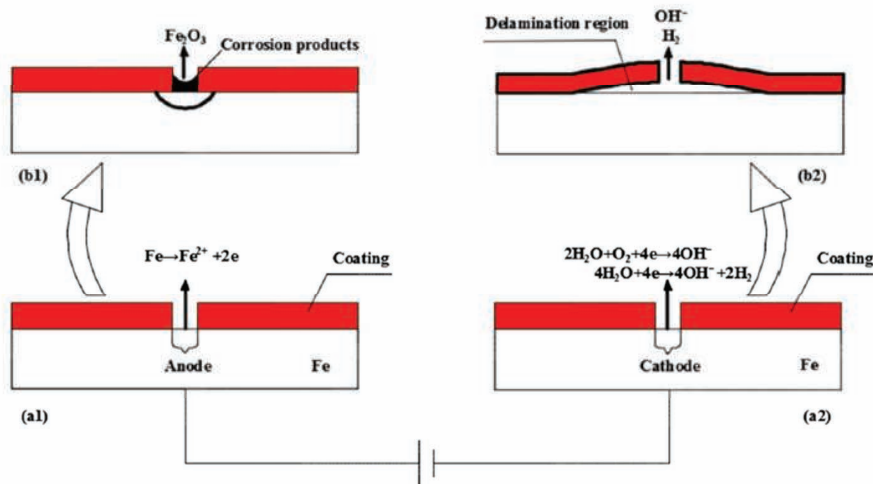
W pracy [5] autorzy opisali wyniki badań próbek stali w powłoce izolacyjnej, z których każda była jednakowo uszkodzona. Na rys. 3 pokazano



2. Przebiegi prądu w szynach (i_s), potencjału szyn (u_s) i prądu w ziemi dla odcinka o długości 2L obciążonego równomiernie na każdej połowie prądem i_o pomiędzy podstacją z lewej strony (kable powrotne w punkcie $x=0$) oraz podstacją z prawej strony (kable powrotne podłączone w punkcie $x=20$) Skala wielkości i_s oraz i_o pomniejszona pięciokrotnie



3. Schematyczne urządzenie do obciążenia prądu bezpośredniego (DC) podczas testu elektrochemicznego. WE - elektroda robocza; RE - elektroda odniesienia; CE - elektrody przeciw licznika; carbon rod - węglowa elektroda wyrównania potencjału.



4. Skutki przepływu prądu stałego przez uszkodzenia powłok izolacyjnych na elektrodach ze stali nie zależnie od gęstości prądu a1 i b1 wżer w anodowej elektrodzie, a2 i b2 osadzanie galwaniczne jonów elektrolitu i rozwarstwianie powłoki izolacyjnej na katodowej elektrodzie

układ laboratoryjny na którym widać, że podłączone do zasilacza DC próbki znajdowały się w dwóch naczyniach wypełnionych 3,5% roztworem soli kuchennej umieszczone jednakowo względem węglowego przewodu wyrównawczego pomiędzy tymi naczyniami w identyczny sposób.

W podsumowaniu wyników przy różnych wartościach prądu przepuszczonego przez ten układ w czasie 30 min pokazano rys. 4 z charakterystycznymi skutkami przepływu prądu elektronowego i jonowego z i do metalu. Stała polaryzacja źródła w czasie prób powoduje jednoznaczne uszkodzenia

w postaci wżerów na anodzie i odspajania izolacji od metalu na skutek osadzania jonów elektrolitu na metalu.

Porównując warunki pracy próbek oraz wyniki autorów pracy [5] należy zauważyć, że szyny na polskich szlakach kolejowych zagłębione w podsypce tłuczniowej, która prawie nie dotyka do powierzchni metalu szyn mają warunki sprzyjające procesom korozyjnym jedynie w czasie opadów atmosferycznych poczynając od mżawek, poprzez drobny i bardziej intensywny deszcz po ulewę i występowania mgieł lub punktu rosy. Utrzymywaniu się wody (rozcieńczonego elektrolitu) na powierzchni szyny wzdłuż odcinka zasilania przeciwdziałają zjawiska wywołane przemieszczaniem się powietrza nad szynami podczas przejazdu pociągów jak również ciepło wydzielane w szynach od strat energii elektrycznej - (kwadratu prądu) w szynach oraz naprężeń mechanicznych od nacisku osi pojazdów. Wilgoć jest się wstanie utrzymać pod stopką szyny oraz pomiędzy stopką szyny, a podkładką sprężystą pod tą szyną, ujawniając efekt pokazany na rys. 5 – patrz fot.1. i 2. Jeżeli odcinek toru z teoretyczną strefą anodową znajdzie się w miejscach zacienionych np. w leśnej przecince z krótkotrwałym nasłonecznieniem to pojawiają się warunki do dłuższego utrzymywania wilgoci w okolicach posadowienia szyny oraz pod stopką szyn. W okolicach punktów powrotnych o ile warunki występowania wilgoci będą trwałe relatywnie długo to należy oczekiwać nakładania jonów elektrolitu na wilgotnych obszarach szyn.

Uwagi co do rzeczywistego oddziaływania prądów błądzących na korozję szyn

Przejazdy składów przez odcinek zasilania.

W tabeli 1 zebrano czasy trwania przejazdu przez odcinek pomiędzy podstacjami trakcyjnymi na szlaku jeżeli prędkość średnia lub stała na tym odcinku wynosiła poziom od 60 do 200 km/h.

Tab. 1. Czasy trwania przejazdu przez odcinek pomiędzy podstacjami trakcyjnymi na szlaku

Stała lub średnia prędkość składu na odcinku L w km/h	Czas przejazdu odcinka o długości L		Średnia prędkość składu wyrażona w m/s
	w sekundach	w minutach	
60	1200	20,0	16,7
80	900	15,0	22,2
100	720	12,0	27,8
120	600	10,0	33,3
140	514,3	8,57	38,9
160	450	7,5	44,4
180	400	6,7	50,0
200	360	6,0	55,6



Fot. 1



Fot. 2

5. Zdjęcia stopki i powierzchni bocznej szyn kolejowych S49 z 1986 roku zrealizowane w styczniu 2020 roku. Na stopce po lewej stronie zdjęcia widoczne korozyjne wżery do stykającego się z nią tłucznia oraz po prawej stronie wzmocniony wżerami odcisk podkładki podszynowej.



Fot. 3



Fot. 4

6. Zdjęcia stopki i powierzchni bocznych szyn kolejowych S49 z 1986 roku zrealizowane w styczniu 2020 roku. Na stopce szyny górnej - fot 3 - wżery korozyjne w stopce pomiędzy podkładkami zaś na fot. 4 - zdjęcie dolne wżery w stopce i w miejscu podparcia szyny do podkładki podszynowej na końcu odcinka szyny - łączenie szyn łupkami, a procesów korozyjnych w tych miejscach w zasadzie nie widać. Ostatni otwór w szyjce szyny po prawej stronie to miejsce skręcania kolka łącznika wzdłużnego szyn.

Po szlakach kolejowych w Polsce nadal poruszają się jeszcze w większości lokomotywy z klasycznym napędem prądu stałego i opornikami rozruchowymi, których obciążenie na szlaku wyprowadza się zgodnie z regułami podanymi w [6 i 7]. Czas przejazdu odcinka dwustronnego zasilania zależy od prędkości jazdy. Krótsze czasy przypadają na lżejsze pociągi pasażerskie i zespolone jednostki trakcyjne typu Dart czy Pendolino. Nowe i zmodernizowane Elektryczne Zespoły Trakcyjne podobnie jak wymienione jednostki mają zainstalowany już napęd asynchroniczny o liniowym narastaniu pobieranego prądu z sieci w miarę zwiększania prędkości do znamionowych zainstalowanych w tych pojazdach silników. Na odcinku zasilania każdy ze składów zwłaszcza towarowych może się istotnie różnić zapotrzebowaniem na energię. Dodatkowo wymagania bezpieczeństwa jazdy powodują przerwy w poborze energii z podstacji. Powoduje to, że wartości chwilowe prądu trakcyjnego na szlaku są wielokrotnie większe niż

wynika to z obliczeń z wykorzystaniem okładu prądowego. Pobór prądu z podstacji zasilania dwustronnego nadal jest zależny od położenia względem tych podstacji pojazdu pobierającego prąd.

Dla wstępnego inżynierskiego szacowania należy przyjąć, że na identycznych podstacjach są takie same warunki napięciowe co oznacza większy pobór prądu prądów z bliższej postaci w proporcji wynikającej z rezystancji widzianych z „zacisków” pojazdu trakcyjnego w danej chwili. Przy jednorodności parametrów sieci powrotnej i zasilającej ta proporcja sprowadza się do proporcji długości odcinków pomiędzy pociągiem, a podstacjami. Przy punktowej analizie wymuszenia prądowego pojazdu na odcinku przejście potencjału szyn przez zero zawsze wypada w połowie odległości pomiędzy pojazdem a tymi podstacjami.

Analizując przemieszczanie się skła-

du w czasie po odcinku dwustronnego zasilania np. ze stałą wartością prądu okazuje się, że prąd w szynach w dowolnym przekroju poprzecznym będzie zmieniał znak przepływu, a czas trwania przepływu prądu w jedną stronę jest funkcją prędkości przemieszczania się pociągu i odległości tego przekroju od podstacji. W rozważaniach tych pominięto stany przejściowe zmian wynikające z faktu relatywnie punkowego poboru prądu z przewodu jezdnego w porównaniu z wielopunktowym stykiem obręczy kół wszystkich osi pojazdu. Osie te są rozłożone na wózkach wzdłuż składu o długościach nawet do kilkuset metrów. Do tego dochodzą zmiany obciążenia prądu pobieranego z sieci podczas rozruchu na skutek przełączenia wartości rezystancji rozruchowych w klasycznym napędzie z silnikami prądu stałego, albo narastanie prądu sieci wraz ze wzrostem prędkości składu zgodnie z zadaną elektronicz-

nie charakterystyką procesu rozruchu pojazdu. Jest wręcz niemożliwym przypadkiem, aby na odcinku zasilania wszystkie składy przez połowę odcinka zasilania przejeżdżały bez poboru prądu trakcyjnego w tym potrzeb własnych. Dlatego też za dowolnie długi okres obserwacji porównywalny z projektowymi średnimi dobowymi, tygodniowymi, miesięcznymi kwartalnymi czy rocznymi wypadkowy uśredniony rozkład potencjału wzdłuż odcinka zasilania będzie zbliżał się do pokazanego na rys. 2.. Faktycznie na szlaku w systemie kolei zelektryfikowanej prądem stałym korozja szyn może wystąpić jedynie w niekorzystnych warunkach permanentnego występowania wody pod stopką szyny. Procesy korozyjne przy ciągłym występowaniu wilgoci mają charakter zmienny (oddziaływania prądu zmiennego) co wywołane jest przemieszczaniem się i lokalnym poborem prądu trakcyjnego

przez pojazdy na szlaku. W zmienności poboru prądu na odcinku zasilania szlaku kolejowego trudno wyznaczyć okresowość, a tym bardziej amplitudę zmian w czasie. Te czynniki powodują, że negatywne skutki w postaci wżerów w materiale szyn na torowiskach szlakowych budowy otwartej są minimalne, pomimo występowania większych prądów w ziemi czy większych potencjałów szyn w porównaniu do torowisk tramwajowych czy metra [4].

Materiały źródłowe

- [1] PN-92/E-05024 Ochrona przed korozją. Ograniczenie upływu prądów z trakcyjnych sieci powrotnych prądu stałego
- [2] PN EN 50122-2: Zastosowania kolejowe Urządzenia stacyjne. Część 2 Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błądzących

wywołanych przez trąkcję elektryczną

- [3] Mierzejewski L., Szeląg A., Gałuszewski M.: System zasilania trąkcji elektrycznej prądu stałego Skrypt Politechniki Warszawskiej Warszawa 1989
- [4] Dziuba W.: Sieć powrotna i prądy błądzące Wyd. Książkowe IEL Seria A Prace oryginalne
- [5] Xinhua Wang i in. Effect of a DC Stray Current on the Corrosion of X80 Pipeline Steel and the Cathodic Disbondment Behavior of the Protective 3PE Coating in 3.5% NaCl Solution Coatings 2019, 9, 29; doi:10.3390/coatings9010029
- [6] Podowski J. Zasady trąkcji elektrycznej WKiŁ 1967
- [7] Podowski J., Kacprzak J., Mysłek J.: Zasady trąkcji elektrycznej WKiŁ 1980

REKLAMA



CZAS NA INNOWACYJNE BUDOWNICTWO

Oferujemy profesjonalne usługi z zakresu:

- budowy infrastruktury komunikacyjnej, sieci instalacyjnych i obiektów hydrotechnicznych,
- wykonywania pomiarów geodezyjnych, tworzenia map do celów projektowych, wytyczenia budynku i sieci.



**W BUDOWNICTWIE WYBIERZ FIRME,
KTÓREJ MOŻESZ ZAUFAĆ**

Zobacz, co już wybudowaliśmy
i dla kogo pracowaliśmy:
www.gm-roads.pl

Biuro:

ul. Krzemieniecka 47,
54-613 Wrocław

Budownictwo inżynieryjne:

tel.: (71) 300 12 40
e-mail: info@gm-roads.pl

Geodezja:

tel.: 697 660 932
e-mail: m.wozniak@gm-roads.com

Siedziba firmy:

ul. Wrocławska 41, Łażany
58-130 Żarów