

Impulsowy Miernik Rezystancji IMR-6 do pomiaru rezystancji uziomów i innych obwodów rezystancyjnych

Autorzy:

Dr inż. Dariusz Pieńkowski

Mgr inż. Zygmunt Kulhawik

Wstęp

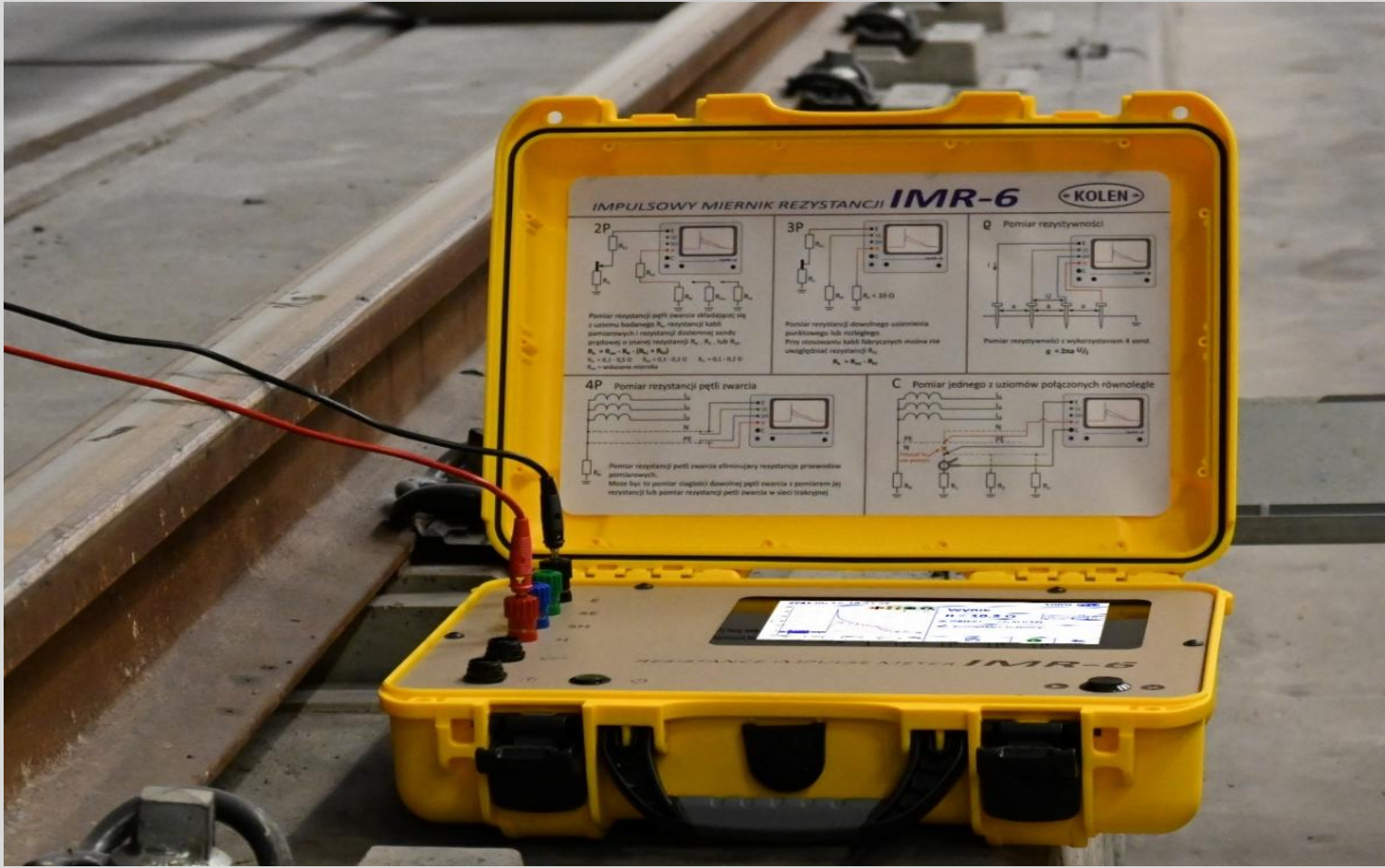
Impulsowy Miernik Rezystancji IMR jest unikalnym rozwiązaniem zapewniającym wiarygodne i wygodne pomiary rezystancji uziomów, pętli zwarcia, napięć rażenia i wiele innych.

Aktualna wersja miernika IMR-6 powstała na bazie ponad trzydziestoletnich doświadczeń i jest przystosowana do potrzeb pomiarowych w Energetyce Zawodowej.

Producentem miernika jest firma KOLEN na podstawie własnych rozwiązań i opatentowanych pomysłów.

Patenty: nr 171001 z 1993 r., nr 199600 z 2003 r. i nr 237849 z 2021 r.

Wygląd miernika



Podstawowe zasady pomiarów IMR

Wszystkie mierniki typu IMR firmy KOLEN mają zasilanie bateryjne (ok. 100 pomiarów) i własny specyficzny układ wymuszania prądu i napięcia probierczego o napięciu do 100 (150) V i prądzie do 120 A oraz czasie trwania do kilkudziesięciu milisekund w zależności od mierzonej rezystancji.

Aktualnie jest produkowany miernik IMR-6. Poprzednie wersje działają na podobnych zasadach lecz o mniejszym zakresie metod pomiarowych.

Podstawowe zasady pomiarów IMR

Sposób wymuszania prądu i napięcia probierczego nie wprowadza żadnych zakłóceń w instalacjach nn (N, PE, PEN), instalacjach uziomowych WN, torach kolejowych, srk, tramwajowych i metra, wykorzystywanych do pomiaru rezystancji uziomów lub pętli zwarcia podczas ich normalnej eksploatacji.

Niezależnie od parametrów obwodu probierczego mierniki IMR zawsze mierzą rezystancję tego obwodu a tym samym rezystancję uziomów, które są w tym obwodzie.

Podstawowe zasady pomiarów IMR

Zapisany: 2020-09-17 14:03:22 16.1 V

I[A]
U[V]

U/I

t

WYNIK

R=0.824Ω .. 2P

Komentarz

Vref=1.210V Temp=25stC
L=2.401 uH L1=-4923.823 uH L2=465.429 uH ###
Uc=50 V

OBIEKT

podstacja sikorskie

Podstawowe zasady pomiarów IMR

Unikalna metoda obliczania rezystancji eliminuje wpływ, prądów błędzących (wyrównawczych) DC i AC oraz ich harmoniczných, indukcyjności i pojemności obwodu pomiarowego oraz składowej stałej na wynik pomiaru.

Powyżej przykładowy przebieg zakłóceń (składowa stała i harmoniczne 600 Hz), podczas pomiaru rezystancji uziomu podstacji tramwajowej z wykorzystaniem torów tramwajowych podczas normalnej pracy.

Widoczne zakłócenia nie wpływają na wynik pomiaru.

Podstawowe zasady pomiarów IMR

W systemie energetycznym jest bardzo dużo odbiorów o charakterze nieliniowym i występują wyższe harmoniczne. Do odbiorów takich należą; oświetlenie energooszczędne, zasilacze impulsowe, telewizory, telefony itp. Powoduje to, że prądy płynące ziemią oraz przez instalacje uziemiające są podobne do prądów błędzących w trakcji elektrycznej prądu stałego.

W takim środowisku, wykonywanie pomiarów rezystancji uziomów miernikami o prądzie pomiarowym rzędu miliamperów (sonda prądowa rzędu kilku-kilkunastu k Ω), jest mało wiarygodne. Prądy i napięcia zakłócające powodowane przez harmoniczne mogą być bowiem kilkanaście a nawet kilkadziesiąt razy większe niż prąd pomiarowy.

Podstawowe zasady pomiarów IMR

Miernik IMR-6 spełnia wymagania normy w zakresie prądu pomiarowego który powinien być większy od 200 mA a napięcie powinno być wyższe od 24 V. Dla mniejszych prądów (rezystancja w obwodzie większa od 500 Ω) podana jest konkretna dokładność lub jako pomiar orientacyjny. Nie ma żadnych ocen niepewności pomiarów przy użyciu skomplikowanych wzorów.

Miernik jest przystosowany do łączności z komputerem przez łącze Wi-Fi.

Porównanie mierników

Do porównania przyjęte zostały mierniki typu IMR-6 firmy KOLEN oraz trzy rodzaje mierników innych producentów przeznaczone do pomiaru rezystancji uziomów, parametrów instalacji nn oraz pomiaru małych rezystancji, które mają podobny lub wspólny zakres pomiarowy.

Oznacza to, że miernik IMR-6 zastępuje trzy inne mierniki w podobnym, większym lub mniejszym zakresie pomiarowym wystarczającym jednak do niezbędnych badań eksploatacyjnych.

Porównanie mierników

Mierniki do pomiaru rezystancji uziomów posiadają przeważnie zasilanie bateryjne wytwarzające napięcie do kilkudziesięciu V o częstotliwości odbiegającej od częstotliwości sieciowej i jej harmonicznym oraz czasie trwania pomiaru do kilkunastu sekund. Mierniki te zawsze mierzą impedancją danego obwodu.

Mierniki do pomiarów parametrów instalacji nn są zasilane z napięciem fazowym lub międzyfazowym. Mierniki te zawsze mierzą impedancją danego obwodu w tym impedancją uzwojeń transformatora.

Mierniki do pomiarów małych rezystancji mają własne zasilanie do 10 A i do 100 A przy zasilaniu zewnętrznym. Zakres pomiarów od kilku mikrohmów. Mogą być wykonywane pomiary rezystancji połączeń śrubowych uzwojeń transformatorów dławików itp. oraz rezystancję dowolnej pętli zwarcia.

Miernik IMR-6 ma własne zasilanie jednakowe do wszystkich metod i mierzy zawsze rezystancję w każdej metodzie pomiarowej.

Porównanie mierników

RODZAJ POMIARU	IMR-6	INNE MIERNIKI DO POMIARÓW:		
		Uziomów	Instalacji nn	Małych R
Metoda 2P	✓	✓	✓	✓
Metoda 3P	✓	✓	✗	✗
Metoda 4P	✓	✓	✓	✓
Pomiary ze znaną R	✓	✗	✗	✗
Instalacje nn	✓	✗	✓	✗
Pętla zwarcia 4P	✓	✓	✓	✓
Cęgi prądowe	✓	✓	✓	✓
Rezystywności gruntu	✓	✓	✗	✗
Pomiary napięć rażenia	✓	✗	✓	✗
Trzy uziomy	✓	✗	✗	✗
Budowa - trzy uziomy	✓	✗	✗	✗
Wyświetlacz	✓	✓	✓	✓
Protokół	✓	✓	✓	✓

Porównanie mierników

W powyższej tabeli wyszczególnione zostały wybrane metody pomiarowe z zaznaczeniem znakiem **V** dla mierników do tego przystosowanych i znakiem **X** które nie są do tego przystosowane.

Znak **X** nie oznacza, że nie można wykonać takiego pomiaru ale jego wykonanie takim miernikiem może wprowadzać zakłócenia w wykorzystywanych obwodach pomiarowych.

Porównanie mierników

Metoda dwuprzewodowa – 2P

Metodą dwuprzewodową można mierzyć rezystancję dowolnej pętli zwarcia, w tym rezystancję uziomów jeżeli są włączone w tą pętlę. Przy tej metodzie należy uwzględnić rezystancję przewodów pomiarowych wykonując dodatkowy pomiar lub uwzględnić wartości fabryczne, które powinny być podane.

Wszystkie mierniki używają takiej metody z tym, że miernik IMR mierzy rezystancję obwodu a pozostałe mierniki impedancję.

Widoczny przebieg prądu i napięcia w mierniku IMR pozwala na ocenę jakości połączeń w obwodzie pomiarowym a pozostałe mierniki nie mają takiej opcji.

Porównanie mierników

Metoda trzyprzewodowa – 3P

Metoda do pomiaru rezystancji uziomów z wykorzystaniem sondy napięciowej (ziemia odniesienia). Z uwagi na trudności obiektywne (płoty, zabudowa itp.) znalezienie ziemi odniesienia jest problematyczne. Dopuszczenie sondy prądowej o dużej rezystancji rzędu kilkudziesięciu ohmów powoduje że prąd pomiarowy może być bardzo mały, rzędu nawet kilku mA przy prądach błądzących nawet o kilka rzędów większych. W takim układzie wynik pomiarów jest mało wiarygodny.

Miernik IMR jest przystosowany do takiej metody pomiaru ale metoda ta nie jest zalecana z uwagi na kłopoty ze znalezieniem ziemi odniesienia jak też uzyskaniem rezystancji sondy prądowej na poziomie poniżej 500 Ω , co jest wymagane dla uzyskania wiarygodnego pomiaru.

Porównanie mierników

Metoda czteroprzewodowa – 4P

Metoda 4P jest rozszerzeniem metody 2P, gdzie przewody napięciowe są łączone bezpośrednio na obwodzie mierzonym. Eliminuje to konieczność pomiaru rezystancji przewodów pomiarowych, co jest szczególnie istotne przy pomiarach małych rezystancji w tym pętli zwarcia

Metoda 4P może być wykorzystywana do innych pomiarów niż rezystancji.

Miernik IMR wykorzystuje metodę 4P do pomiarów rezystywności gruntu, napięć rażenia itp.

Porównanie mierników

Wszystkie mierniki IMR są przystosowane do pomiarów rezystancji dowolnego uziomu z wykorzystaniem znanej rezystancji uziemiającej następujących instalacji:

- wysokiego napięcia ($R = 0,1 \div 0,3 \Omega$) – dostęp przez żyły powrotne kabli SN/WN i linki odgromowe,
- niskiego napięcia ($R = 0,2 \div 0,5 \Omega$) – dostęp przez przewód neutralny N (PEN),
- tory kolejowe, tramwajowe i metra ($R = 0,1 \div 0,3 \Omega$) – dostęp bezpośrednio do szyn.

Mierniki IMR wykorzystują do pomiaru rezystancji dowolnego uziomu zespoloną instalację uziemiającą energetyki dostępną przez przewód N (PEN) lub żyłę powrotną kabla WN. W przypadku torów należy się przyłączyć bezpośrednio z szynami kolejowymi, tramwajowymi lub metra.

Tak wykonane Pomiary rezystancji dowolnego uziomu są zdecydowanie bardziej wiarygodne niż pomiar metodą 3P z wykorzystaniem sondy napięciowej i prądowej niejednokrotnie o rezystancji nawet kilkunastu kiloomów (inne mierniki). Problemem jest też znalezienie ziemi odniesienia.

Inne mierniki nie są przystosowane do pomiarów z wykorzystaniem wyżej wymienionych instalacji uziemiających.

Sposób wymuszania napięcia i prądu probierczego w miernikach IMR jest przystosowany do wykorzystania tych instalacji uziemiających nie wprowadzając żadnych zakłóceń w tych instalacjach podczas normalnej ich eksploatacji.

Porównanie mierników

Mierniki IMR są przystosowane (własne zasilanie) do pomiarów parametrów całej instalacji nn tylko przy wyłączonym napięciu i nadają się doskonale do prób odbiorczych przed załączeniem napięcia. Przy wykorzystaniu przewodów L1, L2, L3, N i PE w dowolnie skonfigurowanej pętli, w miernikach podczas pomiaru rezystancji mogą być widoczne na ekranie zakłócenia spowodowane złym stykiem np. niedokręcone połączenie.

W innych miernikach przeznaczonych do pomiarów w instalacji nn zakłócenia takie nie są widoczne. Mierniki te są zasilane napięciem fazowym lub międzyfazowym. Mierniki te mierzą dodatkowo napięcie i częstotliwość czego nie wykonują mierniki IMR. Mierniki te mierzą impedancję, co nie jest jednoznaczne z pomiarem rezystancji.

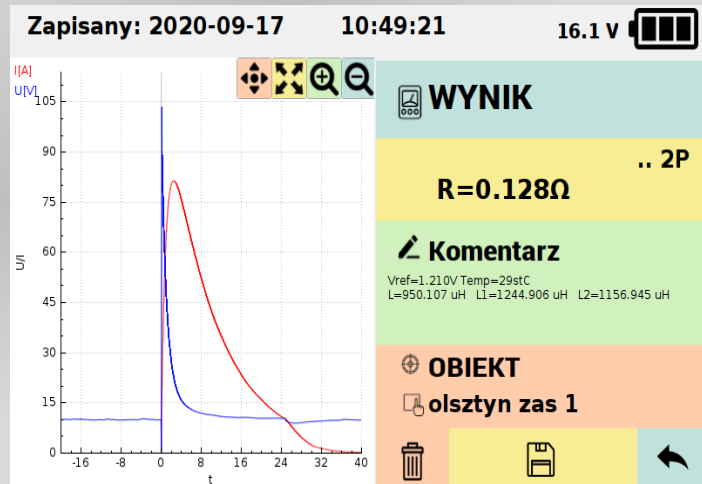
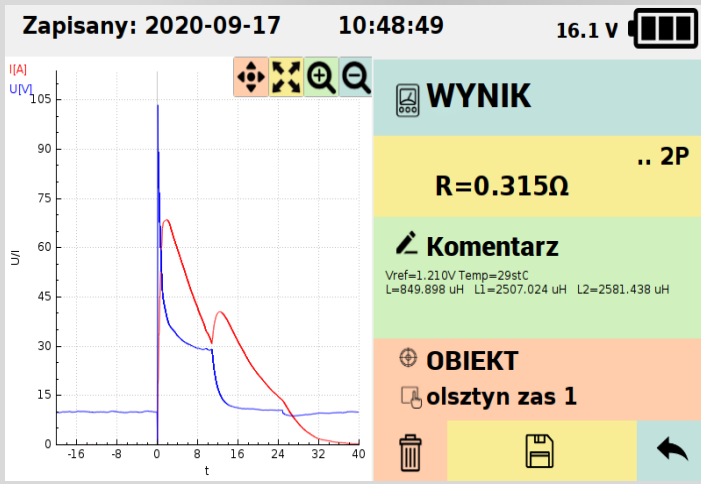
Wszystkie mierniki IMR mogą wykorzystywać przewód N (PEN) lub PE podczas normalnej pracy instalacji nn, do pomiaru rezystancji pętli N – PE lub rezystancji uziomów znajdujących się w tej pętli, jak też innych uziomów nie związanych z instalacją nn, co może być wykorzystywane w pomiarach kontrolnych dowolnych uziomów.

Porównanie mierników

Mierniki IMR są przystosowane do pomiarów dowolnej pętli zwarcia z deklarowaną dokładnością w zakresie rezystancji od 10 mΩ do 100 Ω. Jest to szczególnie zalecane do pomiarów rezystancji i ciągłości z gwarancją dobrego pomiaru w następujących instalacjach:

- pętli zwarcia w instalacjach nn,
- pętli zwarcia w sieci trakcyjnej,
- ciągłości i rezystancji instalacji uziemiającej.

Gwarancją dobrego pomiaru jest charakter przebiegu prądu i napięcia probierczego, co jest poniżej pokazane.



Porównanie mierników

Wszystkie mierniki przystosowane są do pomiarów pętli zwarcia w różnym zakresie metodą 2P lub/i 4P. Np. mierniki małych rezystancji mierzą rezystancję nawet do kilku $\mu\Omega$.

Na powyższy slajdzie pokazany jest to przykład pomiarów miernikiem IMR rezystancji pętli zwarcia w tramwajowej sieci trakcyjnej na podstawie których ustawiane są zabezpieczenia. Jak widać wyniki są znacząco różne. Takie same zjawiska mogą zachodzić w dowolnej pętli zwarcie, gdzie są połączenia śrubowe lub zaciskowe.

Inne mierniki do pomiaru rezystancji pętli zwarcia do kontroli jakości połączeń w obwodzie pętli zwarcia nie mają takiej możliwości oceny połączeń gdyż podczas pomiaru nie są rejestrowane przebiegi prądu napięcia probierczego. Przy zasilaniu napięciem probierczym poniżej 70 V zjawisko to nie jest wykrywalne.

Porównanie mierników

Wszystkie mierniki są przystosowane do pomiarów z wykorzystaniem cęgów prądowych do pomiarów w różnych konfiguracjach.

Miernik IMR jest przystosowany do pomiarów z wykorzystaniem cęgów do pomiarów rezystancji jednego z uziomów (zwodów) przy równoległym połączeniu kilku uziomów.

W IMR nie jest stosowana metoda dwu cęgowa jako mało wiarygodna z uwagi na bardzo małe prądy pomiarowe.

Porównanie mierników

Miernik IMR jest przystosowany do pomiarów rezystywności gruntu metodą Wennera. Zaleca się aby suma rezystancji sond prądowych E i H nie przekraczała 500 Ω . Ponadto rezystancja tych sond nie powinna się różnić więcej niż 20÷30% (można to sprawdzić wykorzystując dowolny uziom o rezystancji do 1000 Ω).

Jeżeli różnica rezystancji sond E i H jest większa, to punkt o zerowym potencjale będzie znacznie przesunięty do sondy o mniejszej rezystancji. Rozmieszczając sondy napięciowe według wymagań metody to punkt o zerowym potencjale może być poza zasięgiem sond napięciowych, co niewątpliwie ma wpływać na wynik pomiaru.

W literaturze nie ma takich informacji poza stałym rozmieszczeniem sond prądowych i napięciowych. Z doświadczeń wynika, że wartość rezystancji poszczególnych sond prądowych ma bardzo duży wpływ na wynik pomiarów. Instrukcje innych mierników nie poruszają tego tematu.

Porównanie mierników

Miernik IMR jest przystosowany do pomiarów napięć rażenia według stosowanej metody mała prądowej wykorzystując uziom odległy dostępny przez np. żyłę powrotną kabli wysokiego napięcia lub przewody linii napowietrznej. Zamiast zazwyczaj stosowanego agregatu jako źródła prądu należy włączyć IMR a pozostałe elementy i połączenia są identyczne jak metodzie z agregatem prądowym.

Pomiar napięcia rażenia (dotykowego) danego obiektu odbywa się z wykorzystaniem standardowej sondy napięciowej. Zamiast standardowej sondy może to być dowolny pręt wbity w ziemię do momentu osiągnięcia $1\text{ k}\Omega$ (bieżący pomiar miernikiem IMR) w odległości 1 m od badanego obiektu.

Do pomiaru napięcia rażenia może być też wykorzystany przewód N instalacji nn. Nie może to być instalacja nn danego obiektu np. rozdzielnia energetyczna, chyba, że jest to instalacja zasilana z zewnątrz w układzie TT.

Pozostałe mierniki nie są przystosowane do takiej metody.

Porównanie mierników

Miernik IMR-6 jest przystosowany do pomiarów rezystancji badanego uziomu z wykorzystaniem dwóch innych uziomów o nieznannej rezystancji (metoda trzy uziomy).

Należy wykonać następujące pomiary metodą dwuprzewodową:

- pomiar sumy rezystancji $R_1 + R_2$,
- pomiar sumy rezystancji $R_1 + R_3$,
- pomiar sumy rezystancji $R_2 + R_3$.

Miernik obliczy poszczególne rezystancje R_1 , R_2 i R_3 (trzy równania i trzy niewiadome).

Dla uzyskania wiarygodnego wyniku dodatkowe rezystancje nie powinny w sposób zdecydowany różnić się od rezystancji mierzonej np. jeżeli błąd pomiarowy przy pomiarze największej rezystancji byłby porównywalny z wartością najmniejszej rezystancji.

Dla małych rezystancji należy uwzględnić rezystancję przewodów pomiarowych.

Inne mierniki nie są przystosowane do takich pomiarów, co nie oznacza, że nie można ich wykonać.

Porównanie mierników

Na terenie placu budowy możemy na bieżąco kontrolować spodziewaną rezystancję budowanego uziomu szpilekowego. Po zabiciu pierwszych trzech szpilek należy zmierzyć (obliczyć) rezystancję każdej ze szpilek korzystając z „metody trzy uziomy”. Rezystancję następnych szpilek możemy zmierzyć korzystając z rezystancji szpilek już zmierzonych.

Na zakończenie pomiarów wszystkich szpilek możemy wpisać do miernika wszystkie zmierzone rezystancje i zostanie obliczona rezystancja wypadkowa wszystkich szpilek. Rezystancja ta będzie mniejsza od rezystancji rzeczywistej w zależności od odległości między szpilekami. Przykładowo przy odległości równej długości szpilki rzeczywista rezystancja będzie ok. 20% większa a przy odległości dwukrotnie mniejszej będzie to ok. 40 %.

Identyczne wykorzystanie miernika może być zastosowane do pomiaru rezystancji uziomu budowanej konstrukcji wsporczej linii wysokiego napięcia posadowionej na czterech oddzielnych fundamentach. Pomiary należy wykonać przed elektrycznym połączeniem tych fundamentów a tym bardziej przed posadowieniem konstrukcji wsporczej.

Porównanie mierników

Mierniki IMR są wyposażone w duży czytelny wyświetlacz co dotyczy również innych porównywanych mierników. Różnica polega na tym, że w miernikach IMR na wyświetlaczu oprócz wyników jest pokazany przebieg napięcia i prądu probierczego, co uwiarygodnia poprawność wykonania danego pomiaru.

Na wyświetlaczu pokazany jest przebieg napięć przez 20 ms przed pomiarem, co pokazuje nam charakter i wielkość napięć zakłócających. Może to być składowa stała oraz częstotliwość sieciowa i jej harmoniczne.

Zakłócenia te są widoczne na przebiegu probierczym jednak nie mają wpływu na wynik pomiaru.

Przebieg prądu i napięcia probierczego może być powiększany w celu lepszej widoczności szczegółów oraz odczytu chwilowych wartości napięcia i prądu.

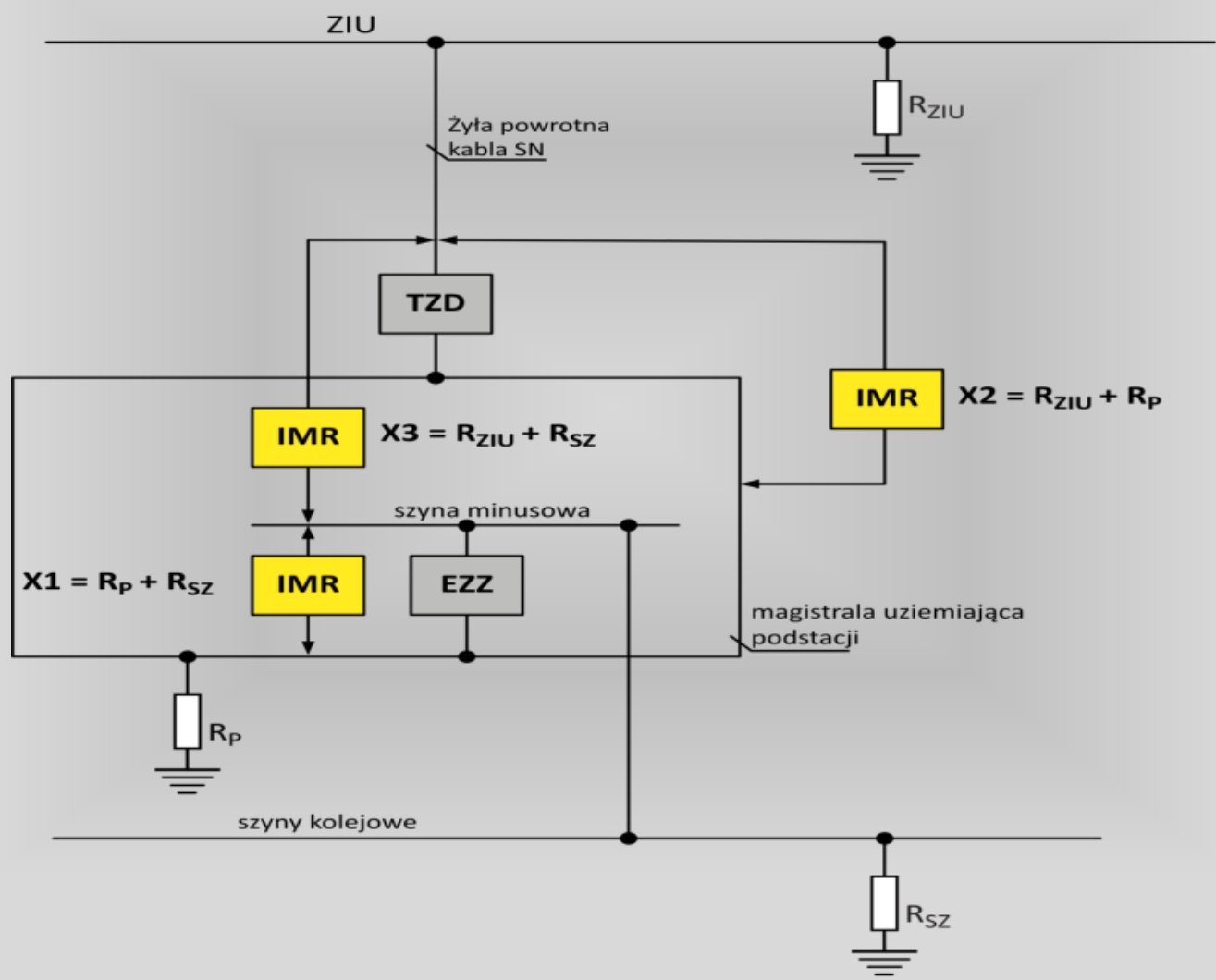
Porównanie mierników

Wszystkie wyniki pomiarów wykonywane miernikiem IMR mogą zostać zapisane w wewnętrznej pamięci miernika. Na wynik pomiaru składają się przebiegi napięcia i prądu, zmierzone wartości rezystancji, data i czas pomiaru, **rezystancje użytych przewodów pomiarowych i sond**, metoda pomiaru, **nazwa obiektu pomiarowego** oraz **komentarz użytkownika**. [pola opcjonalnie].

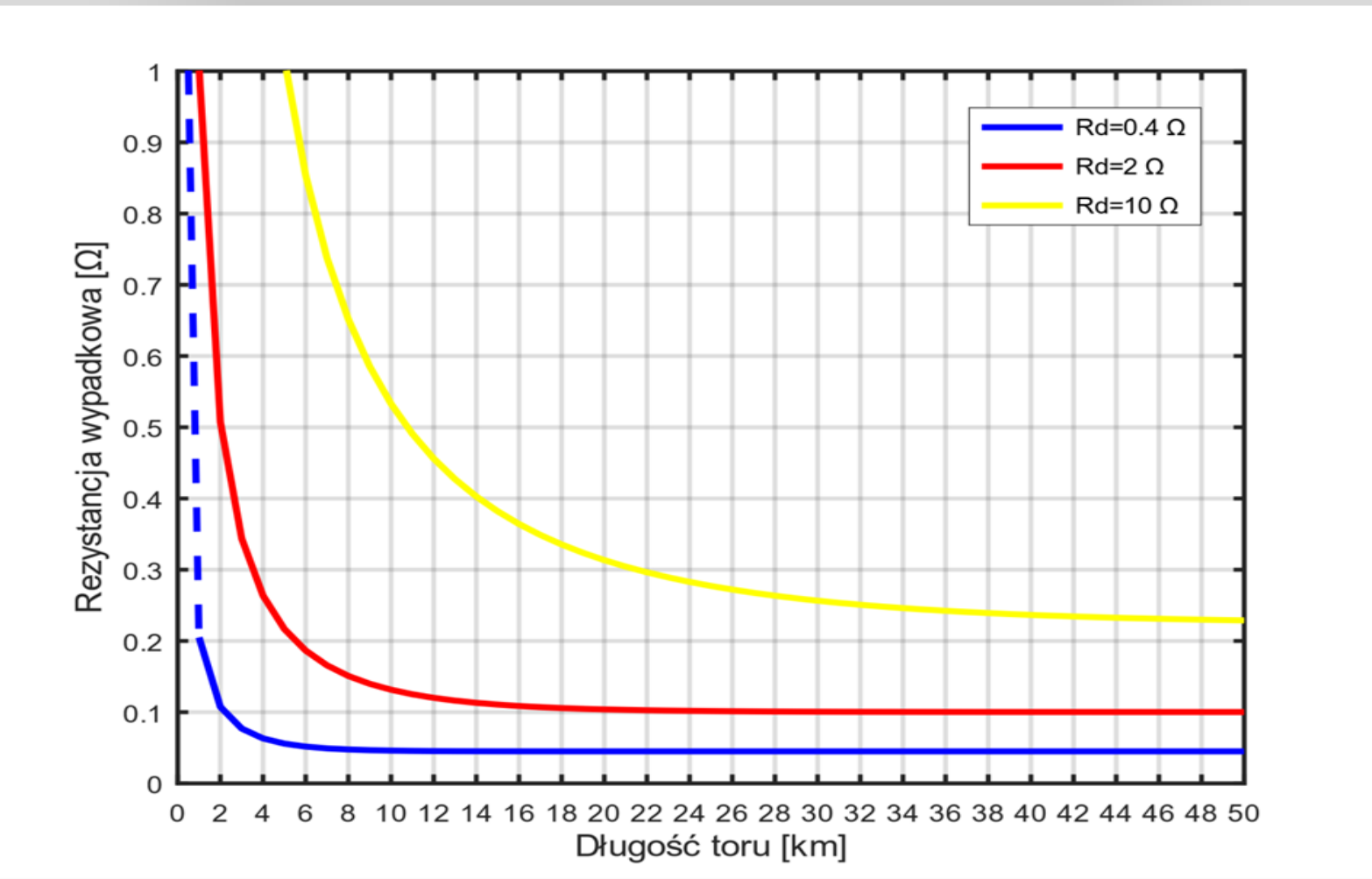
Do miernika dostarczane jest oprogramowanie służące do połączenie miernika z komputerem PC poprzez WiFi i umożliwia wygenerowanie raportu pomiarowego z zarejestrowanych wyników w tym przebiegów napięcia i prądu probierczego.

Inne mierniki mają podobne generowanie raportów z pomiarów. Raport z IMR zawiera dodatkowo przebiegi prądu i napięcia probierczego co zdecydowanie uwiarygodnia wyniki pomiarów.

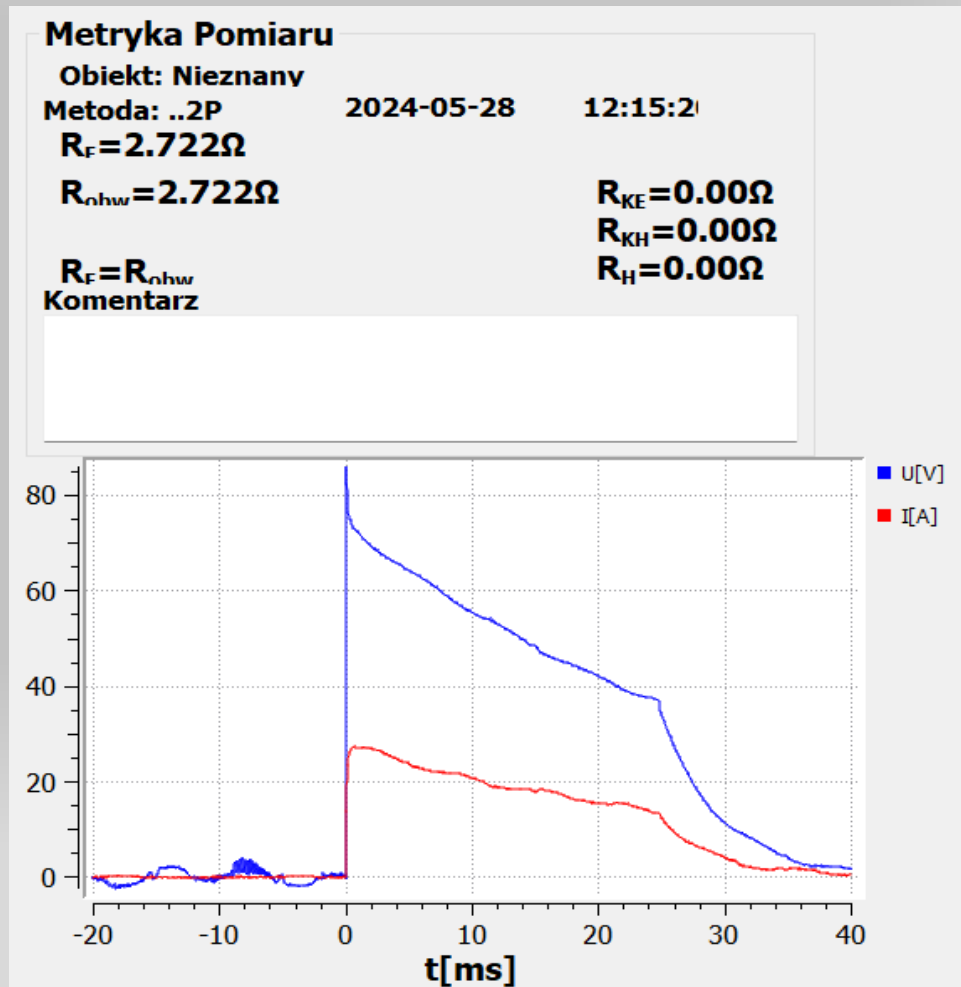
Obliczenia i pomiary potwierdzające założenia



Obliczenia i pomiary potwierdzające założenia



Obliczenia i pomiary potwierdzające założenia



Obliczenia i pomiary potwierdzające założenia

Na powyższych slajdach pokazane jest rozdzielenie uziomu podstacji trakcyjnej od instalacji uziemiającej Energetyki (TZD) i od szyn (EZZ) oraz wyniki obliczeń rezystancji doziemnej szyn.

Miernikiem IMR wykonano pomiary w punktach X1, X2 i X3 przy czynnej podstacji.

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 dla jednostkowej rezystancji doziemnej szyn $0,4 \Omega\text{km}$

Uwagi i wnioski

1. Miernik IMR ze względu na swoją specyfikę może być wykorzystany do pomiaru rezystancji uziomu tam, gdzie jest dostęp do przewodu neutralnego N instalacji nn. Dostęp taki występuje w tablicy głównej danego obiektu, zasilaniu placu budowy, słupach oświetleniowych itp. To samo występuje w instalacjach WN gdzie mamy dostęp do instalacji uziemiających przez żyły powrotne kabli czy też linki odgromowe linii WN, gdzie mamy dostęp na każdej konstrukcji WN.
2. Unikalny układ wymuszania prądu i napięcia probierczego umożliwia wykrycie niepewnych połączeń w obwodzie pomiarowym, co jest szczególnie istotne przy pomiarach ciągłości i rezystancji pętli zwarcia mającej wpływ na bezpieczeństwo np. rezystancji pętli PE – N instalacji nn czy też rezystancja danej pętli mająca wpływ na wartości nastaw zabezpieczeń prądowych.

Uwagi i wnioski

3. Pomiar napięć zakłócających pokazany na wykresie przez 20 ms przed rozpoczęciem pomiaru informuje o środowisku w miejscu pomiaru dotyczącym prądów błędnych. Prądy błędne występują praktycznie wszędzie. Przebieg przed pomiarem nakłada się w większym lub mniejszym stopniu na przebiegi probiercze prądu i napięcia o podobnym kształcie. Nie ma to wpływu na wynik pomiaru.
4. Do pomiaru metodą „trzy uziomy” rezystancji danego uziomu (np. oddzielnego uziomu odgromowego) można wykorzystać przewód N, PE jeżeli nie jest połączone z uziomem złącza kablowego (zasilanie kablem czterożyłowym), metalowego płotu, wiaty itp.

Dziękuję za uwagę