

## **System ochrony ziemnozwarciowej i przeciwporażeniowej, ograniczający prądy błędne w otoczeniu trakcji elektrycznej 3 kV prądu stałego**

Wymagany poziom ochrony przeciwporażeniowej w obwodach zasilania trakcji elektrycznej prądu stałego uzyskuje się przez szybkie wyłączenie prądu zwarcia przez wyłącznik szybki wyposażony w wyzwalacz pierwotny. Wyłączenie prądu następuje, jeżeli wartość prądu zwarcia przewyższa wartość nastawioną na wyzwalaczu pierwotnym wyłącznika szybkiego. Czas wyłączenia prądu zwarcia, przez aktualnie eksploatowane wyłączniki szybkie typu BWS, nie przekracza 20 - 30 ms.

Prezentowany system ochrony przeciwporażeniowej i ziemnozwarciowej z ogranicznikami niskonapięciowymi zapewnia wyłączałość zwarć doziemnych (szybkie przekształcenie zwarcia doziemnego w zwarcie międzybiegunowe o dużej wartości prądu), właściwą ochronę przeciwporażeniową oraz w sposób znaczący ogranicza prądy błędne.

System składa się z:

- urządzeń ochrony ziemnozwarciowej typu EZZ (TUZZ lub UZZ) zamontowanych w podstacjach trakcyjnych i kabinach sekcyjnych,
- ograniczników niskonapięciowych typu TZD montowanych w systemie uszynienia grupowego w układzie otwartym,
- ograniczników niskonapięciowych typu TZD montowanych do ochrony innych obiektów wymagających uszynienia,
- testera TCK montowanego w obiektach zasilania, przeznaczonego do monitorowania rezystancji uziomu oraz kontroli ciągłości połączeń i kabli powrotnych lub uszyniających,
- urządzeń kontrolno pomiarowych typu IMR do pomiaru rezystancji uziomów w otoczeniu trakcji elektrycznej 3 kV i typu TOZ do kontroli parametrów ograniczników urządzeniach EZZ, TUZZ i UZZ oraz ograniczników typu TZD montowanych w terenie.

System spełnia następujące wymagania:

- gwarantuje wyłączałość prądów doziemnych w obwodach zasilania trakcji elektrycznej prądu stałego,
- zapewnia właściwy poziom ochrony przeciwporażeniowej,
- ogranicza prądy błędne.

Na rysunku 1 pokazane są urządzenia oraz rezystancje doziemne mające wpływ na działanie systemu. W omawianym układzie sieć powrotna o rezystancji doziemnej ( $R_{sz}$ ) jest odizolowana od rezystancji doziemnych konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej ( $R_s$ ), rezystancji obiektu chronionego ( $R_{ob}$ ) oraz rezystancji uziomu obiektu zasilania ( $R_u$ ). Układ taki gwarantuje, że rezystancja doziemna sieci powrotnej ( $R_{sz}$ ) nie jest bocznikowana przez wymienione rezystancje, a więc jest zależna tylko od konstrukcji i stanu technicznego torów, co ogranicza w zasadniczy sposób prądy błędne.

W przypadku wystąpienia zwarcia doziemnego, w zależności od miejsca jego wystąpienia, ograniczniki TZD-2NR, TZD-1N lub EZZ przechodzą w stan przewodzenia przekształcając zwarcie doziemne w zwarcie międzybiegunowe, co umożliwia szybkie wyłączenie prądu zwarcia przez wyłączniki szybkie (WS) w obiektach zasilania.

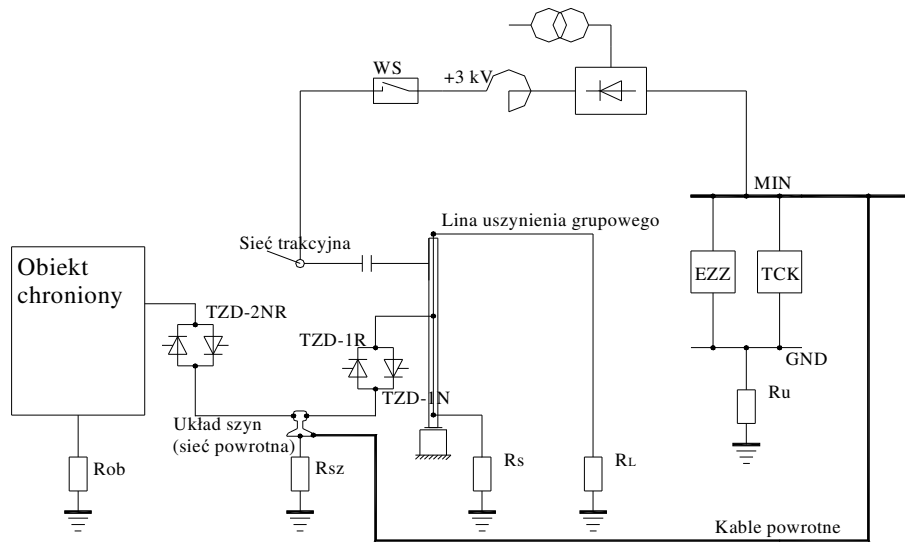
Po wyłączeniu zwarcia przez wyłącznik szybki (WS), ograniczniki przechodzą do stanu normalnego, czyli stanu wysokiej rezystancji między siecią powrotną a uziomem obiektu chronionego. Ograniczniki TZD (stosowane w terenie) mają możliwość samoczynnego wyłączenia się po ich zadziałaniu, dzięki zastosowaniu w podstawach trakcyjnych urządzenia ochrony ziemnozwarciowej (EZZ, TUZZ) wyposażonej w obwód komutacyjny. Izolowanie od ziemi szyny minusowej podstacji umożliwia zmianę polaryzacji toru kolejowego w zależności od miejsca odbioru prądu. Na załączonych rysunkach pokazane są przykłady przepływu prądu w warunkach awaryjnych (rys.2 i 3) lub pomiarowych (rys.4).

Dla potrzeb kontroli elementów systemu ochrony oraz do pomiaru rezystancji mających wpływ na działanie systemu opracowano specjalistyczne urządzenia pomiarowe.

- Do pomiaru rezystancji  $R_L$ ,  $R_s$ ,  $R_{uz}$  i  $R_{ob}$  przeznaczony jest przenośny impulsowy miernik rezystancji typu IMR. Miernik jest przystosowany do wykonywania pomiarów podczas normalnej eksploatacji bez wyłączania napięcia z sieci trakcyjnej. Do pomiaru jako sonda prądowa jest wykorzystywana sieć szynowa o znanej rezystancji ( $R_{sz}$ ) wynoszącej  $0,1 \div 0,2 \Omega$ . Miernik może być wykorzystywany do pomiaru rezystancji różnego typu uziomów w otoczeniu torów kolejowych i tramwajowych.
- Odmianą „stacjonarną” tego miernika jest tester ciągłości kabli powrotnych TCK montowany w obiektach zasilania trakcji elektrycznej (podstacje trakcyjne i kabiny sekcyjne). Tester TCK monitoruje rezystancję uziomu danego obiektu, kontrolując jednocześnie ciągłość kabli powrotnych lub uszyniających.
- Do kontroli ograniczników przeznaczony jest tester typu TOZ przystosowany do pomiarów podstawowych parametrów ogranicznika, bez wyłączania napięcia z sieci trakcyjnej. Tester może być wykorzystany również do kontroli parametrów ogranicznika w urządzeniu ochrony ziemnozwarciowej typu EZZ, TUZZ lub UZZ.

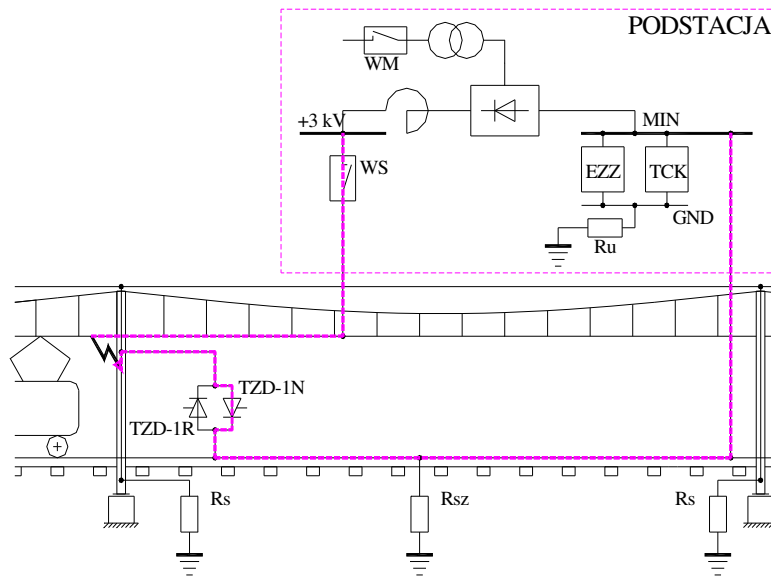
Na sieci PKP wszystkie podstacje trakcyjne i zdecydowana większość kabin sekcyjnych są wyposażone w układ ochrony ziemnozwarciowej typu EZZ, TUZZ lub UZZ. Testery TCK są zainstalowane w kilkudziesięciu obiektach zasilania - jest to obowiązujący aktualnie standard w obiektach nowobudowanych i modernizowanych. Dodatkową zaletą urządzenia typu EZZ oraz testera TCK jest rejestracja zdarzeń, co umożliwia odtworzenie przebiegu zakłóceń w stanach awaryjnych. Ograniczniki TZD w systemie uszynień grupowych są zainstalowane na kilkuset kilometrach zmodernizowanych linii kolejowych (ok. 1000 ograniczników) oraz kilkadziesiąt ograniczników do ochrony innych obiektów takich jak mosty, wiadukty, szafy przytorowe, itp.

Prezentowany system oparty na ogranicznikach niskonapięciowych jest stosowany przede wszystkim w PKP. Podczas badań przeprowadzonych przy wdrażaniu systemu uszynień grupowych w PKP badano wiele typów urządzeń o podobnym działaniu, stosowanych w Europie. Uzyskane wyniki badań i pomiarów jednoznacznie jednoznacznie wskazywały na zastosowanie w PKP ograniczników niskonapięciowych typu TZD.



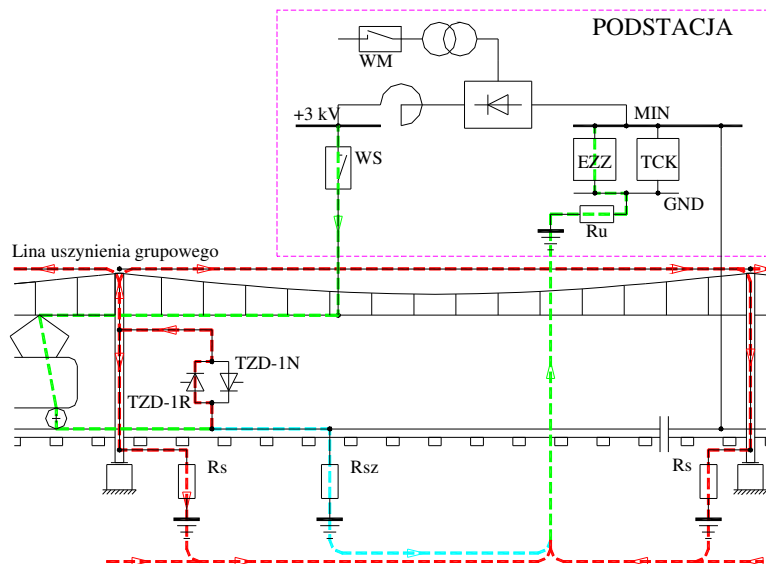
**Rys. 1. Rozmieszczenie urządzeń i rezystancji mających wpływ na działanie systemu.**

EZZ - urządzenie ochrony ziemnozwarciowej w obiekcie zasilania, TCK - tester ciągłości kabli powrotnych, TZD-1N, TZD-1R - zwierniki stanowiące układ zwiernika dwukierunkowego, TZD-2NR - zwiernik dwukierunkowy w jednej obudowie, R<sub>u</sub> - rezystancja doziemna obiektu zasilania, R<sub>s</sub> - rezystancja doziemna konstrukcji wsporczej, R<sub>L</sub> - wypadkowa rezystancja doziemna linii uszynienia grupowego (R<sub>s</sub>/n), R<sub>sz</sub> - rezystancja doziemna sieci powrotnej (układu szyn), R<sub>ob</sub> - rezystancja doziemna obiektu chronionego.



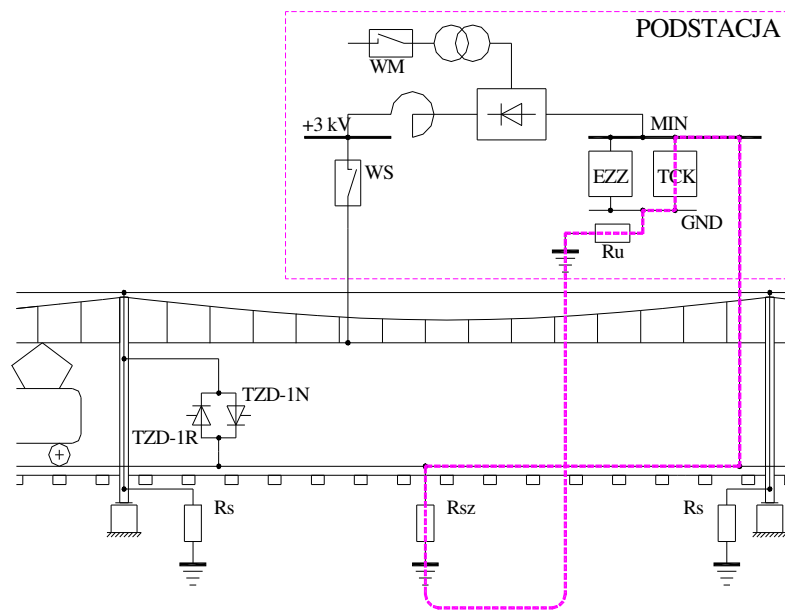
**Rys. 2. Rozpływ prądu zwarciovego podczas zwarcia doziemnego w sieci trakcyjnej.**

Na rysunku pokazany jest tor prądowy podczas przebicia izolacji głównej sieci trakcyjnej. Analogiczny obwód zwarciový powstaje przy opadnięciu sieci trakcyjnej na obiekt chroniony lub przy zwarciu doziemnym w obiekcie zasilania (rys. 1). Zwierniki TZD-2NR, TZD-1N i EZZ są przystosowane do przewodzenia prądu zwarcia do momentu jego wyłączenia przez wyłączniki szybkie lub wyłączniki mocy.



**Rys. 3. Rozpływ prądu zwarciego w przypadku przerwy w sieci powrotnej.**

Na rysunku pokazany jest główny tor prądowy w przypadku powstania przerwy w sieci szynowej. Część prądu powrotnego wypływa bezpośrednio z sieci szynowej do ziemi, a część przez zwiernik TZD-1R i rezystancje konstrukcji wsporczych  $R_s$  (wypadkowa rezystancja -  $R_L$ ) i wraca do szyny minusowej podstacji przez zwiernik urządzenia EZZ. W przypadku przekroczenia wartości prądu nastawionej na urządzeniu ochrony ziemnozwarciowej następuje wyłączenie podstacji trakcyjnej. Zwiernik TZD-1R jest przystosowany do obciążalności długotrwałej.



**Rys. 4. Kontrola rezystancji uziomu i kabli powrotnych.**

Na rysunku pokazany jest obwód prądowy podczas kontroli ciągłości kabli powrotnych przez urządzenie TCK. Obwód zamyka się przez rezystancję uziomu ( $R_u$ ), wypadkową rezystancję przejścia szyny-ziemia ( $R_{sz}$ ) i kable powrotne. Zmiana parametrów rezystancji do wartości dopuszczalnej jest sygnalizowana, natomiast wzrost rezystancji powyżej nastawionego progu lub przerwa w kablach powrotnych skutkuje wyłączeniem obiektu z ruchu.