



Ochrona przeciwporażeniowa przez samoczynne wyłączanie zasilania – aktualne wymagania, sprawdzanie, obwody z przekształtnikami

Stanisław Czapp

Gdańsk, 18.12.2017

Plan wykładu

1. Samoczynne wyłączanie zasilania – aktualne wymagania, zmiany wprowadzone przez normę PN-HD 60364-4-41:2017-09
2. Sprawdzanie skuteczności samoczynnego wyłączania zasilania według normy PN-HD 60364-6:2016-07
3. Samoczynne wyłączanie zasilania w obwodach z wybranymi przekształtnikami (układy napędowe, zasilacze UPS)

Przepisy i normy, nowe arkusze normy PN-HD 60364

1. Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz.U. z 1994, Nr 89, poz. 414 z późn. zm.).
2. Obwieszczenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lipca 2015 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2015, poz. 1422).
3. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2017, poz. 2285). Data wejścia w życie: 1 stycznia 2018.
4. PN-EN 61140:2016-07 (wersja angielska) Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym – Wspólne aspekty instalacji i urządzeń.
5. PN-HD 60364-1:2010/A11:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 1: Wymagania podstawowe, ustalanie ogólnych charakterystyk, definicje.
6. PN-HD 60364-4-41:2017-09 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
7. PN-HD 60364-4-41:2017-09/A11:2017-11 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
8. *PN-HD 60364-4-41:2009 (wersja polska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed porażeniem elektrycznym.*
9. PN-HD 60364-4-46:2017-01/A11:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-46: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Odłączanie izolacyjne i łączenie.
10. PN-HD 60364-5-51:2011/A12:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-51: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Postanowienia ogólne.
11. PN-HD 60364-5-53:2016-02 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Aparatura rozdzielcza i sterownicza.
12. PN-HD 60364-5-54:2011/A11:2017-11 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Układy uziemiające i przewody ochronne.

Przepisy i normy, nowe arkusze normy PN-HD 60364

13. PN-HD 60364-5-56:2010/A12:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-56: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Instalacje bezpieczeństwa.
14. PN-HD 60364-5-537:2017-01/A11:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-537: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Aparatura rozdzielcza i sterownicza – Odłączanie izolacyjne i łączenie.
15. PN-HD 60364-5-559:2012/A11:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-559: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Oprawy oświetleniowe i instalacje oświetleniowe.
16. PN-HD 60364-6:2016-07 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzanie.
17. PN-HD 60364-6:2016-07/A11:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzanie.
18. PN-HD 60364-6:2016-07/A12:2017-11 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzanie.
19. *PN-HD 60364-6:2008 (wersja polska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie.*
20. PN-HD 60364-7-701:2010/A12:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-701: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Pomieszczenia wyposażone w wannę lub prysznic.
21. PN-HD 60364-7-704:2010/A11:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-704: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Instalacje na terenie budowy i rozbiórki.
22. PN-HD 60364-7-705:2007/A12:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-705: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Gospodarstwa rolnicze i ogrodnicze.

Przepisy i normy, nowe arkusze normy PN-HD 60364

23. PN-HD 60364-7-708:2017-11 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-708: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Kempingi dla przyczep, kempingi oraz podobne lokalizacje.
24. PN-HD 60364-7-709:2010/A11:2017-11 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-709: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Porty jachtowe oraz podobne lokalizacje.
25. PN-IEC 60364-7-713:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Część 7-713: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Meble.
26. PN-HD 60364-7-715:2012/A11:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-715: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Instalacje oświetleniowe o bardzo niskim napięciu.
27. PN-HD 60364-7-718:2013-12/A11:2017-11+A12:2017-11 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-718: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Obiekty komunalne i miejsca pracy.
28. PN-HD 60364-7-729:2010/A11:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7-729: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Korytarze obsługi lub nadzoru.
29. PN-HD 60364-7-740:2009/A11:2017-10 (wersja angielska) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych – Część 7-740: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Tymczasowe instalacje elektryczne obiektów, urządzeń rozrywkowych i straganów na terenie targów, wesołych miasteczek i cyrków.
30. PN-EN 61008-1:2013-05 (wersja angielska) Wyłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego (RCCB) – Część 1: Postanowienia ogólne.
31. PN-EN 62040-3:2011 (wersja angielska) Systemy bezprzerwowego zasilania (UPS) – Część 3: Metoda określania właściwości i wymagania dotyczące badań.

Samoczynne wyłączanie zasilania – aktualne wymagania, zmiany wprowadzone przez normę PN-HD 60364-4-41:2017-09

Zmiany w arkuszu PN-HD 60364-4-41:2017-09 dotyczą:

- połączeń wyrównawczych,
- **definicji samoczynnego wyłączania zasilania,**
- **wymagań związanych z największym dopuszczalnym czasem wyłączania zasilania,**
- **wymagań dla przypadku, kiedy samoczynne wyłączanie zasilania nie następuje w czasie określonym przez normę,**
- **rozszerzenia ochrony uzupełniającej za pomocą wyłączników różnicowoprądowych wysokoczułych,**
- wymagań dla układu IT,
- wymagań dla urządzeń klasy ochronności II

PN-EN 61140 Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym – Wspólne aspekty instalacji i urządzeń

Pkt 4. Podstawowa zasada ochrony przed porażeniem elektrycznym

Części czynne niebezpieczne nie powinny być dostępne, a części przewodzące dostępne nie powinny być niebezpieczne:

- w warunkach normalnych (w braku uszkodzenia),
- w przypadku **pojedynczego** uszkodzenia.

Ochrona w warunkach normalnych (ang. *normal conditions*) jest zapewniona przez zastosowanie ochrony podstawowej (ochrony przed dotykiem bezpośrednim). Zakłada się, że urządzenie jest użytkowane zgodnie z przeznaczeniem, a środki ochrony są sprawne.

Ochrona w przypadku pojedynczego uszkodzenia (ang. *single-fault conditions*) jest zapewniona przez zastosowanie ochrony przy uszkodzeniu (ochrony przy dotyku pośrednim, ochrony dodatkowej).

single-fault conditions – ochrona jest skuteczna, mimo wystąpienia **jednego**, dość prawdopodobnego uszkodzenia

PN-HD 60364-4-41:2009

411 Środek ochrony: samoczynne wyłączenie zasilania

411.3.2 Samoczynne wyłączenie w przypadku zwarcia

411.3.2.1 W przypadku powstania zwarcia o pomijalnej impedancji pomiędzy przewodem liniowym a częścią przewodzącą dostępną lub przewodem ochronnym w obwodzie, urządzenie ochronne powinno samoczynnie przerwać zasilanie przewodu liniowego obwodu lub urządzenia w czasie wymaganym w 411.3.2.2, 411.3.2.3 lub 411.3.2.4. z wyjątkiem sytuacji omówionych w 411.3.2.5 i 411.3.2.6.

UWAGA 1 Dłuższe czasy wyłączenia niż wymagane w tym punkcie mogą być dopuszczone w sieciach rozdzielczych oraz elektrowniach i w sieciach przesyłowych systemów.

UWAGA 2 Krótsze czasy wyłączenia mogą być wymagane dla specjalnych instalacji lub lokalizacji stosownie do HD 60364, Część 7, lub HD 384.

UWAGA 3 Dla układu IT samoczynne wyłączenie nie jest zwykle wymagane po pojawieniu się pierwszego zwarcia (patrz 411.6.1). Wymagania dotyczące wyłączenia po pierwszym zwarcu podano w 411.6.4.

411.3.2.2 Maksymalny czas wyłączenia podany w tablicy 41.1 powinien być stosowany do obwodów końcowych o prądzie nieprzekraczającym 32 A.

Samoczynne wyłączenie zasilania – aktualne wymagania

Zmiany wprowadzone przez normę **PN-HD 60364-4-41:2017-09**:

- zmiana jednego czasu w tabelicy 41.1,
- czasy podane w tabelicy 41.1 normy odnoszą się do obwodów odbiorczych:
 - a) gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 63 A,
 - b) z odbiornikami zainstalowanym na stałe o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A.

Największy dopuszczalny czas wyłączenia zasilania w sekundach wg PN-HD 60364-4-41:2017-09

Układ sieci	$50\text{ V} < U_o \leq 120\text{ V}$		$120\text{ V} < U_o \leq 230\text{ V}$		$230\text{ V} < U_o \leq 400\text{ V}$		$U_o > 400\text{ V}$	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	¹⁾	0,4	1 (5)	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	¹⁾	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

¹⁾ Wyłączenie może być wymagane z innych powodów niż zagrożenie porażeniem.

U_o – napięcie instalacji względem ziemi

W nawiasie podano czas wymagany przez normę PN-HD 60364-4-41:2009

PN-HD 60364-4-41:2009

411.3.2.5 Dla układów o napięciu nominalnym U_0 wyższym niż 50 V a.c. lub 120 V d.c. samoczynne wyłączenie w czasie określonym odpowiednio w 411.3.1.2, 411.3.2.3. lub 411.3.2.4 nie jest wymagane, jeżeli – w przypadku zwarcia z przewodem ochronnym lub z ziemią – napięcie źródła zostanie obniżone w ciągu czasu nie dłuższego niż podany odpowiednio w Tablicy 41.1 lub w ciągu 5 s do wartości co najmniej 50 V a.c. lub 120 d.c. W takich przypadkach należy brać pod uwagę konieczność wyłączenia z innych przyczyn niż porażenie elektryczne.

411.3.2.6 Jeżeli samoczynne wyłączenie według 411.3.2.1 nie może być uzyskane w czasie uznanym – zgodnie z 411.3.2.2, 411.3.2.3 lub 411.3.2.4 – za właściwy, to należy zastosować połączenie wyrównawcze dodatkowe zgodnie z 415.2.

W normie **PN-HD 60364-4-41:2017-09** zmieniono treść punktu 411.3.2.5.

Jeżeli samoczynne wyłączenie zasilania przez zabezpieczenia nadprądowe nie jest możliwe, a instalowanie wyłączników różnicowoprądowych nie wchodzi w rachubę (np. z powodu dużych prądów upływowych lub wymagań co do niezawodności zasilania), to należy zastosować rozwiązania podane w załączniku D normy.

Norma **PN-HD 60364-5-53:2016-02**

Układ TN:

Jeżeli samoczynne wyłączenie zasilania z wykorzystaniem zabezpieczenia nadprądowego nie następuje w wymaganym czasie (czas określony w tabeli arkusza 41), to należy zastosować zabezpieczenie różnicowoprądowe.

Sprawdzanie skuteczności samoczynnego wyłączenia zasilania według normy PN-HD 60364-6:2016-07

Samoczynne wyłączanie zasilania – sprawdzanie

Zgodnie z **Ustawą Prawo budowlane** kontrola instalacji elektrycznych, w zależności od narażeń środowiskowych, powinna być przeprowadzana:

- **nie rzadziej niż co 5 lat,**
- **nie rzadziej niż co 1 rok,**
- **w szczególnych przypadkach dwa razy w roku.**

Stanowi o tym zapis art. 62.1 Prawa budowlanego: „Obiekty budowlane powinny być w czasie ich użytkowania poddawane przez właściciela lub zarządcę kontroli:

- 1) okresowej, **co najmniej raz w roku**, polegającej na sprawdzeniu stanu technicznego:
 - elementów budynku, budowli i instalacji **narażonych na szkodliwe wpływy atmosferyczne i niszczące działania czynników** występujących podczas użytkowania obiektu, (...)
- 2) okresowej kontroli, **co najmniej raz na 5 lat**, polegającej na sprawdzeniu stanu technicznego i przydatności do użytkowania obiektu budowlanego, estetyki obiektu budowlanego oraz jego otoczenia; kontrolą tą powinno być objęte również **badanie instalacji elektrycznej i piorunochronnej w zakresie stanu sprawności połączeń, osprzętu, zabezpieczeń i środków ochrony od porażeń, oporności izolacji przewodów oraz uziemień instalacji i aparatów**,
- 3) okresowej w zakresie, o którym mowa w pkt 1, co najmniej dwa razy w roku, w terminach do 31 maja oraz do 30 listopada, w przypadku budynków o powierzchni zabudowy przekraczającej 2000 m² oraz innych obiektów budowlanych o powierzchni dachu przekraczającej 1000 m², (...)

Samoczynne wyłączenie zasilania – sprawdzanie

W ramach prób i pomiarów należy:

- **sprawdzić ciągłość przewodów,**
- zmierzyć rezystancję izolacji instalacji elektrycznej,
- sprawdzić ochronę za pomocą SELV, PELV lub separacji elektrycznej,
- zmierzyć rezystancję/impedancję podłóg i ścian,
- sprawdzić biegunowość,
- **sprawdzić samoczynne wyłączenie zasilania,**
- **sprawdzić ochronę uzupełniającą,**
- sprawdzić kolejność faz,
- wykonać próby funkcjonalne i operacyjne,
- sprawdzić spadek napięcia.

Powyższe czynności zaleca się wykonać w podanej kolejności, a jeżeli wynik którejkolwiek próby jest niezadowolający, to próbę tę i próbę poprzedzającą (jeżeli wykryte uszkodzenie może mieć wpływ na jej wynik) należy powtórzyć po usunięciu uszkodzenia.

Samoczynne wyłączenie zasilania – sprawdzanie

Próba ciągłości przewodów powinna być wykonana w odniesieniu do:

- przewodów czynnych – jeżeli obwód odbiorczy jest pierścieniowy,
- przewodów ochronnych – przy kontroli połączeń wyrównawczych głównych i miejscowych, a także wtedy, gdy rezygnuje się z pomiaru impedancji pętli zwarciowej lub pomiaru rezystancji uziemienia, co norma dopuszcza.

W ramach tej próby należy zmierzyć rezystancję przewodów. Jej typowe wartości jednostkowe podano w załączniku A (informacyjnym) normy PN-HD 60364-6:2016-07.

W porównaniu z poprzednią wersją (2008), w aktualnej normie pojawiło się nowe wymaganie – **należy sprawdzić ciągłość połączenia przewodów z częściami przewodzącymi dostępnymi.**

Samoczynne wyłączenie zasilania – sprawdzanie

Układ sieci	Warunek skuteczności	Urządzenie wyłączające	Uwagi
TN	$Z_{sTN} \leq \frac{U_o}{I_a}$	nadprądowe lub różnicowoprądowe	
TT	$Z_{sTT} \leq \frac{U_o}{I_a}$	nadprądowe	
	$R_A \leq \frac{U_L}{I_a}$	różnicowoprądowe	
IT bez przewodu N	$Z_{sIT} \leq \frac{\sqrt{3} \cdot U_o}{2 \cdot I_a}$	nadprądowe	przy dwumiejscowym zwarciu z ziemią
IT z przewodem N	$Z'_{sIT} \leq \frac{U_o}{2 \cdot I_a}$		

I_a – prąd wyłączający zabezpieczenia, A,
 U_o – napięcie nominalne sieci względem ziemi (w układzie IT napięcie między fazą i punktem neutralnym), V,
 R_A – rezystancja uziemienia przewodu ochronnego, Ω ,
 Z_{sTN} – impedancja pętli zwarciowej w układzie TN obejmująca przewód skrajny i przewód ochronny, Ω ,
 Z_{sTT} – impedancja (rezystancja) pętli zwarciowej w układzie TT obejmująca uziemienie przewodu ochronnego odbiornika (odbiorników) i uziemienie w stacji zasilającej, Ω ,
 Z_{sIT} – impedancja pętli zwarciowej od źródła zasilania do rozpatrywanego odbiornika obejmująca przewód skrajny i przewód ochronny, Ω ,
 Z'_{sIT} – impedancja pętli zwarciowej od źródła zasilania do rozpatrywanego odbiornika obejmująca przewód neutralny i przewód ochronny, Ω

Układ IT

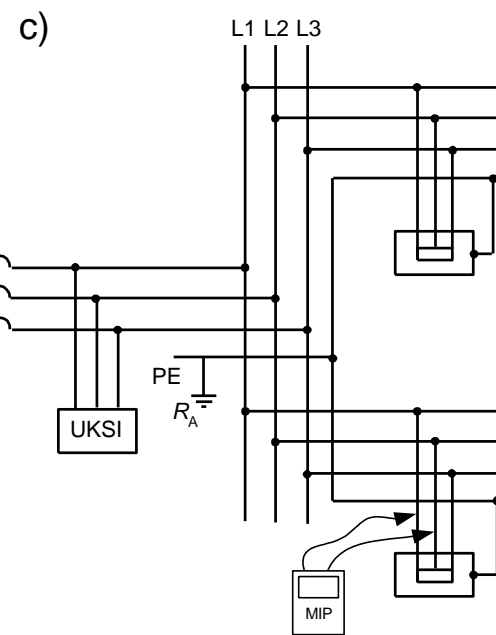
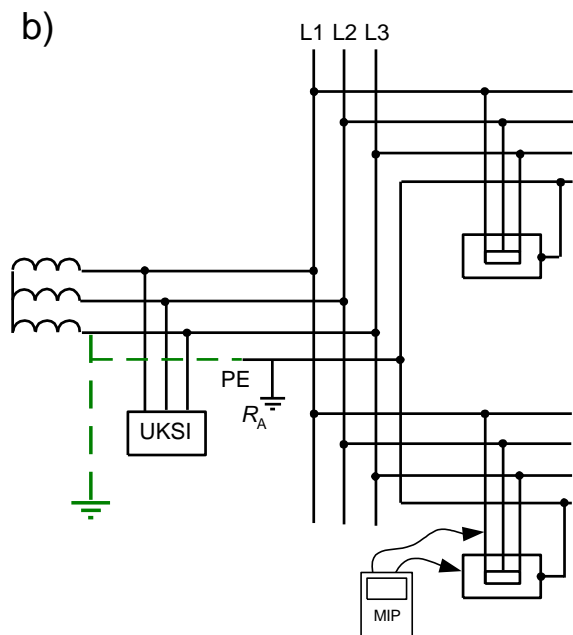
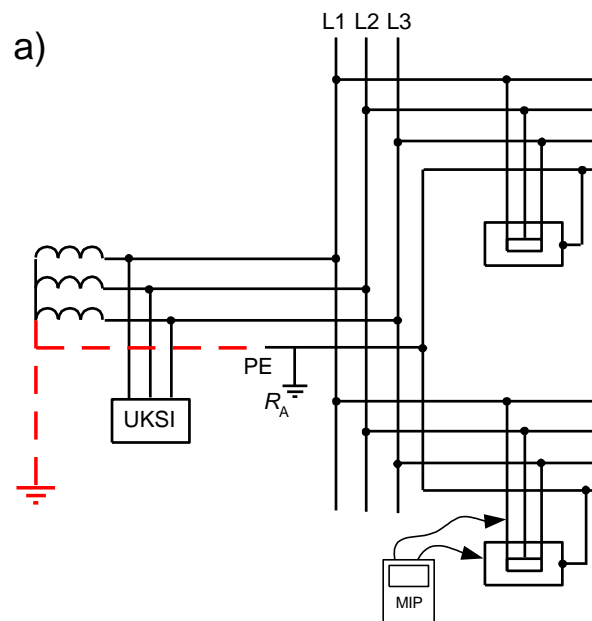
- 1) Badana instalacja jest zasilana z własnego transformatora – należy uziemić jeden przewód liniowy (fazowy) na początku instalacji, a następnie zmierzyć impedancję pętli na końcu badanego obwodu, przyłączając miernik do innego przewodu liniowego i ziemi (przewodu PE). Ochrona jest skuteczna, jeżeli zmierzona impedancja ma wartość nie większą niż 50% wartości dopuszczalnej impedancji pętli obliczonej na podstawie zależności z tab.
- 2) Badana instalacja jest zasilana z sieci publicznej – należy sprawdzić ciągłość przewodów ochronnych, a następnie zmierzyć impedancję pętli, przyłączając miernik do dwóch przewodów liniowych (fazowych) na końcu badanego obwodu. Ochrona jest skuteczna, jeżeli zmierzona impedancja ma wartość nie większą niż 50% wartości dopuszczalnej impedancji pętli obliczonej na podstawie zależności z tab.

W przeciwnym razie należy wykonać dokładniejsze pomiary.

Wprowadzona zmiana jest szczególnie istotna w tym drugim przypadku. Nie ma konieczności wykonywania na czas pomiarów połączenia między punktem neutralnym sieci a przewodem ochronnym, jak to wskazano w normie PN-HD 60364-6:2008. Wykonanie takiego połączenia może być kłopotliwe, a ponadto przekształca układ IT w układ quasi-TN. W takim układzie, w zależności od grupy połączeń transformatora, pomiar impedancji pętli zwarciowej może być obarczony nadmiernym błędem.

Samoczynne wyłączenie zasilania – sprawdzanie

Układ IT

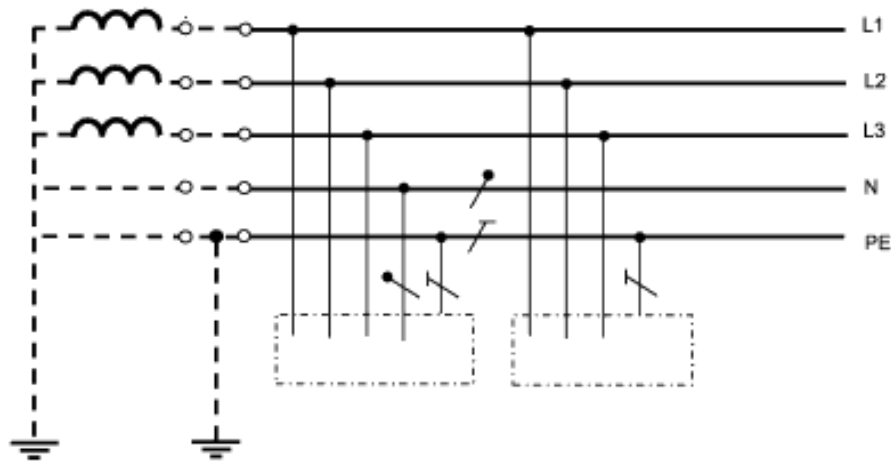


Samoczynne wyłączenie zasilania – sprawdzanie

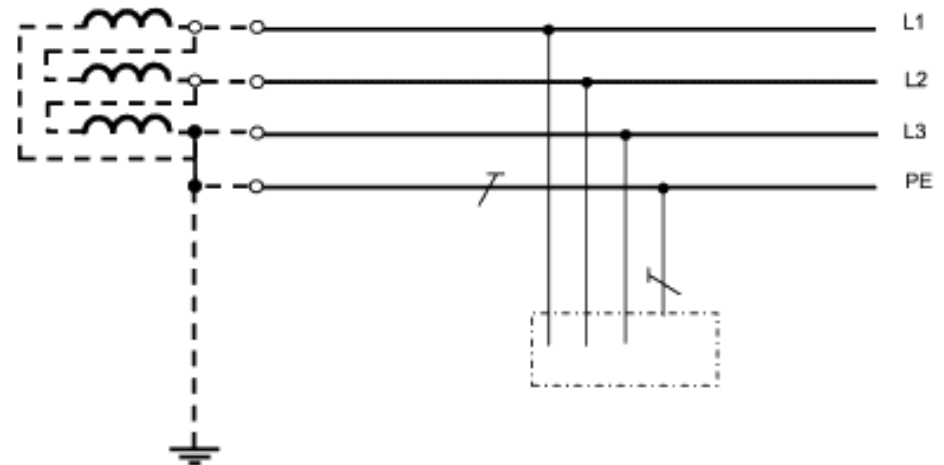
Uziemiony przewód liniowy (fazowy) ?

Układ TN-S wg PN-HD 60364-1:2010

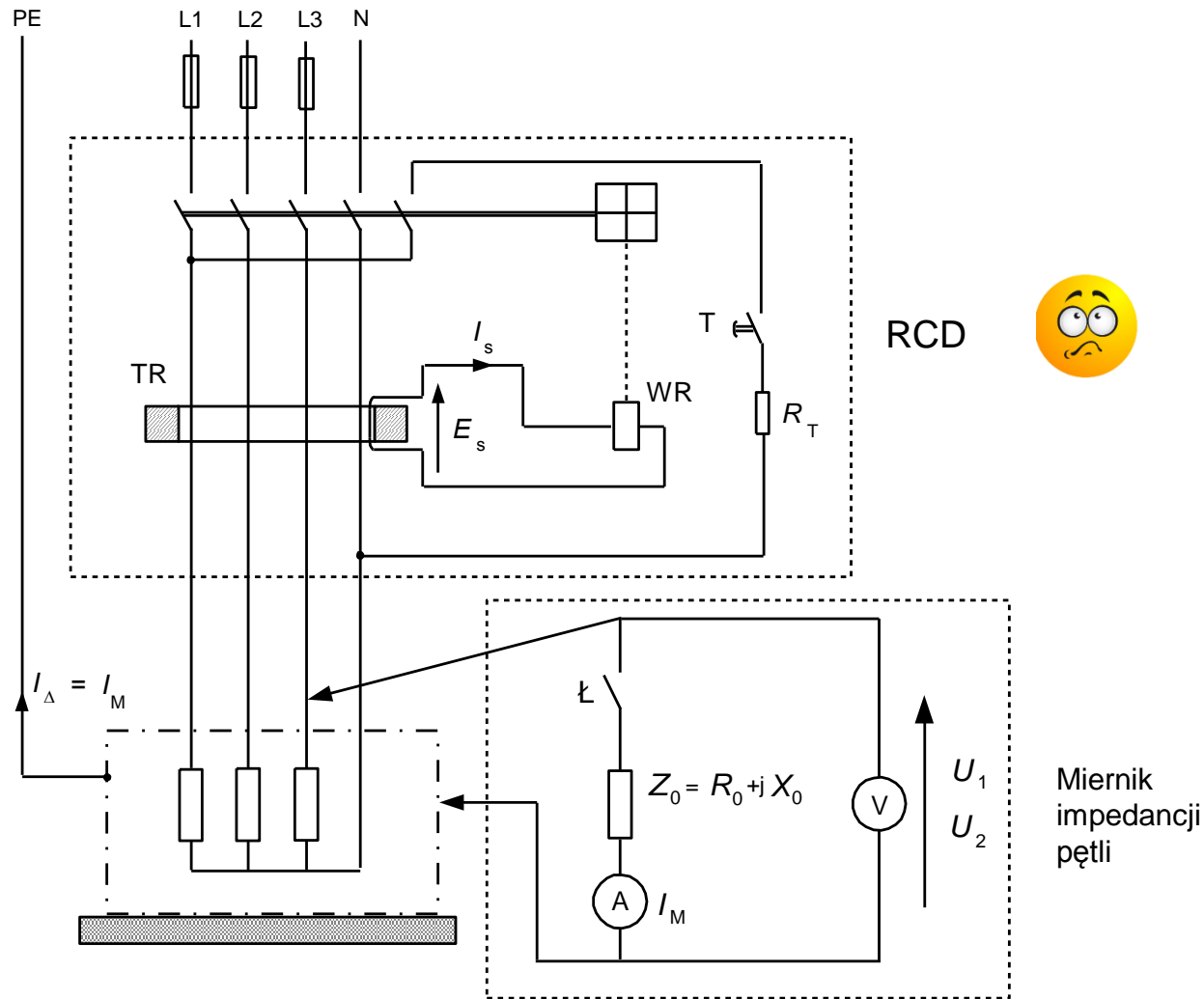
Uziemiony przewód neutralny
i przewód ochronny



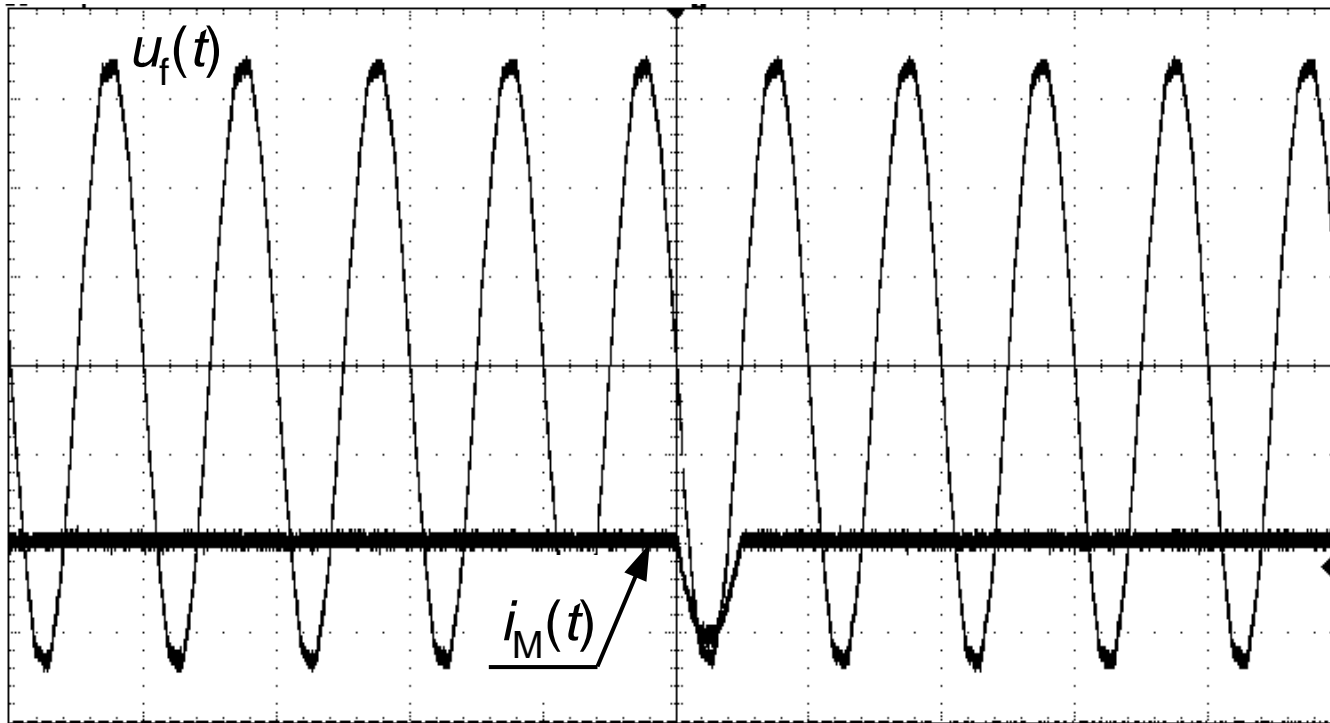
Uziemiony przewód liniowy (fazowy)
i przewód ochronny



Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD

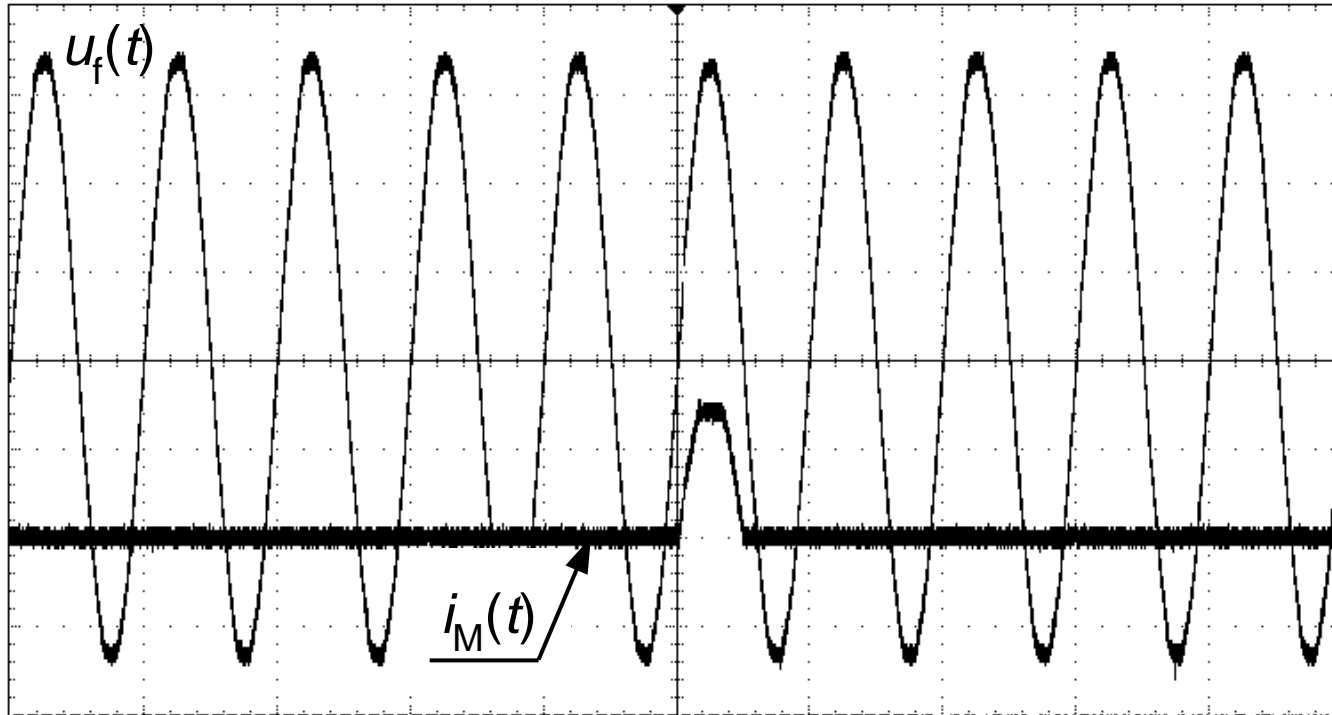


Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD



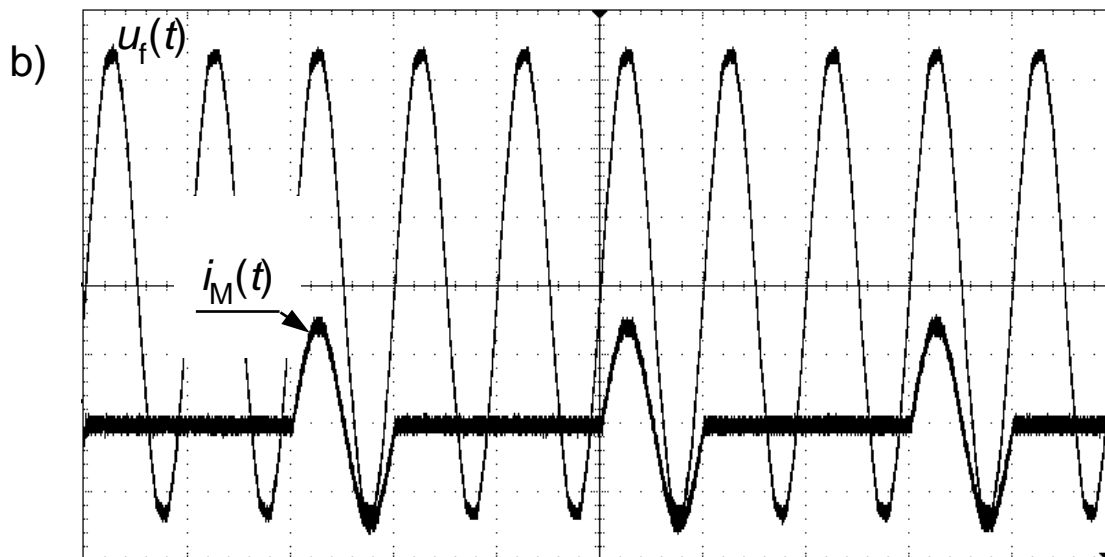
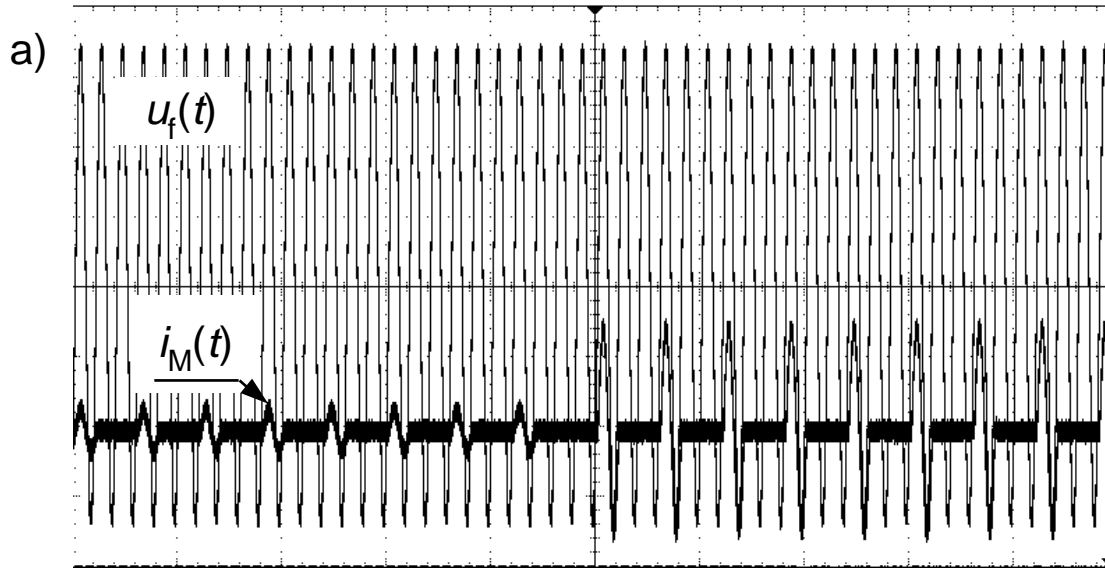
Przebieg prądu pomiarowego $i_M(t)$ miernika MZC-2;
skala: czas 20 ms/dz, napięcie 100 V/dz, prąd 20 A/dz, $u_f(t)$ – napięcie fazowe

Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD



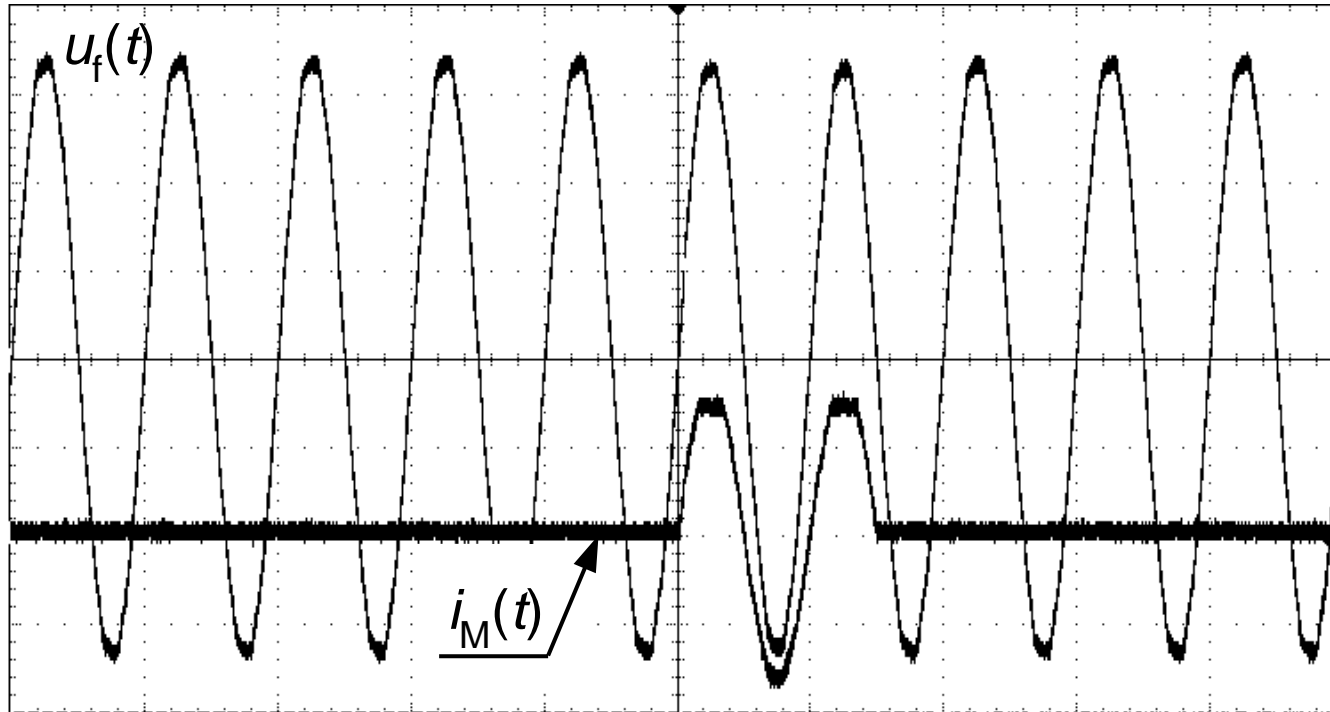
Przebieg prądu pomiarowego $i_M(t)$ miernika MIE-500 (miernik wielofunkcyjny);
skala: czas 20 ms/dz, napięcie 100 V/dz, prąd 20 A/dz, $u_f(t)$ – napięcie fazowe

Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD



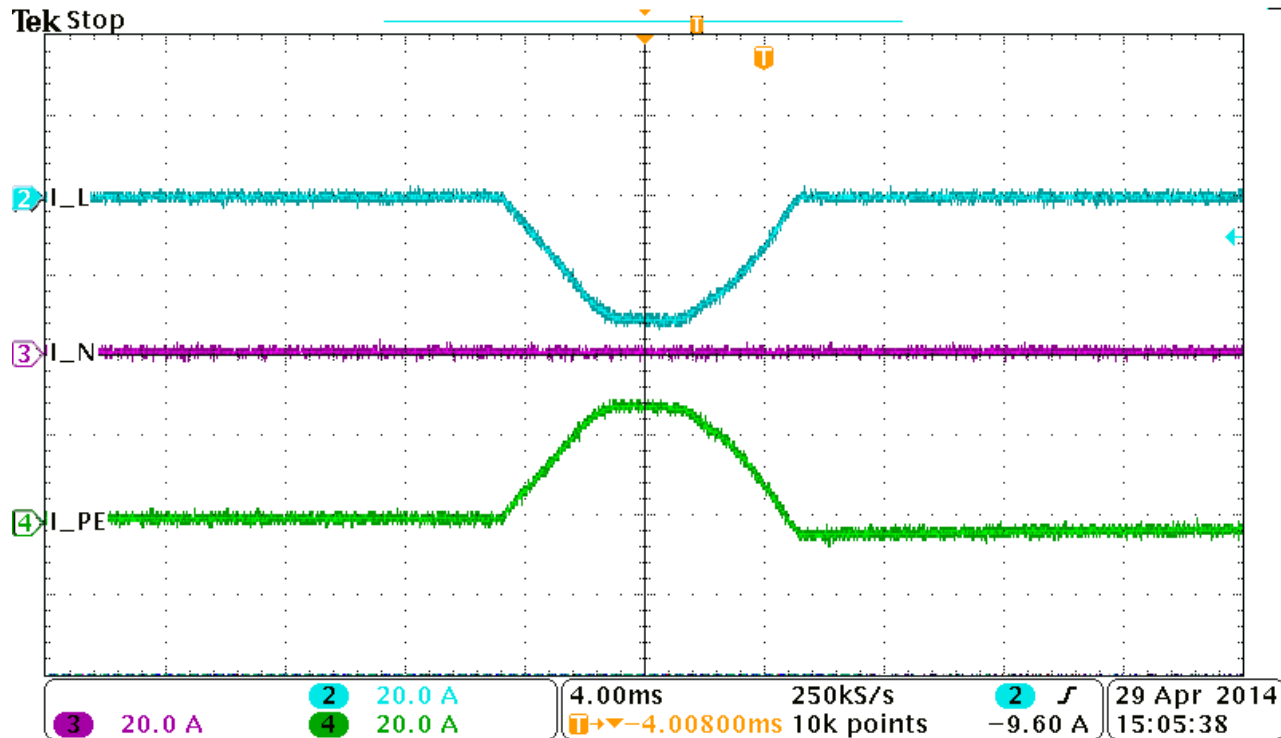
Przebieg prądu pomiarowego $i_M(t)$ miernika MRP-200 (miernik zabezpieczeń różnicowoprądowych z funkcją orientacyjnego pomiaru rezystancji pętli zwarciowej); skala:
a) czas 100 ms/dz, napięcie 100 V/dz, prąd 0,5 A/dz,
b) czas 20 ms/dz, napięcie 100 V/dz, prąd 0,5 A/dz,
 $u_f(t)$ – napięcie fazowe

Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD



Przebieg prądu pomiarowego $i_M(t)$ miernika MZC-303E;
skala: czas 20 ms/dz, napięcie 100 V/dz, prąd 20 A/dz

Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD

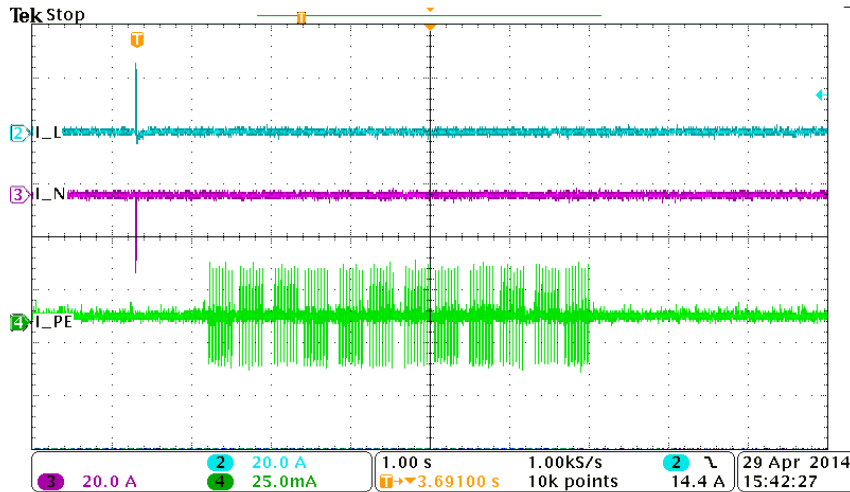


DPO3034 - 15:06:01 2014-04-29

Przebieg prądu pomiarowego (bez funkcji RCD) miernika MPI-520;
skala: czas 4 ms/dz, prąd 20 A/dz

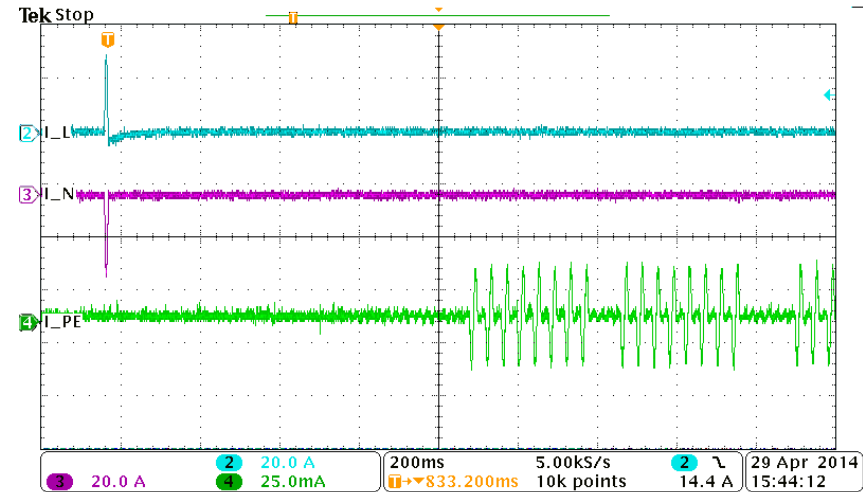
Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD

a)



DPO3034 - 15:42:53 2014-04-29

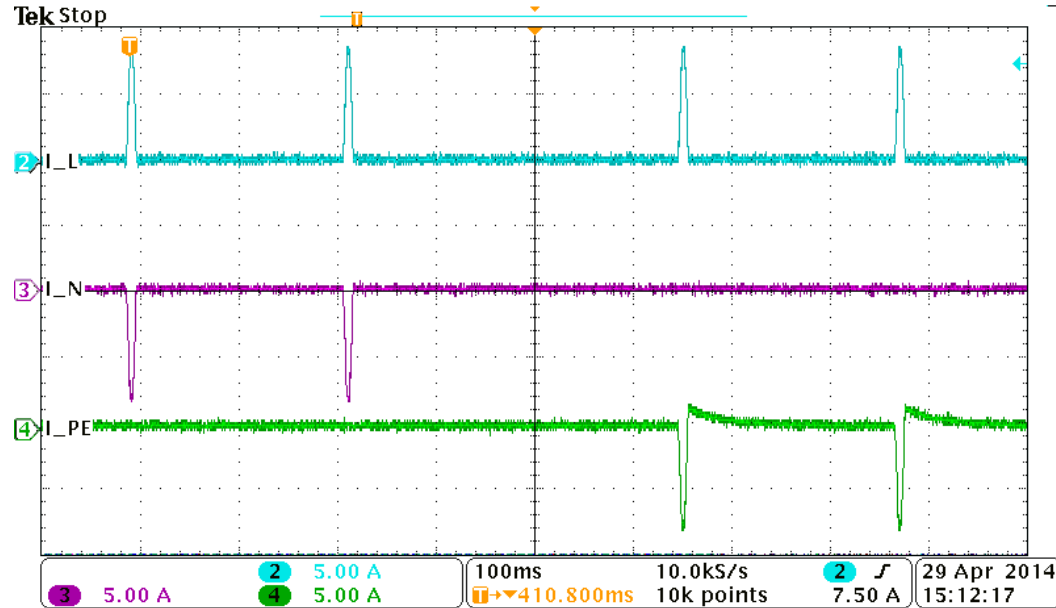
b)



DPO3034 - 15:44:38 2014-04-29

Przebieg prądu pomiarowego (uruchomiona funkcja RCD) miernika MPI-520;
skala: prąd I_{PE} 25 mA/dz, czas: a) 1 s/dz, b) 200 ms/dz

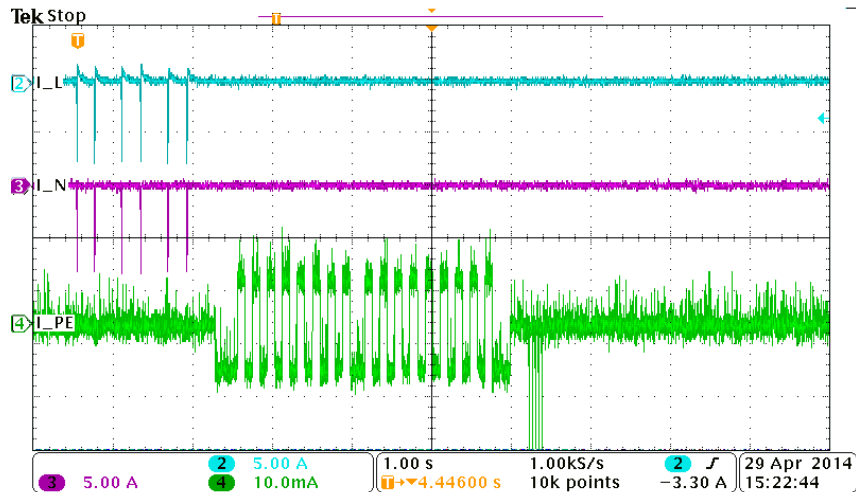
Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD



DPO3034 - 15:12:41 2014-04-29

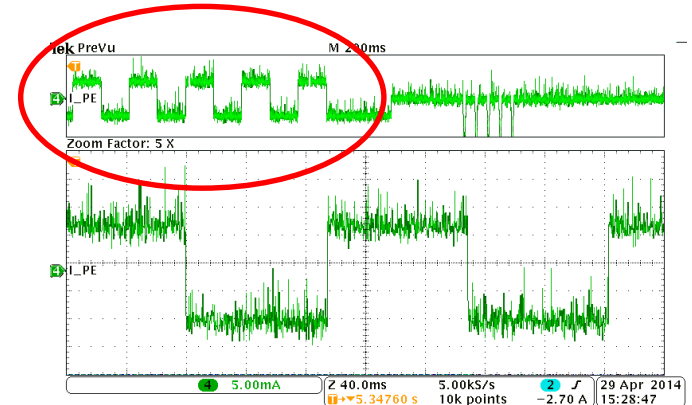
Przebieg prądu pomiarowego (bez funkcji RCD) miernika KYORITSU KEW 4140;
skala: czas 100 ms/dz, prąd 5 A/dz

Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD

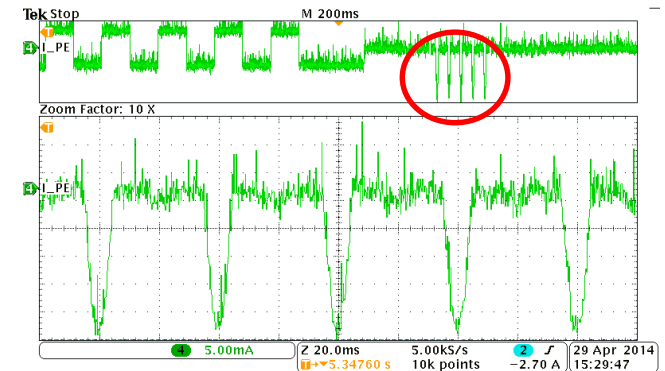


DPO3034 - 15:23:07 2014-04-29

Przebieg prądu pomiarowego (uruchomiona funkcja RCD) miernika KYORITSU KEW 4140; skala: czas 1 s/dz, prąd I_{PE} 10 mA/dz

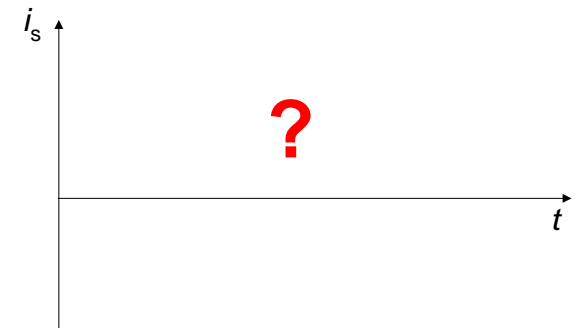
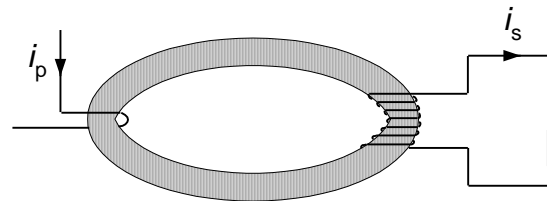
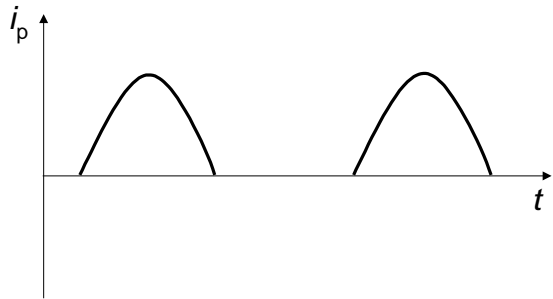
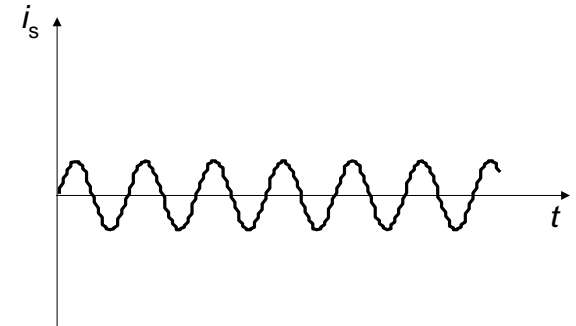
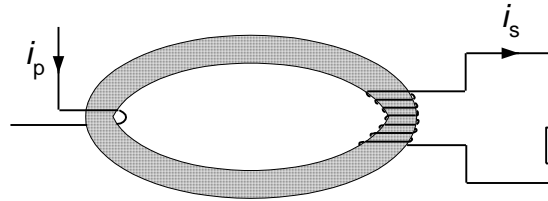
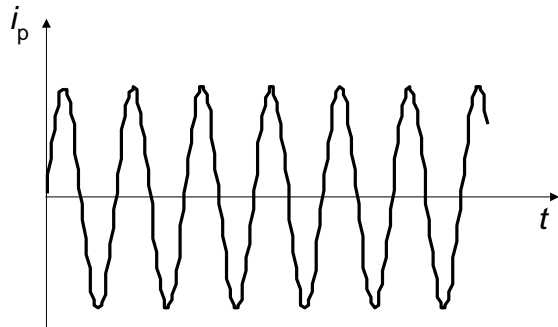


DPO3034 - 15:29:13 2014-04-29



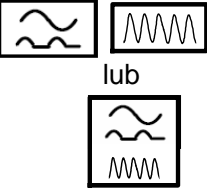
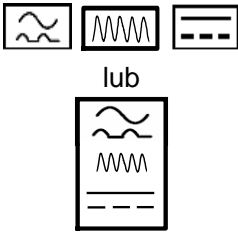


DPO3034 - 15:30:14 2014-04-29

Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD

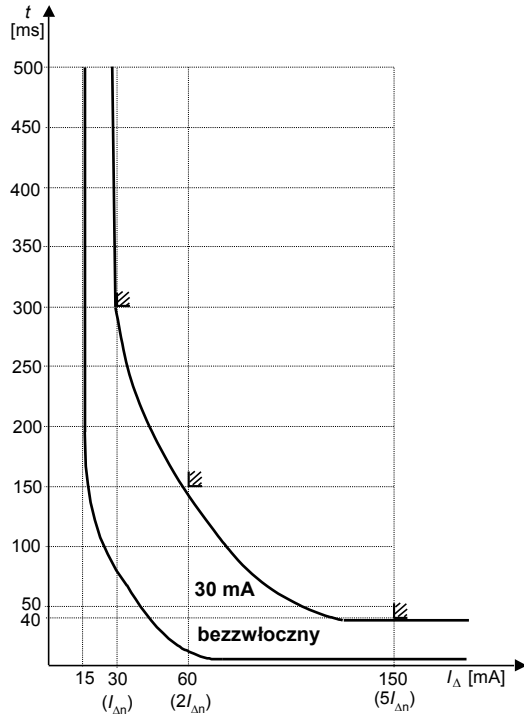


Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD

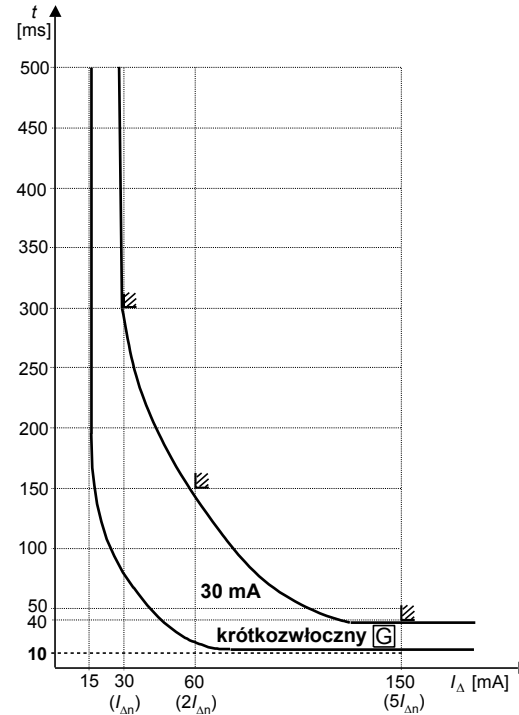
<p style="text-align: center;">AC</p> 	<p>– prąd przemienny sinusoidalny (na ogół 50/60 Hz)</p>
<p style="text-align: center;">A</p> 	<p>– prąd przemienny sinusoidalny (na ogół 50/60 Hz), – prąd pulsujący stały, – prąd pulsujący stały ze składową wygładzoną 6 mA, z ew. sterowaniem fazowym i niezależnie od biegunowości.</p>
<p style="text-align: center;">F</p>  <p style="text-align: center;">lub</p>	<p>– jak dla wyłącznika A, – prąd pulsujący stały ze składową wygładzoną 10 mA, – prąd przemienny zawierający harmoniczne (zasilanie jednofazowe).</p>
<p style="text-align: center;">B</p>  <p style="text-align: center;">lub</p>	<p>– prąd przemienny sinusoidalny (na ogół 50/60 Hz), – prąd przemienny sinusoidalny ze składową wygładzoną o wartości większej spośród dwóch: $0,4I_{\Delta n}$ i 10 mA, – prąd pulsujący stały ze składową wygładzoną o wartości większej spośród dwóch: $0,4I_{\Delta n}$ i 10 mA, – prąd stały z układów prostowniczych, tj.: - z prostownika dwupulsowego zasilanego napięciem międzyprzewodowym w przypadku wyłączników 2-, 3- i 4-biegunowych, - z prostownika trójpulsowego (układ gwiazdy) albo z prostownika sześciopulsowego w przypadku wyłączników 3- i 4-biegunowych, – prąd stały wygładzony, z ew. sterowaniem fazowym i niezależnie od biegunowości. – prąd przemienny sinusoidalny o częstotliwości nieprzekraczającej 1000 Hz, – prąd przemiennym zawierającym harmoniczne.</p>

Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD

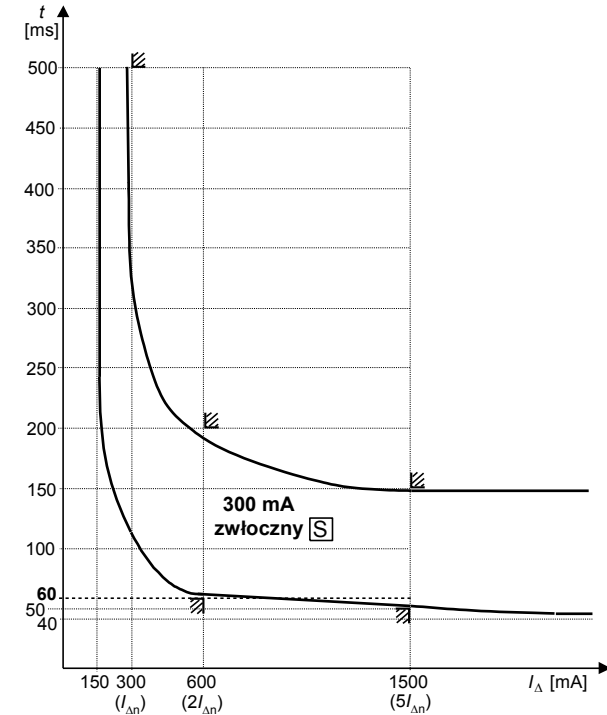
a)



b)



c)

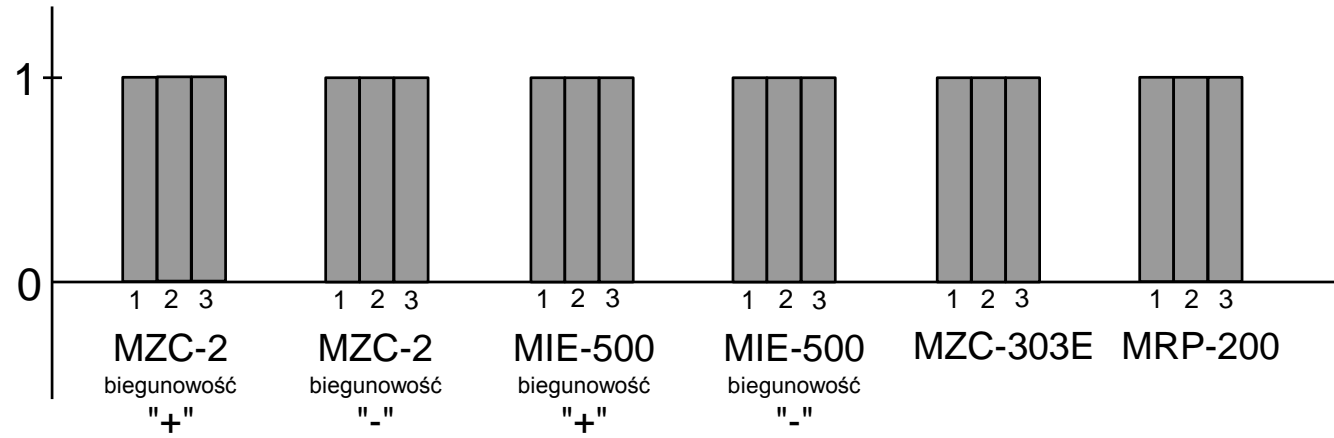


Charakterystyki czasowo-prądowe wyłączników różnicowoprądowych:

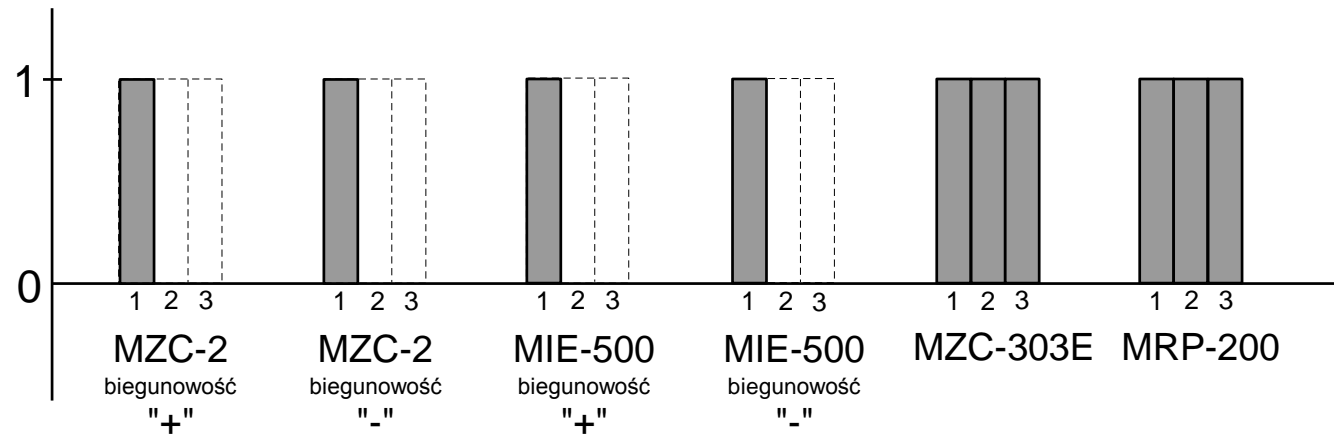
- a) bezzwłoczny o $I_{\Delta n} = 30$ mA,
- b) krótkozwłoczny o $I_{\Delta n} = 30$ mA,
- c) zwłoczny o $I_{\Delta n} = 300$ mA

Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD

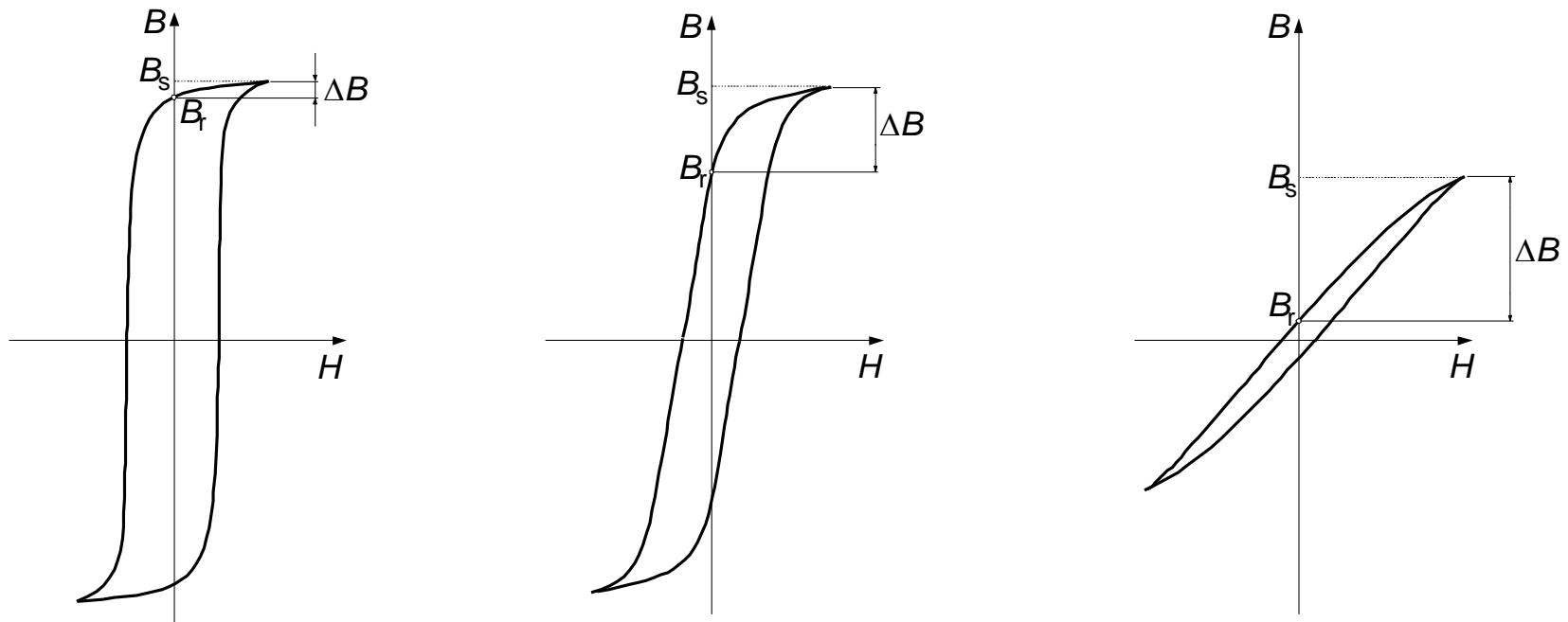
RCD1: 30 mA, typu A, bezzwłoczny



RCD2: 30 mA, typu AC, bezzwłoczny



Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD



Charakterystyczne kształty pętli histerezy; a) pętla prostokątna, b) pętla zaokrąglona, c) pętla płaska: B_s – indukcja magnetyczna nasycenia, B_r – indukcja magnetyczna szczątkowa, ΔB – przybliżone zmiany indukcji magnetycznej przy przepływie prądu półfalowego

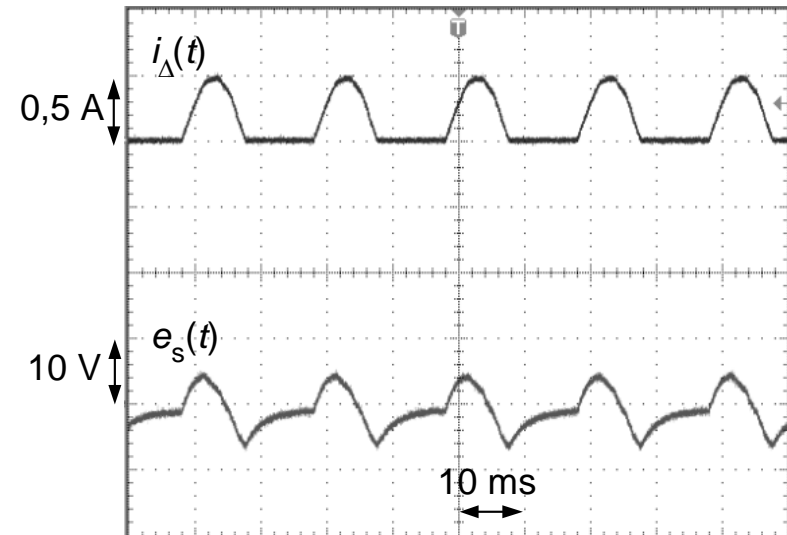
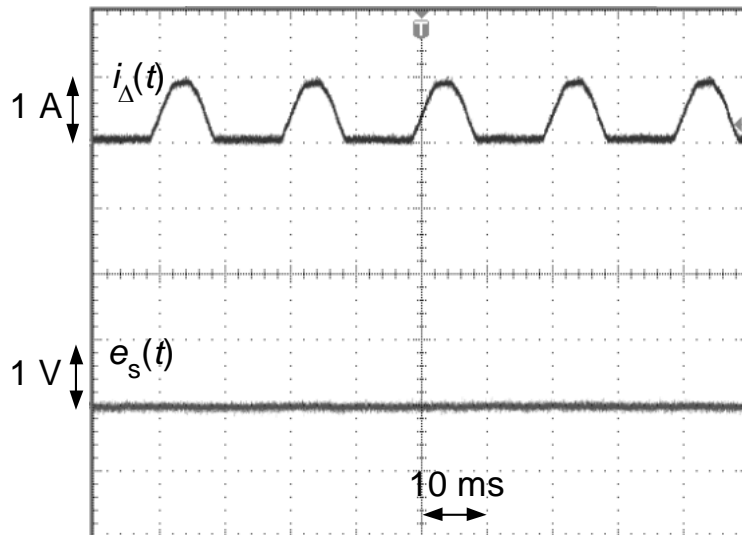
Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD

Napięcie indukowane przy wymuszeniu półfalowym

Pętla histerezy:

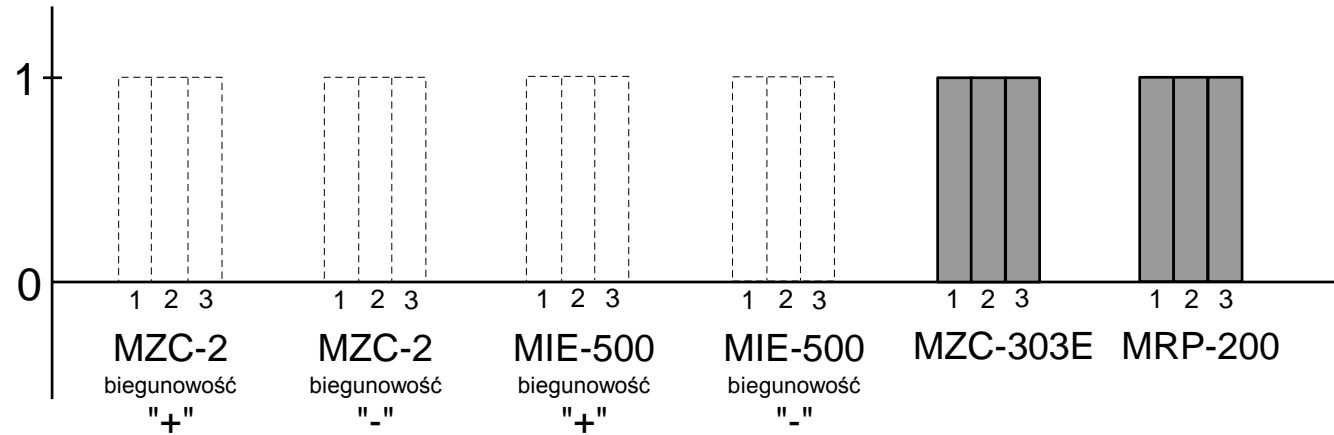
prostokątna

płaska

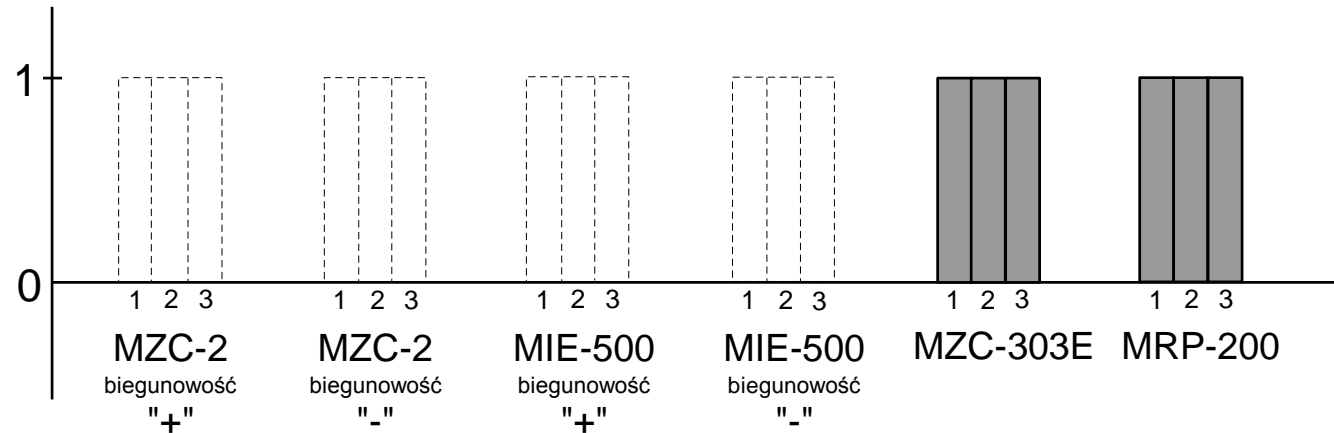


Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodzie z RCD

RCD3: 30 mA, typu AC, krótkozwłoczny



RCD4: 30 mA, typu A, krótkozwłoczny



Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej

Uwzględnienie zwiększenia się rezystancji przewodów pod wpływem wzrostu temperatury

Załącznik D - informacyjny !

$$Z_s(m) \leq \frac{2}{3} \times \frac{U_0}{I_a}$$

Zapis PN-HD 60364-6:2008 (analogiczny w wersji 2016-07)

Jeżeli zmierzona wartość impedancji pętli zwarciowej przekracza wartość $2U_0/3I_a$, to zgodność z wymaganiami 411.4 można dokładniej ocenić, określając wartość impedancji pętli zwarciowej w sposób następujący:

- a) w pierwszej kolejności mierzy się, przy złączu instalacji, impedancję pętli zwarciowej Z_e , obejmującej przewód fazowy i uziemiony punkt neutralny;
- b) następnie mierzy się rezystancję przewodu fazowego i przewodu ochronnego w obwodzie(-ach) rozdzielczym(-ych);
- c) następnie mierzy się rezystancję przewodu fazowego i przewodu ochronnego w obwodzie odbiorczym;
- d) wartości rezystancji zmierzonych według a), b) i c) zwiększyć na podstawie wzrostu temperatury, uwzględniając przy tym, w przypadku prądów zwarciowych, energię przepuszczoną przez urządzenie zabezpieczające;
- e) te zwiększone wartości rezystancji są na koniec dodawane do wartości impedancji pętli zwarciowej Z_e , obejmującej przewód zasilający fazowy i uziemiony punkt neutralny, tak aby otrzymać realną wartość Z_s w warunkach zwarcia.

Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej

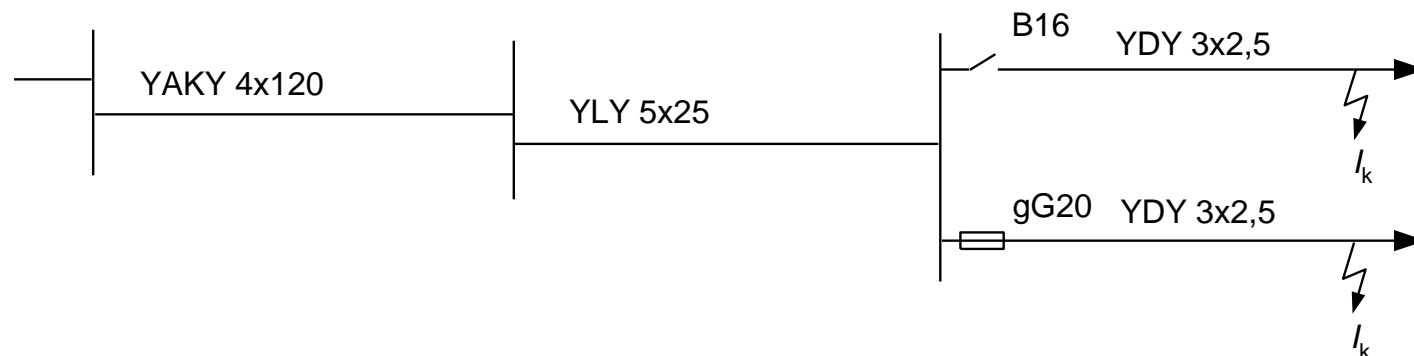
Nie ma praktycznego znaczenia w przypadku zastosowania wyłączników różnicowoprądowych jako urządzeń wyłączających.

Przy przepływie dużego prądu zwarciowego i założeniu nagrzewania adiabatycznego, przewody osiągają następujący przyrost temperatury:

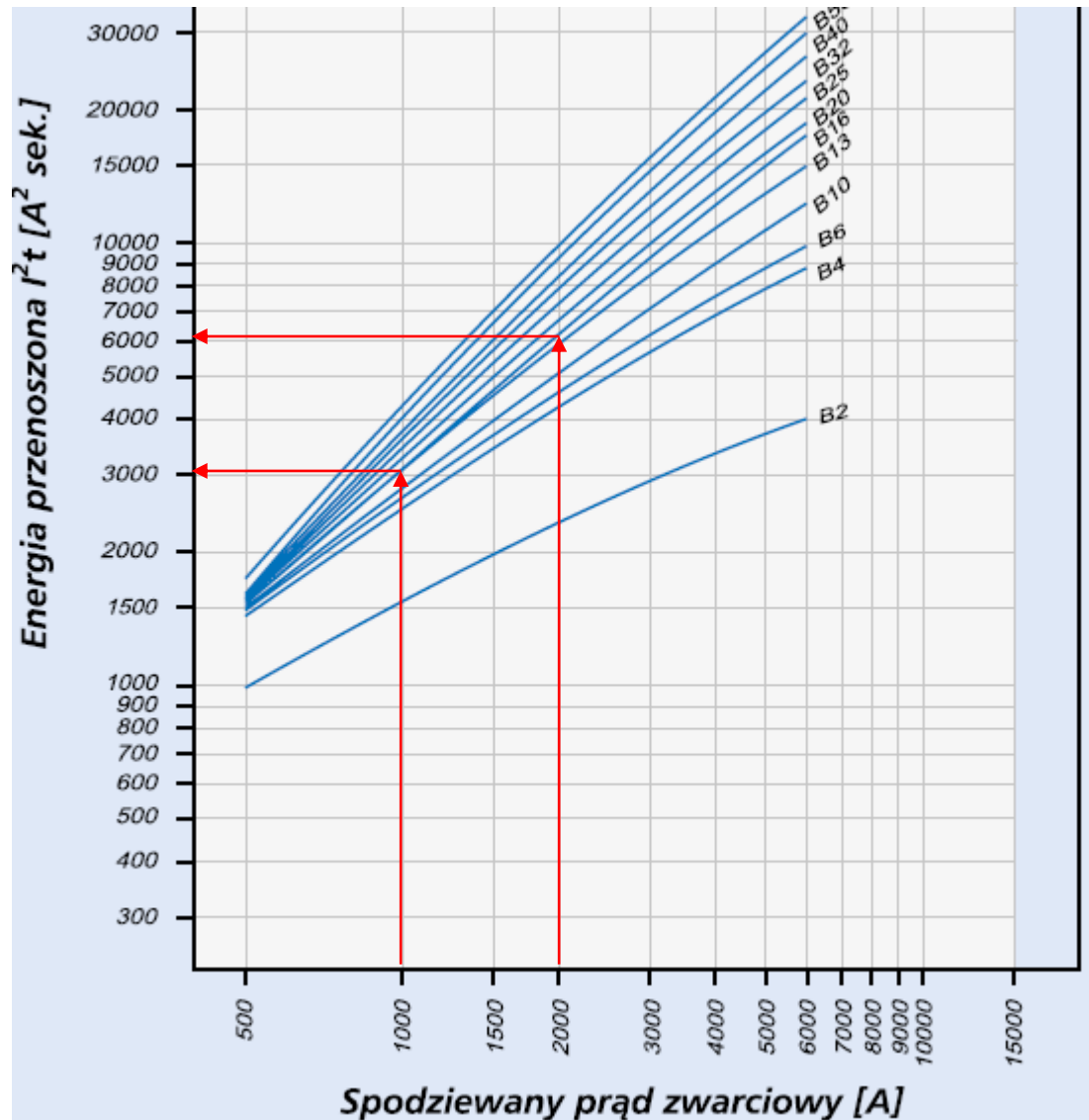
$$\nu = (\tau_{dz} - \tau_{dd}) \cdot \frac{I^2 t}{(k \cdot s)^2 \cdot 1}$$

dla kabli YAKY: $\tau_{dz} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$, $\tau_{dd} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, $k = 76 \text{ A/mm}^2$

dla przewodów YDY (YLY): $\tau_{dz} = 160 \text{ }^\circ\text{C}$, $\tau_{dd} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$, $k = 115 \text{ A/mm}^2$

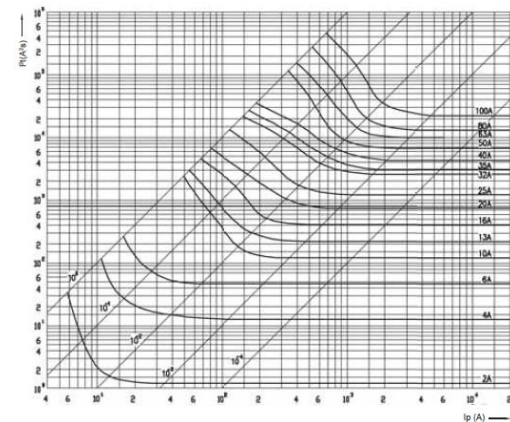
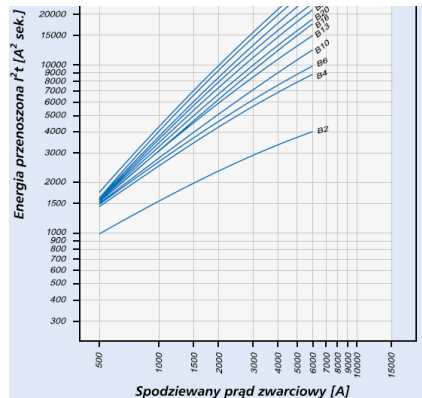


Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej



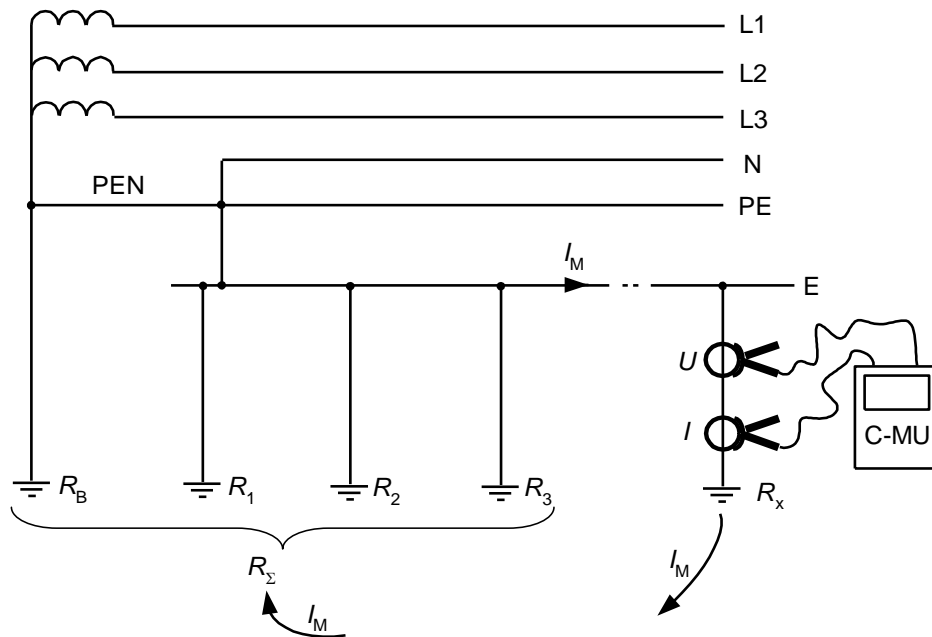
Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar impedancji pętli zwarciowej

Przewód/kabel	Przyrost temperatury [K] Zabezpieczenie B16		Przyrost temperatury [K] Zabezpieczenie gG20 ($I^2t = 2500 \text{ A}^2\text{s}$)	
	$I_k = 1 \text{ kA}$	$I_k = 2 \text{ kA}$	$I_k = 1 \text{ kA}$	$I_k = 2 \text{ kA}$
YDY 3x2,5	3,5	6,8	2,7	2,7
YLY 5x25	0,035	0,068	0,027	0,027
YAKY 4x120	0,0035	0,0068	0,0027	0,0027



Przy pomiarze wystarczy zastosować miernik o stosunkowo dużym prądzie pomiarowym, a przy projektowaniu uwzględnić wzrost rezystancji o (20-25)% w obwodzie, na którego końcu zakłada się zwarcie.

Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar rezystancji uziemienia



Pomiar rezystancji pętli metodą cęgową:

I_M – prąd pomiarowy,

R_B – uziom w stacji zasilającej,

R_x – uziom badany,

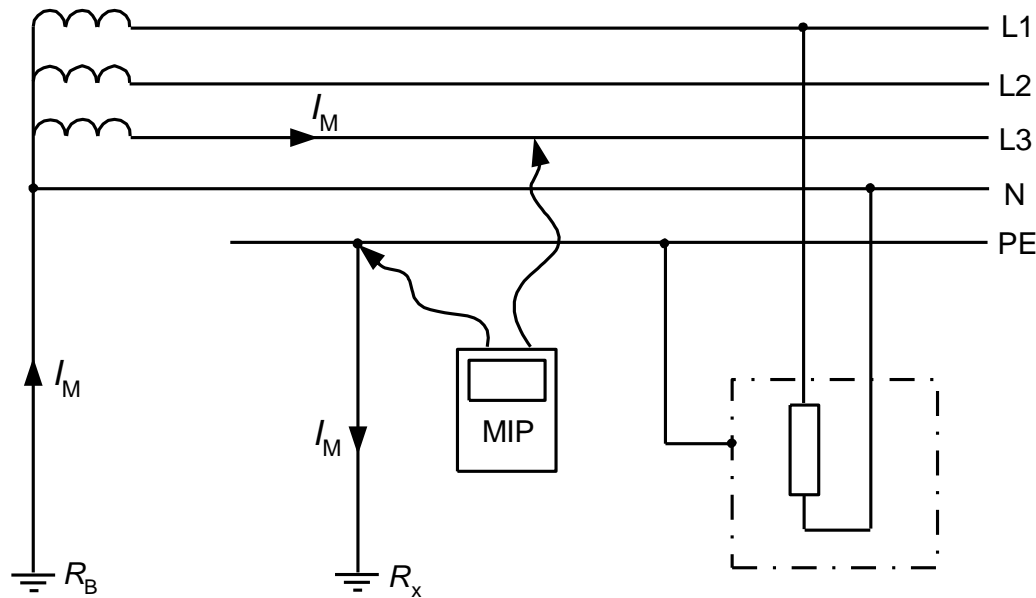
R_1, R_2, R_3 – dodatkowe uziomy przyłączone do głównej szyny wyrównawczej,

C-MU – cęgowy miernik uziemień

Metoda nie wymaga stosowania sondy prądowej ani sondy napięciowej. Miernik jest wyposażony w cęgowy transformator napięciowy, który indukuje napięcie w pętli obejmującej uziom badany R_x oraz pozostałe równolegle połączone uziomy o wypadkowej rezystancji uziemienia R_Σ . Drugi przetwornik cęgowy jest przekładnikiem prądowym indukcyjnym, który mierzy prąd o częstotliwości pomiarowej (innej niż częstotliwość sieci). W układzie tym mierzy się sumę rezystancji $R_x + R_\Sigma$, zatem uzyskuje się wartość większą niż poszukiwana (błąd w kierunku bezpiecznym). Jeżeli wartość zmierzona nie przekracza dopuszczalnej, to nie ma konieczności wykonywania dokładniejszych pomiarów.

Samoczynne wyłączenie zasilania – pomiar rezystancji uziemienia

Zamiast zwykłego pomiaru rezystancji uziemienia można wykonać pomiar impedancji pętli zwarciowej. W tym przypadku też nie stosuje się sondy prądowej ani sondy napięciowej (rys.) Mierzy się sumę rezystancji $R_B + R_x$. Jeżeli wartość zmierzona nie przekracza dopuszczalnej, to pomiar można uznać za miarodajny.



Pomiar rezystancji pętli w układzie TT miernikiem impedancji pętli zwarciowej MIP

Uwaga!

Zmiany wprowadzone przez **PN-HD 60364-4-41:2017-09**

Wyłączniki różnicowoprądowe o $I_{\Delta n} \leq 30$ mA wymagane w obwodach:

- gniazd wtyczkowych ogólnego przeznaczenia o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A (było 20 A), które są użytkowane przez laików,
- obwodach oświetleniowych gospodarstw domowych.

Pomiar czasu zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego jest wymagany tylko następujących sytuacjach:

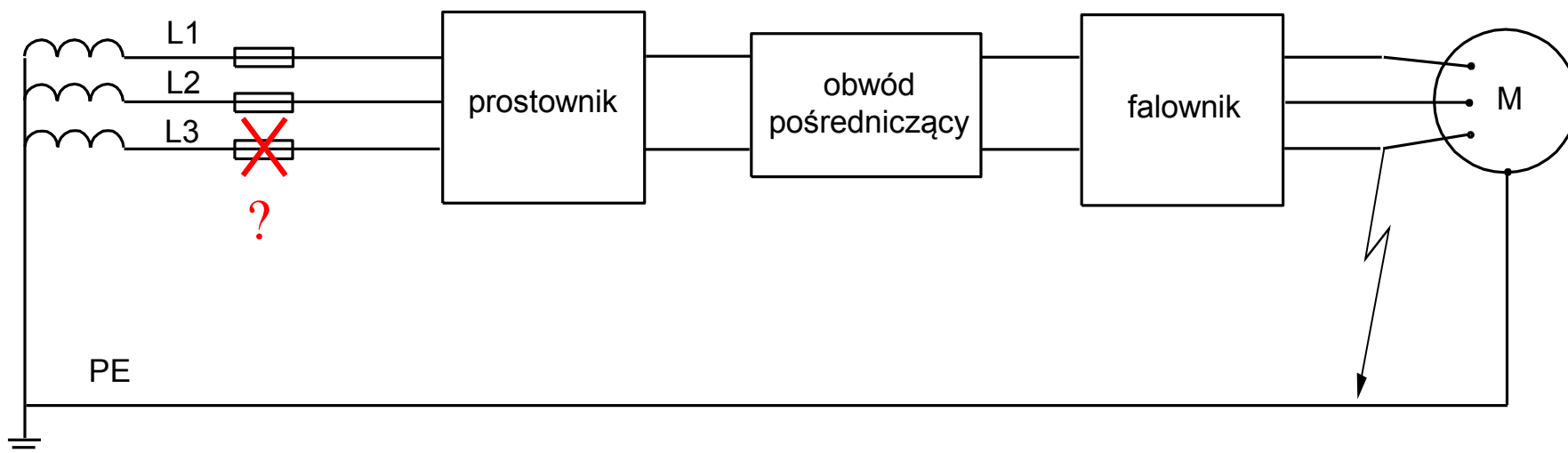
- w nowej instalacji zastosowano wyłączniki różnicowoprądowe z odzysku,
- wcześniej zainstalowane wyłączniki różnicowoprądowe mają chronić obwody, które właśnie rozbudowano lub przebudowano.

Pomiary te przeprowadza się tylko przy sprawdzaniu odbiorczym, nie są wymagane przy sprawdzaniu okresowym.

Samoczynne wyłączanie zasilania w obwodach z wybranymi przekształtnikami (układy napędowe, zasilacze UPS)

Obwód silnika zasilanego z przemiennika częstotliwości

Bezpiecznik jako urządzenie samoczynnie wyłączające zasilanie



Przy zwarciu doziemnym w obwodzie wyjściowym falownika, w obwodzie zasilającym płynie prąd symetryczny, nie można więc liczyć na zadziałanie bezpiecznika

Obwód silnika zasilanego z przemiennika częstotliwości

Ochrona przeciwporażeniowa przez samoczynne wyłączenie zasilania powinna być realizowana na tych samych zasadach, co w obwodach bez przekształtników, i jest skuteczna, jeżeli po wystąpieniu zwarcia L-PE:

- następuje wyłączenie zasilania w wymaganym czasie lub
- nie są przekroczone napięcia dotykowe dopuszczalne długotrwale.

Można ewentualnie liczyć na zabezpieczenia wewnątrz przekształtnika, ale...

Zabezpieczenia te są umieszczone po to, aby chronić przed skutkami cieplnymi i elektrodynamicznymi elementy przekształtnika, a nie dla celów ochrony przeciwporażeniowej. W razie zwarcia przez niewielką rezystancję następuje blokowanie zaworów, co skutkuje wyłączeniem napięcia wyjściowego przekształtnika. Jednakże w odniesieniu do ochrony przy uszkodzeniu stan blokowania zaworów przekształtnika nie jest uważany za samoczynne wyłączenie zasilania w rozumieniu normy, bo nie tworzy galwanicznej przerwy w obwodzie.

Obwód silnika zasilanego z przemiennika częstotliwości

Pozostaje zapewnienie odpowiednio małego napięcia dotykowego. Przy doziemieniu spadek napięcia na przewodzie ochronnym pomiędzy przekształtnikiem a miejscem gdzie są wykonane połączenia wyrównawcze nie powinien przekraczać napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale:

$$R_{PE} \cdot I_a \leq U_L$$

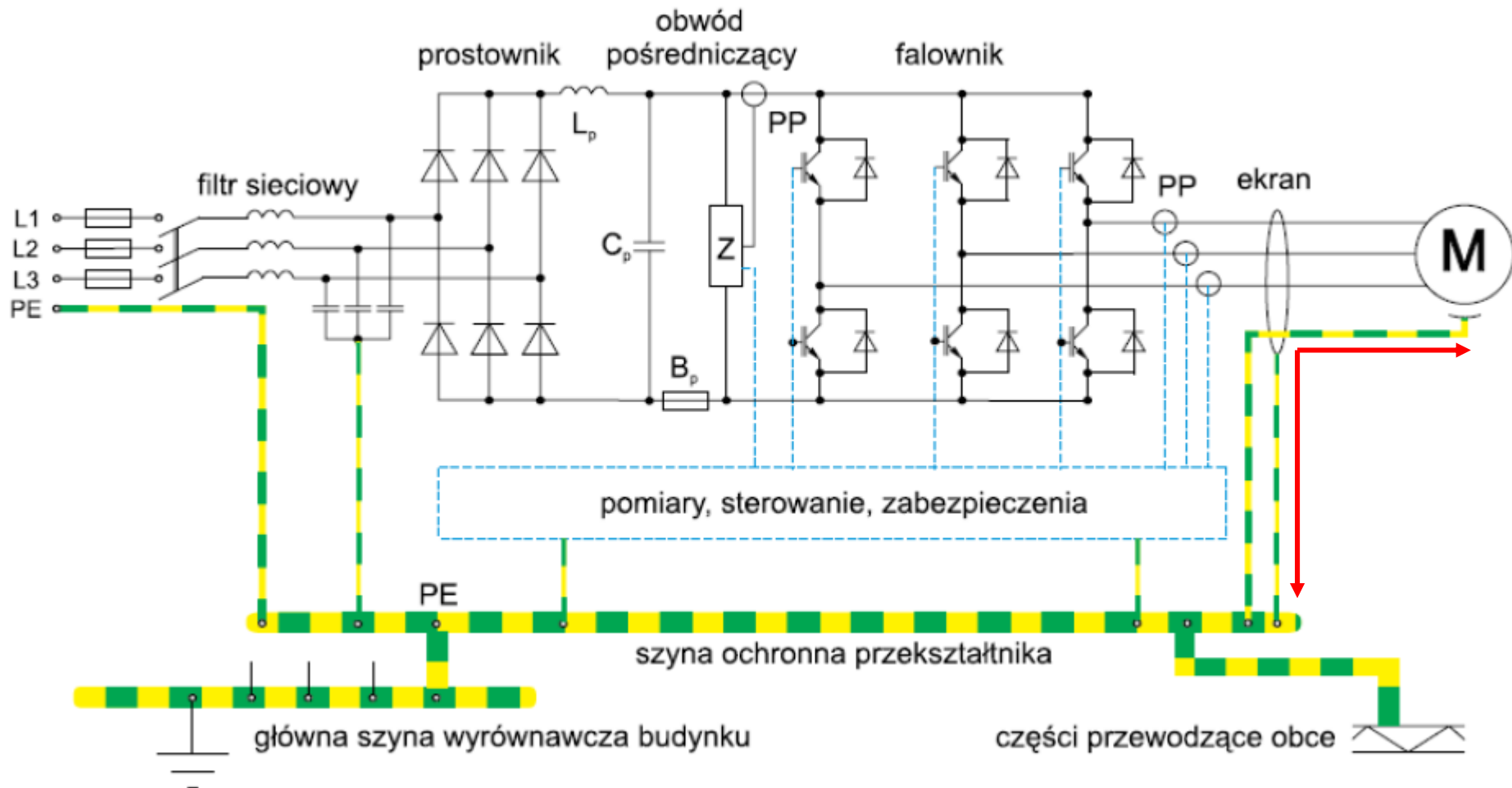
gdzie:

U_L – napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale,

I_a – prąd wyłączający zabezpieczenia nadprądowego,

R_{PE} – rezystancja przewodu ochronnego pomiędzy przekształtnikiem a połączeniami wyrównawczymi.

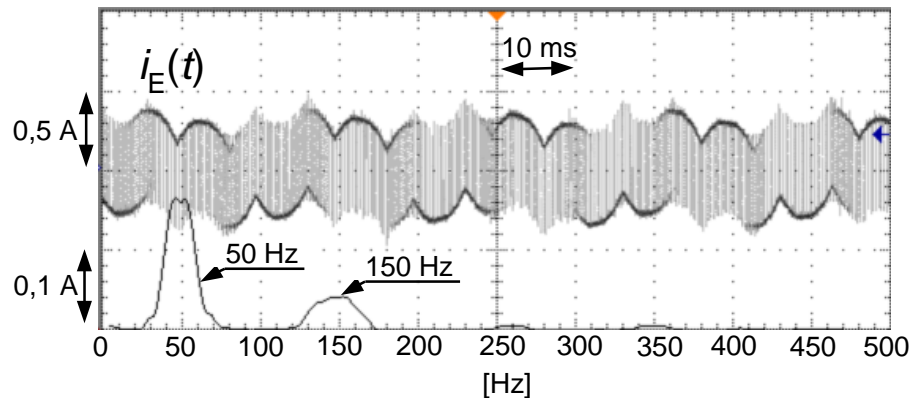
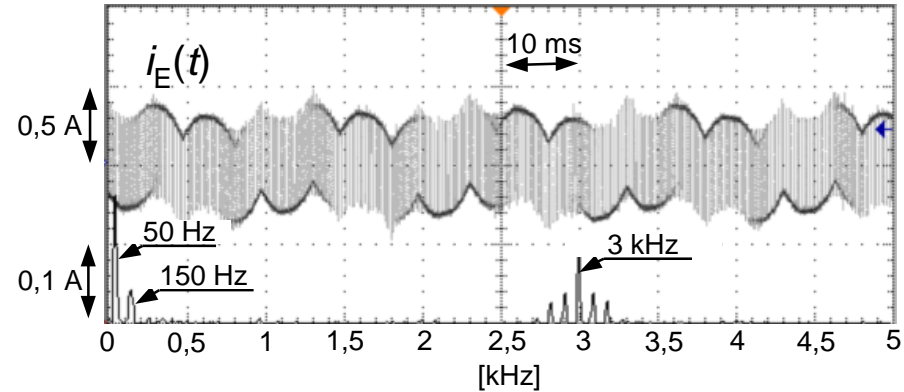
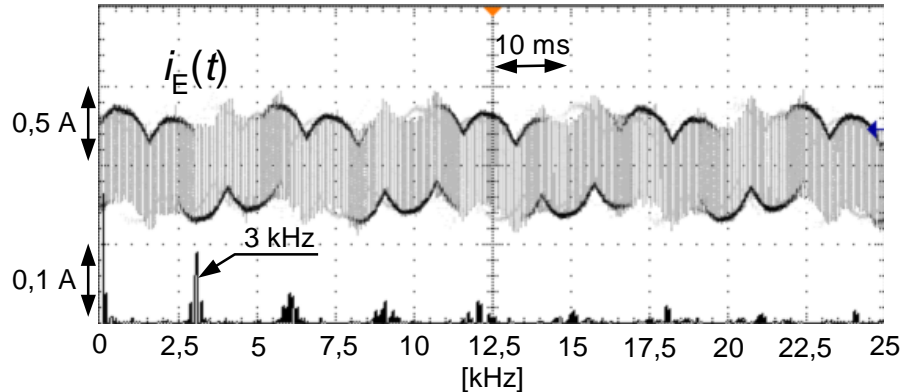
Obwód silnika zasilanego z przemiennika częstotliwości



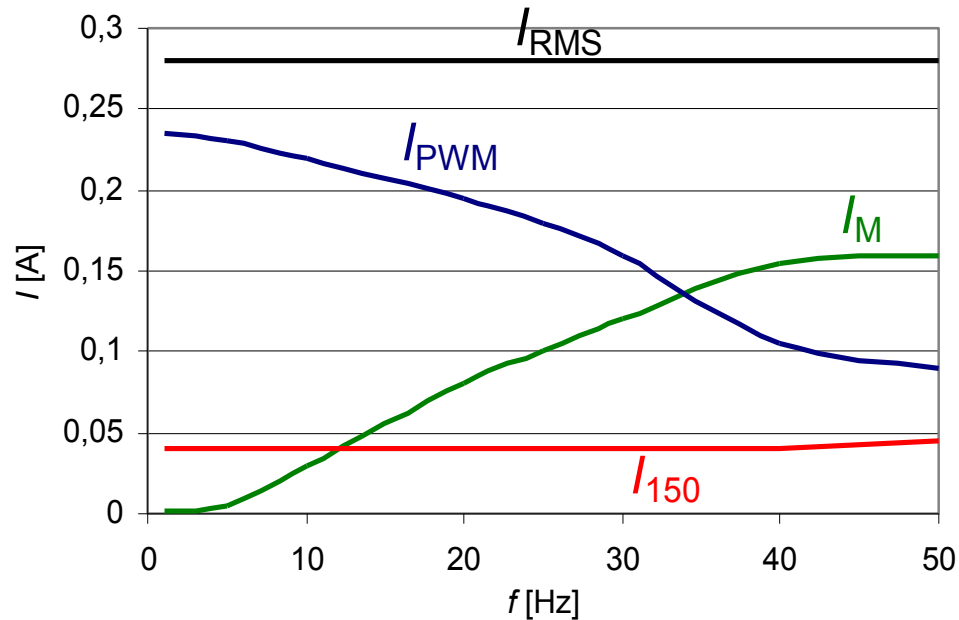
Obwód silnika zasilanego z przemiennika częstotliwości

Prąd różnicowy (ziemnozwarciowy) w obwodzie wyjściowym przemiennika.
Częstotliwość PWM 3 kHz

Częstotliwość podstawowa odniesienia (użytkowa) 50 Hz



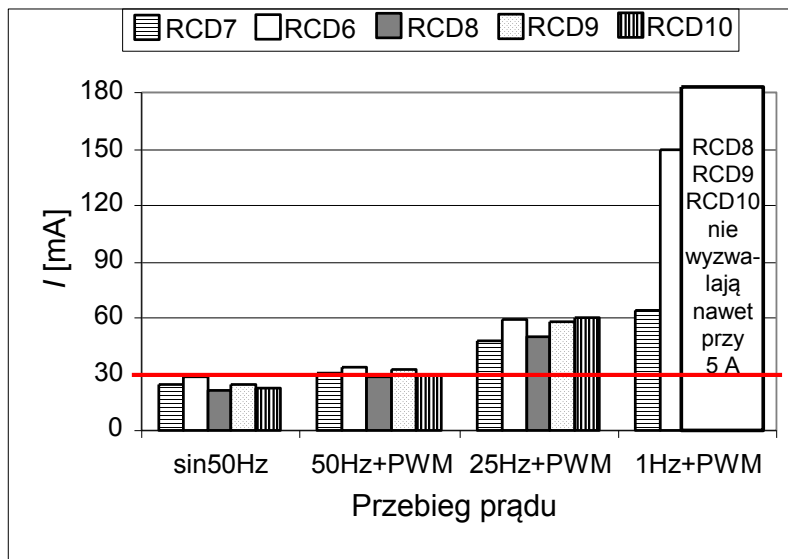
Obwód silnika zasilanego z przemiennika częstotliwości



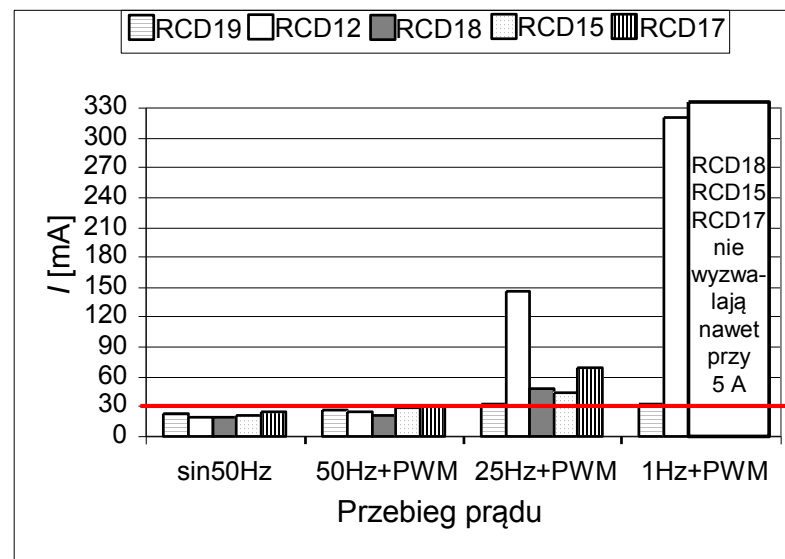
Zmiana udziału poszczególnych składowych prądu ziemnozwarciowego przy zwarceniu w obwodzie wyjściowym przemiennika dla różnych częstotliwości podstawowych/użytkowych (od 1 Hz do 50 Hz). Częstotliwość PWM 3 kHz

Obwód silnika zasilanego z przemiennika częstotliwości

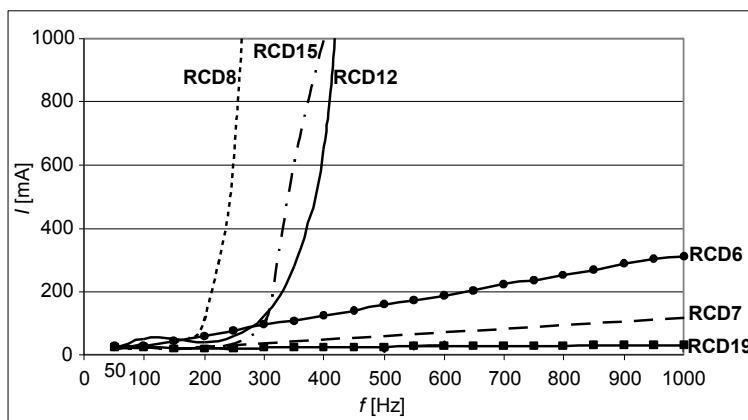
a)



b)



Prąd zadziałania wybranych wyłączników różnicowoprądowych przy prądach różnicowych zawierających wiele wyższych harmonicznych. Wyłączniki: a) 30 mA typu AC, b) 30 mA typu A














Charakterystyka prądu zadziałania wyłączników różnicowoprądowych w funkcji częstotliwości.

Wyłączniki 30 mA

typu AC: RCD6, RCD7, RCD8

typu A: RCD12, RCD15, RCD19

Obwód silnika zasilanego z przemiennika częstotliwości

Type of current	Current waveform	Correct function of residual current protective devices of type					
		Type AC 	Type A 	Type F 	Type B 	Type B+ 	
AC fault current		✓	✓	✓	✓	✓	
Pulsating DC residual currents (pos. or neg. half-waves)		--	✓	✓	✓	✓	
Truncated half-wave currents		--	✓	✓	✓	✓	
		--	✓	✓	✓	✓	
Half-wave current during superimposition with smooth direct current		--	✓ + 6 mA	✓ + 10 mA	✓ +0.4 mA	✓ +0.4 $I_{\Delta n}$	
Residual current from mixed frequency		--	--	✓	✓	✓	
Smooth direct current		--	--	--	✓	✓	

Obwód silnika zasilanego z przemiennika częstotliwości

Na podstawie katalogu **ETI**

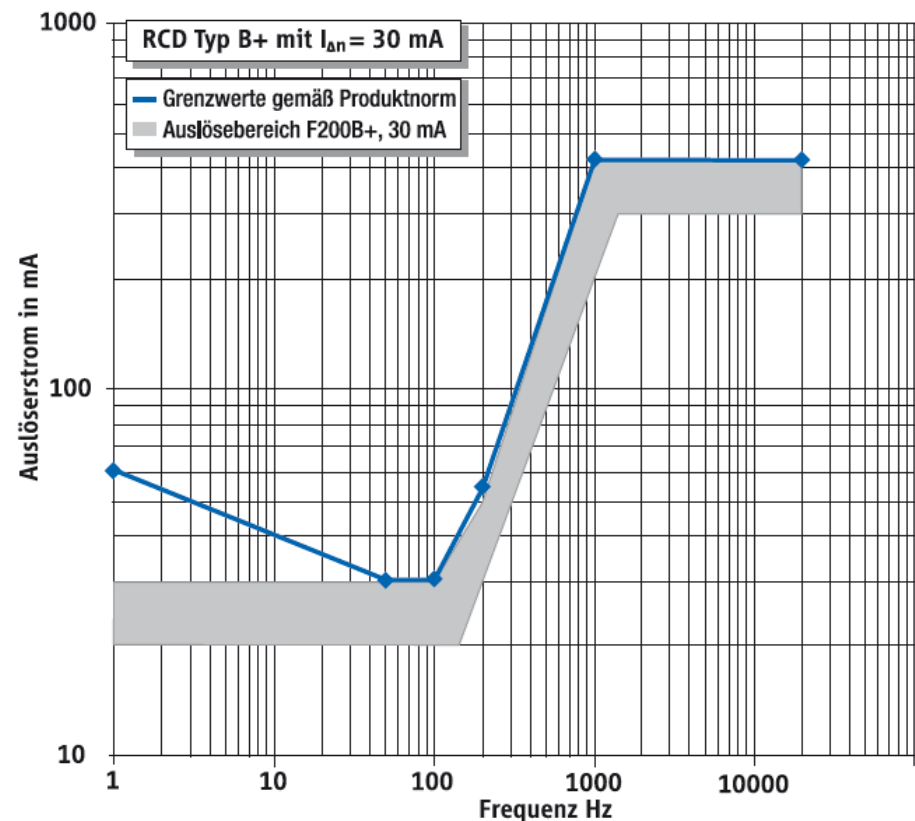
AC pure sinus residual current, 50/60Hz

A sinus and pulsating direct current, 50/60Hz

B AC + A + smooth direct current + high frequency (1 kHz)

B+ AC + A + smooth direct current + high frequency (20kHz)

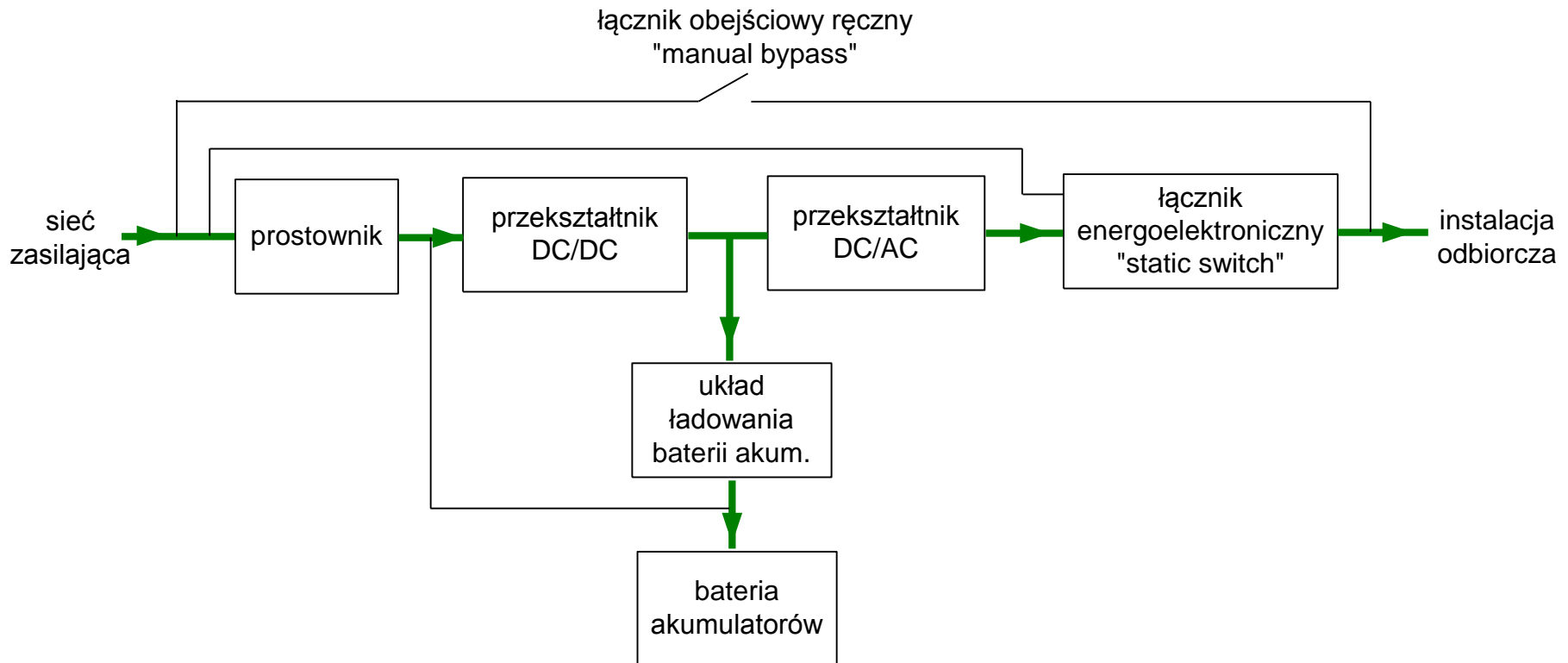
Na podstawie katalogu **ABB**



Zasilacze bezprzerwowe (UPS)

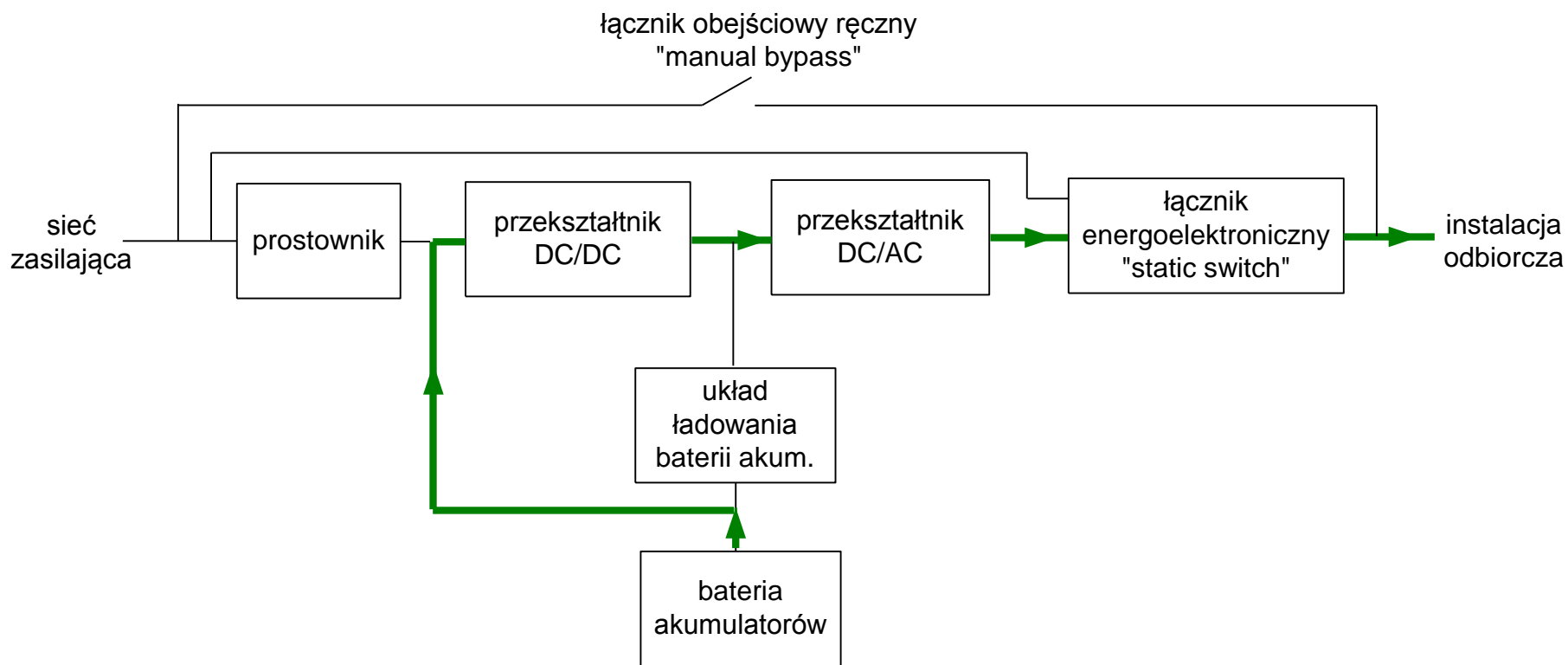
VFI SS 111

stan pracy „On Inverter”



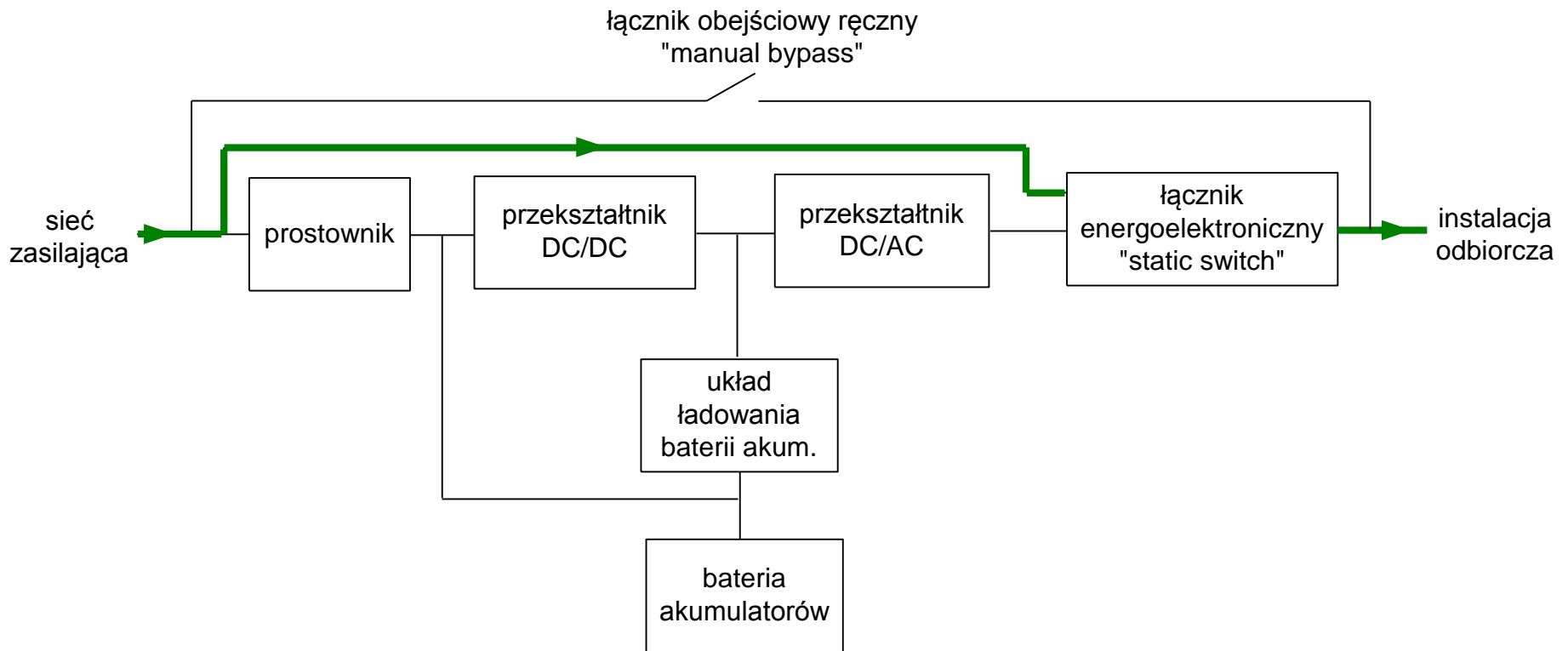
Zasilacze bezprzerwowe (UPS)

stan pracy „On Battery”



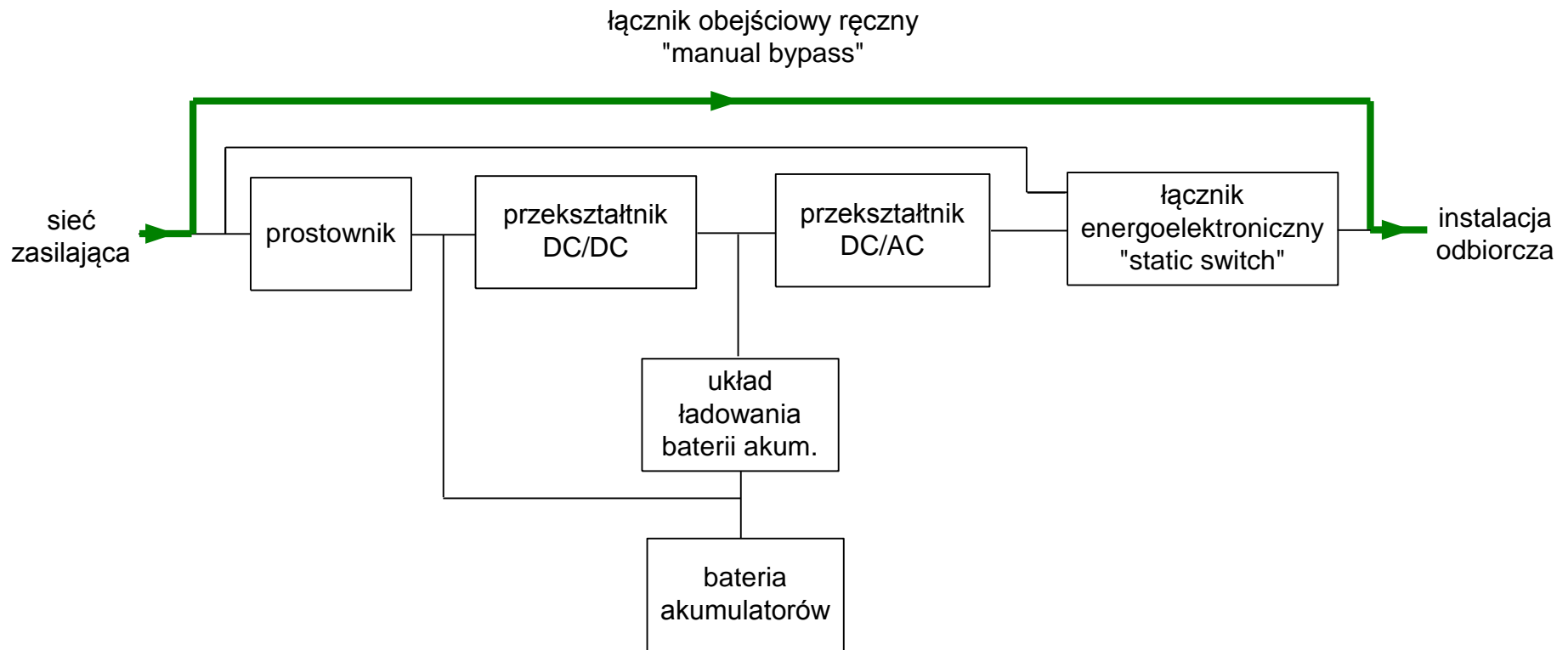
Zasilacze bezprzerwowe (UPS)

stan pracy „On Bypass – Static Switch”

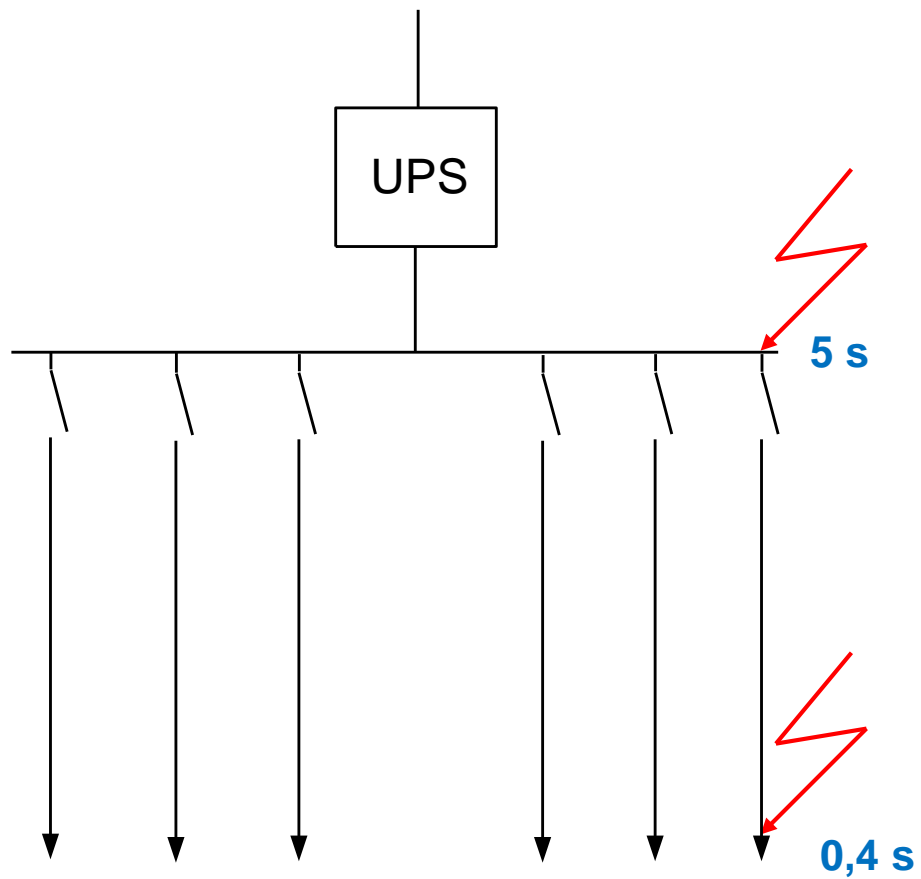


Zasilacze bezprzerwowe (UPS)

stan pracy „On Manual Bypass”

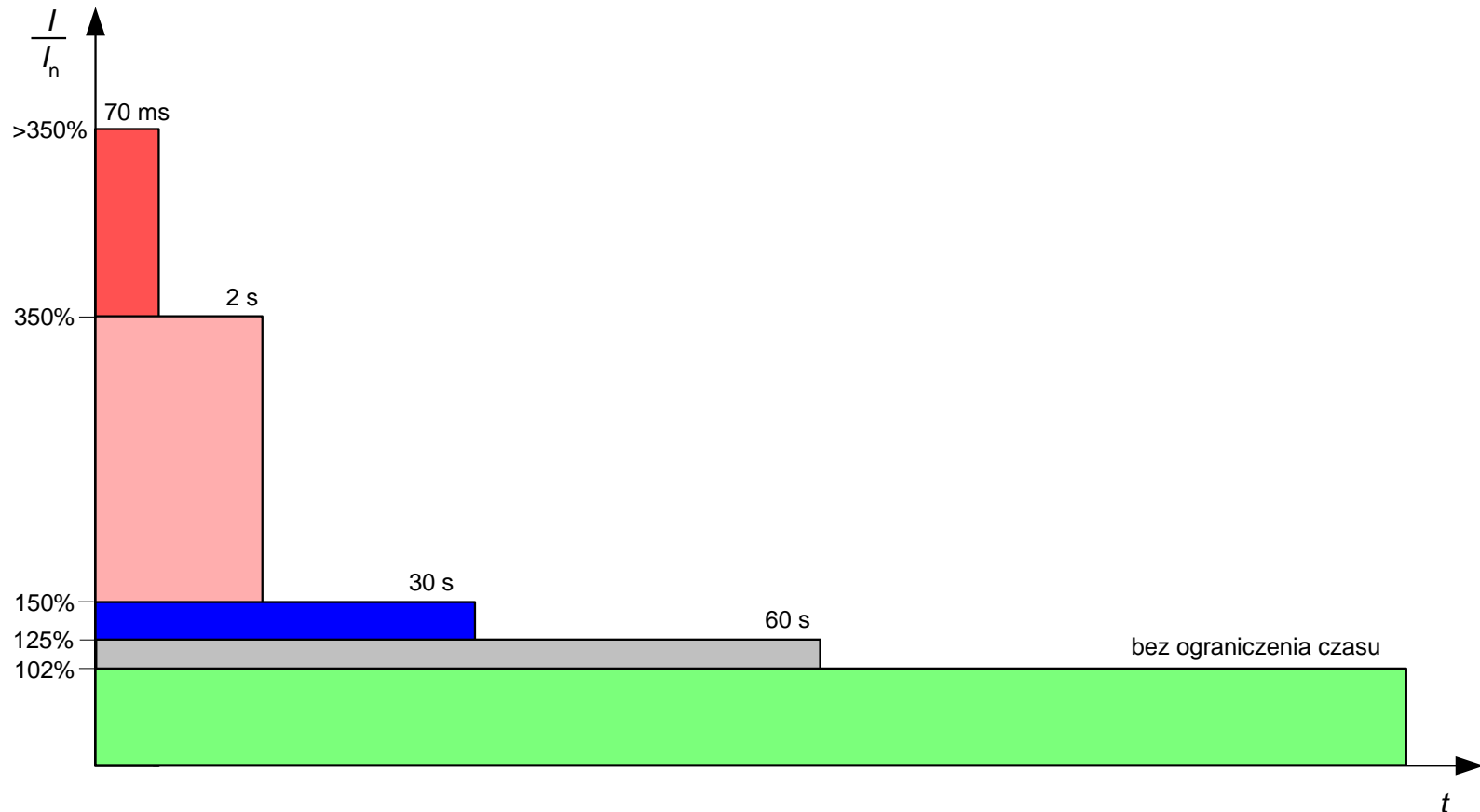


Zasilacze bezprzerwowe (UPS)



Zasilacze bezprzerwowe (UPS)

Przykładowa zależność „obciążenie – największy dopuszczalny czas pracy”
UPS 30 kVA 3f/3f

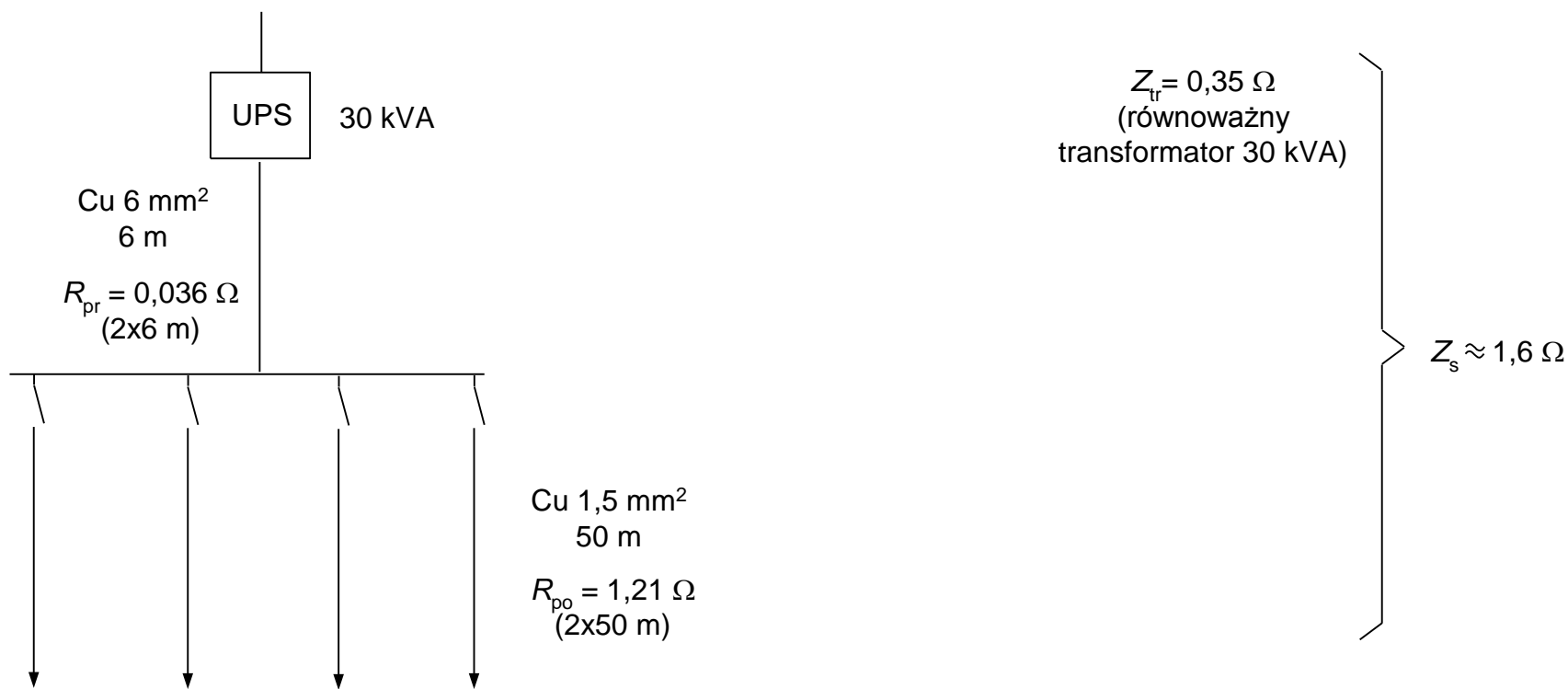


Zasilacze bezprzerwowe (UPS)

Rodzaj UPS-a	Klasyczny beztransformatory	Przemysłowy
Separacja galwaniczna w torze głównym	○	●
Separacja galwaniczna w torze bypassu	○	●
Odporność na zwarcia	$3 \times I_n$ przez 300 ms	$3 \times I_n$ przez 5 sekund
Odporność na przeciążenia	> 150% przez 2 sekundy	200% przez 30 sekund
Współpraca z baterią centralną 110 lub 220 V _{DC}	○	●
Stopień ochrony obudowy	IP20	IP42

Zasilacze bezprzerwowe (UPS) a pomiary impedancji pętli zwarciowej

Pomiar impedancji pętli zwarciowej – przykładowe wyniki pomiarów



$Z_s = 1,60 \Omega$ "On Inverter"

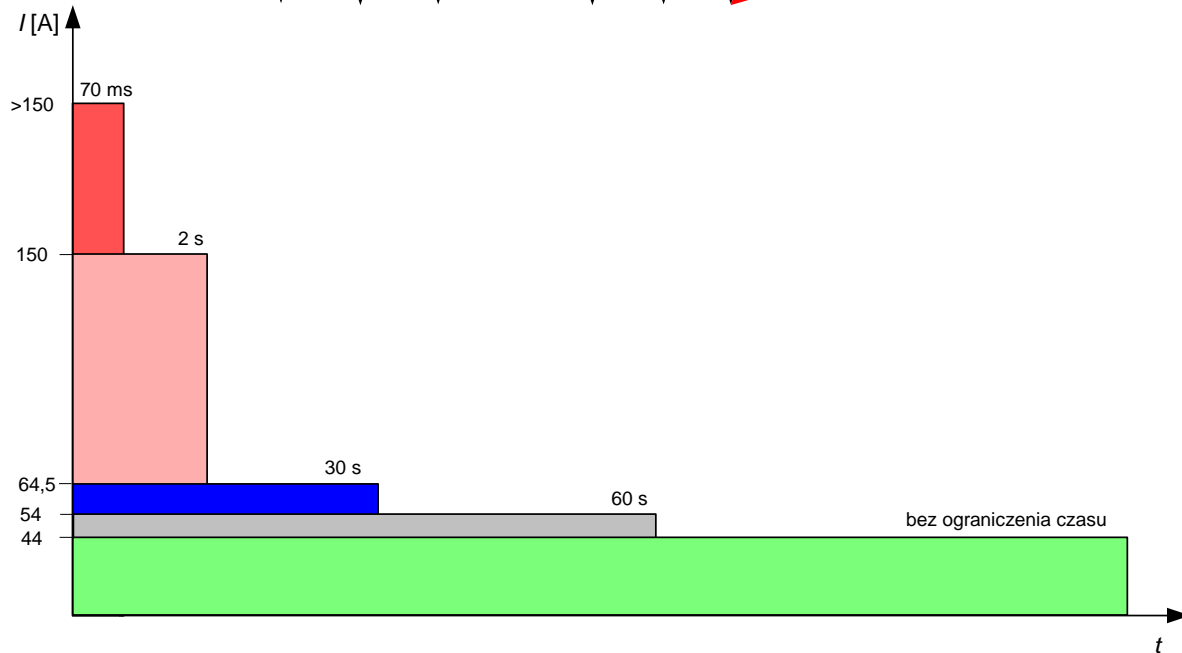
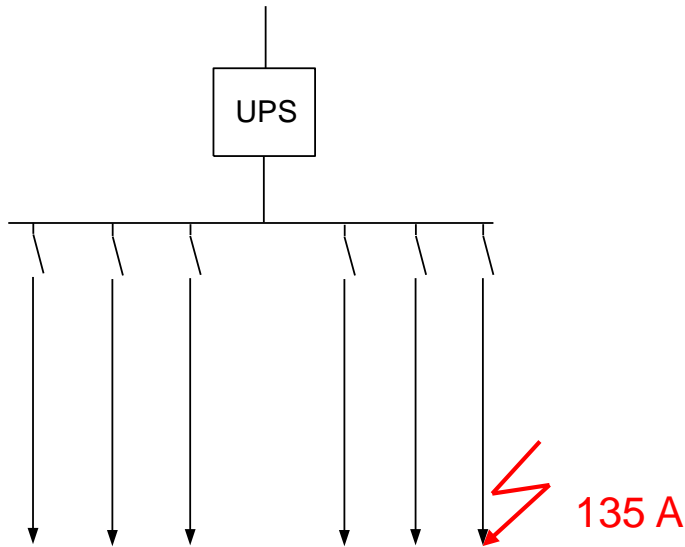
Zmierzona impedancja pętli zwarciowej

$Z_s = 1,70 \Omega$ "On Battery"

$Z_s = 1,66 \Omega$ "On Bypass - Static Switch"

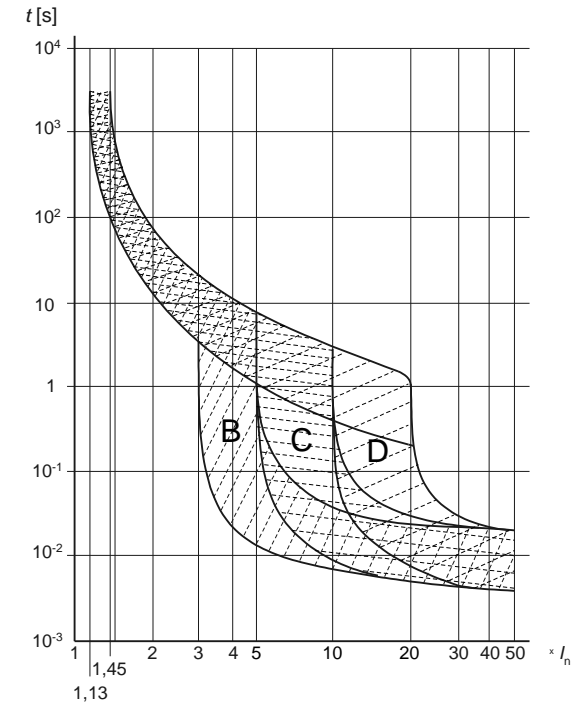
$Z_s = 1,59 \Omega$ "On Manual Bypass"

Zasilacze bezprzerwowe (UPS) a pomiary impedancji pętli zwarciowej



Charakterystyka wyzwalań			
Charakterystyka	Badany prąd	Czas wyłączenia	Wynik
B, C, D	$1,13 I_N$	$t \geq 3600$ s	brak wyłączenia
B, C, D	$1,45 I_N$	$t < 3600$ s	wyłączenie
B, C, D	$2,55 I_N$	1 s $< t < 60$ s	wyłączenie
B	$3,00 I_N$	$t \geq 0,1$ s	brak wyłączenia
C	$5,00 I_N$	$t \geq 0,1$ s	brak wyłączenia
D	$10,00 I_N$	$t \geq 0,1$ s	brak wyłączenia
B	$5,00 I_N$	$t < 0,1$ s	wyłączenie
C	$10,00 I_N$	$t < 0,1$ s	wyłączenie
D	$20,00 I_N$	$t < 0,1$ s	wyłączenie

Źródło: materiały firmy ETI



Zasilacze bezprzerwowe (UPS) a pomiary impedancji pętli zwarciowej

Wpływ stanu pracy UPS oraz pracujących odbiorników w instalacji na dokładność pomiaru impedancji pętli zwarciowej

Przykładowe wyniki pomiarów – stan pracy „On Inverter”

miejsce pomiaru	UPS 5 kVA		UPS 30 kVA	
	bez obciążenia	z obciążeniem 80%	bez obciążenia	z obciążeniem 70%
blisko UPS	0,56 Ω	0,48 Ω	0,38 Ω	0,29 Ω
na końcu długiego obwodu odbiorczego	1,85 Ω	1,72 Ω	1,60 Ω	1,55 Ω

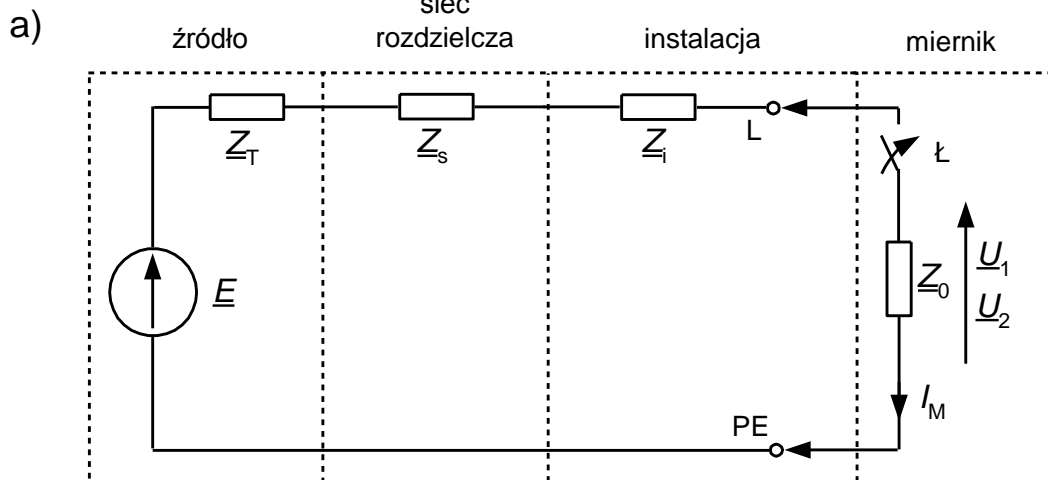
Zasilacze bezprzerwowe (UPS) a pomiary impedancji pętli zwarciowej

Wpływ stanu pracy UPS oraz pracujących odbiorników w instalacji na dokładność pomiaru impedancji pętli zwarciowej

Przykładowe wyniki pomiarów – stan pracy „On Battery”

miejsce pomiaru	UPS 5 kVA		UPS 30 kVA	
	bez obciążenia	z obciążeniem 80%	bez obciążenia	z obciążeniem 70%
blisko UPS	0,59 Ω	0,48 Ω	0,39 Ω	0,27 Ω
na końcu długiego obwodu odbiorczego	1,91 Ω	1,75 Ω	1,70 Ω	1,56 Ω

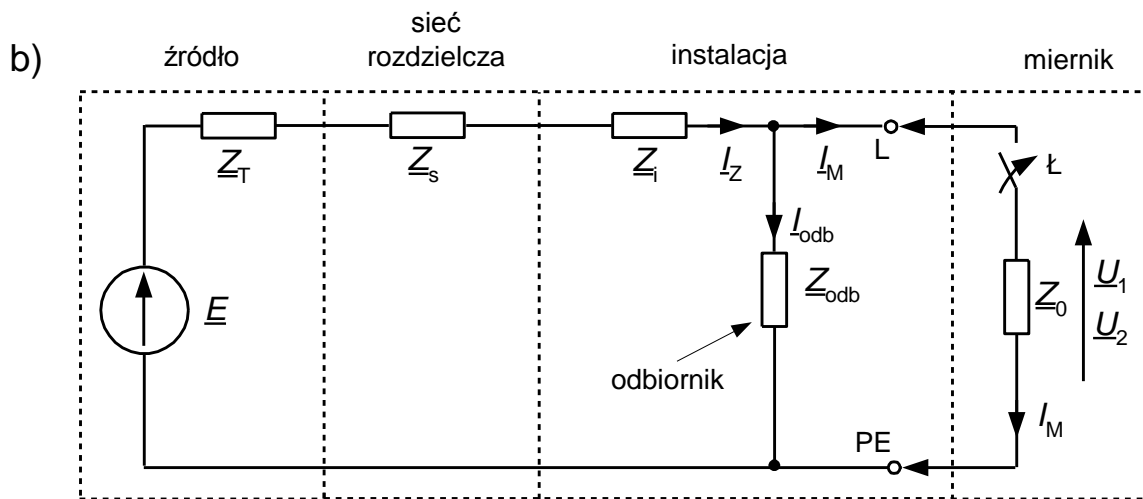
Zasilacze bezprzerwowe (UPS) a pomiary impedancji pętli zwarciowej



impedancja pętli $Z = Z_T + Z_s + Z_i$

$$\underline{Z} = \underline{Z}_0 \frac{U_1 - U_2}{U_2} = \underline{Z}_0 \left(\frac{U_1}{U_2} - 1 \right)$$

bez pracujących odbiorników

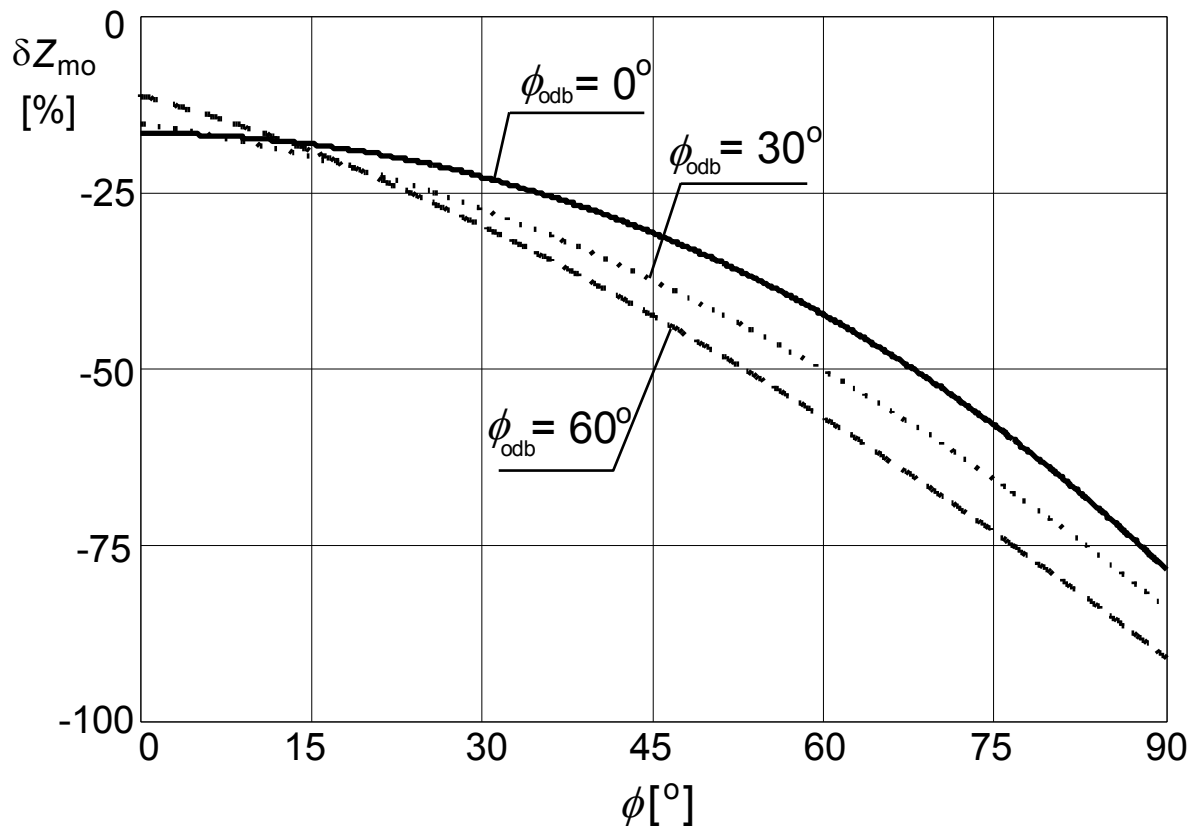


impedancja pętli $Z = Z_T + Z_s + Z_i$

$$\underline{Z} = ?$$

z pracującymi odbiornikami

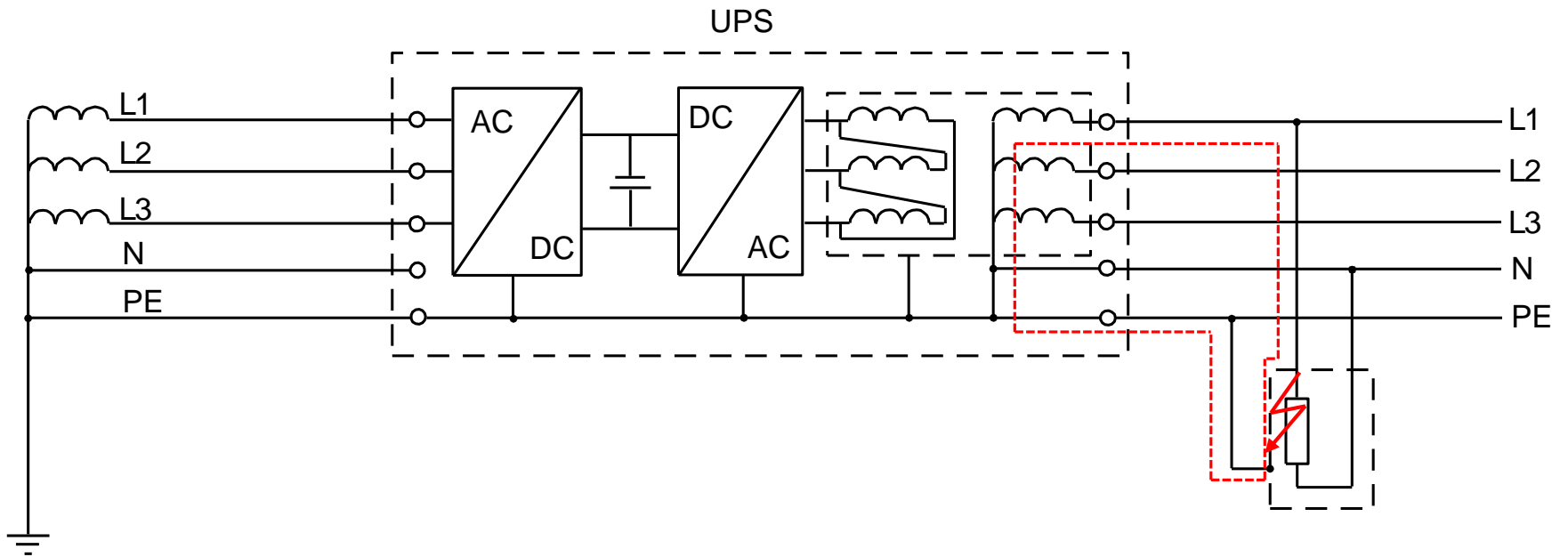
Zasilacze bezprzerwowe (UPS) a pomiary impedancji pętli zwarciowej



Rys. Błędy pomiaru impedancji pętli $\delta Z_{mo} = f(\phi)$ w sieci z pracującym odbiornikiem: $Z = 1 \Omega$, $Z_{odb} = 5 \Omega$, $Z_0 = 20 \Omega$, $\phi_0 = 0^\circ$

Zasilacze bezprzerwowe (UPS)

UPS z transformatorem



Zasilacze bezprzerwowe (UPS)

UPS z transformatorem

