



ZASTOSOWANIE DRENAŻY ELEKTRYCZNYCH W POLSKICH WARUNKACH

THE USE OF ELECTRIC DRAINAGES IN POLISH CONDITIONS

Józef Dąbrowski

Instytut Elektrotechniki Warszawa ul. Pożaryskiego 28

Słowa kluczowe: ochrona katodowa, drenaż elektryczny, trakcja prądu stałego
Keywords: cathodic protection, electric drainage, DC traction

Streszczenie

W pracy zwrócono uwagę na przyczyny ograniczające zastosowanie drenażu elektrycznego w polskich warunkach. Wymieniono zmiany jakie są wprowadzane po otwarciu granic krajów Unii Europejskiej w systemach sterowania ruchem kolejowym na wspólnym obszarze – wprowadzenie ERTMS. Podano przewidywany wpływ zmian systemu sterowania na ochronę drenażem. Omówiono rozwój systemów tramwajowych stosowanych w miastach i przewidywany wpływ nowych konstrukcji torowisk na stosowanie drenażu w warunkach miejskich.

Summary

The paper highlights the reasons for restricting the use of electric drain in Polish conditions. Lists the changes that are introduced after the opening of the borders of the European Union in the rail traffic control systems in the common area of the union – the introduction ERTMS. Given the expected impact of changes in traffic control system for the protection of electrical drain. The said development of tram systems used in cities, and the expected impact of new construction on the tracks according drainage in urban conditions.

1. Wstęp

Rozróżnia się zasadniczo trzy rodzaje drenażu elektrycznego jako aktywnego środka ochrony przed korozją elektrochemiczną podziemnych konstrukcji metalowych powodowaną oddziaływaniem prądów upływających ze zelektryfikowanych prądem stałym systemów do jakich należy zaliczyć trakcję elektryczną. W praktyce technicznej drenaż prosty polegający na bezpośrednim połączeniu podziemnej konstrukcji metalowej ze źródłem prądu upływu nie jest zalecany i stosowany [1]. Pozostałe dwa rodzaje drenażu to polaryzowany i wzmacniony. Pierwszy z nich polega na zastosowaniu elementu o nieliniowej charakterystyce napięciowo – prądowej, który spowoduje przepływ prądu ochrony tylko przy odpowiedniej polaryzacji napięcia występującego pomiędzy podziemną konstrukcją metalową a systemem. Przy zastosowaniu biernych elementów półprzewodnikowych typu dioda oraz rezystory ograniczające prąd ochrony układ drenażu nie wymaga zasilania z zewnętrznego źródła. Drenaż elektryczny wzmacniony wymaga dodatkowo zewnętrznego źródła energii elektrycznej, przez co zwiększa się zakres możliwej do realizacji ochrony. Zastosowanie drenażu zarówno polaryzowanego jak i wzmacnionego wymaga zawsze zgody użytkownika trakcyjnej sieci powrotnej w którą drenaż ma być włączony [2].

2. Sieci trakcyjne prądu stałego

Na świecie sieć trakcyjna prądu stałego występuje zasadniczo tylko w warunkach miejskich. Kolejowe sieci, jeżeli są zelektryfikowane to napięciem prądu przemiennego o częstotliwości 16,7 Hz lub 50 Hz. Przypadek Polski podobnie do kilku państw europejskich jak Holandia i Belgia czy też Italia jest znamienny tym, że zarówno systemy transportu szynowego, kolejowy jak i miejski, są zelektryfikowane prądem stałym. Ze względu na moce (masę/ciążar) pojazdów stosowane są dwie różne wartości napięć. Dla trakcji miejskiej w Polsce jest to napięcie 600V, zaś na zachodzie Europy zgodnie z normą [3] zwiększono napięcie sieci trakcyjnych tramwajowych do 750V. Sieci kolejowe w krajach Beneluksu zasilane są napięciem 1,5kV zaś w Polsce i we Włoszech 3kV. Powoduje to, że prądy trakcyjne w sieci powrotnej kolejowej i tramwajowej są o zbliżonych wartościach przy taborze o różnej sile nacisku osi na szynę (ciążarze). Idea układu zasilania węzła kolejowego – dużej stacji towarowej i pasażerskiej - jest identyczna z tradycyjnym układem zasilania sieci tramwajowej. Podstacja trakcyjna dzięki rozbudowanej wielopolowej rozdzielnicy prądu stałego zasilają jednostronnie wiele odcinków na swoim obszarze zasilania, dlatego też awaria w postaci zwarcia na pojeździe spowoduje selektywnie wyłączenie jedynie tego odcinka zasilania na którym wystąpiło takie zdarzenie, a nie całej podstacji – obszaru zasilania. Szlaki kolejowe zasilane są dwustronnie co zwiększa długość odcinków zasilania i zmniejsza wypadkowe prądy w sieci, zmniejszając tym samym zagrożenie oddziaływania na podziemne konstrukcje metalowe. Podstacje na szlakach są znacznie mniej rozbudowane niż w węźle kolejowym. W ostatnim okresie czasu w Polsce podnoszony jest temat zastosowania dwustronnego zasilania w trakcji miejskiej. W przypadku literatury [4] podstawowym argumentem za tym rozwiązaniem są koszty związane z budową nowego układu zasilania w warunkach miejskich.

3. Sterowanie ruchem tramwajowym i kolejowym

Porównując trakcję tramwajową i kolejową należy zwrócić uwagę na zapewnienie bezpieczeństwa i związany z tym sposób kierowania tymi pojazdami. Tramwaje poruszają się

z maksymalną prędkością do 70 km/h i ich droga hamowania liczona jest w metrach do ok. 100 m – jest to zakres obserwowalny przez motorniczego. Pociągi poruszają się z prędkościami zależnymi od przeznaczenia, towarowe do 100 km/h, zaś pozostałe pasażerskie od 100 do 160 km/h w warunkach polskich. Droga hamowania tych pojazdów przekracza odcinki pojedynczej setki metrów osiągając nawet w warunkach hamowania awaryjnego (intensywnego) dystans zbliżony do 1 km. Dystans ten jest trudny do obserwacji przez maszynistę prowadzącego skład kolejowy. Z tego właśnie powodu prowadzenie ruchu tramwajowego i kolejowego różnią się i wymagały odmiennego podejścia do torowiska. W systemie kolejowym maszynista nie musi widzieć składu, który znajduje się przed nim wystarczy, że będzie wiedział czy odcinek do którego się zbliża jest wolny do przejazdu dla prowadzonego przez niego pociągu. Torowisko tramwajowe oprócz wyznaczania drogi pojazdom służy do przewodzenia powrotnego prądu trakcyjnego, a do prowadzenia składu wystarczy obserwacja szlaku przez motorniczego. Natomiast torowisko kolejowe dodatkowo służyło do przewodzenia sygnałów zajętości odcinków i sygnalizowania zakazu wjazdu na dany odcinek jazdy. Maszynista obserwuje szlak, ze szczególnym uwzględnieniem rozmieszczonych na nim semaforów. W systemach prądu stałego tradycyjnie odcinki zajętości wyznaczono prądem przemiennym nałożonym na prąd trakcyjny. Dławiki torowe znajdujące się w torowisku są cechą charakterystyczną tego systemu sterowania. W szynach stosowane są złącza izolujące separujące z pomocą dławików obwody torowe dla prądu przemiennego – z reguły 50 Hz. Rozwój elektroniki spowodował, że zamiast odcinków z dławikami można zastosować odcinki wykorzystujące szyny torowiska do przesyłu prądu o innej znacznie wyższej częstotliwości od kilku do kilkunastu kHz. Zestaw nadajnika i odbiornika o określonej częstotliwości stanowi obserwowany odcinek. Odcinki o różnych częstotliwościach sąsiadują na szlaku i sygnalizują zajętość, gdy znajduje się na nim pojazd. Osie pojazdu zwierają obie szyny toru na danym odcinku co jest interpretowane jako zajętość odcinka. Zastosowanie czujnika osi (koła) i niezawodnego układu zliczania osi umożliwiło zbudowanie systemu sygnalizacji zajętości odcinka toru pomiędzy licznikami osi, który jest już niezależny od stanu technicznego (rezystancji i konduktancji) szyn torowiska. Otwarcie granic krajów Unii Europejskiej uzmysłowiło, że systemy sterowania ruchem kolejowym stosowane w poszczególnych krajach Europy stanowią barierę uniemożliwiającą swobodny ruch pociągów przez poszczególne kraje. Każdy kraj dopracował własny (narodowy) system sterowania ruchem kolejowym i pomimo posiadania wielosystemowych lokomotyw mogących jeździć pod różnymi napięciami sieci trakcyjnej nie można bezpiecznie przejechać przez wszystkie kraje Unii jednym składem. Zasada nie preferowania żadnego ze stosowanych narodowych rozwiązań spowodowała, że zaczęto opracowywać system ERTMS – z angielskiego European Train Traffic Management System - Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym [5]. System ten przewiduje trzy stadia (poziomy) rozwoju i w żadnym z nich nie wykorzystuje się szyn jezdnych do sygnalizacji zajętości odcinka toru. ERTMS oparty został on na tzw. balisie czyli elemencie typu transponder – nadajnik i odbiornik krótkiego zasięgu - umieszczonym w określonym miejscu torowiska, który jest pobudzany przez nadjeżdżający pojazd i informuje go o jego pozycji i drogą fal elektromagnetycznych (GSM) sygnalizuje do nadrzędnego systemu przejazd tego składu. System ten w trakcji prądu stałego umożliwi stosowanie drenaży elektrycznych na zbliżeniach i skrzyżowaniach z podziemnymi rurociągami. Dotychczas uzyskanie akceptacji właściciela torowiska kolejowego na przyłączenie drenażu elektrycznego graniczy wręcz z niemożliwością. Podstawową przyczyną takiego stanu rzeczy jest obawa decydentów – automatyków kolejowych – o zakłócenia jakie według nich może wprowadzać drenaż do sieci powrotnej systemu trakcyjnego. Wymagania jakie stawiane są przez przekaz-

nikowe systemy Sterowania Ruchem Kolejowym wobec pojazdów trakcyjnych z energoelektronicznymi układami napędowymi i statycznymi przetwornicami potrzeb własnych dotyczą zakazu – ograniczenia poziomu - generowania zaburzeń przewodzonych do sieci powrotnej. Zostały one zdefiniowane dla podanych (określonych) przedziałów częstotliwościowych jako wartość skuteczna, ale zdefiniowana nie po okresie lub jego wielokrotności jak jest to w fizyce czy podstawach elektrotechniki lecz za podany w przepisach przedział czasowy. Tak zdefiniowane poziomy wartości są sprawdzane poprzez rejestrację prądu powrotnego i stosowne przeliczenia. Spełnienie wymagań zapewni, że przekaźniki na obwodach torowych nie zostaną pobudzone i tym samym nie zainicjują zajętości toru na odcinku przepływu prądu powrotnego. Fizyczna interpretacja tego postępowania prowadzi do blokowania zastosowania drenażu elektrycznego w sieci kolejowej, ponieważ połączony metalicznie z torowiskiem może on wprowadzić zakłócenia pracy SRK. Dla decydentów nie istotnym jest jednokierunkowe działanie drenażu. Odmowa zainstalowania drenażu w torowisku kolejowym upraszcza postępowanie. Omija się dzięki temu konieczność eksploatacji obserwowanej, podczas której mogą faktycznie nie wystąpić przypadki szczególnie niekorzystne ponieważ zależą one od czynników zewnętrznych (poza systemem trakcji elektrycznej). To powoduje, że korzystniej jest nie dopuścić do badań. Już wprowadzany w Polsce system SRK z licznikami osi pozwala na zastosowanie drenażu elektrycznego, ale o tym wprowadzeniu wiedzą tylko służby kolejowe, a nie eksploatacja podziemnych konstrukcji metalowych.

4. Torowiska tramwajowe i kolejowe

Renesans tramwaju w Europie związany jest z kilkoma czynnikami. Jednym z nich to ograniczenie hałasu i drgań mechanicznych generowanych przez system trakcji tramwajowej. Wpływ na to ma zarówno konstrukcja pojazdu – rozwiązanie wózków oraz osłony na koła i wózki – jak i budowa torowisk zamkniętych a także umiejętne limitowanie prędkości na określonych odcinkach przejazdu. Ze względu na ograniczenie emisji hałasu preferowane są torowiska budowy zamkniętej – główka szyny jest na poziomie otoczenia (gruntu). W celu ograniczenia emisji drgań i hałasu przestrzeń około szynową wypełnia się materiałami dźwiękochłonnymi, które okazują się być jednocześnie materiałami izolacyjnymi w sensie elektrycznym. Dokładność montażu elementów zapewniająca tłumienie drgań i hałasu jest z punktu widzenia upływności prądu trakcyjnego z szyn niestety zbyt małą. Z tego też powodu bardzo trudno jest uzyskać konduktancję przejścia szyny ziemia na poziomie wymaganym przez normę [6]. Torowiska kolejowe w Polsce są nadal konstrukcji otwartej i w zasadzie przy sprężystym mocowaniu szyn typu SB do podkładu ze zbrojonego żelbetu z wykorzystaniem podkładki tłumiącej pomiędzy stopką szyny a podkładem spełniają one wymagania normy [6]. Dotychczas znacznie łatwiej było uzyskać pozwolenie na instalację drenażu elektrycznego w sieciach tramwajowych, jednak sytuacja ta może ulec diametralnej zmianie. Przyczyn tego należy upatrywać w zmianach konstrukcyjnych torowisk tramwajowych i nie złagodzi sytuacji obserwowany rozwój techniczny drenażu polaryzowanego.

5. Nowoczesny drenaż polaryzowany

Rozwój mikroelektroniki oraz elementów przetwarzających promieniowanie słoneczne w energię elektryczną i magazynujących tą postać energii pozwolił na wprowadzenie drenaży polaryzowanych ze sterowanym elementem półprzewodnikowym [7–10]. Źródła elektryczne zainstalowane w szafie pozwalają na zachowanie charakterystycznej cechy drenażu polary-

zwanego jaką była samodzielna praca bez zasilania zewnętrznego źródła. Dodatkowo umożliwiają automatyczny nadzór z wykorzystaniem GSM. Klasyczny drenaż polaryzowany z diodą półprzewodnikową i rezystorami ograniczającymi prąd pracował z nastawioną wartością rezystancji. Decydowała ona o nachyleniu korelacji potencjału konstrukcji e w funkcji napięcia u pomiędzy konstrukcją i szynami. Pojawianie się prądu ochrony występuje zawsze po przekroczeniu spadku napięcia na przewodzącym złączu półprzewodnikowym wynoszącym ok. 0,7 V. Analizując dostępną literaturę drenaż polaryzowany sterowany pozwala na swobodne ograniczanie prądu ochrony płynącego w obwodzie drenażu poprzez pozorną zmianę rezystancji. Kluczowanie tranzystorem umożliwia pracę już przy zerowym napięciu pomiędzy chronionym obiektem i szyną. Płynna regulacja i próba minimalizacji prądu drenażu przy jednoczesnym zabezpieczeniu przeciwkorozyjnym konstrukcji nie zmieni faktu, że szyny trakcji elektrycznej pozostają nadal anodą w tym układzie. Obszar anodowy upływu prądu z szyn torowiska otwartego w określonym układzie zasilania będzie taki sam dla torowiska budowy zamkniętej. Jednak ze względu na konstrukcję torowisk zwłaszcza budowy zamkniętej należy przypuszczać, że powierzchnia upływu prądu z jednakowych szyn torowisk budowy otwartej i zamkniętej będzie różna. Torowiska budowy zamkniętej z reguły będą miały mniejsze powierzchnie szyn stykające się z elektrolitem, a zatem prawdopodobieństwo korozji takich szyn rośnie, a budowa torowiska uniemożliwia wnikliwą ocenę stanu stopki i szyjki szyny. Zastosowany drenaż polaryzowany zainstalowany jest z reguły w strefie katodowej szyn. Jeżeli ten obszar torowiska wykonany zastał również w konstrukcji zamkniętego toru to działanie drenażu ograniczy osadzanie produktów w szczelinach izolacji na szynach. Zjawisko takie jest znane z próbek metalowych instalowanych na dobrze izolowanych rurociągach chronionych katodowo, próbki te pod wpływem prądu ochrony ulegają „zarastaniu”. W przypadku torowisk budowy zamkniętej zwłaszcza konstrukcji wspólnych z jezdnią, gdzie otoczenie szyn w okładzinach wibroakustycznych stanowi beton i asfaltobeton należy oczekiwać zjawisk zarastania nieciągłości izolacji elektrycznej torowiska w jego strefie katodowej. Czy zatem zwiększająca się długość modernizowanych torowisk tramwajowych przebudowywanych na torowiska zamkniętej nie spowoduje zmiany stanowiska właścicieli sieci tramwajowych w stosunku do stosowania drenaży. Z uzyskanych informacji od eksploatorów podziemnej infrastruktury metalowej remont starego torowiska w jezdni na nowe w konstrukcji typu REDA-CITY spowodował obniżenie wartości odczytywanych prądów ochrony, co przy zachowaniu tego samego układu zasilania i rozkładu jazdy tramwajów po remoncie świadczy o zmniejszeniu jednostkowej konduktancji przejścia szyny ziemia wyremontowanego toru. Doświadczenia uzyskane podczas pomiarów konduktancji szyny ziemia na modernizowanych torowiskach niestety skłaniają do refleksji, że ten zmniejszony prąd może upływać ze znacznie zmniejszonej powierzchni styku metalu szyny z elektrolitem, a konsekwencje takiego stanu znane są z eksploatacji podziemnych konstrukcji metalowych.

6. Podsumowanie

Zmiany zachodzące w sterowaniu ruchem kolejowym w Polsce umożliwią łatwiejszą i szerszą aplikację drenaży przyłączanych do torowisk kolejowych. W przypadku torowisk tramwajowych jest możliwość wystąpienia odwrotnej tendencji, a powodem tego są konstrukcje torów budowy zamkniętej.

Literatura

- [1] Sokólski W., *Ochrona przeciwkorozyjna konstrukcji podziemnych za pomocą drenażu elektrycznego w świetle norm europejskich*, „Ochrona przed Korozją” 2013, nr 5, vol. 56, s.243–248.
- [2] Dziuba W., *Sieć powrotna i prądy błędzące*, Wydawnictwo Książkowe Instytutu Elektrotechniki, Warszawa 1995.
- [3] PN-EN 50163 Zastosowania kolejowe. Napięcia zasilania systemów trakcyjnych.
- [4] Pedall G., *Modernisierung der Bahnenergieversorgung der Strassenbahn Muenchen*, „Elektrische Bahnen“ 1997, nr 7, s. 180–186.
- [5] Dyduch J., Cholewa A., Burak A., *Katastrofa kolejowa pod Szczekocinami skutkiem długoletnich zaniedbań o charakterze systemowym*, „Infrastruktura transportu” 2012, nr 2, s. 24–29.
- [6] PN-EN 50122-2 Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Część 2 Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błędzących wywołanych przez trakcję elektryczną prądu stałego.
- [7] Cip J., *Skuteczność elektrycznych drenaży włączanych*, IX Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej, Zakopane 2006.
- [8] Cip J., *Elektryczne drenaże polaryzowane włączalne i regulowane*, „Ochrona przed Korozją” 2009, nr 8, vol. 52, s. 330–331.
- [9] Dąbrowski J., *Koncepcja, projekt, wykonanie i zbadanie drenażu elektrycznego polaryzowanego z automatyczną regulacją prądu*, Wniosek nr 3028 na 3 Konkurs w 2006 r.
- [10] Sokólski W., Sokólski P., *Inteligentnie sterowany drenaż z elektryczny*, XII Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej, Jurata 2012, s. 155–166.