



Euro Z 800 V

MI 3144

Instrukcja obsługi

Wersja 1.4.7, Kod nr. 20 752 881



METREL®

Dystrybutor:
Merserwis Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością, sp. k.
ul. Gen. Wł. Andersa 10
00-201 Warszawa
tel/fax: 0-22 831 25 21, 831 42 56, 635 82 54
www: www.merserwis.pl
e-mail: merserwis@merserwis.pl

Producent:

METREL d.d.
Ljubljanska cesta 77
1354 Horjul
Słowenia
Internet: <http://www.metrel.si>
e-mail: metrel@metrel.si



Ten znak na mierniku oznacza, że przyrząd spełnia wymagania odpowiednich przepisów Unii Europejskiej



Producent sprzętu, firma Metrel d.d. oświadcza, że przyrząd MI 3144 spełnia wymagania dyrektywy 2014/53/EU (RED) oraz wszystkich innych powiązanych dyrektyw Unii Europejskiej. Deklaracja zgodności jest dostępna pod adresem internetowym: <http://www.metrel.si/DoC>.

© 2022 METREL

Nazwy handlowe Metrel®, Smartec®, Eurotest®, Auto Sequence® są zarejestrowane w Europie oraz innych krajach.

Żadna część niniejszej instrukcji w języku polskim nie może być powielana lub wykorzystywana w jakiegokolwiek formie bez zgody firmy METREL.

SPIS TREŚCI

1	Opis ogólny	5
1.1	Kluczowe cechy	5
2	Ostrzeżenia dotyczące bezpieczeństwa i obsługi	6
2.1	Ostrzeżenia i uwagi	6
2.2	Akumulator oraz jego ładowanie	9
2.2.1	Wskazanie stopnia naładowania akumulatora	9
2.2.2	Stan ładowania	9
2.2.3	Ładowanie wstępne	10
2.2.4	Wskazówki dotyczące używania akumulatora litowo-jonowego	11
2.3	Zgodność z normami	13
3	Opis przyrządu	14
3.1	Obudowa przyrządu	14
3.2	Panel sterowania	14
4	Wyposażenie i akcesoria	15
4.1	Wyposażenie standardowe	15
4.2	Akcesoria opcjonalne	15
5	Obsługa przyrządu	16
5.1	Funkcje przycisków	16
5.2	Wskaźniki LED	16
5.2.1	Wskazania dotyczące pomiarów	16
5.2.1	Wskaźnik temperatury przyrządu	16
5.2.2	Wskaźnik stanu naładowania akumulatorów	16
5.3	Wiadomości wyświetlane na przyrządzie nadrzędnym	17
5.3.1	Monitor napięć na złączach	17
5.4	Obsługa za pomocą przyrządu nadrzędnego	18
5.5	Obsługa za pomocą oprogramowania aMESM	19
6	Testy oraz pomiary	20
6.1	Pomiary Impedancji [Z]	20
6.1.1	Pomiar impedancji linii (L-N, L-L) – funkcja Z linii $m\Omega$ ($Zm\Omega_{L-N}$)	20
6.1.2	Pomiar impedancji pętli zwarcia (L-PE) – funkcja Z pętli $m\Omega$ ($Zm\Omega_{L-PE}$)	21
6.1.3	Pomiar rezystancji wysokim prądem – funkcja R – wysoki prąd ($\Delta R300A$)	23
6.2	Pomiary rezystancji linii oraz źródeł DC [R]	26
6.2.1	Pomiar rezystancji linii / rezystancji wewnętrznej źródła DC – funkcja R linii $m\Omega$ ($Rm\Omega_{DC}$)	26
6.3	Potencjał ziemi [U]	28
6.3.1	Pomiar napięcia dotykowego – funkcja U dotyk. (U_{Touch})	28
6.4	Sprawdzanie przełączników ELR (pomiar prądu [I] oraz czasu [t] zadziałania)	29
6.4.1	Pomiar prądu zadziałania przełącznika ELR – funkcja Test prądowy ELR (I)	30
6.4.2	Pomiar czasu zadziałania przełącznika ELR – funkcja Test czasu reakcji (ELR) (t)	31
6.5	Pomiar prądu	33
6.5.1	Pomiar prądu – funkcja cęgowy pomiar prądu (I_{Clamp})	33
7	Komunikacja	34

8	Konserwacja	35
8.1	Czyszczenie.....	35
8.2	Okresowe wzorcowanie.....	35
8.3	Serwis.....	35
8.4	Aktualizacja przyrządu.....	35
9	Dane techniczne	36
9.1	Impedancja [Z].....	36
9.1.1	Pomiary w funkcjach Z linii mΩ, Z pętli mΩ.....	36
9.1.2	Pomiary w funkcji R – Wysoki prąd.....	37
9.1.3	Opcje uśredniania.....	38
9.2	Rezystancja linii oraz źródeł DC [R].....	38
9.2.1	Pomiar w funkcji R linii mΩ.....	38
9.3	Potencjał ziemi [U].....	39
9.3.1	Pomiar w funkcji U dotyk.....	39
9.4	Wyniki dodatkowe w funkcjach pomiarowych.....	40
9.5	Sprawdzanie przełączników różnicowoprądowych ELR.....	40
9.5.1	Pomiary w funkcjach Test prądowy i Test czasu reakcji.....	40
9.6	Pomiar prądu.....	41
9.6.1	Cęgi sztywne (A 1281) oraz giętkie (A 1227, A 1609).....	41
9.7	Wartość prądu pomiarowego.....	42
9.8	Dane ogólne.....	44
	Załącznik A – Tabela obsługiwanych przyrządów	45
	Załącznik B – Test MRCD (zgodnie z IEC 60947-2 Zał. M)	46
	Załącznik C – Prądy zwarciove w obwodach 3-fazowych	50

1 Opis ogólny

1.1 Kluczowe cechy

Przyrząd Euro Z 800 V (MI 3144) jest wielofunkcyjnym, przenośnym narzędziem pomiarowym, które może być zasilane z sieci lub z akumulatora (Li-ion). Charakteryzuje się wysokim stopniem ochrony IP: **IP65** (walizka zamknięta), **IP54** (walizka otwarta). MI 3144 został zaprojektowany do wykonywania precyzyjnych, wysokoprądowych pomiarów impedancji linii oraz pętli zwarcia, pomiarów rezystancji linii oraz źródeł DC, testowania przekaźników prądu doziemnego (ELR) oraz pomiaru prądu. Został zaprojektowany oraz wyprodukowany w oparciu o wieloletnie doświadczenie firmy Metrel w tworzeniu wysokiej klasy przyrządów pomiarowych.

Kluczowe funkcje oraz funkcjonalności przyrządu **Euro Z 800 V**:

- Pomiary impedancji w sieciach o napięciu do 880 V;
- Maksymalna wartość znamionowa napięcia badanego obwodu wynosi 800 V
- Kategoria pomiarowa CAT IV 600 V (wysokość do 3000 m);
- Zakres częstotliwości sieciowych od 16 Hz do 420 Hz;
- Możliwość wyboru obciążenia pomiarowego (od 16.6 % do 100 %);
- Pomiary rezystancji linii oraz źródeł DC o napięciu do 260 V;
- Selektywny pomiar impedancji pętli zwarcia;
- Cęgowy pomiar prądu (Cęgi sztywne lub giętkie);
- Sprawdzenie prądu zadziałania przekaźnika ELR;
- Sprawdzenie czasu zadziałania przekaźnika ELR (wraz z członem wykonawczym);
- Efektywny system chłodzenia;
- Komunikacja poprzez Bluetooth;
- Komfortowe sterowanie (Możliwość zdalnego sterowania poprzez urządzenie z systemem Android)


Dwa wskaźniki oparte o diody LED umożliwiają sprawdzenie stanu naładowania akumulatora oraz temperatury obwodów wewnętrznych przyrządu. Przyrząd MI 3144 jest wyjątkowo intuicyjny w obsłudze co sprawia, że użytkownik nie potrzebuje zaawansowanego przeszkolenia (poza przeczytaniem i zrozumieniem instrukcji obsługi).

MI 3144 Euro Z 800 V Typ pomiaru	Zgodnie z:
Z linii mΩ Z pętli mΩ	PN-EN 61557 – 3 [impedancja pętli zwarcia]
Wysoki prąd	IEEE Std 81 – 2012 [Integrity of ground systems]
U dotyk.	IEEE Std 81 – 2012 [Testing earth potentials and step and touch voltages]
Pomiar prądu zadziałania ELR Pomiar czasu zadziałania ELR	IEC 60947-2 Annex M [Modular residual current devices]

2 Ostrzeżenia dotyczące bezpieczeństwa i obsługi

2.1 Ostrzeżenia i uwagi

Aby zapewnić operatorowi wysoki poziom bezpieczeństwa w trakcie wykonywania różnorodnych testów i pomiarów, firma Metrel zaleca utrzymywanie przyrządu MI 3144 Euro Z 800 V w dobrym stanie technicznym. Podczas użytkowania przyrządu, niezbędne jest przestrzeganie poniższych środków ostrożności:

-  Sygnalizuje konieczność przeczytania instrukcji obsługi ze szczególnym uwzględnieniem kwestii bezpieczeństwa użytkownika. Oznacza konieczność podjęcia działania!
- Jeśli przyrząd jest użytkowany w sposób inny niż opisany w niniejszej instrukcji obsługi, jego wewnętrzne funkcje zabezpieczeń mogą działać nieprawidłowo!
- Należy uważnie przeczytać niniejszą instrukcję obsługi, w przeciwnym wypadku użytkowanie przyrządu może być niebezpieczne dla operatora lub może spowodować uszkodzenie przyrządu pomiarowego oraz testowanego obiektu!
- Nie należy używać przyrządu i jego akcesoriów po stwierdzeniu, że są one uszkodzone!
- Należy regularnie sprawdzać przyrząd i akcesoria pod kątem poprawności funkcjonowania, w celu uniknięcia pojawienia się niebezpieczeństwa spowodowanego niemiernymi wynikami pomiarów
- Aby uniknąć ryzyka porażenia elektrycznego w obecności niebezpiecznych napięć, należy przestrzegać wszystkich powszechnie znanych środków ostrożności! Należy zwrócić uwagę, że przyrząd Euro Z 800 V przeznaczony jest do wysokoprądowych pomiarów impedancji w środowisku, gdzie niebezpieczne napięcia stanowią realne zagrożenie ze względu na łatwy dostęp do elementów pod napięciem (np. rozdzielnice czy podstacje)!
- Należy używać wyłącznie akcesoriów dostarczonych przez lokalnego dystrybutora przyrządu!
- Nie należy podłączać przyrządu pomiarowego do sieci o napięciu innym od określonego na etykiecie w sąsiedztwie złącza zasilania – w innym przypadku przyrząd może ulec uszkodzeniu.
- Procedury regulacyjne, wzorcowania i inne czynności serwisowe powinny być wykonywane wyłącznie przez osoby do tego autoryzowane i posiadające wymagane kompetencje!
- Należy zwrócić uwagę na fakt, że niektóre akcesoria pomiarowe przystosowane do współpracy z niniejszym przyrządem spełniają wymagania kategorii niższej niż przyrząd. Końcówki sond pomiarowych mają zdejmowane zatyczki. Po ich zdjęciu ochrona zostaje obniżona do CAT II. Należy sprawdzić oznaczenia na akcesoriach. (bez zatyczki, końcówka 18 mm) ...CAT II do 1000 V

- (z zatyczką, końcówka 4 mm) ... CAT II 1000 V / CAT III 600 V / CAT IV 300 V
- Nie należy używać przyrządu w środowisku mokrym, w otoczeniu palnych gazów lub oparów.
 - Tylko osoby posiadające odpowiednią wiedzę techniczną, kompetencje oraz doświadczenie mogą używać niniejszego przyrządu pomiarowego.

Oznaczenia na przyrządzie:



Sygnalizuje konieczność przeczytania instrukcji obsługi ze szczególnym uwzględnieniem kwestii bezpieczeństwa użytkownika. Oznacza konieczność podjęcia działania!



Sygnalizuje, że przedni panel przyrządu może stać się gorący w przypadku wykonywania dużej liczby pomiarów impedancji w krótkich odstępach czasowych.



Znak na przyrządzie oznacza, że spełnia on wymagania Unii Europejskiej w zakresie odpowiednich regulacji.



Ten przyrząd powinien być utylizowany jako odpad elektroniczny.



Ten przyrząd jest chroniony poprzez podwójną / wzmocnioną izolację.



Ostrzeżenia związane z funkcjami pomiarowymi:

- Należy używać wyłącznie standardowych lub opcjonalnych akcesoriów pomiarowych dostarczanych przez dystrybutora!
- Należy zawsze podłączać akcesoria do przyrządu pomiarowego oraz badanego obiektu przez rozpoczęciem pomiaru! Nie należy dotykać przewodów ani złącz/zacisków pomiarowych podczas trwania pomiaru!
- Nie należy dotykać żadnych części przewodzących badanego obiektu podczas wykonywania pomiarów! Ryzyko porażenia prądem elektrycznym!!!
- Nie należy podłączać złącz (C1, P1, P2, C2 oraz S) do zewnętrznego napięcia wyższego niż 880 V AC (środowisko CAT IV) oraz 260 V DC, aby zapobiec uszkodzeniu przyrządu pomiarowego!
- Nie należy podłączać napięcia sieciowego do sondy A 1597.

Z pętli mΩ

- Funkcja pomiaru impedancji pętli zwarcia Z pętli mΩ spowoduje zadziałanie wyłącznika różnicowoprądowego RCD (jeśli taki jest zainstalowany w obwodzie). Aby zapobiec zadziałaniu wyłącznika RCD należy wykonać pomiary po stronie wejścia (zasilania) RCD lub (tylko na czas pomiarów!) zmostkować wyłącznik RCD.
- Określona dokładność mierzonych parametrów jest obowiązująca jedynie, jeśli napięcie pomiarowe pozostaje stabilne podczas pomiaru.

Z linii mΩ

- Określona dokładność mierzonych parametrów jest obowiązująca jedynie, jeśli napięcie pomiarowe pozostaje stabilne podczas pomiaru.



Ostrzeżenia dotyczące obsługi akumulatora:

- Przyrząd powinien być wyposażony jedynie w akumulatory dostarczane przez producenta.

- ❑ **Nigdy nie należy umieszczać akumulatora w bliskim otoczeniu ognia, ponieważ może to spowodować ich eksplozję lub uwalnianie toksycznego gazu.**
- ❑ **Nie należy demontować, ugniatać lub przebijać elementów akumulatora.**
- ❑ **Nie należy zwierać lub odwracać polaryzacji złącz akumulatora.**
- ❑ **Należy przechowywać akumulatory w miejscu niedostępnym dla dzieci.**
- ❑ **Nie należy narażać akumulatora na gwałtowne uderzenia lub wibracje.**
- ❑ **Nie należy używać uszkodzonego akumulatora.**
- ❑ **Akumulator litowo-jonowy (Li-Ion) zawiera obwód zabezpieczający, jego uszkodzenie może powodować nagrzewanie się lub zapłon akumulatora.**
- ❑ **Nie należy pozostawiać akumulatora podłączonego do ładowania na zbyt długi okres.**
- ❑ **Jeśli z uszkodzonego akumulatora wycieka ciecz – nie należy jej dotykać.**
- ❑ **W przypadku kontaktu cieczy z akumulatora z oczami nie należy trzeć oczu. Należy niezwłocznie przemyć oczy bieżącą wodą, przez co najmniej 15 minut aż do czasu usunięcia z oczu i okolic wszelkich śladów cieczy. Należy skontaktować się z lekarzem.**

2.2 Akumulator oraz jego ładowanie

Przyrząd został zaprojektowany do współpracy z akumulatorami litowo-jonowymi (Li-ion) lub zasilaniem sieciowym.

2.2.1 Wskazanie stopnia naładowania akumulatora

Wskaźnik naładowania pokazuje stopień naładowania akumulatora. Aby sprawdzić wskazanie należy wcisnąć przycisk uruchomienia kontrolki.



Wskaźnik stopnia naładowania akumulatora (LED).

2.2.2 Stan ładowania

Akumulator jest ładowany zawsze, gdy zasilacz jest podłączony do przyrządu. Polaryzacja gniazda ładowania została pokazana na **Rys. 2.1**. Wewnętrzny obwód sterujący kontroluje proces ładowania, przez co zapewnia maksymalną żywotność akumulatora. Standardowy czas pracy przyrządu jest deklarowany dla znamionowej pojemności 4,4 Ah.



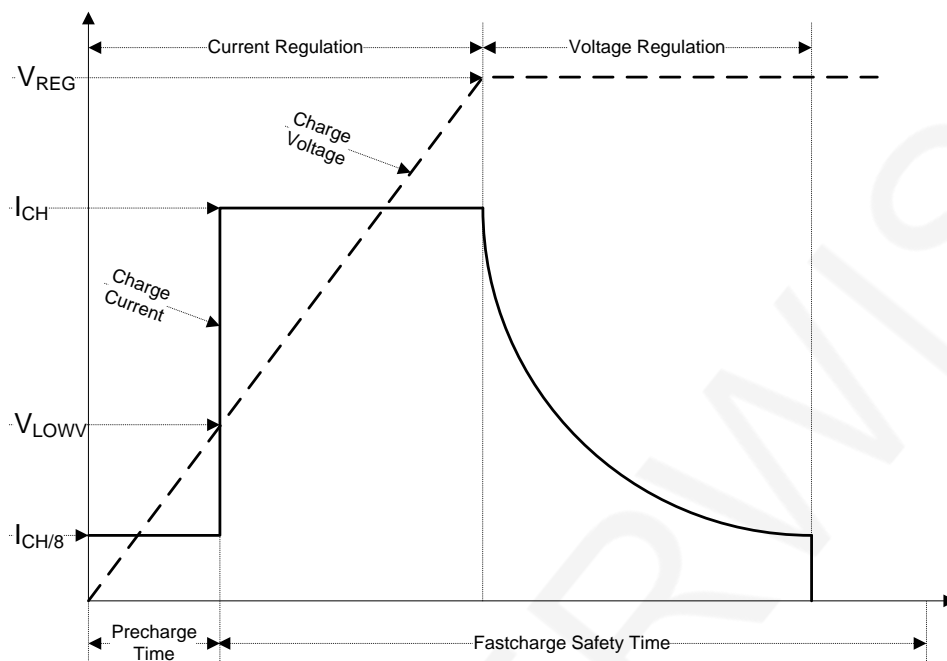
Rys. 2.1: Gniazdo zasilające (C7)

Przyrząd automatycznie rozpoznaje podłączony zasilacz i rozpoczyna ładowanie.

Opis	 Żółta dioda LED	 Zielona dioda LED
Ładowanie w toku (jeśli akumulator został założony i podłączony zasilacz).	Włączona	Dowolne
Ładowanie zakończone (akumulator pełny).	Wyłączona	Włączona
Ładowarka odłączona. (przyrząd pracuje na zasilaniu akumulatorowym) Tryb uśpienia.	Wyłączona	Wyłączona
Ładowanie zawieszono. Wskazanie usterki akumulatora (przekroczony czas ładowania, brak akumulatora, przekroczona temperatura akumulatora).	Migająca	Dowolne

Charakterystyka ładowania i akumulatora	Typowo
Typ akumulatora	VB 18650
Tryby ładowania	CC / CV
Napięcie znamionowe	7,2 V
Pojemność znamionowa	4,4 Ah
Maksymalne napięcie ładowania	8,0 V
Maksymalny prąd ładowania	2,2 A
Maksymalny prąd rozładowania	2,5 A
Typowy czas ładowania	3 godziny

Charakterystyka typowego cyklu ładowania akumulatora w przyrządzie MI3144 została pokazana na Rys. 2.2.



Current Regulation – Regulacja prądu
 Voltage Regulation – Regulacja napięcia
 Charge Current – Prąd ładowania
 Charge Voltage – Napięcie ładowania
 Precharge Time – Czas ładowania wstępnego
 Fastcharge Safety Time – Czas bezpiecznego szybkiego ładowania

Rys. 2.2: Charakterystyka typowego cyklu ładowania

gdzie:

V_{REG} Napięcie ładowania akumulatora
 V_{LOWV} Napięcie progowe ładowania wstępnego
 I_{CH} Prąd ładowania akumulatora
 $I_{CH/8}$ 1/8 wartości standardowego prądu ładowania

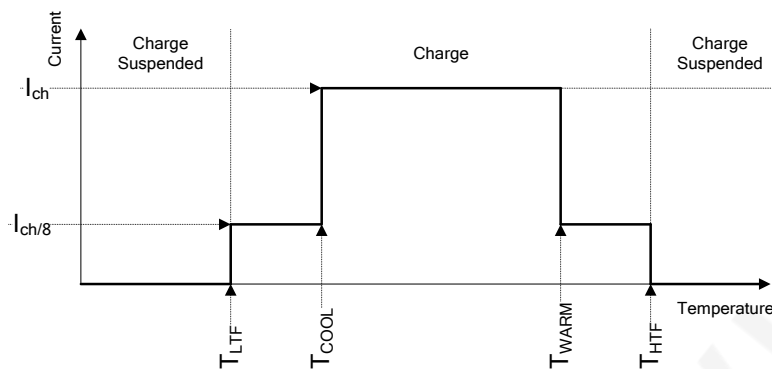
2.2.3 Ładowanie wstępne

Po podłączeniu ładowarki, jeśli napięcie akumulatora spadło poniżej progu V_{LOWV} , akumulator zaczyna być ładowany prądem o wartości 1/8 standardowego prądu ładowania. Funkcja ładowania wstępnego ma na celu regenerację akumulatora po jego pełnym rozładowaniu. Jeśli akumulator nie osiągnie napięcia progowego V_{LOWV} w ciągu 30 minut ładowania wstępnego – ładowanie zostaje przerwane i wyświetlona zostaje informacja o awarii.

Uwaga:

- Jako dodatkowe zabezpieczenie, przyrząd automatycznie wyłączy układ ładowania po 5 godzinach nieustannej pracy w trybie ładowania szybkiego.

Typowy czas ładowania wynosi 3 godziny w zakresie temperatur od 5°C do 60°C.



Current – prąd; Charge suspended – ładowanie wstrzymane; Charge – ładowanie; Temperature – temperatura

Rys. 2.3: Standardowy prąd ładowania (profil temperaturowy)

gdzie:

T_{LTF} Próg bardzo niskiej temperatury (typ. -15°C)

T_{COOL} Próg niskiej temperatury (typ. 0°C)

T_{WARM} Próg wysokiej temperatury (typ. $+60^{\circ}\text{C}$)

T_{HTF} Próg bardzo wysokiej temperatury (typ. $+75^{\circ}\text{C}$)

Układ ładowania stale monitoruje temperaturę akumulatora. Aby cykl ładowania mógł zostać zainicjowany, temperatura akumulatora musi zawierać się w przedziale $T_{LTF} - T_{HTF}$. Jeśli temperatura akumulatora nie mieści się w tym przedziale, układ zawieszają ładowanie do czasu ostygnięcia lub nagrzania akumulatora do temperatury z przedziału $T_{LTF} - T_{HTF}$.

Jeśli temperatura akumulatora zawiera się w przedziale $T_{LTF} - T_{COOL}$ lub w przedziale $T_{WARM} - T_{HTF}$ to prąd ładowania zostaje automatycznie zredukowany do wartości $I_{CH/8}$ (1/8 wartości prądu ładowania).

2.2.4 Wskazówki dotyczące używania akumulatora litowo-jonowego

Akumulator litowo-jonowy w czasie eksploatacji wymaga konserwacji i odpowiedniego traktowania. Należy zapoznać się ze wskazówkami i ostrzeżeniami zawartymi w niniejszej instrukcji obsługi, aby bezpiecznie użytkować akumulator oraz osiągnąć maksymalną żywotność. Nie należy pozostawiać nieużywanego akumulatora na okres dłuższy niż 6 miesięcy (ze względu na zjawisko samorozładowania).

Jeśli akumulator był nieużywany przez okres 6 miesięcy, należy sprawdzić status ładowania – patrz rozdział **5.2.2. Wskaźnik statusu akumulatora**. Akumulator litowo-jonowy ma określoną żywotność i będzie stopniowo obniżał swoją pojemność. Wraz z obniżaniem pojemności akumulatora skróceniu ulega czas pracy przyrządu na w pełni naładowanym akumulatorze.

Przechowywanie

- › Należy doładować lub rozładować akumulator do wartości ok 50 % pojemności przed dłuższą przerwą w użytkowaniu.
- › Należy doładować akumulator do wartości ok 50 % pojemności co najmniej raz na 6 miesięcy.

Transport

- › Należy zawsze sprawdzić wszystkie lokalne, państwowe i międzynarodowe przepisy przez transportem akumulatorów litowo-jonowych.

 Ostrzeżenia dot. użytkowania akumulatorów

- › Nie należy demontować, ugniatać lub przebijać elementów akumulatora.
- › Nie należy zwierać lub odwracać polaryzacji złącz akumulatora.
- › Nie należy wrzucać akumulatora do ognia ani wody.
- › Nie należy narażać akumulatora na gwałtowne uderzenia lub wibracje.
- › Nie należy używać uszkodzonego akumulatora.
- › Akumulator litowo-jonowy (Li-Ion) zawiera obwód zabezpieczający, który w przypadku uszkodzenia może powodować nagrzewanie się lub zapłon akumulatora.
- › Nie należy zostawiać akumulatora podłączonego do akumulatora na zbyt długi okres.
- › Nie należy pozostawiać akumulatora podłączonego do ładowania na zbyt długi okres.
- › Jeśli z uszkodzonego akumulatora wycieka ciecz – nie należy jej dotykać.
- › W przypadku kontaktu cieczy z akumulatora z oczami nie należy trzeć oczu. Należy niezwłocznie przemyć oczy bieżącą wodą, przez co najmniej 15 minut aż do czasu usunięcia z oczu i okolic wszelkich śladów cieczy. Należy skontaktować się z lekarzem.

2.3 Zgodność z normami

Przyrządy z serii Euro Z 800 V są wytwarzane oraz testowane zgodnie z wymaganiami poniższych norm:

Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)

EN 61326 - 1 Wyposażenie elektryczne do pomiarów, sterowania i użytku w laboratoriach -
- Wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej (EMC)
Klasa A

Bezpieczeństwo (LVD)

EN 61010-1 Wymagania bezpieczeństwa dotyczące elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych -- Część 1: Wymagania ogólne

EN 61010-2-030 Wymagania bezpieczeństwa elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych -- Część 2-030: Wymagania szczegółowe dotyczące pomiarów i badań obwodów pomiarowych

EN 61010-031 Wymagania bezpieczeństwa dotyczące elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych -- Część 031: Wymagania bezpieczeństwa dotyczące sond przystosowanych do trzymania w ręce, przeznaczonych do pomiarów i badań

EN 61010-2-032 Wymagania bezpieczeństwa dotyczące elektrycznych przyrządów pomiarowych, automatyki i urządzeń laboratoryjnych -- Część 2-032: Wymagania szczegółowe dotyczące ręcznych i ręcznie obsługiwanych czujników prądowych przeznaczonych do badań i pomiarów elektrycznych

Pozostałe normy referencyjne

EN 61557 Bezpieczeństwo elektryczne w niskonapięciowych sieciach elektroenergetycznych o napięciach przemiennych do 1000 V i stałych do 1500 V -- Urządzenia przeznaczone do sprawdzania, pomiarów lub monitorowania środków ochronnych –
Część 1: Wymagania ogólne
Część 3: Impedancja pętli zwarcia

IEEE 81 – 2012 IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System.

EN 60947-2 Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa Część 2: Wyłączniki – Załącznik M - Wymagania dotyczące modułowych urządzeń różnicowoprądowych (bez wbudowanego urządzenia wyłączającego)

EN 60909 - 0 Prądy zwarciovowe w sieciach trójfazowych prądu przemiennego --
Część 0: Obliczanie prądów

Akumulator Li-ion

EN 62133 - 2 Ogniwa i baterie wtórne zawierające zasadowe lub inne niekwasowe elektrolity -- Wymagania bezpieczeństwa dla przenośnych ogniw wtórnych oraz baterii z nich wykonanych do użytkowania w zastosowaniach przenośnych -- Część 2: Systemy litowe

Uwaga dotycząca oznaczania norm EN, IEC, PN-EN:

- Tekst niniejszej instrukcji obsługi odnosi się do norm europejskich. Wszystkie normy oznaczone jako EN 6XXXX (np. EN 61010) są odpowiednikami norm międzynarodowych IEC (np. IEC 61010) czy polskich PN-EN (np. PN-EN 61010) i różnią się jedynie w częściach zmienionych przez procedurę harmonizacyjną.

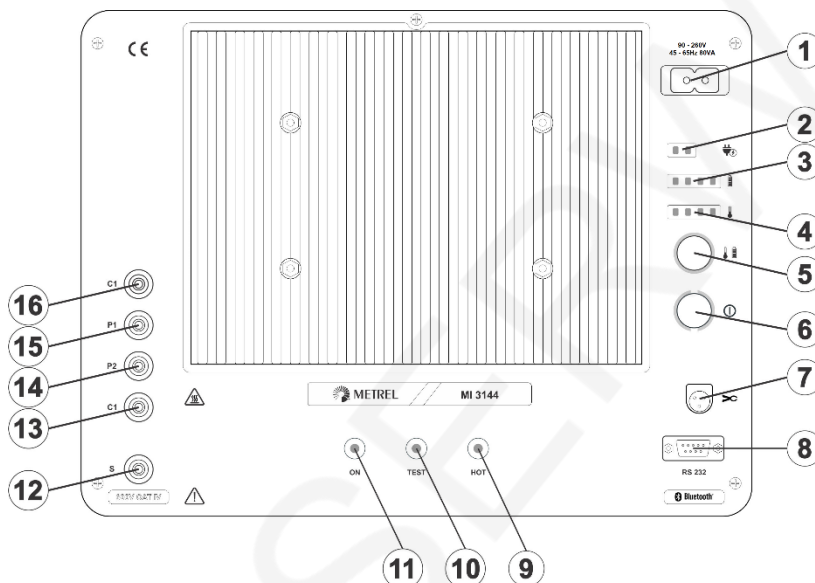
3 Opis przyrządu

3.1 Obudowa przyrządu

Przyrząd jest obudowany w walizkę z tworzywa sztucznego, która zapewnia stopień ochrony IP podany w specyfikacji technicznej.

3.2 Panel sterowania

Panel operatora jest pokazany na poniższym rysunku 3.1.



Rys. 3.1: Panel sterowania

1		Gniazdo zasilające (ładowanie akumulatora) – typ C7.
2		Wskaźnik statusu ładowania (wskaźniki LED zielony i żółty).
3		Wskaźnik stanu naładowania akumulatora (LED).
4		Wskaźnik temperatury przyrządu (LED).
5		Przycisk uaktywniający wskaźniki 3 i 4.
6	Włącz / Wyłącz	Przycisk włączający i wyłączający przyrząd. Dodatkowo posiada funkcję resetowania przyrządu (po wciśnięciu na okres co najmniej 10 sekund).
7	Złącze cęgów pomiarowych	Wejście cęgów pomiarowych (Jedynie do podłączenia cęgów typu Metrel Smart Clamps).
8	RS232	Port komunikacyjny RS232.
9	HOT	Wskaźnik przegrzania przyrządu.
10	TEST	Wskaźnik statusu pomiaru.
11	ON	Wskaźnik włączenia przyrządu.
12 - 16	S, C1, P1, P2, C2	Złącza pomiarowe.

Uwaga!

- ❑ Nie należy podłączać złącz pomiarowych (C1, P1, P2, C2) do zewnętrznego napięcia wyższego niż 880 V AC (środowisko CAT IV) lub 260 V DC, aby uniknąć uszkodzenia przyrządu!
- ❑ Należy używać jedynie oryginalnych akcesoriów pomiarowych!

4 Wyposażenie i akcesoria

Zestaw akcesoriów dzieli się na wyposażenie standardowe oraz opcjonalne. Akcesoria opcjonalne mogą być dostarczane na zamówienie. Poniżej znajduje się lista akcesoriów dostępnych w wyposażeniu standardowym - lista wyposażenia opcjonalnego dostępna jest u lokalnego dystrybutora lub na stronie internetowej firmy METREL: <http://www.metrel.si>.

4.1 Wyposażenie standardowe

- Przyrząd MI 3144 Euro Z 800 V
- Duże zaciski Kelvina (A 1593), 2 szt.
- Przewód pomiarowy 5 m, 2 szt. (czarny/czerwony)
- Sonda pomiarowa, 2 szt. (czerwona)
- Sonda pomiarowa, 2 szt. (czarna)
- Przewód pomiarowy 5 m, 2 szt. (zielony)
- Zacisk imadełkowy, 1 szt.
- Zaciski krokodyłkowe, 2 szt. (czarne)
- Przewód RS232 (9 pin - PS2)
- Przewód zasilający
- Torba na akcesoria
- Instrukcja obsługi
- Świadectwo wzorcowania

4.2 Akcesoria opcjonalne

Lista dostępnych akcesoriów dostępna jest u lokalnego dystrybutora lub na stronie internetowej firmy Metrel.

5 Obsługa przyrządu

Obsługa przyrządu może być wykonywana za pomocą obsługiwanych przyrządów nadrzędnych lub aplikacji na platformę Android.

5.1 Funkcje przycisków



Przycisk uaktywniający wskaźniki LED jest przeznaczony do:

- Włączenia wskaźników stany akumulatora oraz temperatury przyrządu;

Przycisk włączenia / wyłączenia:







- Włącza/wyłącza zasilanie przyrządu;
- Resetuje przyrząd (po przytrzymaniu co najmniej przez 10 s.)



Przyrząd automatycznie wyłącza się po 10 minutach bezczynności (odkąd nie został wciśnięty żaden przycisk oraz odkąd brak jest komunikacji z przyrządem nadrzędnym lub aplikacją Android).

5.2 Wskaźniki LED

5.2.1 Wskazania dotyczące pomiarów

Wskaźnik LED	Status	Opis
 ON	Świeci Pulsuje	Wskazanie włączenia zasilania. Wskazanie niskiego poziomu naładowania akumulatora.
 TEST	Świeci	Wskazanie statusu pomiaru. <i>Wskaźnik jest aktywowany podczas wykonywania pomiaru.</i>
 HOT	Pulsuje	Wskaźnik przegrzania przyrządu. <i>Temperatura wewnętrznych elementów przyrządu Euro Z przekroczyła dopuszczalny limit. Wykonywanie pomiarów jest zabronione do momentu spadku temperatury poniżej określonego limitu.</i>
   ON TEST HOT	Pulsują	Błąd sprzętowy. (Wykryto awarię wewnętrznego przełącznika.) <i>Wykonywanie pomiarów jest zabronione! Konieczna jest interwencja serwisu!</i>

5.2.1 Wskaźnik temperatury przyrządu

Wskaźnik temperatury pokazuje temperaturę rezystora zwarciovego.



Wskazania temperatury.
Zimny, Chłodny, Ciepły, Gorący

5.2.2 Wskaźnik stanu naładowania akumulatorów

Wskaźnik naładowania pokazuje stan naładowania akumulatorów.



Wskazanie stanu naładowania akumulatora.
Całkowicie rozładowany, Rozładowany, Naładowany, Pełny

5.3 Wiadomości wyświetlane na przyrządzie nadrzędnym

Uwaga!

Niski poziom naładowania baterii adaptera Euro Z.

Należy potwierdzić wybierając opcję **OK**; podłączyć zasilanie do przyrządu oraz naładować akumulator.

Uwaga!

Adapter Euro Z jest przegrzany. Wykonywanie pomiaru jest zabronione do czasu spadku temperatury poniżej określonego limitu.

Należy potwierdzić wybierając opcję **OK**; poczekać na ochłodzenie przyrządu Euro Z.

Uwaga!

Nieprawidłowe napięcie zasilania!

Należy potwierdzić wybierając opcję **OK**; należy sprawdzić napięcie [$40 \text{ V} \leq U_{ac} \leq 880 \text{ V}$].

Uwaga!

Nieprawidłowa częstotliwość sieciowa!!

Należy potwierdzić wybierając opcję **OK**; należy spraw. częstotliwość [$16 \text{ Hz} \leq f \leq 420 \text{ Hz}$].

Uwaga!

Nieprawidłowe napięcie zasilania, napięcie poza tolerancją lub nieprawidłowa polaryzacja +, -!

Należy potwierdzić wybierając opcję **OK**; należy sprawdzić napięcie [$3 \text{ V} \leq U_{dc} \leq 260 \text{ V}$].

Błąd!

Podłączenie! Sprawdź poprawność połączeń (C1, P1, P2, C2)! Sprawdź pomoc, aby uzyskać więcej informacji.

Należy potwierdzić wybierając opcję **OK**.

Błąd!

Błąd sprzętowy! Pomiar jest zabroniony!

Należy potwierdzić wybierając opcję **OK**; wykryto awarię przełącznika wejściowego. Konieczna jest interwencja serwisu.

5.3.1 Monitor napięć na złączach

Monitor napięć na złączach wyświetla rzeczywiste wartości napięć i częstotliwości na złączach przyrządu.

Up1p2 Wartość RMS napięcia pomiędzy złączami P1 – P2.

Uc1c2 Wartość RMS napięcia pomiędzy złączami C1 – C2.

Częst. Częstotliwość napięcia pomiędzy złączami C1 – C2.

5.4 Obsługa za pomocą przyrządu nadrzędnego

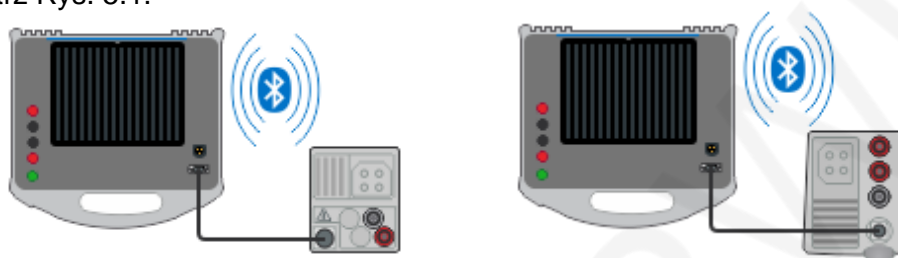
(np. MI 3155 EurotestXD, MI 3152 EurotestXC)

Dostępne funkcje pomiarowe

Więcej informacji w załączniku A.

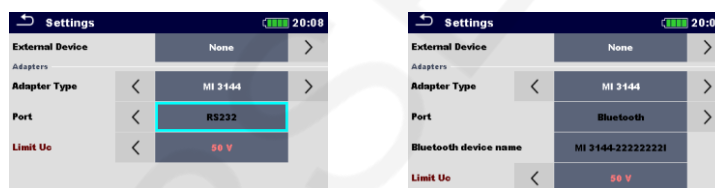
Połączenie z przyrządem nadrzędnym (RS232 lub Bluetooth)

- Do komunikacji poprzez RS 232, należy podłączyć przewód komunikacyjny RS 232_9pin - żeński / PS 2 do przyrządu nadrzędnego oraz przyrządu Euro Z 800 V. Patrz Rys. 5.1.



Rys. 5.1: Połączenie przyrządu Euro Z 800 V do przyrządu nadrzędnego przy pomocy RS 232 lub Bluetooth (Przykładowo MI 3152 oraz MI 3155)

- Włączyć przyrząd nadrzędny oraz przyrząd Euro Z.
- Wybrać port komunikacyjny RS 232 lub Bluetooth w ustawieniach przyrządu nadrzędnego.



Rys. 5.2: Menu ustawień urządzenia nadrzędnego

- Należy ustawić (dokonać parowania) odpowiedniego przyrządu z listy wykrytych urządzeń Bluetooth. Poprawna nazwa składa się z modelu przyrządu oraz numeru seryjnego np. MI 3144-12345678I.
- Należy wybrać funkcję pomiarową z poziomu przyrządu nadrzędnego spośród funkcji dostępnych w grupie EURO Z.
- Przyrząd nadrzędny rozpoznaje przyrząd Euro Z i wyświetla wskazania monitora napięć na jego złączach na ekranie. Dodatkowo uaktywniany jest wskaźnik połączenia Bluetooth (jeśli komunikacja jest prowadzona przez ten interfejs).



Rys. 5.3: Monitor napięć na złączach aktywowany oraz nieaktywowany



Rys. 5.4: Wskazanie stanu połączenia Bluetooth – połączony i niepołączony

- Należy ustawić poprawne parametry oraz wartości graniczne dla oceny wyniku z poziomu przyrządu nadrzędnego.
- Należy podłączyć przyrząd Euro Z do badanego obiektu (należy sprawdzić wskazania monitora napięć na przyrządzie nadrzędnym, aby upewnić się o poprawności podłączenia). W razie potrzeby wyświetlić ekrany pomocy.

- ❑ Należy wcisnąć przycisk TEST/ RUN/ ENTER na przyrządzie nadrzędnym, aby rozpocząć wykonywanie pomiaru.
- ❑ Wynik pomiaru zostaje wyświetlony na przyrządzie nadrzędnym.

5.5 Obsługa za pomocą oprogramowania aMESM

Dostępne funkcje pomiarowe

Więcej informacji w załączniku A.

Aplikacja aMESM jest dostępna w Sklepie Play:



Połączenie z aplikacją aMESM (Bluetooth)

- ❑ Należy włączyć przyrząd Euro Z oraz tablet lub smartfon.
- ❑ Należy włączyć komunikację poprzez Bluetooth na tablecie lub smartfonie.
- ❑ Należy uruchomić aplikację aMESM na tablecie lub smartfonie.



Rys. 5.5: Podłączenie przyrządu Euro Z 800 V do aMESM

- ❑ Należy wyszukać odpowiedni przyrząd (Euro Z) w menu urządzeń Bluetooth oraz połączyć się z nim. Poprawna nazwa składa się z modelu przyrządu oraz numeru seryjnego np. *MI 3144-12345678I*.
- ❑ **Kod parowania Bluetooth to 1234.**
- ❑ Należy wybrać funkcję pomiarową z poziomu aplikacji aMESM.
- ❑ Należy ustawić odpowiednie parametry oraz limity.
- ❑ Należy podłączyć Euro Z do badanego obiektu.
- ❑ Należy wybrać opcję START w aplikacji aMESM, aby rozpocząć pomiary.
- ❑ Wyniki pomiaru są wyświetlane w aplikacji aMESM.

6 Testy oraz pomiary

Przyrząd MI 3144 Euro Z 800 V wykonuje pomiary różnymi metodami. Operator musi wybrać odpowiednią funkcję.

6.1 Pomiary Impedancji [Z]

Podczas wykonywania pomiarów w bliskim sąsiedztwie transformatora zasilającego lub innego elementu indukcyjnego, indukcyjność ma znaczny wpływ na wypadkową wartość impedancji pętli zwarcia i wartość spodziewanego prądu zwarciovego. Dlatego też, aby wynik pomiaru był miarodajny należy wykonywać pomiary impedancji (a nie tylko rezystancji) pętli zwarcia.

Impedancja AC	Pomiar	Tryb pomiaru	Metoda pomiarowa	Wartość graniczna
Z	Z linii mΩ	pojedynczy	4-przewodowa	tak
	Z pętli mΩ	pojedynczy	4-przewodowa	tak
	Wysoki prąd	pojedynczy	4-przewodowa + cęgi	tak

Wysoko precyzyjne pomiary impedancji linii (L-L, L-N) i pętli zwarcia (L-PE) są wykonywane przy pomocy impulsów wysokoprądowych, aby zapewnić odpowiedni spadek napięcia podczas wykonywania pomiarów.

Uwagi:

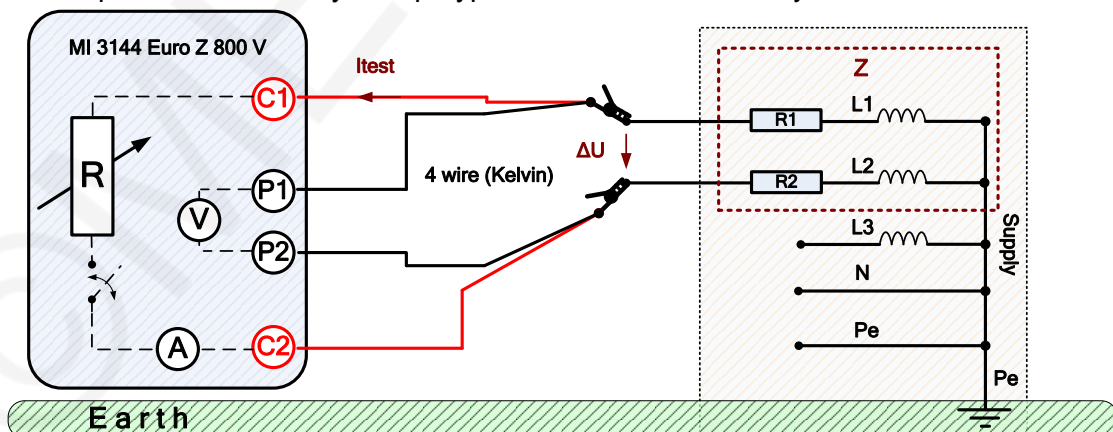
- ❑ Przyrząd Euro Z obciąża badany obwód bardzo wysokim prądem pomiarowym, w związku z czym, pomiędzy kolejnymi pomiarami należy odczekać co najmniej 15 sekund, aby sieć powróciła do standardowych warunków pracy.
- ❑ Podczas wykonywania pomiarów wysokim prądem może wystąpić zjawisko migotania światła.

6.1.1 Pomiar impedancji linii (L-N, L-L) – funkcja Z linii mΩ ($Z_{m\Omega-L-N}$)



Impedancja linii jest impedancją obwodu zwarciovego w przypadku zwarcia elementem o pomijalnie małej impedancji:

- ❑ Przewodu fazowego oraz przewodu neutralnego w przypadku obwodów 1-fazowych lub 3-fazowych,
- ❑ Dwóch przewodów fazowych w przypadku obwodów 3-fazowych.



Rys. 6.1: Przykładowy pomiar impedancji w funkcji Z linii mΩ

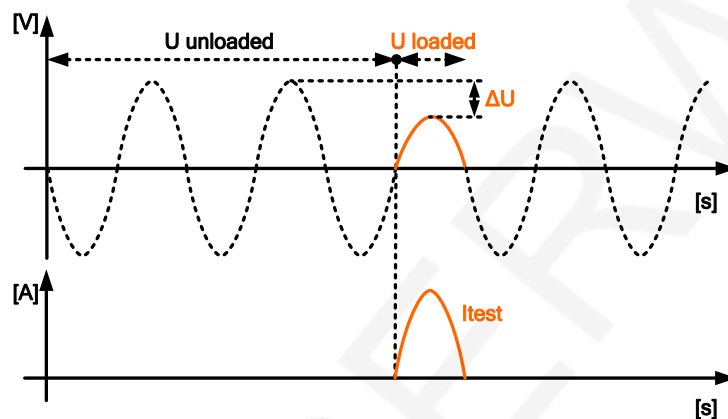
Podczas wykonywania pomiarów, na czas połowy okresu sygnału pomiędzy zaciski C1 oraz C2 włączany jest wewnętrzny rezystor zwarciovego o określonej rezystancji. Wewnętrzny boczny mierzy prąd pomiarowy (I_{test}). Woltomierz mierzy napięcie otwartego obwodu – bez

obciążenia ($U_{Bez\ obc.}$), a następnie pod obciążeniem ($U_{Z\ obc.}$). Impedancja Z jest określana na podstawie stosunku spadku napięcia / prądu testowego.
W przykładzie – mierzona jest następująca impedancja:

$$Z = \frac{U_{Bez\ obc.} - U_{Z\ obc.}}{I_{test}} = \frac{\Delta U}{I_{test}}$$

gdzie:

Z	Impedancja
$U_{Bez\ obc.}$	Mierzona wartość napięcia [bez obciążenia]
$U_{Z\ obc.}$	Mierzona wartość napięcia [z obciążeniem]
ΔU	Spadek napięcia
I_{test}	Prąd pomiarowy



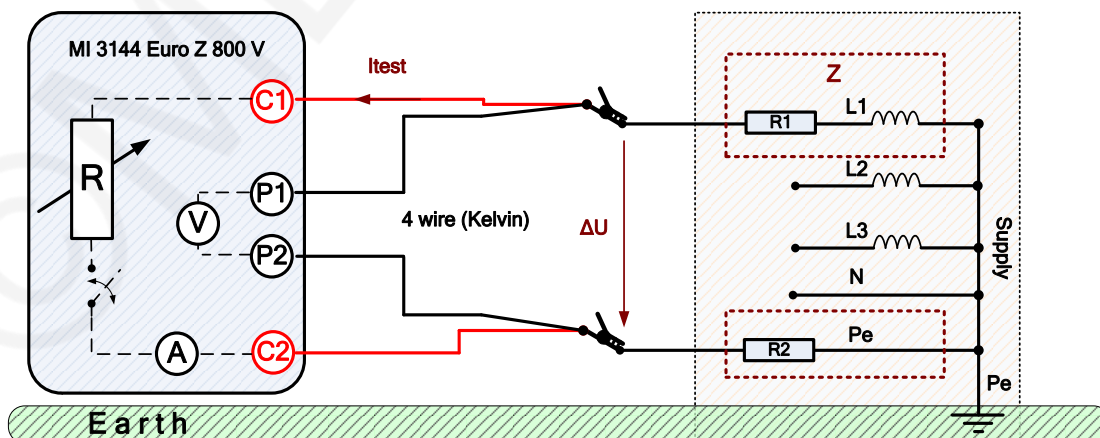
$U_{unloaded}$ – napięcie bez obciążenia
 U_{loaded} – napięcie z obciążeniem
 I_{test} – prąd pomiarowy

Rys.6.2: Przebiegi sygnałów prądowych i napięciowych podczas pomiaru w funkcji Z linii $m\Omega$

6.1.2 Pomiar impedancji pętli zwarcia (L-PE) – funkcja Z pętli $m\Omega$ ($Z_{m\Omega_{L-PE}}$)

$Z_{m\Omega_{L-PE}}$
Z loop $m\Omega$

Impedancja pętli zwarcia jest impedancją obwodu zwarcowego w przypadku zwarcia elementem o pomijalnie małej impedancji pomiędzy przewodem fazowym a przewodem ochronnym lub dostępnym, uziemionym elementem przewodzącym.



Rys. 6.3: Przykładowy pomiar impedancji w funkcji Z pętli $m\Omega$

Podczas wykonywania pomiarów, na czas połowy okresu sygnału pomiędzy zaciski C1 oraz C2 włączany jest wewnętrzny rezystor zwarcioowy o określonej rezystancji. Wewnętrzny boczny mierzy prąd pomiarowy (I_{test}). Voltomierz mierzy napięcie otwartego obwodu – bez obciążenia ($U_{Bez\ obc.}$), a następnie pod obciążeniem ($U_{Z\ obc.}$). Impedancja Z jest określana na podstawie stosunku spadku napięcia / prądu testowego. W przykładzie – mierzona jest następująca impedancja:

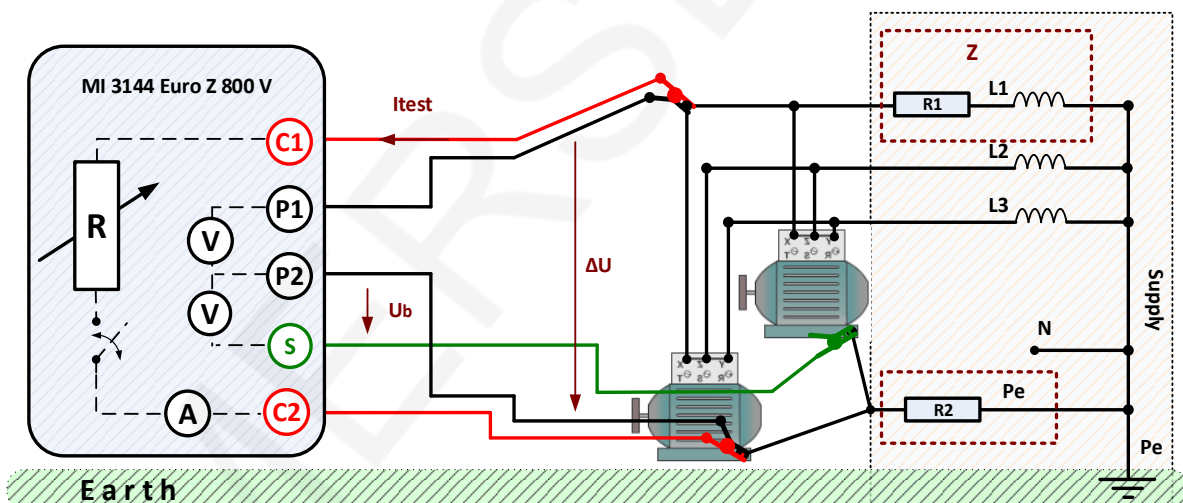
$$Z = \frac{U_{Bez\ obc.} - U_{Z\ obc.}}{I_{test}} = \frac{\Delta U}{I_{test}}$$

gdzie:

Z Impedancja
 $U_{Bez\ obc.}$ Mierzona wartość napięcia [bez obciążenia]
 $U_{Z\ obc.}$ Mierzona wartość napięcia [z obciążeniem]
 ΔU Spadek napięcia
 I_{test} Prąd pomiarowy

Aby umożliwić dodatkowy pomiar napięcia dotykowego U_b , należy ustawić parametr U_b jako włączony!

Wielkość U_b jest napięciem dotykowym przeliczonym dla wartości maksymalnego spodziewanego prądu zwarcioowego (I_{max}). Wartość U_b zależy od zmierzonego napięcia U_{sondy} pomiędzy złączem sondy S oraz złączem $P2$, zmierzonej impedancji (Z), napięcia znamionowego (U_N), współczynnika napięciowego (c_{max}) oraz prądu pomiarowego (I_{test}). Schemat pomiarowy jest przedstawiony na rysunku poniżej:



Rys. 6.4: Przykładowy pomiar impedancji w funkcji Z pętli $m\Omega$ z obliczaną wartością U_b

Wyświetlana wartość (U_b) jest obliczana w następujący sposób:

$$U_b = U_{sondy} \times \left(\frac{I_{max}}{I_{test}} \right) = U_{sondy} \times \left(\frac{c_{max} \times U_N}{Z \times I_{test}} \right)$$

gdzie:

U_b Napięcie dotykowe
 U_{sondy} Napięcie sondy definiowane jako różnica potencjałów U_s i U_{P2}
 I_{max} Maksymalny spodziewany prąd zwarcioowy
 I_{test} Prąd pomiarowy
 Z Impedancja

U_N Napięcie znamionowe
 C_{max} Współczynnik napięciowy (zgodny z EN 60909-0)

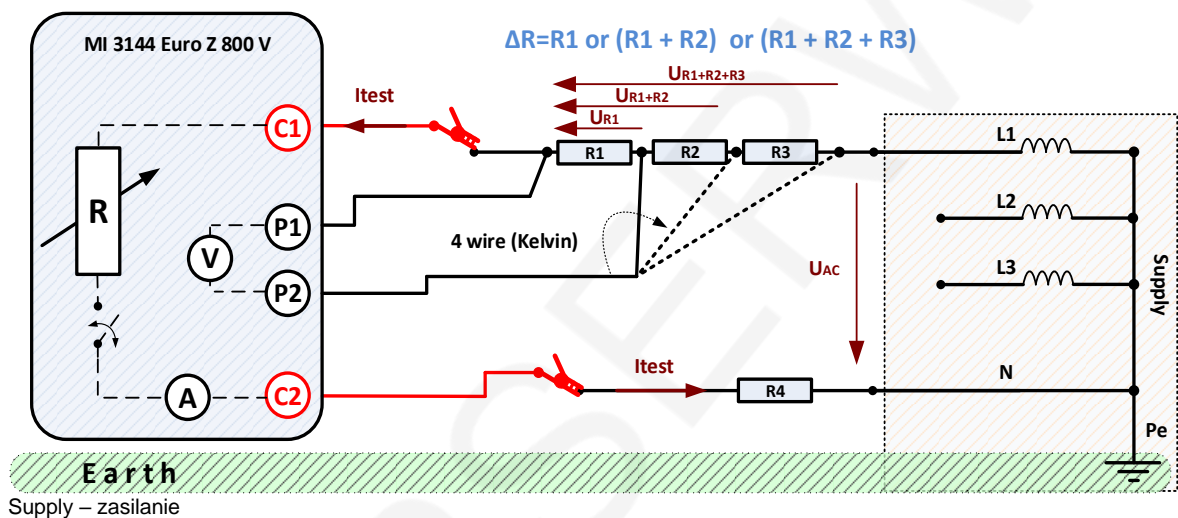
Uwaga:

- Należy zwrócić uwagę na poprawne podłączenie złącz C1, P1, P2, C2 oraz S zgodnie z Rys. 6.4.!

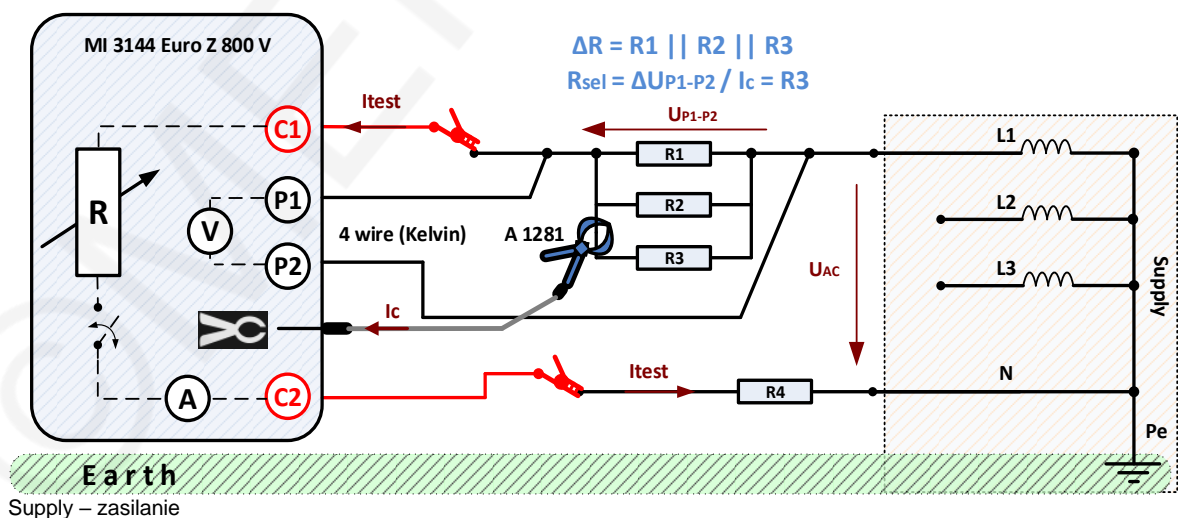
6.1.3 Pomiar rezystancji wysokim prądem – funkcja R – wysoki prąd ($\Delta R300A$)

$\Delta R300A$
High Current

Pomiar ten może być stosowany do pomiarów rezystancji styków w miejscach połączeń torów prądowych lub elementów ochronnych. Pozwala wykryć pogorszenie się stanu połączeń co skutkuje zwiększeniem rezystancji takiego połączenia. Pomiary wykonywane są prądami o wartości powyżej 10 A w zależności od parametrów obwodu i napięcia sieci. Więcej informacji w rozdziale **9.7. Wartość prądu pomiarowego.**

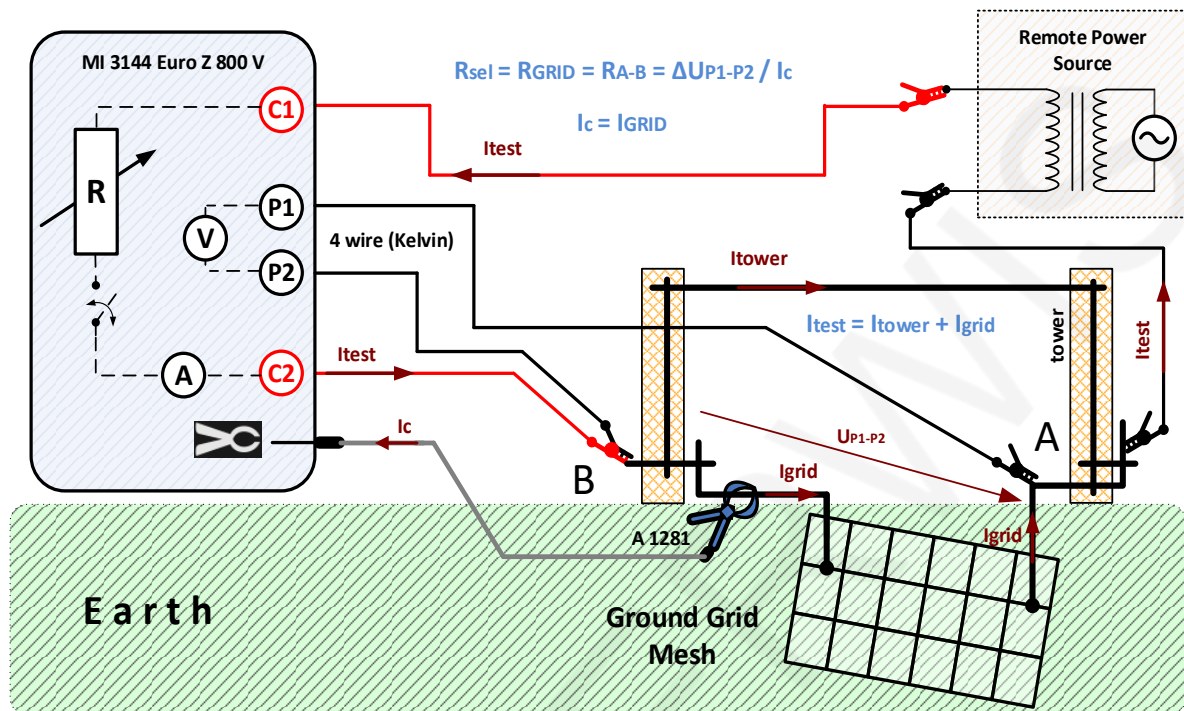


Rys. 6.5: Przykład nr 1 pomiaru wysokim prądem (tablica rozdzielcza)



Rys. 6.6: Przykład nr 2 pomiaru wysokim prądem z użyciem cęgów sztywnych (tablica rozdzielcza)

Ten sposób pomiaru może być odniesiony do normy IEEE-81 par. 10.2 i 10.3.

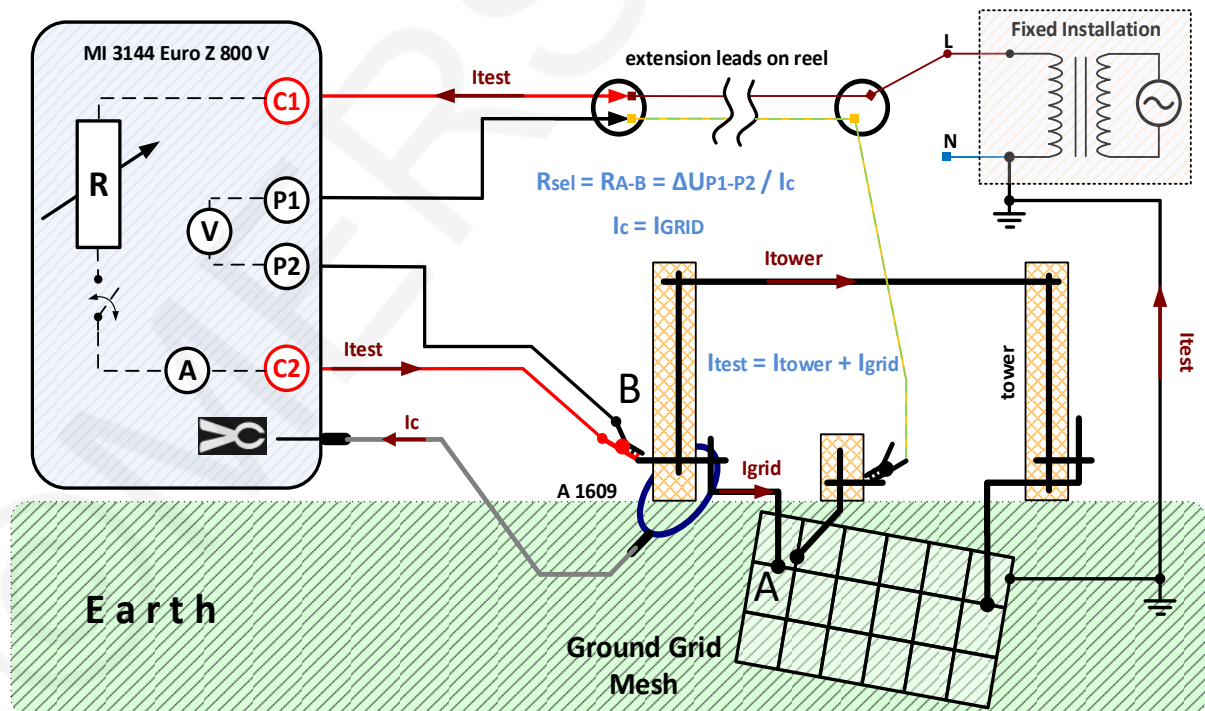


Ground Grid Mesh – siatka uziemienia

Tower – element z uziemieniem ochronnym połączonym z instalacją uziemiającą (w powyższym przykładzie słup)

Remote power source – zewnętrzne źródło zasilania (np. generator dużej mocy)

Rys. 6.7: Przykład nr 3 pomiaru wysokim prądem (IEEE-81)



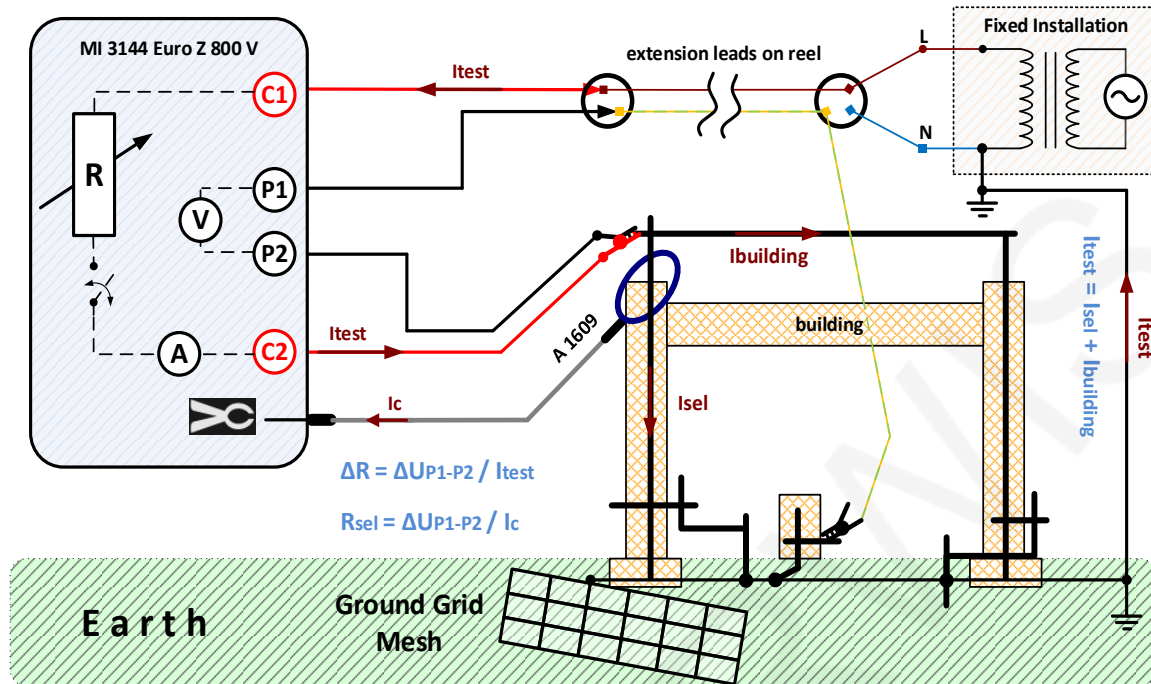
Ground Grid Mesh – siatka uziemienia

Tower – element z uziemieniem ochronnym połączonym z instalacją uziemiającą (w powyższym przykładzie słup)

Fixed installation – zamontowana instalacja elektryczna

Extension leads on reel – przewody przedłużające na szpuli

Rys. 6.8: Przykład nr 4 pomiaru wysokim prądem (IEEE-81)



Ground Grid Mesh – siatka uziemienia

Building – element z uziemieniem ochronnym połączonym z instalacją uziemiającą (w powyższym przykładzie budynek)

Fixed installation – zamontowana instalacja elektryczna

Extension leads on reel – przewody przedłużające na szpuli

Rys. 6.9: Przykład nr 5 pomiaru wysokim prądem (IEEE-81)

Podczas wykonywania pomiarów, na czas połowy okresu sygnału pomiędzy zaciski C1 oraz C2 włączany jest wewnętrzny rezystor zwarcioowy o określonej rezystancji. Przyrząd Euro Z mierzy wartość prądu pomiarowego (I_{test}) oraz opcjonalnie wartość prądu w gałęzi objętej cęgami (I_c). Amplituda prądu pomiarowego zależy od parametrów sieci oraz ustawienia obciążenia pomiarowego. Im wyższa amplituda prądu pomiarowego tym wynik pomiaru jest dokładniejszy i bardziej odporny na zakłócenia (wahania napięcia). Sondy napięciowe P1 i P2 mierzą spadek napięcia po włączeniu obciążenia. Rezystancja R jest wyznaczana z proporcji napięcia i prądu a selektywna rezystancja (R_{sel}) gałęzi obwodu objętej cęgami jest określona z proporcji napięcia / prądu płynącego przez cęgi pomiarowe. W powyższych przykładach mierzone są następujące wartości:

$$\Delta R = \frac{U_{P1-P2}}{I_{test}} \qquad R_{sel} = \frac{U_{P1-P2}}{I_c}$$

gdzie:

ΔR Rezystancja

R_{sel} Rezystancja selektywna gałęzi objętej cęgami

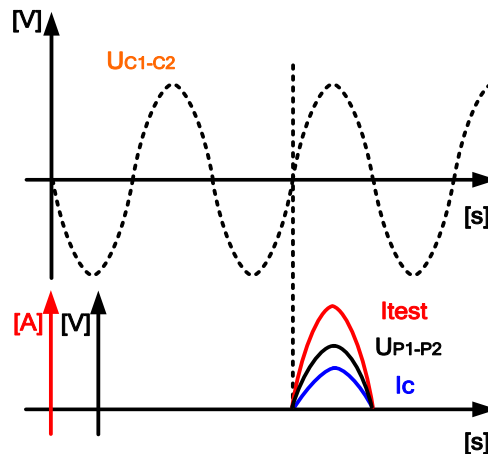
$U_{P1-P2} = \Delta U$ Spadek napięcia [z obciążeniem]

$U_{C1-C2} = U_{bez\ obc.}$ Zmierzone napięcie [bez obciążenia]

$\Delta U\%$ Spadek napięcia w procentach [$\Delta U (\%) = [(\Delta U / U_{bez\ obc.}) \times 100 \%$]

I_{test} Prąd pomiarowy

I_c Prąd płynący przez cęgi



Rys. 6.10: Przykładowe przebiegi sygnałów prądu i napięcia przy pomiarze wysokim prądem

6.2 Pomiary rezystancji linii oraz źródeł DC [R]

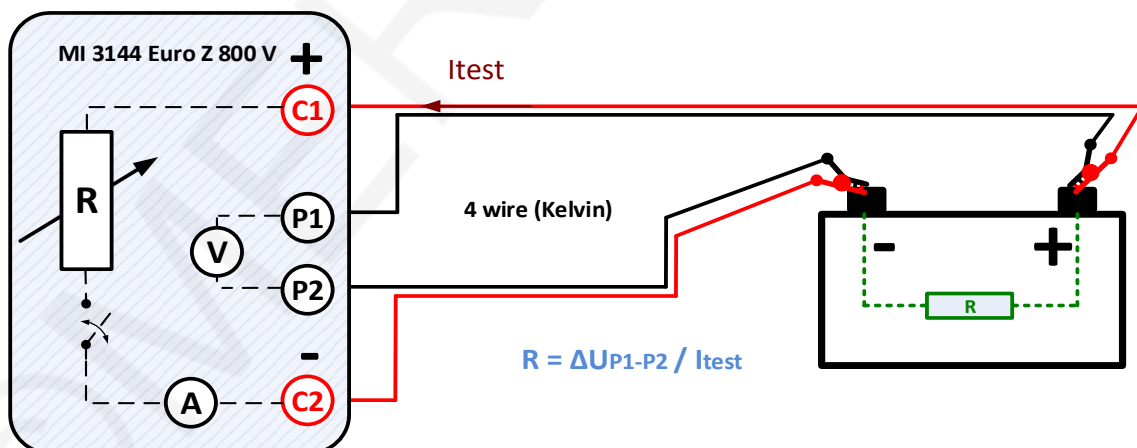
Rezystancja DC	Pomiary	Tryb pomiaru	Metoda pomiarowa	Wartość graniczna
R	R linii mΩ	pojedynczy	4-przewodowa	tak

Tabela 6.11: Dostępne pomiary rezystancji DC w przyrządzie MI 3144

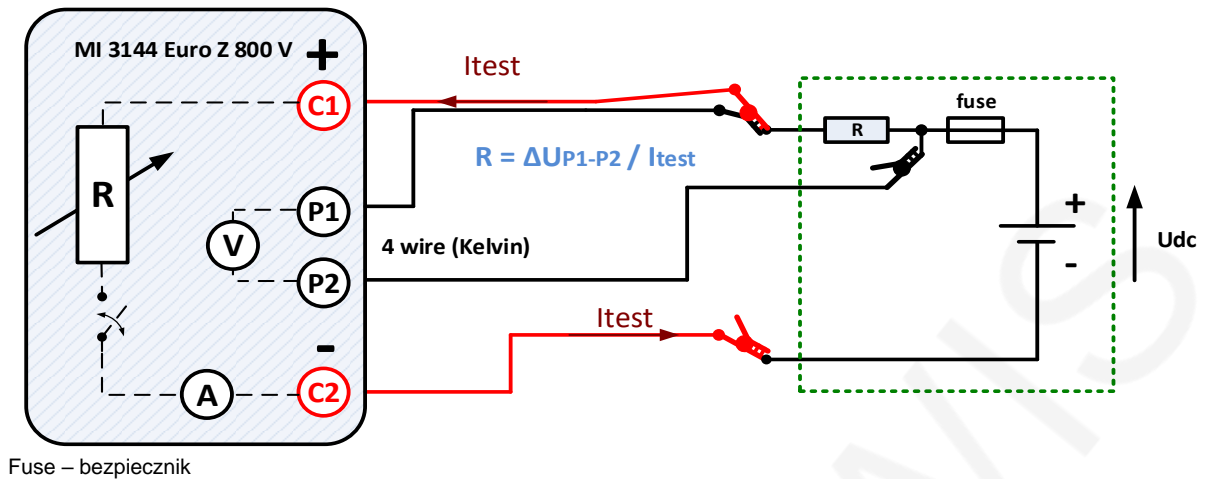
6.2.1 Pomiar rezystancji linii / rezystancji wewnętrznej źródła DC – funkcja R linii mΩ ($R_{m\Omega DC}$)

$R_{m\Omega DC}$
R line mΩ

Pomiar R linii mΩ jest przeznaczony do sprawdzania rezystancji wewnętrznej akumulatorów (w pełni naładowanych) lub instalacji DC o napięciu do 260 VDC. Akumulator albo źródło DC jest na czas pomiaru obciążane poprzez przyrząd pomiarowy. Prąd pomiarowy zależy od napięcia źródła DC ($U_{DC_Bez\ obc.}$) oraz mocy obciążenia.



Rys. 6.12: Przykład nr 1 pomiaru rezystancji wewnętrznej źródła DC w funkcji R linii mΩ (akumulator)



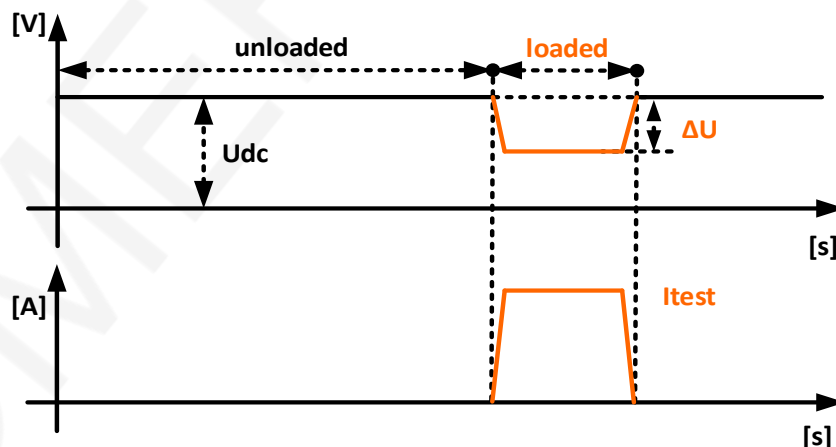
Rys. 6.13: Przykład nr 2 pomiaru rezystancji linii w funkcji R linii mΩ (źródło DC)

Podczas wykonywania pomiarów, na czas 20 ms pomiędzy zaciski C1 (+) oraz C2 (-) włączany jest wewnętrzny rezystor zwarciov o określonej rezystancji. Wewnętrzny bocznik mierzy prąd pomiarowy (I_{test}). Voltmierz mierzy napięcie otwartego obwodu – bez obciążenia ($U_{DC \text{ Bez obc.}}$), a następnie pod obciążeniem ($U_{DC \text{ obc.}}$). Rezystancja R jest określana na podstawie stosunku spadku napięcia / prądu testowego:

$$R = \frac{U_{DC \text{ Bez obc.}} - U_{DC \text{ obc.}}}{I_{test}} = \frac{\Delta U}{I_{test}}$$

gdzie:

R	Rezystancja
$U_{DC \text{ Bez obc.}}$	Zmierzone napięcie DC [bez obciążenia]
$U_{DC \text{ obc.}}$	Zmierzone napięcie DC [z obciążeniem]
ΔU	Spadek napięcia
$\Delta U\%$	Procentowy spadek napięcia [$\Delta U (\%) = [(\Delta U / U_{DC \text{ Bez obc.}}) \times 100 \%$]
I_{test}	Prąd pomiarowy



$U_{unloaded}$ – napięcie bez obciążenia
 U_{loaded} – napięcie z obciążeniem

Rys. 6.14: Pomiar w funkcji R linii mΩ - przykładowe przebiegi sygnałów napięciowych i prądowych

6.3 Potencjał ziemi [U]

Napięcie AC	Pomiar	Tryb pomiaru	Metoda pomiaru	Wartość graniczna
U	U dotyk.	Pojedynczy	4-przewodowa	Tak

Tabela 6.15: Pomiary związane z potencjałem gruntu dostępne w przyrządzie MI 3144

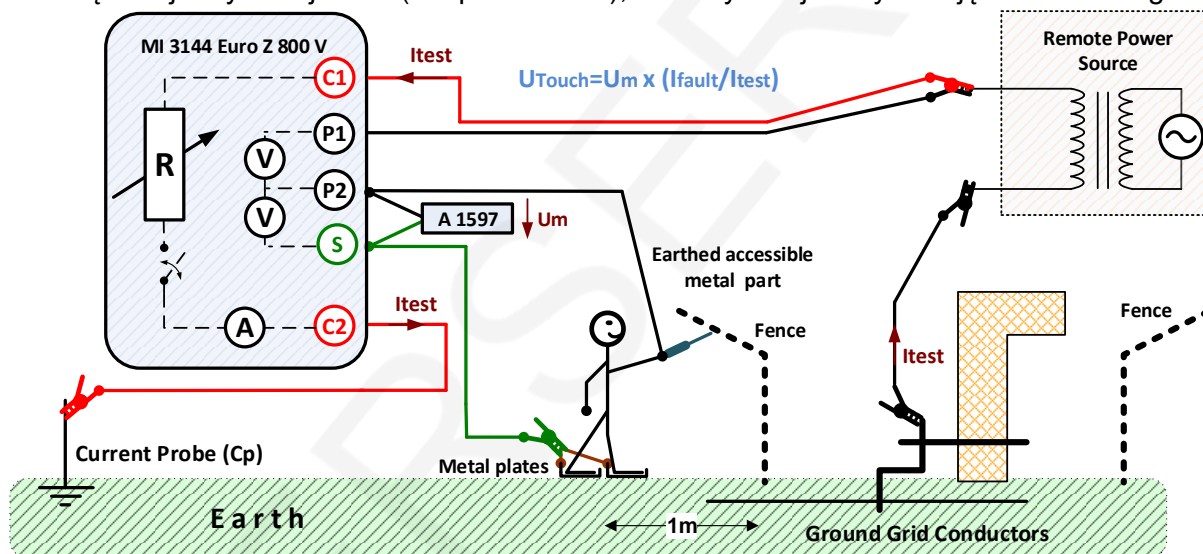
Uwaga (zgodnie z IEEE Std 81):

- Napięcie dotykowe – definicja ogólna. Różnica potencjałów pomiędzy dostępną częścią przewodzącą obiektu (dotykaną przez osobę, która jednocześnie stoi na powierzchni gruntu w otoczeniu tego obiektu) a punktami na powierzchni gruntu (w których stopy tej osoby mają kontakt z tą powierzchnią).

6.3.1 Pomiar napięcia dotykowego – funkcja U dotyk. (U_{Touch})



Pomiar obsługiwany przez przyrząd MI 3144 może być odniesiony do normy IEEE-81 par. 9. Pomiar jest wykonywany pomiędzy dostępną, uziemioną częścią przewodzącą oraz powierzchnią gruntu jak na rys. 6.14. Napięcie pomiędzy sondami jest mierzone woltomierzem na zewnętrznej rezystancji 1 k Ω (adapter A 1597), która symuluje rezystancję ciała ludzkiego.



Ground Grid Conductors – podziemne elementy układu uziemiającego

Fence – ogrodzenie

Remote power source – zewnętrzne źródło zasilania (np. generator dużej mocy)

Extension leads on reel – przewody przedłużające na szpulii

Current Probe (Cp) – sonda prądowa

Rys. 6.16: Przykładowe pomiary napięcia dotykowego

Podczas wykonywania pomiarów, na czas połowy okresu sygnału pomiędzy zaciski C1 oraz C2 włączany jest wewnętrzny rezystor zwarcioowy o określonej rezystancji. Rezystancja doziemna sondy prądowej powinna być możliwie najniższa w celu umożliwienia przepływu wysokiego prądu pomiarowego. Wypadkowa rezystancja doziemna sondy prądowej może być zmniejszona poprzez użycie dodatkowych sond połączonych równolegle lub użycie innego układu uziemiającego zamiast sondy prądowej. Im wyższy prąd pomiarowy tym wyższa odporność na zakłócenia oraz dokładność pomiaru. Wewnętrzny bocznik mierzy prąd pomiarowy (I_{test}). Woltomierz mierzy spadek napięcia na rezystorze o wartości 1 k Ω (A 1597). Napięcie dotykowe ($U_{dotyk.}$) jest określane z proporcji maksymalnego spodziewanego prądu zwarcia doziemnego do wartości prądu zmierzonego, która jest mnożona przez zmierzoną wartość napięcia zarejestrowaną podczas wykonywania pomiarów:

$$U_{dotyk.} = U_{mierz.} \times \frac{I_{ZWAR.}}{I_{test}}$$

gdzie:

$U_{dotyk.}$ Obliczana wartość napięcia dotykowego w przypadku przepływu maksymalnego spodziewanego prądu zwarcia doziemnego

$I_{ZWAR.}$ Wartość maksymalnego spodziewanego prądu zwarcia doziemnego dla badanego obiektu

$U_{mierz.}$ Zmierzona wartość spadku napięcia

I_{test} Prąd pomiarowy

6.4 Sprawdzanie przełączników ELR (pomiar prądu [I] oraz czasu [t] zadziałania)

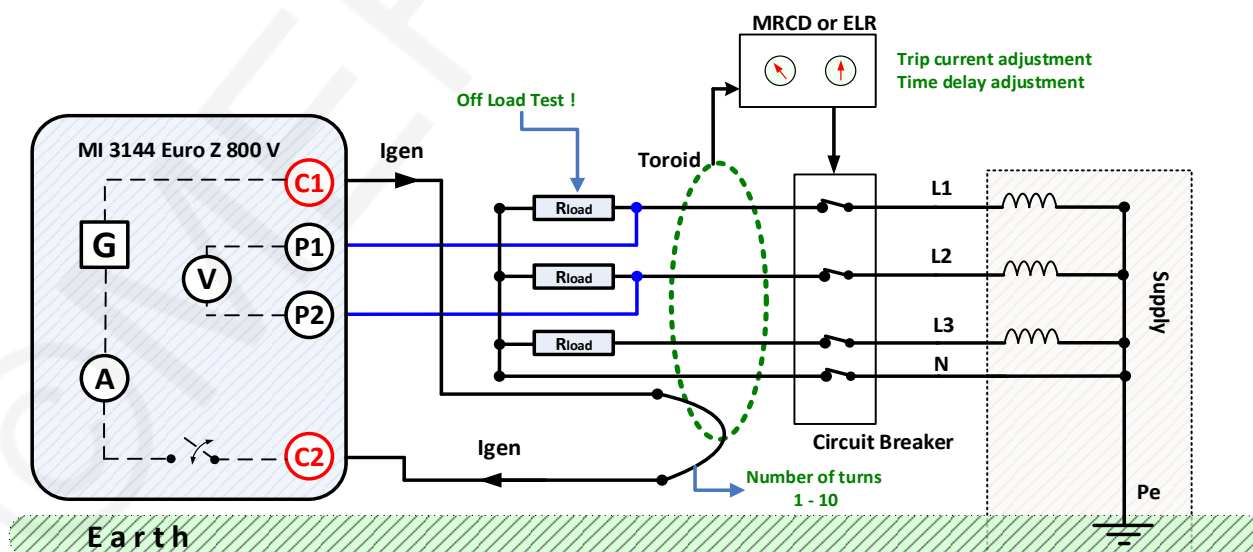
Przyrząd MI 3144 Euro Z 800 V umożliwia wykonanie badań przełączników prądu doziemnego (ELR) oraz modułowych wyłączników różnicowoprądowych (MRCD) bez zintegrowanego członu wyłączającego oraz z zewnętrznymi sondami.

Badanie MRCD	Pomiary	Tryb pomiaru	Typ ELR	Wartość graniczna	Filtr
I, t	Pomiar prądu zadziałania ELR	pojedynczy	AC, A, B	Tak	AC/DC
	Pomiar czasu zadziałania ELR	pojedynczy	AC, A, B	tak	AC/DC

Tabela 6.17: Pomiary związane z badaniem przełączników ELR w przyrządzie MI 3144

Uwaga (zgodnie z IEC 60947-2 Załącznik M):

- Przełącznik ELR (MRCD) doziemnego prądu upływu - Earth Leakage Relay (ELR) lub modułowy wyłącznik różnicowoprądowy - Modular Residual Current Devices (MRCD) powinien być zainstalowany oraz okablowany zgodnie z zaleceniami producenta. Jeśli nie określono inaczej - jest on podłączany do aparatury pomiarowej zgodnie z dokumentacją producenta, w sposób odwzorowujący standardowe warunki pracy obwodu wyjściowego w celu weryfikacji zmiany stanu wyjścia. Do pomiarów czasu zadziałania - przełącznik ELR jest podłączony do członu wyłączającego określonego przez producenta oraz zainstalowany w monitorowanym obwodzie.



Off load test! – test wyłączenia obciążenia
 Trip current adjustment – ustawienie prądu zadziałania
 Time delay adjustment – ustawienie czasu opóźnienia
 Number of turns – liczba zwojów
 Circuit breaker – wyłącznik (człon wykonawczy ELR / MRCD)
 Supply - zasilanie

Rys. 6.18: Przykładowe pomiary czasu oraz prądu zadziałania przełączników ELR

Spis zależności dostępnych parametrów pomiarowych: I_{gen} , czas trwania, liczba zwojów, kształt prądu pomiarowego:

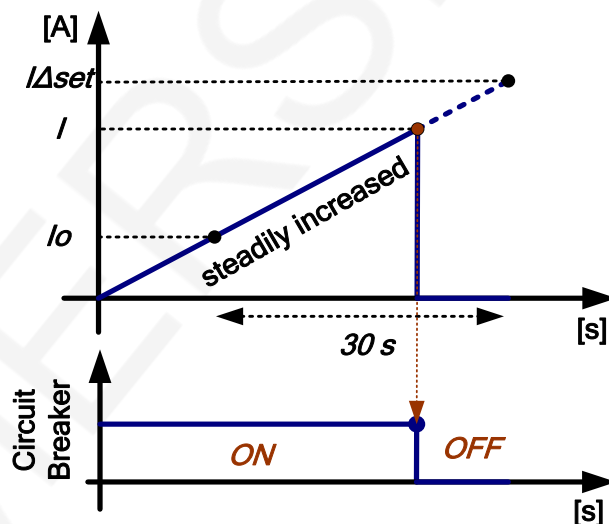
I_{gen}	Czas trwania (s)	Liczba zwojów w obwodzie prądowym	Kształt prądu pomiarowego		
			Przemienny	Pulsujący	Stały DC
3 mA	0.3 0.5 1 2 5 10 20	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	AC	A	B
5 mA			AC	A	B
6 mA			AC	A	B
10 mA			AC	A	B
15 mA			AC	A	B
30 mA			AC	A	B
50 mA			AC	A	B
100 mA			AC	A	B
150 mA			AC	A	●
250 mA			AC	A	●
300 mA			AC	A	●
500 mA			AC	●	●

Tabela 6.19: Dostępne parametry pomiarowe badania ELR za pomocą MI 3144

6.4.1 Pomiar prądu zadziałania przełącznika ELR – funkcja Test prądowy ELR (I)



Weryfikacja zadziałania przełącznika ELR w przypadku stałego przyrostu prądu upływu.



Steadily increased – jednostajnie zwiększany

Circuit breaker – wyłącznik (człon wykonawczy ELR / MRCD) – stan włączony/przewodzący (ON) – stan wyłączony/przerwa (OFF)

Rys. 6.20: Przykładowy przebieg pomiaru prądu zadziałania przełącznika ELR

Podczas pomiarów wyłącznik sterowany przez przełącznik jest w pozycji zamkniętej (włączony), a przełącznik ELR (MRCD) jest w trakcie normalnej pracy. Prąd upływu jest zwiększany liniowo (rozpoczynając od wartości nie większej niż 10% $I_{\Delta set}$, do wartości $I_{\Delta set}$) w czasie około 30 s. Wartość prądu, przy którym nastąpiło zadziałanie ELR (MRCD) – wyłącznik został wyłączony jest wyświetlana jako I.

Wartość $I_{\Delta set}$ jest obliczana wg poniższego wzoru:

$$I_{\Delta set} = I_{gen} \times (\text{liczba zwojów})$$

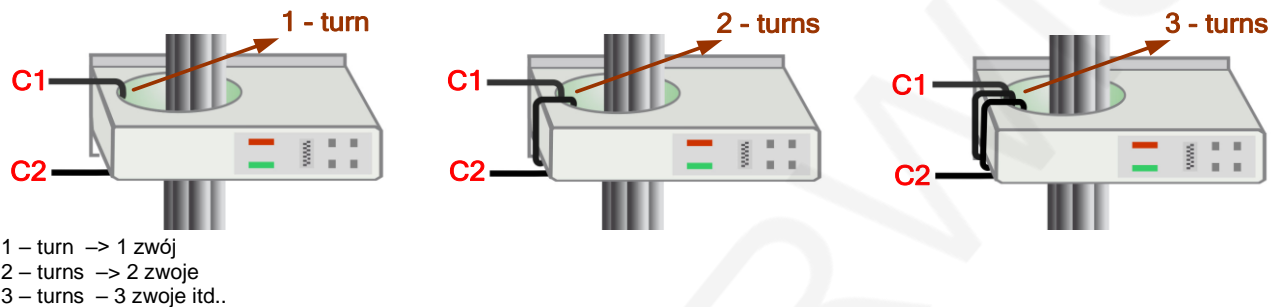
gdzie:

$I_{\Delta set}$ Wartość prądu powodująca zadziałanie przełącznika ELR (MRCD).

I_{gen} Ustawiona wartość prądu lub wartość końcowa (I_{gen} pomnożony przez liczbę zwojów).

I_0 Prąd początkowy (10 % $I_{\Delta set}$).

Należy zawsze prawidłowo wprowadzić liczbę zwojów!

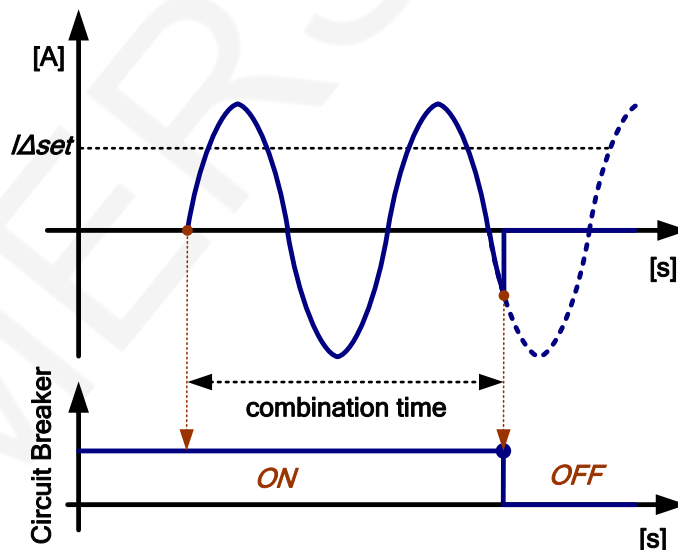


Rys. 6.21: Przykład stosowania zmiennej liczby zwojów

6.4.2 Pomiar czasu zadziałania przełącznika ELR – funkcja Test czasu reakcji (ELR) (t)



Weryfikacja prawidłowego działania przełącznika podczas nagle pojawiającego się prądu upływu.



Combination time – czas zadziałania (łączny – ELR + człon wykonawczy)

Circuit breaker – wyłącznik (człon wykonawczy ELR / MRCD) – stan włączony/przewodzący (ON) – stan wyłączony/przerwa (OFF)

Rys. 6.22: Przykładowy przebieg pomiaru czasu zadziałania przełącznika ELR

Podczas pomiarów wyłącznik sterowany przez przekaźnik jest w pozycji zamkniętej (włączony), a przekaźnik ELR (MRCD) jest w trakcie normalnej pracy. Prąd upływu jest zwiększany nagle do wartości ustawionej.

Przyrząd mierzy czas zadziałania (kombinacja ELR + Wyłącznik) od osiągnięcia prądu ($I_{\Delta set}$) do wyłączenia wyłącznika.

gdzie:

t..... Całkowity czas operacji wyłączenia.

$I_{\Delta set}$ Ustawiona wartość prądu (I_{gen} pomnożony przez liczbę zwojów).

6.5 Pomiar prądu

Prąd	Pomiar	Tryb pomiaru	Częstotliwość znamionowa	Filtr	Typ	Maksymalny zakres pomiarowy
I	Cęgowy pomiar prądu	ciągły	16 Hz – 420 Hz	RMS	A1227	3000 A
					A1281	1000 A
					A1609	3000 A

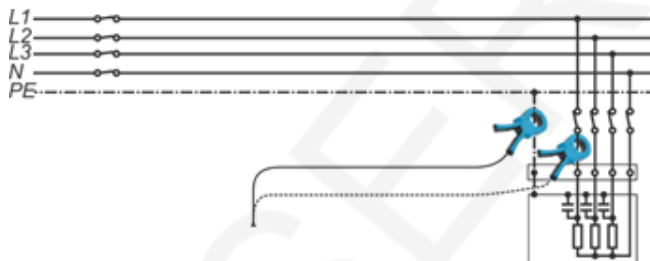
Tabela 6.23: Parametry pomiaru prądu za pomocą przyrządu MI 3144

6.5.1 Pomiar prądu – funkcja cęgowy pomiar prądu (Iclamp)



Sztywne cęgi pomiarowe AC – A1281

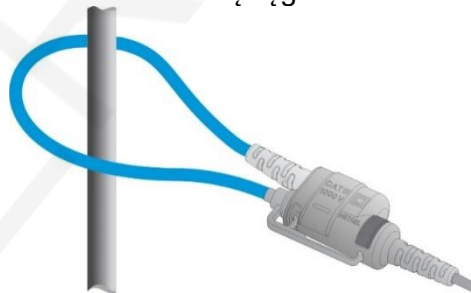
Sztywne cęgi pomiarowe A 1281 są wielozakresowym akcesorium pomiarowym zaprojektowanym do pomiaru prądu przemiennego w zakresie 50 mA ... 1000 A. Cęgi posiadają 4 zakresy pomiarowe 0,5 A, 5 A, 100 A oraz 1000 A – dobór odpowiedniego zakresu jest możliwy z poziomu przyrządu pomiarowego. Wbudowany moduł elektroniczny jest zasilany bezpośrednio z podłączonego przyrządu Euro Z oraz nie wymaga zewnętrznego zasilania.



Rys. 6.24: Przykład pomiaru cęgami A1281

Giętkie cęgi pomiarowe A1227 oraz A1609

1. Należy objąć badany element obwiednią cęgów oraz zamknąć pętlę.



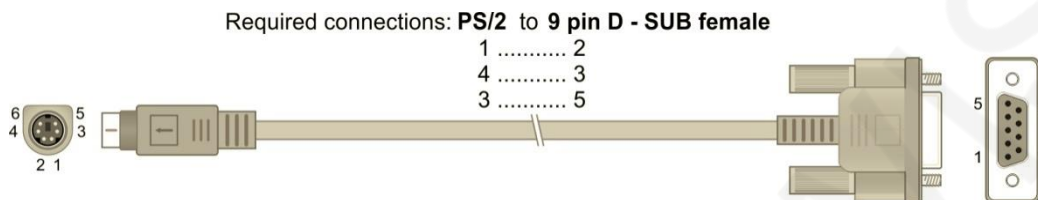
- Bardzo ważne jest (na ile to możliwe) równomierne objęcie konstrukcji i prostopadłe ułożenie cęgów w celu minimalizacji błędów pomiarowych.
 - Aby zminimalizować wpływ równoległych przewodników pomiar powinien być wykonywany w miejscu możliwie najbardziej od nich oddalonym.
 - Należy upewnić się, czy oznaczenia kierunku przepływu prądu są skierowane w odpowiednią stronę.
2. Należy podłączyć cęgi giętkie do złącza przyrządu Euro Z.
 3. Należy wybrać odpowiedni zakres pomiarowy.
 4. Należy uruchomić pomiar.
 5. Należy obserwować wskazanie na ekranie przyrządu. Jeśli jest to możliwe należy zmniejszyć zakres pomiarowy w celu poprawy dokładności.

7 Komunikacja

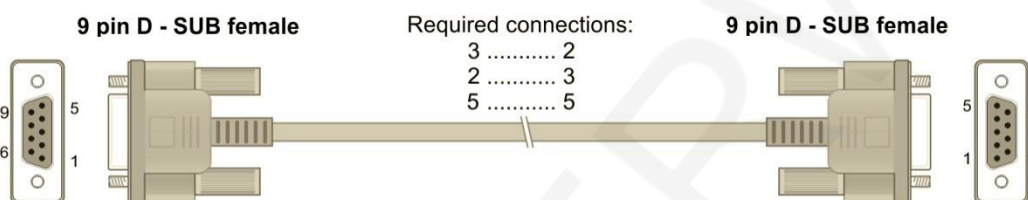
Dostępne są dwa interfejsy komunikacyjne w przyrządzie Euro Z do komunikacji z przyrządem nadrzędnym lub urządzeniem z systemem Android: RS-232 oraz Bluetooth.

Komunikacja RS-232

Wymagany jest przewód do komunikacji szeregowej. Połączenie zgodnie ze schematami.



Rys. 7.1: Połączenie RS-232 – (Przykład połączenia z MI 3152 lub MI 3155)



Rys. 7.2: Połączenie RS-232 (Przykład połączenia z przyrządem nadrzędnym poprzez port szeregowy 9-pin typu D-SUB)

Komunikacja Bluetooth

Wewnętrzny moduł Bluetooth umożliwia łatwą komunikację z przyrządami nadrzędnymi oraz urządzeniami z systemem Android.

Konfiguracja połączenia Bluetooth pomiędzy przyrządem Euro Z oraz urządzeniem z systemem Android

- › Należy włączyć przyrząd Euro Z.
- › Sparować przyrząd Euro Z z urządzeniem Android.
- › U uruchomić aplikację i dokonać konfiguracji zgodnie z instrukcją.
- › Przyrząd oraz urządzenie Android są gotowe do komunikacji.

Uwagi

- ❑ W niektórych przypadkach może być wymagany kod parujący. Należy użyć kodu '1234' aby nawiązać połączenie.
- ❑ Nazwa poprawnie skonfigurowanego urządzenia Bluetooth musi składać się z modelu przyrządu oraz jego numeru seryjnego np. MI 3144-12345678I. Jeśli moduł Bluetooth posiada inną nazwę – należy powtórzyć proces konfiguracji.

8 Konserwacja

Nieuprawnione osoby nie powinny otwierać przyrządu Euro Z. Wewnątrz nie znajdują się żadne elementy, których wymiana leżałaby w kompetencji użytkownika. Akumulator może być wymieniany wyłącznie na nowy odpowiedniego typu przez autoryzowane jednostki serwisowe.

8.1 Czyszczenie

Aby wyczyścić powierzchnię przyrządu lub akcesoriów należy użyć ściereczki delikatnie zwilżonej wodą z mydłem lub alkoholem. Następnie należy pozostawić przyrząd do całkowitego wyschnięcia przed ponownym użyciem.

Ostrzeżenia:

- Nie należy używać płynów na bazie benzyny lub węglowodorów!
- Nie należy rozlewać płynów czyszczących na powierzchnię przyrządu!

8.2 Okresowe wzorcowanie

Niezbędne jest regularne wzorcowanie przyrządu w celu zagwarantowania prawidłowych wyników pomiarów (zgodnych ze specyfikacją przedstawioną w tej instrukcji) dokonywanych przyrządem. Zalecane jest coroczne wzorcowanie przyrządu. Wzorcowanie powinno być wykonane przez odpowiednie laboratorium wzorcujące. W celu uzyskania dodatkowych informacji należy skontaktować się z dystrybutorem.

8.3 Serwis

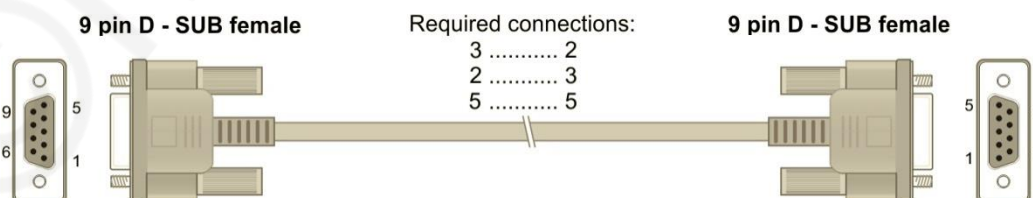
W celu dokonania naprawy gwarancyjnej lub pogwarancyjnej należy skontaktować się z dystrybutorem przyrządu.

8.4 Aktualizacja przyrządu

Oprogramowanie wewnętrzne przyrządu Euro Z może być uaktualniane z poziomu komputera PC poprzez port komunikacyjny RS232. Procedura aktualizacji umożliwi utrzymywanie przyrządu w stanie dostosowanym do aktualnie obowiązujących norm. Najnowszy firmware można pobrać tutaj:

<https://www.metrel.si/en/downloads/>

Specjalny program do aktualizacji – **FlashMe** przeprowadzi użytkownika przez całą procedurę aktualizacji. Więcej informacji można znaleźć u lokalnego dystrybutora



Rys. 8.1: Podłączenie interfejsu RS-232 w celu aktualizacji przyrządu MI 3144 Euro Z

9 Dane techniczne

9.1 Impedancja [Z]

9.1.1 Pomiary w funkcjach Z linii mΩ, Z pętli mΩ

Zakres pomiarowy zgodny z EN 61557-3: 12.0 mΩ ... 19.99 Ω

Sposób pomiaru Pomiar napięcia / prądu (próbkiowanie synchroniczne)

Impedancja linii Impedancja pętli zwarcia	Zakres pomiarowy (Ω)	Rozdzielczość (mΩ)	Niepewność (* patrz uwagi)
Z	0.1 m ... 199.9 m	0.1	±(5 % wartości wskazanej
	200 m ... 1999 m	1	+ 3mΩ)
	2.00 ... 19.99	10	±(5 % w.w. + 3 cyfry)

Tryb pomiaru pojedynczy

Zakres napięcia sieci 40 V ... 470 V przy (16 Hz ... 420 Hz)

40 V ... 880 V przy (40 Hz ... 420 Hz)

Zakres częstotliwości sieci 16 Hz ... 420 Hz

Maksymalny prąd pomiarowy patrz rozdział 9.7. Prąd pomiarowy, Rys. 9.3

Metoda pomiaru 4-przewodowa

Pomiar wartości R oraz XL tak

Uśrednianie wyników z kilku pomiarów Wyłączone, z 2, z 4, z 6

Automatyczny dobór zakresu tak

Automatyczne sprawdzenie poziomu zakłóceń tak

Wyświetlana wartość spodziewanego prądu zwarciovego (I_{psc}) jest obliczana ze wzoru:

$$I_{psc} = \frac{U_n \times k_{sc}}{Z}$$

Jeśli napięcie znamionowe (U_n) mieści się w granicach tolerancji ±6 % lub ±10 % napięcia znamionowego (ustawienia parametru!) spodziewany prąd zwarciovzy (I_{psc}) zostanie automatycznie obliczony. W przeciwnym wypadku (napięcie poza granicami tolerancji) I_{psc} nie zostanie obliczony i wyświetlone zostaną znaczki (- - -).



gdzie:

Z zmierzona impedancja

U_n napięcie znamionowe

k_{sc} współczynnik korekcyjny dla I_{psc} (Współczynnik I_{sc})

Tolerancja Tolerancja wartości znamionowej napięcia (±6% lub ±10%)

Więcej informacji w załączniku C – Prądy zwarciovzy w obwodach trójfazowych.

Wyświetlana wartość (U_b) jest obliczana zgodnie ze wzorem:

$$U_b = U_{sondy} \times \left(\frac{I_{max}}{I_{test}} \right) = U_{sondy} \times \left(\frac{c_{max} \times U_n}{Z \times I_{test}} \right)$$

Jeśli wartość napięcia znamionowego (U_n) mieści się w granicach tolerancji ±6 % lub ±10 % (ustawienie parametru!) wtedy obliczona zostanie wartość maksymalnego spodziewanego prądu zwarciovzy (I_{max}) oraz

napięcia dotykowego (U_b). Przekroczenie tolerancji spowoduje, że wartości nie będą obliczane i wyświetlony zostanie znak (- - -).

gdzie:

U_b Napięcie dotykowe
 U_{sondy} Napięcie sondy definiowane jako różnica potencjałów U_S i U_{P2}
 I_{max} Maksymalny spodziewany prąd zwarcia doziemnego
 I_{test} Prąd pomiarowy
 Z Impedancja
 U_n Napięcie znamionowe
 C_{max} Współczynnik napięciowy (zgodnie z EN 60909-0)

Więcej informacji w załączniku C – Prądy zwarciove w obwodach trójfazowych.

* Uwagi:

- Napięcie i częstotliwość sieciowa powinny być stabilne podczas wykonywania pomiarów!
- Podczas pomiarów niższymi wartościami prądu (obciążenie 16.6 % i 33.3 %) wyniki mogą się nieznacznie różnić!
- Jeśli wykonanie pomiaru spowoduje wyzwolenie zabezpieczenia - pomiar zostanie anulowany.
- Dla pomiaru U_b należy sprawdzić poprawność podłączeń złączy C1, P1, P2, C2 oraz S! Więcej informacji na Rys. 6.4.



Pomiar został anulowany – należy wziąć pod uwagę wyświetlane ostrzeżenia oraz komunikaty.

9.1.2 Pomiary w funkcji R – Wysoki prąd

Sposób pomiaru Pomiar napięcia / prądu (opcjonalne dotychczas cęgów)

Rezystancja	Zakres pomiarowy (Ω)	Rozdzielczość ($m\Omega$)	Niepewność (* patrz uwagi)
ΔR	0.1 m ... 199.9 m	0.1	$\pm(5\%$ wartości wskazanej
	200 m ... 1999 m	1	+ 3m Ω)
	2.00 ... 19.99	10	$\pm(5\%$ w.w. + 3 cyfry)

Rezystancja selektywna	Zakres pomiarowy (Ω)	Rozdzielczość ($m\Omega$)	Niepewność (* patrz uwagi)
R_{sel}	0.1 m ... 199.9 m	0.1	$\pm(8\%$ wartości wskazanej
	200 m ... 1999 m	1	+ 3 m Ω)
	2.00 ... 19.99	10	$\pm(8\%$ w.w. + 3 cyfry)

Tryb pomiaru pojedynczy

Zakres napięcia sieci 40 V ... 470 V przy (16 Hz ... 420 Hz)

40 V ... 880 V przy (40 Hz ... 420 Hz)

Zakres częstotliwości sieci 16 Hz ... 420 Hz

Maksymalny prąd pomiarowy patrz rozdział 9.7. Wartość prądu pomiarowego, Rys. 9.3

Metoda pomiaru 4-przewodowa

Uśrednianie wyników z kilku pomiarów Wyłączone, z 2, z 4, z 6

Automatyczny dobór zakresu tak

Automatyczne sprawdzenie poziomu zakłóceń tak



Nominal voltage range – zakres napięć znamionowych

* Uwagi:

- Napięcie i częstotliwość sieciowa muszą być stabilne podczas pomiarów!
- Podczas pomiarów niższymi wartościami prądu (obciążenie 16.6 % i 33.3 %) wyniki mogą się nieznacznie różnić!
- Nieznaczne przekroczenie zakresu pomiarowego spowoduje wyświetlenie przez przyrząd oznaczenia „>” wraz z odpowiednim zakresem pomiarowym (np. >599 A).
- Znaczne przekroczenie zakresu pomiarowego spowoduje wyświetlenie oznaczenia (- - -).
- Niepewność wartości R_{sel} zależy od poprawnego doboru optymalnego zakresu pomiarowego cęgów!
- Jeśli wykonanie pomiaru spowoduje wyzwolenie zabezpieczenia - pomiar zostanie anulowany.



Zbyt niska wartość prądu płynąca przez cęgi sztywne lub giętkie. Wyniki mogą być niemiernodajne.
Wartość graniczna [I_c (prąd pomiarowy) < 10 % zakresu].

9.1.3 Opcje uśredniania

Aby zminimalizować wpływ zakłóceń na wynik pomiaru – w przyrządzie zastosowano specjalny algorytm uśredniania wyników pomiarowych. Ta opcja umożliwia uzyskanie bardziej stabilnych wyników szczególnie w sytuacji wykonywania pomiarów w sieciach zawierających wysokie wartości interharmonicznych oraz Flickerów.

Funkcje pomiarowe Z linii mΩ, Z pętli mΩ, R - wysoki prąd

W wymienionych funkcjach pomiarowych, status uśredniania jest wyświetlany na ekranie sterowania. Poniższa tabela definiuje opcje uśredniania oraz czasy wykonywania poszczególnych pomiarów:

Opcje uśredniania	Znaczenie	Standardowy czas wykonania sekwencji (s)		
		@ 230 V, 50 Hz	@ 415 V, 50 Hz	@ 690 V, 50 Hz
Wył. (1)	Uśrednianie jest wyłączone	3	3	3
2	Wartość końcowa jest średnią z 2 wyników	4	5	7
4	Wartość końcowa jest średnią z 4 wyników	7	10	15
6	Wartość końcowa jest średnią z 6 wyników	10	15	25

9.2 Rezystancja linii oraz źródeł DC [R]

9.2.1 Pomiar w funkcji R linii mΩ

Sposób pomiaru: Pomiar napięcia (DC) / Prądu (DC)

Rezystancja	Zakres pomiarowy (Ω)	Rozdzielczość (mΩ)	Niepewność (* Patrz uwagi)
R	0 m ... 1999 m	1	±(5 % wartości wskazanej + 3 cyfry)
	2.00 ... 19.99	10	

Tryb pomiaru..... pojedynczy

Zakres napięć znamionowych sieci / źródeł.. 3 ... 260 V_{dc}

Prąd pomiarowy..... patrz **Rys. 9.1**.

Maksymalny prąd pomiarowy (I_{test})..... ~10 A

Czas trwania pomiaru20 ms

Definicja parametru R..... Wartość zmierzonej rezystancji R(dc)

Metoda pomiaru 4-przewodowa

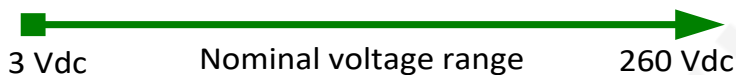
Czas trwania procedury pomiarowej..... ok. 2 s

Automatyczny dobór zakresu tak

Automatyczne sprawdzenie poziomu zakłóceń tak

Wartość prądu pomiarowego (I_{test}) wynika z poniższych wzorów i jest zależna od rezystancji wewnętrznej badanego obiektu:

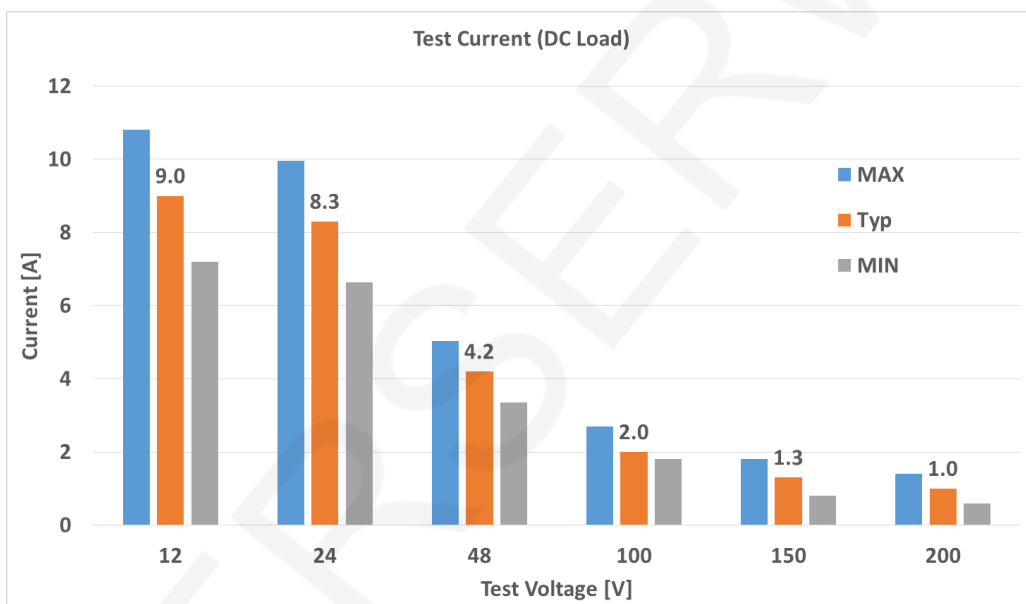
$$I_{test} \approx \frac{200 \text{ W}}{U_{dc}} \quad \text{oraz} \quad I_{test} < \frac{U_{dc}}{R_{wew}}$$



Nominal voltage range – zakres napięć znamionowych

* Uwagi:

- Podczas wykonywania pomiarów rezystancji linii napięcie sieciowe musi być stabilne!
- Podczas wykonywania pomiarów rezystancji wewnętrznej akumulatora musi on być w pełni naładowany.



Rys. 9.1: Zależność pomiędzy prądem pomiarowym oraz napięciem znamionowym badanego obiektu (DC)

9.3 Potencjał ziemi [U]

9.3.1 Pomiar w funkcji U dotyk.

Sposób pomiaru Pomiar prądu / napięcia

Napięcie	Zakres pomiarowy (V)	Rozdzielczość (V)	Niepewność (* patrz uwagi)
U dotyk.	0.0 ... 199.9	0.1	Wartość obliczana
	200 ... 999	1	

Tryb pomiaru..... pojedynczy

Zakres napięcia sieci..... 40 V ... 470 V przy (16 Hz ... 420 Hz)

40 V ... 880 V przy (40 Hz ... 420 Hz)

Zakres częstotliwości sieci 16 Hz ... 420 Hz

Maksymalny prąd pomiarowy patrz rozdział 9.7. Wartość prądu pomiarowego, Rys. 9.3

Czas trwania procedury pomiarowej..... typowo 2 s

Rezystancja wejściowa (P1 – P2) 6 MΩ

Rezystancja wejściowa (P2 – S) 6 MΩ

Zakres spodziewanych prądów zwarciovych Wartość użytkownika, 10 A ... 200 kA

Wyświetlana wartość napięcia dotykowego (U_{Dotyk}) jest obliczana ze wzoru:

$$U_{\text{Touch}} = U_m \times \left(\frac{I_{\text{zwar}}}{I_{\text{test}}} \right)$$

Wynik dodatkowy w funkcji pomiaru napięcia dotykowego U_{dotyk} :

Napięcie	Zakres pomiarowy (V)	Rozdzielczość (V)	Niepewność (* Patrz uwagi)
U_m	1 m ... 1999 m	1 m	±(2 % wart. wskazanej + 2 cyfry)
	2.00 ... 19.99	10 m	
	20.0 ... 199.9	0.1	

*Uwagi:

- Do pomiarów używana jest sonda A 1597 reprezentująca wartość rezystancji ciała ludzkiego o wartości 1 kΩ ±1 %, 10 W.
- Napięcie oraz częstotliwość sieci powinny być stabilne podczas wykonywania pomiarów!
- Po wybraniu wartość spodziewanego prądu zwarciovego > 50 kA – wyniki pomiarów przy niewielkim obciążeniu (16.6 % oraz 33.3 %) mogą się różnić!

9.4 Wyniki dodatkowe w funkcjach pomiarowych

Wynik dodatkowy	Zakres pomiarowy	Rozdzielczość	Niepewność
R, XL	0 mΩ ... 19.9 Ω	1 mΩ ... 0.1 Ω	Wskazanie orientacyjne
Ipsc	0.01 A ... 199 kA	0.01 A ... 1 kA	Wartość obliczana
I _{max} , I _{min} , I _{max2p} , I _{min2p} , I _{max3p} , I _{min3p}	0.01 A ... 199 kA	0.01 A ... 1 kA	Wartość obliczana
I _{test}	0.1 A ... 499 A	0.1 A ... 1 A	±(2 % wart. wskazanej + 3 cyfry)
U	0 V ... 999 V	1 V	±(2 % wart. wskazanej + 3 cyfry)
I _c	0.1 A ... 499 A	0.1 A ... 1 A	±(5 % wart. wskazanej + 3 cyfry)
U _{dc}	0.1 V ... 220 V	0.1 V ... 1 V	±(2 % wart. wskazanej + 3 cyfry)
ΔU	1 mV ... 199.9 V	1 mV ... 0.1 V	±(2 % wart. wskazanej + 3 cyfry)
ΔU%	0.0 % ... 100.0 %	0.1 %	Wartość obliczana
f	0.1 Hz ... 499 Hz	0.1 Hz ... 1 Hz	±(0.2 % wart. wskazanej + 1 cyfra)

9.5 Sprawdzanie przełączników różnicowoprądowych ELR

9.5.1 Pomiary w funkcjach Test prądowy i Test czasu reakcji

Sposób pomiaru: Pomiar prądu oraz czasu

Prąd zadziałania ELR	Zakres pomiarowy (A)	Rozdzielczość (mA)	Niepewność (* Patrz uwagi)
I	0.1 m ... 199.9 m	0.1	±(5 % wart. wskazanej + 3 cyfry)
	200 m ... 1999 m	1	
	2.00 ... 19.99	10	

Sposób pomiaru: Pomiar napięcia oraz czasu

Czas zadziałania ELR	Zakres pomiarowy (s)	Rozdzielczość (ms)	Niepewność
t	0.1 m ... 199.9 m	0.1	±(2 % wart. wskazanej + 3 cyfry)
	200 m ... 1999 m	1	
	2.00 ... 20.00	10	

Tryb pomiaru..... pojedynczy
 Kształt prądu Sinusoidea (Przeмиenny), Pulsacja, Stały (DC)
 Wartość prądu pomiarowego 3 mA, 5 mA, 6 mA, 10 mA, 15 mA, 30 mA, 50 mA, 0.1 A, 0.15 A, 0.25 A, 0.3 A, 0.5 A
 Czas trwania procedury pomiarowej 0.3 s, 0.5 s, 1 s, 2 s, 5 s, 10 s, 20 s
 Faza (+), (-)
 Liczba zwojów w obwodzie prądowym 1 ... 10
 Dokładność prądu wyjściowego ±10 %
 Maksymalna rezystancja obciążenia (C1 - C2) 1 Ω
 Zakres pomiaru napięć (P1 - P2) 40 V ... 880 V
 Zakres pomiaru częstotliwości (P1 - P2) 16 Hz ... 420 Hz

Wyświetlana wartość prądu pomiarowego ($I_{\Delta set}$) jest obliczana ze wzoru:

$$I_{\Delta set} = I_{gen} \times (\text{liczba zwojów})$$

$$(\text{Przykład: } I_{\Delta set} = 0.5 \text{ A} \times 10 = 5 \text{ A})$$

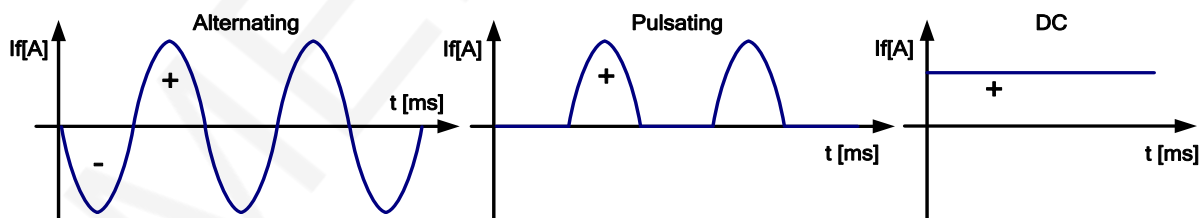
Uwagi:

- Z powodu wysokiej czułości wewnętrznego woltomierza (P1-P2), może nastąpić niezamierzone zadziałanie ELR. Spadek napięcia może wyzwolić ELR, MRCD.
- Nieprawidłowe połączenie układu spowoduje anulowanie pomiaru (otwarcie obwodu C1 - C2).



Pomiar został anulowany. Należy wziąć pod uwagę ostrzeżenia oraz komunikaty.

- Napięcie i częstotliwość sieciowa powinny być stabilne podczas wykonywania pomiarów!
- Należy upewnić się, że liczba zwojów obwodu prądowego została poprawnie wprowadzona do ustawień przyrządu!



Rys. 9.2: Kształt prądu pomiarowego

9.6 Pomiar prądu

9.6.1 Cęgi sztywne (A 1281) oraz giętkie (A 1227, A 1609)

Sposób pomiaru: Pomiar prądu (wartość RMS)

Prąd	Typ	Zakres (A)	Zakres pomiarowy (A)	Zakres wyświetlania (A)	Rozdzielczość (A)	Niepewność ogólna (* Patrz uwagi)
I	A 1281	0.5	10 m ... 749 m	0 m ... 749 m	1 m	
		5	0.10 ... 7.49	0.00 ... 7.49	0.01	

		100	2 ... 149	0.0 ... 99.9 A	0.1	±(2.5 % wart. wskazanej + 3 cyfry)
				100 ... 149	1	
		1000	20 ... 999	0 ... 999	1	
	A 1227 A 1609	30	0.6 ... 59.9	0.0 ... 59.9	0.1	±(3.5 % wart. wskazanej + 3 cyfry)
		300	6 ... 599	0 ... 599	1 A	
		3000	0.06 k ... 5.99 k	0.00 k ... 5.99 k	0.01 k	

Złącze cęgów separowane galwanicznie

Tryb pomiaru ciągły

Zakres mierzonych częstotliwości 16 Hz ... 420 Hz

Impedancja wejściowa 100 kΩ (złącze cęgów)

Dokładność przyrządu (pomiar prądu na złączu cęgowym) 2 %

Odświeżanie wyniku pomiarowego typowo co 3 s

**Uwagi:*

- Nieznaczne przekroczenie zakresu pomiarowego spowoduje wyświetlenie przez przyrząd oznaczenia „>” wraz z odpowiednim zakresem pomiarowym (np. >599 A).
- Znaczne przekroczenie zakresu pomiarowego spowoduje wyświetlenie oznaczenia (- - -).
- Wyniki pomiaru częstotliwości jest wyświetlany wyłącznie, jeśli ($I_m \geq 1\% I_{zakres_cęgów}$), gdzie I_m oznacza wartość mierzzonego prądu a $I_{zakres_cęgów}$ ustawioną wartość zakresu cęgów pomiarowych. W przeciwnym wypadku wyświetlane będą oznaczenia (- - -).
- Całkowita niepewność (określana procentowo od mierzonej wartości), jest podawana, jako wskazówka. Dokładne wartości dotyczące zakresów pomiarowych oraz niepewności są określone w instrukcji obsługi cęgów. Całkowita niepewność jest obliczana z wzoru:

$$\text{Całkowita niepewność} = 1,15 \cdot \sqrt{\text{Dokładność przyrządu}^2 + \text{Dokładność cęgów}^2}$$

9.7 Wartość prądu pomiarowego

Funkcje pomiarowe Z linii mΩ, Z pętli mΩ, R – wysoki prąd, U dotyk.

Prąd pomiarowy (I_{test}) jest ustawiany zgodnie ze wzorem:

$$I_{test} = \frac{U_{ac}}{\text{Obciążenie} + R_{przew} + R_{wew}} \pm 15\%$$

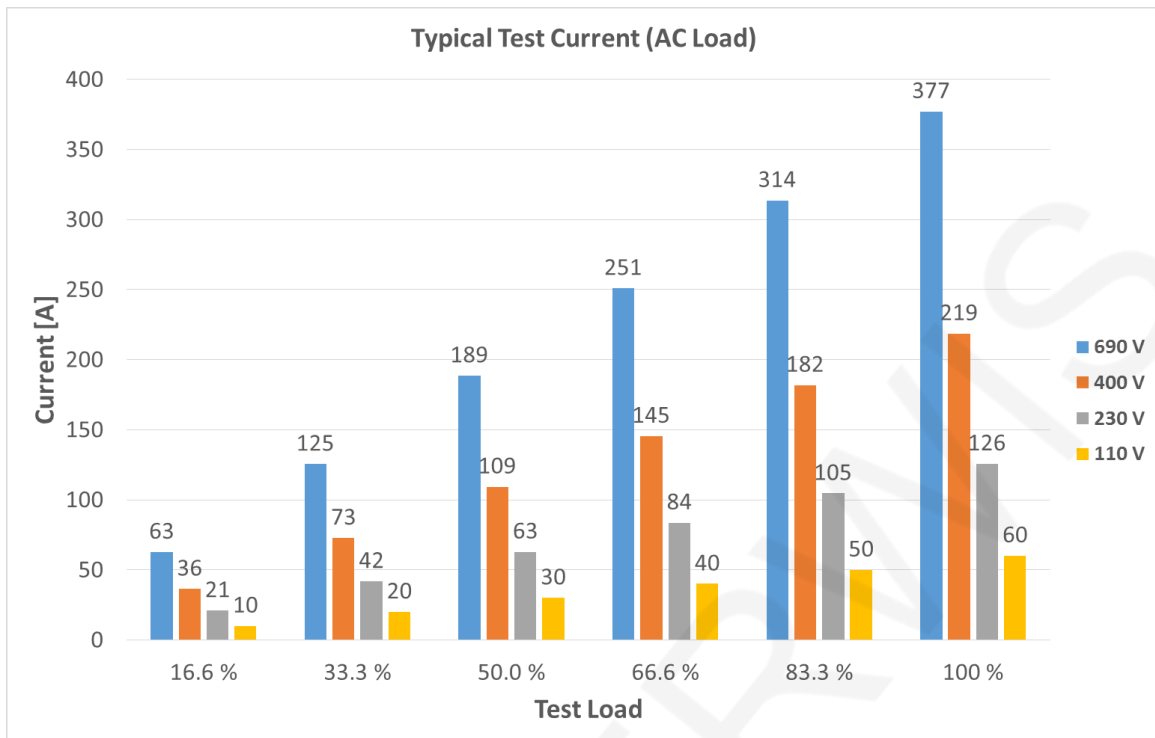
Napięcie pomiarowe (U_{ac}) 40 V ... 880 Vac

Ustawienie parametru obciążenie 16.6 %, 33.3 %, 50 %, 66.6 %, 83.3 %, 100 %

Czas trwania impulsu pomiarowego zależy od częstotliwości sieciowe

R_{przew} Rezystancja przewodów C1 oraz C2

R_{wew} Wewnętrzna rezystancja / impedancja źródła



Typical Test Current (AC Load) – Standardowy prąd pomiarowy (obciążenie AC)

Current [A] – Prąd pomiarowy [A]

Test load – ustawiona wartość parametru „obciążenie”

Rys. 9.3: Standardowe prądy pomiarowe (AC) w zależności od napięcia znamionowego oraz obciążenia

Wewnątrz rezystor obciążający z 6-cio poziomą regulacją obciążenia.

Ustawienie parametru Obciążenie	Odpowiadająca rezystancja obciążeniowa
16.6 %	11.0 Ω
33.3 %	5.50 Ω
50.0 %	3.66 Ω
66.6 %	2.75 Ω
83.3 %	2.20 Ω
100 %	1.83 Ω

Uwaga:

- Rezystancja przewodów zestawu standardowego (przewody czerwone 2.5 m, 1.5 mm²) wynosi znamionowo 60 m Ω .

9.8 Dane ogólne

Zasilanie akumulatorowe.....	7.2 V _{DC} (4.4 Ah Li-ion)
Czas ładowania akumulatora	typowo 3.0 h (głębokie rozładowanie)
Zasilanie sieciowe	90 V ... 260 V _{AC} , 45 Hz ... 65 Hz, 80 VA
Kategoria przepięciowa.....	300 V CAT II
Maksymalnie napięcie znamionowe sieci.....	800 V

Czas pracy na akumulatorach:

Tryb czuwania	> 24 h
Wykonywanie pomiarów	> 12 h ciągłego testowania impedancji linii, pętli zwarcia i pomiaru wysokim prądem
Automatycznie wyłączenie	po 10 min bezczynności

Środki ochrony

Kategoria pomiarowa..... 600 V CAT IV

Stopień zanieczyszczeń

Stopień ochrony..... IP 65 (walizka zamknięta), IP 54 (walizka otwarta)

Wymiary (szerokość × wysokość × długość). 36 cm x 16 cm x 33 cm

Waga

Ostrzeżenia wizualne

Warunki odniesienia:

Zakres temperatur odniesienia..... 25 °C ± 5 °C

Zakres wilgotności odniesienia

Warunki pracy:

Zakres temperatury pracy..... -10 °C ... 50 °C

Maksymalna wilgotność względna

Znamionowa wysokość pracy

Warunki składowania:

Zakres temperatury

Maksymalna wilgotność względna

.....

Komunikacja RS 232:

Komunikacja szeregową RS 232.....

Szybkość transmisji:

Złącze:

Komunikacja Bluetooth:

Kod parowania:

Szybkość transmisji:














Moduł Bluetooth.....

Specyfikacja jest określona dla współczynnika pokrycia $k = 2$, co równa się poziomowi ufności ok 95 %. Dokładności obowiązują przez 1 rok w warunkach odniesienia. Współczynnik temperaturowy poza zakresem wynosi 0.2 % mierzonej wartości na °C, oraz 1 cyfra.

Załącznik A – Tabela obsługiwanych przyrządów

MI 3144 może być sterowany z poziomu:

- MI 3155 EurotestXD;
- MI 3152 EurotestXC;
- MI 3325 MultiServicerXD;
- aMESM (aplikacja Android).

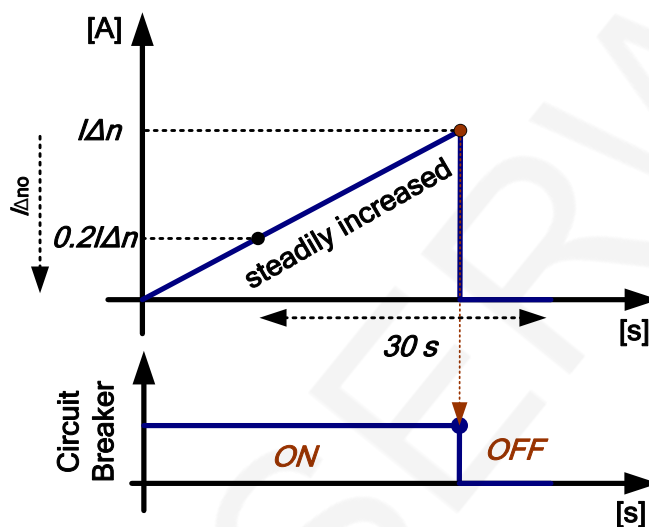
Dostępne funkcje pomiarowe			MI 3155	MI 3152	MI 3325	aMESM
MI 3144 Euro Z 800 V			EurotestXD	EurotestXC	MultiServicerXD	
	Ikona	Grupa				
Z linii mΩ	 ZmΩ_{L-N} Z line mΩ	Impedancja	•	•	•	•
Z pętli mΩ	 ZmΩ_{L-Pe} Z loop mΩ	Impedancja	•	•	•	•
R - wysoki prąd	 ΔR300A High Current	Impedancja	•	•	•	•
R linii mΩ	 RmΩ_{DC} R line mΩ	Rezystancja	•	•	•	•
U dotyk.	 U_{Touch} U touch	Potencjał	•	•	•	•
Test prądowy ELR	 I ELR Current Inj...	ELR	•	•	•	•
Test czasu reakcji ELR	 t ELR Combinatio...	ELR	•	•	•	•
Cęgowy pomiar prądu	 I_{Clamp} Current Clamp ...	Prąd	•	•	•	•

Załącznik B – Test MRCD (zgodnie z IEC 60947-2 Zał. M)

I. Badanie prądu zadziałania

Procedura badania przekaźników ELR (MRCD) typu AC

Podczas pomiarów styki członu wykonawczego (wyłącznika) są zamknięte (zasilanie włączone) i przekaźnik ELR (MRCD) jest gotowy do pracy. Prąd upływu jest równomiernie zwiększany od wartości większej niż $0.2 \times I_{\Delta n}$, do wartości $I_{\Delta n}$ (wartość ustawiana) w czasie ok. 30 s. Wartość prądu powodująca wyłączenie napięcia przez człon wykonawczy jest wyświetlana, jako $I_{\Delta n}$.



Steadily increased – jednostajnie zwiększany

Circuit breaker – wyłącznik (człon wykonawczy ELR / MRCD) – stan włączony/przewodzący (ON) – stan wyłączony/przerwa (OFF)

Rys. B.1: Przykładowe przebiegi sygnałów podczas testowania ELR (Typ AC)

gdzie:

$I_{\Delta n}$ Prąd różnicowy powodujący zadziałanie

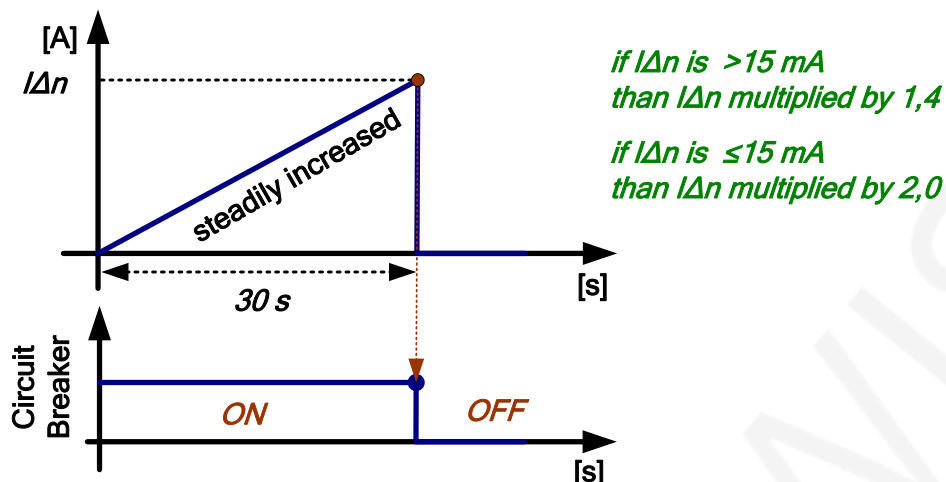
$I_{\Delta no}$ Prąd różnicowy nie powodujący zadziałania

Uwaga (zgodnie z IEC 60947-2 Załącznik M):

- $I_{\Delta n}$ - Prąd różnicowy powodujący zadziałanie (wartość prądu różnicowego, która powoduje zadziałanie ELR (MRCD) w określonych warunkach)
- $I_{\Delta no}$ - Prąd różnicowy nie powodujący zadziałania (wartość prądu różnicowego, która nie powoduje zadziałania ELR (MRCD) pod określonymi warunkami)

Procedura badania przekaźników ELR (MRCD) typu A

Podczas pomiarów styki członu wykonawczego (wyłącznika) są zamknięte (zasilanie włączone) i przekaźnik ELR (MRCD) jest gotowy do pracy. Prąd upływu jest równomiernie zwiększany od zera do wartości $1.4 \times I_{\Delta n}$ lub $2 \times I_{\Delta n}$ (w zależności od wartości ustawionej) w czasie ok. 30 s. Wartość prądu powodująca wyłączenie napięcia przez człon wykonawczy jest wyświetlana jako $I_{\Delta n}$.



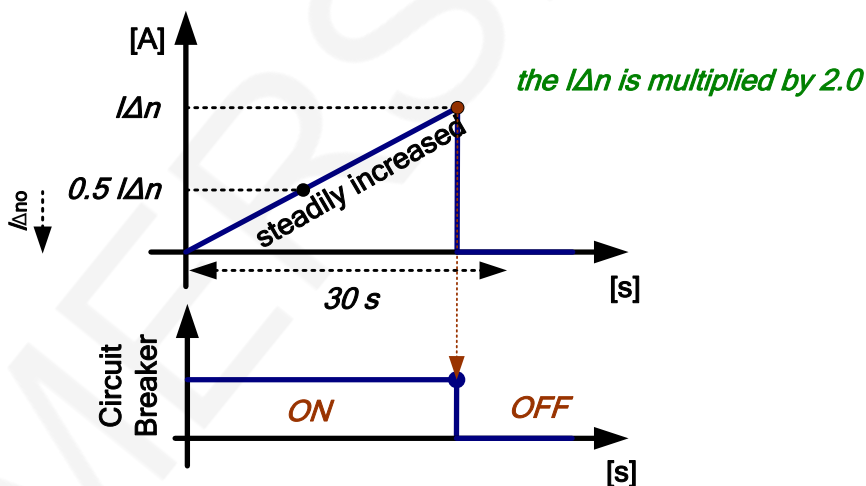
Steadily increased – jednostajnie zwiększany

Circuit breaker – wyłącznik (człon wykonawczy ELR / MRCD) – stan włączony/przewodzący (ON) – stan wyłączony/przerwa (OFF)

Rys. B.2: Przykładowe przebiegi sygnałów podczas testowania ELR (typu A)

Procedura badania przekaźników ELR (MRCD) typu B

Podczas pomiarów styki członu wykonawczego (wyłącznika) są zamknięte (zasilanie włączone) i przekaźnik ELR (MRCD) jest gotowy do pracy. Prąd upływu jest równomiernie zwiększany od zera do wartości $2 \times I\Delta n$ (wartości ustawiona) w czasie ok. 30 s. Wartość prądu powodująca wyłączenie napięcia przez człon wykonawczy jest wyświetlana jako $I\Delta n$.



Steadily increased – jednostajnie zwiększany

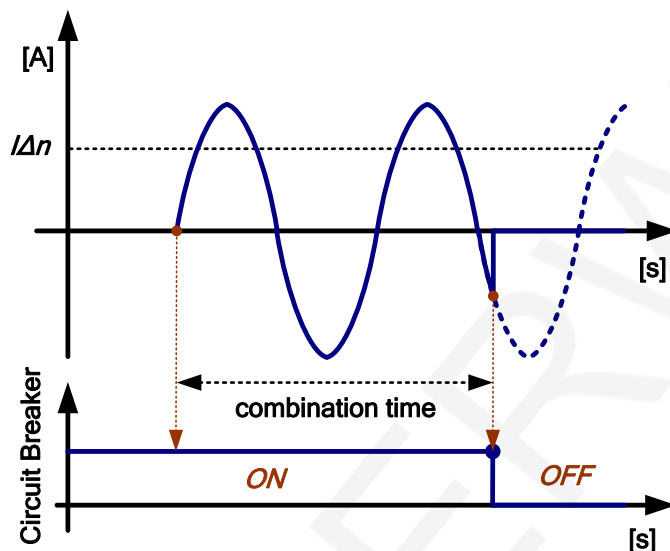
Circuit breaker – wyłącznik (człon wykonawczy ELR / MRCD) – stan włączony/przewodzący (ON) – stan wyłączony/przerwa (OFF)

Rys. B.3: Przykładowe przebiegi sygnałów podczas testowania ELR (typu B)

II. Badanie czasu zadziałania

Procedura badania przekaźników ELR (MRCD) typu AC

Podczas pomiarów styki członu wykonawczego (wyłącznika) są zamknięte (zasilanie włączone) i przekaźnik ELR (MRCD) jest gotowy do pracy. Prąd upływu jest szybko stabilizowany (ustawiona wartość $I_{\Delta n}$). Przyrząd mierzy łączny czas zadziałania (ELR + człon wykonawczy) od osiągnięcia wartości prądu powodującej zadziałanie ($I_{\Delta n}$) do wyłączenia wyłącznika.



Combination time – czas zadziałania (łączny – ELR + człon wykonawczy)

Circuit breaker – wyłącznik (człon wykonawczy ELR / MRCD) – stan włączony/przewodzący (ON) – stan wyłączony/przerwa (OFF)

Rys. B.4: Pomiar czasu zadziałania (Typ AC)

gdzie:

$t_{\Delta n}$ Czas skutecznego zadziałania

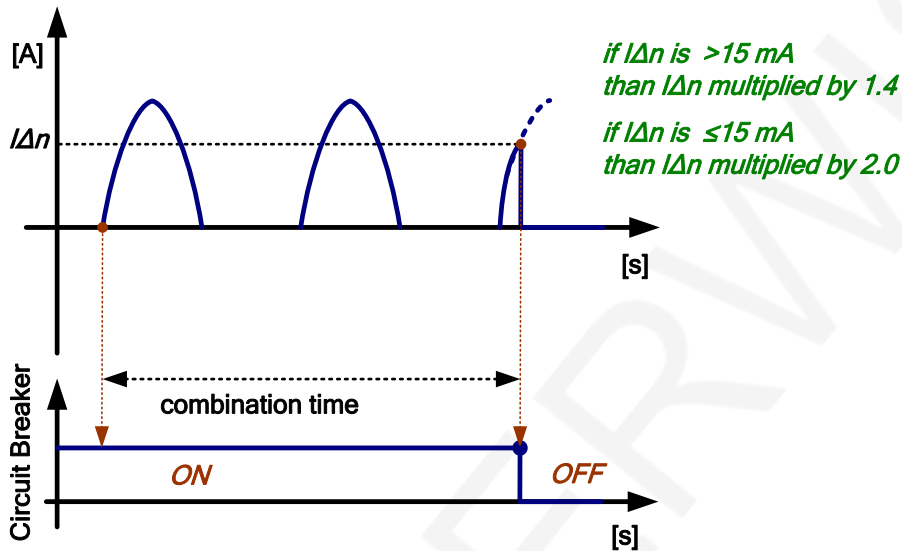
$I_{\Delta n}$ Prąd zadziałania

Uwaga (zgodnie z IEC 60947-2 Załącznik M):

- Całkowity czas zadziałania MRCD oraz połączonego członu wykonawczego (wyłącznika) ang. combination time – czas, który upływa od momentu nagłego przepływu prądu upływu do momentu skutecznego ugaszenia łuku przez człon wykonawczy (wyłącznik).

Procedura badania przekaźników ELR (MRCD) typu A

Podczas pomiarów styki członu wykonawczego (wyłącznika) są zamknięte (zasilanie włączone) i przekaźnik ELR (MRCD) jest gotowy do pracy. Prąd upływu jest szybko stabilizowany na poziomie $1.4 \times I_{\Delta n}$ lub $2 \times I_{\Delta n}$ (w zależności od wartości ustawionej). Przyrząd mierzy łączny czas zadziałania (ELR + człon wykonawczy) od osiągnięcia wartości prądu powodującej zadziałanie ($I_{\Delta n}$) do wyłączenia wyłącznika.



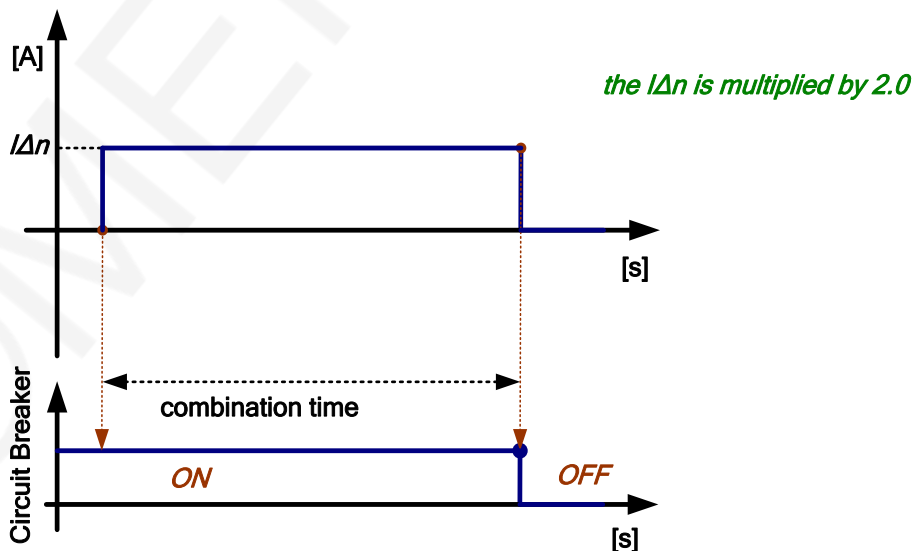
Combination time – czas zadziałania (łączny – ELR + człon wykonawczy)

Circuit breaker – wyłącznik (człon wykonawczy ELR / MRCD) – stan włączony/przewodzący (ON) – stan wyłączony/przerwa (OFF)

Rys. B.5: Pomiar czasu zadziałania (Typ A)

Procedura badania przekaźników ELR (MRCD) typu B

Podczas pomiarów styki członu wykonawczego (wyłącznika) są zamknięte (zasilanie włączone) i przekaźnik ELR (MRCD) jest gotowy do pracy. Prąd upływu jest szybko stabilizowany (ustawiona wartość $2 \times I_{\Delta n}$). Przyrząd mierzy łączny czas zadziałania (ELR + człon wykonawczy) od osiągnięcia wartości prądu powodującej zadziałanie ($I_{\Delta n}$) do wyłączenia wyłącznika.



Combination time – czas zadziałania (łączny – ELR + człon wykonawczy)

Circuit breaker – wyłącznik (człon wykonawczy ELR / MRCD) – stan włączony/przewodzący (ON) – stan wyłączony/przerwa (OFF)

Rys. B.6: Pomiar czasu zadziałania (Typ B)

Załącznik C – Prądy zwarciove w obwodach 3-fazowych

Współczynnik napięciowy c zgodnie z EN 60909 – 0

Napięcie znamionowe sieci U_n	Tolerancja odchyień napięcia sieciowego	Współczynnik napięciowy c	
		Maksymalne prądy zwarciove C_{max}	Minimalne prądy zwarciove C_{min}
100 V do 1000 V	±6 %	1.05	0.95
	±10 %	1.10	0.90

Pomiar Z pętli mΩ

Spodziewane prądy zwarciove I_{Min} oraz I_{Max} są obliczane wg wzorów:

$I_{Min} = \frac{C_{min} U_{N(L-PE)}}{Z_{(L-PE)hot}}$	gdzie	$Z_{(L-PE)hot} = \sqrt{(1.5 \times R_{L-PE})^2 + X_{L-PE}^2}$ $C_{min} = \begin{cases} 0.95; U_{N(L-PE)} \pm 6 \% \\ 0.90; U_{N(L-PE)} \pm 10 \% \end{cases}$
$I_{Max} = \frac{C_{max} U_{N(L-PE)}}{Z_{L-PE}}$	gdzie	$Z_{L-PE} = \sqrt{R_{L-PE}^2 + X_{L-PE}^2}$ $C_{max} = \begin{cases} 1.05; U_{N(L-PE)} \pm 6 \% \\ 1.10; U_{N(L-PE)} \pm 10 \% \end{cases}$

Pomiar Z linii mΩ

Spodziewane prądy zwarciove I_{Min} , I_{Min2p} , I_{Min3p} and I_{Max} , I_{Max2p} , I_{Max3p} są obliczane wg wzorów:

$I_{Min} = \frac{C_{min} \times U_{N(L-N)}}{Z_{(L-N)hot}}$	gdzie	$Z_{(L-N)hot} = \sqrt{(1.5 \times R_{(L-N)})^2 + X_{(L-N)}^2}$ $C_{min} = \begin{cases} 0.95; U_{N(L-N)} \pm 6 \% \\ 0.90; U_{N(L-N)} \pm 10 \% \end{cases}$
$I_{Max} = \frac{C_{max} \times U_{N(L-N)}}{Z_{(L-N)}}$	gdzie	$Z_{(L-N)} = \sqrt{R_{(L-N)}^2 + X_{(L-N)}^2}$ $C_{max} = \begin{cases} 1.05; U_{N(L-N)} \pm 6 \% \\ 1.10; U_{N(L-N)} \pm 10 \% \end{cases}$
$I_{Min2p} = \frac{C_{min} \times U_{N(L-L)}}{Z_{(L-L)hot}}$	gdzie	$Z_{(L-L)hot} = \sqrt{(1.5 \times R_{(L-L)})^2 + X_{(L-L)}^2}$ $C_{min} = \begin{cases} 0.95; U_{N(L-L)} \pm 6 \% \\ 0.90; U_{N(L-L)} \pm 10 \% \end{cases}$
$I_{Max2p} = \frac{C_{max} \times U_{N(L-L)}}{Z_{(L-L)}}$	gdzie	$Z_{(L-L)} = \sqrt{R_{(L-L)}^2 + X_{(L-L)}^2}$ $C_{max} = \begin{cases} 1.05; U_{N(L-L)} \pm 6 \% \\ 1.10; U_{N(L-L)} \pm 10 \% \end{cases}$
$I_{Min3p} = \frac{C_{min} \times U_{N(L-L)}}{\sqrt{3}} \frac{2}{Z_{(L-L)hot}}$	gdzie	$Z_{(L-L)hot} = \sqrt{(1.5 \times R_{(L-L)})^2 + X_{(L-L)}^2}$ $C_{min} = \begin{cases} 0.95; U_{N(L-L)} \pm 6 \% \\ 0.90; U_{N(L-L)} \pm 10 \% \end{cases}$
$I_{Max3p} = \frac{C_{max} \times U_{N(L-L)}}{\sqrt{3}} \frac{2}{Z_{(L-L)}}$	gdzie	$Z_{(L-L)} = \sqrt{R_{(L-L)}^2 + X_{(L-L)}^2}$ $C_{max} = \begin{cases} 1.05; U_{N(L-L)} \pm 6 \% \\ 1.10; U_{N(L-L)} \pm 10 \% \end{cases}$