

Zygmunt Kulhawik

Budowa i utrzymanie sieci powrotnej w świetle norm europejskich

W artykule opisano zasady budowy i utrzymania sieci powrotnej w warunkach PKP. Przedstawiono parametry elektryczne sieci powrotnej w zależności od stanu technicznego torów, sposobu budowy i utrzymania sieci szynowej oraz wpływ tych parametrów na prądy błędzące i bezpieczeństwo. Omówiono wymagania norm europejskich jakie powinna spełniać sieć szynowa ze względu na prądy błędzące oraz bezpieczeństwo ludzi i urządzeń. Opisano doświadczenia eksploatacyjne związane z utrzymaniem sieci szynowej oraz wpływ systemu uszynień na prądy błędzące, jak też inne wymagania i uwarunkowania z tym związane.

Rola i przeznaczenie sieci powrotnej

W systemie zasilania kolejowej trakcji elektrycznej prądu stałego, dodatni biegun źródła prądu jest połączony z siecią jezdnią, a biegun ujemny z siecią powrotną. Prąd zasilający pojazd szynowy dopływa przez sieć jezdnią, a następnie przez szyny powraca do podstacji. Ta część sieci trakcyjnej, która bierze udział w przewodzeniu prądu powracającego od pojazdu do ujemnej szyny podstacji trakcyjnej, nazywa się siecią powrotną. Sieć powrotna składa się z szyn jezdnych, łączników podłużnych i poprzecznych, dławików torowych (sieć szynowa) oraz połączeń powrotnych łączących sieć szynową z szyną ujemną podstacji trakcyjnej. Do sieci powrotnej dołączone są (uszynione) konstrukcje przewodzące znajdujące się w pobliżu, w tym konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej dla zapewnienia wyłączałości zwarć. Istotny wpływ na jednostkową rezystancję przejścia szyny–ziemia ma sposób uszynienia tych konstrukcji (indywidualne lub grupowe w układzie otwartym). Na wartość prądów błędzących ma również wpływ sposób uziemienia szyny minusowej w podstacji trakcyjnej, jak też układ zasilania sieci trakcyjnej, tj. zasilanie jednostronne lub dwustronne.

Sieć szynowa, oprócz funkcji przewodnika powrotnego prądu trakcyjnego, pełni również funkcję przewodnika dla sygnałów wykorzystywanych w obwodach sterowania ruchem kolejowym (srk). Dlatego jest ważne, aby powrotne prądy trakcyjne nie zakłócały prawidłowego działania tych obwodów, a z drugiej strony, aby wymagania dla obwodów srk nie ograniczały drogi dla prądów powrotnych.

Sieć powrotna pełni bardzo ważną rolę w układzie zasilania trakcji elektrycznej i jej niewłaściwa budowa lub eksploatacja mogą mieć istotny wpływ na jakość i pewność zasilania oraz na bezpieczeństwo ludzi i urządzeń. Należy podkreślić, że wymagania związane z ochroną przeciwporażeniową [3] mają pierwszeństwo przed środkami ochrony przed oddziaływaniem prądów błędzących [4].

Rezystancja przejścia szyny–ziemia

Jednostkowa rezystancja przejścia szyny–ziemia waha się w szerokich granicach i zależy od wielu czynników, w tym: stanu tech-

nicznego toru, warunków atmosferycznych, sposobu uszynienia konstrukcji wsporczych sieci jezdnej itp. Norma [4] wymaga, aby rezystancja przejścia szyny–ziemia wynosiła nie mniej niż $2 \Omega\text{km}$ ($0,5 \text{ S/km}$). W warunkach PKP, dla systemu uszynień indywidualnych, jednostkowa rezystancja przejścia szyna–ziemia dla jednego toru zawiera się najczęściej w granicach $0,2\text{--}0,5 \Omega\text{km}$ [1]. Stosowane powszechnie w PKP uszynienia indywidualne konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej powodują, że niezależnie od stanu technicznego toru, jednostkowa rezystancja przejścia szyny–ziemia jest znacznie mniejsza od $2 \Omega\text{km}$, co oznacza, że wymagania normy [4] nie są spełnione. Rezystancja doziemna metalowej konstrukcji wsporczej sieci jezdnej w fundamencie tradycyjnym wynosi od 20Ω do 50Ω , konstrukcji wsporczej betonowej ok. kilkuset Ω , a fundamentu palowego od 5Ω do 20Ω – są to wartości najczęściej występujące. Uprzednio obowiązująca norma PN-92/E-05024 dopuszczała bezpośrednie uszynienie konstrukcji, jeżeli ich rezystancja doziemna była większa od 20Ω . Norma ta nie stawiała wymagań odnośnie jednostkowej rezystancji przejścia szyny–ziemia. Mała rezystancja przejścia szyny–ziemia jest zjawiskiem niepożądanym ze względu na zwiększenie prądów błędzących, które płynąc ziemią powodują elektrokorozję podziemnych konstrukcji przewodzących, co w konsekwencji może doprowadzić do różnego typu awarii. Przez odpowiednie zaprojektowanie, wykonanie i eksploatację sieci powrotnej można jednak bardzo znacznie zmniejszyć odgałęzienie prądów z szyn do ziemi, przez to ograniczyć niebezpieczeństwo korozji elektrolitycznej, zachowując jednocześnie wymagania ochrony przeciwporażeniowej.

Po zastosowaniu systemu uszynień grupowych w układzie otwartym, jednostkowa rezystancja przejścia szyny–ziemia jest znacznie większa i zawiera się w granicach $2\text{--}10 \Omega\text{km}$. Dla torów nowych rezystancja ta osiąga wartości kilkudziesięciu Ωkm , jednak w ciągu krótkiego czasu (ok. 1 miesiąca) zbliża się do wartości eksploatacyjnych $2\text{--}10 \Omega\text{km}$. Utrzymanie możliwie dużej rezystancji przejścia szyn do ziemi oznacza również stosowanie odpowiednich rozwiązań technicznych w odniesieniu do innych konstrukcji przewodzących, takich jak mosty, wiadukty, kładki dla pieszych, szafy z aparaturą zabezpieczenia ruchu kolejowego, semafony i inne.

Zgodnie z normą [4] żadna część trakcyjnego obwodu powrotnego nie powinna mieć bezpośrednich przewodzących połączeń z instalacjami, urządzeniami, częściami konstrukcji lub budowli, które nie są izolowane od ziemi. Jeżeli natomiast połączenie z obwodem powrotnym jest nieuniknione ze względu na ochronę przed porażeniem elektrycznym, to należy zastosować środki ograniczające skutki oddziaływania prądów błędzących. Rozwiązaniem takim jest system uszynień w układzie otwartym z ogranicznikami niskonapięciowymi. System taki zaprezentowano na rysunku 1. Zastosowanie ograniczników niskonapięciowych eliminuje wpływ rezystancji doziemnych uszynianych konstrukcji i obiektów na jednostkową rezystancję przejścia szyny–ziemia, która w tym układzie zależy tylko od stanu technicznego toru

i warunków atmosferycznych. Układ taki zapewnia poza ograniczeniem prądów błądzących, właściwą ochronę przeciwporażeniową. W przypadku opadnięcia sieci trakcyjnej na obiekt chroniony (szafa przytorowa, most itp.) lub przebicia izolacji sieci trakcyjnej ogranicznik przechodzi w stan przewodzenia tworząc zwarcie międzybiegunowe o dużej wartości prądu. Umożliwia to wyłączenie prądu w krótkim czasie przez wyłączniki szybkie w podstacjach trakcyjnych lub kabinach sekcyjnych zasilających dany odcinek sieci trakcyjnej. Natomiast pojawienie się wysokiego potencjału na szynach (zły stan sieci powrotnej, przerwa w danym torze przy braku połączeń międzytorowych) powoduje doziemienie szyn przez ogranicznik, powodując wyrównanie potencjałów i przepływ prądu ziemią, zapewniając właściwą ochronę przeciwporażeniową. W PKP jako ograniczniki niskonapięciowe stosowane są: ograniczniki niskonapięciowe typu TZD (podczas wdrażania systemu stosowane były również inne typy ograniczników) oraz ograniczniki w urządzeniach ochrony ziemnozwarciowej typu EZZ (TUZZ, UZZ), spełniające wymagania normy [5].

Niezależnie od stanu technicznego torów i sposobu uszynień konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej, wypadkowa rezystancja sieci szynowej względem ziemi jest bardzo mała. Wykonane obliczenia dla jednego toru z szynami S60 o długości 40 km, w zależności od jednostkowej rezystancji szyny–ziemia, dały następujące wyniki:

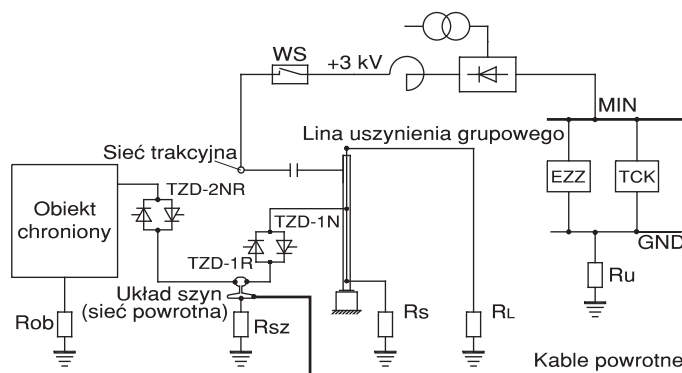
- 0,31 Ω dla jednostkowej rezystancji szyny–ziemia wynoszącej 10 Ω km,
- 0,18 Ω dla jednostkowej rezystancji szyny–ziemia wynoszącej 5 Ω km,
- 0,1 Ω dla jednostkowej rezystancji szyny–ziemia wynoszącej 2 Ω km,
- 0,06 Ω dla uszynień indywidualnych; rezystancja ta tylko w niewielkim stopniu zależy od stanu technicznego toru.

Dla linii dwutorowej z połączeniami międzytorowymi rezystancja ta będzie prawie dwukrotnie mniejsza.

Tak mała rezystancja sieci powrotnej względem ziemi jest ostatnio wykorzystywana do pomiaru rezystancji uziomów konstrukcji i budowli zlokalizowanych w pobliżu torów kolejowych przy zastosowaniu metody pojedynczego impulsu (pomiar ciągły mógłby wprowadzać zakłócenia w obwodach srk). Metoda ta mogłaby być wykorzystywana do pomiarów jednostkowej rezystancji przejścia szyny–ziemia.

Rezystancja wzdłużna szyn

Spadek napięcia na rezystancji wzdłużnej sieci szynowej, wywołany przepływem prądów obciążeniowych i zwarciovych, jest źródłem prądów błądzących i stanowi o poziomie zagrożenia porażeniowego. Dla uzyskania odpowiednio małej rezystancji sieci szynowej należy stosować łączniki podłużne oraz poprzeczne międzytokowe i międzytorowe. Sieć szynowa na skutek narażeń mechanicznych, powodowanych przez jeżdżące pojazdy oraz maszyny torowe, ulega uszkodzeniom, prowadzącym do wzrostu jej rezystancji. Należy tu wymienić zużycie i pęknięcia szyn, obluźnianie połączeń lub odpadnięcie łączników podłużnych, czy też dewastacja lub kradzież dławików torowych na złączach izolowanych. Stosowanie połączeń międzytorowych ma szczególne znaczenie w sytuacjach awaryjnych (np. uszkodzenie lub kradzież dławika w jednym z torów, wymiana rozjazdu lub szyn bez wykonania połączeń obejściowych) zapewnia ciągłość sieci szynowej. W przypadku przerwy w danym torze w pobliżu podstacji trakcyj-



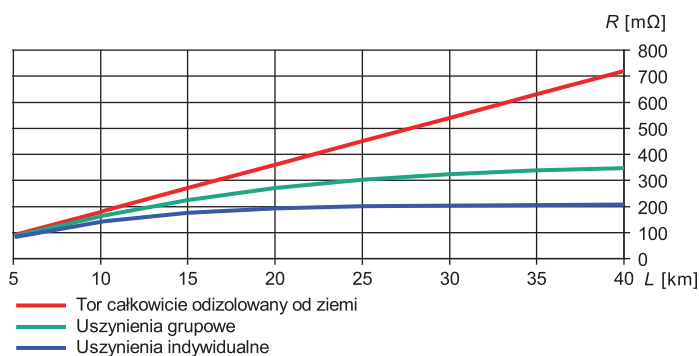
Rys. 1. System uszynień obiektów inżynierskich i konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej z wykorzystaniem ograniczników niskonapięciowych; WS – wyłącznik szybki, EZZ – urządzenie ochrony ziemnozwarciowej w podstacji trakcyjnej, TCK – tester ciągłości kabli powrotnych, TZD-1N, TZD-1R – ograniczniki niskonapięciowe stanowiące układ ogranicznika dwukierunkowego, TZD-2NR – ogranicznik dwukierunkowy w jednej obudowie, Ru – rezystancja doziemna obiektu zasilania (max 2 Ω), RL – wypadkowa rezystancja doziemna linii uszynień grupowych (max 2 Ω), Rsz – rezystancja doziemna sieci szynowej (0,1–0,2 Ω), Rob – rezystancja doziemna obiektu chronionego

nej i braku połączeń międzytorowych, prąd trakcyjny płynie w kierunku sąsiedniej podstacji danym torem i wraca do podstacji zasilającej torem sąsiednim, co wydłuża drogę dla prądu powrotnego nawet do 40 km. Powoduje to, że w miejscu odbioru prądu przez pojazd trakcyjny, napięcie szyn względem ziemi może osiągać wartości kilkuset woltów w stosunkowo długim czasie, w zależności od czasu rozruchu lub jazdy z dużym prądem pojazdu trakcyjnego.

Szczególnie niebezpieczne jest powstanie dwóch przerw w danym torze przy braku połączeń międzytorowych. W takiej sytuacji podczas wystąpienia zwarcia, wartość prądu może być niewystarczająca do zadziałania wyłącznika szybkiego w obiekcie zasilania. W zależności od lokalizacji w odniesieniu do podstacji trakcyjnej, długości wyizolowanego odcinka szyn oraz systemu uszynień, wartość prądu wracającego ziemią do podstacji trakcyjnej może powodować zadziałanie ochrony ziemnozwarciowej i wyłączenie prądu zwarcia. Zadziałanie ochrony ziemnozwarciowej jest bardziej prawdopodobne przy uszynieniach grupowych. Niewyłączenie prądu zwarcia powoduje utrzymywanie się wysokiego potencjału szyn (oraz konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej przy uszynieniach indywidualnych) względem ziemi, stwarzając zagrożenie porażeniowe dla ludzi i urządzeń związanych z torem (np. urządzenia srk). Stosowanie połączeń międzytorowych eliminuje do minimum powstanie takiej sytuacji.

Rezystancja zastępcza sieci szynowej powinna zależeć od rezystancji jednostkowej szyn i ich długości. W rzeczywistości zasada ta jest słuszną dla małych odległości (do kilku kilometrów). W zależności od systemu uszynień, rezystancji wzdłużnej szyn (linia jednotorowa czy też wielotorowa z łącznikami poprzecznymi) wpływ ten zasadniczo się różni. Wraz ze wzrostem odległości zaznacza się coraz większy wpływ ziemi na rezystancję zastępczą. Wpływ ziemi na rezystancję zastępczą sieci szynowej pokazany jest na rysunku 2.

Obliczenia wykonano dla sieci szynowej z szynami S60 dla uszynień indywidualnych oraz grupowych, przy założeniu wymaganej normą rezystancji przejścia szyny–ziemia wynoszącej 2 Ω km, dla linii jednotorowej (rys. 2) oraz dla linii dwutorowej



Rys. 2. Rezystancja zastępcza sieci szynowej obliczona dla linii jednotorowej przy rezystancji przejścia szyny–ziemia $2 \Omega\text{km}$ i rezystancjach doziemnych konstrukcji wsporczych wynoszących 30Ω .

przy założeniu połączeń międzytorowych co 3 km. Dla długości 20 km (średnia odległość między podstacjami) linii jednotorowej wpływ ziemi na rezystancję zastępczą sieci szynowej wynosi:

- 46% przy uszynieniach indywidualnych niezależnie od stanu technicznego toru,
- 24% przy uszynieniach grupowych i jednostkowej rezystancji doziemnej równej $2 \Omega\text{km}$,
- 10% przy uszynieniach grupowych i jednostkowej rezystancji doziemnej równej $10 \Omega\text{km}$.

Dla linii dwutorowej wartości te wynoszą:

- 30% przy uszynieniach indywidualnych niezależnie od stanu technicznego toru,
- 18% przy uszynieniach grupowych i jednostkowej rezystancji doziemnej równej $2 \Omega\text{km}$,
- 8% przy uszynieniach grupowych i jednostkowej rezystancji doziemnej równej $10 \Omega\text{km}$.

Przy stosowaniu uszynień indywidualnych wpływ ziemi na rezystancję zastępczą praktycznie nie zależy od stanu technicznego toru, natomiast dla uszynień grupowych stan techniczny toru wpływa w sposób znaczący na tę rezystancję.

Opierając się na otrzymanych wynikach można stwierdzić, że procentowy udział prądu płynącego ziemią (prąd błędzący) w środku odcinka zasilania jest analogiczny jak podany procentowy udział ziemi w rezystancji zastępczej. Obliczenia te zostały wykonane przy założeniu, że szyna minusowa podstacji trakcyjnej jest izolowana od ziemi (przy zastosowaniu układu EZZ). Przy uziemionej szynie minusowej udział prądu powrotnego płynącego ziemią jest znacznie większy, a jego wzrost jest zależny od rezystancji uziomu podstacji. Należy zauważyć, że niezależnie od stanu technicznego toru oraz sposobu uszynień wykonanie połączeń międzytorowych w sposób zdecydowany zmniejsza udział prądu powrotnego płynącego ziemią, co oznacza ograniczenie prądów błędzących.

Połączenia międzytorowe mają wpływ również na zmniejszenie niebezpiecznych potencjałów szyn względem ziemi. W normalnych warunkach połączenie obu torów powoduje zmniejszenie tego potencjału o połowę, niezależnie od stanu technicznego toru i sposobu uszynień. W warunkach awaryjnych (przerwa w jednym z torów) połączenia te mają jeszcze większe znaczenie, umożliwiają wyłączenie zwarcia, ograniczając do minimum czas występowania napięć niebezpiecznych. Na podstawie podanych wyników rezystancji zastępczej wydawać by się mogło, że system uszynień indywidualnych jest bardziej bezpieczny (mniejszy spadek napięcia w sieci szynowej przy porównywalnym obciążeniu).

W rzeczywistości jest odwrotnie, gdyż konstrukcje wsporcze sieci trakcyjnej mają potencjał szyn wyniesiony na odległość kilku metrów od toru. Przy uszynieniach grupowych konstrukcje wsporcze mają potencjał ziemi, a dotknięcie szyn z takiej odległości kilku metrów jest praktycznie niemożliwe.

Dodatkowym czynnikiem zmniejszającym zagrożenie porażeniowe wywołane potencjałem szyn jest stosowany w PKP układ zasilania, a ściślej biorąc zastosowany na wszystkich podstacjach trakcyjnych układ ochrony ziemnozwarciowej. W normalnym układzie szyna minusowa podstacji trakcyjnej jest izolowana od ziemi, co powoduje, że prąd wypływający z szyn do ziemi musi wrócić do szyn w pobliżu podstacji trakcyjnej. Maksymalne napięcie szyn względem ziemi odniesienia w miejscu odbioru prądu przez pojazd trakcyjny wynosi ok. 50% wartości spadku napięcia w sieci szynowej wywołanego przepływem prądu obciążenia. Uziemienie szyny minusowej w podstacji trakcyjnej powoduje, że maksymalny potencjał szyn względem ziemi odniesienia może osiągnąć prawie pełną wartość spadku napięcia w sieci szynowej.

Normy europejskie

W 2002 r. zostały wprowadzone do stosowania dwie normy europejskie dotyczące bezpieczeństwa elektrycznego i uziemień w otoczeniu trakcji elektrycznej prądu stałego (PN-EN 50122-1) oraz ochrony przed oddziaływaniem prądów błędzących (PN-EN 50122-2), a w 2003 r. norma dotycząca ograniczników niskonapięciowych do specjalnego zastosowania w systemach prądu stałego (PN-EN 50123-5) [3], [4], [5].

W przypadku normy PN-EN 50122-1 dziedzina ta nie była dotychczas w PKP znormalizowana. Jest wiele opracowań w tym zakresie, jednak żadne z nich nie uzyskało mocy prawnej. Norma określa wymagania ochrony przed dotykiem bezpośrednim oraz pośrednim, w tym:

- wymagania dotyczące uziemień i uszynień,
- sposoby wykonania instalacji nn znajdujących się w strefie górnej sieci jezdnej i pantografu,
- środki ochrony żył powrotnych kabli i przewodów ochronnych instalacji nn,
- wymagania związane z potencjałem szyn,
- wymagania dla obwodów prądu powrotnego i przewodów uziemiających (uszyniających).

Norma PN-EN 50122-2 zastępuje dotychczasową normę PN-92/E-05024, która zawierała wiele wymagań szczegółowych, a ich spełnienie nie zawsze skutkowało ograniczeniem prądów błędzących. Wprowadzona norma wymaga podstawowo spełnienia trzech warunków, mianowicie:

- jednostkowa rezystancja przejścia szyny-ziemia nie może być mniejsza niż $2 \Omega\text{km}$ ($0,5 \text{ S/km}$),
- części przewodzące, które nie są izolowane od ziemi nie mogą być bezpośrednio połączone z siecią powrotną,
- jeżeli ze względu na bezpieczeństwo połączenie z siecią powrotną jest nieuniknione, należy stosować urządzenie ograniczające napięcie.

Norma PN-EN 50123-5 określa wymagania, jakie powinny spełniać ograniczniki niskonapięciowe w systemach trakcji elektrycznej prądu stałego oraz określa miejsca ich zastosowania, tj. do:

- połączenia mas metalicznych do sieci powrotnej,
- uziemiania szyny minusowej w podstacji trakcyjnej,
- ochrony ekranów kabli, obwodów katodowych itp.

Doświadczenia eksploatacyjne

Tory kolejowe pełnią wiele różnych funkcji wymienionych na wstępie. Pracują przy nich zespoły pracowników o różnym przygotowaniu zawodowym, związanym z budową i utrzymaniem torów jako drogi kolejowej, zabezpieczeniem ruchu kolejowego i zasilaniem sieci trakcyjnej. Dla każdej z tych grup tor kolejowy jest postrzegany zupełnie inaczej. Dodatkowym utrudnieniem jest rozległość torów, co uniemożliwia jednoczesną kontrolę nawet odcinka na długości kilkunastu kilometrów. Dlatego też dla zachowania bezpieczeństwa ludzi i urządzeń muszą być przestrzegane jednoznaczne zasady obowiązujące wszystkich użytkowników toru. Do takich zasad należy zaliczyć:

- zachowanie ciągłości toru, co oznacza, że nie można dopuścić nawet chwilowej przerwy w torze, np. wymiana rozjazdu, wymiana szyn, rozłączanie dławika torowego itp.; przed każdą taką operacją przewidzianą do wykonania przerwa musi być zbocznikowana np. do toru sąsiedniego lub kablem obejściowym,
- wszystkie zmiany w sieci powrotnej muszą być uzgadniane między zainteresowanymi stronami; dotyczy to w szczególności sposobu uszynień oraz sposobu wykorzystania torów dla potrzeb srk.

Doświadczenia eksploatacyjne wskazują, że nawet sytuacje mało prawdopodobne w rzeczywistości mogą się zdarzyć i są wykrywane w warunkach awaryjnych bądź przez przypadek.

Na jednej z linii kolejowych zdemontowano dławiki torowe na długości kilkunastu kilometrów pozostawiając wstawki izolacyjne w torach zbocznikowane łącznikami prowizorycznymi. W efekcie całkowitemu spaleni uległa kabina sekcyjna w wyniku powstania zwarcia na konstrukcji wsporczej sieci trakcyjnej przy kabinie sekcyjnej. W momencie oględzin po tym zdarzeniu, łączników prowizorycznych bocznikujących wstawki izolacyjne nie było, w efekcie czego kabel uszyniający kabinę sekcijną był przyłączony do toru wyizolowanego. Stwierdzono ślady łuku elektrycznego w miejscach wstawek izolacyjnych.

Innym przykładem może być zmiana izolacji toru z dwutokowej na jednotokową i pozostawienie uszynionych konstrukcji sieci trakcyjnej przyłączonych do toku wyizolowanego. W przypadku zwarcia (przebiecia izolacji) na tak uszynionej konstrukcji, zwarcie byłoby niewyłączalne, a obwody srk uległyby uszkodzeniu.

W początkowym okresie wdrażania systemu uszynień otwartych z ogranicznikami niskonapięciowymi stosowano ograniczniki przewodzące prąd tylko w jednym kierunku (od ziemi do szyn) w celu zapewnienia wyłączalności zwarć doziemnych w sieci trakcyjnej. Rozwiązanie takie zostało przyjęte przy założeniu ciągłości sieci szynowej. W rzeczywistości występowały częste uszkodzenia ograniczników, a dokładnie uszkodzenia (wypalania się warystorów) spowodowane brakiem ciągłości w sieci szynowej. Oznacza to, że dodatni potencjał szyn względem ziemi osiągał wartości przekraczające 500 V. Zjawisko braku ciągłości sieci szynowej występuje szczególnie przy kompleksowej modernizacji szlaków kolejowych. Występują przypadki, że na odcinku zasilania wynoszącym przeważnie ok. 20 km, przy jednej podstacji rozbiera się jeden tor, przy drugiej drugi tor, na stacji wymienia się oba tory, bez wykonywania połączeń obejściowych. Tworzą się „wyspy” w sieci szynowej powodując powstawanie wysokich potencjałów szyn w momencie przejazdu pociągu. Doświadczenia te w krótkim czasie doprowadziły do stosowania ograniczników przewodzących prąd od szyn do ziemi w celu umożliwienia prze-

plywu części prądu obciążenia w takich sytuacjach. Ograniczniki te zapewniają poprawną pracę systemu uszynień grupowych oraz ograniczają napięcie szyny–ziemia, nie rozwiązują jednak problemu związanego z brakiem ciągłości sieci szynowej przy pracach modernizacyjnych i naprawczych w torach kolejowych.

Wnioski

1. Z uwagi na rozległość sieci szynowej wszystkie prace remontowe i modernizacyjne w torach kolejowych powinny być wykonywane z zachowaniem zasady ciągłości sieci szynowej, tj. konieczności stosowania połączeń obejściowych, nawet wówczas, gdy dany odcinek toru jest wyłączony z ruchu. Niedopuszczalna jest budowa lub modernizacja linii kolejowej bez wykonania połączeń międzytorowych. Dla uzyskania skuteczności takich połączeń wystarczy je wykonać co trzy kilometry [2].
2. Sposób wykorzystania torów dla potrzeb srk, wykonywanie połączeń międzytokowych i międzytorowych oraz sposób i miejsce uszynień konstrukcji powinny być wykonywane zgodnie z dokumentacją techniczną uzgodnioną przez wszystkie zainteresowane strony. Dotyczy to również wykonywanych zmian i modernizacji.
3. Połączenia międzytokowe i międzytorowe zapewniają:
 - znaczące zmniejszenie prądów błądzących niezależnie od stanu technicznego toru i sposobu uszynień,
 - prawie dwukrotnie zmniejszenie potencjałów szyn względem ziemi, co jest szczególnie istotne przy dużych obciążeniach i zwarciach,
 - lepszą i pewniejszą wyłączalność zwarć i ograniczenie napięć niebezpiecznych w warunkach awaryjnych (przerwa w torze).
4. Stosowany na modernizowanych liniach kolejowych PKP system uszynień grupowych w układzie otwartym oraz ochrona ziemnozwarciowa w obiektach zasilania gwarantuje spełnienie wymagań wprowadzonych norm europejskich [3], [4] i [5]. Wymagań tych norm nie spełnia stosowany dotychczas system bezpośrednich uszynień indywidualnych.
5. Zastosowany we wszystkich podstacjach trakcyjnych układ ochrony ziemnozwarciowej, instalowany między szyną minusową a uziomem, umożliwi izolowanie szyny minusowej od ziemi, przy jednoczesnym zapewnieniu wyłączalności zwarć doziemnych. Zastosowanie ochrony ziemnozwarciowej, niezależnie od rozwiązań technicznych w sieci powrotnej, zapewnia:
 - ograniczenie prądów błądzących,
 - znaczące zmniejszenie potencjałów sieci szynowej względem ziemi, co jest szczególnie istotne przy dużych obciążeniach i zwarciach.



Literatura

- [1] Dziuba W.: *Sieć powrotna i prądy błądzące*. Wydawnictwo Książkowe Instytutu Elektrotechniki, Warszawa 1995.
- [2] *Analiza rozwiązań ochrony ziemnozwarciowej i przeciwporażeniowej urządzeń sieci trakcyjnej 3 kV prądu stałego – uszynień i uziemienia konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej*. Praca studialna. Politechnika Warszawska. Warszawa 1995.
- [3] PN-EN 50122-1:2002 *Zastosowanie kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Część 1: Środki ochrony dotyczące bezpieczeństwa elektrycznego i uziemień*.

Dokończenie na s. 84 ➤