



wymagania konstrukcyjne dotyczące rozdzielnic niskiego napięcia

mgr inż. Michał Szulborski – ETI Polam Sp. z o.o.

Rozdzielnice niskiego napięcia są to zestawy jednego lub wielu łączników wraz z współpracującym wyposażeniem sterowniczymi, sygnalizacyjnym, zabezpieczającym i regulującym. Do tego zestawu również zalicza się wszelkie połączenia elektryczne i mechaniczne oraz elementy konstrukcyjne (obudowę) [1, 5, 6].

Każda rozdzielnica powinna zapewniać kompatybilność z danymi znamionowymi rozdzielnic, do których jest przyłączana, rozbudowywana itp. Warunki przyłączenia i instalowania rozdzielnic powinny przedstawić wytwórca zestawu [1, 2]. Jeżeli chodzi o napięcie znamionowe zestawu i napięcie znamionowe łączeniowe, to ich wartości powinny być przynajmniej takie same, jak napięcie nominalne systemu elektroenergetycznego, do którego jest przyłączana. Napięcie znamionowe izolacji obwodu rozdzielnic to napięcie, do którego odnosi się próbę napięciową napięciem probierczym i jego wartość.

Ważnymi parametrami rozdzielnic są: prąd znamionowy zestawu I_{nA} oraz znamionowy prąd obwodu I_{nC} . Prąd znamionowy zestawu I_{nA} jest to wartość mniejsza niż sumy prądów obwodów wejściowych w równoległym pracującym zestawie, a także mniejsza od całkowitego prądu, który główna szyna zbiorcza jest w stanie rozprzewadzić w danej konfiguracji zestawu. Prąd ten nie powinien powodować przekroczenia maksymalnych przyrostów temperatury i jest to maksymalny prąd obciążenia, który rozprzewadzany jest przez szyny prądowe i przewody w rozdzielnicach. Prąd znamionowy obwodu I_{nC} to maksymalna wartość prądu obciążenia, jaką może przewodzić dany obwód w normalnych warunkach pracy, nie powodując przy tym przekroczenia maksymalnych przyrostów temperatury.

Obecnie w normie PN-EN 61439-1 wprowadzony został współczynnik jednoczesności (RDF), który jest wartością prądu znamionowego w jednostkach względnych. Współczynnik ten pomnożony przez wartość prądu znamionowego obwodu powinien być równy lub większy niż założone obciążenie obwodów odbiorczych. Współczynnik ten znajduje zastosowanie, gdy dana rozdzielnica pracuje obciążona prądem znamionowym [1, 2, 3].

Rozdzielnice muszą być przystosowane do pracy z określoną częstotliwością znamionową. Jest to wartość częstotliwości, które cechuje poprawne działanie przyłączanej rozdzielnic. Czasami zdarza się, że obwody zestawu zaprojektowane są na różne wartości częstotliwości napięcia, co powoduje konieczność podania częstotliwości znamionowej dla każdego obwodu. Norma PN-EN 61439-1 zaleca by wartości częstotliwości zawierały się w określonych granicach, które wynoszą od 98% do 102% jeżeli producent zestawu nie określił tego inaczej.

wymagania ogólne dotyczące konstrukcji rozdzielnic

Rozdzielnice niskiego napięcia należy konstruować z materiałów, które są w stanie wytrzymać narażenia mechaniczne, cieplne, elektryczne jak również środowiskowe, które czasami występują w określonych warunkach



Rys. 1. Proces prefabrykacji rozdzielnic niskiego napięcia wyposażonej w baterię kondensatorów oraz listwowe rozłączniki bezpiecznikowe

użytkowania. Rozdzielnice mogą mieć różne wymiary zewnętrzne uzależnione od wymagań i zastosowania.

Nadmierne ciepło jak i ogień nie powinny mieć negatywnego wpływu na elementy wykonane z materiałów izolacyjnych, które często w rozdzielnicach poddawane są energii cieplnej powstałej w wyniku zjawisk elektrycznych. Uszkodzenie, stopień izolatora szyny prądowej pod wpływem wysokiej temperatury może doprowadzić do zwarcia, co często może zniszczyć cały zestaw rozdzielnic. Dlatego też materiał, z którego wykonane są izolatory w rozdzielnicach, powinien być odporny na działanie energii cieplnej i ognia. Odporność na te warunki bada się metodą żarzącego się drutu zgodnie z normą IEC 60695-2-11.

Wymagania co do wytrzymałości mechanicznej stawiane są nie tylko obudowom, ale również wszelkim przegrodom, wspornikom, zawiasom i zamkom, które powinny mieć odpowiednią wytrzymałość mechaniczną, by wytrzymać powstające naprężenia podczas normalnej eksploatacji rozdzielnic jak i podczas zwarcia [1].

Instalowane aparaty i urządzenia wewnątrz rozdzielnic rozmieszcza się tak, by zapewnić dostęp i możliwość konserwacji obsłudze rozdzielnic, ale także by zachowane zostały odpowiednie odległości pomiędzy wyposażeniem. Każda rozdzielnica powinna zapewniać określony stopień ochrony podstawowej, która ma na celu zabezpieczenie przed dotykiem bezpośrednim elementów czynnych. Osiąga się to przez odpo-

wiednio zaprojektowaną konstrukcję obudowy, jak i przez zastosowanie dodatkowych środków, które podejmuje się podczas instalacji rozdzielnic.

Wszystkie części czynne w rozdzielnicach, które obejmują ochronną podstawową, powinny być całkowicie izolowane. Izolację tę (izolacja powietrzna zapewniana m.in. przez osłony, przegrody oraz izolacja powierzchniowa zapewniana przez materiały nieprzewodzące) można usunąć tylko poprzez użycie odpowiedniego narzędzia lub jej zniszczenie. Izolacja powinna posiadać odpowiednie parametry, które pozwalają na wytrzymywanie naprężeń mechanicznych, elektrycznych, jak i termicznych, którym poddawana jest podczas pracy rozdzielnic.

Części czynne izolowane powietrzem powinny być umieszczone za osłonami ochronnymi, które zapewniają stopień ochrony IP (system, kod oznaczania ochrony zapewnianej dostępem do części niebezpiecznych, wnikaniem obcych ciał stałych, wnikaniem wody oraz podawania dodatkowych informacji związanych z taką ochroną) nie mniejszy niż IPXXB. Każda osłona powinna być tak zamontowana w rozdzielnicach, aby zapewniała wymagany stopień ochrony i separację od elementów czynnych rozdzielnic w normalnych warunkach użytkowania.

Osłony ochronne powinny spełniać 3 warunki umożliwiające usunięcie jej z rozdzielnic:

- zastosowanie klucza lub innego narzędzia pozwalającego na zdjęcie osłony,
- po odłączeniu zasilania elementów czynnych przywrócenie zasilania jest możliwe tylko wtedy, gdy osłona zostanie założona ponownie lub wymieniona,
- gdy osłona zapewnia ochronę nie mniejszą niż IPXXB przed dotykiem elementów czynnych, (usunięcie możliwe również tylko przy użyciu klucza lub narzędzia).

Wszystkie części przewodzące rozdzielnic łączy się ze sobą za pomocą przewodów w celu zapewnienia ciągłości uziemienia ochronnego, które

powinno zapewniać ciągłość w przypadku uszkodzeń wewnątrz rozdzielnic. Połączenia te można wykonać również przy użyciu metalowych połączeń śrubowych czy połączeń spawanych. Z elementów, które pokryte są powłoką ochronną, należy usunąć lub przebić pokrycie w danym miejscu, aby zapewnić ciągłość obwodu (np. na pomalowanych metalowych przepustach kablowych, przykręcanych pomalowanych pokrywach itp.) – dokładnie opisuje to punkt 8.4.3.2.2 normy PN-EN 61439-1.

Jeżeli aparaty przekraczają granice bardzo niskiego napięcia, zamontowane na drzwiach lub osłonach stosuje się połączenia za pomocą przewodów, by zapewnić ciągłość uziemienia. Przekrój przewodu zainstalowanego na drzwiach lub osłonie aparatu powinien być uzależniony od maksymalnego znamionowego prądu łączeniowego. Przewód ochronny w rozdzielnicach powinien być tak wykonany, by w sytuacji wystąpienia najwyższego obciążenia dynamicznego i termicznego był w stanie go wytrzymać. W obwodzie przewodu ochronnego nie może znajdować się żaden łącznik ani odłącznik, jedynie w torach przewodów ochronnych dopuszcza się zastosowanie zwieraczy, które można usunąć jedynie za pomocą narzędzia przez upoważniony personel. W przypadku gdy w obudowie występuje przewód PEN niezbędne jest spełnienie poniższych wymagań:

- przekrój minimalny tego przewodu dla miedzi powinien wynosić 10 mm², a dla aluminium 16 mm²,
- przekrój tego przewodu nie powinien być mniejszy niż przewodu neutralnego,
- dopuszcza się by szyny montażowe wykonane z miedzi lub aluminium były wykorzystywane jako przewody PEN,
- konstrukcyjne elementy nie powinny być używane jako przewód PEN,
- nie wymaga się izolowania przewodów PEN wewnątrz rozdzielnic.



Rys. 2. Tory prądowe w rozdzielnicach umieszczone za osłonami ochronnymi, które zapewniają odpowiednią ochronę przed dotykiem części czynnych (projekt wykonany w oprogramowaniu Solid Edge 2021)

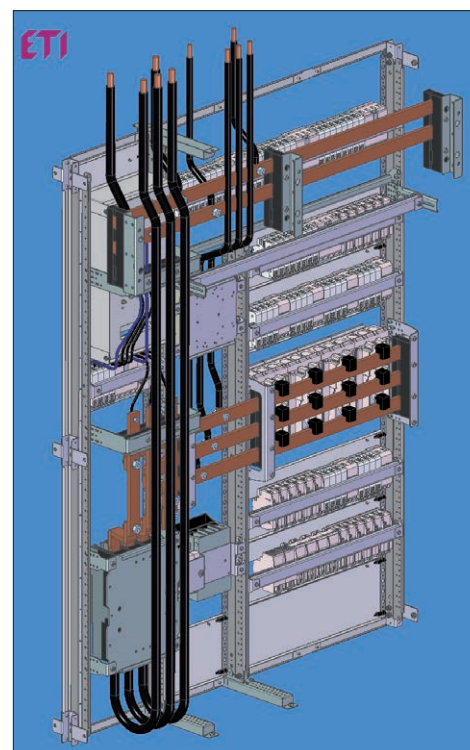
W rozdzielnicach wykonuje się również separację poszczególnych obwodów elektrycznych, która zapobiega porażeniu przez kontakt z dostępnymi częściami przewodzącymi, które w skutek uszkodzenia izolacji podstawowej mogą znaleźć się pod napięciem.

Szyny zbiorcze obwodów głównych w rozdzielnicach rozmieszcza się tak, by zachować wszelkie wymagania związane z odległościami między szynami toru prądowego, między szynami, a elementami konstrukcyjnymi tak, by nie wystąpiło zwarcie wewnątrz rozdzielnic po jej uruchomieniu. Szyny te powinny być tak dobrane, aby były zgodne z deklarowaną wytrzymałością zwarcia i wykonane w taki sposób, by były w stanie wytrzymać narażenia wywołane przez zwarcia ograniczone przez zabezpieczenia od strony zasilania szyn zbiorczych. Przewody lub szyny zbiorcze rozdzielcze w ramach jednego segmentu pomiędzy szynami zbiorczymi głównymi a stroną obciążenia,

można dobrać do obniżonej wytrzymałości zwarcia urządzenia zabezpieczającego.

Obwody pomocnicze wykonywane w rozdzielnicach projektuje się tak, by nie wystąpiło niekontrolowane w skutkach działanie (np. zwarcie). Przewody obwodów pomocniczych należy tak prowadzić, aby powstanie zwarcia było mało prawdopodobne.

Wykorzystywane przewody do połączeń aparatów w rozdzielnicach nie powinny pogarszać swoich paramet-



Rys. 3. Przykład konfiguracji wkładu montażowego oraz rozmieszczenie przewodów i mostków szynowych w rozdzielnicach niskiego napięcia (projekt wykonany w oprogramowaniu Solid Edge 2021)

trów izolacyjnych (starzenie się izolacji) w wyniku normalnego przyrostu temperatury oraz drgań występujących podczas normalnej pracy rozdzielnic. Szczególnie ważne są skutki działania rozszerzalności cieplnej przez osiągnięte temperatury pracy przewodów. Przewody oprócz zdolności przewodzenia dobiera się ze względu na:

- naprężenia mechaniczne, które mogą wystąpić w rozdzielnicach,
- zabezpieczanie i układanie przewodów,
- typ i rodzaj izolacji,
- stosowaną aparaturę rozdzielczą i łączeniową.

Zarówno w przypadku przewodów izolowanych sztywnych, jak i giętkich nie powinno stosować się połączeń pośrednich, używając złączek lub połączeń lutowanych. Dodatkowo przewody zabezpiecza się przed ocieraniem o ostre krawędzie elementów konstrukcyjnych, np. przez zastosowanie korytek kablowych. Jeżeli stosowane aparaty zostały zainstalowane na ruchomych pokrywach lub drzwiach rozdzielnic, to łączące je przewody umieszcza się w specjalnych giętkich rurkach ochronnych, co zabezpiecza je przed ocieraniem o drzwi lub korpus obudowy.

odstępów powierzchniowych i powietrznych elementów konstrukcji rozdzielnic oraz badanie właściwości dielektrycznych

W rozdzielnicach szczególną uwagę zwraca się na zachowanie odpowiednich odstępów izolacyjnych zarówno powietrznych, jak i powierzchniowych. Wymagania te dokładnie opisane są w normie IEC 60664-1. Odstępy powinny być tak zachowane, by zamontowanie aparatów i innych urządzeń w rozdzielnicach nie wpływało na zmianę określonych odstępów izolacyjnych. W przypadkach gdy w rozdzielnicach przewidziane są oddzielne obwody, należy wziąć pod uwagę napięcia udarowe wytrzymywane dla powietrznych

i powierzchniowych odstępów izolacyjnych pomiędzy tymi obwodami. W przypadku szyn zbiorczych, połączeń między urządzeniami i końcówkami kablowymi, czyli wszystkimi elementami nieizolowanymi, stosuje się co najmniej takie odstępów izolacyjne, jakie zostały przewidziane dla urządzeń, z którymi są połączone. Przyjmuje się, że zwarcie między szynami zbiorczymi nie powinno trwale zmniejszyć przewidzianych odstępów izolacyjnych. W celu zwiększenia odstępów izolacyjnych stosuje się specjalne wypukłe bruzdy w elementach izolacyjnych, które znacznie zwiększają odległości izolacyjne powierzchniowe oraz powietrzne [1, 2, 3]. W przypadku wklęsłych bruzd zwiększa się tylko powierzchnia odległość izolacyjna.

Weryfikacji właściwości dielektrycznych konstrukcji rozdzielnic niskiego napięcia dokonuje się według wymagań normy PN-EN 61439-1, która dokładnie opisuje, jak powinny przebiegać pomiary wytrzymałości dielektrycznej [2].

Konstrukcję bada się napięciem wytrzymywanym o częstotliwości sieciowej, gdzie badane są obwody główne, sterownicze i pomocnicze napięciem probierczym, którego wartości zostały sprecyzowane w normie [2]. Podane tam są dokładne wartości napięć probierczych przemiennych, jak i stałych w zależności od znamionowego napięcia izolacji.

W przypadku badania obwodów głównych napięciem przemiennym, podane jest 5 wartości używanych napięć probierczych: 1000 V, 1500 V, 1890 V, 2000 V oraz 2200 V. Natomiast dla pomiaru przy użyciu napięcia stałego określono 6 wartości: 1415 V, 2120 V, 2670 V, 2830 V, 3110 V oraz 3820 V.

Podczas badań obwodów sterowniczych i pomocniczych używane napięcie probiercze zależne jest od znamionowego napięcia izolacji. W obwodach o napięciu powyżej 60 V używa się dodatkowo wprowadzonych wartości napięć probierczych, które wynoszą 250 V oraz 500 V.

Kształt napięcia probierczego powinien być sinusoidalny o częstotliwości 45–65 Hz. Natomiast prąd wyjściowy na zwartych zaciskach urządzenia używanego podczas pomiaru powinien mieć wartość nie mniejszą niż 200 mA.

W chwili przykładania napięcia probierczego z częstotliwością sieciową, wartość jego na ogół nie przekracza 50% wartości tego napięcia. Jest ona stopniowo podnoszona do pełnej wartości napięcia i utrzymywana przez cały czas wykonywania testu. Badaniu poddaje się wszystkie części czynne obwodu głównego wraz z dostępnymi przewodzącymi elementami, jak również części czynne o różnej wartości potencjałów czy też pomiędzy obwodem głównym, a obwodami pomocniczymi i sterowniczymi.

Podczas badania konstrukcji napięciem udarowym wytrzymywanym przykładana się pięciokrotnie dla każdej polaryzacji napięcie o kształcie 1,2/50 μ s w odstępach 1-sekundowych. Jeżeli podczas badania nie wystąpiło wyładowanie zupełne, wtedy wynik badania jest uznawany za pozytywny.

W przypadku weryfikacji wyrobu, tj. gotowej wyprodukowanej rozdzielnic, poddaje się ją badaniu na wytrzymałość dielektryczną napięciem o częstotliwości sieciowej. Idea badania jest niemal taka sama jak w przypadku badania konstrukcji, z tym że w tym przypadku napięcie przykładane się tylko na czas 1 sekundy. Badanie pomijane jest dla obwodów pomocniczych zabezpieczonych zabezpieczeniem nadprądowym, którego wartość prądu znamionowego nie przekracza 16 A lub w przypadku, gdy próba funkcjonalna wykonywana została na etapie badań konstrukcji napięciem łączeniowym przewidzianym w projekcie dla tych obwodów.

Gdy w badanym obwodzie zainstalowane są zabezpieczenia nadprądowe o wartości prądu znamionowego do 250 A, wykonuje się pomiar wartości rezystancji izolacji napięciem nie mniejszym niż 500 VDC. Jeżeli

wartość rezystancji izolacji pomiędzy częściami przewodzącymi a obwodami wynosi nie mniej niż 1 k/V, wynik testu uważa się za pozytywny.

oddziaływania sił elektrodynamicznych na tory prądowe i konstrukcje wsporcze rozdzielnic niskiego napięcia

Podczas przepływu prądu elektrycznego przez tory prądowe oraz przewody rozdzielnic powstają siły elektrodynamiczne, które generują naprężenia na izolatorach wsporczych torów prądowych, mocowaniach przewodów, wspornikach itp. [3, 6, 7].

Siły elektrodynamiczne powstają pomiędzy:

- torami prądowymi,
- przewodami prądowymi,
- materiałami ferromagnetycznymi a przewodami lub szynami prądowymi,
- powierzchniami granicznymi materiałów o różnej przenikalności magnetycznej.

W celu wyznaczenia momentów i sił elektrodynamicznych oddziałujących na tory prądowe korzysta się z równań Biota-Savarta, Lorentza czy równań Maxwella [4]. Do obliczenia w układach torów prądowych sił elektrodynamicznych, dla których znane są analityczne wyrażenia indukcyjności, wykorzystuje się równania Maxwella. Podczas obliczania momentów i sił elektrodynamicznych, które oddziałują na prostoliniowe części torów prądowych, na ogół wykorzystywane są równania Lorentza i Biota Savarta.

Projektując tory prądowe rozdzielnic należy zwrócić uwagę i wykonać niezbędne obliczenia związane z:

- naprężeniami powstającymi w torach prądowych w chwili przepływu prądów zwarciovych, które pozwolą na odpowiednie dobranie przekrojów torów, długości pręseł oraz poprawne mocowania torów prądowych,

- siłami reakcji oddziałującymi na elementy mocujące i inne wsporniki, za pomocą których utwierdzone są tory prądowe, pozwala to na dobór odpowiedniego izolatora o wymaganej wytrzymałości oraz wymaganej ilości tych elementów,
- momentami oddziałującymi na łączenia szyn prądowych w czasie przepływu prądów zwarciovych,
- sił oddziałujących na łuk elektryczny.

Istotnym zjawiskiem jest oddziaływanie przewodu z prądem na sąsiedztwo mas ferromagnetycznych [4]. W chwili przepływu prądu stałego lub przemiennego w pobliżu konstrukcji lub płyty z materiału ferromagnetycznego, powoduje zniekształcenie pola magnetycznego wokoło przewodu, przez który przepływa prąd. Powstała siła elektrodynamiczna skierowana w kierunku elementu ferromagnetycznego w tym przypadku jest wynikiem powstałego niesymetrycznego pola względem osi przewodu.

Siła ta opisywana jest wzorem według metody odbicia lustrzanego:

$$F = C \frac{1}{2a} i i_1$$

gdzie:

C – stała przyjmowana w zależności od długości i ukształtowania przewodu,

i – prąd w przewodzie,

i_1 – prąd odbicia lustrzanego,

a – odległość od powierzchni płyty do osi przewodu.

Powstawanie sił elektrodynamycznych związanych z przyciąganiem jest niebezpieczne podczas zwarcia, gdy przewody ułożone są w pobliżu płyty stalowej lub innego elementu wsporcze, którego krawędzie są ostre (nieogratowane). Powstaje wtedy ryzyko zerwania miękkiej od wpływu temperatury izolacji przewodu, ocierającego o płytę lub inną część konstrukcyjną obudowy pod wpływem działania sił elektrodynamycznych, co może doprowadzić do zwarcia metalicznego przewodu z danym elementem.

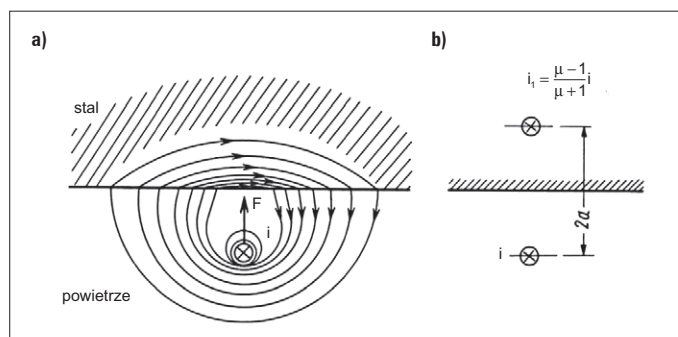
maksymalne straty mocy rozdzielnic niskiego napięcia

Wyprodukowane rozdzielnice niskiego napięcia przed wdrożeniem ich do sprzedaży poddawane są badaniom i testom mającym na celu określenie maksymalnych strat mocy badanej rozdzielnicy. Wynika to z faktu wprowadzenia normy IEC 61439. W normie dokładnie opisane są testy, jakie należy przeprowadzić, by uzyskać wymagane dane. Jednym ze szczególnych testów w punkcie 10.10 polskiej normy PN-EN 61439-1 jest weryfikacja obciążenia termicznego. Test polega na podaniu maksymalnego dozwolonego przyrostu temperatury w niewrażliwych miejscach, gdzie może wystąpić przekroczenie krytycznej wartości przyrostu temperatury. Dokonuje się weryfikacji, który przedział obudowy do badania jest najbardziej niekorzystny (ze względu na wielkość, kształt, liczbę przegród i czy jest wentylowany, czy nie) [1, 2].

Podczas wykonywania badania maksymalny prąd znamionowy jest zależny od liczby urządzeń w bloku funkcjonalnym. Jeżeli występuje tylko jedno urządzenie podawany wtedy jest prąd znamionowy urządzenia. Jeżeli w bloku funkcjonalnym występuje kilka urządzeń wtedy podaje się prąd urządzenia, którego prąd znamionowy jest najniższy.

Według zaleceń normy zawsze należy badać najbardziej niekorzystne warianty. Badany krytyczny blok funkcjonalny testuje się:

- wewnątrz przedziału (najmniejszego) przeznaczonego dla bloku funkcjonalnego,
- ze względu na najgorszy wariant separacji wewnętrznej odnosząc się do wielkości otworów wentylacyjnych,
- jeżeli występuje w obudowie z najwyższą mocą strat zainstalowaną w jednostce objętości,
- w przypadku najgorszego wariantu wentylacji obudowy, przy uwzględnieniu rodzaju wentylacji – wymuszonej bądź konwekcyjnej.



Rys. 4. Efekt przyciągania przewodu z prądem do płyty ferromagnetycznej: a) rozkład linii pola magnetycznego, b) przykład obliczeniowy wg metody lustrzanego odbicia [4]

Badania wykonuje się tak, jakby rozdzielnica była użytkowana w normalnych warunkach, z zainstalowanymi wszystkimi pokrywami i maskownicami. W poszczególnych obudowach badanie temperatury wykonuje się z takim rodzajem prądu, na jaki została zaprojektowana. Badanie wykonuje się przez taki czas, aż wartość temperatury osiągnie stałą wartość. Podczas badań wartość ta jest osiągnięta, jeżeli we wszystkich punktach pomiarowych wzrost temperatury nie przekracza 1 K/h.

Podczas wykonywania badania na straty mocy obudowy rozdzielnicy symuluje się wytwarzanie ciepła przez tory prądowe i zainstalowane urządzenia przy użyciu rezystorów grzejnych, które odpowiednio rozmieszcza się wewnątrz obudowy. Rezystory te ustawia się tak, by oddawały wartość ciepła równoważną przewidywanej stracie mocy wydzielanej w obudowie w normalnych warunkach przewidzianych przez producenta [1, 2]. Przewody zasilające rezystory grzejne dobrane są tak, by nie odprowadzały ciepła z badanej obudowy. Wartości temperatury w obudowie mierzy się w jej górnej części, gdzie jej wartość jest najwyższa, gdyż ciepło powietrze przez konwekcję unosi się ku górze. Wartość temperatury obudowy nie może przekraczać wartości podanych w normie PN-EN 61439.

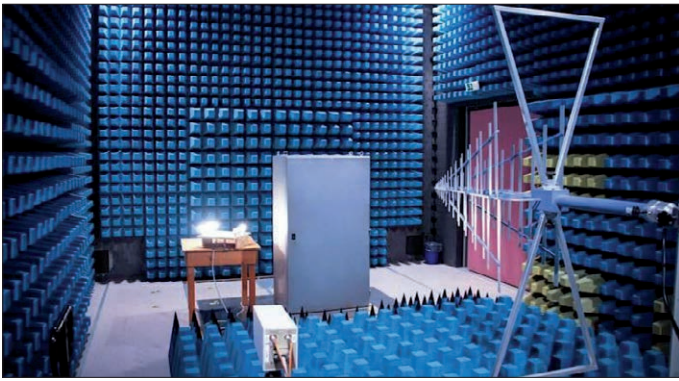
Przeprowadzone badanie weryfikuje się w chwili wykonywania go i po jego zakończeniu. Jeżeli temperatura powietrza z obliczonej straty mocy (uzyskanej podczas badania)

nie jest większa od dopuszczalnej temperatury pracy zadeklarowanej przez producenta, oznacza to, że w przypadku elementów wyposażenia wewnętrznego i łączników w obwodzie głównym, obciążenie ciągle nie jest większe od dopuszczalnego obciążenia w wyliczonej temperaturze powietrza. Obciążenie ciągle nie przekracza w tym przypadku 80% prądu znamionowego, co oznacza zgodność z deklaracją producenta.

kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) rozdzielnic nn

W normie PN-EN 61439-1 (punkt 9.4 oraz załącznik J) wymaga się, by rozdzielnice spełniały wytyczne dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej (EMC). Jest to zdolność pracy rozdzielnicy w określonym środowisku elektromagnetycznym i niewytwarzanie zaburzeń pola elektromagnetycznego, które mogłyby zakłócać prawidłową pracę innych urządzeń pracujących w jej otoczeniu. Obowiązkowo wymaga się badań EMC na większości rynków zarówno w Europie i Stanach Zjednoczonych, jak i innych krajach. Powoduje to konieczność przeprowadzenia tych badań, by wprowadzić dany wyrób na rynek i spełnić wszelkie wymogi prawne umożliwiające sprzedaż.

Podczas przygotowywania rozdzielnic do badania na ogół przygotowuje się jednorazowo zmontowaną próbkę, a kombinacja zainstalowa-



Rys. 5. Pomieszczenie do badania kompatybilności elektromagnetycznej EMC [8]

nych urządzeń wewnątrz jest raczej losowa.

Badania na odporność lub na emisję EMC nie są wymagane w przypadku, gdy zainstalowane elementy składowe rozdzielnic i aparaty elektryczne są zgodne z wymogami norm kompatybilności elektromagnetycznej dla danego otoczenia, zgodnie z określonymi wymaganiami wyrobu lub też ogólną normą EMC.

Źródłami zakłóceń elektromagnetycznych mogą być:

- dyskretne sygnały ciągle lub zmienne (sinusoidalne) pochodzące chociażby z nadajników radiowych,
- szerokopasmowe sygnały ciągle generowane przez linie napowietrz-

ne, maszyny elektryczne czy tyrystorowe układy prostownicze itp.,

- jednorazowe sygnały przejściowe o przebiegu udarowym pochodzące od wyładowań piorunowych, elektrostatycznych, procesów łączeniowych czy wyładowań iskrowych i zwarć.

Wszystkie te zakłócenia powodują pojawienie się przejściowych przepięć, które narażają zainstalowane aparaty w rozdzielnicach na przebiecie izolacji oraz zakłócają funkcje pomiarowo-sterownicze. Dodatkowym problemem jest wytrzymałość uzwojeń aparatów i transformatorów na krótkotrwałe przepięcia o nanosekundowych czasach narastania zbrocza.

Do sprzężenia wielkości zakłócającej z danymi obwodami w rozdzielnicach może dojść poprzez sprzężenia:

- indukcyjne,
- galwaniczne,
- pojemnościowe,
- elektromagnetyczne (przez promieniowanie).

W celu ograniczenia sprzężeń pomiędzy sygnałem zakłócającym, rozdzielnicą stosuje się:

- ograniczniki przepięć w celu ochrony przeciwprzepięciowej,
- ekranowanie przewodów sterowniczych (z obustronnym uziemieniem ekranów),
- filtry sieciowe,
- światłowodowe połączenia pomiędzy urządzeniami sterowniczymi.

Uzyskanie wymaganego stopnia kompatybilności elektromagnetycznej (EMC) rozdzielnic wymaga odpowiednich działań w fazach od samej koncepcji, aż do prototypu podawanego badaniom. Wykorzystuje się w tym celu szereg programów komputerowych, jak również zastosowanie zaleceń zawartych w przepisach normalizacyjnych oraz doświadczeń własnych producentów testujących rozdzielnice podczas badań.

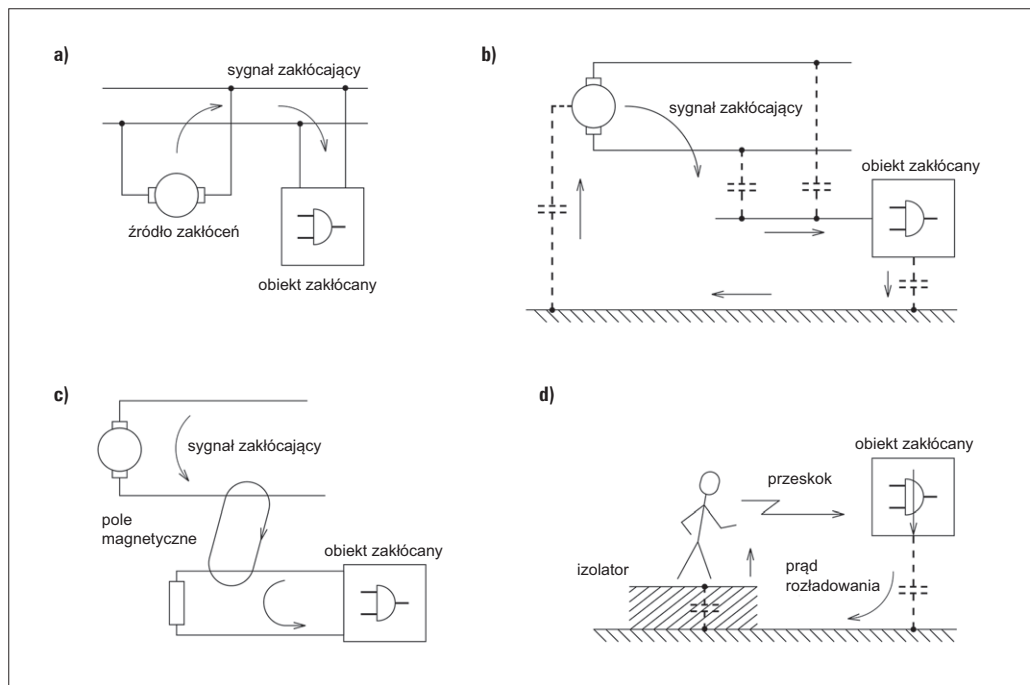
podsumowanie

W artykule przedstawione i poruszone zostały wymagania konstrukcyjne stawiane rozdzielnicom niskiego napięcia zawarte w normach PN-EN 61439-1 oraz PN-EN 62208, którym muszą sprostać wyprodukowane przez producentów rozdzielnice.

Weryfikacja opracowanych konstrukcji rozdzielnic podczas badań konstrukcyjnych i badań typu w laboratoriach badawczych, pozwalają firmie ETI Polam na wprowadzanie na rynek i sprzedaż nowoczesnych rozwiązań o wysokiej jakości, które zapewniają odpowiedni stopień ochrony oraz bezpieczeństwo podczas ich eksploatacji.

literatura

1. PN-EN 62208, *Puste obudowy do rozdzielnic i sterownic niskonapięciowych*. Polski Komitet Normalizacyjny, ISBN 978-83-275-5210-5.
2. PN-EN 61439-1, *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Postanowienia ogólne*. Polski Komitet Normalizacyjny, ISBN 978-83-275-3852-9.
3. M. Szulborski, S. Łączyński, *Wybrane wymagania dotyczące projektowania i opracowywania konstrukcji obudów do rozdzielnic niskiego napięcia produkcji ETI Polam*, „elektro.info” 7-8/2020.
4. J. Maksymiuk, *Aparaty elektryczne*, WNT, Warszawa 1992. ISBN 83-204-1475-X
5. E. Musiał, *Instalacje i urządzenia elektroenergetyczne*, WSiP, Warszawa 2014. ISBN 978-83-02-06931-4
6. Markiewicz H. *Urządzenia elektroenergetyczne*, WNT, Warszawa 2016. ISBN 978-83-01-18594-7
7. Ł. Kolimas, *Analiza rozprywu prądu w sąsiadujących torach wieloprądowych i zestykach*, „Przegląd Elektrotechniczny”, vol 88, pp. 34-37, ISSN 0033-2097
8. https://www.emctest.it/?l=laboratorio_emc



Rys. 6. Przykłady sprzężeń w chwili wystąpienia zakłócenia: a) galwaniczne, b) pojemnościowe, c) indukcyjne, d) wyładowanie elektrostatyczne [4]