

WYBRANE PROBLEMY OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ PYTANIACH I ODPOWIEDZIACH

W

Kolejna seria pytań zgłoszonych przez Oddział Bydgoski Stowarzyszenia Elektryków Polskich oraz firmę Margot-Engineering w większości dotyczy problemów elementarnych, które powinny być powszechnie znane i jednakowo przez wszystkich interpretowane, a które mimo to nadal wywołują kontrowersje.

Pytanie 1

Na czym polega różnica między układem TN a dawnym zerowaniem?

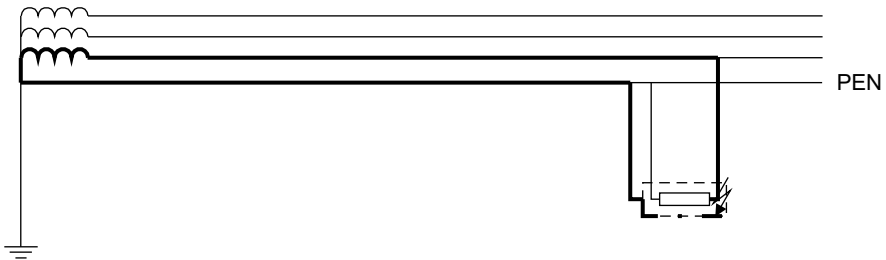
Odpowiedź

Z całą pewnością nie są to synonimy, co więcej - są to pojęcia, których zakresy znaczeniowe nie pokrywają się nawet częściowo.

- Układ TN jest to taki **układ sieci lub instalacji** elektrycznej, w którym punkt neutralny jest bezpośrednio uziemiony, a części przewodzące dostępne są z nim połączone przewodami ochronnymi PE i/lub przewodami ochronno-neutralnymi PEN. Albo inaczej - układ TN jest to taki układ, w którym pętla pierwszego zwarcia z częścią przewodzącą dostępną jest w całości metaliczna.
- Zerowanie jest jednym ze **środków ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej**, jaki można zastosować w układzie TN i tylko w układzie TN. Zerowanie w zasadzie polega na **samoczynnym wyłączeniu zasilania przez zabezpieczenie nadprądowe** w razie zwarcia z częścią przewodzącą dostępną. Jeśli zagwarantowanie samoczynnego wyłączenia zasilania nie jest możliwe, to - w drodze wyjątku - akceptuje się zapewnienie skuteczności ochrony w inny sposób - poprzez **ograniczenie napięcia dotykowego** do wartości dopuszczalnej, za pomocą odpowiednio rozmieszczonych i zwymiarowanych uziemień i/lub połączeń wyrównawczych.

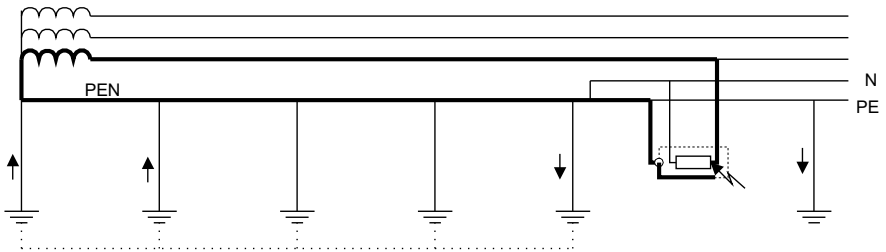
Termin *zerowanie* nie jest też równoznaczny z terminem *samoczynne wyłączenie zasilania w układzie TN*, który:

- jest niejasny, bo nie informuje, czy wyłączenia zasilania dokonuje zabezpieczenie nadprądowe czy zabezpieczenie różnicowoprądowe, czy też obydwaj rodzaje zabezpieczeń (zabezpieczenie nadprądowe stanowi wtedy rezerwę na wypadek uszkodzenia znacznie bardziej zawodnego zabezpieczenia różnicowoprądowego), a jest to różnica zasadnicza,
- sugeruje niesłusznie, że wystarczy zapewnić samoczynne wyłączenie zwarć L-PE (PEN), by ochrona była skuteczna, a to nieprawda,
- ukrywa, że akceptuje się (punkt 413.1.3.6 normy) takie rozwiązania ochrony - polegające na ograniczeniu wartości napięcia dotykowego - kiedy do samoczynnego wyłączenia zasilania nie dochodzi, tzn. że - wbrew logice i poprawności terminologicznej - mówi się o ochronie przez samoczynne wyłączenie zasilania również wtedy, kiedy samoczynnego wyłączenia zasilania zapewnić nie można.



Rys. 1. Pętla zwarcia z częścią przewodzącą dostępną w układzie TN bez dodatkowych uziemnień roboczych przewodu PEN (pętla w całości złożona z przewodów elektroenergetycznych)

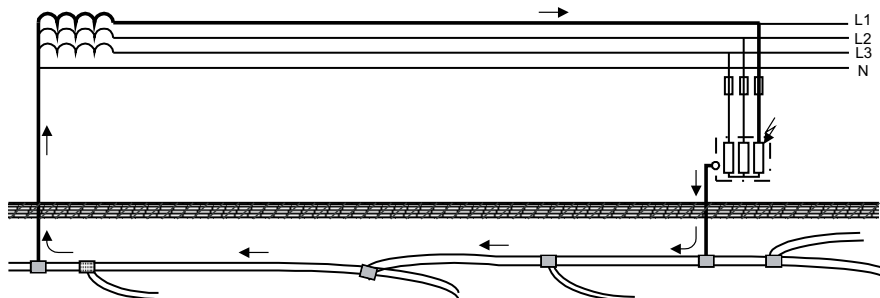
Najważniejszą właściwością układu TN, wyróżniającą go spośród innych układów, jest duży prąd już przy pierwszym zwarceniu z częścią przewodzącą dostępną, a to dzięki temu, że pętla zwarcia jest metaliczna. Torem powrotnym prądu zwarciego są albo właściwe przewody ochronne PE bądź PEN (gołe lub izolowane przewody elektroenergetyczne), albo zastępcze przewody ochronne spełniające określone wymagania przepisowe: obudowy i konstrukcje wsporcze tras przewodowych, rurociągi, uziomy poziome naturalne bądź sztuczne. Różne odmiany układu TN przedstawiają rysunki 1, 2 i 3.



Rys. 2. Pętla zwarcia z częścią przewodzącą dostępną w układzie TN z dodatkowymi uziemnieniami przewodów PE i PEN (pętla w całości złożona z przewodów elektroenergetycznych)

Rys. 1 i 2 przedstawiają układ TN w postaci wzorcowej - pętla zwarcia z częścią przewodzącą dostępną jest w całości złożona z przewodów elektroenergetycznych. Dodatkowe uziemnienia przewodów PEN i PE, przedstawione na rys. 2, mają nieznaczny wpływ na wartość prądu zwarciego, ale mają duży i korzystny wpływ na wartość napięcia dotykowego, jakie podczas zwarcia, do chwili jego wyłączenia, występuje w różnych miejscach sieci na przewodach ochronnych i tym samym - na częściach przewodzących dostępnych. Zważywszy ponadto korzystny wpływ chociażby tylko głównych połączeń wyrównawczych, wymaganych obecnie w każdej budowlu, w układzie TN o napięciu 230/400 V do rzadkich wyjątków należą sytuacje, kiedy napięcie dotykowe przekracza wartość dopuszczalną długotrwale w zwykłych warunkach środowiskowych (50 V). Stawianie w takich warunkach surowych wymagań (tablica 41A normy) co do największego dopuszczalnego czasu wyłączenia jest niepotrzebne. Wymagania te zostały przeniesione do normy IEC 364-4-41 z normy francuskiej NF C 15-100 z czerwca 1976 r. Tymczasem Francuzi nie mieli i nie mają doświadczeń ze stosowania zerowania, a układ TN wyobrażają sobie tak, jak to przedstawia rys. 1 i wszelkie rysunki

w normie IEC. Jest ponurym paradoksem, że przy formułowaniu zaleceń międzynarodowych nie zdecydowały kilkudziesięcioletnie doświadczenia *Nullungsländern* (krajów z zerowaniem), tzn. przede wszystkim krajów grupy D-A-CH (Niemcy, Austria, Szwajcaria).



Rys. 3. Pętla zwarcia z częścią przewodzącą dostępną w układzie TN z zastępczymi przewodami ochronnymi (rurociągi, taśma stalowa ułożona razem z kablem elektroenergetycznym)

Z kolei rys. 3 przedstawia układ TN, w którym tor powrotny prądu zwarcia z częścią przewodzącą dostępną składa się w całości lub w części z zastępczych przewodów ochronnych rurociągu, taśmy stalowej lub konstrukcji budowlanej. Układ taki nazywał się dawniej w Polsce *uziemieniem ochronnym typu II*, za granicą nazywa się *die verkappte Nullung* (ukryte zerowanie, zamaskowane zerowanie). Jeśli tym torem powrotnym jest osobny, jednożyłowy kabel, tym lepiej. Nowych sieci tak się już nie buduje ze względu na mniejszą gwarantowaną ciągłość toru powrotnego i na większą jego reaktancję. Natomiast tak wykonanych starszych sieci jest wiele i w Polsce i poza jej granicami, a do czasu ich przebudowy bądź modernizacji będą eksploatowane obok sieci lub fragmentów sieci zbudowanych według nowszych zasad. Wszelkie wykonania układu TN (rys. 1, 2 lub 3) mogą współistnieć w obrębie jednej galwanicznie połączonej sieci, co ma kapitalne znaczenie przy wieloetapowej rozbudowie lub modernizacji sieci.

Wspomniane na wstępie nieporozumienia terminologiczne mają poważne konsekwencje merytoryczne. Kto projektuje i wykonuje (zgodnie z PN/E-05009) instalacje budynków w układzie TN z samoczynnym wyłączaniem zasilania przez zabezpieczenia nadprądowe, tzn. z zerowaniem, nie interesując się przystosowaniem do zerowania poprzedzającej sieci rozdzielczej (bo nie ma na to w dzisiejszej Polsce żadnych przepisów), to postępuje jak budowniczy, który stawia wyższe kondygnacje budynku, nie wiedząc o fundamentach. Ciekawe, czy w razie katastrofy sąd go uniewinni, czy raczej rozstrzygnie, że po kilku latach studiów i po zdobyciu uprawnień zawodowych inżynier nie powinien beztrząsco polegać na ewidentnie kalekim stanie prawnym.

Czy zerowanie jest „dawne”, jak to sugeruje pytanie, to się jeszcze okaże. W austriackim monitorze z dn. 16 września 1998 r. ukazało się „*Nullungsverordnung*”, rozporządzenie ministra gospodarki w sprawie zerowania, które w ustalonych terminach nakazuje przystosowanie do zerowania wszelkich sieci rozdzielczych wspólnych. Rozporządzenie przywraca do łask sam termin *zerowanie*, który w nowomowie IEC albo PN/E-05009 nie ma żadnego odpowiednika i operuje uznanymi **technicznymi środkami przystosowania sieci do zerowania**. Rozporządzenie jest ciekawe z różnych powodów:

- zadaje kłám zapewnieniom niektórych urzędników, że kraj Unii Europejskiej nie może wprowadzać „warunków technicznych” odbiegających od norm międzynarodowych IEC i norm europejskich EN,
- zadaje kłám zapewnieniom niektórych urzędników, że w kraju Unii Europejskiej techniczne kwestie bezpieczeństwa wolno uregulować tylko normą, a nie – rozporządzeniem ministra,
- sprowadza na ziemię te zakłady energetyczne w Polsce, które uwierzyły prelegentom ogłaszającym koniec zerowania i zaczęły forsować układ TT albo przestały się interesować technicznymi środkami przystosowania stacji i sieci rozdzielczych do zerowania.

Kiedy podobne uregulowania prawne nastąpią w pozostałych krajach grupy D-A-CH, nic nie powstrzyma gruntownej rewizji nieprzemyślanych uregulowań normy IEC 364-4-41 i jej upośledzonego potomka - normy PN/E-05009 (PN IEC 60364-4-41).

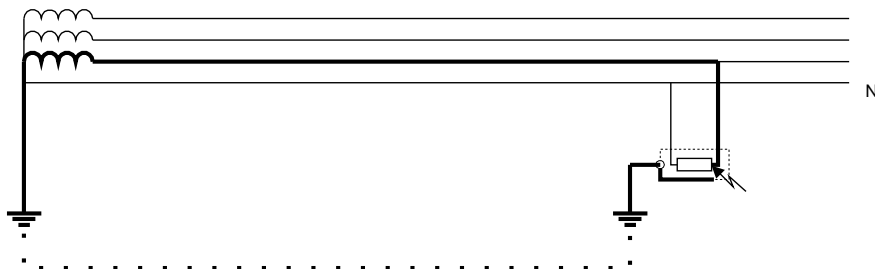
Pytanie 2

Na czym polega różnica pomiędzy systemem TT a uziemieniem ochronnym?

Odpowiedź

Problem jest podobny do postawionego w pytaniu 1. Nie są to synonimy i są to pojęcia, których zakresy znaczeniowe nie pokrywają się nawet częściowo. Są to terminy z różnych kategorii pojęciowych.

- Układ TT jest to taki **układ sieci lub instalacji** elektrycznej, w którym punkt neutralny jest bezpośrednio uziemiony czyli ma uziemienie robocze, a części przewodzące dostępne są połączone z oddzielnymi uziemieniami, tzn. z uziemieniami nie połączonymi z uziemieniem roboczym układu.



Rys. 4. Pętla zwarcia z częścią przewodzącą dostępną w układzie TT (pętla zamyka się poprzez ziemię)

- Uziemienie ochronne jest jednym ze **środków ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej**, jaki można zastosować w układzie TT. Uziemienie ochronne w zasadzie polega na **samoczynnym wyłączeniu zasilania przez zabezpieczenie nadprądowe** w razie zwarcia z częścią przewodzącą dostępną. Jeśli zagwarantowanie samoczynnego wyłączenia zasilania nie jest możliwe, to - w drodze wyjątku - akceptuje się zapewnienie skuteczności ochrony w inny sposób - poprzez **ograniczenie napięcia dotykowego** do wartości dopuszczalnej, za pomocą odpowiednio rozmieszczonych i zwymiarowanych uziemień wyrównawczych i/lub połączeń wyrównawczych.

W układzie TT pętla pierwszego zwarcia z częścią przewodzącą dostępną zamyka się poprzez ziemię (rys. 4), poprzez dwie rezystancje uziemienia dwóch uziomów, wobec czego prąd przy takim zwarciu jest mały i tylko w wyjątkowych sytuacjach może być w wymaganym

czasie wyłączany przez zabezpieczenia nadprądowe (przez zabezpieczenia o bardzo małym prądzie znamionowym). Z tych powodów dawniejsze przepisy przewidywały pewne odstępstwa od uznanych zasad ochrony. Z tych powodów obecnie zakres stosowności uziemienia ochronnego w układzie TT jest niewielki, jest ono wypierane przez systemy ochrony z detekcją prądu zwarcia doziemnego za pomocą zabezpieczeń różnicowoprądowych.

Układ TT, zwłaszcza w obrębie sieci rozdzielczej wspólnej, ma poważne wady w porównaniu z układem TN:

- do wykrywania i wyłączania zwarć z częściami przewodzącymi dostępnymi trzeba stosować kosztowne i zawodne zabezpieczenia różnicowoprądowe, a nie są one - jak w układzie TN - rezerwowane przez zabezpieczenia nadprądowe,
- przewodu neutralnego N nie można uziemiać poza stacją zasilającą, a zatem trzeba akceptować znaczną asymetrię napięć fazowych w razie jego przerwania,
- do chwili wyłączenia zwarcia z częścią przewodzącą dostępną napięcie dotykowe jest prawie równe napięciu fazowemu układu U_o , podczas gdy w układzie TN nie przekracza ono wartości $0,25 \div 0,5 \cdot U_o$,
- układ jest bardziej wrażliwy na zakłócenia pochodzące z zewnątrz, takie jak przepięcia atmosferyczne i zwarcia w zasilającej sieci wysokiego napięcia, bo nie ma złożonego układu uziomowego (*global earthing system*) właściwego dla układu TN.

Pytanie 3

Dlaczego nie można stosować w tej samej sieci niskiego napięcia uziemienia ochronnego i zerowania?

Odpowiedź

Istotą zarówno uziemienia ochronnego, jak i zerowania jest wyłączenie zwarcia z częścią przewodzącą dostępną (zwarcia L-PE) przez zabezpieczenie nadprądowe, a ściślej - zabezpieczenie zwarciowe (bezpiecznik lub wyłącznik pobudzony wyzwalaczem zwarciowym). Różnica między obydwoma systemami ochrony polega na tym, że:

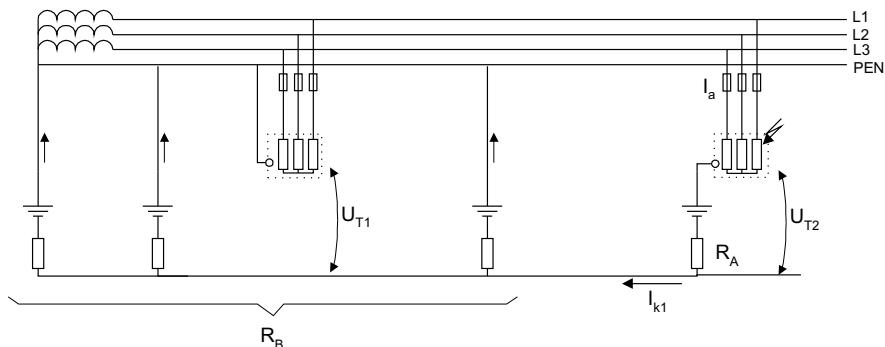
- w przypadku uziemienia ochronnego pętla zwarcia L-PE zamyka się poprzez ziemię, a więc jej impedancja jest stosunkowo duża, wynosi co najmniej kilka omów,
- w przypadku zerowania pętla zwarcia L-PE jest w całości złożona z przewodów, a więc jej impedancja jest mała, na ogół mniejsza niż 1 om.

Zakaz stosowania w jednej galwanicznie połączonej sieci uziemień ochronnych i zerowania wynika z obawy przed sytuacją przedstawioną na rys. 1.

W razie uszkodzenia izolacji podstawowej w urządzeniu z uziemieniem ochronnym płynie prąd zwarcia doziemnego I_{k1} o wartości

$$I_{k1} = \frac{U_o}{R_A + R_B}$$

zależnej od napięcia fazowego sieci U_o , rezystancji uziemienia ochronnego R_A oraz wypadkowej rezystancji R_B wszystkich równolegle połączonych uziemień roboczych układu TN.



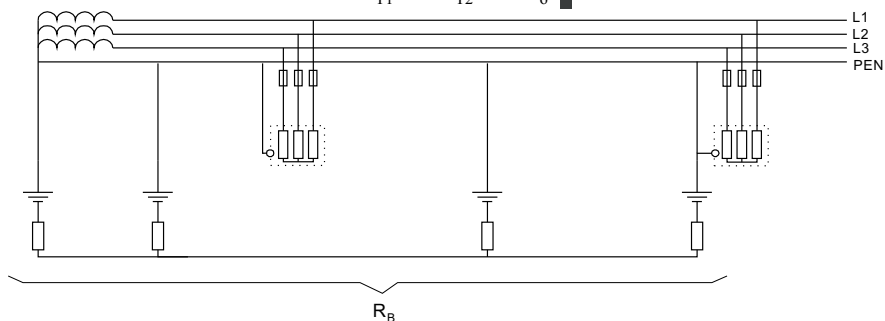
Rys. 5. Skutki zwarcia doziemnego w urządzeniu z uziemieniem ochronnym, zasilanym z sieci z zerowaniem

Ze względu na dużą wartość sumy rezystancji uziemień ($R_A + R_B$) prąd ten na ogół jest za mały, by wywołać zadziałanie zabezpieczenia zwarciovego (o prądzie wyłączającym I_a), płynie zatem długotrwanie. Długotrwanie występują też napięcia dotykowe względem ziemi odniesienia na częściach przewodzących dostępnych zerowanych (U_{T1}) oraz na częściach uziemionych (U_{T2}):

$$U_{T1} = U_o \frac{R_B}{R_A + R_B} \quad \blacksquare \quad U_{T2} = U_o \frac{R_A}{R_A + R_B} \quad \blacksquare$$

Ponieważ te napięcia dotykowe występują długotrwanie, każde z nich powinno być mniejsze od U_L , największej wartości napięcia dotykowego dopuszczalnej długotrwanie, np. 50 V. Nie jest to możliwe, bo suma ich jest w przybliżeniu równa napięciu fazowemu sieci:

$$U_{T1} + U_{T2} \approx U_o \quad \blacksquare$$



Rys. 6. Najprostszy sposób likwidacji zagrożenia przedstawionego na rys. 5 - objęcie ochroną przez zerowanie urządzenia, które miało uziemienie ochronne

Albo nie jest skuteczna ochrona dodatkowa przez uziemienie ochronne ($U_{T2} > 50$ V), albo nie jest skuteczna ochrona przez zerowanie ($U_{T1} > 50$ V), albo - co najbardziej prawdopodobne - jest źle w obydwu grupach urządzeń, obydwa napięcia dotykowe przekraczają dopuszczalną wartość.

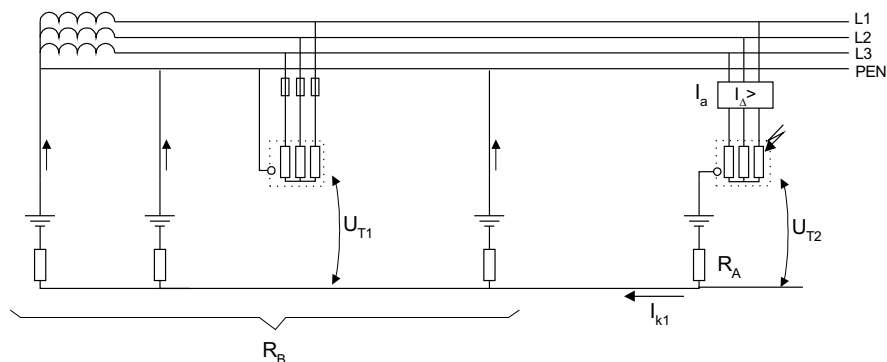
Jak wynika z rys. 5, uziemienie ochronne szkodzi zerowaniu, wprowadza zagrożenie w części sieci, gdzie stosuje się zerowanie, a nie odwrotnie - zwarcie L-PEN (L-PE) w urządzeniu zerowanym nie wywołuje napięcia dotykowego U_{T2} w urządzeniu z uziemieniem ochronnym. Zagrożenie znika, jeśli części przewodzące dostępne urządzenia z uziemieniem ochronnym połączy się z przewodem PEN, czyli obejmie się je ochroną przez zerowanie (rys. 6), oczywiście po sprawdzeniu, że zwarcie L-PEN w tym obwodzie będzie dostatecznie szybko wyłączone. Równocześnie uziom o rezystancji uziemienia R_A , który pełnił rolę uziemienia ochronnego zostaje włączony do systemu uziemień roboczych systemu zerowania R_B .

A jak powyższa sprawa przedstawia się w świetle postanowień PN/E-05009? Sytuacja z rys. 5 również nie jest dopuszczalna, a to dlatego, że w jednej galwanicznie połączonej sieci w zasadzie nie dopuszcza się współistnienia układu TN i układu TT. Po wprowadzeniu zmiany, jak na rys. 6, występuje już tylko układ TN, a ściślej podukład TN-C.

Od tej zasady jest wszakże dopuszczalne odstępstwo, jasno sformułowane w pktcie 6.4.10 projektu nowelizacji PBUE, a błędnie przetłumaczone w pktcie 413.1.3.9 normy PN-92/E-05009/41 oraz w pktcie 532.2.3 normy PN-93/E-05009/53. Dopuszczalny jest układ TT w wydzielonej instalacji zasilanej z sieci TN (wyspa TT w układzie TN) pod warunkiem, że:

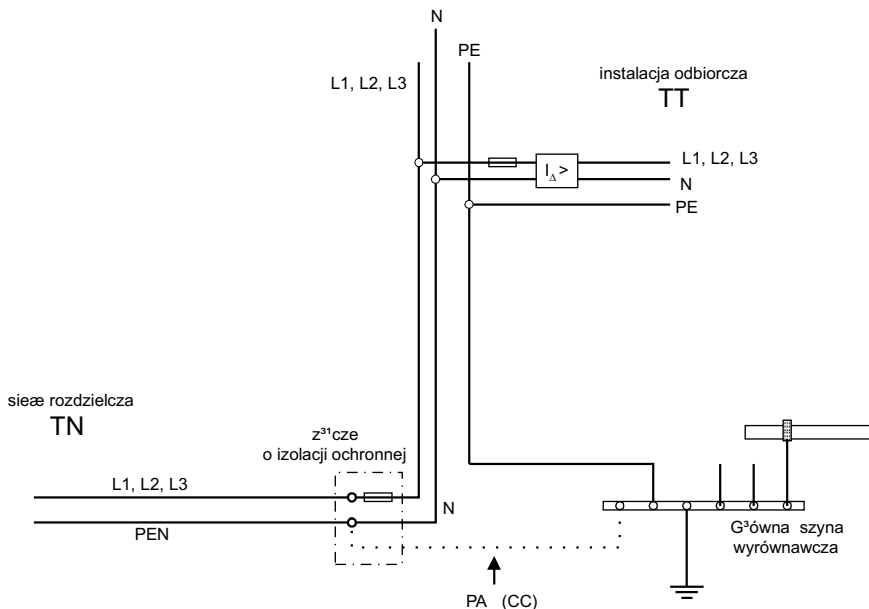
- w jej obrębie do samoczynnego wyłączenia zasilania dla celów ochrony przeciwporażeniowej stosuje się tylko wyłączniki różnicowoprądowe; wolno ponadto stosować wszelkie środki ochrony dodatkowej nie wymagające samoczynnego wyłączenia zasilania (izolację ochronną, separację ochronną, ochronne obniżenie napięcia, izolowanie stanowiska),
- ma ona własny przewód ochronny PE, nie połączony z przewodem PE (PEN) poprzedzającej sieci (instalacji) o układzie TN, i własne uziemienie tego przewodu; zakłócenia i uszkodzenia wywołujące zagrożenie porażeniowe w jej obrębie mogą przenosić się z jednego obwodu TT na inny, ale nie przenoszą się na poprzedzającą sieć (instalację) o układzie TN.

Rozwiązanie takie, przedstawione na rys. 3, nie wprowadza zagrożenia objaśnionego na rys. 5, bo - dzięki wyłącznikowi różnicowoprądowemu - zwarcie doziemne w urządzeniu „uziemiałym” nie może utrzymywać się długotrwale. Przy tych samych parametrach układu (U_o , R_A , R_B) wystąpią podobne wartości napięć dotykowych U_{T1} oraz U_{T2} , ale napięcia te zostaną wyłączone w ciągu drobnego ułamka sekundy.



Rys. 7. Przykład wyspy TT w układzie TN

Celem tworzenia „wyspy TT” jest likwidacja zagrożenia polegającego na tym, że przewód PEN (PE) układu TN przeniesie niebezpieczny potencjał w wyniku zakłóceń w sieci zewnętrznej, poza budynkiem. Jest to szczególnie ważne w obiektach, w których dopuszczalne długotrwałe napięcie dotykowe U_L jest mniejsze niż 50 V. „Wyspa TT” nie może obejmować jednego mieszkania, piętra lub innej części budynku, powinna obejmować cały budynek, poczynając od złącza. Obiekt z „wyspą TT” (budynek, gospodarstwo rolne, plac budowy) wolno przyłączać do sieci TN o dowolnym podukładzie: TN-C, TN-C-S lub TN-S, ale w złączu przewód ochronny układu TN traci swoją rolę ochronną: przewód PEN staje się przewodem N, przewód PE staje się zbędny; żadnego z tych przewodów nie należy przyłączać do jakiegokolwiek szyny wyrównawczej obiektu (rys. 8).



Rys. 8. Połączenia w instalacji budynku stanowiącej wyspę TT w układzie TN (w razie wykonania połączenia wyrównawczego wskazanego strzałką układ instalacji zmienia się na TN)

W szczególnych przypadkach „wyspa TT” może dotyczyć pojedynczego obwodu poza strefą oddziaływania głównych połączeń wyrównawczych, np. obwodu poza budynkiem zasilanego z instalacji o układzie TN w budynku.

A czy dawniej było dopuszczalne rozwiązanie podobne do „wyspy TT w układzie TN”? Ależ tak, w sieci z zerowaniem wolno było stosować wyłączniki różnicowoprądowe nie łącząc - jeśli spełnione były określone warunki - uziemienia przewodu ochronnego obwodu chronionego wyłącznikiem z przewodem PEN sieci z zerowaniem.

Pytanie 4

Czy w sieci z uziemieniem ochronnym (TT) przy remoncie kapitalnym sieci niskiego napięcia bez jakichkolwiek prac instalacyjnych w zasilanych budynkach dla uzyskania właściwych parametrów uziemienia ochronnego można wykonać w ziemi połączenie uziomu ochronnego bednarką i kablem z uziemieniem roboczym. Ochroną przeciwporażeniową objęte będą metalowe skrzynki złączowe. Użykuje się w ten sposób układ podobny do zerowania.

Odpowiedź

Pytanie dotyczy postępowania przy przebudowie i modernizacji fragmentów miejskich sieci rozdzielczych niskiego napięcia w sytuacjach, kiedy te prace obejmują urządzenia zbudowane w różnych latach, w oparciu o różne przepisy. Rozważając taki problem, trzeba mieć na uwadze, co następuje:

- Nie ma aktualnie w Polsce obowiązujących przepisów o ochronie przeciwporażeniowej w stacjach i sieciach rozdzielczych. Jest w tym zakresie projekt przepisów, którego najnowsza wersja została opublikowana w Biuletynie SEP Inpe nr 24 z marca 1999 r. z zaleceniem, że „może być wykorzystywany w eksploatacji i remontach instalacji elektrycznych wykonanych przed 25 lipca 1994 r., a także w zakresie nie objętym przepisami Polskiej Normy PN/E-05009”.
- Przebudowa bądź modernizacja może ograniczać się do sieci rozdzielczej, bez ingerencji w instalacje odbiorcze, jeśli nie powoduje ona pogorszenia stanu bezpieczeństwa w tych instalacjach. Przeciwnie przebudowa bądź modernizacja elektrowni nie pociąga za sobą konieczności podobnych prac we wszystkich sieciach i u wszystkich odbiorców zasilanych z tej elektrowni.
- Urządzenia nie podlegające przebudowie bądź modernizacji mogą nadal by eksploatowane według zasad bezpieczeństwa obowiązujących podczas ich budowy bądź ostatniej przebudowy (zasada *Bestandschutz*).
- Wszelkie zmiany w istniejących sieciach rozdzielczych wspólnych powinny zmierzać w kierunku przystosowania ich do zerowania (por. odpowiedź na pytanie 1). W istniejących sieciach TN mogą być potrzebne korekty, istniejące sieci TT należy przerabiać na układ TN. Zmiana w odwrotnym kierunku, tzn. zmiana układu TN sieci rozdzielczej wspólnej na układ TT jest dowodem szkodliwego nieuctwa (por. odpowiedzi na pytania 1 i 2).
- „Połączenie uziomu ochronnego bednarką i kablem z uziemieniem roboczym” stanowi przejście na układ TN. Wspomniane uziemienie ochronne i taśma uziemiająca wchodzi do uziemienia roboczego R_b układu TN. Jeżeli odbiorcy mają jakiekolwiek uziemienia ochronne, powinny one też być włączone w ten układ uziomowy. Wskutek takich połączeń ich urządzenia nie będą już miały uziemienia ochronnego, lecz będą zerowane (rys. 6), bo pętla zwarcia L-PE stała się metaliczna. Są dwa zastrzeżenia. Po pierwsze, takie połączenia powinny być wykonane przy wszystkich złączach, by nie pozostawiać uziemień ochronnych w nowo tworzonemu układzie TN. Po drugie, goła taśma stalowa w ziemi jest zastępczym przewodem ochronnym PE, ale nie wolno jej traktować jako zastępczego przewodu ochronno-neutralnego PEN; nie powinna ona zastępować przewodu N.
- Tak wykonany układ TN z zastępczymi przewodami ochronnymi może współistnieć w jednej galwanicznie połączonej sieci z układem TN wykonanym ściśle według aktualnych zasad. W obydwu fragmentach wspólnej sieci stosowanym środkiem ochrony jest zerowanie.

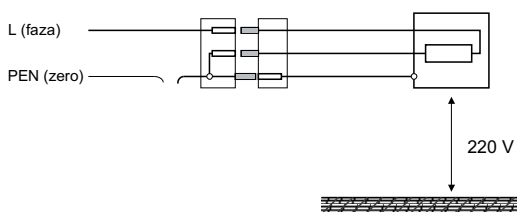
Pytanie 5

Dlaczego w instalacji TN można stosować przekrój przewodu PEN dopiero od przekroju $s = 10 \text{ mm}^2$?

Odpowiedź

Kazano nam odmieniać przez wszystkie przypadki *samoczynne wyłączenie zasilania*, mogliśmy więc zapomnieć, że w układzie TN-C najbardziej groźnym uszkodzeniem nie jest zwarcie L-PE, po którym ma nastąpić samoczynne wyłączenie zasilania, lecz przerwanie przewodu PEN, po którym nie zadziała żadne zabezpieczenie. Jeśli w obwodzie 1-fazowym za miejscem takiego uszkodzenia przewód PEN nie jest uziemiony, na częściach przewodzących dostępnych pojawia się pełne napięcie fazowe i stan taki może się utrzymywać długotrwale (rys. 9). Wystarczy obluźnienie zacisku w instalacji poprzedzającej, by ulec ciężkiemu porażeniu po włączeniu urządzenia będącego w nienagannym stanie.

Jeśli za miejscem przerwania przewód PEN jest uziemiony, występujące napięcie będzie mniejsze. Podobnie, może ono być mniejsze, jeśli takie przerwanie przewodu PEN następuje w obwodzie 3-fazowym.



Rys. 9. Zagrożenie porażeniem w razie przerwania ciągłości przewodu PEN

Podobne zdarzenia są znacznie mniej prawdopodobne, jeśli przekrój przewodu PEN jest dostatecznie duży, jeśli sam przewód jest bardziej odporny na zerwanie, a jego połączenia na pogorszenie bądź utratę styczności. Poglądy na temat najmniejszego wymaganego przekroju zmieniły się z biegiem lat, a ostatecznie powrócono do punktu wyjścia, tzn. do ustaleń normy francuskiej NF C 15-100 z czerwca 1976 r. i ustalono, że w obwodach układanych na stałe jest to przekrój 10 mm^2 w przypadku przewodów miedzianych i 16 mm^2 w przypadku przewodów aluminiowych. Jest dopuszczone odstępstwo (4 mm^2) dla elektroenergetycznych przewodów współosiowych, w Polsce raczej nie stosowanych. Natomiast przewód (żyła) PEN niezależnie od przekroju - jest zabroniona w przewodach ruchomych, bardziej narażonych na przerwanie niż przewody układane na stałe.

W przypadku wielożyłowych przewodów instalacyjnych, izolowanych przewodów linii napowietrznych i kabli przerwanie ciągłości żyły PEN, bez przerwania ciągłości innych żył, jest znacznie mniej prawdopodobne niż w przypadku przewodów jednożyłowych. Nie daje to jednak podstawy do jakiegokolwiek odstępstwa ani złagodzenia wymagań.

Pytanie 6

Instrukcje obsługi wszystkich mierników impedancji pętli zwarciowej rozszerzają zakres ich stosowania na pomiar rezystancji uziemienia uziemień ochronnych. Większość przyrządów elektronicznych operuje prądem pomiarowym rzędu od kilkudziesięciu miliamperów do 1 A. Rzeczywiste prądy zwarciove osiągają wartości $100\div 700 \text{ A}$. Tak duże natężenie prądu zmienia wartość impedancji stalowych przewodów uziemiających wskutek nagrzewania i zjawiska naskórkowości. Czy pomiar rezystancji tą metodą jest miarodajny dla ustalenia rezystancji uziemienia uziomów przy ich sprawdzaniu?

Odповідź

Wyniki większości tzw. pomiarów ochronnych są obarczone błędem osiagającym 30% i więcej. Podobnie jest i w tym przypadku. Mały prąd pomiarowy jest związany z małym napięciem źródła tego prądu, co dodatkowo sytuację pogarsza. Efekt, o którym mowa w pytaniu, jest nawet ważniejszy przy pomiarze impedancji pętli niż przy pomiarze rezystancji uziemienia. Z kolei mierząc rezystancję uziemienia, niektóre mierniki mierzą sumę rezystancji uziemienia przewodu ochronnego R_A oraz rezystancji uziemienia roboczego sieci R_B przy milczącym założeniu, że ta druga jest zwykle pomijalnie mała ($R_B \ll R_A$).

Postępowanie, które można zalecić polega na tym, że jeden raz dokonuje się pomiaru (rezystancji uziemienia, impedancji pętli) w sposób i przy użyciu miernika, które nie budzą wątpliwości, po czym wygodnym, małym miernikiem przy innych urządzeniach podlegających sprawdzeniu wykonuje się pomiary (rezystancji uziemienia, impedancji pętli) traktowane tylko jako badanie ciągłości połączeń ochronnych.

Pytanie 7

Zarówno norma PN/E-05009, jak i „warunki techniczne jakim powinny odpowiadać urządzenia elektroenergetyczne niskiego napięcia w zakresie ochrony przeciwporażeniowej” dla obwodów SELV nie ograniczają liczby odbiorników przyłączonych do jednego źródła zasilania. Czy nie wymaga to interpretacji?

Odповідź

Z punktu widzenia skuteczności ochrony dodatkowej przepisy nie stawiały i nie stawiają ograniczeń. W przypadku obwodów bardzo niskiego napięcia pochodzącego ze źródła bezpiecznego nie ma obaw, jakie występują na przykład przy separacji, w przypadku pierwszego zwarcia doziemnego. Pewne ograniczenia techniczne mogą jednak występować i projektant instalacji powinien się z nimi liczyć. Dotyczą one nie bezpośrednio liczby zasilanych urządzeń, lecz rozległości obwodu SELV.

Pierwsze ograniczenie to największy dopuszczalny spadek napięcia w obwodzie. Im niższe napięcie, tym łatwiej przekroczyć założony względny spadek napięcia. Kto nigdy tego nie obliczał w obwodzie 12 V, zdziwi się wynikami. W przypadku obwodów SELV podwyższonej częstotliwości dopuszczalna długość gałęzi obwodu jest ponadto związana z efektem antenowym.

Kiedy w okresie rozkwitu przemysłu stoczniewego stosowano na statkach w budowie ochronnie obniżone napięcie (SELV) w rozległych 3-fazowych instalacjach 24/42 V o łącznej długości przewodów odchodzących z jednego transformatora 350÷500 m, okazało się, że przy „dotyku bezpośrednim” prąd rażeniowy osiąga 1,5÷4,5 mA. Daleko do przekroczenia granicy samouwolnienia, ale wystarczy by wskutek doznanego niegroźnego wstrząsu spaść z drabiny. Tak narodził się w połowie lat 60. pomysł, by uziemić (do kadłuba statku) punkt neutralny uzwojenia wtórnego transformatora, co odpowiada dzisiejszemu systemowi PELV. To kolejny przykład, jakie wady ma zbyt rozległy obwód SELV.