

Pytania i odpowiedzi
Miesięcznik INPE, Nr 19 (czerwiec 1998 r.)

WYBRANE ZAGADNIENIA Z ZAKRESU OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ I ZABEZPIECZEŃ NADPRĄDOWYCH W INSTALACJACH I SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH W PYTANIACH I ODPOWIEDZIACH

Publikujemy opracowanie dr. inż. Edwarda Musiała z Politechniki Gdańskiej, współautora projektu nowelizacji „Warunków technicznych jakim powinny odpowiadać urządzenia elektroenergetyczne niskiego napięcia w zakresie ochrony przeciwporażeniowej”, będące odpowiedzią na pytania zgłoszone przez Oddział Bydgoski SEP oraz firmę Margot-Engineering. Tytuł i śródtytuły pochodzą od Redakcji INPE

1. Wyłączniki różnicowe w złączach w aspekcie prawno-technicznym

Pytanie:

Czy nie jest celowe, aby w „warunkach przyłączenia” ZE zrezygnowały z żądania montażu wyłączników różnicowoprądowych na zasilaniu odbiorców, podając tylko

system TN (zerowanie) lub TT (uziemienie ochronne) stosowany aktualnie w zasilającej sieci niskiego napięcia? Występują częste zadziałania wyłączników o czułości 30 mA wskutek naturalnych upływności niektórych odbiorników. Nie są respektowane zasady rozmieszczania wyłączników o różnej czułości w określonych obwodach.

Odpowiedź:

Sprawa ma aspekt prawny, który powinni rozstrzygnąć prawnicy w oparciu o obowiązujące przepisy. Stan prawny może wkrótce ulec zmianie. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. „Prawo energetyczne” zobowiązuje bowiem ministra gospodarki do wydania m.in. rozporządzenia określającego warunki przyłączenia do sieci energetycznych. Jest sprawą dyskusyjną, jak dalece dostawca energii powinien mieć prawo ingerować w rozwiązania techniczne instalacji odbiorcy motywując to rzeczywistą bądź urojoną troską o jego bezpieczeństwo. Wymagania poszczególnych zakładów energetycznych są zróżnicowane, co tym bardziej wskazuje na ich wątpliwą podstawę prawną. Poza wymaganiami wyłączników różnicowoprądowych ostatnio pojawiło się tu i ówdzie wymaganie instalowania przy złączu ograniczników przepięć. Rzecz powinna być prawnie uregulowana w sposób wykluczający podejrzenie porozumienia z firmami zainteresowanymi zwiększeniem popytu na określone urządzenia ochronne.

Podstawy prawnej wspomnianego żądania stosowania wyłączników różnicowoprądowych nie stanowi norma PN/E-05009, która w wymaganiach ogólnych traktuje je jako jedno z kilku możliwych urządzeń wywołujących „samoczynne wyłączenie zasilania”. Podobnie sprawa jest postawiona w wymaganiach dodatkowych dotyczących warunków szczególnego zagrożenia (arkusze 700), gdzie na ogół układ ochronny różnicowoprądowy jest cytowany jako jedno z dopuszczalnych rozwiązań.

Podstawą prawną żądania stosowania wyłączników różnicowoprądowych nie jest też niefortunne sformułowanie §183 pkt 3 Rozp. Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14 grudnia 1994 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Wicedyrektor Departamentu Architektury i Techniki Budowlanej, mgr inż. arch. K. A. Kobylecki, pismem AT-B/MG/510/95 z dn. 12 kwietnia 1995 r. wyjaśnił, że inkryminowanego sformułowania nie należy traktować dosłownie, że nie wyklucza ono możliwości „zastosowania innego środka ochrony, równie skutecznego, jeżeli przemawiają za tym odpowiednie względy techniczne i ekonomiczne”.

Sprawa ma też aspekt techniczny. W przypadku drobnych odbiorców o poborze mocy nie przekraczającym ok. 30 kW (dom jednorodzinny, gospodarstwo rolne, warsztat itp.) jest uzasadnione instalowanie w złączu lub w jego pobliżu wyłącznika różnicowoprądowego niskociężłego wyborczego (500 ew. 300 mA). Od 20 lat wymaga tego np. energetyka francuska EdF (początkowo 650 mA). Przynajmniej w wybranych obwodach odbiorczych, zwłaszcza gniazd wtyczkowych, powinny być wtedy instalowane wyłączniki różnicowoprądowe bezzwłoczne lub krótkozwłoczne, o mniejszym znamionowym różnicowym prądzie zadziałania, co zapobiega częstym zadziałaniom wyłącznika głównego. Gdyby wypadkowy prąd upływowy w istniejącej instalacji przekraczał 250 mA i powodował nieustanne zadziałania wyłącznika głównego 500 mA, świadczyłoby to, że instalacja jest w bardzo złym stanie i wymaga

natychmiastowej naprawy. Przy oddawaniu do użytku nowej instalacji sytuacja taka jest nie do pomyślenia. Jeśli jednak niektóre obwody odbiorcze (np. oświetleniowe) nie są wyposażone w wyłączniki różnicowoprądowe, to oporowe zwarcie doziemne w nich występujące spowoduje niewybiorcze zadziałanie wyłącznika głównego.

Jeśli w okolicznościach, o których mowa, dostawca energii żąda instalowania w złączu wyłącznika różnicowoprądowego wysokoczułego (30 mA), wystawia sobie świadectwo niekompetencji.

2. Słownictwo dawne i obecnie lansowane przez PN/E-05009

Pytanie:

Czy nie należałoby dopuścić, podobnie jak w Niemczech, możliwości używania pojęć *uziemienie ochronne* oraz *nowoczesne zerowanie*?

Odpowiedź:

Wspomniane tradycyjne terminy zawierały wyczerpującą informację: w razie uszkodzenia izolacji podstawowej wyłączenia zasilania dokonuje zabezpieczenie nadprądowe i odbywa się to w układzie TT (wyjątkowo IT), jeśli stosuje się uziemienie ochronne, a w układzie TN, jeśli - zerowanie. Warto od razu zwrócić uwagę, iż termin *zerowanie* nie jest równoznaczny z terminem *układ TN* ani nawet ze zwrotem *samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TN*, który jest niewłaściwy dlatego, że:

- ukrywa bardzo ważną informację - czy polega się na wyłączeniu zasilania przez zabezpieczenie nadprądowe czy przez zabezpieczenie różnicowoprądowe,
- sugeruje niesłusznie, że wystarczy zapewnić samoczynne wyłączenie zwarc L-PE (PEN), by ochrona była skuteczna.

Podobne zastrzeżenia dotyczą zwrotu *samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TT*. Relacja między poprzednio używanymi terminami a słownictwem lansowanym przez normę PN/E-05009 jest w uproszczeniu następująca:

Zerowanie - *ochrona przed dotykiem pośrednim poprzez (wg 413.1.3.3) samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TN przez zabezpieczenie nadprądowe i/lub (wg 413.1.3.6) poprzez ograniczenie napięcia dotykowego do wartości dopuszczalnej - za pomocą dodatkowych połączeń wyrównawczych - w obwodach, w których zapewnienie samoczynnego wyłączenia zasilania nie jest możliwe.*

Uziemienie ochronne - *ochrona przed dotykiem pośrednim poprzez (wg 413.1.4.2) samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TT przez zabezpieczenie nadprądowe i/lub (wg 413.1.4.4) poprzez ograniczenie napięcia dotykowego do wartości dopuszczalnej - za pomocą dodatkowych połączeń wyrównawczych - w obwodach, w których zapewnienie samoczynnego wyłączenia zasilania nie jest możliwe.*

Terminy *zerowanie* oraz *uziemienie ochronne* występują w projekcie „Warunków technicznych...” (PBUE, wydanie z roku 1997) i nadal są wpajane studentom Politechniki Gdańskiej. Przymiotnik *nowoczesne* (zerowanie) wyszedł z użycia; *nowoczesne* bądź *nowe* jest coś, co ostatnio się pojawiło, po iluś latach ten argument nowoczesności słabnie, a w końcu - razi.

Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej IEC niezręcznie byłoby wracać do terminów raz wycofanych. Rozważa się zatem wprowadzenie nowych oznaczeń i nazw ważniejszych systemów ochrony dodatkowej, które miałyby zastąpić obecną klasyfikację układów (TN, TT, IT) oraz termin *samoczynne wyłączenie zasilania w układzie...*:

- PNE - protective neutral earthing (dawniej - zerowanie),
- POE - protective overcurrent earthing (dawniej - uziemienie ochronne),
- PRE - protective residual current earthing,
- PIM - protective insulation monitoring.

Dwa pierwsze systemy ochrony polegają na „samoczynnym wyłączeniu zasilania” przez zabezpieczenia nadprądowe, trzeci - na „samoczynnym wyłączeniu zasilania” przez zabezpieczenia różnicowoprądowe, a czwarty - na stałej kontroli stanu izolacji doziemnej.

3. Stopniowa modernizacja instalacji elektroenergetycznych.

Pytanie:

Nie można zmuszać właścicieli i użytkowników budynków do natychmiastowej, całkowitej przebudowy istniejącej instalacji elektrycznej z systemu 4-przewodowego TN-C-S na 5-przewodowy TN-S. Jakiej przyjąć bezpieczne zasady stopniowych zmian przy wieloletniej modernizacji, np. w trakcie remontów, przebudowy itd.?

Odpowiedź:

Sprawa nie przedstawia się tak dramatycznie, jak to sugeruje pytanie. Po pierwsze, nie ma dotychczas w Polsce obowiązku dostosowywania istniejących urządzeń do zmienionych wymagań przepisowych. Istniejące urządzenia wolno eksploatować, również naprawiać i badać w oparciu o przepisy bezpieczeństwa z okresu ich budowy. Dopiero, jeśli zakres prowadzonych prac z formalnego punktu widzenia trzeba uznać jako przebudowę lub modernizację, prace te należy wykonywać z przestrzeganiem aktualnie obowiązujących przepisów. Po drugie, nowe przepisy nie stawiają wymagań, by układ TN był w każdych warunkach 5-przewodowy (jako podukład TN-S). Podukład TN-C (z przewodem PEN, 4-przewodowy w układzie 3-fazowym) jest **zabroniony** tylko tam, gdzie przerwanie przewodu PEN jest bardziej prawdopodobne i/lub bardziej groźne:

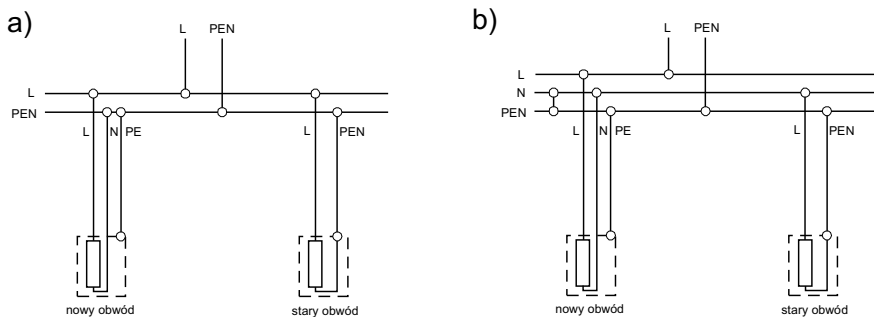
- w obrębie instalacji wykonanej przewodami ruchomymi (nie ułożonymi na stałe), niezależnie od przekroju przewodów,
- w obwodach instalacji ułożonych na stałe, jeśli przekrój przewodu PEN miałby być mniejszy niż 10 mm² (miedź) lub 16 mm² (aluminium),
- w niektórych instalacjach specjalnych, których dotyczy „warunki dodatkowe...”, np. na placach budowy i w budynkach do hodowli zwierząt, niezależnie od przekroju przewodów.

Ponadto podukład TN-C (z przewodem PEN) jest **niepożądany** w budynkach wyposażonych w sieci komputerowe bądź inne urządzenia elektroniczne wrażliwe na zakłócenia elektromagnetyczne.

Prace w istniejących urządzeniach, nie będące przebudową lub modernizacją, ale polegające na wykonywaniu nowych obwodów albo rozdzielnic bądź wymianie istniejących, powinny być tak przeprowadzane, aby:

- nowe składniki instalacji nie wymagały w przyszłości żadnych przeróbek przy pełnym przystosowywaniu całej instalacji do aktualnych wymagań przepisowych,
- pozostałe części instalacji mogły na razie pozostać w stanie nietkniętym.

Przy stopniowej modernizacji instalacji, poczynając od obwodów końcowych, może to przebiegać w sposób przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Stopniowe przechodzenie w istniejącej instalacji z podkładu TN-C na podkład TN-S podczas częściowej jej rozbudowy: a) przez dodanie nowego obwodu odbiorczego; b) przez dodanie nowego obwodu odbiorczego oraz wymianę rozdzielnic
 L - przewód fazowy lub zespół trzech przewodów fazowych, PE - przewód ochronny, N - przewód neutralny, PEN - przewód ochronno-neutralny

W licznych polskich budynkach wymiana bądź „całkowita przebudowa instalacji” wprawdzie nie jest dziś jeszcze obowiązkowa, ale byłaby technicznie uzasadniona i to nie tylko ze względu na ochronę przeciwporażeniową. Przez kilkadziesiąt lat przedsiębiorstwa elektromontażowe gorliwie wypełniały pseudooszczędnościowe zalecenia ze szkodą dla wygody i bezpieczeństwa użytkowników urządzeń elektrycznych. Na naprawę tych szkód potrzeba jednak ogromnych nakładów i co najmniej dwóch pokoleń.

Z błędów przeszłości nie wyciąga się w Polsce należytej nauki. Nadal powszechnie popełnia się błędy, których usuwanie będzie kiedyś drogo kosztowało. W rozporządzeniu z 1994 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie zabrakło dwóch ważnych postanowień dotyczących nowo wznoszonych budynków:

- jednoznaczne wymagania uziomu fundamentowego sztucznego,
- wymagania pomieszczenia przyłączeniowego, do którego byłyby wprowadzane wszelkie przyłącza, umożliwiając wykonywanie krótkich i niezawodnych połączeń wyrównawczych głównych.

4. Ograniczenie w stosowaniu wyłączników nadprądowych w złączach

Pytanie:

Czy dla zapewnienia selektywności zabezpieczeń nie należy ograniczyć stosowania wyłączników samoczynnych w złączach budynków?

Odpowiedź:

Oczywiście, że należy unikać wyłączników nadprądowych w złączach instalacji drobnych odbiorców. Powinny być one stosowane niemal wyłącznie w obwodach odbiorczych. Dwa bezwzględnie instalacyjne wyłączniki nadprądowe na kolejnych stopniach zabezpieczeń działają wybiórczo tylko w szczególnych sytuacjach:

- albo na zasadzie *wybiórczości prądowej*, jeśli spodziewany prąd zwarciový w miejscu zainstalowania wyłącznika poprzedzającego jest co najmniej kilka razy

większy od prądu zwarciovego w miejscu zainstalowania kolejnego wyłącznika (na następnym stopniu zabezpieczeń),

- albo na zasadzie *wybiorczości z krótkotrwałą przerwą beznapięciową*, jeśli wyłącznikiem poprzedzającym jest kosztowny wyłącznik o samoczynnym ponownym załączeniu, np. wyłącznik Elfa S90.

Rozp. Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14 grudnia 1994 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, ma różne usterki, ale w §183.4) tę kwestię rozstrzyga poprawnie: „W instalacjach elektrycznych należy stosować wyłączniki nadmiarowe **w obwodach odbiorczych**”.

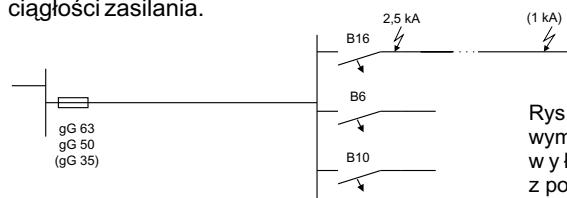
5. Potrzeba kompromisu między oczekiwaną korzyścią a kosztem wybiorczości zabezpieczeń.

Pytanie:

Zachowanie pełnej selektywności nie jest możliwe w każdych występujących w praktyce, różnorodnych warunkach rozwiązań technicznych. Niezbędne są kompromisy. Czy nie należałoby upowszechnić odpowiednie komentarze?

Odpowiedź:

Zapewnienie pełnej wybiorczości zabezpieczeń może wiązać się z kosztami przewyższającymi oczekiwane korzyści; może na przykład wymagać gruntownej zmiany układu instalacji, zwiększenia czasu trwania zwarcia i znacznego przewymiarowania przekroju przewodów. Wymagać też może w złączu urządzenia zabezpieczającego o tak dużym prądzie znamionowym, że w żadnym stopniu nie stanowi ono ogranicznika mocy pobieranej. Skłania to do rozsądnych kompromisów, np. do rezygnacji z wybiorczości przy największych spodziewanych prądach zwarciovych, o znikomym prawdopodobieństwie wystąpienia, i do rezygnacji z wybiorczości w obwodach zasilających urządzenia o małych wymaganiach co do ciągłości zasilania.



Rys. 2. Przykład kolejnego redukowania wymagań co do wybiorczości działania wyłączników nadprądowych z poprzedzającym bezpiecznikiem

Gdyby na przykład przy projektowaniu instalacji z rys. 2 żądać pełnej wybiorczości, również przy największym spodziewanym prądzie zwarciovym 2,5 kA tuż za wyłącznikiem B16, bezpiecznik poprzedzający powinien mieć prąd znamionowy co najmniej 63 A. Niewielkie jest prawdopodobieństwo wystąpienia prądu przekraczającego 70% wartości obliczeniowej, w tym przypadku $0,7 \cdot 2,5 = 1,75$ kA. Gdyby tę wartość wziąć za podstawę, wystarczyłby bezpiecznik gG 50 A. Można uczynić kolejny krok i w ogóle pominąć możliwość zwarcia tuż za wyłącznikiem, w samej tablicy rozdzielczej. Zdarzają się one raczej u końca obwodu, w odbiornikach bądź w towarzyszących im łącznikach wtyczkowych i przewodach ruchomych, a wtedy (rys. 2) prąd zwarciovowy nie przekracza 1 kA. Jeśli to przyjąć za podstawę, wystarczy poprzedzający bezpiecznik gG 35 A.

Oczywiście należy popierać każdą inicjatywę upowszechniania rozsądnych komentarzy na ten i na każdy inny, ważny dla praktyki temat. Pozwoliłoby to może zapobiec upowszechnianiu programów komputerowych traktujących jako wybiórczy układ zabezpieczeń np. trzy szeregowo połączone wyłączniki B16, B25 i B40.

6. Problemy zmiany układu TT na TN

Pytanie:

Nagle przechodzenie z systemu TT na system TN w starych dzielnicach miejskich nie jest praktycznie możliwe ze względów finansowych. Wprowadzenie pewnych rozwiązań przejściowych wydaje się konieczne. Czy może to być dodatkowy przewód ochronny np. bednarka lub kabel 1-żyłowy we wspólnym rowie (spełniające warunki obciążenia prądem szybkiego wyłączenia) do wyodrębnionego obwodu modernizowanego fragmentu osiedla?

Odpowiedź:

Dotychczasowa sieć rozdzielcza o układzie TT na ogół jest 4-przewodowa (L1, L2, L3, N) i tyle przewodów wystarcza w nowej sieci o układzie TN-C (L1, L2, L3, PEN). Zatem nie w liczbie żył kabli sieci rozdzielczej i przyłączy należy upatrywać ewentualnych trudności przy zmianie układu TT na TN, jeśli są spełnione wymagania co do przekroju przewodu PEN (tabl. 1).

Tablica 1. Najmniejszy dopuszczalny przekrój [mm^2] miedzianych przewodów i żył PE, N i PEN (ułożonych razem z przewodami lub żyłami fazowymi) w trójfazowych instalacjach i sieciach o układzie TN

Przewody (żyły) fazowe	Podukład TN-S		Podukład TN-C
	przewód (żyła) N	przewód (żyła) PE	przewód (żyła) PEN
1,5	1,5	1,5	z a b r o n i o n y
2,5	2,5	2,5	
4	4	4	
6	6	6	
10	10	10	10
16	16	16	16
25	16 ¹⁾	16	16 ¹⁾
35	16 ¹⁾	16	16 ¹⁾
50	25 ¹⁾	25	25 ¹⁾
70	35 ¹⁾	35	35 ¹⁾
95	50 ¹⁾	50	50 ¹⁾
120	70 ¹⁾	70	70 ¹⁾
150	95 ¹⁾	95	95 ¹⁾
185	95 ¹⁾	95	95 ¹⁾
240	120 ¹⁾	120	120 ¹⁾

¹⁾ Większy przekrój może być potrzebny w przypadku dużej asymetrii obciążenia i/lub w przypadku obciążenia odkształconego (prądu o dużej zawartości harmonicznych rzędu podzielnego przez trzy).

Należy uważać należy poświęcić uziemieniom roboczym przewodów PEN i innym znanym środkom przystosowania sieci do zerowania: usunięciu łączników bądź bezpieczników w przewodzie PEN, symetryzacji obciążeń. Niektóre zakłady energetyczne również przy budowie nowych odcinków sieci TN wymagają układania razem z kablem 4-żyłowym (zawierającym żyłę PEN) taśmy stalowej, która pomaga utworzyć *global earthing system* w warunkach, kiedy coraz mniej można liczyć na sieć wodociągową jako rozległy uziom naturalny. Jest to rozwiązanie pożądane, ale wykraczające poza minimalne wymagania przepisowe.

Szczątkowo mogą jeszcze występować sieci kablowe 3-przewodowe 3x220 V bez przewodu neutralnego (układ IT). Przejście na układ TN wymagałoby uziemień roboczych i co najmniej dodania czwartego izolowanego przewodu PEN, np. kabla jednożyłowego przypiętego opaskami do istniejącego kabla trójżyłowego (w sposób praktykowany w odniesieniu do kabli 15 kV). Są to jednak rozwiązania, a więc i kable tak stare, że rozsądniej będzie ułożyć nowe kable 4-żyłowe.

7. Dopuszczalność stosowania w sieciach przedlicznikowych wkładek topikowych zwłocznych

Pytanie:

Czy, na wzór przepisów niemieckich, nie jest celowe dopuszczenie wkładek topikowych zwłocznych w sieciach przedlicznikowych, godząc się na dłuższy czas wyłączenia? Trzeba brać pod uwagę realia - istniejące długie linie wiejskie i brak środków na szybką modernizację.

Odpowiedź:

Nie było i nie ma zakazu stosowania w sieciach przedlicznikowych wkładek bezpiecznikowych gG (gL, gI), o charakterystyce odpowiadającej dotychczasowym wkładkom zwłocznym, przeciwnie - jest to rozwiązanie standardowe. W normalizacji międzynarodowej znikły wkładki bezpiecznikowe o charakterystyce odpowiadającej dotychczasowym wkładkom szybkim (Bu-Wts, gII). Normalizacyjna Komisja Problemowa nr 75 ds. bezpieczników elektroenergetycznych postanowiła pozostawić je w normalizacji krajowej (jako wkładki gF), bo wytwórnie sygnalizują znaczny na nie popyt; wymagało to jednak opracowania arkusza krajowego jako dodatku do normy PN-IEC. Zatem to raczej stosowanie wkładek szybkich, a nie zwłocznych, należy traktować jako odstępstwo od uznanych w świecie reguł.

Związaną z tym kwestią jest wymagany czas wyłączenia zwarć jednofazowych L-PEN w sieci rozdzielczej o podukładzie TN-C. Poprawne rozplanowanie uziemień przewodu PEN, dobór ich lokalizacji oraz wartości rezystancji, zapewnia przy zwarciach L-PEN „równowagę napięciową” przewodu PEN względem ziemi. Sprawia, że przy zwarciach w obrębie sieci rozdzielczej napięcie w miejscu uszkodzenia (napięcie dotykowe względem ziemi odniesienia) nie przekracza 30 % napięcia fazowego, a przy niesprzyjającym rozplanowaniu uziemień - 50 % napięcia fazowego. Jeszcze mniejsze, zwłaszcza w zasięgu układu TN z rozbudowanym układem połączonych uziomów, są napięcia dotykowe względem dostępnych stanowisk. W sieci rozdzielczej TN-C o napięciu fazowym 220 V lub 230 V czas samoczynnego wyłączenia zasilania ma dzięki temu znaczenie drugorzędne, znacznie mniejsze niż w układzie TT, gdzie napięcie dotykowe ma zwykle wartość zbliżoną do 100% napięcia fazowego. To dlatego

w obrębie sieci rozdzielczej TN wymaga się prądu zwarcia L-PEN tylko 2,5 razy większego od prądu znamionowego zastosowanych bezpieczników, również bezpieczników zwłocznym (Szwajcaria, projekt „Warunków technicznych...”), zaledwie 1,6 razy większego (Niemcy, Austria) albo nie stawia się co do tego żadnych wymagań (Szwecja). Wspomniane krotności dotyczą wszelkich wkładek o działaniu zarówno szybkim, jak i zwłocznym; warunek jest jeden - chodzi o wkładki o pełnozакresowym wyłączaniu oznaczone „g” (w przeciwieństwie do wkładek „a” o niepełnozакresowym wyłączaniu), tzn. wkładki, które potrafią wyłączyć każdy prąd, powodujący rozpad topika, a mniejszy od znamionowego prądu wyłączalnego.

8. Interpretacja pojęć: SELV, PELV i FELV

Pytanie:

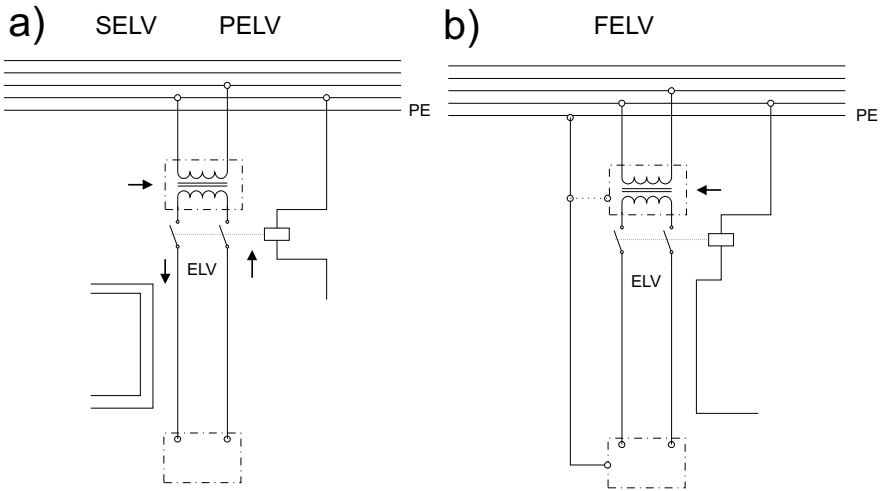
Pojęcia napięć SELV, PELV, FELV nie są jednakowo interpretowane. Czy nie należałoby określić miejsca publikacji i sposobów upowszechnienia, np. w ramach SEP, sprostowań tych i innych rozbieżności w normach i przepisach?

Odpowiedź:

Obwody SELV, PELV i FELV są obszernie potraktowane w projekcie „Warunków technicznych”, a mianowicie w 2.19, 2.20, 2.21, 3.5 (cały rozdział), 6.7 (cały rozdział), 11, 12, 13 i 14.

Poza pewnymi rozbieżnościami terminologicznymi nie ma poważniejszych różnic w normach i przepisach pochodzących z tego samego okresu. To podkreślenie jest o tyle istotne, że w przeciągu ostatnich kilkunastu lat zmieniały się wymagania IEC co do tych obwodów, a niektóre ostatecznie przyjęte ustalenia i merytoryczne i terminologiczne są dyskusyjne. Ważniejsze cechy wspomnianych obwodów według aktualnego stanu normalizacji międzynarodowej przedstawia rys. 3.

Obwód SELV (safety extra-low voltage) oraz obwód PELV (protection extra-low voltage) wymagają niezawodnego oddzielenia elektrycznego od wszelkich innych obwodów, a obwód SELV - również od ziemi. Powinny one być zatem zasilane ze źródła bezpiecznego: transformatora bezpieczeństwa, przetwornicy bezpieczeństwa, prądnicy napędzanej silnikiem nieelektrycznym, ogniwa galwanicznego lub baterii akumulatorów o odpowiednio przyłączonej ładownicy. Przewody obwodu SELV i obwodu PELV należy układać osobno od przewodów innych obwodów, a jeśli nie można uniknąć układania ich razem z przewodami innych obwodów - obowiązują zaostrzone wymagania co do ich oddzielenia elektrycznego. Obowiązują też podobne wymagania co do konstrukcji łączników i innych aparatów wiążących ze sobą różne obwody. Do obwodu SELV obwód PELV różni się przede wszystkim tym, że ma uziemienie robocze. Rozwiązaniem zalecanym jest obwód SELV; obwód PELV powinien być stosowany tylko wtedy, gdy uziemienie robocze jest nieodzowne (np. dla celów ochrony przeciwzakłóceńowej) lub nieuniknione (np. naturalne uziemienie czujnika pomiarowego).



Rys. 3. Przykłady obwodów, w których zastosowano bardzo niskie napięcie ELV (extra-low voltage):

- a) dla celów ochrony przeciwporażeniowej (obwód SELV lub PELV); strzałki wskazują miejsca wymaganego niezawodnego oddzielenia elektrycznego od innych obwodów (w obwodzie PELV występuje nie przedstawione na rysunku uziemienie robocze);
- b) ze względów funkcjonalnych (obwód FELV); strzałka wskazuje wymagane oddzielenie galwaniczne od innych obwodów.

Obwód FELV (functional extra-low voltage) nie podlega wyżej wspomnianym rygorom, ale powinien być oddzielony galwanicznie od innych obwodów. Stosowane w nim napięcie bardzo niskie nie powinno zatem pochodzić np. z autotransformatora lub z dzielnika napięcia.

Należy oczywiście przyklasnąć inicjatywie rzeczowego wyjaśniania wymagań przepisowych, zwłaszcza trudniejszych postanowień, wszelkich rozbieżności w przepisach, a także - wyprzedzającego sygnalizowania przewidywanych kierunków nowelizacji przepisów.

9. Możliwości stosowania wyłączników różnicowoprądowych w układach TN-C

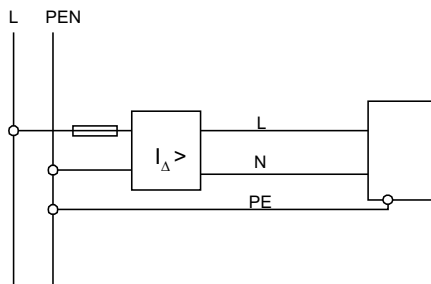
Pytanie:

Czy nie należałoby dopuścić dla systemu TN-C (stare zerowanie) możliwości stosowania wyłączników różnicowoprądowych? Takie rozwiązanie było przyjęte w Rozporządzeniu z 1990 r.

Odpowiedź:

Obwód chroniony wyłącznikiem różnicowoprądowym może być odgałęziony od instalacji bądź rozdzielnic o układzie TN-C, natomiast układ TN-C nie może występować w obwodzie chronionym wyłącznikiem. Tak należy rozumieć treść ostatniego zdania p. 6.4.1 projektu „Warunków technicznych...”. Połączenia powinny być wykonane jak na rys. 4.

Rys. 4. Obwód odbiorczy TN-S chroniony wyłącznikiem różnicowoprądowym, zasilany z obwodu TN-C



10. Dopuszczalne czasy wyłączenia zasilania w zależności od warunków środowiskowych i innych uwarunkowań

Pytanie:

Norma 05009 przewiduje najkrótszy czas wyłączenia 0,4 s, a projekt „Warunków technicznych...” czas 0,2 s. Skąd taka rozbieżność?

Odpowiedź:

Obie wartości nie powinny być bezpośrednio porównywane ze sobą, bo dotyczą innych warunków środowiskowych i wynikają z innych kryteriów. Ściśle biorąc norma PN/E-05009 przewiduje w układach TN oraz IT największy dopuszczalny czas wyłączenia zasilania w określonych obwodach w przedziale $0,1+0,8\div 5$ s, zależnie od napięcia znamionowego instalacji prądu przemiennego. Pytanie, jak można przypuszczać, dotyczy układu TN o napięciu $U_o = 230$ V. Dopiero przed dwoma laty CENELEC określił w dokumencie harmonizacyjnym HD 384.4.41 S2:1996 największy dopuszczalny czas wyłączenia zasilania w takim przypadku na poziomie 0,4 s; uprzednio w niektórych normach krajowych (np. w DIN VDE) był on ustalony na poziomie 0,2 s.

Przyjęta wartość 0,4 s wynika z następującego rozumowania. W układzie TN **z uziemieniem roboczym tylko w stacji zasilającej** napięcie dotykowe względem ziemi odniesienia przy zwarciu L-PE (PEN), przy jednakowym przekroju obu przewodów, wynosi połowę napięcia fazowego. W rzeczywistości jest nieco mniejsze, bo impedancja przewodu PE (PEN) jest mniejsza niż impedancja przewodu L, w którym są włączone różne aparaty. Przyjmuje się, że napięcie dotykowe U_T wynosi 40% napięcia fazowego U_o , czyli w układzie o napięciu fazowym 230 V:

$$U_T = 0,4 \cdot U_o = 0,4 \cdot 230 = 92 \text{ V.}$$

Przy takim napięciu dotykowym kwantyf 5% impedancji ciała człowieka wynosi $Z_{T5\%} = 1200 \Omega$, a impedancja obwodu rażeniowego **w warunkach środowiskowych 1**

$$Z_1 = 1000 + 0,5 \cdot Z_{T5\%} = 1000 + 0,5 \cdot 1200 = 1600 \Omega .$$

Spodziewany prąd rażeniowy wynosi zatem

$$I_T = \frac{U_T}{Z_1} = \frac{92}{1600} = 0,058 \text{ A} = 58 \text{ mA}$$

a dopuszczalny czas przepływu prądu o tej wartości - z krzywej L prądów niefibrylacyjnych - wynosi 0,40 s.

Projekt „Warunków technicznych...” podaje 0,2 s jako największy dopuszczalny czas wyłączenia zasilania, jeśli napięcie dotykowe przekracza największą wartość dopuszczalną długotrwałe przy stopniu zagrożenia porażeniowego 3 (25 V) i stopniu 4 (12 V). Nie są identyczne sytuacje, kiedy norma żąda 0,4 s, a projekt przepisów - 0,2 s. W projekcie przepisów chodziło o to, by w warunkach szczególnego i ekstremalnego zagrożenia (stopień 3 i 4) wymusić samoczynne wyłączenie zasilania - jeśli byłoby ono wykorzystywane dla celów ochrony dodatkowej - za pomocą wyłączników nadprądowych bądź różnicowoprądowych, a nie - bezpieczników. Jeśli natomiast największe dopuszczalne długotrwałe napięcie dotykowe wynosi 50 V (stopień zagrożenia 2), czas wyłączenia zasilania w układzie TN o napięciu $U_0 = 230$ V nie ma większego znaczenia, bo rzeczywiście występujące napięcie dotykowe w układzie o poprawnie rozmieszczonych uzemiennych roboczych i poprawnie wykonanych połączeniach wyrównawczych bardzo rzadko przekracza wartość 50÷60 V.