

Zygmunt Kulhawik; Jacek Turkowski

KOORDYNACJA OCHRONY PRZEPIĘCIOWEJ I PORAŻENIOWEJ W SIECI TRAKCYJNEJ 3 kV

STRESZCZENIE: W prezentowanym materiale przedstawione są zasady koordynacji systemu zabezpieczeń ochrony przepięciowej, opartej na beziskiernikowych ogranicznikach przepięć (warystorowych) oraz ochrony ziemnozwarciowej i porażeniowej opartej na tyrystorowych ogranicznikach niskonapięciowych, na modernizowanych liniach kolejowych. Wprowadzone kolejowe normy europejskie poruszają te zagadnienia oddzielnie bez szczegółów ich stosowania, a tym bardziej bez przedstawienia współpracy tych systemów. Odpowiednia koordynacja tych dwóch systemów powinna zapewnić ochronę elektronicznych urządzeń srk zlokalizowanych wzdłuż drogi kolejowej. Przedstawione rozwiązania mają charakter innowacyjny i wymagają sprawdzenia w warunkach poligonowych przyjętych tu rozwiązań.

1. Stan istniejący

Od kilkunastu lat przy budowie i modernizacji linii kolejowych stosowany jest system ochrony ziemnozwarciowej i porażeniowej w układzie otwartym z wykorzystaniem ograniczników niskonapięciowych. System ten był pod koniec ubiegłego wieku kompleksowo przebadany przez obecny Instytut Kolejnictwa i uzyskał dopuszczenie do stosowania wydane przez GIT (obecnie UTK).

System ten był wdrażany w czasie powszechnego stosowania obwodów torowych w systemach sterowania ruchem kolejowym (srk), gdzie długość sekcji uszynienia grupowego wynosiła ok. 3 km, obejmując dwa obwody torowe. Na końcach sekcji stosowane były ograniczniki niskonapięciowe włączone między linią uszynienia grupowego (120 mm² AL) a torem kolejowym. Obecnie na modernizowanych liniach kolejowych, przy stosowaniu innych rozwiązań w sterowaniu ruchem pociągów, sekcja uszynienia grupowego może mieć dowolną długość. Wydłużenie sekcji uszynienia grupowego umożliwia zmniejszenie ilości ograniczników niskonapięciowych na danym odcinku linii kolejowej.

System uszynień grupowych niezależnie od długości sekcji uszynienia grupowego spełnia wymagania norm kolejowych PN-EN 50122-1:2011 odnośnie bezpieczeństwa elektrycznego i PN-EN 50122-1:2011 odnośnie ograniczenia prądów błędzących [1, 2].

System ochrony przepięciowej w sieci trakcyjnej jest oparty podstawowo na odgromnikach różkowych zlokalizowanych w odległościach ok. 1200 m. Odgromniki te są włączone między siecią trakcyjną a uszynioną bezpośrednio konstrukcją wsporczą lub linę uszynienia grupowego na zmodernizowanych liniach kolejowych.

W ostatnim okresie są prowadzone prace badawcze związane z wdrożeniem beziskiernikowych ograniczników przepięć [3] do ochrony przepięciowej sieci trakcyjnej. Jest to związane z uszkodzaniem się urządzeń srk podczas wyładowań atmosferycznych. Awaryjne takie pojawiły się po zmianie przekaźnikowych urządzeń srk na urządzenia elektroniczne.

Od wielu lat do ochrony przepięciowej urządzeń w podstacjach trakcyjnych i kabinach sekcyjnych stosowano od strony sieci trakcyjnej beziskiernikowe ograniczniki przepięć a od strony torów kolejowych urządzenie ochrony ziemnozwarciowej EZZ. Urządzenie EZZ instalowane jest do zapewnienia wyłączalności zwarć doziemnych i ochrony porażeniowej, ale jednocześnie zapewnia ochronę przepięciową dla urządzeń elektronicznych instalowanych obecnie w dużej ilości w podstacjach trakcyjnych w przypadków pojawienia się dużego potencjału szyn, np. podczas wyładowań atmosferycznych.

2. Zagrożenia

Odgromniki różkowe

Odgromniki różkowe działają przy napięciu od kilkunastu do kilkudziesięciu kilowoltów w zależności od odległości między różkami, warunków atmosferycznych oraz innych czynników. Duży poziom napięcia zadziałania odgromnika różkowego stwarza zagrożenie uszkodzenia się izolatorów w sieci trakcyjnej podczas wyładowań atmosferycznych, czyli w stopniu niezapewniającym odpowiedniego poziomu ochrony izolacji sieci. Poziom zadziałania odgromników różkowych nie ma większego wpływu na ochronę przepięciową szaf przytorowych gdyż o wytrzymałości ochronników instalowanych na wejściu do tych szaf decyduje wartość prądu płynącego od szyn do uziomu szafy a nie poziom napięcia wymuszającego (fali napięciowej).

Po zadziałaniu odgromnika różkowego następuje zwarcie międzybiegunowe w obwodzie 3 kV o dużym prądzie, od kilku do kilkunastu kiloamperów. Przykładowo dla zwarcia w odległości ok. 5 km od podstacji wartość prądu zwarcia może osiągnąć ok. 6 kA ze stromością narastania ok. 300 A/ms przez czas ok. 20 ms. Z uwagi na dużą indukcyjność szyn, porównywalną z indukcyjnością sieci górnej, spadek napięcia w szynach względem ziemi odniesienia wyniesie ok. 1500 V przez ok. 20 ms, następnie napięcie zmniejsza w czasie do ok. 400-500 V do momentu wyłączenia prądu zwarcia przez wyłącznik szybki.

W związku z powyższym należy odprowadzić następujące ładunki elektryczne:

- od wyładowania atmosferycznego $100 \text{ kA} \times 0,1 \text{ (do } 0,3) \text{ ms} = 10 \text{ (do } 30) \text{ As}$ (Kulomb),
- od prądu zwarciego $3 \text{ kA} \times 20 \text{ ms} = 60 \text{ As}$ (3 kA – jest to wartość średnia w czasie 20 ms).

Jak widać wielkość ładunku elektrycznego od prądu zwarcia jest większa od ładunku spowodowanego przez wyładowanie atmosferyczne.

Zastosowanie beziskiernikowych ograniczników przepięć eliminuje wpływ ładunku od zwarcia w obwodach 3 kV podczas wyładowań atmosferycznych. Ogranicznik przepięć podczas wyładowania atmosferycznego i odprowadzeniu jego ładunku do ziemi przechodzi w stan wysokiej rezystancji nie powodując zwarcia w obwodach 3 kV. W związku z tym zastosowanie beziskiernikowych ograniczników przepięć znacząco obniży wymagania prądowe dla ochronników stosowanych na wejściu szaf srk jak też innych obiektów przytorowych, gdyż nie ma dodatkowego obciążenia wynikającego z prądu zwarciovego w obwodzie 3 kV prądu stałego. Ograniczniki przepięć zapewniają też niski poziom ochrony na poziomie 6500-7500 V.

Szafy przytorowe z urządzeniami srk

Szafy przytorowe z urządzeniami do sterowania ruchem kolejowym (srk) są lokalizowane w bezpośredniej bliskości torów kolejowych. Jeżeli szafa zlokalizowana jest w odległości mniejszej od 5 m od osi skrajnego toru, powinna być uszyniona w układzie otwartym. Każda szafa powinna mieć własny uziom otokowy wyposażony przynajmniej w dwa uziomy szpilkowe. Wypadkowa rezystancja takiego uziomu nie powinna być większa niż 20 Ω (dla dużej rezystywności gruntu może to być nawet do 30 Ω).

Zgodnie z normą PN-EN 50122-1 uziom takiej szafy nie może łączyć się z innymi uziomami a w szczególności z uziomem systemu energetycznego. Zasilanie szaf z systemu energetyki zawodowej powinno być realizowane w układzie sieci TT [4]. Zasilanie z linii potrzeb nietrakcyjnych może być zasilane w sposób dowolny w przypadku, gdy transformator SN/nn zasila tylko jedną szafę. Jeżeli z jednego transformatora zasilane jest kilka szaf lub szafa i inne uziemione obiekty (np. przejazd kolejowy), to zasilanie powinno być również w układzie sieci TT.

Rezystancja uziomu na poziomie 20(30) Ω zapewnia prawidłowe działanie zabezpieczeń różnicowoprądowych linii zasilających w układzie TT, a uziom otokowy bezpieczeństwo porażeniowe przez właściwy rozkład potencjału wokół szafy.

Aktualnie zasilanie szaf przytorowych nie zawsze spełnia wymagania wyżej przywołanej normy.

W przypadku zasilania szaf w układzie TN z energetyki zawodowej lub LPN, gdy jeden transformator SN/nn zasila kilka urządzeń, uziom szafy jest połączony przewodem PEN lub PE z innymi uziomami, w tym z uziomem energetyki zawodowej. Powoduje to wzrost prądów błądzących a w szczególności wzrost prądu doziemnego przez uziom szafy srk podczas wyładowań atmosferycznych jak też podczas zwarć doziemnych w sieci trakcyjnej. W takim przypadku ochronniki na wejściu do szaf muszą mieć wyższą wytrzymałość prądową, co szczególnie jest niebezpieczne podczas zwarć doziemnych w sieci trakcyjnej przy jednoczesnym wystąpieniu zakłóceń w sieci powrotnej (np. brak ciągłości podczas wymiany torów).

Budowa i eksploatacja sieci powrotnej

Budowa sieci powrotnej powinna zapewniać jak najmniejszą konduktancję torów względem ziemi oraz ciągłość elektryczną torów w każdych warunkach eksploatacyjnych.

Zastosowana izolacja szyn względem ziemi powinna gwarantować, że po kilkunastu latach eksploatacji, konduktancja toru nie będzie większa niż 0,5 S/km, zgodnie z normą PN-EN 50122-2. Ciągłość elektryczną torów powinny zapewniać połączenia międzytokowe oraz międzytorowe wykonane odpowiednio, co 300 m i 600 m. Podczas prac konserwacyjnych lub modernizacyjnych każda przerwa w torze (wymiana rozjazdu lub toru na dowolnej długości) powinna być zbocznikowana, co może być zrealizowane z wykorzystaniem sąsiedniego toru. Częściowy brak ciągłości sieci powrotnej (np. przerwa w jednym torze przy wymianie rozjazdu lub toru) przy braku lub rzadkim wykonaniu połączeń międzytorowych powoduje:

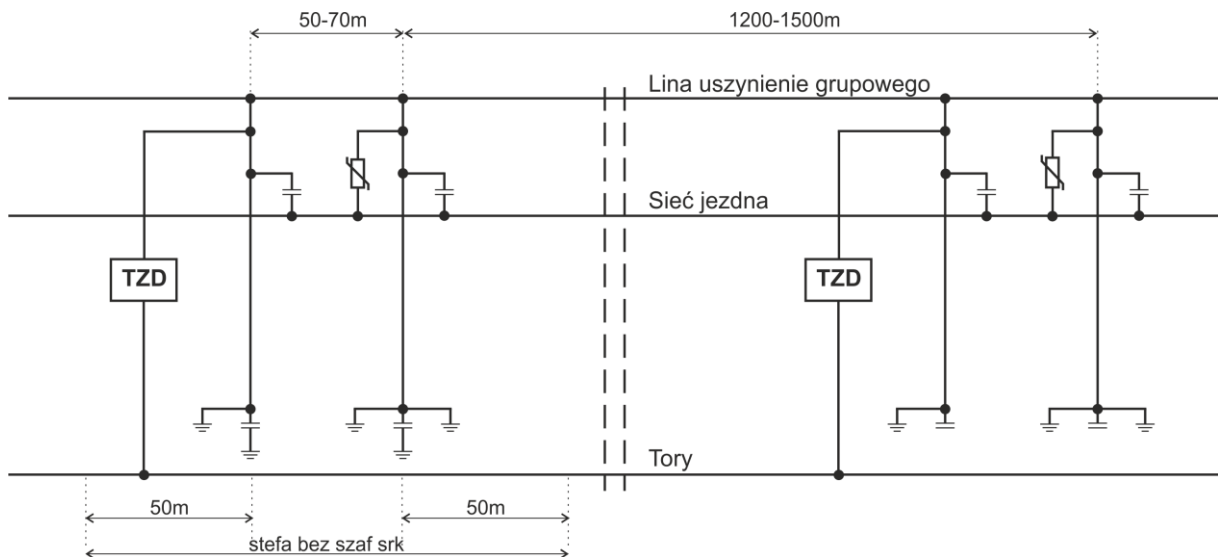
- zwiększenie strat energii,
- zwiększenie prądu płynącego do ziemi przez ochronniki przy szafach srk, szczególnie przy zasilaniu tych szaf w układzie TN, podczas zwarć doziemnych i wyładowań atmosferycznych,
- zagrożenie niewyłączalności odległych zwarć doziemnych w sieci trakcyjnej.

Nawet krótkotrwały brak pełnej ciągłości sieci powrotnej, podczas wyładowań atmosferycznych lub zwarć doziemnych w sieci trakcyjnej, może być przyczyną uszkodzeń ochronników w obwodach srk.

3. Proponowane rozwiązania

Proponowane rozwiązanie dotyczy modernizowanych linii kolejowych bez stosowania tradycyjnych obwodów torowych do zabezpieczeń srk.

Podstawowe elementy proponowanego systemu ochrony ziemnozwarciowej i przepięciowej zapewniające właściwą ochronę urządzeń srk oraz ich rozmieszczenie pokazane są na rys.1.



Rys.1. Rozmieszczenie elementów ochrony ziemnozwarciowej i przepięciowej oraz szaf srk

1. Lina uszynienia grupowego ciągła na dowolnej długości, może być nawet 10 czy 20 km. Wszystkie konstrukcje wsporcze uzziemione pojedynczym uzziemieniem szpilekowym o łącznej długości 6 m. Rezystancja takiego uzziemienia wynikająca z rezystywności gruntu w danym terenie powinna mieć wartość rzędu $40 \div 60 \Omega$. Wypadkowa rezystancja doziemna linii uszynienia grupowego nie większa niż $5 \Omega/\text{km}$. Lina może mieć mniejszy przekrój niż obecnie stosowana o przekroju $120 \text{ mm}^2 \text{ AL}$ lub może to być lina stalowo aluminiowa.

2. W odległości co 1200÷1500 m należy zainstalować beziskiernikowe ograniczniki przepięć. Konstrukcja wsporcza z ogranicznikiem przepięć powinna być uziemiona dwoma uziomami szpilkowymi o długości 6 m. Uziomy powinny być zlokalizowane w odległości ok. 1 m od konstrukcji z obu jej stron równoległe do toru. Rezystancja takiego uziomu powinna mieć rezystancję rzędu 20÷40 Ω przy pomiarze napięciem 100÷300 V.
3. W odległości 50÷70 m od odgromnika należy zainstalować dwukierunkowy ogranicznik niskonapięciowy [5].
4. Szafa z obwodami srk powinna być instalowana w odległości min 50 m od konstrukcji wsporczej z ogranicznikiem przepięć lub ogranicznikiem niskonapięciowym. Szafa powinna być zasilana w układzie sieci TT i posiadać własny uziom rzędu 20÷30 Ω . Na wejściu szafy powinien być zainstalowany odpowiedni ochronnik. Wytrzymałość prądowa ochronnika powinna być oceniona na podstawie pomiarów (podczas badań) jaka część prądu doziemnego podczas symulacji wyładowania atmosferycznego płynie przez ochronnik zainstalowany w szafie zlokalizowanej w odległości 50 m od ogranicznika przepięć.

W przypadku wyładowania atmosferycznego do sieci jezdnej, następuje zadziałanie beziskiernikowego ogranicznika przepięć i odprowadzenie prądu wyładowania przez uziom konstrukcji wsporczej, na którym jest zainstalowany, przy jednoczesnym obniżeniu napięcia wyładowania do wartości poniżej wytrzymałości izolacji elementów trakcji np. izolatorów.

Potencjał powstały na uziemieniu powoduje zadziałanie ogranicznika niskonapięciowego i połączenie uziomu z torem. Kolejne ograniczniki niskonapięciowe w przypadku powstania odpowiedniej różnicy napięć między torem a kolejnymi uziomami powodują również połączenie liny uszynienia grupowego z torem [6].

Powstała fala napięciowa przemieszcza się zarówno torem jak też linią uszynienia grupowego odprowadzając sukcesywnie energię wyładowania atmosferycznego do ziemi. Z liny uszynienia grupowego energia jest odprowadzana do ziemi przez uziomy kolejnych konstrukcji wsporczych a z torów przez konduktancję toru względem ziemi.

Należy zauważyć, że konduktancja toru i liny uszynienia grupowego, jak też ich impedancja, jest porównywalna, czyli poziom odprowadzania części prądu wyładowania do ziemi wymuszanego przez falę napięciową jest porównywalny co oznacza, że poziom potencjału szyn i uziomów kolejnych konstrukcji wsporczych jest porównywalny.

Szafy z obwodami srk lokalizowane są w pobliżu torów. Jeżeli odległość ta jest mniejsza od 5 m od osi toru to szafa powinna być uszyniona w układzie otwartym. W przypadku pojawienia się napięcia na szynach następuje szybkie połączenie szyn z uziomem szafy, czyli przez urządzenie ochronne szafy może płynąć tylko nieduży prąd wyrównawczy, pod warunkiem, że szafa jest zasilana w układzie sieci TT.

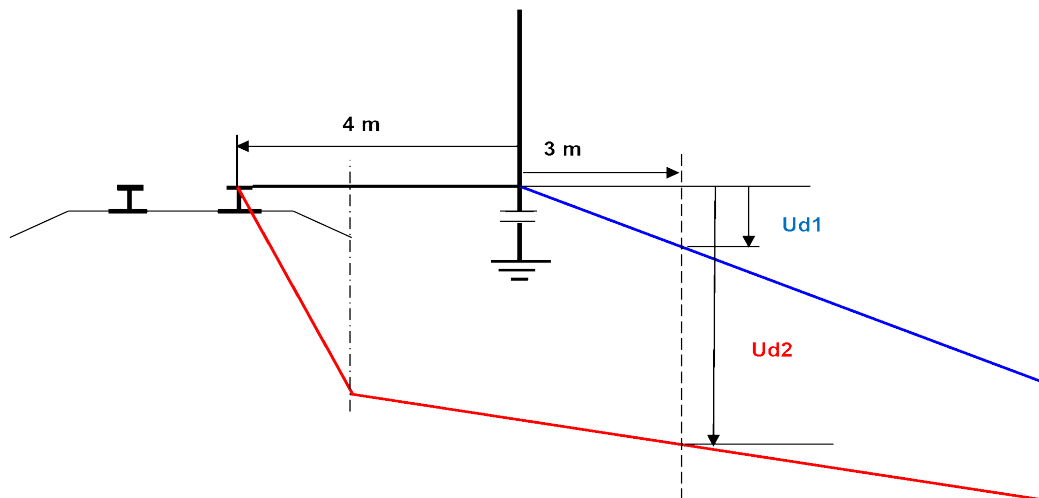
W przypadku, gdy szafa jest w większej odległości i nie wymaga uszynienia, szafę należałoby lokalizować w takim samym kilometrażu jak konstrukcja wsporcza sieci trakcyjnej. Spowoduje to, że uziom szafy leży w stożku potencjału konstrukcji wsporczej, która teoretycznie powinna mieć podobny potencjał jak szyny (ograniczniki niskonapięciowe co pewien odstęp łączą szyny z linią uszynienia grupowego). Pozwoli to również na ograniczenie prądu płynącego przez ochronnik na wejściu do szafy pod warunkiem zasilania szafy w układzie TT. Na rys. 2. pokazany jest potencjał szyn oraz potencjał konstrukcji wsporczych połączonych linią uszynienia grupowego względem ziemi odniesienia, podczas wyładowania atmosferycznego do sieci trakcyjnej i po zadziałaniu ograniczników niskonapięciowych.

Lokalizując szafę srk w kilometrażu konstrukcji wsporczej np. w odległości 3m od tej konstrukcji, potencjał uziomu szafy wynosi ok. 70÷80 % potencjału szyn pod warunkiem, że potencjał szyn i konstrukcji wsporczej jest porównywalny (zwieranie szyn z konstrukcją przez

ogranicznik niskonapięciowy). Czyli potencjał (U_{d1} , rys.2) wymuszający prąd uziomowy przez ochronnik zainstalowany na wejściu do szafy srk wynosi 20÷30 % potencjału szyn względem ziemi odniesienia, co oznacza, że prąd płynący przez ochronnik będzie odpowiednio mniejszy.

W przypadku umieszczenia szafy w odległości powyżej 10 m od kilometrażu konstrukcji wsporczej, potencjał (U_{d2} , rys.2) wywołujący prąd w ochronniku zainstalowanym na wejściu szafy będzie wynosił 70-80 % potencjału szyn.

W przypadku zasilania szafy w układzie TN potencjał wywołujący prąd w ochronniku zainstalowanym na wejściu szafy będzie wynosił praktycznie 100% potencjału szyn niezależnie od miejsca lokalizacji szafy a rezystancja uziomu szafy będzie zdecydowanie mniejsza (połączenie z innymi uziomami).



Rys.2. Rozkład potencjału szyn i konstrukcji wsporczych do ziemi odniesienia

W przypadku wyładowania atmosferycznego bezpośrednio do linii uszynienia grupowego ogranicznik przepięć może ale nie musi zadziałać, a proces odprowadzania prądu wyładowania do ziemi jest inny.

Uziom konstrukcji wsporczej w pobliżu wyładowania będzie miał zdecydowanie wyższy potencjał od potencjału szyn. Zlokalizowana w pobliżu szafa srk, zgodnie z wcześniejszymi zaleceniami będzie w stożku tego potencjału, który może spowodować przepływ dużego prądu przez ochronnik tej szafy do szyn. Jeżeli szafa ta będzie uszyniona przez ogranicznik niskonapięciowy to praktycznie cały ten prąd przejmie ten ogranicznik.

Jeżeli szafa jest oddalona więcej niż 5 m od osi toru i nie wymaga uszynienia to taką szafę należy uszynić przez ogranicznik niskonapięciowy lub zlokalizować co najmniej w odległości 10 m od konstrukcji wsporczej.

Jak widać lokalizacja szaf srk powinna być inna podczas wyładowań do sieci jezdnej i inna podczas bezpośrednich wyładowań do linii uszynienia grupowego, co nie może być jednocześnie zrealizowane. Dla rozwiązania tego problemu, szafy srk uszynione przez ogranicznik niskonapięciowy mogą być instalowane w dowolnej lokalizacji (nie obowiązują wymagania na rys.1) a szafy nieuszynione powinny być instalowane jak najdalej od konstrukcji wsporczych. Szafy zlokalizowane w odległości większej od 10 m od konstrukcji narażone są jednak prawie na pełne napięcie szyny ziemia odniesienia (rys.2).

4. Uwagi ogólne

1. Najlepszym uziomem do odprowadzania energii wyładowań atmosferycznych do ziemi jest uziom szpilkowy. Rezystancja takiego uziomu mierzona tradycyjną metodą techniczną

przy wymuszeniu napięciem 100÷300 V jest wiarygodna dla zjawisk zachodzących przy zwarciach doziemnych w obwodach nn (SN). Podczas wyładowań atmosferycznych napięcie na takim uziemiu jest rzędu kilowoltów. Wykonane pomiary rezystancji uziomu przy napięciu wymuszającym rzędu 3 kV wskazują, że rezystancja ta jest mniejsza o ok. 30% niż przy pomiarze napięciem rzędu 100÷300 V. Brak jest badań rezystancji uziomu przy napięciu wyższym, rzędu napięć jak podczas wyładowań atmosferycznych. Brak jest też literatury na ten temat. Badania są proste do wykonania np. przez IEL lub IK.

2. Lokalizacja beziskiernikowych ograniczników przepięć (warystorowych) i ograniczników niskonapięciowych w proponowanej lokalizacji powoduje, że potencjał szyn i ciągu konstrukcji wsporczych połączonych liną uszynienia grupowego jest porównywalny. Nie dotyczy to odcinka sieci trakcyjnej między ogranicznikami przepięć w przypadku wyładowania atmosferycznego bezpośrednio do liny między tymi ogranicznikami. Lokalizacja szaf srk w odniesieniu do konstrukcji wsporczych powinna być uzależniona od tego czy dana szafa jest uszyniona przez ogranicznik niskonapięciowy czy też nie.
3. Ochronniki napięciowe stosowane na wejściu szafy srk nie uszkadzają się od napięcia wymuszającego, ale od prądu przez nie płynącego. Proponowane rozwiązanie minimalizuje prąd płynący przez taki ochronnik. Prąd płynący przez ochronnik decyduje o poziomie napięcia występującego na tym ochronniku. Czym mniejszy prąd tym mniejsze napięcie a tym samym lepsza ochrona urządzeń w szafie. Ostateczna ochrona urządzeń srk w szafie, powinna być dobierana przez producenta tych urządzeń.
4. Od kilkunastu lat w systemie uszynień grupowych stosowane są ograniczniki niskonapięciowe typu TZD. Od 2010 roku są stosowane ograniczniki dwukierunkowe typu TZD-1NR. Aktualnie eksploatowanych jest ok. 3500 takich ograniczników. W okresie dwuletniej gwarancji nie było żadnego zgłoszenia o uszkodzeniu. Podczas badań impulsem prądowym 8/20 μ s o wartości maksymalnej 40 kA, maksymalne napięcie na ograniczniku wynosiło 2 kV przez okres kilku mikrosekund a następnie, po załączeniu się tyrystora, napięcie spadało do wartości kilkuset V. Podczas łączenia uziomu z szynami w czasie wyładowań atmosferyczny poziom tego napięcia jest jeszcze niższy i praktycznie nie ma znaczenia.
5. Od kilkunastu lat do ochrony urządzeń podstacji trakcyjnych i kabin sekcyjnych od wyładowań atmosferycznych i eksploatacyjnych stosowane są beziskiernikowe ograniczniki przepięć. Od kilku lat są beziskiernikowe ograniczniki przepięć typu PROXAR-IVN4,5 DC. W/w ograniczniki przepięć montowane są w miejscu przyłączenia zasilacza do sieci trakcyjnej i w celce zasilacza w podstacji trakcyjnej. Charakteryzując się poziomem zadziałania już przy przepięciach o wartości około 6500 V oraz skutecznie zapewniają poziom ochrony przepięciowej, ograniczając go do wymaganych 12 kV przy znamionowym prądzie udarowym o wartości 20 kA. Ograniczniki te pomyślnie przeszły testy wytrzymałości na prądy graniczne o wartości 200 kA i klasyfikują się według nowej obowiązującej normy w klasie DC-B. Aktualnie eksploatowanych jest systemach trakcyjnych w Polsce i za granicą ponad 6000 takich ograniczników, bez zgłoszonych problemów eksploatacyjnych. Producent opracował dodatkowe wyposażenie w/w ograniczników w postaci wspornika izolacyjnego z odłącznikiem, które eliminują pojawienie się w sieci trakcyjnej prądu zwarciovego w przypadku np. bezpośredniego uszkodzenia piorunowego z wyładowania atmosferycznego i wizualizują uszkodzenie ogranicznika, co ułatwia jego identyfikację i wymianę.

5. Zakres badań

1. Zmierzyć zależność rezystancji uziomu szpilkowego w zależności od przyłożonego napięcia pomiarowego rzędu 20÷40 kV.

2. Pomierzyć prądy płynące przez ochronnik napięciowy umieszczony przed wejściem do szafy srk zlokalizowanej w odległości 10 m od konstrukcji wsporczej z odgromnikiem po zastosowaniu proponowanego rozwiązania. Zaleca się wykonać pomiary gdy szafa jest uszyniona przez ogranicznik niskonapięciowy oraz w przypadku braku takiego uszynienia.

6. Wnioski

1. Proponowane rozwiązania są całkowicie zgodne z wymaganiami obowiązujących norm kolejowych:
 - zasilanie szaf srk zgodnie z normą PN-EN 50122-1,
 - budowa i utrzymanie torów zgodnie z normą PN-EN 50122-2,
 - ograniczniki niskonapięciowe zgodnie z normą PN-EN 50526-2
 - beziskiernikowe ograniczniki przepięć zgodnie z normą PN-EN 50526-1.
2. Doświadczenia eksploatacyjne związane z systemem otwartych uszynień grupowych z ogranicznikami niskonapięciowymi typu TZD, jak też doświadczenia ze stosowania beziskiernikowych ograniczników przepięć typu PROXAR-IVN4,5 DC w układach zasilania trakcji elektrycznej (podstacje trakcyjne, kabiny sekcyjne i zasilacze kablowe) wskazują dużą niezawodność tych urządzeń. Zaproponowana koordynacja (wzajemna lokalizacja ograniczników przepięć i niskonapięciowych) systemu ochrony ziemnozwarciowej oraz przepięciowej, minimalizuje do minimum prąd płynący do uziomu szaf srk. Drugim czynnikiem jest odpowiednia lokalizacja szaf srk oraz ich zasilanie w układzie TT.
3. Ograniczniki przepięć typu PROXAR-IVN4,5 DC nie powodują zwarć w obwodzie 3 kV podczas działania w czasie wyładowań atmosferycznych i eksploatacyjnych. Gwarantują przez to, że podczas tych wyładowań odprowadzana jest mniejsza energia do potencjału ziemi oraz zapewniają skuteczną ochronę izolacji.
4. Podstawowym warunkiem skuteczności działania opisanego systemu jest zachowanie ciągłości sieci powrotnej w każdych warunkach.

Literatura:

1. *PN-EN 50122-1 - Zastosowanie kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Część 1: Środki ochrony dotyczące bezpieczeństwa elektrycznego i uziemień,*
2. *PN-EN 50122-2 - Zastosowanie kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Część 2: Środki ochrony przed oddziaływaniem prądów błędzących wywołanych przez trakcję elektryczną prądu stałego,*
3. *PN-EN 50526-1:2014E - Zastosowanie kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Ograniczniki przepięć prądu stałego i urządzenia ograniczające napięcie. Część 1: Ograniczniki przepięć prądu stałego,*
4. *Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa: "Badania systemu uszynień grupowych w układzie otwartym dla linii kolejowych". Praca nr 3048/23, Warszawa 2001 r.*
5. *PN-EN 50526-2:2014E - Zastosowanie kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Ograniczniki przepięć prądu stałego i urządzenia ograniczające napięcie. Część 2: Urządzenia ograniczające napięcie.*
6. *Dąbrowski J., Kulhawik Z.: Ograniczenie prądów błędzących przez rozdzielenie uziomów systemu energetyki zawodowej od energetyki kolejowej, tramwajowej i metra. Semtrak 2016*

COORDINATION OF SURGE PROTECTION AND ELECTRIC SHOCK PROTECTION IN THE CATENARY 3 kV

SUMMARY

In the presented material are presented for the coordination of security system surge protection, based on the spark surge arresters (varistor) and earth fault protection and electric shock protection thyristor-based low voltage limiters, on the modernized railway lines. Introduced railway European standards move these issues separately, without details of their use, and even more so without presenting between these systems. Appropriate coordination of these two systems should ensure the protection of electronic devices control railway traffic (srk) located along the road train. The solutions are innovative and need to be checked in terms polygon solutions adopted here.