KOLEN SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ

05-091 Ząbki, ul. Bratnia 8a

NIP: 952 00 02 116
BDO: 000320689

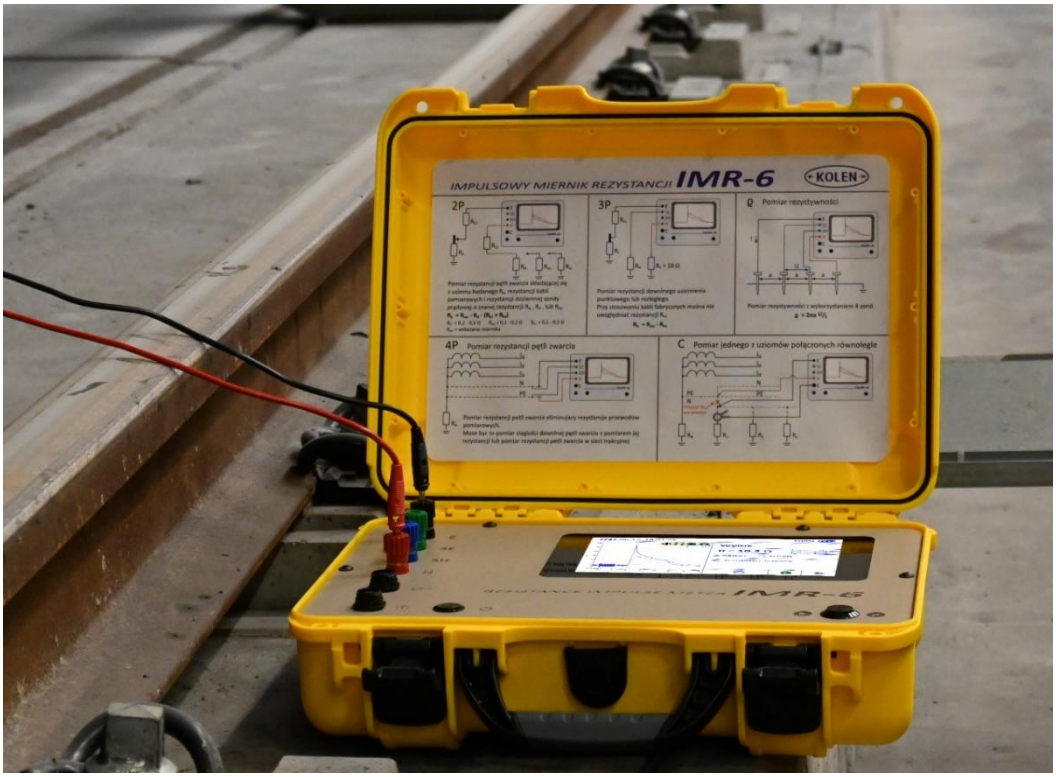
Możliwości pomiarowe miernika IMR-6

Ząbki, wrzesień 2021

info@kolen.pl tel. +48 22 762 84 44 www.kolen.pl

Możliwości pomiarowe miernika IMR-6

Potrzeba pomiaru rezystancji uziemienia występuje każdorazowo po jego wykonaniu oraz okresowo podczas jego eksploatacji. Pomiary okresowe przeprowadza się w celu wyeliminowania usterek, które mogą powstać na skutek działania upływu czasu oraz warunków atmosferycznych, które to także wpływają na parametry uziemień.
Rezultatem pomiarów rezystancji uziemienia jest sprawdzenie, czy spełnione są warunki ochrony przeciwporażeniowej, odgromowej oraz przeciwprzepięciowej.



Rys. 1. Przenośny impulsowy miernik rezystancji IMR-6 w warszawskim metrze

Prezentowany przenośny impulsowy miernik rezystancji IMR-6 został opracowany i wykonany przez firmę KOLEN na bazie doświadczeń z miernikami IMR-4 i IMR-5.
Mierniki IMR-5 i IMR-6 mają identyczne rozwiązania do pomiarów rezystancji metodą dwuprzewodową i trzyprzewodową.
Miernik IMR-6 jest standardowo wyposażony do pomiarów rezystancji metodą:

- dwuprzewodową,
- trzyprzewodową,
- czteroprzewodową dedykowaną w szczególności do pomiarów małych rezystancji pętli zwarcia, poniżej 0,1 Ω,
- dwuprzewodową z wykorzystaniem trzech uziomów o nieznanej rezystancji.

Na życzenie zamawiającego IMR-6 może być przystosowany do pomiaru:

- rezystancji uziemienia jednego ze zwodów rozległego uziomu lub jednego z równolegle połączonych uziemień przy wykorzystaniu cęgów prądowych,
- rezystywności gruntu metodą Wennera,

- trwają prace nad przystosowaniem IMR-6 do pomiarów napięć rażenia z wykorzystaniem własnego źródła prądu pomiarowego.

Zasady pomiaru rezystancji uziemienia

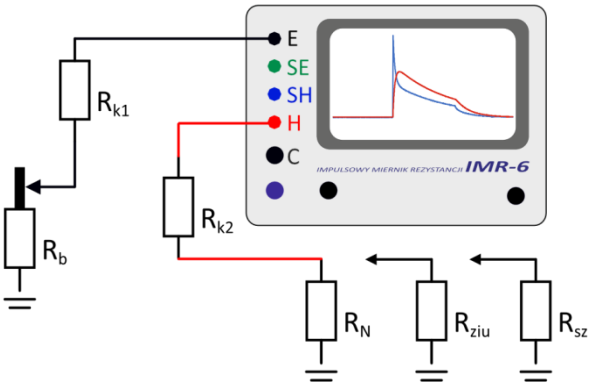
Wszystkie mierniki typu IMR wykorzystują własne źródło prądu probierczego, co stanowi odpowiedni kondensator naładowany do ustalonego napięcia. Pomiar odbywa się podczas pojedynczego impulsu prądowego (rozładowanie kondensatora) o czasie trwania od kilku do kilkudziesięciu milisekund w zależności od mierzonej rezystancji.
Podczas pomiaru jest w sposób „ciągły" mierzony prąd i napięcie, które to wartości są całkowane. Przyjęty okres całkowania powoduje, że całka z prądu i napięcia 50 Hz i jego harmonicznych jest równa zero, tak więc prądy przemienne płynące ziemią nie mają wpływu na wynik pomiaru. W tradycyjnej metodzie technicznej przyjmuje się, że dla zapewnienia eliminacji tych zakłóceń, prąd pomiarowy powinien przekraczać pięćdziesiąt amperów. W mierniku IMR-6 system pomiaru rezystancji uziemienia eliminuje wszystkie te zakłócenia a więc prąd pomiarowy może być zdecydowanie mniejszy, rzędu pojedynczych amperów.
Przyjęty sposób obliczania rezystancji eliminuje wpływ indukcyjności obwodu pomiarowego na pomiar rezystancji. Mierniki typu IMR zawsze mierzą rezystancję uziemienia w przeciwieństwie do pomiarów miernikami wykorzystującymi prąd przemienny, które mierzą impedancję.
Przed wykonaniem pomiaru miernik mierzy składową stałą napięcia na zaciskach probierczych miernika, która jest uwzględniana podczas obliczania wyniku pomiaru. Jeżeli podczas pomiaru napięcie to ulegnie znaczącej zmianie to wynik pomiaru również będzie znacząco inny. Po wykonaniu kilku pomiarów wynik znacząco odbiegający należy odrzucić i obliczyć średnią z wykonanych pomiarów.
Jeżeli składowa stała napięcia przed wykonaniem pomiaru jest stosunkowo duża, miernik nie wykonuje pomiaru i czeka aż napięcie się obniży, poniżej zadanej granicy.
Na ekranie urządzenia wyświetlane są przebiegi prądu i napięcia w obwodzie pomiarowym. Umożliwia to zidentyfikowanie niepewnych połączeń w obwodzie pomiarowym.
Przyjęty sposób wymuszania prądu probierczego umożliwia wykorzystanie do pomiaru rezystancji doziemnej przewodu neutralnego N instalacji nn, zespolonej instalacji uziemiającej (ZIU) czy też szyn kolejowych, tramwajowych i metra przy czynnych instalacjach, bez wprowadzania w obwodach tych instalacji jakichkolwiek zakłóceń.

Metody pomiarowe miernikiem IMR-6

1. Metoda dwuprzewodowa

Pomiar rezystancji uziemienia metodą 2-przewodową z wykorzystaniem naturalnej sondy prądowej o znanej rezystancji a mianowicie zespolonej instalacji uziemiającej energetyki (ZIU), do której mamy dostęp przewodem N (PEN) instalacji nn lub żyłą powrotną kabli SN, szyn kolejowych, tramwajowych i metra oraz innych uziomów o małej rezystancji doziemnej. Środowiska te charakteryzują się rozległymi obwodami uziomów, na których występują

różnorodne napięcia zakłócające stałe, zmienne i przemienne o wartościach do kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu woltów.



Rys. 2. Pomiar rezystancji uziomu metodą dwuprzewodową

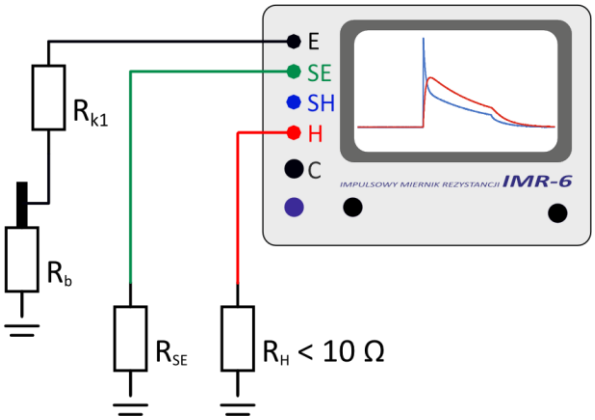
Na rys.2. pokazany jest schemat połączeń miernika IMR-6 podczas pomiaru rezystancji doziemnej badanego uziomu R_b z wykorzystaniem sondy prądowej o znanej rezystancji. Jako sonda prądowa o znanej rezystancji może być wykorzystana rezystancja doziemna przewodu R_N na przyłączu danego obiektu, rezystancja doziemna R_{ZIU}, rezystancja doziemna szyn R_{SZ} lub inna dowolna rezystancja doziemna o małej rezystancji, np. przewodząca sieć wodociągowa.

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń i pomiarów wykorzystywane do pomiarów rezystancje wynoszą: $R_N = 0{,}2 \div 0{,}5\ \Omega$, $R_{ZIU} = 0{,}1 \div 0{,}2\ \Omega$, $R_{SZ} = 0{,}1 \div 0{,}2\ \Omega$.

Podczas tego pomiaru mierzymy rezystancję pętli zwarcia składającej się z rezystancji uziomu badanego R_b, rezystancji kabli pomiarowych R_{k1} i R_{k2} oraz rezystancji sądy prądowej R_N, R_{ZIU} lub R_{SZ}. Tak więc rezystancja uziomu badanego wynosi: $R_b = R_{zm} - R_N$ (R_{ZIU} lub R_{SZ}) – (R_{k1} + R_{k2}), gdzie R_{zm} jest wartością wskazaną przez miernik. Po wprowadzeniu przez użytkownika wartości rezystancji R_N, R_{ZIU} lub R_{SZ}, R_{k1} iR_{k2}, miernik wskaże wartość rezytancji R_b.

Przy pomiarach rezystancji doziemnej uziemień o wartościach powyżej 5 Ω, rezystancje kabli i sondy prądowej praktycznie nie mają znaczenia, chyba, że kable pomiarowe są bardzo długie. Jeżeli zmierzona miernikiem rezystancja jest mniejsza od rezystancji wymaganej, pozostałe rezystancje z tej pętli mogą być nie uwzględniane.

2. Metoda trzyprzewodowa



Rys. 3. Pomiar rezystancji uziomu metodą trzyprzewodową

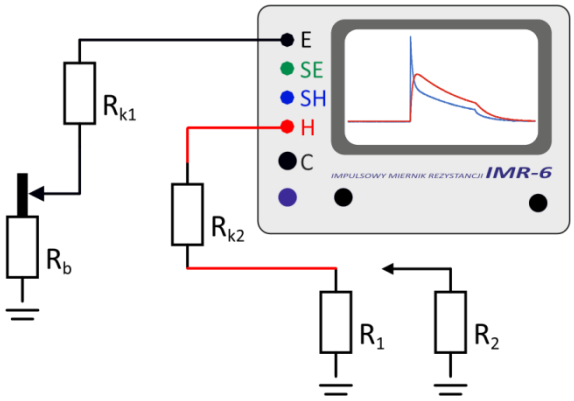
Jeżeli rezystancja sondy prądowej (R_H) jest nieznana można wykorzystać sondę napięciową umiejscowioną w ziemi odniesienia (metoda trójprzewodowa). Podana na rys.3. wartość rezystancji sondy prądowej R_H powinna zapewnić największą dokładność pomiaru. Dla pomiaru z mniejszą dokładnością (kilka procent) wartość rezystancji sondy prądowej może być znacznie większa.

Zaleca się, aby suma wartości rezystancji uziomu badanego i sondy prądowej nie przekraczała 100 Ω. Można to łatwo zmierzyć odpinając sondę napięciową i przechodząc na metodę dwuprzewodową. Przy takich rezystancjach, rezystancja przewodów pomiarowych praktycznie nie ma znaczenia.

Wykonując pomiary metodą trzyprzewodową z wykorzystaniem sondy napięciowej w przypadku gdy sonda prądowa ma kilkadziesiąt omów popełniamy błąd rzędu kilku procent. Natomiast w przypadku nie znalezienia ziemi odniesienia, szczególnie w obszarze zurbanizowanym, możemy popełnić błąd rzędu kilkudziesięciu procent.

W obszarze zurbanizowanym, w przypadku braku dostępu do sondy prądowej o znanej rezystancji zaleca się pomiar rezystancji badanego uziomu z wykorzystaniem dwóch innych niezależnych uziomów sztucznych bądź naturalnych w metodzie „trzy uziomy”

3. Metoda trzy uziomy



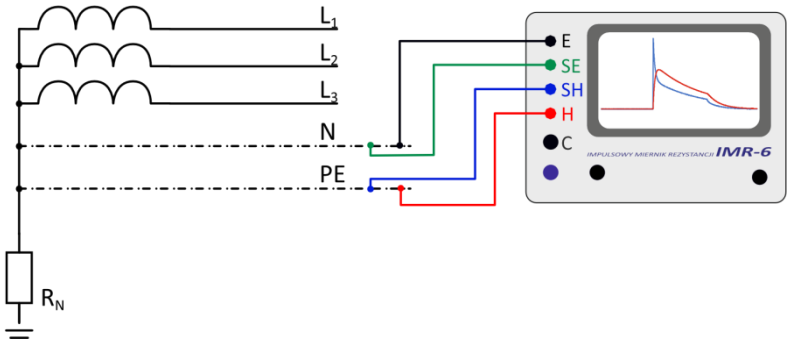
Rys. 4. Pomiar rezystancji uziomu z wykorzystaniem trzech uziemień

Miernik IMR-6 jest przystosowany do obliczenia rezystancji uziemienia badanego uziomu R_b wykorzystując dwa inne niezależne uziomy R_1 i R_2 o nieznanych rezystancjach.
Należy wykonać następujące pomiary metodą dwuprzewodową:

- Pomiar sumy rezystancji $R_b + R_1$,
- Pomiar sumy rezystancji $R_b + R_2$,
- Pomiar sumy rezystancji $R_1 + R_2$ przyłączając zacisk E miernika do R_1 a zacisk H do R_2.

Miernik obliczy poszczególne rezystancje R_b, R_1 i R_2 (trzy równania i trzy niewiadome).
Przy pomiarze pary uziemień z udziałem R_b miernik powinien być blisko tego uziemienia co poprawi dokładność pomiaru (mała rezystancja R_{k1}).
Suma rezystancji mierzonych par uziomów nie powinna przekraczać 100 Ω. Przy większych rezystancjach błąd pomiarowy będzie większy.
Jako uziomy R_1 i R_2 można wykorzystać uziomy punktowe lub rozległe w tym przewód N instalacji nn. Jako uziom R_1 lub R_2 może być wykorzystany płot, w którym wbetonowane słupki metalowe są połączone między sobą metalicznie, dowolną wiatę o konstrukcji metalowej itp.
Z doświadczeń wynika, że już odległość 1 m między uziomami zapewnia zadawalającą dokładność.

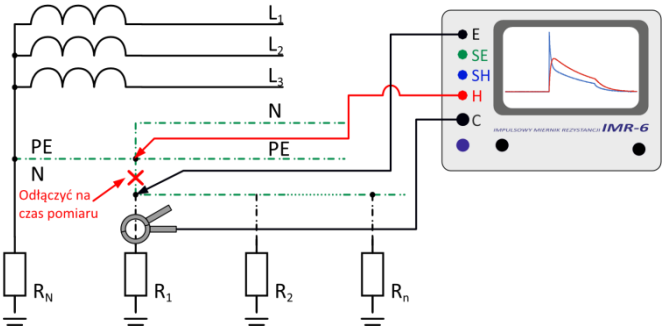
4. Metoda czteroprzewodowa



Rys. 5. Pomiar rezystancji pętli zwarcia metodą czteroprzewodową

Metoda czteroprzewodowa jest przeznaczona do wszystkich pomiarów, w których istotne jest wyeliminowanie pasożytniczych rezystancji z obwodu pomiarowego, czyli rezystancji kabli, sond lub innych połączeń. Typowymi przykładami zastowań tej metody to pomiary rezystancji pętli zwarcia, lub pomiary małych rezystancji.

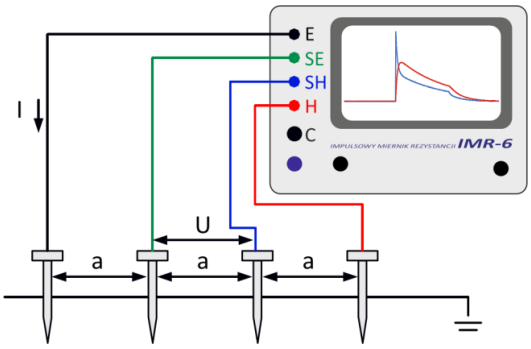
5. Pomiar jednego z uziomów połączonych równolegle



Rys. 6. Pomiar jednego z uziomów połączonych równolegle

Na rys. 6. do pomiaru wykorzystano znaną rezystancję doziemną przewodu N instalacji nn jako sondę prądową. W przypadku braku takiej możliwości pomiar należy wykonywać z wykorzystaniem sondy napięciowej przyłączonej do zacisku SE miernika. Rezystancja sondy prądowej nie powinna przekraczać 20 Ω.

6. Pomiar rezystywności gruntu



Rys. 7. Pomiar rezystywności gruntu metodą Wennera

Pomiaru rezystywności gruntu jest wykonywany zgodnie z zasadami klasycznej metody Wennera. Do pomiaru wykorzystywany jest standardowy impuls pomiarowy miernika, który powinien być przyłączony do elektrod zewnętrznych - pomiar prądu. Na elektrodach wewnętrznych mierzymy napięcie (U) podczas przepływu prądu (I). Rezystywność gruntu obliczamy ze wzoru:

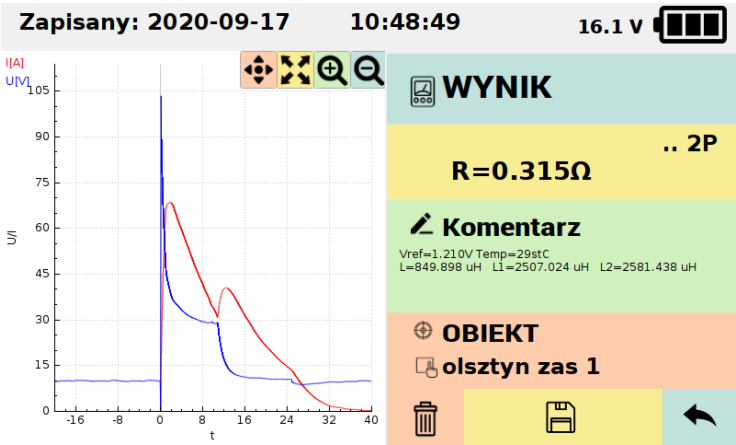
$$\varsigma = 2 \times \pi \times a \times U/I$$

Wykonanie dokładnego pomiaru, wymaga aby rezystancja w obwodzie sond prądowych (sondy zewnętrzne) nie przekraczała wartości 200÷300 Ω. Większa wartość tej rezystancji, obniża dokładność pomiarów. Zaleca się aby sondy prądowe były wbijane na głębokość min 50÷70 cm

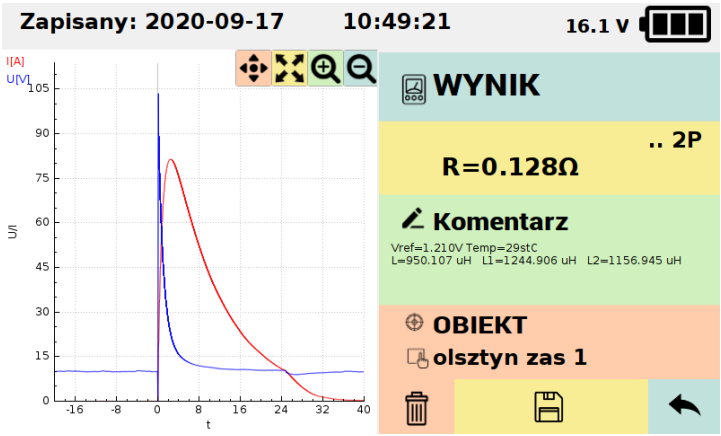
7. Podstawowe parametry techniczne miernika

- Zakres pomiaru rezystancji od 0,05 Ω do 1999 Ω.
- Dokładność pomiaru:
  1,5 % w zakresie 0,1 Ω < R < 100 Ω,
  2,5 % w zakresie 100 Ω ≤ R ≤ 500 Ω i 0,05 Ω < R < 0,1 Ω
  5 % w zakresie do 1999 Ω.
- Maksymalne napięcie wyjściowe 100 V,
- Prąd pomiarowy do 120 A przy rezystancji do 0,1 Ω, maleje przy pomiarach większych rezystancji.
- Temperatura pracy 0 do 40 ºC.
- Masa 5,6 kg.
- Gabaryty (dł x szer x wys) [mm] 363 x 281 x 120
- Stopień ochrony IP65 przy zamkniętej obudowie, IP21 po otwarciu pokrywy,

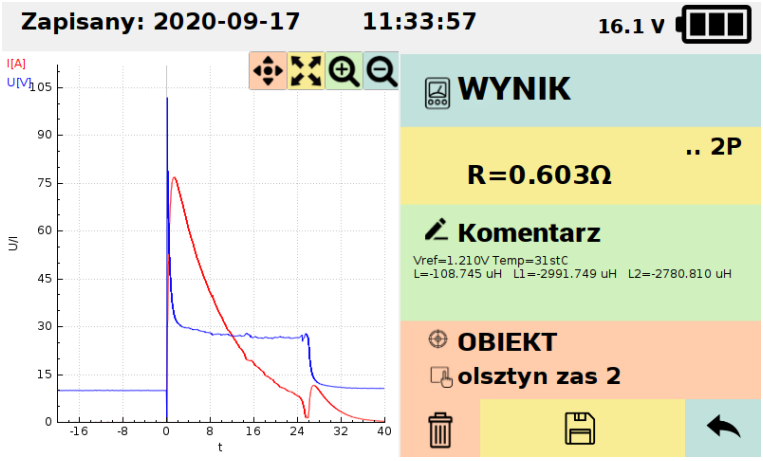
8. Przykładowe wyniki pomiarów



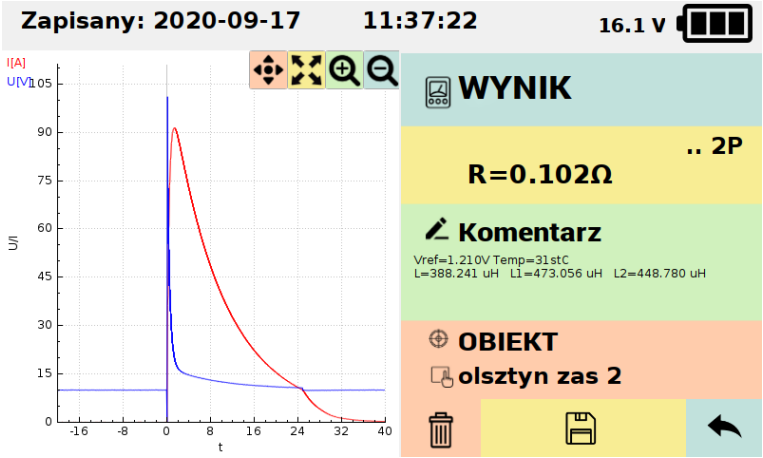
Rys. 8. Przypadek niepewnego połączenia elektrycznego obwodzie zasilacza nr 1



Rys. 9. Ten sam przypadek po poprawieniu połączenia elektrycznego obwodzie zasilacza nr 1



Rys. 10. Przypadek niepewnego połączenia elektrycznego obwodzie zasilacza nr 2



Rys. 11. Ten sam przypadek po poprawieniu połączenia elektrycznego obwodzie zasilacza nr 2

Na rys.8. i rys.9. pokazane są pomiary pętli zwarcia w tramwajowej sieci trakcyjnej w obwodzie zasilacza nr 1. Pomiary wykonane były przy wyłączonym napięciu w sieci trakcyjnej. Na rys.8. widoczne są zakłócenia wynikające ze złego połączenie między siecią jezdną a torami (widoczny łuk na styku tyczki uszyniającej z siecią jezdną). Po poprawieniu połączenia elektrycznego uzyskano wiarygodny wynik pomiaru rezystancji pętli zwarcia (zdecydowanie mniejsza rezystancja).

Na rys.10 i 11 pokazano takie same sytuacje w obwodzie zasilacza nr 2.

Opisana sytuacja braku odpowiedniego połączenia elektrycznego może wystąpić w każdej metalicznej pętli zwarcia. Niestety stosowanie do pomiaru przyrządów wymuszających bardzo małe prądy o napięciu kilku lub kilkunastu woltów może powodować do niewykrycia wadliwych połączeń, a w związku z tym błędu pomiarowego rzędu kilkuset procent.

9. Globalne systemy uziomowe

Istnieją dwa globalne systemy uziomowe mające ciągłość elektryczną na terenie całej Polski. Jest to system składający się z torów kolejowych, którego rezystancja doziemna w każdym punkcie wynosi średnio 0,1÷0,2 Ω w zależności technicznego stanu torów na danym odcinku oraz system energetyczny łączący poszczególne uziemienia przewodami neutralnymi N instalacji nn, żyłami powrotnymi kabli SN oraz linkami odgromowymi sieci przesyłowo-rozdzielczej WN, którego rezystancja doziemna wynosi średnio również ok. 0,1÷0,2 Ω w zależności od nasycenia odbiorów na danym terenie. Trzecią grupą uziomów globalnych są tory tramwajowe, występujące na obszarach całych miast. Z uwagi na mniejszą dopuszczalną jednostkową rezystancję doziemną, wypadkowa rezystancja doziemna tych torów wynosi również 0,1÷0,2 Ω.

Normy kolejowe wykluczają jakiekolwiek metaliczne połączenia między tymi systemami uziomowymi.

Teoretycznie, tory tramwajowe i kolejowe nie są połączone bezpośrednio, chyba, że podstacja kolejowa i tramwajowa jest zasilana kablami SN z tej samej stacji energetycznej WN/SN, a żyły powrotne tych kabli są obustronnie uziemione.

Natomiast, połączenia systemu uziomowego energetyki i kolei są dość powszechne poprzez obustronne uziemienie żył powrotnych kabli SN zasilających podstację kolejową.

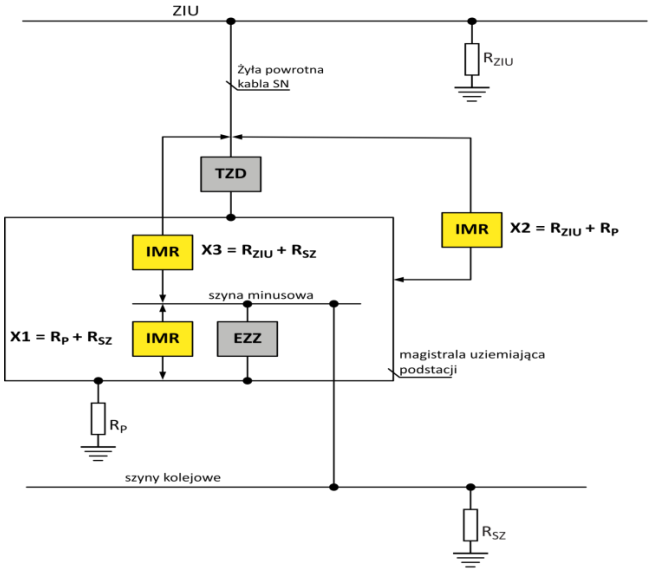
Podobnie jest w systemie trakcji tramwajowej, w której ponadto połączenia systemów uziomowych występują po stronie niskiego napięcia, którym są rezerwowo zasilane potrzeby nietrakcyjne bezpośrednio z zewnętrznych układów energetycznych w układzie TN, gdzie przewód N jest bezpośrednio uziemiony w energetyce i podstacji.

Te połączenia umożliwiają przepływ prądów błądzących kolejowych i tramwajowych przez instalacje uziomowe energetyki powodując różnego rodzaju zakłócenia w obwodach tych instalacji.

Wszystkie podstacje kolejowe i wiele tramwajowych są wyposażone w ochronę ziemnozwarciową EZZ, która w normalnym układzie separuje system uziomowy torów od uziomu podstacji. Coraz więcej podstacji ma zastosowane ograniczniki niskonapięciowe TZD w żyłach powrotnych kabli SN, co w normalnym układzie izoluje system uziomowy energetyki od uziomu podstacji trakcyjnej.

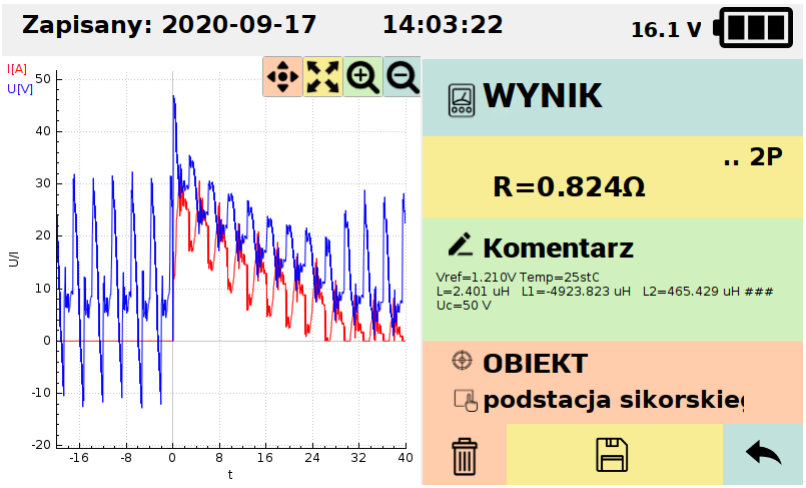
Po zastosowaniu EZZ i TZD w podstacji trakcyjnej, miernikiem typu IMR możemy zmierzyć na czynnej podstacji, sumę rezystancji systemu uziomowego energetyki (R_{ZIU}) i systemu uziomowego szyn kolejowych lub tramwajowych (R_{SZ}).

Wykorzystując uziom podstacji trakcyjnej (R_P) mamy trzy uziomy i wykonując pomiary w miejscach pokazanych na rys.12 możemy wyznaczyć rezystancję wszystkich tych uziomów.



Rys. 102. Miejsce włączenia IMR w podstacji trakcyjnej

Poniżej zostały pokazane przykładowe wyniki pomiarów wykonanych na tramwajowej podstacji trakcyjnej w Olsztynie w ciągu dnia przy czynnej podstacji miernikiem IMR-5.



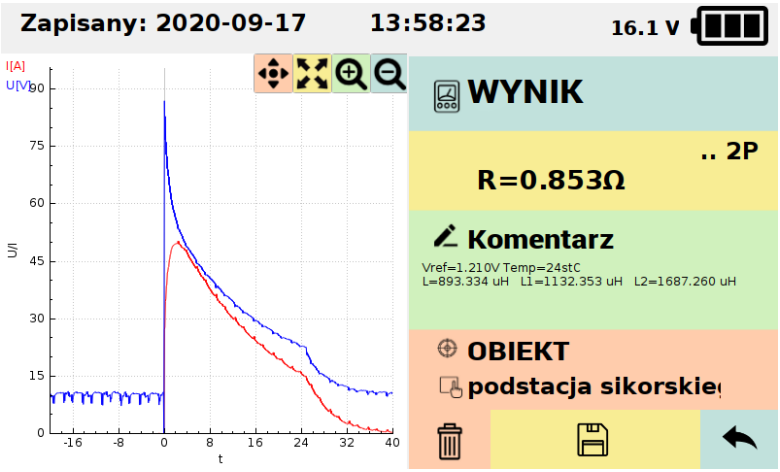
Rys. 11. Pomiar sumy rezystancji uziomu podstacji (R_P) i szyn (R_{SZ}) w punkcie X1 wg rys.12.

Przebieg prądu i napięcia zawiera harmoniczne 600 Hz i wyższe wytwarzane przez prostowniki 12-to pulsowe.

W instalacjach energetycznych zakłócenia są na podobnym poziomie, ponieważ w każdym obiekcie komunalnym czy też przemysłowym występują urządzenia nieliniowe wytwarzające wyższe harmoniczne.

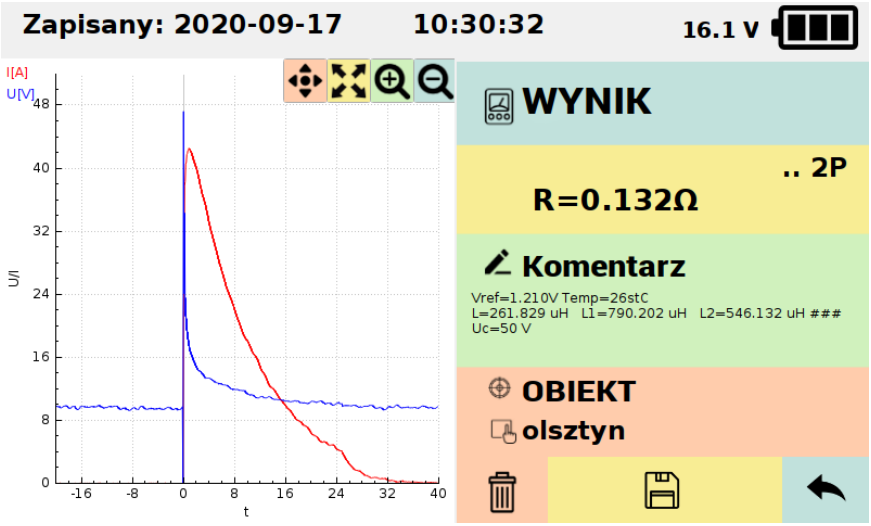
Układ pomiarowy miernika IMR eliminuje zakłócenia wywołane tymi harmonicznymi.

Pokazany na rys. 13 wynik pomiaru należy pomniejszyć o rezystancję kabli pomiarowych, która wynosiła ok. 10 mΩ. Zmierzona rezystancja wynosi więc 0,814 Ω.



Rys. 14. Pomiar sumy rezystancji uziomu podstacji (R_P) i systemu energetycznego (R_{ZIU}) w punkcie X2 wg rys.12.

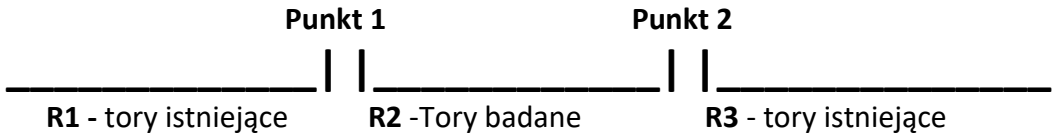
Pokazany na rys. 14 wynik pomiaru należy pomniejszyć o rezystancję kabli pomiarowych, która wynosiła ok. 10 mΩ. Zmierzona rezystancja wynosi więc 0,843 Ω.



Rys. 15. Pomiar sumy rezystancji systemu szyn (R_{SZ}) i systemu energetycznego (R_{ZIU}) w punkcie X3 wg rys.12.

Pokazany na rys. 15 wynik pomiaru należy pomniejszyć o rezystancję kabli pomiarowych, która wynosiła ok. 10 mΩ. Zmierzona rezystancja wynosi więc 0,122 Ω.
Mamy więc trzy równania i trzy niewiadome.
$R_P + R_{SZ} = 0{,}814\ \Omega$ (pomiar X1)
$R_P + R_{ZIU} = 0{,}843\ \Omega$ (pomiar X2)
$R_{SZ} + R_{ZIU} = 0{,}122\ \Omega$ (pomiar X3)
Rozwiązując równania podane wyżej otrzymamy wyniki rezystancji poszczególnych uziemień: $R_P = 0{,}768\ \Omega$, $R_{SZ} = 0{,}047\ \Omega$ i $R_{ZIU} = 0{,}076\ \Omega$.
Zmierzona rezystancja doziemna szyn 0,047 Ω jest porównywana do obliczonej teoretycznie dla torów tramwajowych wynoszącej ok. 0,045 Ω.
Miernik IMR-6 ma wbudowany program do obliczania takich wyników.

Miernikiem IMR-6 można wykonać pomiary impedancji nowych torów przed ich włączeniem do torów istniejących.



Rys. 16. Schemat do pomiaru impedancji nowych torów.

Należy wykonać w punkcie 1 pomiar sumy rezystancji R1 i R2 a w punkcie 2 pomiar sumy rezystancji R2 i R3, uwzględniając rezystancję przewodów pomiarowych. Należy wykonać co najmniej trzy pomiary i obliczyć średnią. Jeżeli jeden z pomiarów jest znacząco inny należy powtórzyć pomiar.
Jeżeli rezystancje zmierzone w punkcie 1 i 2 są zbliżone, to od uzyskanych wyników należy odjąć 0,05 ÷ 0,1 Ω.
Jeżeli rezystancje zmierzone w punkcie 1 i 2 różnią się znacząco (np. 20%) to należy zewrzeć tory w punkcie 1 lub 2 (o mniejszej zmierzonej rezystancji w tym punkcie) zmierzyć rezystancje torów w drugim punkcie. Po odjęcie od wyniku rezystancji przewodów pomiarowych i rezystancji wzdłużnej toru badanego R2 (która wynosi 20 mΩ x długość tego toru w km) otrzymamy sumę rezystancji R1 i R3.
Korzystając z metody „Trzy uziomy" możemy wówczas obliczyć każdą z rezystancji R1, R2 i R3. Mając rezystancję badanego toru R2 i jego długość możemy obliczyć jednostkową impedancję nowego toru.

Wnioski i doświadczenia związane z pomiarami miernikiem typu IMR

1. Mamy dwa duże systemy uziemień globalnych, jeden związany z trakcją elektryczną prądu stałego a drugi z energetyką. Według normy PN-EN 50122-1 systemy te nie mogą być ze sobą połączone z uwagi na ograniczenie prądów błądzących, co niestety nie jest przestrzegane. Nie ma aktualnie techniki do pomiaru tych uziemień globalnych z uwagi na ich rozległość. Miernik IMR jest przystosowany do pomiaru sumy rezystancji tych uziemień globalnych. Jest też przystosowany do pomiarów dowolnych uziemień lokalnych z wykorzystaniem tych dwóch systemów uziemień globalnych.
2. Pomiary rezystancji uziomów metodą dwuprzewodową prowadzone miernikiem IMR są praktycznie pomiarami rezystancji pętli zwarcia. Pętla zwarcia może składać się tylko z przewodów i instalacji przewodzących o małych rezystancjach rzędu miliomów, lub włączonych w obwód pętli rezystancji mierzonych uziemień.
   W obecnie stosowanej metodzie pomiaru rezystancji uziemień wykorzystywane jest napięcie fazowe, czyli mierzona jest impedancja obwodu, a dodatkowo jeszcze impedancja uzwojenia transformatora.
   Podczas pomiaru miernikiem IMR wykorzystywany jest przewód neutralny N (PEN), a obwód pomiarowy jest zasilany z własnego źródła tego miernika. Jeżeli uzyskamy wynik pomiaru jest poniżej wartości wymaganej dla mierzonej rezystancji to należy go uznać za pozytywny bez dalszych innych pomiarów lub obliczeń. Jeżeli wartość mierzonej rezystancji będzie większa to należy uwzględnić rezystancję przewodów pomiarowych

i instalacji łączących uziemienia oraz rezystancję sondy prądowej o „znanej rezystancji”. Miernik IMR mierzy rezystancję takiej pętli zwarcia z dokładnością do 1,5 %. Pomiary takie mogą być wykonywane praktycznie na terenie całego kraju, gdyż wszędzie mamy dostęp przynajmniej do przewodu N (PEN).

3. Norma PN-EN 50522 mówi, że prąd pomiarowy przy rozległych uziomach powinien być nie mniejszy niż 50 A, aby wyeliminować napięcia zakłócające. Miernik IMR automatycznie eliminuje napięcia zakłócające, a więc można założyć, że prąd pomiarowy 5 A, a nawet mniejszy, gwarantuje zadawalającą dokładność pomiarów.
4. Wykonując pomiar rezystancji uziomu miernikiem IMR metodą dwuprzewodową (rezystancja pętli zwarcia), przy błędzie w oszacowaniu rezystancji doziemnej przewodu N na poziomie 30%, popełniamy błąd pomiaru rezystancji o wartości powyżej 2 Ω na poziomie poniżej 5%. Wykonując pomiar tej samej rezystancji metodą trójprzewodową wykorzystując przewód N jako sondę prądową o małej, ale nieznanej rezystancji, popełniając błąd w wyznaczeniu ziemi odniesienia na poziomie 30 %, popełniamy błąd w pomiarze rezystancji na poziomie 30 %.
5. W systemie energetycznym bardzo dużo odbiorów ma charakter nieliniowy i występują wyższe harmoniczne. Do odbiorów takich należą; oświetlenie (świetlówki, żarówki energooszczędne) wszelkiego rodzaju zasilacze impulsowe, niektóre obiekty przemysłowe itp. Powoduje to, że prądy płynące ziemią oraz przez instalacje uziemiające są podobne do prądów błądzących w trakcji elektrycznej prądu stałego. W takim środowisku, wykonywanie pomiarów rezystancji uziomów miernikami o prądzie pomiarowym rzędu dziesiątek miliamperów (sonda prądowa rzędu kilku-kilkunastu kΩ), jest mało wiarygodne. Prądy i napięcia zakłócające powodowane przez harmoniczne mogą być bowiem kilka, kilkanaście a nawet kilkadziesiąt razy większe niż prąd pomiarowy.

   Prąd pomiarowy miernika IMR jest zdecydowanie większy, a układ pomiarowy jest przystosowany do pomiarów rezystancji uziomów w takim środowisku, a więc wyniki pomiarów nie są obarczony błędami wskazanymi powyżej.
6. Prądy błądzące związane z trakcją elektryczną jak też prądy w systemie energetycznym płynące ziemią i przez instalacje uziemiające energetyki mogą powodować różnego rodzaju zakłócenia, nie tylko pomiarowe. Stacje SN/nn w pobliżu torów oraz zasilające obiekty wrażliwe (szpitale, centra komputerowe itp.) powinny być wyposażone w urządzenie TZD ograniczające napięcie w żyłach powrotnych kabli SN. Uziomy obiektów związanych z trakcją elektryczną prądu stałego nie mogą mieć żadnych połączeń metalicznych z uziomami pozostałych obiektów (Norma PN-EN 50122-1). Zasilane na poziomie SN powinno więc wykorzystywać urządzenia TZD, a na poziomie nn powinno być zasilanie w układzie TT, co zdecydowanie ograniczy prądy błądzące.
7. Metoda dwuprzewodowa zastosowana w mierniku IMR idealnie nadają się do pomiarów rezystancji uziemień obiektów na terenach zurbanizowanych, miejskich lub tam, gdzie duża ilość metalowych instalacji podziemnych (wodociągi, zbrojenia terenu, kanalizacja, itp.) utrudnia bądź też wyklucza tradycyjne metody pomiarowe uziemień za pomocą mierników o niewielkim prądzie pomiarowym lub wymagającym punktu (ziemi) odniesienia.
8. Miernik IMR może oprócz swojej podstawowej funkcji przyrządu do pomiaru uziemień, służyć także do pomiaru małych rezystancji, przy sprawdzeniu ciągłości i rezystancji przewodów ochronnych, odgromowych ochronno neutralnych, zwodów, złącz pomiarowych, ciągłości żył kabli itp.

Literatura:

1. *Strona www.kolen.pl*
    - *Którędy płynie prąd powrotny i co z tego wynika,*
    - *Rezystancja doziemna szyn na liniach zelektryfikowanych prądem stałym.*
2. *Norma PN-EN 50522:2011 Uziemienia instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV.*
3. *Norma PN-HD 60364-6:2016-07 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie.*
4. *PN-EN 50122-1:2011 Zastosowanie Kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Bezpieczeństwo elektryczne, uziemienia i sieć powrotna – Część 1: Środki ochrony przed porażeniem elektrycznym*
5. *PN-EN 50122-2:2011 Zastosowanie Kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Bezpieczeństwo elektryczne, uziemienia i sieć powrotna – Część 2: Środki ochrony przed skutkami prądów błądzących powodowanych przez systemy trakcji prądu stałego.*
6. *PN-EN 50526-2:2014 Zastosowanie Kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Ograniczniki przepięć prądu stałego i urządzenia ograniczające napięcie. Część 2: Urządzenia ograniczające napięcie*
7. *Doświadczenia i badania własne.*