

seria: POMIARY ELEKTRYCZNE

mgr inż. Fryderyk Łasak

POMIARY I BADANIA EKSPLOATACYJNE W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH

www.ElektryczneInstalacje.eu



**Wydawnictwo
Wiedza i Praktyka**



Autor
mgr inż. Fryderyk Łasak

Redakcja
Jakub Koziół

Korekta
Zespół

ISBN 978-83-269-1607-6

Copyright © by Wydawnictwo Wiedza i Praktyka sp. z o.o.
Warszawa 2012

Wydawnictwo Wiedza i Praktyka sp. z o.o.
03-918 Warszawa, ul. Łotewska 9a,
www.wip.pl

tel. 22 518 29 29, faks 22 617 60 10

Praktyczny poradnik „Pomiary i badania eksploatacyjne w instalacjach elektrycznych” chroniony jest prawem autorskim. Przedruk materiałów opublikowanych w raporcie „Pomiary i badania eksploatacyjne w instalacjach elektrycznych” – bez zgody wydawcy – jest zabroniony. Zakaz nie dotyczy cytowania publikacji z powołaniem się na źródło. Niniejszy raport został przygotowany z zachowaniem najwyższej staranności i wykorzystaniem wysokich kwalifikacji, wiedzy i doświadczenia. Zaproponowane w raporcie „Pomiary i badania eksploatacyjne w instalacjach elektrycznych” wskazówki, porady i interpretacje dotyczą sytuacji typowych. Ich zastosowanie w konkretnym przypadku może wymagać dodatkowych, pogłębionych konsultacji. Publikowane rozwiązania nie mogą być traktowane jako oficjalne stanowisko organów i urzędów państwowych.

W związku z powyższym redakcja nie może ponosić odpowiedzialności prawnej za zastosowanie zawartych w raporcie „Pomiary i badania eksploatacyjne w instalacjach elektrycznych” wskazówek, przykładów, informacji itp. do konkretnych przypadków.

SPIS TREŚCI

Wstęp	4
Rozdział 1: Wymagania dotyczące pomiarów	
Dokładność pomiarów	4
Pomiar bardzo małych impedancji pętli zwarcia przyrządem cyfrowym.....	5
Zakres wykonywania badań odbiorczych zgodnie z PN-HD 60364- 6:2008	6
Zakres wykonywania okresowych badań instalacji	6
Częstość wykonywania okresowych badań.....	6
Rozdział 2: Pomiary wielkości elektrycznych	
Próba ciągłości przewodów	8
Pomiar rezystancji izolacji.....	8
Pomiar rezystancji izolacji obwodów oświetleniowych.....	10
Sprawdzenie ochrony przez oddzielenie obwodów	10
Ochrona za pomocą SELV, PELV lub separacji elektrycznej.....	10
Próba wytrzymałości elektrycznej	10
Rezystancja podłogi i ścian	10
Warunek skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w sieci TN	11
Pomiar impedancji pętli zwarcia metodą spadku napięcia	13
Skuteczność ochrony przeciwporażeniowej w układzie TT	14
Skuteczność ochrony w układzie IT	15
Pomiary eksploatacyjne urządzeń napędowych	16
Wykonywanie pomiarów eksploatacyjnych na suwnicach i dźwignicach.....	17
Pomiar rezystancji uzwojeń silników oraz współpracujących z nimi maszyn elektrycznych o napięciu do 1 kV i powyżej 1 kV	17
Pomiar rezystancji izolacji uzwojeń silników i przetwornic oraz współpracujących z nimi maszyn elektrycznych i innych elementów urządzeń napędowych o napięciu znamionowym do 1 kV i wyższym od 1 kV	18
Wykonywanie pomiarów eksploatacyjnych baterii kondensatorów energetycznych	21
Pomiar napięcia zasilania baterii	21
Pomiar pojemności kondensatorów oraz kontrola równomiernego rozkładu pojemności na poszczególne fazy	22
Pomiary w instalacjach z wyłącznikami różnicowoprądowymi	23
Wyłączniki różnicowoprądowe w instalacjach elektrycznych.....	23
Okresowe sprawdzanie wyłącznika różnicowoprądowego przyciskiem TEST	24

WSTĘP

Obowiązkowe pomiary urządzeń elektroenergetycznych umożliwiają ocenę stanu technicznego wszelkich urządzeń. Dokonuje się je przed przekazaniem urządzeń do eksploatacji oraz okresowo – w czasie eksploatacji. W tym opracowaniu przedstawiamy wytyczne do pomiarów eksploatacyjnych zgodnie z normą PN-HD 60364.6:2008 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 6: Sprawdzanie. Dzięki naszemu opracowaniu poznasz również metody oraz zakres sprawdzania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w obwodach z wyłącznikami różnicowoprądowymi.

ROZDZIAŁ 1: WYMAGANIA DOTYCZĄCE POMIARÓW

DOKŁADNOŚĆ POMIARÓW

Dokładność wykonywania pomiarów zależy od klasy dokładności użytych przyrządów, doboru właściwej metody wykonywania pomiarów i uwzględnienia warunkowań wynikających ze specyfiki badanego obiektu i jego parametrów. Dokładność pomiaru zależy również od zakresu użytego przyrządu pomiarowego i aby była jak największa, odczytu należy dokonywać na takim zakresie, żeby wskazanie przyrządu analogowego wynosiło co najmniej $\frac{3}{4}$ zakresu pomiarowego. Powyższe dotyczy wskazówkowych przyrządów analogowych. Obecnie głównie używane są przyrządy cyfrowe mające tę zaletę, iż zakres pomiarowy jest dobierany automatycznie. Przy pomiarze przyrządem cyfrowym dokładność pomiaru zależy od jego rozdzielczości (np. 0,01) związanej z zakresem pomiarowym (np.: 0,00...200) i jego błędem podstawowym. Na błąd podstawowy przyrządu składa się:

- błąd części analogowej, np. $\pm 2\%$ wartości wyświetlanej,
- błąd części cyfrowej, np. ± 4 cyfry.

Przyrząd MIE-500 zapewnia rozdzielczość 0,01 Ω , a jego błąd podstawowy to $\pm 2\%$ wartości wyświetlanej i ± 4 cyfry. Zakres wyświetlania: 0,00...200 Ω , poprawny zakres pomiarowy od 0,15...200 Ω . Jego następca MPI-502 zapewnia poprawny zakres pomiarowy od 0,13...1999 Ω

Tabela 1. Określenie błędu pomiaru wykonanego przyrządem cyfrowym

Wartość wyświetlana	Błąd „ $\pm 2\%$ w.w”	Błąd „ ± 4 cyfry”	Łączny Błąd	Łączny błąd jako % wartości zmierzonej
1,00 Ω	0,02 Ω	0,04 Ω	0,06 Ω	6%
0,50 Ω	0,01 Ω	0,04 Ω	0,05 Ω	10%
0,10 Ω	0,004 Ω	0,04 Ω	0,044 Ω	22%
0,15 Ω	0,003 Ω	0,04 Ω	0,043 Ω	28,6%
0,13 Ω	0,0026 Ω	0,04 Ω	0,0426 Ω	32,7%
0,10 Ω	0,002 Ω	0,04 Ω	0,042 Ω	42%
0,05 Ω	0,01 Ω	0,04 Ω	0,041 Ω	82%

Pomiar bardzo małych impedancji pętli zwarcia przyrządem cyfrowym

Do pomiaru bardzo małych impedancji pętli zwarcia należy stosować mierniki z większą rozdzielczością, np. MZC-310S, które mają rozdzielczość 0,1 mΩ i wykonują pomiary prądem rzędu 150 A przy 230 V, a ich błąd podstawowy to $\pm 2\%$ wartości wyświetlanej i + 2 mΩ. Przy pomiarze pętli o impedancji 7,2 mΩ ten przyrząd zapewnia błąd poniżej 29,8%. A zatem 7,2 mΩ to minimalna wartość pętli mierzona tym przyrządem z dopuszczalnym błędem poniżej 30%. Dla MIE 500 jest to wartość 150 mΩ, a dla MPI-502 130 mΩ.

Podczas badań instalacji elektrycznych należy dążyć do wykonywania pomiarów z możliwie największą dokładnością, lecz jest to trudne do osiągnięcia. W Polsce wymagań tych nie określały żadne przepisy, a jedynie zalecenia wprowadzane przez instrukcje pomiarowe. Instrukcje te stawiają wymóg, aby uchyb pomiarowy przy badaniach instalacji elektrycznych nie przekraczał $\pm 20\%$.

Natomiast norma PN-E-04700:1998 Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych – Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych z późniejszymi zmianami PN-E-04700:1998/Az1:2000 dotycząca wytycznych przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych w punkcie 3.2.6 stawia wymaganie, że błąd pomiaru nie powinien być większy niż 5%, jeżeli w wymaganiach szczegółowych zawartych w innych punktach normy nie ustalono inaczej bądź nie wymagają mniejszego błędu inne normy i dokumenty. Dla porównania w tabeli 2 podano wymagania normy PN-EN 61557-1:2009 *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* i niemieckiej normy DIN VDE 0413 określających graniczne błędy pomiarów.

Tabela 2. Graniczne błędy pomiarów przy badaniach instalacji elektrycznych wg norm PN-EN 61557 i DIN VDE 0413

Rodzaje pomiarów	Błąd graniczny
Pomiar rezystancji izolacji	$\pm 30\%$
Kontrola stanu izolacji sieci	$\pm 15\%$
Pomiar impedancji pętli zwarcowej	$\pm 30\%$
Pomiar rezystancji przewodów ochronnych i połączeń wyrównawczych	$\pm 30\%$
Pomiar rezystancji uziemienia	$\pm 30\%$
Badania ochrony przeciwporażeniowej z wyłącznikami różnicowoprądowymi:	
a) pomiar napięcia uszkodzenia	$\pm 20\%$
b) pomiar prądu różnicowego	$\pm 10\%$

ZAKRES WYKONYWANIA BADAŃ ODBIORCZYCH ZGODNIE Z PN-HD 60364-6:2008

Na wyniki badań składają się dwie części:

- pierwsza to oględziny mające dać pozytywną odpowiedź, że zainstalowane na stałe urządzenia elektryczne spełniają wymagania bezpieczeństwa podane w normie PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzanie i odpowiednich normach przedmiotowych oraz że zainstalowane wyposażenie jest zgodne z instrukcjami wytwórcy, tak aby zapewniało jego poprawne działanie.
- druga to próby i pomiary mające dać odpowiedź, czy zachowane są wymagane parametry techniczne oraz spełnione wymagania dotyczące aparatów pomiarowych i sprawdzających podanych w normach.

Zakres wykonywania okresowych badań instalacji

Zgodnie z PN-HD 60364-6 okresowe sprawdzanie obejmuje szczegółowe badanie instalacji bez jej demontażu lub z częściowym demontażem uzupełnionym właściwymi próbami i pomiarami mającymi wykazać, że spełnione są wymagania zapewniające:

- bezpieczeństwo osób i zwierząt przed skutkami porażenia i oparzenia;
- ochronę mienia przed pożarem lub ciepłem spowodowanym uszkodzeniem instalacji;
- przekonanie, że instalacja nie jest uszkodzona;
- identyfikację wad instalacji i odchyłeń od wymagań normy, które mogą spowodować niebezpieczeństwo;
- próby działania urządzeń różnicowoprądowych, wykazujące, że spełnione są wymagania dotyczące czasów wyłączania RCD.

Okresowe badania i pomiary wykonujemy takimi samymi metodami jak próby odbiorcze.

Częstość wykonywania okresowych badań

Norma PN-HD 60364-6 wymaga, aby częstość okresowego sprawdzania instalacji elektrycznych była ustalana z uwzględnieniem rodzaju instalacji i wyposażenia, jej zastosowania i działania, częstości i jakości konserwacji oraz wpływów zewnętrznych, na jakie jest narażona.

Najdłuższy okres między badaniami ustalony przez ustawę Prawo budowlane wynosi 5 lat.

Norma zaleca, aby w protokole sprawdzania okresowego podawać przedział czasu do następnego sprawdzania, na przykład 4 lata, z wyjątkiem przypadków, w których może wystąpić ryzyko i zalecany jest krótszy czas badań i przeglądów. Należą do nich:

- miejsca pracy lub lokalizacje, gdzie występuje niebezpieczeństwo porażenia, pożaru lub wybuchu spowodowanego degradacją;

- miejsca pracy lub lokalizacje, gdzie występują instalacje zarówno niskiego, jak i wysokiego napięcia;
- obiekty komunalne;
- place budowy;
- instalacje bezpieczeństwa (np. oświetlenia awaryjnego);
- miejsca, w których używany jest sprzęt przenośny.

Dla budownictwa mieszkaniowego można stosować dłuższe okresy (np. 10 lat – co jest niezgodne z Prawem budowlanym). Gdy użytkownicy mieszkań zmieniają się, sprawdzanie instalacji jest zalecane.

W zależności od warunków środowiskowych należy stosować różne okresy. Częstość badań należy ustalić na podstawie wymagań ustawy Prawo budowlane, ustawy Prawo energetyczne, wymagania przepisów o ochronie przeciwporażeniowej i przeciwpożarowej oraz zasad wiedzy technicznej.

Ponieważ nie ma obecnie aktu normatywnego ściśle określającego czas okresowego wykonywania pomiarów i badań, zgodnie z wymaganiem nieobowiązującego rozporządzenia Ministra Gospodarki z 25 września 2000 r. w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych (traktowanego jako zasady wiedzy technicznej), podmioty zaliczane do grup przyłączeniowych I–III i VI opracowują instrukcję ruchu i eksploatacji, a podmioty zaliczane do grup przyłączeniowych IV i V opracowują instrukcję eksploatacji.

Instrukcje te powinny określać zakres, procedury i czynności związane z ruchem oraz eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci elektroenergetycznych. W instrukcjach powinny być podane okresy badań okresowych, dostosowane do warunków środowiskowych panujących w danym zakładzie. Omawiane instrukcje powinny być zatwierdzone przez dyrektora zakładu, co znacznie ułatwia prawidłową eksploatację urządzeń w danym przedsiębiorstwie.

ROZDZIAŁ 2: POMIARY WIELKOŚCI ELEKTRYCZNYCH

PRÓBA CIĄGŁOŚCI PRZEWODÓW

Norma PN-HD 60364-6 2008 wymaga, aby wykonywać próbę ciągłości elektrycznej:

- przewodów ochronnych, łącznie z przewodami wyrównawczymi głównymi i dodatkowymi,
- przewodów czynnych – w przypadku pierścieniowych obwodów odbiorczych.

Próbie ciągłości przewodów należy wykonywać przy użyciu źródła prądu stałego lub przemiennego o niskim napięciu od 4 do 24 V w stanie bez obciążeniowym (U_1) i po obciążeniu prądem co najmniej 0,2 A (U_2). Prąd stosowany podczas próby powinien być tak mały, aby nie stwarzał ryzyka powstania pożaru lub wybuchu.

Sprawdzenie może być również wykonane przy użyciu mostka lub omomierza z wbudowanym źródłem napięcia pomiarowego albo przeprowadzone metodą techniczną.

Dodatkowo norma PN-HD 60364-6 wymaga sprawdzenia poprawności połączeń przewodów, aby zbadać, czy zaciski są odpowiednio dobrane do przewodów, które mają być połączone, i czy połączenia są wykonane poprawnie.

W razie wątpliwości zaleca się pomiar rezystancji połączeń. Rezystancja ta nie powinna być większa niż rezystancja przewodu o długości 1 m i o przekroju równym najmniejszemu przekrojowi łączonych przewodów. W tym przypadku należy zastosować metodę pomiaru małych rezystancji.

POMIAR REZYSTANCJI IZOLACJI

Stan izolacji ma decydujący wpływ na bezpieczeństwo obsługi i prawidłowe funkcjonowanie wszelkiego rodzaju urządzeń elektrycznych. Dobry stan izolacji to obok innych środków ochrony, również gwarancja ochrony podstawowej, czyli ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym, jakim grożą urządzenia elektryczne. Mierzac rezystancję izolacji, sprawdzamy stan ochrony podstawowej.

Pomiary rezystancji izolacji wykonywane są w instalacji odłączonej od zasilania. Rezystancję izolacji należy mierzyć pomiędzy kolejnymi parami przewodów czynnych oraz pomiędzy każdym przewodem czynnym a ziemią. Przewody ochronne PE i ochronno-neutralne PEN traktować należy jako ziemię, a przewód neutralny N jako przewód czynny. Norma PN-HD 60364-6:2008 podaje, że rezystancję izolacji należy zmierzyć między przewodami czynnymi połączonymi razem a przewodem ochronnym, przyłączonym do układu uziemiającego.

Przy urządzeniach z układami elektronicznymi pomiar rezystancji izolacji należy wykonywać pomiędzy przewodami czynnymi połączonymi razem a ziemią, celem uniknięcia uszkodzenia elementów elektroniki. Bloki zawierające elementy

elektroniczne, jeśli to możliwe, należy na czas pomiaru wyjąć z obudowy. Podczas pomiaru rezystancji izolacji kabli w obwodach z przemiennikami częstotliwości i falownikami przed pomiarem należy kable odłączyć od urządzenia energoelektronicznego.

Urządzenia nagrzewające się w czasie pracy powinny być mierzone w stanie nagrzanym. Wymagania z tabeli 3 należy stosować do sprawdzania rezystancji izolacji między nieuziemionymi przewodami ochronnymi a ziemią.

Jeżeli ograniczniki przepięć znajdują się w obwodzie mierzonym, to należy je przed pomiarem odłączyć, a po pomiarze z powrotem przyłączyć. Jeżeli ich odłączenie jest niewykonalne, to napięcie probiercze może być obniżone do 250 V, ale rezystancja powinna wynosić co najmniej 1 MΩ.

Rezystancja izolacji zależy od wielu czynników:

- wilgotności atmosfery,
- temperatury,
- napięcia, jakim przeprowadzany jest pomiar,
- czasu pomiaru,
- czystości powierzchni materiału izolacyjnego.

Graniczny błąd pomiaru rezystancji izolacji wynosi 30%.

Miernikami rezystancji izolacji są induktory o napięciu 250, 500, 1000 i 2500 V.

Wymagane wartości napięć probierczych podczas pomiaru rezystancji izolacji i minimalne wartości rezystancji dla instalacji elektrycznej podczas badań odbiorczych i okresowych podaje Norma PN-HD 60364-6. Wymagane wartości napięć probierczych i minimalnych wartości rezystancji izolacji zamieszczone są w tabeli 3.

Tabela 3. Wymagane wartości napięć probierczych i minimalnych wartości rezystancji izolacji

Napięcie znamionowe badanego obwodu [V]	Napięcie probiercze prądu stałego [V]	Minimalna wartość rezystancji izolacji [MΩ]
do 50 SELV i PELV	250	$\geq 0,5$
$50 < U \leq 500$	500	≥ 1
> 500	1000	≥ 1

Rezystancja izolacji zmierzona napięciem probierczym podanym w tabeli 3 jest zadowalająca, jeżeli jej wartość nie jest mniejsza od wartości minimalnych podanych w tej tabeli. Jeżeli zmierzona rezystancja jest mniejsza od podanej w tabeli 3, to instalacja powinna być podzielona na kilka grup obwodów i zmierzona rezystancja izolacji dla każdej grupy, celem ustalenia obwodu o obniżonej wartości rezystancji izolacji. Rezystancja izolacji uzwojeń silników niskiego napięcia powinna wynosić 5 MΩ.

POMIAR REZYSTANCJI IZOLACJI OBWODÓW OŚWIE TL ENIOWYCH

Instalację oświetleniową należy odpowiednio przygotować do pomiaru rezystancji izolacji. Przygotowanie badanych obwodów oświetleniowych do pomiaru polega na złączeniu wszystkich wyłączników oświetleniowych i wyłączeniu zabezpieczenia obwodu, aby pomiar obejmował całą instalację łącznie z częścią sufitową obwodu oświetleniowego.

W układzie sieciowym TN-S, jeżeli zabezpieczenie występuje tylko w przewodzie fazowym, należy wykonać przerwę również w przewodzie neutralnym N. W układzie sieciowym TN-C należy wykonać przerwę w przewodzie ochronno-neutralnym PEN, aby przerwać połączenie obwodu z ziemią przez źródła światła. Taki sposób wykonania pomiaru rezystancji izolacji powoduje sprawdzenie całej instalacji oświetleniowej łącznie z jej częścią sufitową.

SPRAWDZENIE OCHRONY PRZEZ ODDZIELENIE OBWODÓW

Sprawdzenie ochrony przez oddzielenie obwodów części czynnych jednego obwodu od części czynnych innych obwodów i od ziemi wykonuje się przez pomiar rezystancji izolacji oddzielającej. Wymagania dla tej izolacji są takie same jak podano w tabeli 3.

OCHRONA ZA POMOCĄ SELV, PELV LUB SEPARACJI ELEKTRYCZNEJ

Separację części czynnych obwodów SELV i PELV od części czynnych innych obwodów i od ziemi oraz separację części czynnych jednego obwodu od części czynnych innych obwodów i od ziemi należy sprawdzić, mierząc rezystancję izolacji separującej.

Uzyskane wartości powinny być zgodne z danymi tabeli 3.

PRÓBA WYTRZYMAŁOŚCI ELEKTRYCZNEJ

Podczas badań odbiorczych dla izolacji wykonanych podczas montażu instalacji oraz na urządzeniach w miejscu ich zainstalowania należy wykonać próbę wytrzymałości izolacji. Okresowe badania eksploatacyjne wymagają tylko wykonania pomiaru rezystancji.

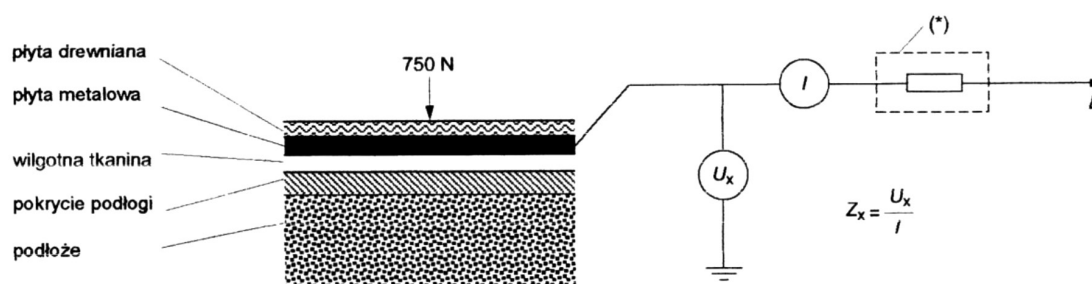
REZYSTANCJA PODŁOGI I ŚCIAN

W przypadku stosowania ochrony dodatkowej przez izolowanie stanowiska lub ochrony przez zastosowanie nieuziemionych połączeń wyrównawczych zachodzi konieczność sprawdzenia rezystancji podłogi i ścian. Należy wtedy wykonać

przynajmniej 3 pomiary w tym samym pomieszczeniu – pierwszy w odległości ok. 1 m od dostępnych obcych części przewodzących, pozostałe dwa w odległościach większych.

Norma PN-HD 60364-6:2008 zaleca wykonywanie pomiaru rezystancji, a właściwie impedancji stanowiska prądem przemiennym, odmiennie jak Norma PN-IEC 60364-6-61, która zalecała wykonywanie pomiaru rezystancji stanowiska prądem stałym.

Układ zalecany przez normę PN-HD 60364-6:2008 przedstawia rysunek 1.



(*) Ochrona przed niezamierzonym dotykiem za pomocą rezystancji ograniczającej prąd do wartości 3,5 mA.

Rys. 1. Układ połączeń przy pomiarze rezystancji izolacji stanowiska prądem przemiennym według PN-HD 60364-6:2008

Przy pomiarze rezystancji stanowiska w układzie podanym w normie PN-HD impedancję stanowiska obliczamy ze wzoru:

$$Z_x = \frac{U_x}{I}$$

Przy pomiarze rezystancji stanowiska prądem przemiennym uzyskuje się jako wynik nieco większą wartość, gdyż wynikiem jest wartość impedancji mierzonego obwodu, a zmierzyć należało rezystancję stanowiska.

W załączniku A do Normy PN-HD 60364-6:2008 przedstawiono elektrodę probierczą, o kształcie trójkątnym, prawdopodobnie pomyłkowo uznano ją jako elektrodę probierczą 1 do pomiaru rezystancji podłóg i ścian, a elektrodę z metalową płytką kwadratową uznano jako elektrodę probierczą 2, odwrotnie niż przedstawiano to w Normie PN-IEC 60364-6-61.

WARUNEK SKUTECZNOŚCI OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ W SIECI TN

Sprawdzenie skuteczności ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania w sieci TN polega na sprawdzeniu, czy spełniony jest warunek:

$$Z_s = \frac{U_o}{I_a}$$

gdzie:

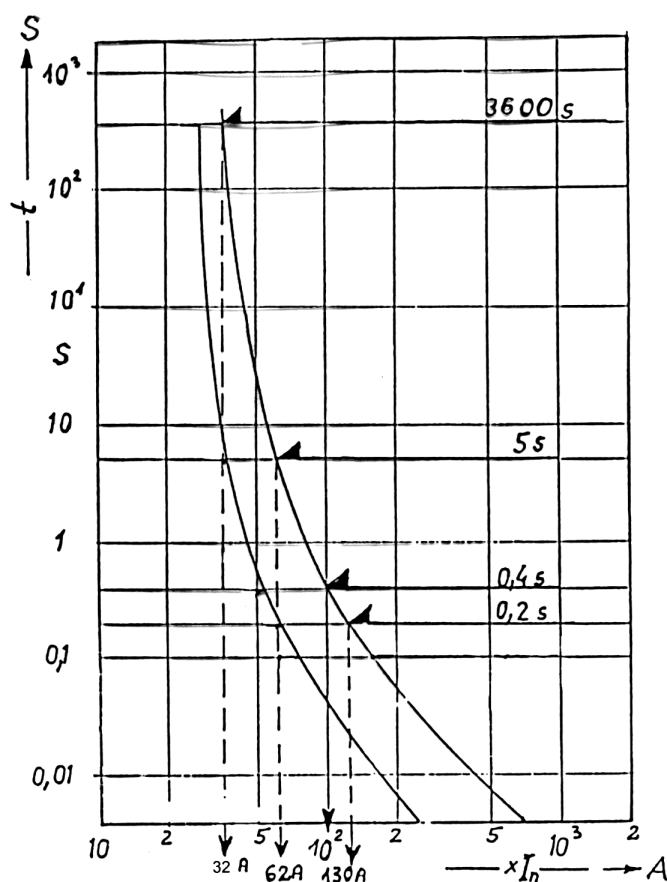
Z_s – impedancja pętli zwarciowej w [Ω],

I_a – prąd zapewniający samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie;

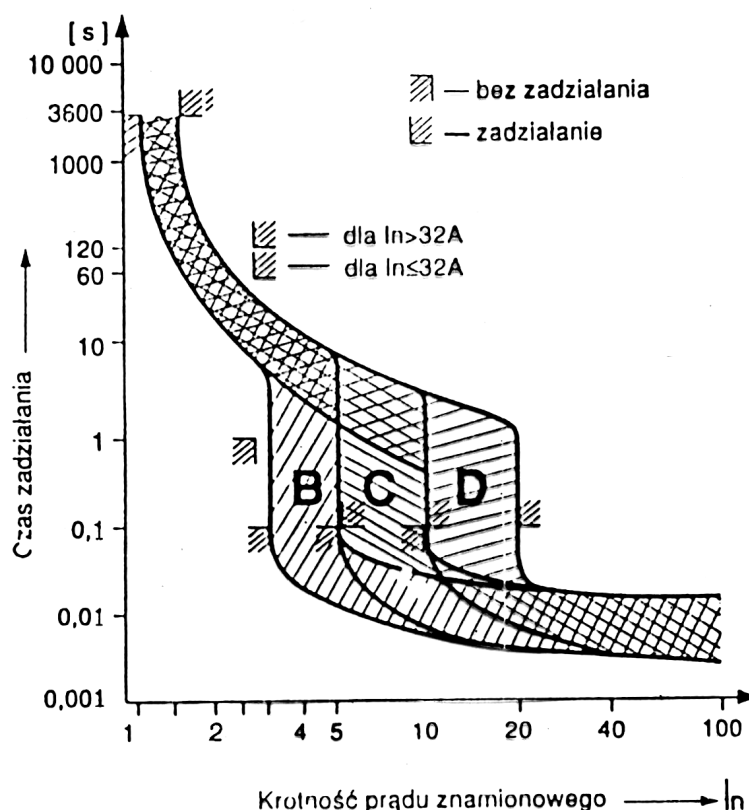
U_o – napięcie znamionowe sieci względem ziemi w [V].

Sprawdzając skuteczność ochrony przeciwporażeniowej, przeprowadza się pomiar impedancji pętli zwarciowej Z_s i określa prąd I_a na podstawie charakterystyk czasowo-prądowych zastosowanego urządzenia zabezpieczającego (bezpiecznik lub wyłącznik rys. 2 i 3) lub znamionowego prądu różnicowego urządzeń ochronnych różnicowoprądowych $I_{\Delta n}$. Prąd I_a dobierany jest z charakterystyki zastosowanego urządzenia zabezpieczającego, tak aby wyłączenie następowało w wymaganym czasie 0,2; 0,4 lub 5 s zgodnie z wymaganiami p. 411.3.2.2. i 411.3.2.3. normy PN-HD 60364-4-41:2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed porażeniem elektrycznym.

Norma wymaga, aby pomiar impedancji pętli zwarciowej wykonywać przy częstotliwości znamionowej prądu w obwodzie.



Rys. 2. Charakterystyka pasmowa wkładki topikowej Bi-Wts 20 A



Rys. 3. Charakterystyki B, C, D wyłączników nadmiarowo prądowych

Skuteczność ochrony przy uszkodzeniu przez samoczynne wyłączenie zasilania wymaga spełnienia trzech warunków:

- samoczynnego wyłączenia w wymaganym czasie,
- wykonania w sieci zasilającej i w instalacji wymaganych uziemień przewodu PEN (PE),
- wykonania wymaganych połączeń wyrównawczych.

POMIAR IMPEDANCJI PĘTLI ZWARCIOWEJ METODĄ SPADKU NAPIĘCIA

Impedancję pętli zwarciowej sprawdzanego obwodu należy zmierzyć, załączając na krótki okres obciążenie o znanej rezystancji, jak przedstawiono na rys. 4. Impedancja pętli zwarcia obliczana jest ze wzoru:

$$Z_S = (U_1 - U_2)/I_R$$

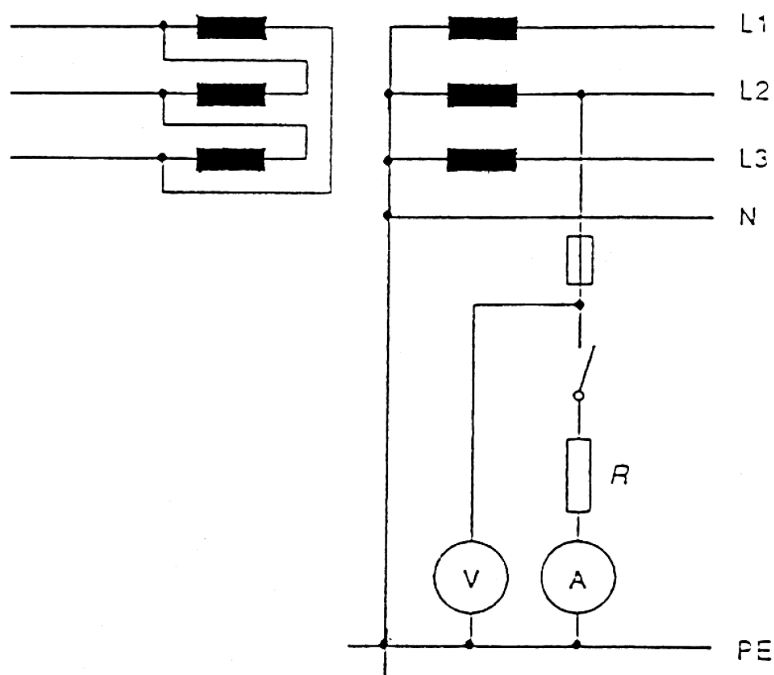
gdzie:

Z_S – impedancja pętli zwarciowej; U_1 – napięcie zmierzone bez włączonej rezystancji obciążenia; U_2 – napięcie zmierzone z włączoną rezystancją obciążenia;

I_R – prąd płynący w obwodzie pomiarowym ograniczony rezystancją obciążenia R.

Różnica pomiędzy U_1 a U_2 powinna być znacząco duża.

Na tej metodzie oparta jest zasada działania prawie wszystkich mierników impedancji pętli zwarcia, takich jak: MOZ, MR-2, MZC-2, MZC 300, MIE-500, oraz wielofunkcyjnych mierników parametrów instalacji MPI-502, MPI-505, MPI-508, MPI-520, MPI-525 i innych przyrządów również produkcji zagranicznej.



Rys. 4. Metoda pomiaru impedancji pętli zwarcia

SKUTECZNOŚĆ OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ W UKŁADZIE TT

Sprawdzenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w układzie TT może polegać na sprawdzeniu, czy spełniony jest warunek samoczynnego wyłączenia zasilania w przypadku zastosowania zabezpieczenia o małym prądzie I_a i wtedy powinien być spełniony warunek:

$$Z_s \times I_a \leq U_o$$

lub zgodnie z normą sprawdza się, czy spełniony jest warunek obniżenia napięcia dotykowego poniżej wartości dopuszczalnej długotrwale:

$$R_A \times I_a \leq U_L$$

gdzie:

- R_A – suma rezystancji uziemienia uziomu i przewodu ochronnego łączącego części przewodzące dostępne;
- I_a – prąd zapewniający samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego w wymaganym czasie;
- U_L – napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale 50 V – warunki środowiskowe normalne oraz 25 V i mniej – warunki środowiskowe o zwiększonym niebezpieczeństwie porażenia.

Jeżeli urządzeniem ochronnym jest urządzenie różnicowoprądowe, to znamionowy prąd wyzwalający $I_{\Delta n}$ jest prądem I_a . Norma wymaga, aby jako I_a przyjmować $5I_{\Delta n}$.

Przeprowadzić należy pomiar rezystancji uziemienia i przewodu ochronnego, aby sprawdzić, czy rezystancja zastosowanego uziomu jest dostatecznie mała i czy spełniony jest warunek skuteczności ochrony przez obniżenie napięcia dotykowego poniżej wartości dopuszczalnej długotrwale U_L .

SKUTECZNOŚĆ OCHRONY W UKŁADZIE IT

W układzie IT należy sprawdzić, czy spełniony jest warunek:

$$R_A \times I_d \leq U_L$$

gdzie:

I_d – to prąd pojemnościowy przy pojedynczym zwarcu z ziemią, przy pomijalnej impedancji pomiędzy przewodem fazowym a częścią przewodzącą dostępną (obudową). Przy wyznaczaniu wartości prądu I_d należy uwzględnić prądy upływowe oraz całkowitą impedancję uziemień w układzie, to jest reaktancje pojemnościowe i rezystancje pomiędzy przewodami fazowymi a ziemią oraz impedancję pomiędzy punktem neutralnym transformatora a ziemią (o ile ona istnieje). Pozostałe oznaczenia jak w układzie TT.

Przy podwójnym zwarcu z ziemią w układzie IT muszą być spełnione następujące warunki:

– jeżeli nie jest stosowany przewód neutralny to:

$$Z_s \leq \frac{\sqrt{3}U_o}{2I_a}$$

– jeżeli jest stosowany przewód neutralny to:

$$Z'_s \leq \frac{U_o}{2I_a}$$

gdzie:

Z_s – impedancja pętli zwarcia obejmująca przewód fazowy i przewód ochronny [W],

Z'_s – impedancja pętli zwarcia obejmująca przewód neutralny i przewód ochronny w W,

I_a – prąd [A] zapewniający samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego w wymaganym czasie zależnym od napięcia znamionowego instalacji i od rodzaju sieci.

Sprawdzenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w układzie IT dla przypadku podwójnego zwarcia z ziemią polega na sprawdzeniu, czy spełnione są podane wcześniej warunki.

Pomiar impedancji pętli zwarciorowej wykonuje się po uziemieniu punktu gwiazdowego transformatora lub innego punktu obwodu na czas pomiaru, wykonywanego jak w układzie TN.

POMIARY EKSPLOATACYJNE URZĄDZEŃ NAPĘDOWYCH

Wymagania w zakresie szczegółowych zasad eksploatacji elektrycznych urządzeń napędowych w jednostkach gospodarki uspołecznionej i nieuspołecznionej określa zarządzenie Ministra Gospodarki Materiałowej i Paliwowej z 28 lutego 1987 r. (Mon. Pol. z 1987 r. nr 8, poz. 69).

Elektryczne urządzenie napędowe to silniki elektryczne prądu przemiennego lub prądu stałego wraz z układami służącymi do jego zasilania, regulacji, sterowania, sygnalizacji, zabezpieczeń oraz pomiarów.

Urządzenia napędowe dzielimy na grupy:

- I grupa – urządzenia o mocy większej niż 250 kW oraz urządzenia o napięciu znamionowym powyżej 1 kV bez względu na wartość mocy,
- II grupa – urządzenia o mocy od 50 do 250 kW o napięciu znamionowym do 1 kV,
- III grupa – urządzenia o mocy poniżej 50 kW, ale nie mniejszej niż 5,5 kW,
- IV grupa – urządzenia o mocy poniżej 5,5 kW.

Przyjęcie do eksploatacji urządzeń napędowych nowych, przebudowanych lub po remoncie może nastąpić dopiero po sprawdzeniu, że:

- 1) dobór napędu jest właściwy pod względem parametrów elektrycznych i mechanicznych w zależności od warunków sieci zasilającej i wymagań urządzenia napędzanego,
- 2) spełnione są wymagania prawidłowej pracy urządzenia i warunki racjonalnego zużycia energii elektrycznej,
- 3) uzyskano zadowalające wyniki badań technicznych w zakresie wymaganym przez zarządzenie,
- 4) stan połączeń w instalacji elektrycznej jest prawidłowy i zgodny z warunkami technicznymi określonymi w dokumentacji,
- 5) protokół odbioru technicznego urządzenia po remoncie potwierdza zgodność parametrów technicznych z tabliczką znamionową.

Przed każdym uruchomieniem urządzeń napędowych, dokonywanym przez obsługę, trzeba sprawdzić, czy ruch tych urządzeń nie stworzy zagrożenia bezpieczeństwa obsługi lub otoczenia albo nie spowoduje uszkodzenia urządzeń napędowych.

Przed uruchomieniem urządzeń napędowych I i II grupy po dłuższym postoju należy wykonać pomiary rezystancji uzwojeń maszyn elektrycznych. W instrukcji eksploatacji należy określić czas postoju, po którym wymagane jest wykonanie tych pomiarów.

Przed załączeniem pod napięcie przenośnych, przewoźnych lub przesuwnych urządzeń napędowych na nowym stanowisku należy sprawdzić:

- prawidłowość podłączenia do sieci elektroenergetycznej i doboru zabezpieczeń,
- spełnienie wymagań w zakresie ochrony przeciwporażeniowej i zabezpieczenia przeciwpożarowego.

WYKONYWANIE POMIARÓW EKSPLOATACYJNYCH NA SUWNICACH I DŹWIGNICACH

Urządzenia elektryczne suwnic i dźwignic to głównie szafki rozdzielcze, silniki, sterowniki, rezystory rozruchowe i oprawy oświetleniowe. Pomiary eksploatacyjne polegają na sprawdzeniu skuteczności ochrony przeciwporażeniowej wszystkich tych elementów oraz pomiarów rezystancji izolacji kabli zasilających i silników.

Silniki napędów suwnic są na ogół silnikami pierścieniowymi z regulacją obrotów przez zmianę rezystancji oporów rozruchowych w obwodzie wirników. Aby zmierzyć rezystancję izolacji wirników, konieczne jest podniesienie szczotek w celu odłączenia rezystorów rozruchowych. Natomiast pomiar rezystancji izolacji stojanów można wykonywać na zaciskach styczników zasilających, wtedy mierzona jest rezystancja izolacji stojana z kablem zasilającym.

Bardzo ważna jest skuteczność ochrony przeciwporażeniowej silników suwnic hakowych, gdyż obsługa tych suwnic znajduje się na potencjale ziemi i uszkodzenie silnika stanowi dla nich poważne zagrożenie, jeżeli nie nastąpi dostateczne szybkie samoczynne wyłączenie zasilania uszkodzonego silnika.

Na suwnicach wykonujemy pomiary:

- skuteczności ochrony przeciwporażeniowej wszystkich urządzeń I klasy ochronności, zasilanych napięciem II zakresu, zainstalowanych na moście suwnicy i w jej kabinie,
- rezystancji izolacji wszystkich silników napędowych (uzwojenia stojanów i wirników), kabli zasilających i obwodów sterowniczych.

POMIAR REZYSTANCJI UZWOJEŃ SILNIKÓW ORAZ WSPÓŁPRACUJĄCYCH Z NIMI MASZYN ELEKTRYCZNYCH O NAPIĘCIU DO 1 KV I POWYŻEJ 1 KV

Pomiary wykonujemy podczas postoju maszyn po ostygnięciu uzwojeń i po odłączeniu od nich przewodów zasilających i urządzeń pomocniczych. Przyjmujemy, że stan zimny maszyny jest osiągnięty, gdy temperatura uzwojeń nie różni się

od temperatury otoczenia więcej niż o 3°C. Temperaturę uzwojeń mierzymy dwoma termometrami laboratoryjnymi. Rezystancję uzwojeń mierzymy bezpośrednio na zaciskach lub pierścieniach ślizgowych, oddzielnie dla każdego uzwojenia (fazy). Pomiar wykonujemy metodą techniczną (przrządami klasy co najmniej 0,5) lub laboratoryjnym mostkiem Thomsona. Przewody doprowadzające prąd do pierścieni ślizgowych powinny być połączone za pomocą specjalnych obręczy nakładanych na pierścienie.

Pamiętaj, że wartość prądu w badanym uzwojeniu ustala się dopiero po upływie pewnego czasu od chwili włączenia napięcia, ponieważ badane uzwojenie ma pewną indukcyjność. Przed wyłączeniem prądu w badanym uzwojeniu należy odłączyć woltomierz (w mostku zewrzeć galwanometr), aby nie zostały uszkodzone wskutek przepięcia. Zmierzone wartości rezystancji uzwojeń silnika powinny być zgodne z danymi wytwórcy, w granicach dokładności pomiaru. Negatywny wynik pomiaru świadczyć może o zwarcjach międzyzwojowych lub złym stanie złącz w badanym uzwojeniu.

POMIAR REZYSTANCJI IZOLACJI UZWOJEŃ SILNIKÓW I PRZETWORNIC ORAZ WSPÓŁPRACUJĄCYCH Z NIMI MASZYN ELEKTRYCZNYCH I INNYCH ELEMENTÓW URZĄDZEŃ NAPĘDOWYCH O NAPIĘCIU ZNAMIONOWYM DO 1 KV I WYŻSZYM OD 1 KV

Pomiary wykonujemy podczas postoju maszyn w temperaturze wyższej od 10°C i po odłączeniu od nich przewodów zasilających i urządzeń pomocniczych, oddzielnie dla każdego uzwojenia (a dla uzwojeń wielofazowych – dla każdej fazy) przy pozostałych połączonych z korpusem i uziemionych.

Pomiary izolacji urządzeń pomocniczych i przewodów zasilających wykonujemy po ich wyłączeniu spod napięcia, odłączeniu od maszyn, z którymi współpracują i skutecznym zabezpieczeniu od przypadkowego włączenia napięcia. Dla urządzeń pomocniczych i przewodów zasilających mierzy się wartości rezystancji w układach między poszczególnymi biegunami (fazami) oraz w stosunku do ziemi dla wszystkich biegunów (faz) połączonych razem.

Wraz z wynikiem pomiaru badanych maszyn należy zanotować temperaturę, w jakiej pomiar wykonano, zmierzoną kontrolnymi termometrami elektrycznymi zabudowanymi w uzwojeniu, a w przypadku braku takich termometrów, specjalnie umieszczonymi na czas pomiaru w bezpośrednim sąsiedztwie badanych uzwojeń. Dla pomiarów wykonywanych przed rozruchem maszyn zainstalowanych w pomieszczeniach, po ich postoju dłuższym niż 7 dni, można przyjąć, że temperatura uzwojeń równa jest temperaturze w pomieszczeniu.

Pomiary rezystancji izolacji uzwojeń maszyn oraz urządzeń pomocniczych o napięciu znamionowym do 1 kV wykonujemy megaomomierzem o napięciu znamionowym:

- 0,5 kV – dla uzwojeń i urządzeń pomocniczych na napięcie do 0,5 kV,
- 1,0 kV – dla uzwojeń i urządzeń pomocniczych na napięcie powyżej 0,5 kV do 1,0 kV.

Przed przystąpieniem do pomiaru badane uzwojenie należy uziemić przez 1 minutę.

Przy pomiarze rezystancji izolacji uzwojeń silników i urządzeń pomocniczych dokonujemy odczytu po upływie 1 minuty od chwili przyłożenia napięcia. Po wykonaniu pomiaru badane uzwojenie należy rozładować.

Pomiary rezystancji izolacji maszyn i urządzeń pomocniczych o napięciu znamionowym wyższym od 1 kV wykonujemy megaomierzem 2,5 kV. Przed przystąpieniem do pomiaru badane uzwojenie należy uziemiać przez co najmniej 5 minut.

Odczyty pomiarów uzwojeń maszyn oraz wzbudnic dla silników synchronicznych dokonujemy po 15, 30, 45 i 60 s, licząc od chwili przyłożenia napięcia do uzwojenia. Odczytane wartości oznaczamy w megaomach odpowiednio przez R15, R30, R45 i R60.

Po wykonanym pomiarze badane uzwojenie rozładowujemy.

Zmierzone wartości rezystancji izolacji uzwojeń silników (wzbudnic) przeliczamy do temperatury 20°C, jeżeli pomiar był wykonywany przy innej, znacznie różniącej się temperaturze uzwojeń. Przeliczenia takiego nie wymagają zmierzone wartości rezystancji urządzeń pomocniczych. Przeliczeń wartości rezystancji izolacji należy dokonać przez pomnożenie wartości zmierzonych przez współczynnik K20 podany w tabeli 4.

Tabela 4. Współczynnik przeliczeniowy K20 dla uzwojeń silników

Temperatura [w °C]	8	11	14	17	20	23	26	29	32	35	44	52	62	68	75	82
Współczynnik przeliczeniowy K20	0,67	0,73	0,81	0,9	1	1,1	1,2	1,34	1,48	1,64	2,5	3,33	5	6,2	7,5	8,8

Dla urządzeń napędowych III grupy o wydłużonym czasie rozruchu, uruchamianych przez bezpośrednie łączenie z siecią należy przestrzegać określonej przez wytwórcę dopuszczalnej liczby rozruchów urządzenia następujących po sobie ze stanu zimnego i nagrzanego.

Na urządzeniach napędowych powinny być umieszczone i utrzymane w stanie czytelnym następujące napisy i oznaczenia:

- 1) na wszystkich elementach wchodzących w skład urządzenia napędowego – symbole zgodne z dokumentacją techniczno-ruchową,
- 2) symbole zacisków ochronnych i wyprowadzeń końców uzwojeń oraz dane na tabliczkach znamionowych,

- 3) napisy na podstawach gniazd bezpiecznikowych określające wymagane prądy wkładek,
- 4) napisy określające funkcje przycisków sterowniczych, przełączników i innych elementów sterowania oraz lampek sygnalizacyjnych,
- 5) na obudowach maszyn elektrycznych pracujących w jednym kierunku strzałki wskazujące wymagane kierunki wirowania.

Odchylenia napięcia zasilania urządzeń napędowych nie mogą:

- przekraczać wartości ustalonych w dokumentacji fabrycznej dla urządzeń I grupy,
- być większe niż $\pm 5\%$ napięcia znamionowego sieci zasilającej dla urządzeń II, III i IV grupy.

Dopuszcza się ruch urządzeń II, III i IV grupy przy odchyleniach napięcia zasilania większych niż 5%, jeżeli urządzenia te są dostosowane do takich odchyłeń napięcia lub są eksploatowane w warunkach niepowodujących przekroczenia prądów znamionowych oraz zapewniających prawidłowy rozruch.

Urządzenia napędowe wyłączone samoczynnie przez zabezpieczenie można uruchomić po stwierdzeniu, że nie występują objawy świadczące o uszkodzeniach.

Urządzenie napędowe wyłączone powtórnie przez zabezpieczenie można uruchomić po usunięciu przyczyn wyłączenia.

Urządzenia napędowe wyłączamy spod napięcia w razie ich biegu jałowego. W instrukcji eksploatacji mogą być określone przypadki, kiedy ze względów technologicznych lub wymogów ruchowych nie stosuje się tego wymagania. Dla urządzeń I, II i III grupy powinno się stosować ograniczniki biegu jałowego.

Ruch urządzeń napędowych wstrzymujemy w razie zagrożenia bezpieczeństwa obsługi lub otoczenia bądź w razie stwierdzenia uszkodzeń lub zakłóceń uniemożliwiających normalną eksploatację, a w szczególności w razie:

- 1) trwałego przeciążenia urządzeń lub nadmiernego nagrzewania się elementów urządzenia,
- 2) pojawienia się dymu, ognia lub zapachu spalonej izolacji,
- 3) nadmiernych drgań,
- 4) uszkodzenia urządzenia napędowego,
- 5) zewnętrznych uszkodzeń mechanicznych lub objawów świadczących o wewnętrznych uszkodzeniach,
- 6) nadmiernego poziomu hałasu.

Dla urządzeń napędowych I i II grupy należy opracować programy pracy, w których należy uwzględnić racjonalne użytkowanie energii elektrycznej.

Program pracy urządzeń napędowych I i II grupy powinien uwzględniać:

- 1) parametry pracy urządzenia napędowego, takie jak: napięcie zasilające [w V], częstotliwość [w Hz], charakter pracy – ciągła lub dorywcza,
- 2) rodzaj napędzanego urządzenia,

- 3) czasokresy okresowych kontroli pracy urządzenia napędowego
- 4) czasokresy okresowych przeglądów konserwacyjnych i sprawdzeń,
- 5) czasokresy wykonywania okresowych badań i pomiarów,
- 6) zasady postępowania w przypadku awaryjnego wyłączenia urządzenia napędowego.
- 7) czasokresy remontów generalnych.

WYKONYWANIE POMIARÓW EKSPLOATACYJNYCH BATERII KONDENSATORÓW ENERGETYCZNYCH

Wymagania w zakresie szczegółowych zasad eksploatacji baterii kondensatorów energetycznych do kompensacji mocy biernej określa zarządzenie Ministra Górnictwa i energetyki z 7 stycznia 1987 r. (Mon. Pol. z 1987 r. nr 3, poz. 25). W ramach badań eksploatacyjnych baterii energetycznych, przeznaczonych do kompensacji mocy biernej indukcyjnej, celem poprawienia współczynnika mocy $\cos \Phi$, wykonuje się następujące czynności:

- Kontrola braku zwarcia pomiędzy zaciskami a obudową kondensatora
Kontrolę wykonuje się po wyłączeniu baterii kondensatorów spod napięcia oraz po jej rozładowaniu. Kontrolę baterii o napięciu poniżej 1 kV przeprowadza się induktorem o napięciu znamionowym 1 kV, a baterii o napięciu powyżej 1 kV induktorem o napięciu znamionowym 2,5 kV. Po każdej próbie baterię należy ponownie rozładować. Wynik kontroli jest pozytywny, gdy nie stwierdza się zwarcia.
- Sprawdzenie ciągłości obwodów rozładowania
Sprawdzenie ciągłości obwodów rozładowania można wykonać po wyłączeniu baterii kondensatorów spod napięcia oraz po jej rozładowaniu. Sprawdzenie można wykonać omomierzem lub induktorem. Wynik sprawdzenia jest pozytywny, gdy nie stwierdzono przerw w obwodach rozładowania.
- Pomiar obciążenia prądowego poszczególnych faz baterii
Pomiar obciążenia prądowego faz baterii wykonujemy, odczytując wskazania amperomierzy zainstalowanych w poszczególnych fazach.
Wyniki pomiarów uznajemy za pozytywne, jeżeli:
 - 1) obciążenie prądowe nie przekracza 130% wartości prądu znamionowego baterii,
 - 2) różnica obciążenia prądowego poszczególnych faz baterii w odniesieniu do fazy o największym obciążeniu nie przekracza:
 - a) 10% – dla baterii połączonych w trójkąt,
 - b) 5% – dla baterii połączonych w gwiazdę.

POMIAR NAPIĘCIA ZASILANIA BATERII

Pomiaru napięcia zasilania baterii dokonujemy poprzez odczytanie wskazań woltomierzy zainstalowanych od strony zasilania baterii na stałe lub na czas wykonywania pomiaru.

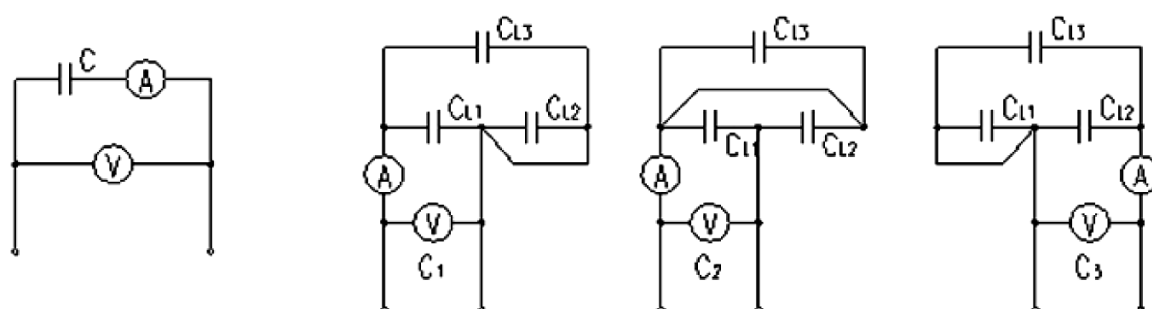
Wyniki pomiarów uznajemy za pozytywne, jeżeli napięcie zasilania zmierzone na jej zaciskach nie powoduje przekroczenia w sposób trwały, na poszczególnych jednostkach kondensatorowych 110% napięcia znamionowego.

POMIAR POJEMNOŚCI KONDENSATORÓW ORAZ KONTROLA RÓWNOMIERNEGO ROZKŁADU POJEMNOŚCI NA POSZCZEGÓLNE FAZY

Pomiary wykonujemy za pomocą mostka prądu przemiennego lub metodą techniczną przy użyciu woltomierza i amperomierza.

Chcąc osiągnąć odpowiednią dokładność, używamy przyrządów pomiarowych o klasie dokładności nie mniejszej niż 0,5 oraz zasilają układ pomiarowy regulowanym napięciem sinusoidalnym. Aparatura pomiarowa powinna zapewniać wykonanie pomiaru z błędem do 1,0%. Wyniki pomiarów pojemności kondensatorów oraz kontroli równomiernego rozkładu pojemności na poszczególne fazy uznajemy za pozytywne, jeżeli:

- różnica pojemności jednostki kondensatorowej w stosunku do wartości pojemności zmierzonej przy przyjmowaniu do eksploatacji nie przekracza 3%,
- różnica pojemności poszczególnych faz baterii w odniesieniu do fazy o największej pojemności nie przekracza:
 - a) 10% – dla baterii połączonych w trójkąt,
 - b) 5% – dla baterii połączonych w gwiazdę.
- różnica pojemności dla grup łączonych szeregowo w fazie baterii nie przekracza 4% w odniesieniu do grupy o największej pojemności. W przypadku stwierdzenia nierównomiernego rozkładu pojemności na poszczególne fazy lub grupy baterii, należy odpowiednio przestawić kondensatory tak, aby uzyskać możliwie równomierne obciążenie wszystkich faz.



Rys. 5. Układy do pomiarów pojemności kondensatorów jednofazowych i kondensatorów trójfazowych.

Do pomiarów należy stosować regulowane napięcie przemienne o wartości 24–100 V.

Pojemność dla poszczególnych układów z rys. 5. Obliczamy ze wzoru:

$$C_{1,2,3} = 3183 \frac{I}{U} [\mu F]$$

gdzie:

I – prąd odczytany na amperomierzu [A],

U – napięcie, przy którym wykonywany jest pomiar [V].

Pojemność kondensatora trójfazowego obliczamy ze wzoru:

$$C = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{2}$$

a pojemności poszczególnych faz według poniższych zależności:

$$C_{L1} = \frac{C_1 + C_2 - C_3}{2}$$

$$C_{L2} = \frac{C_2 + C_3 - C_1}{2}$$

$$C_{L3} = \frac{C_3 + C_1 - C_2}{2}$$

POMIARY W INSTALACJACH Z WYŁĄCZNIKAMI RÓŻNICOWOPRĄDOWYMI

Wyłączniki różnicowoprądowe w instalacjach elektrycznych

Jednym z najbardziej skutecznych środków ochrony przeciwporażeniowej jest ochrona przy zastosowaniu urządzeń ochronnych różnicowoprądowych (wyłączniki ochronne różnicowoprądowe, wyłączniki współpracujące z przekaźnikami różnicowoprądowymi).

W uziemionych sieciach elektrycznych istnieje możliwość, aby prąd płynął od przewodu fazowego z powrotem do źródła przez ziemię, w przypadku uszkodzenia izolacji w odbiorniku lub w jego przewodach zasilających, jak również w razie dotknięcia przewodów pod napięciem przez człowieka mającego połączenie z ziemią.

Prąd ten stwarza zagrożenie zdrowia, a nawet życia dla ludzi i zwierząt oraz zagrożenie zapalenia się elementów palnych w wyniku wydzielania się ciepła z zamiany energii elektrycznej na ciepłą.

Wyłącznik ochronny różnicowoprądowy porównuje prądy dopływające i powracające w obwodzie odbiorczym oraz rozpoznaje powstałą w razie uszkodzenia różnicę między tymi prądami w wyniku płynącego do ziemi prądu różnicowego. A zatem sprawdza, czy suma prądów w obwodzie jest zbliżona do zera. Nie może zapobiec wystąpieniu prądu różnicowego, lecz w przypadku wystąpienia zagrożeń dla ludzi, zwierząt lub powstania szkód materialnych niezwłocznie usunie to zagrożenie poprzez szybkie wyłączenie wszystkich biegunów.

Wyłącznik ochronny różnicowoprądowy zapobiega występowaniu niebezpiecznych napięć dotykowych na korpusach urządzeń I klasy ochronności. Gdy z powodu zwarcia z ziemią, zwiększonej upływności lub dotknięcia przewodu fazowego przez człowieka lub zwierzę różnica ta przekroczy wartość prądu uszkodzeniowego ID (wyzwalającego wyłącznik), to wyłącznik odłącza uszkodzoną część. Nie reaguje on jedynie na prądy uszkodzeniowe płynące tylko w przewodach czynnych (zwarciove lub przeciążeniowe), gdyż wtedy suma prądów obwodu nadal wynosi prawie zero.

Wyłączniki różnicowoprądowe mogą być elementem systemu ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu lub uzupełnieniem ochrony podstawowej albo ochrony przeciwpożarowej i w tych celach każdorazowo spełniają nieco inną rolę. Mogą być stosowane w układach sieci TN, TT oraz IT, co stwarza zupełnie różne warunki pracy, wpływa na skuteczność i niezawodność ochrony. Wyłączniki różnicowoprądowe w instalacji wymagają koordynacji między sobą, a także z zabezpieczeniami zwarciovymi i urządzeniami ochrony przeciwprzepięciowej.

Poprawne stosowanie wyłączników różnicowoprądowych wymaga sporej wiedzy i wiąże się z dużą odpowiedzialnością. Podczas badania wyłączników różnicowoprądowych oprócz wykonania pomiarów należy również potrafić wykryć wiele możliwych błędów popełnianych przy ich doborze i instalowaniu. Wyłączniki różnicowoprądowe są wrażliwe na warunki środowiskowe, zapylenie i wilgoć, bez dodatkowej osłony mogą być instalowane jedynie w pomieszczeniach suchych i niezapyłonych. W pomieszczeniach wilgotnych i zapyłonych mogą być montowane jedynie w szczelnych obudowach, o odpowiednim stopniu ochrony IP wg PN-EN 60529:2003.

Okresowe sprawdzanie wyłącznika różnicowoprądowego przyciskiem TEST

Z uwagi na bardzo dokładne dopasowanie magnesu ze zworą konieczne jest okresowe sprawdzanie działania wyłączników przeciwporażeniowych różnicowoprądowych.

W przypadku bardzo długiego okresu bez wyłączania wyłącznika może nastąpić sklejenie zwory z magnesem, co powoduje niedziałanie zabezpieczenia różnicowoprądowego w razie wystąpienia uszkodzenia.

Podczas badań eksploatacyjnych przeprowadź sprawdzanie działania wyłączników przeciwporażeniowych różnicowoprądowych, oznaczanych jako wyłączniki FI przyciskiem kontrolnym Test, i oględziny:

- w obiektach niestacjonarnych, np. placach budowy badanie powinno być wykonywane na początku każdego dnia roboczego, przez obsługę danego urządzenia,
- w obiektach stacjonarnych powinno być wykonywane co najmniej raz na 6 miesięcy, przez obsługę urządzenia.