

# Rozdzielenie uziomów związanych z trakcją elektryczną prądu stałego i przemienneego od uziomów energetyki publicznej

**Autorzy:**

**Mgr inż. Zygmunt Kulhawik**

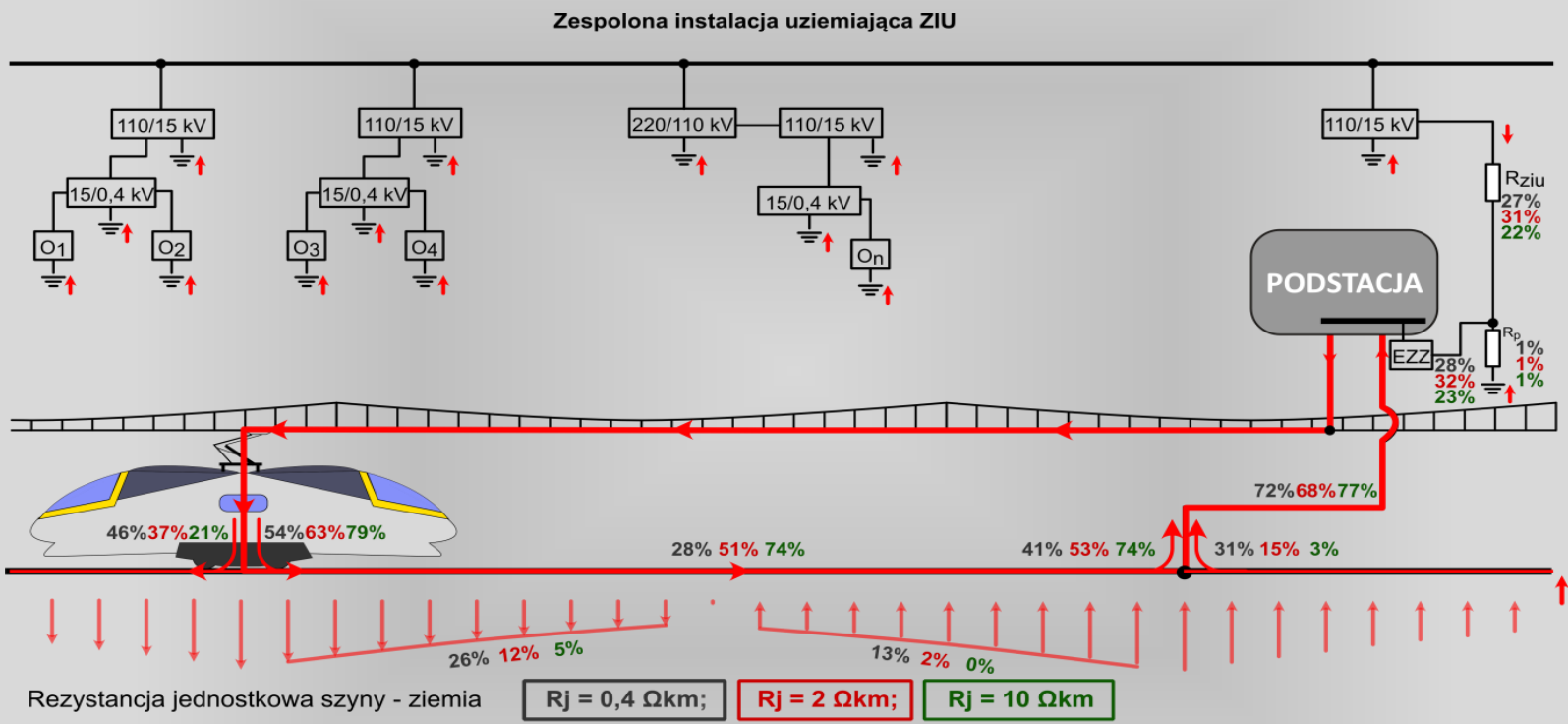
**Dr inż. Dariusz Pieńkowski**

# Wstęp

Jednym z ważniejszych czynników mających wpływ na prądy błędzące jest brak rozdzielania instalacji uziemiającej Energetyki od uziomów podstacji trakcyjnych oraz innych urządzeń i budowli związanych z torami, co jest wymagane przez normę PN-EN 50122-1:2023-06

Drugim z ważniejszych czynników jest zachowanie ciągłości sieci powrotnej (torów) oraz izolacji torów od ziemi o czym mówi norma PN-EN 50122-2:2023-06

# Którędy płynie prąd powrotny



**Rys. 5. Pojazd w odległości 10 km od podstacji.**

# Którędy płynie prąd powrotny

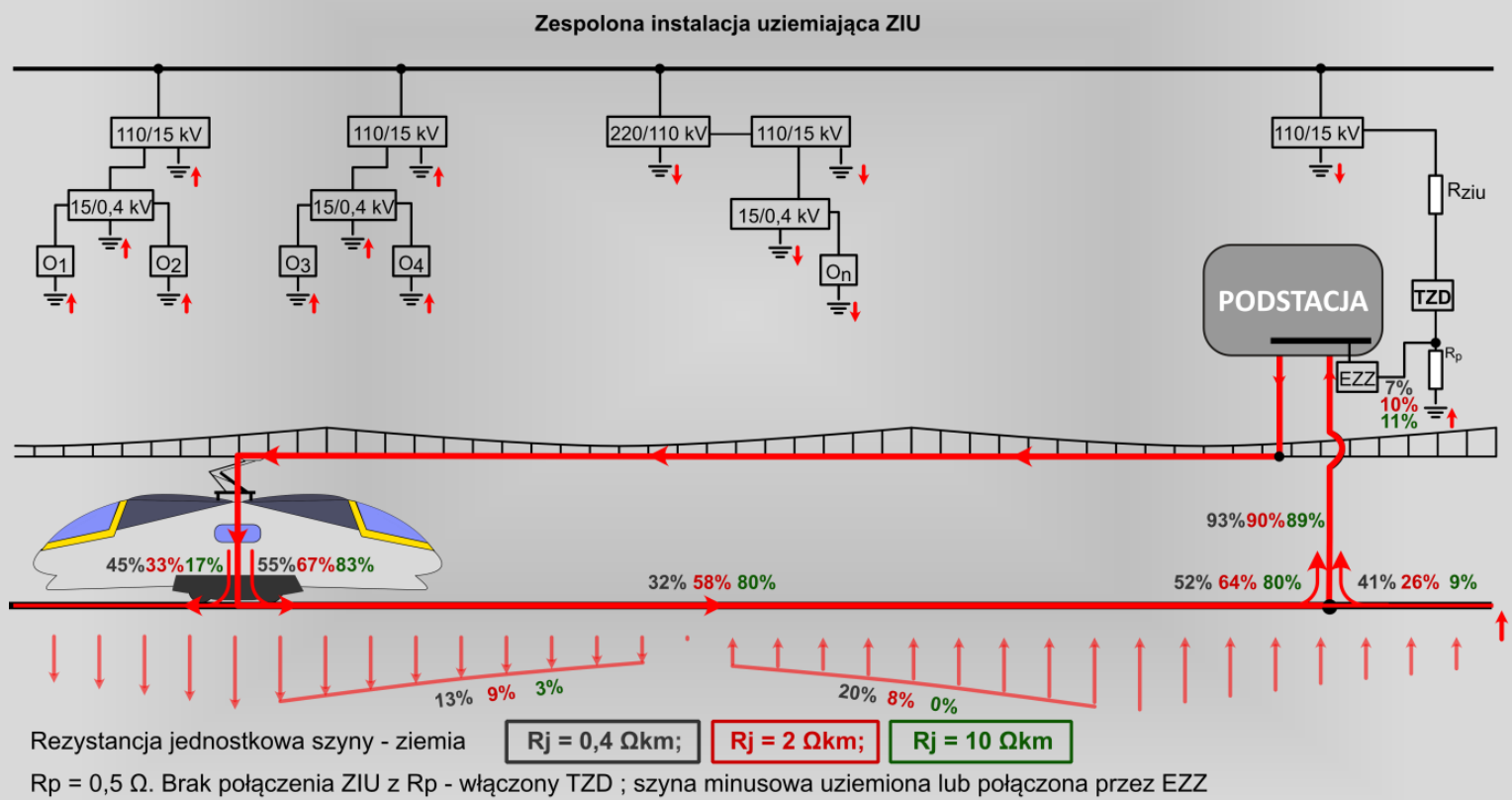
Prąd powrotny podstawo wraca do podstacji szynami. Część prądu wypływa z szyn do ziemi w rejonie pociągu i wraca do szyn w rejonie podstacji, ale część prądu wraca do podstacji poprzez instalacje uziemiające Energetyki.

Jeżeli brak jest rozdziału uziomów związanych z trakcją elektryczną z uziomami Energetyki to rezystancja ta między pociągiem (Szynami) a uziomem podstacji wynosi  $0,2 \div 0,3 \Omega$ .

Po zadziałaniu EZZ prąd wpływa bezpośrednio do szyny minusowej i może stanowić nawet kilkadziesiąt procent prądu obciążenia. Każda przerwa w sieci powrotnej powoduje dalszy wzrost tego prądu. Możliwe wyłączenia podstacji przez EZZ.

Prąd błędzący jest częścią prądu powrotnego płynącego ziemią i/lub instalacje uziemiające.

# Którędy płynie prąd powrotny



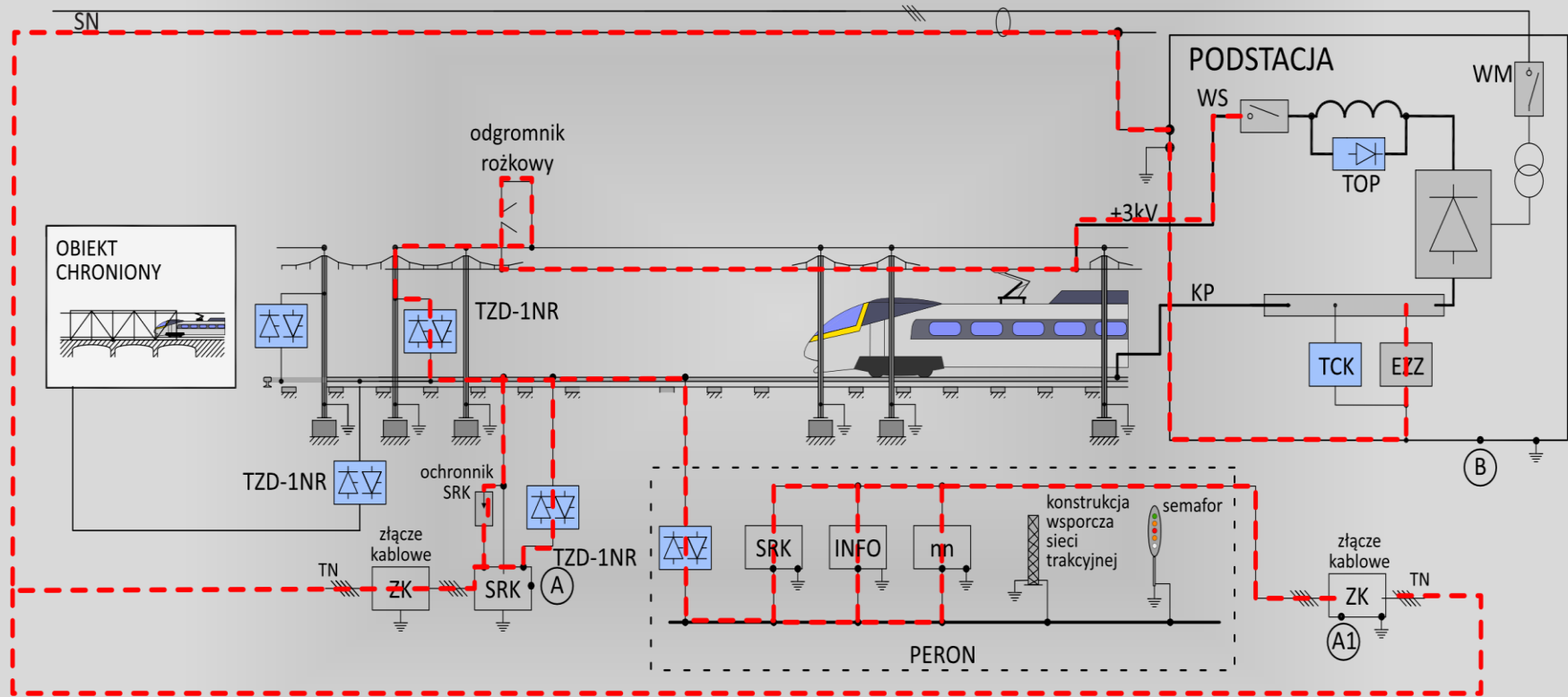
# Którędy płynie prąd powrotny

Rozdzielenie uziomu podstacji od instalacji uziemiającej Energetyki przez zainstalowanie w żyłach powrotnych kabli zasilających PT ogranicznika TZD spowoduje, że prąd ten nie może wpłynąć bezpośrednio do uziomu podstacji i musi wrócić bezpośrednio do szyn.

Po zadziałaniu EZZ tylko część prądu wpłynie przez uziom podstacji do szyny minusowej PT, a większa część wpłynie przez szyny i kable powrotne. Praktycznie nie ma możliwości wyłączenia PT przez EZZ.

Rozdzielenie uziomów spowoduje, że prąd błędzący, płynący przez instalacje uziemiające Energetyki będzie w każdych okolicznościach co najmniej czterokrotnie mniejszy. Będzie to miało wpływ na zmniejszenie awaryjności urządzeń i instalacji w tym srk w terenie.

# Aktualny układ bez rozdzielania uziomów



# Aktualny układ bez rozdziału uziomów

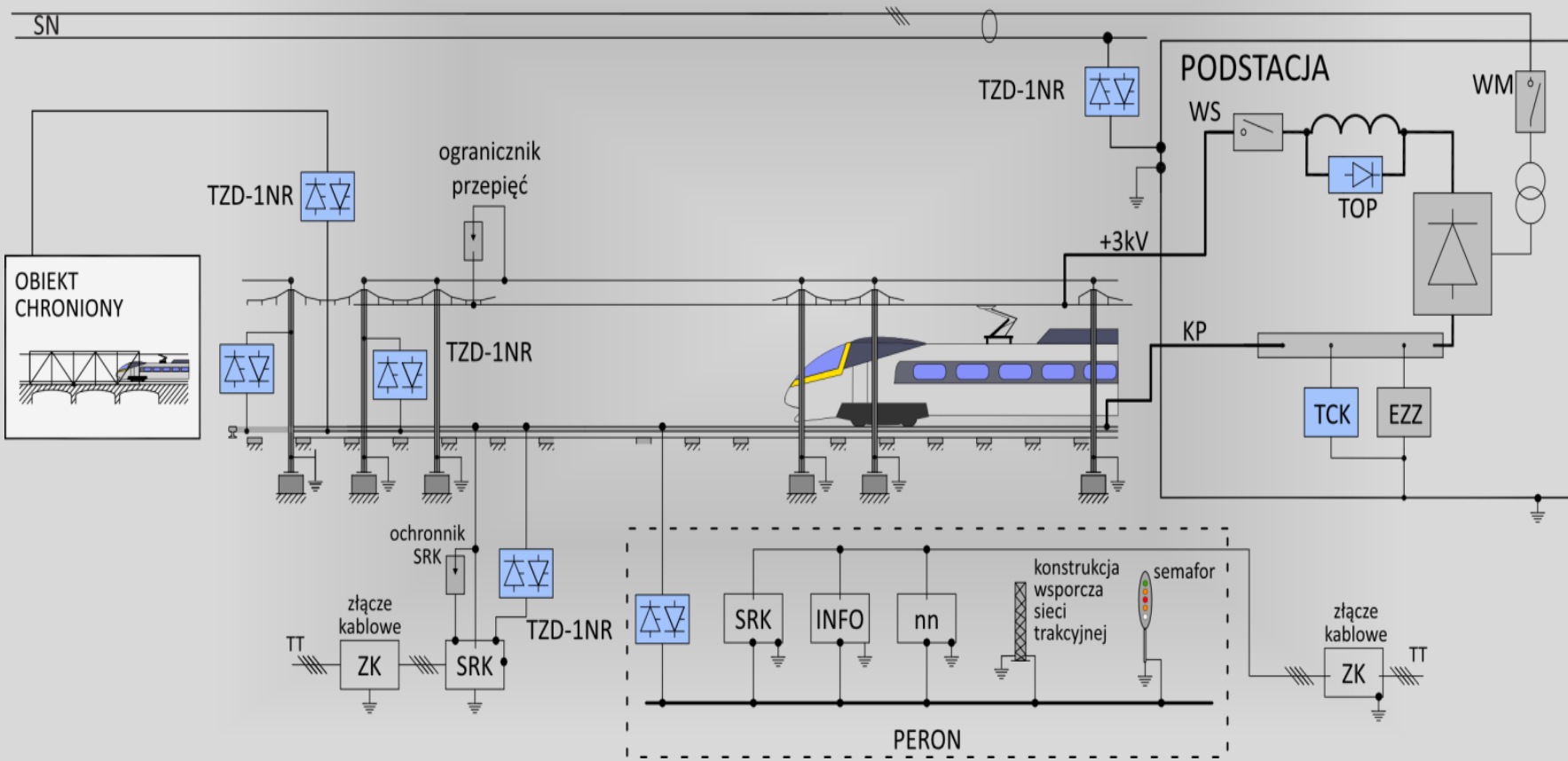
Aktualnie urządzenia znajdujące się w strefie sieci trakcyjnej są zasilane w układzie TN.

Urządzenia te dla ochrony przeciwporażeniowej są uszyniane przez VLD.

Po zadziałaniu VLD od napięć zakłócających jest metaliczne połączenie szyn z podstacją trakcyjną, gdyż żyła powrotna kabla WN jest uziemiona w podstacji i stacji energetycznej.

W takim przypadku prąd błędzący (powrotny) wzrasta kilkukrotnie a po zadziałaniu EZZ w podstacji nawet kilkunastokrotnie, co może być przyczyną uszkodzeń instalacji nn na przystankach, urządzeń srk itp.

# Układ po rozdzieleniu uziomów



# Układ po rozdzieleniu uziomów

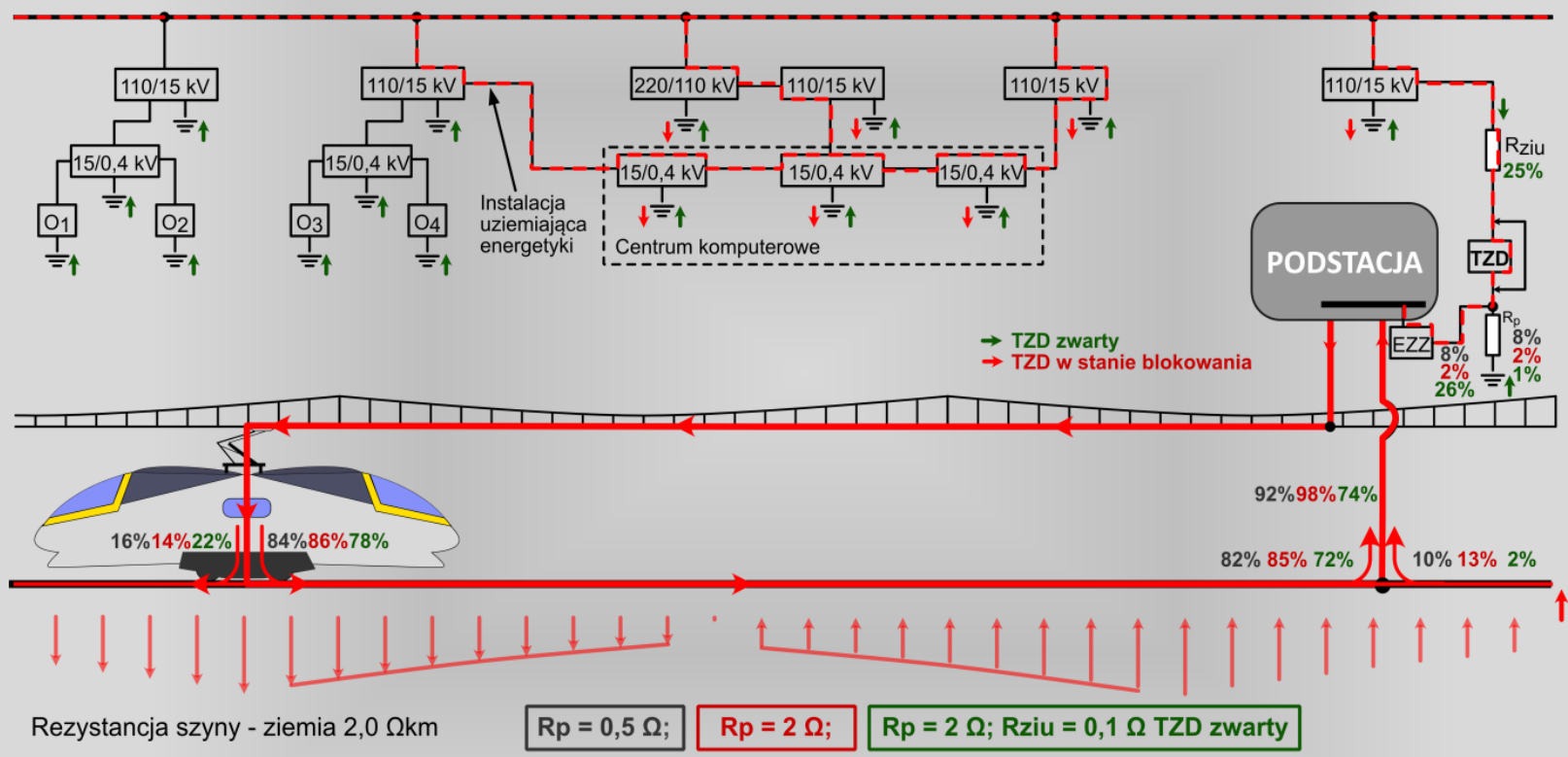
Wg PN-EN 50122-1 rozdzielenie uziomów w instalacji nn polega na zasilaniu w układzie TT lub stosowaniu transformatora separacyjnego.

W instalacji WN należy żyły powrotne kabli w podstacji trakcyjnej uziemiać przez odpowiedni VLD, co zapewni rozdzielenie uziomu podstacji od instalacji uziemiającej energetyki.

Rozdzielenie uziomów związanych z trakcją elektryczną od instalacji uziemiającej energetyki na poziomie nn i WN spowoduje nawet kilkudziesięciokrotne zmniejszenie prądów płynących przez te instalacje uziemiające.

# Wydzielenie dowolnego obiektu ze strefy prądów powrotnych (błądzących)

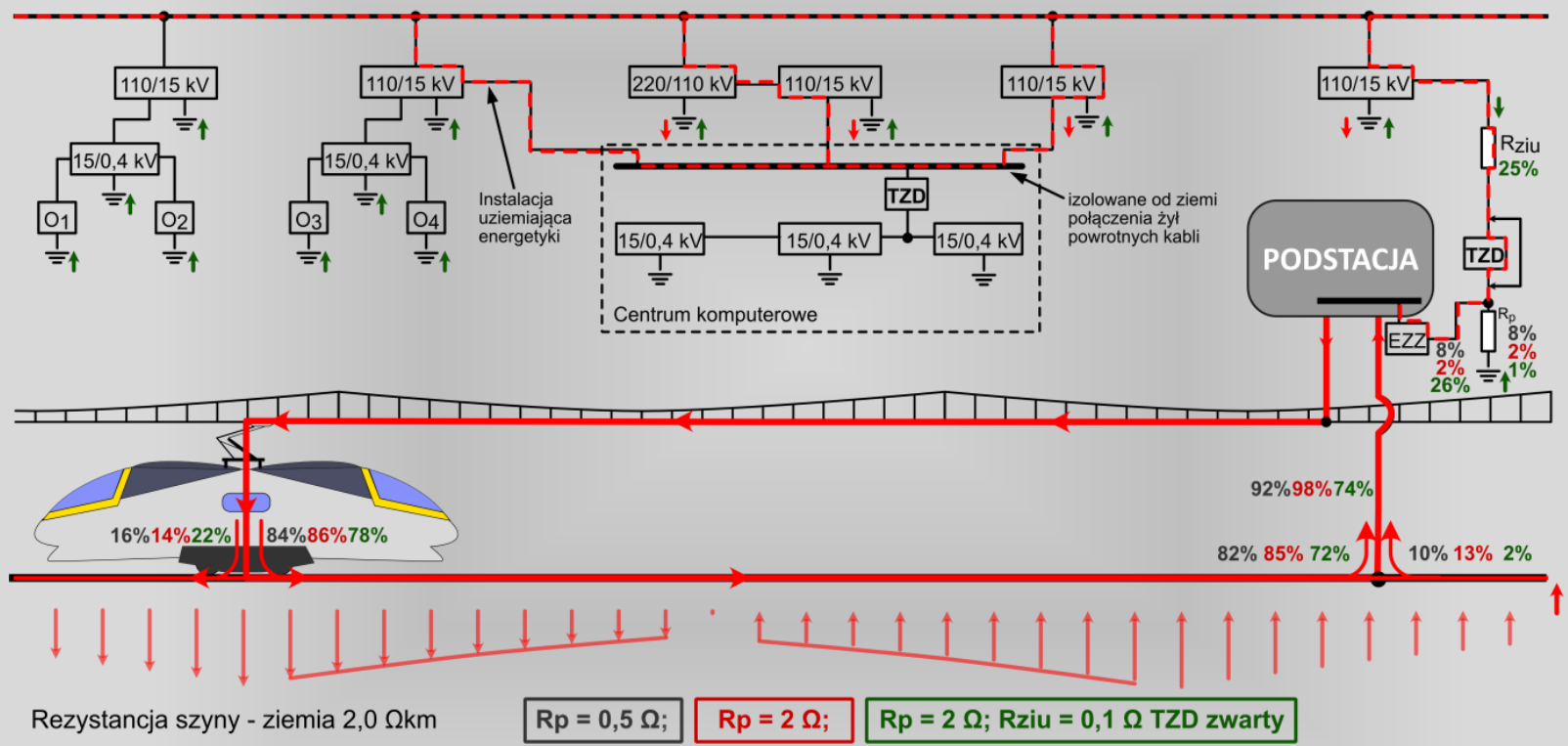
Zespolona instalacja uziemiająca ZIU - układ normalny



Rozpływ prądu błądzącego na odcinku 10 km

# Wydzielenie dowolnego obiektu ze strefy prądów powrotnych (błądzących)

Zespolona instalacja uziemiająca ZIU - odizolowanie uziomu centrum komputerowe



Rozpływ prądu błądzącego na odcinku 10 km

Wydzielenie dowolnego obiektu ze strefy prądów powrotnych (błądzących)

Na slajdzie 11 pokazane jest jak (którędy) przepływają prądy błądzące przez instalację uziemiającą danego obiektu.

Na slajdzie 12 jak odseparować (wydzielić) instalację uziemiającą „wrażliwego” obiektu (szpitale, centra komputerowe itp.) od prądów błądzących.

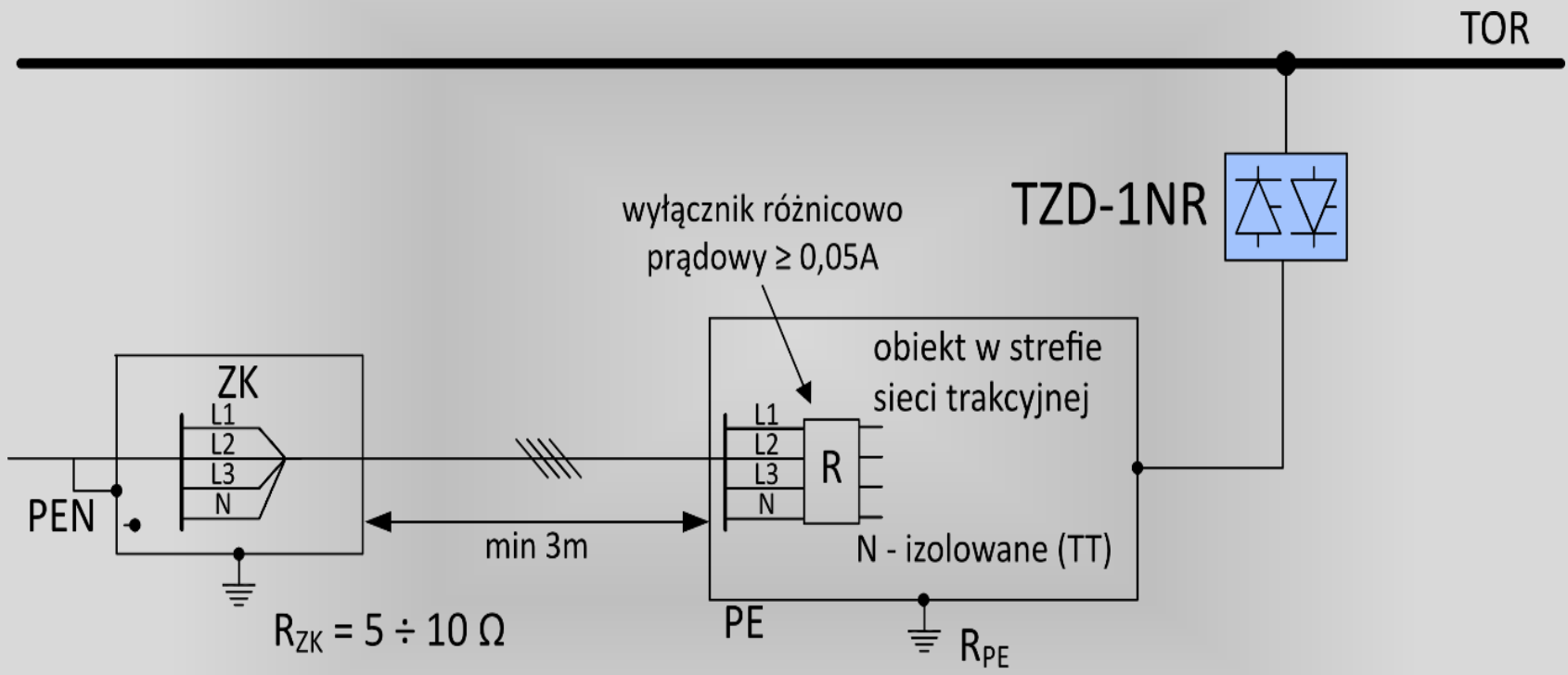
Wszystkie żyły powrotne kabli WN należy połączyć między sobą przez łącze izolowane na poziomie 1 kV od ziemi a następnie przez VLD połączyć z uziomem obiektu.

Jeżeli dany obiekt ma dodatkowe zasilanie na poziomie nn, zasilanie to musi być wykonane w układzie TT lub przez transformator separacyjny.

Na slajdzie pokazane są założenia dla dużego Centrum Komputerowego w odległości ok. 100 m od torów.

Instalacje uziemiające Energetyki nawet w odległości kilku lub więcej kilometrów stanowią praktycznie takie samo zagrożenie

# Zmiana układu TN na wyspę TT



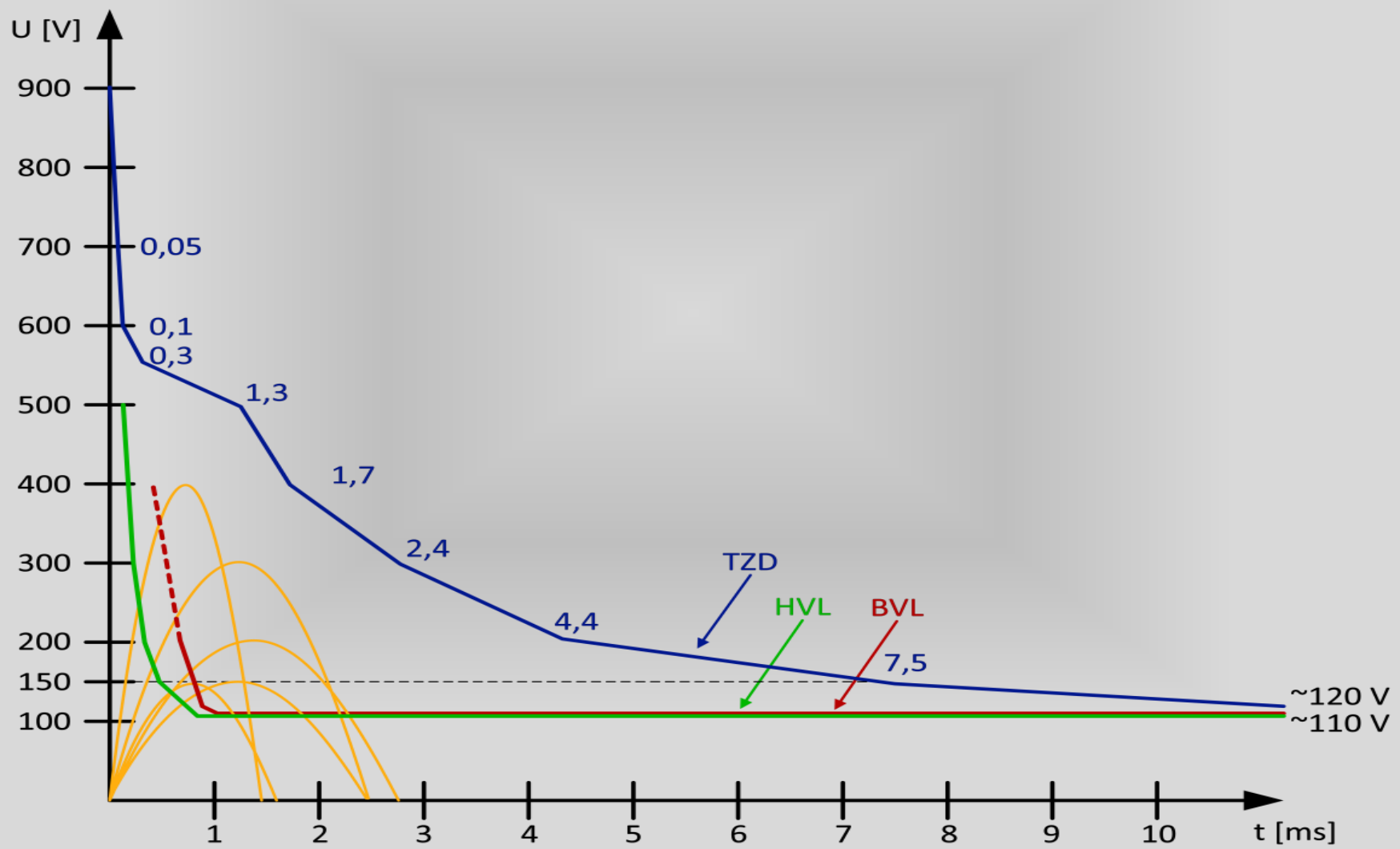
ZK - złącze kablowe  
R - wyłącznik różnicowo-prądowy

# Zmiana układu TN na wyspę TT

Wykonanie przejścia z układu TN na wyspę TT polega na wykonaniu następujących czynności:

1. Złącze kablowe (ZK) należy zlokalizować poza strefą oddziaływania sieci trakcyjnej, gdzie wszystkie chronione urządzenia są połączone do wspólnej instalacji uziemiającej na peronie. ZK powinno być zlokalizowane min kilka metrów od tej instalacji i posiadać swój uziom o wartości  $5 \div 10 \Omega$ .
2. Uziom ten nie może być połączony z instalacją uziemiającą na peronie (zasilanie dwu lub czteroprzewodowe bez przewodu ochronnego PE).
3. Przewód N zasilający urządzenia na peronie nie może być uziemiony (układ TT)
4. Urządzenia na peronie powinny być zabezpieczone wyłącznikiem różnicowoprądowym o prądzie różnicowym nie mniejszym niż 0,05 A.
5. Jeżeli obudowa ZK jest metalowa i znajduje się w strefie sieci (5 m) podlega uszynieniu przez VLD, jeżeli jest nieprzewodząca nie ma takiej potrzeby.
6. Rezystancja doziemna instalacji uziemiającej na peronie powinna wynikać z potrzeb chronionych urządzeń.
7. Rozwiązanie może być stosowana dla dowolnych obiektów znajdujących się w strefie sieci podlegających uszynieniu przez VLD.
8. Rozwiązanie takie (wyspa TT) jest powszechnie stosowane w przypadkach lokalizacji złącza kablowego w ogrodzeniu lub poza nim.

# Porównanie urządzeń ograniczających napięcie VLD



## Porównanie urządzeń ograniczających napięcie VLD

Na slajdzie pokazane są charakterystyki napięciowo-czasowe trzech urządzeń VLD. Tylko urządzenie TZD ma charakterystykę zależną.

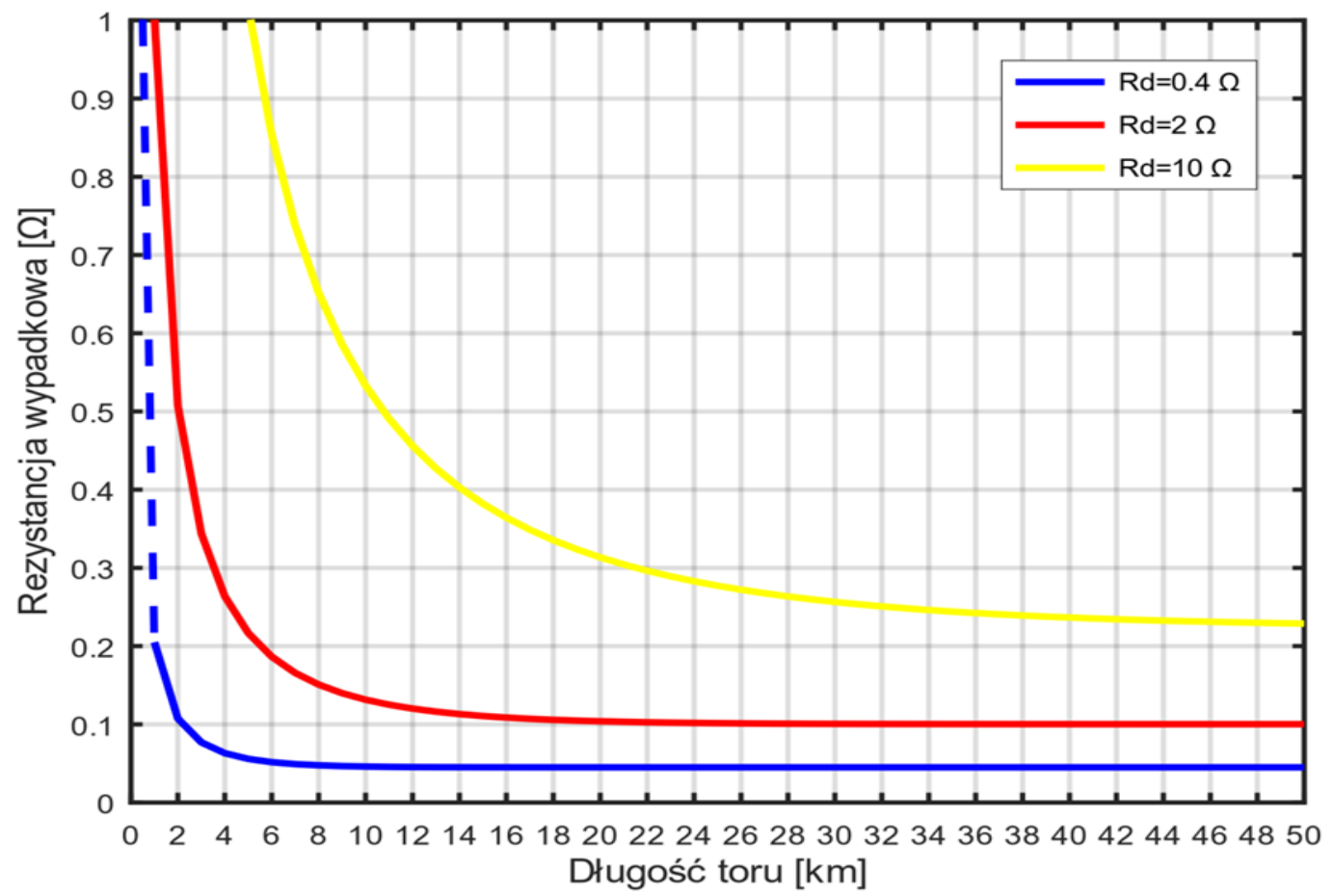
Kolorem pomarańczowym pokazane jest spektrum napięć łączeniowych występujących na zaciskach VLD. Jak widać praktycznie wszystkie przepięcia powyżej 120 V spowodują zadziaływanie BVL i HVL. Oznacza to, że urządzenia te mogą działać nawet kilkadziesiąt razy na dobę, powodując połączenie uziomów kolejowych z instalacją uziemiającą Energetyki. Każde z połączeń może trwać od kilku do kilkunastu minut do czasu zmiany położenia pociągów i przejścia prądu przez zero.

## Porównanie urządzeń ograniczających napięcie VLD

Urządzenie TZD wytrzymuje przepięcia na poziomie 500 V i czasie trwania nawet powyżej 2 ms. Taki poziom przepięć występuje sporadycznie np. raz na miesiąc a nawet zdecydowanie dłużej. Mimo tak rzadkiego działania VLD (zwarcie uziomów) występują uszkodzenia instalacji nn na przystankach, obwodach srk, itp. przy powszechnym zasilaniu instalacji nn w układzie TN i braku rozdziału uziomów na poziomie WN.

Zastosowanie urządzeń BVL czy też HVL spowoduje co najmniej kilkukrotny wzrost uszkodzeń w instalacji nn czy też srk a w obszarach zurbanizowanych może to być wzrost nawet kilkudziesięciokrotny.

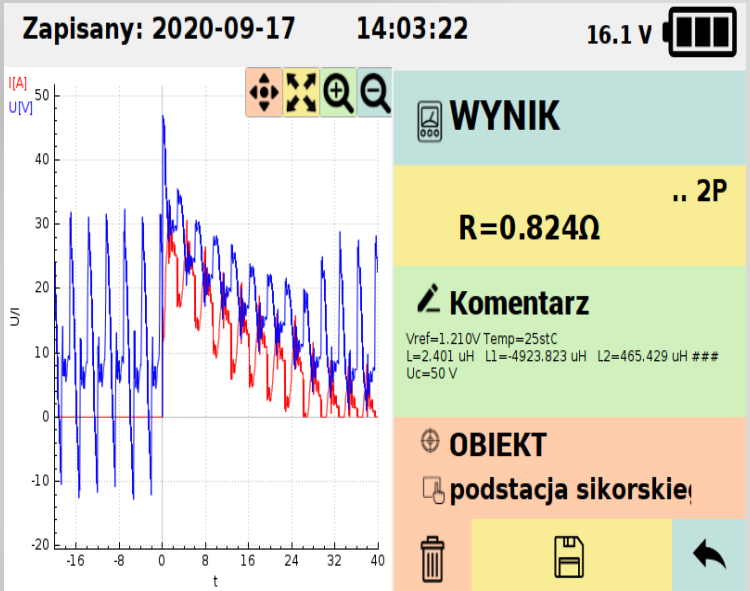
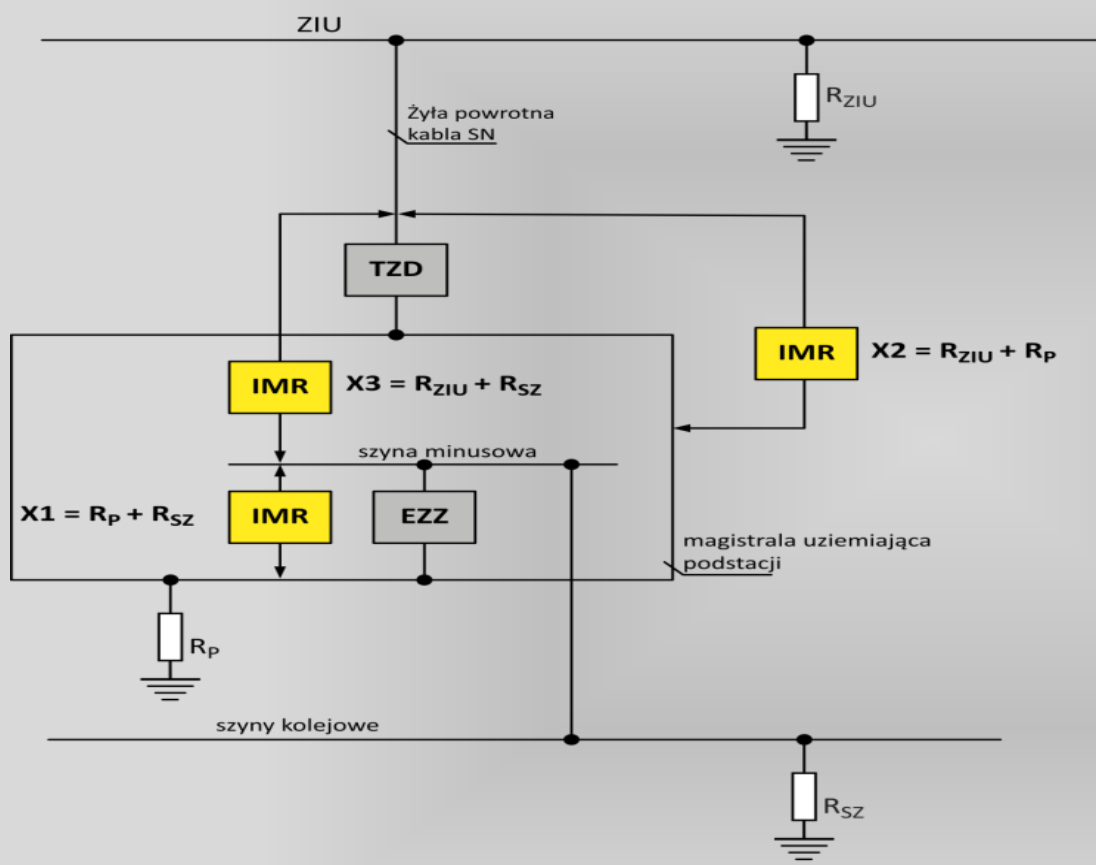
# Obliczenia i pomiary potwierdzające założenia



## Obliczenia i pomiary potwierdzające założenia

- Jak widać z wykresu, dla jednostkowej rezystancji toru na poziomie  $0,4 \Omega\text{km}$ , już w odległości 5 km od punktu pomiarowego wypadkowa rezystancja doziemna ma praktycznie wartość ustaloną.
- Dla jednostkowej rezystancji toru na poziomie  $2 \Omega\text{km}$ , odległość ta wynosi już ok. 15 km a dla  $10 \Omega\text{km}$  jest to odległość ok. 50 km.
- W zależności od jednostkowej rezystancji doziemnej znaczący prąd wypływa szyn do ziemi od kilku do kilkudziesięciu kilometrów za pojazdem a to oznacza, że w takiej odległości może wpływać do instalacji uziemiającej Energetyki.

# Obliczenia i pomiary potwierdzające założenia



## Obliczenia i pomiary potwierdzające założenia

Na powyższym slajdzie pokazany jest układ rozdzielania uziomu podstacji trakcyjnej tramwajowej od instalacji uziemiającej Energetyki (TZD) i od szyn (EZZ).

Miernikiem IMR-5 wykonano pomiary w punktach X1, X2 i X3 przy czynnej podstacji. Pokazano też przebieg pomiaru między uziomem a szynami przy czynnej podstacji, zawierający zakłócenia spowodowane przez harmoniczne, które nie powodują w pomiarze. Wyniki uzyskane przy wyłączonej podstacji są praktycznie takie same przy podstacji wyłączonej.

Uzyskano następujące wyniki:  $R_p + R_{SZ} = 0,824 \Omega$ ,  $R_p + R_{ZIU} = 0,853 \Omega$ ,  
 $R_{SZ} + R_{ZIU} = 0,137 \Omega$

Po obliczeniach rezystancje te wynoszą:  $R_p = 0,77 \Omega$ ,  $R_{SZ} = 0,054 \Omega$  i  $R_{ZIU} = 0,083 \Omega$ .

Wynik  $R_{SZ} = 0,054 \Omega$  jest porównywalny z wynikiem obliczonym (slajd 19) dla jednostkowej rezystancji  $0,4 \Omega\text{km}$

## Proponowane rozwiązania są zgodne z niżej wymienionymi normami

***PN-EN 50122-1:2023-06*** Zastosowanie Kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Bezpieczeństwo elektryczne, uziemienia i sieć powrotna – Część 1: Środki ochrony przed porażeniem elektrycznym.

***PN-EN 50122-2:2023-06*** Zastosowanie Kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Bezpieczeństwo elektryczne, uziemienia i sieć powrotna – Część 2: Środki ochrony przed skutkami prądów błędnych powodowanych przez systemy trakcji prądu stałego

***PN-EN 50526-2:2014-09*** - Zastosowanie kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Ograniczniki przepięć prądu stałego i urządzenia ograniczające napięcie. Część 2: Urządzenia ograniczające napięcie.

# Uwagi i wnioski

1. Normy kolejowe nie odnoszą się do warunków istniejących w danym Zarządzie Kolejowym, co w szczególności dotyczy wydzielenia uziomów związanych z trakcją elektryczną, przerw w sieci powrotnej, przepięć łączeniowych itp. Normy te wymagają rozdzielania uziomów kolejowych od instalacji uziemiającej Energetyki zarówno na poziomie niskiego i wysokiego napięcia jednak nie podają konkretnych rozwiązań.
2. W warunkach PKP uziomy związane z trakcją elektryczną mają powszechnie połączenia z instalacją uziemiającą Energetyki na poziomie instalacji nn (układ zasilania TN) jak też na poziomie instalacji WN (uziemione żyły powrotne). Jedną z przyczyn takiego stanu są wymagania Energetyki w zakresie wydawanych warunków przyłączenia zarówno po stronie nn (układ TN) jak i wysokiego napięcia (uziemianie żył powrotnych kabli w podstacji). W takich warunkach występuje duże zagrożenie uszkodzeń w urządzeniach srk, instalacjach nn czy też zakłóceń w pracy podstacji trakcyjnych (działanie EZZ), co szczególnie nasila się podczas przerw w sieci powrotnej podczas budowy i remontów przy wymianie szyn i rozjazdów bez po łączyń obejściowych.

# Uwagi i wnioski

3. Aktualny stan techniki umożliwia rozdzielenie uziomów zarówno na poziomie niskiego jak i wysokiego napięcia.

Na poziomie niskiego napięcia przy wydanych warunkach w układzie TN można przejść na układ wyspy TT lokalizując w odpowiednim miejscu złącze kablowe. Układ taki jest powszechnie stosowany.

Na poziomie wysokiego napięcia rozwiązaniem jest izolowane od ziemi połączenie wszystkich żył kabli wchodzących i wychodzących z danego obiektu (np. podstacja trakcyjna) i przez ogranicznik TZD wykonane połączenie do uziomu danego obiektu. Układ taki nie zakłóca wyłączalności zwarć doziemnych, przez zabezpieczenia w stacji zasilającej, niezależnie od ich lokalizacji. Kilkanaście lat temu rozwiązanie to zostało przebadane przez obecny Instytut Kolejnictwa. Natomiast ogranicznik TZD został kilka lat temu przebadany przez Instytut Elektrotechniki i posiada Certyfikat wydany przez Instytut Kolejnictwa do pracy w takim układzie.

**Dziękuję za uwagę**