

# OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA W URZĄDZENIACH NISKIEGO NAPIĘCIA. NAJCZĘSTSZE NIEPOROZUMIENIA I BŁĘDY INTERPRETACYJNE<sup>1</sup>

## Abstrakt

*Instalacje i urządzenia elektryczne to dziedzina praktycznej działalności szczególnie licznej rzeszy elektryków praktyków, a nieustannie zmieniające się normy i przepisy bezpieczeństwa są ich codziennym utrapieniem. W Polsce nie ma, jak w Niemczech, kilkudziesięciu książkowych wartościowych i stale uaktualnianych komentarzy. Nie ma zrozumienia ani pomocy merytorycznej i finansowej dla czasopism fachowych wspierających pół miliona praktyków, bo ważniejsze są aspiracje filadelfijskie pół tysiąca autorów piszących dla siebie. Po upadku dużych biur projektowych o aplikację projektancką na należyłym poziomie trudniej niż o aplikację adwokacką. Zagubionym doradztwo oferują liczne fora internetowe, na których większością głosów obala się podstawowe prawa elektrotechniki i tworzy wyuzdane reguły techniczne w miejsce uznanych reguł technicznych formułowanych i respektowanych w krajach o przodującej technice. Etos pracy opuścili wiele osób utytułowanych, firmujących zenujące teksty własne i grzecznościowe recenzje. Polskie tłumaczenia wielu Norm Europejskich, sankcjonowane przez takie grona, mają spore fragmenty, które można by zakwalifikować do działu „humor z zeszytów szkolnych”, gdyby nie straszliwe skutki praktyczne takiego partactwa, a może raczej sabotażu. Najnowszym i jaskrawym przykładem może być norma PN-HD 60364-6 z grudnia 2008 r., kolejny haniebny wyczyn komitetu technicznego kierowanego przez prof. Z. Flisowskiego. Był możliwy, bo poprzednie uchodziły bezkarnie. Artykuł wyjaśnia, na czym polega błędna interpretacja wielu podstawowych zasad ochrony przeciwporażeniowej, natrętnie rozpowszechniana, bo – podobnie jak w polityce – szarlatanów serwujących proste recepty słucha się chętniej niż ekspertów mających wątpliwości.*

## 1. Przepisy czy zasady wiedzy technicznej i jakie?

Ustawa *Prawo budowlane* siedmiokrotnie (w artykułach 5.1, 12.3, 12.6, 20.1, 20.4, 25, 81.1) wymienia przestrzeganie przepisów i zasad wiedzy technicznej jako główną wytyczną postępowania osób wykonujących samodzielne funkcje techniczne w budownictwie i jako główne kryterium oceny poprawności projektu budowlanego, toku robót budowlanych oraz procedury odbiorów częściowych i końcowych, a także okresowej kontroli stanu technicznego obiektu budowlanego. Równoważne zapisy, dotyczące innych dziedzin i zawodów, spotyka się w wielu aktach prawnych jako: uznane zasady prawa, uznane zasady wiedzy medycznej, dobra praktyka medyczna, dobra praktyka lekarska, dobra praktyka kliniczna, dobra praktyka laboratoryjna, dobra praktyka wytwarzania (leków), dobra praktyka higieniczna, dobra praktyka rolnicza, dobra praktyka weterynaryjna itp.

**Zasady wiedzy technicznej** oznaczają to samo, co **powszechnie uznane reguły techniczne** [1, 12]. Są to postanowienia techniczne, rozwiązania konstrukcyjne, projektowe i procedury eksploatacyjne, uznawane przez reprezentatywną większość ekspertów za odpowiadające aktualnemu poziomowi techniki [2, 12]. W globalnym świecie chodzi nie o większość w jakimś warszawskim centralnym kolegium czy komitecie ani nawet o większość w skali Polski, lecz o **większość w skali Unii Europejskiej** – krajów członkowskich Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego CEN i Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego Elektrotechniki (CENELEC). Aby te zasady znać i bieżąco śledzić, trzeba stale czytać rozliczne opracowania, dyskusje i komentarze europejskich ekspertów, a nie wypociny rodzimych znachorów od elektryki.

---

<sup>1</sup> Referat dra inż. Edwarda Musiała w zbliżonej wersji znalazł się w programie konferencji „AUTOMATYKA, ELEKTRYKA, ZAKŁÓCENIA”, która odbyła się w dniach 3-6 czerwca 2009 r. w Juracie. Niniejszy tekst publikujemy w porozumieniu z firmą INFOTECH z Gdańska, organizatorem konferencji.

Głównym zbiorem uznanych reguł technicznych są **normy techniczne**, a w obecnej sytuacji – Normy Europejskie. Jeśli określony zakres wiedzy technicznej nie jest objęty właściwością Norm Europejskich ani norm krajowych danego kraju, to za podstawę należy przyjąć normę międzynarodową IEC albo właściwą normę krajową innego kraju. Takie zalecenie można znaleźć chociażby w punkcie 511.1 normy PN-HD 60364-5-51:2006 (U) [4]. Jako *inny kraj* należy w Polsce rozumieć kraj europejski przodujący w dziedzinie techniki i mający wspólną bądź podobną tradycję techniczną, przede wszystkim Niemcy. Zatem powołanie w polskiej praktyce we wspomnianej wyżej sytuacji norm niemieckich DIN bądź DIN VDE nie powinno być traktowane jako ewenement ani dziwactwo, lecz jako zwykłe postępowanie inżynierskie.

Uznane reguły techniczne reprezentują też na Zachodzie **komentarze** do norm i przepisów, a także **poradniki i podręczniki** techniczne będące zbiorowymi opracowaniami uznanych specjalistów, występujących w charakterze współautorów i/lub rzetelnych opiniodawców bądź doradców, bądź wreszcie – redaktorów. Pożądana jest też aprobatą uznanej instytucji naukowej, badawczej, kontrolnej lub doradczej albo stowarzyszenia naukowo-technicznego. Z tym jest w Polsce jak najgorzej. Uzyskanie dowolnej opinii dowolnie utytułowanej osoby jest kwestią wysokości honorarium bądź stopnia koligacji czy choćby zażyłości. Miarą wiarygodności stwierdzeń i opinii nie jest stopień ani tytuł naukowy czy zawodowy. Bywa nią nazwisko.

Z założenia powszechnie uznane reguły techniczne formułują autentyczni eksperci, osoby kompetentne i uczciwe. W Polsce tego przykazania się nie przestrzega, o czym dobitnie świadczą losy i finalna zawartość wielu norm oraz aktów prawnych z zakresu elektryki. To dodatkowy powód, by odwoływać się do uznanych reguł technicznych, poprawnie i bardziej uczciwie formułowanych w Niemczech.

Przykładem pokrętnego komentowania norm jest artykuł „Zmiany stref zwiększonego zagrożenia w łazienkach” w zeszycie 3/2008 Elektroinstalatora, omawiający nową edycję normy PN-HD 60364-7-701:2007, dostępną tylko w oryginalnej wersji językowej. Autor zapewnia czytelników, że należy obejmować połączeniami wyrównawczymi metalowe krany i baterie instalacji wodociągowej wykonanej z rur izolacyjnych. Nic takiego w arkuszu 701 normy nie ma i nigdy nie było. Autor interpelowany w tej sprawie wyjaśnił, że w normie wprawdzie nie ma, ale jest w rozporządzeniu, wobec czego takie połączenia i tak obowiązują. W artykule tego nie zaznaczył, uciekł się do oszustwa, przypisał normie obcą jej zawartość. Od 12 marca 2009 roku bzdurnego wymagania nie ma już w rozporządzeniu, ale pozostał wstyd i brak zaufania do kolejnych komentarzy autora i miesięcznika.

**Przepis** jest dokumentem ustalającym obowiązujące reguły prawne, przyjętym przez organ władzy, czyli jednostkę organizacyjną prowadzącą działalność z mocy prawa. Przepisy mają rygor obligatoryjności w odróżnieniu od norm, których stosowanie jest dobrowolne. Złożone wzajemne relacje między przepisami i normami są przedmiotem specjalnego dokumentu normalizacyjnego [1], ale w Polsce – mimo wieloletniego wyjaśniania tych zasad [12, 13] – są one obce twórcom przepisów niezdolnym pojąć elementy tej wiedzy. Tylko **powołanie obowiązujące** normy w przepisie, tzn. stwierdzające, że aby zrealizować cel przepisu, należy zastosować określoną normę, wprowadza obowiązek stosowania jej w całości lub we wskazanej części. Powołanie takie powinno być **niedatowane**, czyli podawać tylko numer normy bez roku jej ustanowienia [8], bo wtedy przepis z mocy prawa odwołuje się do najnowszego wydania normy.

Ustawa Prawo budowlane wielokrotnie podkreśla znaczenie „przepisów i zasad wiedzy technicznej”. Spójnik łączny „i”, być może bezwiednie, sugeruje autonomię, niezależność obu członów. Sugeruje, że przepisy i zasady wiedzy technicznej to pojęcia nie mające wspólnego zakresu znaczeniowego, pojęcia wykluczające się. Niestety, treść wielu polskich przepisów technicznych potwierdza takie rozumienie rzeczy. Byłoby jednak lepiej, gdyby przepisy techniczne były obligatoryjnymi zasadami wiedzy technicznej i by kolejne nowelizacje oznaczały doskonalenie aktu prawnego, a nie wzbudzały odczuć ambiwalentnych jak kolejne nowelizacje rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

## 2. Po co rygory terminologiczne?

Prawie pół wieku temu prof. M. Mazur pisał na początku książki poświęconej terminologii technicznej [10]: *Słownictwo techniczne od dawna już przestało być wyłącznie sprawą kultury językowej. Obecnie jest ono przede wszystkim narzędziem pracy, od którego wymaga się nie mniejszej dokładności niż od narzędzi materialnych.* Ze względu na umiędzynarodowienie normalizacji i wymiany wszelkich informacji to stwierdzenie ma obecnie jeszcze większą doniosłość. Przestrzeganie porządku terminologicznego jest nieodzownym warunkiem poprawnego rozumienia literatury technicznej, norm i przepisów. Urządzenia, maszyny, aparaty i ich części, a także czynności i procedury postępowania muszą być nazywane precyzyjnie, w sposób nie dopuszczający wątpliwości i pomyłek.

Niepodległość po okresie zaborów wybitni elektrycy przygotowywali również w ten sposób, że w roku 1917 przy Kole Elektrotechników w Warszawie utworzyli Centralną Komisję Słownictwa Elektrotechnicznego (Zygmunt Berson, Kazimierz Drewnowski – przewodniczący, Aleksander Olendzki, Mieczysław Pożaryski, Jan Rzewnicki, Stanisław Odrowąż-Wysocki). W tymże roku 1917 wydali *Opisowy słowniczek elektrotechniczny* terminów, które miały obowiązywać w całym kraju scalanym z trzech zaborów.

Zjazd założycielski Stowarzyszenia Elektrotechników Polskich w roku 1919 w punkcie 4 programu obrad zajął się *ujednostajnieniem słownictwa*. Zjazd wybrał 17-osobową Centralną Komisję Słownictwa Elektrotechnicznego i przyjął jako obowiązujące 32 nowe terminy, wcześniej dyskutowane publicznie w prasie technicznej. Przyjął też pewne zalecenia odnośnie do zasad słowotwórstwa:

- Jednostki mają być pisane w polskim brzmieniu, np. 100 woltów, 5 niutonów, 20 omów, ale po 90 latach nadal spotykamy osoby piszące z wyższością świątowców: 100 volt, 5 newton, 20 ohm, niekiedy rozpoczynając od wersalików: 100 Volt, 5 Newton, 20 Ohm.
- Nowe nazwy własności fizycznych mają się kończyć na –ość, np. indukcyjność, pojemność, oporność, przenikalność, częstotliwość, obciążalność, sprawność, podobnie jak: długość, szerokość, wysokość.
- Nowe nazwy części elektrowni powinny się kończyć na –nia, np. węglownia, młynownia, pompownia, kotłownia, maszynownia, rozdzielnia.
- Nowe nazwy przyrządów powinny się kończyć na –ik, np. licznik, miernik, wskaźnik, czujnik, próbnik, ogranicznik, ochronnik, odgromnik, łącznik, bezpiecznik, odbiornik.

W dwudziestoleciu międzywojennym trudniejsze przypadki członkowie CKSE wielokrotnie konsultowali z wybitnymi profesorami polonistyki: Adamem Kryńskim, Stanisławem Szoberem i Romanem Zawilińskim. Poszanowanie polszczyzny i precyzji formułowania myśli demonstrowali przedstawiciele również innych dziedzin nauki. Jeden z najwybitniejszych polskich matematyków, prof. Hugo Steinhaus, jako recenzent pewnej pracy doktorskiej, dał opinię negatywną uzupełnioną ustnym komentarzem: „Ten pan dostanie być może kiedyś Nagrodę Nobla, ale dopóki ja będę miał coś do powiedzenia na Uniwersytecie Wrocławskim, doktorem nie będzie, bo doktor powinien znać język ojczysty”.

Mniej więcej do roku 1990 Polskie Normy były normami własnymi, opracowywanymi w kraju, nawet jeśli były wzorowane na normach międzynarodowych (IEC) bądź normach innych krajów. Ówczesne normalizacyjne komisje problemowe (NKP, przekształcone następnie w komitety techniczne KT) miały do dyspozycji zestaw kilku norm PN/N formułujących wytyczne opracowywania norm. Była wśród nich norma 02004, ostatnio znowelizowana w roku 1980 [7], wyjaśniająca obowiązujące **zasady doboru terminów technicznych** i **zasady tworzenia nowych terminów**, jeśli to konieczne, a także – **zasady definiowania terminów**. Materia terminologiczna jest niezwykle delikatna, wymaga głębokiej znajomości dziedziny, której dotyczy, ale również wrażliwości językowej i orientacji w zasadach słowotwórstwa.

Odkąd polskojęzyczne normy są niemal wyłącznie tłumaczeniami angielskiej wersji norm europejskich, z ich polszczyzną jest źle, a z terminologią techniczną – bardzo źle. Każdy język ma właściwe sobie zasady słowotwórstwa [9], wobec czego uparte kalkowanie terminów angielskich

proceeds to linguistic potwork in Polish and to a thoughtless dismissal and rejection of a valuable terminological heritage of several recent generations. In terminological matters, they do not have the moral right to speak as individuals, who, with the greatest effort and a lamentable result, pour their thoughts on paper.

The term *ogranicznik przepięć* introduced to normalization some years ago is needed as a general term describing all devices (apparatus and systems) for limiting surges in electrical installations. But who hinders a good Polish, native term *odgromnik* describing a certain specific class of surge limiters? Why is it eliminated from norms and literature, why do titled electricians, but not in Polish, insist on its use? Soon such anachronistic, even prohibited, terms – besides their own equivalents *ogranicznika przepięć* – the French still use *parafoudre*, the Germans – *Überspannungsableiter* or simply *Ableiter*, and the English – *lightning arrester*, *surge diverter* or *surge arrester* and these terms remained in the International Electrotechnical Vocabulary IECV (<http://www.electropedia.org/>). This is only one of the examples of the lamentable activity of Polish „experts” conducting the policy of de-Polishization, the loss of Polishness.

Unsettling changes in terms or their definitions threaten the necessary stability of communication. Some anomalies point to the ignorance of „creators”, unaware that established concepts have their own Polish, properly created term. Other „mistakes” suggest unscrupulous intentions of the promoters or a usual emptiness, the desire to appear „original” with a word-creating system. Authoritarian systems for their own ends always manipulate the meaning of words. The dictation of terminology in normalization and codes also has a hidden agenda.

In the last ten years, terms have been withdrawn, and then reintroduced such elementary terms as: basic protection, earth connection, protective earthing. They function alongside [6] terms with the same basic element (separation), but with a completely different meaning: basic separation, protective separation (electrical), electrical separation, because it did not occur to the unprepared heads, that long ago in Polish terminology one application was named *separacja*, and the other *oddzielenie*.

Introduces [6] terminological terms of the type: *obudowa ochronna (elektryczna)* or *przeszkoda ochronna (elektryczna)*. On what should the electrical character of *obudowy* or *przeszkody*? In breach of the principle of univalence introduces [6] synonymous definitions: *przeszkoda ochronna (elektryczna)* or *bariera ochronna (elektryczna)*.

Terminology and the choice of terminology are treated as an instrument for satisfying the interests of the unscrupulous. To force – for various reasons – earthing of metal parts on insulating pipes, for ten years it has been falsified in norms by the definition of *części przewodzącej obcej*. Because – in breach of the Polish definition – it is not a *część... mogąca przyjmować potencjał elektryczny...*, but *część... mogąca wprowadzić potencjał elektryczny...*, capable of introducing it from outside into the considered enclosure. In the 523 page document concerning the long-term reliability of conductors, the fraud resulting in an increase in installation costs is many (www.edwardmusial.info/pliki/normal.pdf). It is always about small, but on the surface, reduction of the translation, but about the consequences of the intended or unintended.

On internet forums, a bad habit is to use correct technical terminology, and even correct orthography. In use are terms with a more or less defined meaning. It is just that, that it causes opinions on a more or less defined content, which supports the speculators and makes one doubt the sense of such an exchange, not of thoughts, but of words. On private forums *wolność Tomku w swoim domku*, but on the Forum of Polish Electricians, such a petrification of ignorance of professional terminology, especially terminological.

### 3. Jaka jest podstawowa logika ochrony przed porażeniem?

Podstawowa zasada ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym w urządzeniach niskiego napięcia *explicite* sformułowana w normie podstawowej [6] głosi, że *części czynne niebezpieczne nie powinny być dostępne, a części przewodzące dostępne nie powinny być niebezpieczne:*

- *ani w warunkach normalnego użytkowania,*
- *ani w przypadku pojedynczego uszkodzenia.*

Jedna z bardziej znanych sentencji prawniczych brzmi: *clara non sunt interpretanda* (jasne teksty nie podlegają wykładni, jasno sformułowane przepisy prawa nie wymagają interpretacji), ale na własny użytek prawnicy i wszelkiej maści krętacze mają inną zasadę, z której żyją: *omnia sunt interpretanda*, wszystko podlega interpretacji, wszystko nadaje się do interpretacji. Pamiętając o tej przestrodze spróbujmy jednak zinterpretować i rozwinąć tę jasno, ale lapidarnie sformułowaną podstawową zasadę ochrony przeciwporażeniowej na potrzeby ogółu elektryków, bez wdawania się w wyjątki dotyczące rzadko spotykanych sytuacji szczególnych.

**W warunkach normalnego użytkowania**, tzn. kiedy nieuszkodzone, sprawne urządzenie jest użytkowane zgodnie z przeznaczeniem (zgodnie z dokumentacją wytwórcy oraz instrukcją eksploatacji), powinny być spełnione dwa wymagania:

- 1) Części czynne, wchodzące w skład obwodu elektrycznego, mogące znajdować się pod niebezpiecznym dla człowieka napięciem względem ziemi, nie powinny być dostępne dla dotyku. Chodzi o to, aby nie mógł ich dotknąć człowiek znajdujący się na stanowisku dostępnym, tzn. w miejscu, na którym człowiek o przeciętnej sprawności fizycznej może się znaleźć bez korzystania ze środków pomocniczych, jak drabina lub słupopasy.
- 2) Części przewodzące dostępne, jeśli rozpatrywane urządzenie je ma, nie znajdują się pod wyczuwalnym napięciem względem ziemi. To wymaganie dyktuje pewne warunki odnośnie do prądu upływowego i połączeń ochronnych.

Spełnienie obu powyższych wymagań ma zapewnić pierwszy stopień ochrony – **ochrona przeciwporażeniowa podstawowa**, czyli zespół środków technicznych chroniących przed zetknięciem się człowieka z częściami czynnymi oraz przed udzieleniem się napięcia częściom przewodzącym dostępnym. W przypadku urządzeń przeznaczonych do użytkowania przez osoby niewykwalifikowane (osoby postronne) ochrona podstawowa powinna chronić **przed umyślnym (zamierzonym) dotknięciem** części czynnych i powinna polegać na zastosowaniu co najmniej jednego z następujących środków:

- **Izolacja podstawowa** w postaci trwałego i całkowitego pokrycia części czynnych materiałem izolacyjnym stałym, dającym się usunąć tylko przez zniszczenie. Izolacja podstawowa powinna być odporna na narażenia występujące podczas użytkowania (wilgoć, zapylenie, ciepło, drgania). Powłok z emalii, lakieru, tlenku lub materiału włóknistego nie uważa się za izolację podstawową; części tak izolowane traktuje się jak części gołe.
- **Obudowa** o stopniu ochrony co najmniej IP2X lub IPXXB, tzn. chroniąca przed umyślnym (zamierzonym) dotknięciem palcem części czynnych. Łatwo dostępne górne poziome powierzchnie obudowy powinny mieć stopień ochrony co najmniej IP4X lub IPXXD. Obudowa powinna być trwale zamocowana, jej otwarcie ani usunięcie nie powinno być możliwe bez użycia klucza lub narzędzia.

W przypadku urządzeń instalowanych w miejscach ruchu elektrycznego, dostępnych tylko dla personelu wykwalifikowanego, dopuszcza się w uzasadnionych przypadkach, by ochrona podstawowa chroniła tylko **przed przypadkowym (niezamierzonym) dotknięciem** części czynnych. Wobec tego obudowa może dawać się otworzyć lub usunąć bez użycia klucza lub narzędzia, a zamiast izolacji podstawowej albo obudowy można zastosować co najmniej jeden z następujących środków:

- **Odgrodzenie (przeszkoda)**, czyli element konstrukcyjny o stopniu ochrony mniejszym niż IP2X, chroniący przed przypadkowym (niezamierzonym) dotknięciem części czynnych i zbyt bliskim zbliżeniem do nich. Odgrodzenie powinno być zabezpieczone przed niezamierzonym usunięciem, ale może dać się usunąć bez użycia klucza lub narzędzia. Odgrodzenie tymczasowe

– założone na czas prac konserwacyjno-remontowych – należy, a odgrodzenie stałe zaleca się, wykonywać z elementów (poręczy, linek) nieprzewodzących.

- **Uniedostępnienie**, czyli umieszczenie części czynnych **poza zasięgiem ręki** z dostępnych stanowisk, w sposób zapobiegający ich przypadkowemu dotknięciu. Jeżeli podczas pracy na stanowisku dostępnym mają być w użyciu wydłużone przedmioty przewodzące, to granice zasięgu ręki należy odpowiednio zwiększyć o długość tych przedmiotów.

Urządzenie powinno też być bezpieczne **w przypadku pojedynczego uszkodzenia**, tzn. kiedy spośród  $n$  elementów decydujących o bezpieczeństwie jeden zawiedzie. Pierwszym uszkodzeniem, które należy brać pod uwagę, jest uszkodzenie ochrony podstawowej, zwłaszcza uszkodzenie izolacji podstawowej, np. zwarcie L-PE. Aby urządzenie dotknięte pojedynczym uszkodzeniem nie zagrażało porażeniem, obowiązuje stosowanie drugiego stopnia ochrony – **ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej (ochrony przy uszkodzeniu)**. Ochrona dodatkowa stanowi redundancję w stosunku do ochrony podstawowej, objawia swoją skuteczność w razie uszkodzenia tej drugiej. Nie jest to redundancja pełna, bo są możliwe uszkodzenia zależne dotyczące obydwu systemów ochrony, ale ich prawdopodobieństwo nie jest znaczące.

W przypadku urządzeń przeznaczonych do użytkowania przez osoby niewykwalifikowane (osoby postronne) ochrona dodatkowa (ochrona przy uszkodzeniu) powinna polegać na zastosowaniu jednego z następujących środków:

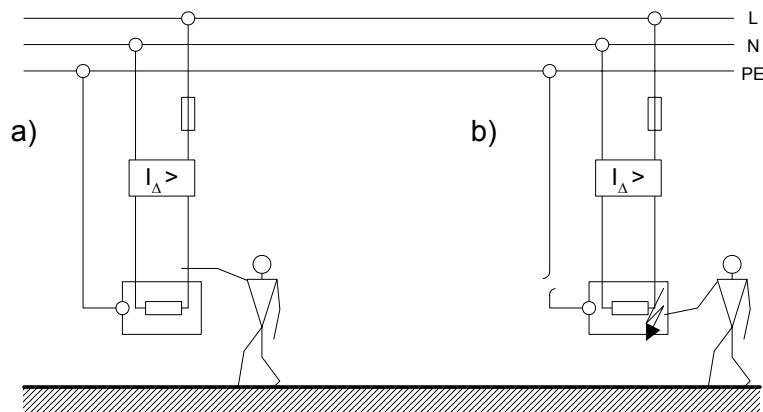
- samoczynne wyłączenie zasilania,
- izolacja podwójna lub wzmocniona,
- separacja obwodu pojedynczego odbiornika,
- zasilanie napięciem bardzo niskim ze źródła bezpiecznego (SELV, PELV).

Dwa pierwsze środki ochrony nadają się do powszechnego stosowania, natomiast dwa pozostałe mają bardzo ograniczony zakres zastosowań ze względu na wymagane dodatkowe wyposażenie (transformatory ochronne) i związane z tym utrudnienia oraz koszty.

W przypadku urządzeń instalowanych w miejscach dostępnych tylko dla personelu wykwalifikowanego w uzasadnionych przypadkach dopuszcza się ponadto następujące środki ochrony dodatkowej wymagające stałego fachowego nadzoru:

- separacja obwodu więcej niż jednego odbiornika, uzupełniona nieuziemiionymi połączeniami wyrównawczymi,
- izolowanie stanowiska, uzupełnione nieuziemiionymi połączeniami wyrównawczymi w przypadku zasilania więcej niż jednego odbiornika.

W określonych warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniem obowiązuje ponadto stosowanie trzeciego stopnia ochrony – **ochrony przeciwporażeniowej uzupełniającej**, stanowiącej tylko częściową redundancję w stosunku bądź do ochrony podstawowej, bądź do ochrony dodatkowej.



**Rys. 1.** Ochrona uzupełniająca – zapobieganie śmiertelnemu porażeniu w dwóch sytuacjach: a) omińnięcie ochrony podstawowej (jedno uszkodzenie); b) uszkodzenie izolacji przy jednoczesnym przerwaniu przewodu ochronnego PE (dwa uszkodzenia)

Ochrona uzupełniająca ochronę podstawową, czyli ochrona uzupełniająca przed dotykiem bezpośrednim, polega na wyposażeniu obwodu w **wyłącznik różnicowoprądowy wysokoczuły** ( $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ), niedopuszczający do fibrylacji serca w razie uszkodzenia albo ominięcia ochrony podstawowej (rys. 1a). Podobny efekt zachodzi przy dotyku pośrednim w razie uszkodzenia ochrony podstawowej i niesprawności ochrony dodatkowej, np. naruszenia ciągłości połączeń ochronnych (rys. 1b). W wyłączniki różnicowoprądowe wysokoczułe ( $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$ ), dla celów ochrony przeciwporażeniowej uzupełniającej, według nowej normy [3] powinny być wyposażone:

1. wszelkie obwody gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 20 A przeznaczone do użytkowania przez laików (osoby niewykwalifikowane, osoby postronne),
2. wszelkie obwody odbiorcze do zasilania na wolnym powietrzu urządzeń przenośnych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A,
3. instalacje użytkowane w warunkach szczególnego zagrożenia, których dotyczą arkusze 700 normy 60364.

Do niedawna w przeciętnym mieszkaniu taka ochrona była wymagana w odniesieniu do obwodów zasilających gniazda wtyczkowe i niektóre odbiorniki stałe w łazience, a obecnie dotyczy wszelkich obwodów gniazd wtyczkowych ( $I_n \leq 20 \text{ A}$ ). Dotyczy też takich obwodów w biurach, szkołach i uczelniach, internatach i hotelach i innych budynkach użyteczności publicznej.

Ochrona uzupełniająca ochronę dodatkową, czyli ochrona uzupełniająca przed dotykiem pośrednim, polega na wykonaniu **połączeń wyrównawczych miejscowych**. Ich rola polega przede wszystkim na ograniczeniu długotrwale utrzymującego się napięcia dotykowego do poziomu dopuszczalnego. W zależności od sposobu wykonania połączenia wyrównawcze CC mogą ponadto zastępować przerwane połączenia ochronne PE.

Podobnie, jak w innych układach z redundancją, wprowadzenie jej nie upoważnia do jakichkolwiek ulg i odstępstw w stosowaniu i wymiarowaniu rezerwowanych elementów układu. Żadne rozwiązanie czy udoskonalenie ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej nie upoważnia do rezygnacji z ochrony podstawowej ani obniżenia stawianych jej wymagań. Analogicznie, wprowadzenie ochrony uzupełniającej nie upoważnia do obniżenia wymagań stawianych ochronie podstawowej ani ochronie dodatkowej.

Przytoczona na początku tego rozdziału podstawowa zasada ochrony przeciwporażeniowej wymaga zapewnienia ochrony nie tylko w stanie nieuszkodzonym urządzenia, ale również w razie pojedynczego uszkodzenia. Takie wymaganie określa się jako **single-fault condition** albo kryterium ( $n-1$ ). Normy podstawowe [3, 6] formułują tylko taką niewygórowaną zasadę ogólną, chociaż z wymagań szczegółowych, zwłaszcza arkuszy 700, wynikają wymagania ostrzejsze – **double-fault condition**, kryterium ( $n-2$ ) – w niektórych sytuacjach zwiększonego zagrożenia porażeniem, obligujących do stosowania również ochrony uzupełniającej.

Wyraźne sformułowanie w normie **warunku pojedynczego uszkodzenia** ucina jałowe dyskusje, chętnie podejmowane przez nawiedzonych elektryków, dyskwalifikujące niemal każde rozwiązanie ochrony serią kolejnych pytań w rodzaju: *a jeżeli ponadto ulegnie przerwaniu przewód ochronny, a jeżeli ponadto zatnie się wyłącznik, a jeżeli... itd.*

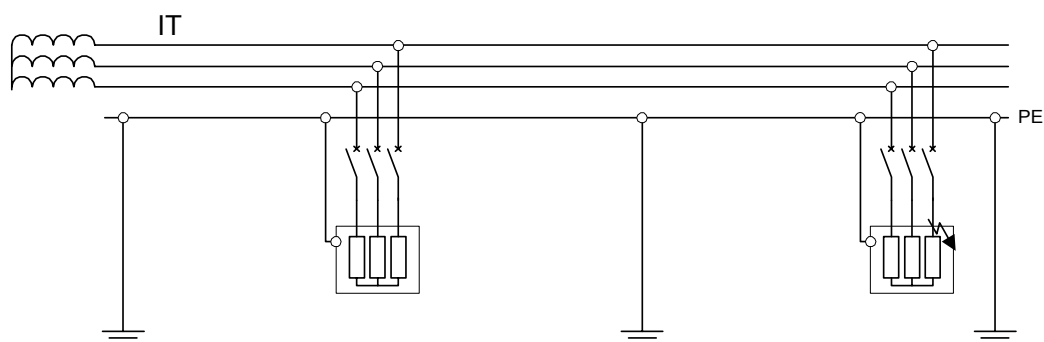
Nie ma systemu ochrony absolutnie niezawodnego, nie ma bezpieczeństwa stuprocentowego, z konieczności trzeba akceptować pewne **ryzyko resztkowe**. Aby nie obciążać sumienia każdego elektryka z osobna i nie narażać go na bezpodstawne oskarżenia bądź jałowe spory przed sądem, normy określają standardy budowy i eksploatacji urządzeń gwarantujące utrzymanie ryzyka resztkowego na akceptowalnym poziomie. Przestrzeganie postanowień norm jest najlepszą formą ubezpieczenia od odpowiedzialności cywilnej odszkodowawczej związanej z uprawianiem zawodu elektryka.

#### 4. Który układ sieci oraz instalacji preferować?

**Układ IT**, którego żadna część czynna nie jest uziemiona bądź jest uziemiona przez dużą impedancję, cechuje się najmniejszym prądem zwarcia doziemnego L-PE. W sytuacji z rys. 2 obwód

prądu zwarcia L-PE zamyka się przez upływności i pojemności pozostałych faz względem ziemi i przewodu PE w obrębie całej galwanicznie połączonej sieci. Wartość prądu jest bardzo mała i nie zależy od miejsca zwarcia. Zwarcie doziemne czy chociażby nadmierne obniżenie rezystancji izolacji doziemnej całej galwanicznie połączonej sieci łatwo może wykryć urządzenie do ciągłej kontroli stanu izolacji doziemnej (UKSI), będące zwykłym wyposażeniem takiej sieci bądź instalacji. Trudna jest natomiast lokalizacja miejsca uszkodzenia i jego wybiórcze wyłączenie. Powinno być ono szybko wykrywane, lokalizowane i usuwane przez obsługę. Każda część sieci oraz instalacji powinna być zatem stale dostępna dla obsługi, co praktycznie eliminuje układ IT z sieci rozdzielczej wspólnej i zasilanych z niej instalacji.

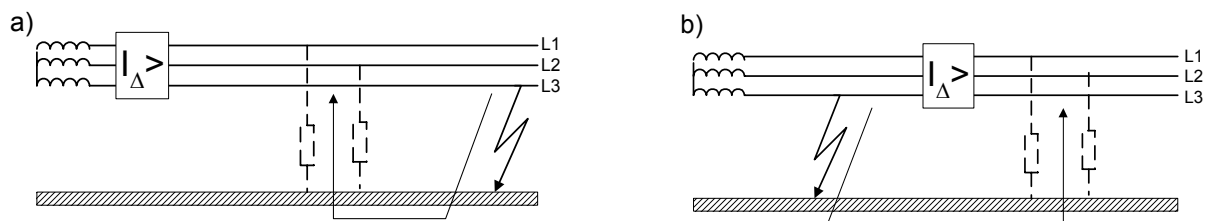
Wskazanie UKSI nie zależy od miejsca jego zainstalowania w obrębie galwanicznie połączonej sieci. Jeżeli w razie nadmiernego obniżenia stanu izolacji doziemnej ma się wyłączać, to oczywiście należy zainstalować UKSI przy źródle zasilającym sieci (transformator, generator).



Rys. 2. Zwarcie doziemne L-PE w sieci IT

Głównym celem wyboru układu IT może być **zwiększenie ciągłości zasilania**, dzięki rezygnacji z samoczynnego wyłączenia zwarć doziemnych, które stanowią znaczną większość wszelkich zwarć. Jest to możliwe, bo zwarcia są małoprądowe, bez poważniejszych następstw. Drugim polem zastosowań są sytuacje, kiedy chodzi o **ograniczenie zagrożenia pożarowego i/lub wybuchowego** dzięki skrajnie małej energii cieplnej wydzielanej w miejscu zwarcia doziemnego. Z tych powodów układ IT stosuje się w kombinatach chemicznych, w podziemiach kopalń, na salach operacyjnych i oddziałach intensywnego nadzoru medycznego, a także na statkach i okrętach.

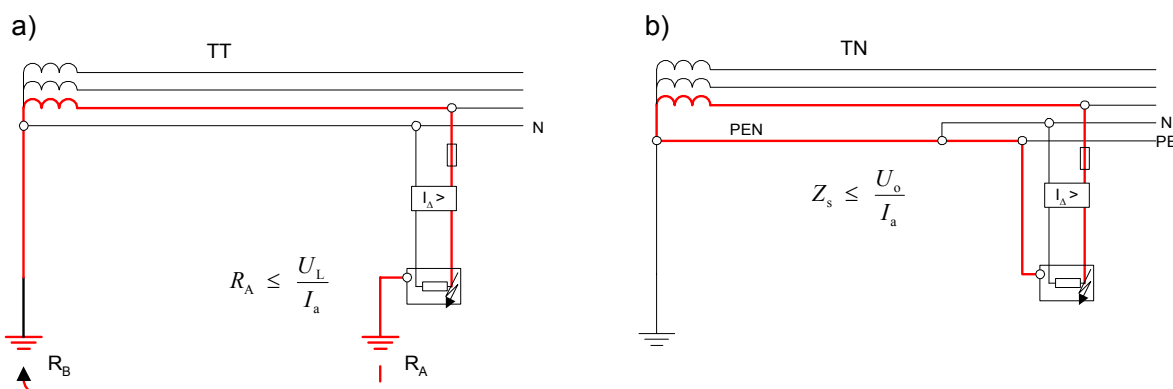
Przydatność wyłączników różnicowoprądowych w układzie IT jest wielce wątpliwa. Jeżeli samoczynne wyłączenie jednomiejscowych zwarć doziemnych jest niepożądane, a wieloprądowe zwarcia dwumiejscowe poprzez wspólny przewód ochronny (uziemienie zbiorowe), jak na rys. 2, są łatwo wykrywane i wyłączane przez zabezpieczenia nadprądowe, to jaka miałyby być rola wyłączników różnicowoprądowych? Ponadto, zależnie od konfiguracji układu IT, łatwo o zadziałania brakujące (rys. 3a) lub o zadziałania zbędne (rys. 3b). Co więcej, pod znakiem zapytania stoi skuteczność ochrony uzupełniającej przed dotykiem bezpośrednim; w sytuacji z rys. 3a nawet najczulszy wyłącznik różnicowoprądowy nie stanowi ochrony uzupełniającej, bo prąd rażeniowy nie pobudza wyłącznika, skoro wraca przezeń do źródła.



Rys. 3. Nieoczekiwane zachowanie się wyłącznika różnicowoprądowego w układzie IT po pierwszym zwarciu doziemnym: a) wyłącznik nie reaguje na zwarcie w chronionym obwodzie; b) wyłącznik wyzwalają w wyniku zwarcia poza chronionym obwodem



**Układ TT** ma bezpośrednio uziemiony punkt neutralny źródła zasilania bądź inną część czynną. W razie uszkodzenia izolacji doziemnej w zasilanym urządzeniu, **pętla zwarcia doziemnego zamyka się przez ziemię** (rys. 4a) i jest to cecha rozpoznawcza tego układu. Prąd wpływa do ziemi przez uziemienie bądź zespół uziemień przewodu ochronnego  $R_A$  i wraca przez uziemienie robocze sieci  $R_B$ . W pętli zwarciowej są dwie szeregowo połączone rezystancje uziemienia ( $R_A + R_B$ ), rezystancja pętli zwarciowej wynosi co najmniej kilka omów, wskutek czego prąd zwarciowy  $I_{k1min}$  w instalacji o napięciu  $U_o = 230$  V na ogół jest wyraźnie mniejszy niż 50 A.



Rys. 4. Pętla zwarcia doziemnego: a) w układzie TT; b) w układzie TN

Jakie zabezpieczenia nadprądowe mają prąd wyłączający  $I_a$  nieprzekraczający wartości  $I_{k1min} = 50$  A i mogłyby być użyte jako urządzenia do samoczynnego wyłączenia zasilania i to przy korzystaniu z odstępstwa pozwalającego przyjąć czas wyłączenia 0,4 s, jak w układzie TN? Z trudem można je wskazać: wkładki topikowe zwłoczne 6 A albo szybkie 10 A, wyłącznik nadprądowy instalacyjny B10. W jakich instalacjach to wystarczy?

Widać jasno, że jedynymi urządzeniami wywołującymi samoczynne wyłączenie zasilania, przydatnymi w układzie TT, są wyłączniki różnicowoprądowe. Zważywszy ich zawodność, wyłączniki w obwodach odbiorczych powinny być poprzedzone wyłącznikiem selektywnym w roli rezerwowego urządzenia wyłączającego.

**Układ TN** charakteryzuje się tym, że **pętla zwarcia doziemnego jest metaliczna** (rys. 4b), w zasadzie w całości złożona z przewodów. Dzięki temu prąd przy uszkodzeniu izolacji podstawowej, czyli przy zwarciu L-PE (L-PEN)  $I_{k1min}$  jest duży, rzędu połowy wartości prądu zwarciowego początkowego  $I_{k3}$  przy zwarciu trójfazowym, na ogół  $I_{k1min} \approx (0,5 \div 0,6)I_{k3}$ . Do samoczynnego wyłączenia zasilania można wykorzystać zabezpieczenia nadprądowe, wyłączniki lub bezpieczniki, urządzenia znacznie mniej zawodne niż wyłączniki różnicowoprądowe. W obwodach, w których są stosowane te ostatnie, są one w roli ochrony dodatkowej w sposób naturalny rezerwowane przez zabezpieczenia nadprądowe. To rezerwowanie nic nie kosztuje, bo w każdym obwodzie bezpieczniki i/lub wyłączniki nadprądowe są nieodzownym zabezpieczeniem zwarciowym, a niekiedy również przeciążeniowym.

Układ TN ma również tę wyższość nad układem TT, że znakomicie ogranicza wartość spodziewanego napięcia dotykowego. Gdyby uziemienie robocze było tylko w stacji zasilającej (rys. 5) napięcie dotykowe względem ziemi odniesienia przy zwarciu L-PE (PEN), przy jednakowych co do długości i przekroju przewodach L i PE (PEN), wynosiłoby 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  $U_T$  względem ziemi odniesienia (napięcie w miejscu uszkodzenia) wynosi 40 % napięcia fazowego  $U_o$ , czyli w układzie o napięciu fazowym 230 V:

$$U_T = 0,4U_o = 0,4 \cdot 230 = 92 \text{ V.} \quad (1)$$

Przy takim napięciu dotykowym kwantyl 5% impedancji ciała człowieka na drodze ręką-

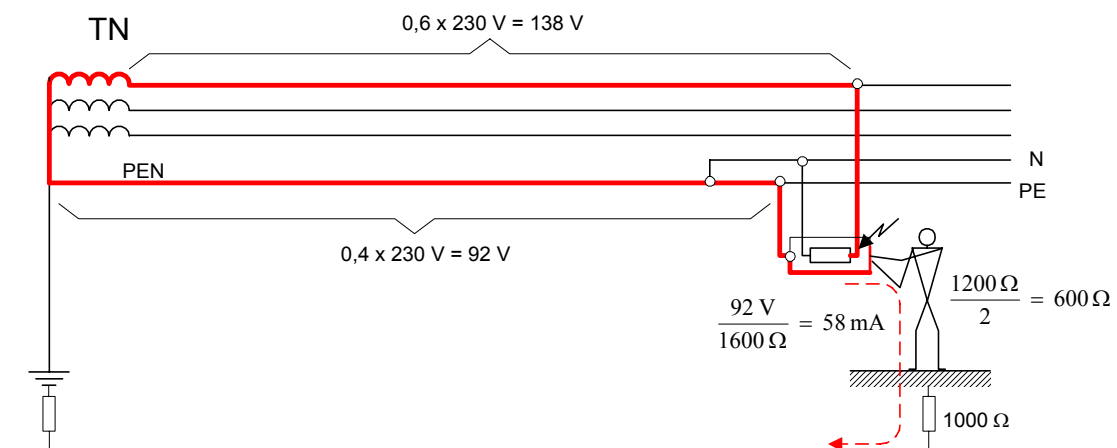
stopę wynosi  $Z_{T5\%} = 1200 \Omega$ , na drodze ręce-stopę  $0,5Z_{T5\%} = 600 \Omega$ , a impedancja obwodu rażeniowego w warunkach środowiskowych 1 (pomieszczenia suche i przejściowo wilgotne) wynosi:

$$Z_1 = 1000 + 0,5Z_{T5\%} = 1000 + 0,5 \cdot 1200 = 1600 \Omega. \quad (2)$$

Spodziewany prąd rażeniowy wynosi

$$I_T = \frac{U_T}{Z_1} = \frac{92}{1600} = 0,058 \text{ A} = 58 \text{ mA}, \quad (3)$$

a dopuszczalny czas przepływu prądu o tej wartości – z krzywej L prądów niefibrylacyjnych – wynosi 0,40 s. Jeżeli w rozpatrywanych umownych warunkach zwarcie L-PE (L-PEN) zostanie wyłączone przed upływem 0,4 s, to prawdopodobieństwo wywołania fibrylacji serca będzie pomijalnie małe.



Rys. 5. Umowne warunki rażenia przy zwarciu L-PE w układzie TN o napięciu 230/400 V

Do przyjętych wyżej założeń można wysuwać różne zastrzeżenia, a najważniejsze dotyczy fikcji w postaci układu TN z tylko jednym uziemieniem przewodu PEN, przy stacji zasilającej. Dodatkowe uziemienia przewodu PEN (PE) na odcinku, przez który przepływa prąd zwarciový i za miejscem zwarcia – które są przecież wymagane – mogą obniżyć spodziewane napięcie dotykowe względem ziemi odniesienia do poziomu zbliżonego do  $0,25U_o \approx 58 \text{ V}$ , czyli do wartości zbliżonej do napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale. Przyczyna tej fikcji jest prozaiczna. Norma bazowa IEC 60364 dotyczy instalacji elektrycznych w obiektach budowlanych i zajmujący się nią komitet TC 64 jak ognia unika ingerencji w problematykę zasilających sieci rozdzielczych.

Podobne rozumowanie można przeprowadzić dla układu TT. Zwykle zachodzi zależność  $R_A \gg R_B$  (rys. 4), wobec czego spodziewane napięcie dotykowe  $U_T \approx U_o$ . Jeśli w układzie 230/400 V ostrożnie przyjmą  $U_T = 200$ , to  $Z_1 = 1000 + 0,5Z_{T5\%} = 1000 + 0,5 \cdot 1000 = 1500 \Omega$ , a spodziewany prąd rażeniowy  $I_T \approx 130 \text{ mA}$ , czyli największy dopuszczalny czas wyłączenia 0,2 s. Zatem w układzie TT wymagany czas wyłączenia zasilania okazuje się mniejszy niż w układzie TN. A inaczej na to patrząc – gdyby zawiodło urządzenie wyłączające, to w instalacjach bez połączeń wyrównawczych w układzie TT występowałoby długotrwale napięcie dotykowe około 200 V, a w układzie TN – napięcie dotykowe w granicach 50÷80 V. Na domiar złego prawdopodobieństwo takiego zdarzenia jest znacznie większe w układzie TT niż w układzie TN, bo w układzie TT, jak wyżej wspomniano, urządzeniem wyłączającym jest z zasady wyłącznik różnicowoprądowy.

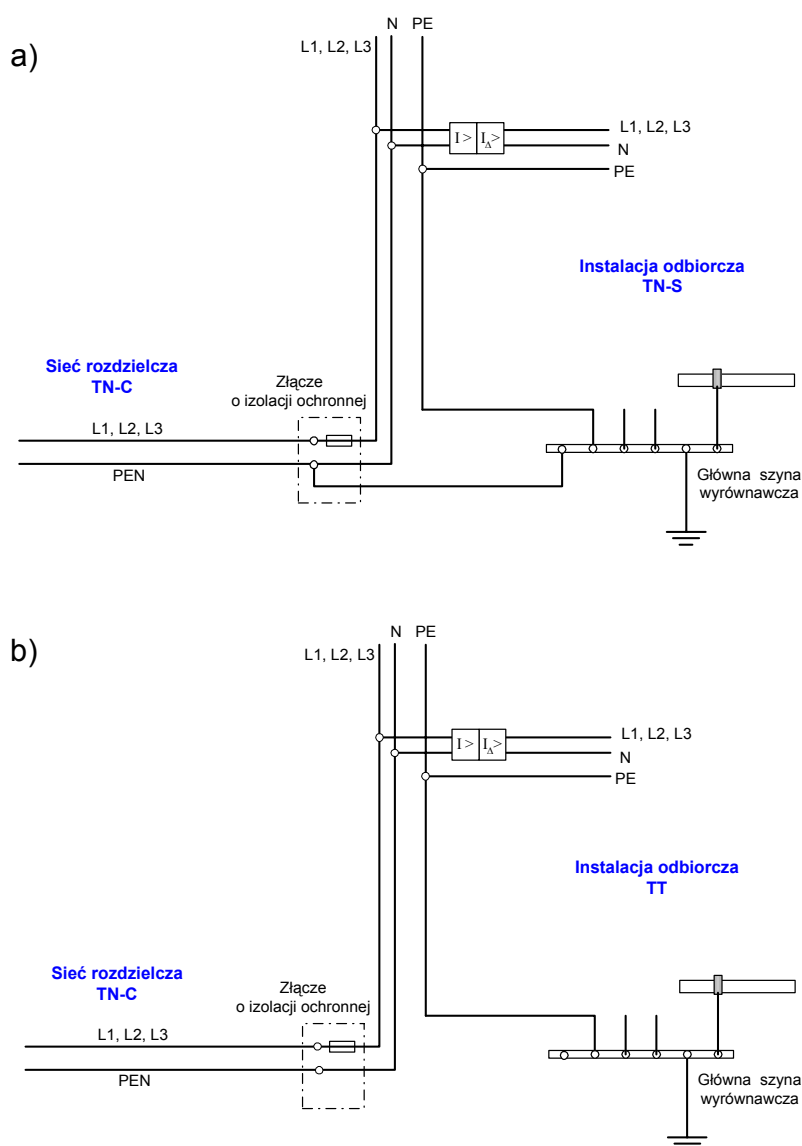
Układ TN wiąże przewodami PEN (PE) liczne uziomy w jeden rozległy układ uziomowy o małej rezystancji uziemienia, podczas gdy w klasycznym układzie TT uziomy te są rozproszone. Dzięki temu układ TN jest bardziej odporny na wszelkie narażenia pochodzące z zewnątrz: przepięcia atmosferyczne oraz skutki zwarcí w zasilającej sieci średniego napięcia.

Wszystkie podniesione wyżej cechy układu TN dowodzą jego wyższości nad układem TT zarówno w sieci rozdzielczej wspólnej [11], jak i w większości instalacji odbiorczych. Takie stanowi-

sko konsekwentnie prezentował prof. G. Biegelmeier, co przyczyniło się do wydania 16 września 1999 roku w Austrii rozporządzenia „Nullungsverordnung” nakazującego w ciągu 10 lat przystosować do układu TN wszystkie sieci rozdzielcze wspólne mające wcześniej układ TT. Zalety układu TN potwierdziły obrady okrągłego stołu „Round Table on Neutral Earthing in LV Networks” zorganizowane przez Międzynarodową Konferencję Dystrybutorów Energii Elektrycznej CITRED 2001. Tym niemniej układ TT, mniej rozpowszechniony w świecie, pozostanie w wielu krajach, które nie są skłonne zrywać ze swoją tradycją techniczną.

## 5. Jak odróżnić układ TN od układu TT?

Wielu elektryków ma kłopot z rozpoznaniem układu istniejącej sieci i zwraca się o informację do spółki dystrybucyjnej, która w odpowiedzi podaje im nie tyle stan faktyczny, ile swoje wyobrażenia o nim. A rozstrzygające kryterium jest proste: charakter pętli zwarcia doziemnego – czy jest ona w całości metaliczna (TN) czy przeciwnie – prąd zwarcia L-PE w całości lub w przeważającej części wpływa do ziemi przez rezystancję uziemienia ochronnego, po czym wraca do obwodu elektrycznego przez rezystancję uziemienia roboczego (rys. 4a), co sprawia, że w obwodzie prądu zwarcia L-PE są szeregowo połączone rezystancje uziemienia.



**Rys. 6.** Zasilanie z sieci rozdzielczej TN-C. Instalacje odbiorcze: a) o układzie TN-S; b) o układzie TT (wyspa TT w sieci TN)

Około roku 1990 spółki dystrybucyjne rozsyłały do odbiorców informacje o przejściu w wielu sieciach z układu TT na układ TN i domagały się od właścicieli bądź zarządców budynków kontrolnych pomiarów poświadczających spełnienie warunków skuteczności ochrony przeciwporażeniowej. W wielu obiektach uzyskiwano wyniki pomiarów impedancji pętli zwarciowej identyczne bądź zbliżone, jak w tych samych punktach przed „modernizacją sieci”, mianowicie w obrębie instalacji odbiorczych prąd  $I_{k1min} \approx 200 \div 500$  A. Dowodziło to, że „modernizacja” polegała na przejściu z układu TN na układ TN, identyczny albo z drobnymi modyfikacjami.

Układ instalacji można określić mając aktualny schemat zawierający dokładne przyłączenia rozstrzygających uziemień, jak na rys. 6. Trzeba sobie wyobrazić zwarcie L-PE w instalacji odbiorczej i sprawdzić, jaką drogą zamyka się wtedy obwód prądu zwarciowego (prądu w miejscu zwarcia bądź przeważającej jego części). Jeśli ta droga jest w całości złożona z przewodów, to mamy do czynienia z układem TN.

Sytuacja przedstawiona na rys. 6b: **zasilanie z sieci TN instalacji TT jest jedynym możliwym przypadkiem współistnienia dwóch różnych układów w jednej galwanicznie połączonej sieci niskiego napięcia**. Taka możliwość była sformułowana w PN-92/E-05009/41, pkt 413.1.3.9 (z poważnym błędem tłumaczenia: jest *nie muszą* zamiast *nie powinny*) z myślą o rozbudowie istniejących sieci i instalacji. Jest wszakże jeden ważny warunek: część instalacji o układzie TT (wyspa TT) musi znajdować się „poza strefą objętą połączeniami wyrównawczymi głównymi” instalacji o układzie TN. To znaczy, że na przykład nie jest możliwe ani dopuszczalne wykonanie w jednym budynku części instalacji o układzie TT, a części o układzie TN, jeżeli obie części instalacji są zasilane z tego samego źródła (np. tego samego transformatora). Gdyby mimo wszystko ktoś tak postąpił, powstałaby sytuacja następująca. W pobliżu złącza zasilanego z sieci TN-C musiałyby być wykonane połączenia wyrównawcze główne i wszystkie części przewodzące obce w budynku (rurociągi, metalowe elementy konstrukcji budowli bądź zbrojenie itp.) byłyby połączone z przewodem PEN przyłącza. A wtedy:

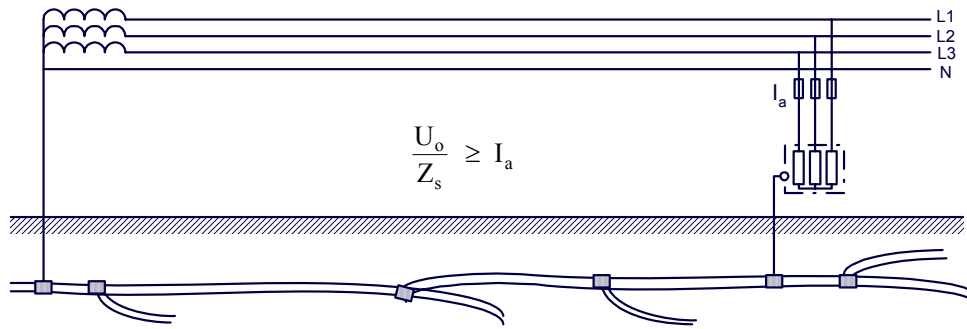
- albo są wykonane połączenia wyrównawcze części przewodzących dostępnych, obwodów zasilanych z obwodów instalacji uważanych za układ TT, z częściami przewodzącymi obcymi i tym samym obwód prądu zwarcia L-PE jest metaliczny i wcale nie mamy do czynienia z układem TT, lecz z układem TN-S,
- albo takich połączeń wyrównawczych nie ma i użytkownicy mogą być narażeni na wystąpienie dużego napięcia dotykowego między częściami jednocześnie dostępnymi, a nie objętymi połączeniami wyrównawczymi.

Z zasad wiedzy technicznej wynika, że nie jest możliwa żadna inna sytuacja niezgodności układu sieci oraz instalacji. Nie jest też możliwe odwrócenie sytuacji z rys. 6b: nie da się z sieci TT zasilać instalacji TN.

W roku 2009 wysuwano na forach internetowych takie niedorzeczne pomysły: budynek jest zasilany z sieci TT, dochodzi do niego przewód N, rozdzielamy go na N oraz PE, uziemiając punkt rozdziału, no i mamy układ TN-S. Trudno wymyślić większą bzdurę, bo:

- rozdzielić na PE oraz N można tylko przewód PEN (sieci TN), o czym świadczy jego nazwa *przewód ochronno-neutralny* i jego oznaczenie  $PEN = PE + N$ ,
- przewód ochronno-neutralny PEN, spełniający podwójną rolę, występuje tylko w układzie TN, a ściślej tylko w układzie TN-C; jest nie do pomyślenia w sieci zasilającej TT,
- wspomniane wyżej rozwiązanie oznaczałoby, że odbiorca samowolnie wykorzystuje przewód neutralny N sieci zasilającej również w roli przewodu ochronnego PE, a on nie jest przygotowany do tej roli, nie spełnia wymagań stawianych przewodom ochronnym.

Schematy nie zawsze są aktualne i wystarczająco dokładne, wobec czego taka identyfikacja może być zwodnicza. Jest prostszy sposób. Wystarczy zmierzyć impedancję  $Z_s$  pętli zwarciowej L-PE i obliczyć wartość prądu zwarcia doziemnego  $I_{k1min}$ . Wynik  $Z_s > 4 \Omega$  ( $I_{k1min} < 50$  A) wskazuje na układ TT, a wynik  $Z_s < 1 \Omega$  ( $I_{k1min} > 200$  A) wskazuje na układ TN. Sytuacje pośrednie ( $Z_s = 1 \div 4 \Omega$ ) wymagają dokładniejszego rozpoznania.

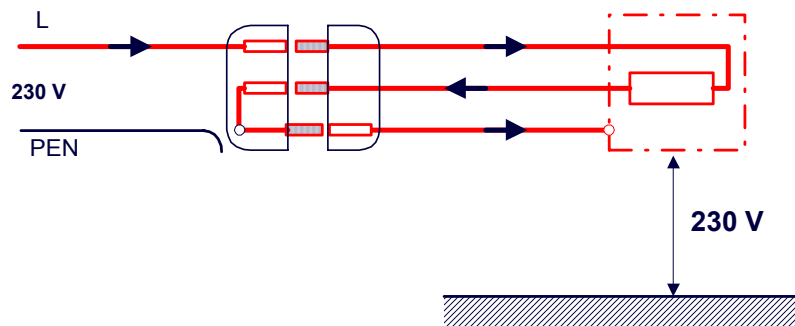


Rys. 7. Układ TN o metalicznej pętli zwarcia L-PE zawierającej rozległe uziomy ciągle

To rozpoznanie mogą zakłócać relikty dawnej techniki – układy TN o metalicznej pętli zwarcia doziemnego L-PE, która nie jest w całości złożona z przewodów elektroenergetycznych (rys. 7). W dawnych polskich przepisach (PBUE) takie rozwiązanie zaliczano do uziemień ochronnych, a w literaturze nazywano uziemieniem ochronnym typu II. Niemcy używali nazwy bardziej adekwatnej: *die verkappte Nullung* (ukryte zerowanie). Od wielu lat takie wykonanie układu TN w nowo budowanych sieciach jest niedopuszczalne.

## 6. Czy i jak stopniowo przechodzić do układu TN-S?

W obwodzie jednofazowym o układzie TN-C samo naruszenie ciągłości przewodu ochronno-neutralnego PEN, czyli pojedyncze uszkodzenie, wprowadza pełne napięcie doziemne układu  $U_o$  na części przewodzące dostępne (rys. 8); nie jest zatem spełniona podstawowa zasada ochrony przeciwporażeniowej: *single-fault condition* (rozdz. 3).



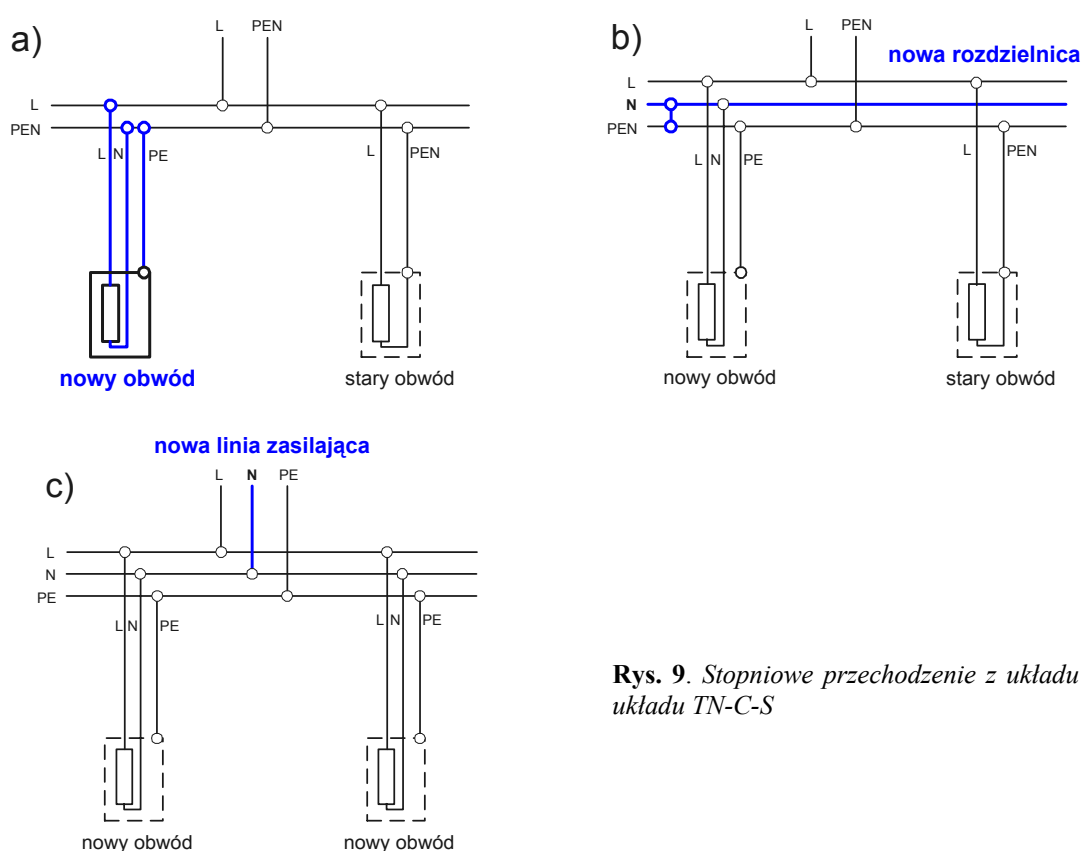
Rys. 8. Efekt naruszenia ciągłości przewodu PEN w obwodzie jednofazowym (odbiornik wraz z zasilającym przewodem ruchomym są w stanie nienagannym)

Z tego powodu osobna żyła ochronna PE była w zasadzie zawsze wymagana w przewodach ruchomych, bo w nich i w połączeniach gniazdo-wtyczka prawdopodobieństwo naruszenia ciągłości połączenia jest duże. Prawdopodobieństwo przerwania jest też znaczące w ułożonych na stałe przewodach o małym przekroju i dlatego normy IEC już wiele lat temu zakazały ułożonego na stałe przewodu PEN o zbyt małym przekroju, mniejszym niż  $10 \text{ mm}^2$  Cu i  $16 \text{ mm}^2$  Al. W nowych instalacjach takie przewody PEN (układ TN-C) są niedopuszczalne, a w instalacjach istniejących pożądana jest modernizacja, zmierzająca do wprowadzenia **układu TN-S** o osobnych przewodach PE i N w **obwodach o małym przekroju żył przewodowych**.

W eksploatacji nie zawsze jest możliwa całkowita wymiana instalacji, wszystkich jej obwodów jednocześnie. Ze względów finansowych bądź użytkowych trzeba to nieraz czynić stopniowo, wieloetapowo. Procedura stopniowego przechodzenia z układu TN-C do układu TN-C-S bądź TN-S w istniejących instalacjach sprawia elektrykom wiele kłopotów i wzbudza jałowe dyskusje, tym bardziej że w tej kwestii w ostatnich latach wielokrotnie wypisywano brednie. Tym bardziej żało-

sne, że układ TN-S – choć wtedy nazywano go Nullung nach Schema I – wprowadzono w Szwajcarii już **60 lat temu**, jako jedno z możliwych wykonań instalacji z zerowaniem [15]. To żadna nowość. Trzeba przeglądać zagraniczne przepisy i doniesienia, aby nie odkrywać Ameryki ponieważ i nie ośmieszać się ogłaszaniem tego.

Problem nie jest skomplikowany, wystarczy pamiętać, że raz rozdzielonych przewodów PE i N nie wolno ponownie połączyć, co właśnie w Polsce kilku krzykliwych znachorów zalecało przy stopniowej modernizacji wewnętrznych linii zasilających. W sieciach oraz instalacjach o układzie TN są pożądane liczne uziemienia przewodów PEN oraz przewodów PE, ale **żadna w świecie norma i żaden przepis nie wymaga, aby był uziemiony akurat punkt rozdziału przewodu PEN na przewody PE i N**. Kto twierdzi inaczej, niech poda nazwę tego dokumentu. Dosłowne traktowanie tego warszawskiego wymysłu doprowadziło do rozwiązań absurdalnych niejednego projektanta i wykonawcę instalacji i powinno doprowadzić na ławę oskarżonych, by innych wreszcie przekonać, że należy przestrzegać uznanych reguł technicznych, a nie porad znachorów.



**Rys. 9.** Stopniowe przechodzenie z układu TN-C do układu TN-S

Stopniowe przechodzenie z układu TN-C do układu TN-S (rys. 9) powinno odbywać się według następującej procedury. Po pierwsze, przechodzenie musi odbywać się od obwodów odbiorczych poprzez kolejne obwody rozdzielcze w kierunku zasilania. Nie da się wprowadzić układu TN-S w obwodzie rozdzielczym, jeżeli głębiej w instalacji, bliżej odbiorów, pozostał gdziekolwiek układ TN-C. Po drugie, w okresie przejściowym mogą w określonych obwodach i/lub rozdzielnicach występować dwa przewody (szyny) spełniające funkcję przewodu neutralnego (N i PEN), ale nie powinny występować dwa przewody spełniające funkcję przewodu ochronnego (PE i PEN). I to cała mądrość, wystarczy jej konsekwentnie przestrzegać, jak to przedstawiono na rys. 9.

## 7. Przekłamanie o samoczynnym wyłączeniu zasilania

Kiedy dwadzieścia lat temu pojawił się ten termin, od początku funkcjonował w postaci zdeformowanej przez krzykliwych znachorów jako samoczynne **szybkie** wyłączenie zasilania. Dodając

samowolnie w komentarzach przymiotnik „szybkie” krętały elektrycy wyprzedzili tych, którzy w projektach aktów prawnych dopisywali słowa „lub czasopisma” albo „i inne rośliny”. Największy dopuszczalny czas samoczynnego wyłączenia zasilania wprawdzie może wynosić tylko ułamki sekundy, ale w innych sytuacjach wynosi 5 s, a w sieciach rozdzielczych nawet 1÷4 h. Przymiotnik „szybkie” jest zatem nadużyciem.

Warunkiem dotrzymania samoczynnego wyłączenia zasilania jest spełnienie następującej nierówności, która w technice zabezpieczeń oznacza sprawdzenie czułości zabezpieczenia:

$$I_{k1min} \geq k_c \cdot I_a \quad (4)$$

przy czym:

$I_{k1min}$  – najmniejszy spodziewany prąd zwarciovowy przy zwarciu L-PE na końcu rozpatrywanego obwodu,

$k_c$  – współczynnik czułości,

$I_a$  – prąd wyłączający urządzenia zabezpieczającego, czyli najmniejszy prąd wywołujący działanie w wymaganym czasie urządzenia zabezpieczającego powodującego samoczynne wyłączenie zasilania.

We wzorze (4) dla zasady znalazł się współczynnik czułości  $k_c$ , bo tak, z pewnym zapasem (np.  $k_c = 1,5$  dla zabezpieczeń podstawowych linii) sprawdza się czułość zabezpieczeń w urządzeniach wysokiego napięcia. W dotychczasowych normach i przepisach nie występuje on *explicite*, co można traktować jako równoznaczne z przyjęciem wartości  $k_c = 1$ . Są jednak pewne zalecenia (ale nie wymagania!) w arkuszu 6 normy [5] wprowadzania w zawołowany sposób współczynnika  $k_c = 1,5$ . Sprawa dotyczy zabezpieczeń nadprądowych, bo w przypadku wyłączników różnicowoprądowych z natury rzeczy występuje duży margines bezpieczeństwa.

Jeżeli w trakcie projektowania instalacji okazuje się, że warunek samoczynnego wyłączenia zasilania przez zabezpieczenia nadprądowe nie jest spełniony, a nie popełniono błędu w obliczeniach, to sprawę należy rozważyć w szerszej perspektywie. Instalacja „słaba”, o małych prądach zwarciovowych  $I_{k1min}$ , przypuszczalnie jest instalacją o niezadowalających warunkach napięciowych. Być może jest zasilana z końcowych odcinków sieci niskonapięciowej, być może trzeba zmienić jej konfigurację, inaczej usytuować rozdzielnice, skrócić obwody odbiorcze, nieco (o jeden stopień) zwiększyć przekroje przewodów. Jeżeli takie korekty nie dają pożądanego wyniku, to zawsze pozostaje środek prosty i radykalny – **połączenia wyrównawcze miejscowe**. Również nowa norma [3] w punkcie 411.3.2.6 wyraźnie i bez zastrzeżeń na to zezwala i to niezależnie od układu sieci bądź instalacji (TN, TT, IT). To zresztą jedyne remedium, jeżeli taką niezgodność z normą stwierdza się podczas sprawdzania instalacji i za późno na ingerencję w przekroje i długości przewodów.

Bezmyślne zwiększanie przekroju przewodów o kilka stopni, aby za wszelką cenę doprowadzić do samoczynnego wyłączenia zasilania w wymaganym czasie, nie świadczy dobrze o projektancie. Od dziesięcioleci obowiązuje zasada, że w razie uszkodzenia izolacji podstawowej powinno nastąpić samoczynne wyłączenie zasilania, a gdyby to nie było możliwe – występujące długotrwałe napięcia dotykowe nie powinny przekraczać wartości dopuszczalnej. To znaczy: albo samoczynne wyłączenie zasilania, albo ograniczenie napięć dotykowych utrzymujących się długotrwałe. *Długotrwałe* nie znaczy tu przez czas nieograniczony, godziny i dni. *Długotrwałe* znaczy dłużej niż wymagany przez normę czas wyłączenia zasilania. Jeśli norma wymaga w układzie TN o napięciu 230/400 V, w obwodach odbiorczych o prądzie nie przekraczającym 32 A, czasu wyłączenia 0,4 s, to *długotrwałe* znaczy, że czas wyłączenia jest większy niż 0,45 s (po zaokrągleniu 0,5 s [14]). Projektant korzysta z odstępstwa, jakie dopuszczają przepisy ochrony przeciwporażeniowej, ale wyłączenie musi nastąpić w takim czasie, aby nie została przekroczona obciążalność zwarciovowa cieplna przewodów i innych elementów instalacji. W tej dziedzinie odstępstw nie ma.

Zawsze tak było, ale dopiero 20 lat temu taki system ochrony nazwano samoczynnym wyłączeniem zasilania, bo to wyłączenie **jest pożądane** w każdym przypadku zwarcia L-PE, aczkolwiek jak widać **nie jest obligatoryjne**. Chociaż wielu elektrykom trudno w to uwierzyć, system ochrony

o nazwie *samoczynne wyłączenie zasilania* nie musi polegać na samoczynnym wyłączeniu zasilania w wymaganym czasie. Nie dyskwalifikuje to rozwiązania ochrony od porażen ani rozwiązania instalacji. Trzeba jednak pamiętać o innych, zwłaszcza cieplnych skutkach przedłużającego się przepływu prądu zwarciovego i odpowiednio je opanować.

Kolejne rozpowszechnione polskie dziwactwo polega na niejednakowym traktowaniu wskazanych w normie urządzeń, które nadają się do samoczynnego wyłączenia zasilania. W przypadku układu TN kolejne wydania arkusza 41 normy [3] wyraźnie wymieniają urządzenia, jakie mogą być użyte do tego celu: zabezpieczenia nadprądowe i zabezpieczenia różnicowoprądowe ([3], pkt 411.4.5). Norma wymienia je jako urządzenia równouprawnione, bez żadnego wartościowania. Jeżeli zatem nie sposób zapewnić w wymaganym czasie samoczynne wyłączenie zasilania przez zabezpieczenie nadprądowe, to można w obwodzie dodać wyłącznik różnicowoprądowy, prąd wyłączający  $I_a$  we wzorze (4) z kilkuset czy kilkudziesięciu amperów spada do poziomu nawet ułamka ampera i problem jest radykalnie rozwiązany. Pod warunkiem oczywiście, że nie ma wyraźnych przeciwwskazań do zainstalowania wyłącznika różnicowoprądowego w rozważanym obwodzie.

I wtedy zaczyna się polskie wydziwianie: że wyłącznik owszem, można zainstalować, ale mimo to obowiązuje wymaganie samoczynnego wyłączania w przewidzianym czasie przez zabezpieczenie nadprądowe. Wprawdzie Uwaga 1 do punktu 411.4.5 normy [3] informuje: *Jeżeli RCD jest użyty do ochrony dodatkowej, to obwód zaleca się zabezpieczyć także urządzeniem nadprądowym zgodnie z IEC 60364-4-43*, ale przecież jak wół jest napisane, że zabezpieczenie nadprądowe ma wtedy służyć do „ochrony przed prądem przetężeniowym” (arkusz 43), a nie do ochrony przeciwporażeniowej (arkusz 41).

Układ TN jest jedynym, w którym zabezpieczenia nadprądowe mogą rezerwować wyłączniki różnicowoprądowe i to ważna jego zaleta, ale chodzi o zdarzenia rzadkie, o kolejne (drugie lub trzecie) uszkodzenie układu ochrony (np. zwarcie L-PE oraz uszkodzenie wyłącznika różnicowoprądowego) i można w takiej sytuacji akceptować czas wyłączenia (wkładki topikowej) znacznie dłuższy niż wymagany przez normę (przy pierwszym uszkodzeniu).

Według innego polskiego przesądu nie ma ochrony przeciwporażeniowej bez wyłącznika różnicowoprądowego, musi on być w każdym obwodzie. Nic bardziej fałszywego, wyłącznik jest nieodzowny w dwóch przypadkach, kiedy jest niezastąpiony:

a) Kiedy norma wymaga zastosowania **ochrony uzupełniającej** przed dotykem bezpośrednim, tzn. kiedy wymaga użycia wyłącznika różnicowoprądowego wysokoczułego ( $I_{\Delta n} \leq 30$  mA), a dotyczy to tylko używania odbiorników przenośnych, zwłaszcza ręcznych, przez laików i/lub w warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniem (miejsca wilgotne i mokre, ograniczone przestrzenie przewodzące itp.). Bodaj jedynym wyjątkiem jest zasilanie urządzeń stałych klasy ochronności II w ograniczonych przestrzeniach przewodzących (arkusz 706), których obwód powinien być chroniony wyłącznikiem różnicowoprądowym wysokoczułym.

b) Kiedy norma wymaga zastosowania **ochrony od pożarów** wywołanych oporowymi zwarciami doziemnymi (obiekty niebezpieczne pod względem pożarowym).

Do celów ochrony dodatkowej (ochrony przy uszkodzeniu) norma w żadnym przypadku nie wymaga użycia wyłącznika różnicowoprądowego, a tylko wskazuje na możliwość jego użycia na równi z innymi urządzeniami, zwłaszcza nadprądowymi.

## 8. Wnioski

Pokrętne interpretowanie postanowień norm, a nawet świadome ich fałszowanie jest w Polsce na porządku dziennym, również w wydawnictwach uchodzących za poważne i odpowiedzialne. Fałszowanie, na ogół nieświadome, zaczyna się w Polskim Komitecie Normalizacyjnym przy tłumaczeniu tekstu normy. Są to praktyki w najwyższym stopniu naganne.

Nie po to liczne, wielonarodowe zespoły ekspertów najpierw w IEC, a potem w CENELEC proponują, formułują, konsultują, dyskutują i wreszcie przyjmują uznane reguły techniczne i sygnują je swoimi nazwiskami, aby deformowali je najpierw członkowie komitetów technicznych PKN, a następnie grupki internetowych anonimowych nieuków. Werdykty są proste: tekst, którego nieuk



nie jest w stanie zrozumieć, jest błędny, chociaż sam nie potrafi napisać nic sensownego, co kto inny mógłby zrozumieć.

Specjaliście wolno nie zgadzać się z określonymi postanowieniami norm (mowa oczywiście o postanowieniach w tekstach oryginału normy bądź o tekstach bezbłędnie przetłumaczonych). Wolno wyłuszczać i uzasadniać swoje racje, aby innych do nich przekonać, aby ostrzec użytkowników normy i aby zaproponować wprowadzenie zmian.

Wolno w projekcie budowlanym zastosować rozwiązania doskonalsze i droższe niż minimum wymagane przez normę, jeśli przekona się inwestora, i będzie on skłonny zapłacić za dodatkowy margines bezpieczeństwa. Natomiast wmawianie prostym elektrykom bądź niezorientowanym inwestorom przesadnej albo zgoła błędnej interpretacji normy, skutkującej zwiększeniem kosztów i/lub obniżeniem bezpieczeństwa, jest przejawem nieuczciwości i szalbierstwa.

## Literatura

1. PKN-CENELEC/GUIDE 3:2006 Wzajemne relacje między przepisami i normami. Część 1: Powoływanie się na normy – główne sposoby stosowania. Część 2: Harmonizacja przepisów i powołań na normy.
2. PN-EN 45020: 2000 Normalizacja i dziedziny związane. Terminologia ogólna.
3. PN-HD 60364-4-41:2007 (U) Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przeciwporażeniowa.
4. PN-HD 60364-5-51:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 5-51: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Postanowienia ogólne.
5. PN-HD 60364-6:2008 Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzanie.
6. PN-EN 61140:2005 Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym – Wspólne aspekty instalacji i urządzeń.
7. PN-80/N-02004 Wytyczne opracowywania norm terminologicznych. Przepisy.
8. Grabowska-Szweicer E.: Powoływanie norm w przepisach prawnych. Wiadomości PKN – Normalizacja, 2009, nr 3, s. 3-6.
9. Grzegorzczkowska R.: Zarys słownictwa polskiego. PWN, Warszawa, 1979.
10. Mazur M.: Terminologia techniczna. WNT, Warszawa, 1961.
11. Musiał E.: Alternatywa „układ TN czy układ TT” w niskonapięciowej sieci rozdzielczej wspólnej. W: [Materiały] XI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Bezpieczeństwo elektryczne”, Wrocław, 1997. Inst. Energoelekt. Polit. Wroc., SEP Oddz. Wrocław, tom I, s. 118-125.
12. Musiał E.: Powszechnie uznane reguły techniczne. Biul. SEP INPE „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”. 2002, nr 46, s. 3-17.
13. Musiał E.: Pojmowanie przepisów i norm bezpieczeństwa. Miesięcznik SEP INPE „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”, 2007, nr 93-94, s. 3-24.
14. Musiał E.: Zaokrąglanie i zapisywanie wyników obliczeń przybliżonych. Miesięcznik SEP INPE „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”, 2007, nr 93-94, s. 104-115.
15. Vorschriften betreffend Erstellung, Betrieb und Instandhaltung elektrischer Hausinstallationen (Hausinstallationsvorschriften des SEV), VI. Auflage (1946). Zürich, Juli 1946.

Powyższy tekst jest rozszerzoną wersją artykułu o danych bibliograficznych:

Musiał E.: **Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach niskiego napięcia. Najczęstsze nieporozumienia i błędy interpretacyjne.** Miesięcznik SEP INPE „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”, 2009, nr 117, s. 3-22.