

WĄTPLIWOŚCI INTERPRETACYJNE POSTANOWIEŃ NORMY PN-IEC 60364

Zwracam się z uprzejmą prośbą o skomentowanie następujących kwestii:

1. Jak należy rozumieć określenie *instalacje oświetleniowe miejsc publicznych* (PN-IEC 60364-1 punkt 11.3e). Dotychczas nie mogłem odnaleźć przepisu lub objaśnienia, jakie obiekty zaliczane są do *miejsc publicznych*.
2. Czy jest wydana norma lub rozporządzenie dotyczące obciążalności długotrwałej przewodów i kabli w publicznych sieciach rozdzielczych? Zgodnie z PN-IEC 60364-1 punkt 11.4 norma PN-IEC 60364-5-523 nie dotyczy publicznych sieci rozdzielczych.
3. Jak należy rozumieć następujące ustalenia w PN-IEC 60364:
 - a) W PN-IEC 60364-4-482 punkt 482.25 „oprzewodowanie umieszczone w materiale palnym... należy zabezpieczać przed bezpośrednim układaniem na materiałach palnych”.

b) W PN-IEC 60364-5-523 punkt 523.8.1 sposób podstawowy C (patrz tab. 52-B1 (c) i tab. 52-B2 p. 20 i 21) uwzględnia obciążalność długotrwałą przewodów układanych na ścianie i suficie drewnianym.

Ochrona przeciwpożarowa w instalacjach elektrycznych jest ujęta w kilku normach i przepisach wraz z innymi branżami. Moim zdaniem całość zagadnień ochrony przeciwpożarowej dotyczących instalacji elektrycznych powinna być ujęta w jednym opracowaniu z uwzględnieniem przepisów polskich.

4. Nie jest rozwiązany problem „przebiecia atmosferyczne a instalacja gazowa w budynkach”. Od wielu lat do ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody instaluje się piece gazowe, z których spaliny odprowadzane są metalowymi przewodami spalinowymi wystającymi 20÷50 cm nad dachem budynku. Piece gazowe połączone są z instalacją elektryczną w układzie TN-C lub TN-S (w układzie TN-C w starym budownictwie nie ma połączeń wyrównawczych). Wspomniane metalowe przewody spalinowe są przewodami odprowadzającymi, ale nie są połączone z uziomami instalacji odgromowej. Czy przy takim montażu instalacji gazowych przebiecia atmosferyczne nie zagrażają budynkom? Jeżeli tak, to jak prawidłowo należy wykonać połączenia uziemiające, aby chronić instalację i obiekt przed skutkami przepięć atmosferycznych?
5. W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku kilkanaście tysięcy odbiorców energii elektrycznej grupy V, spełniając wydane przez Zakłady Energetyczne „warunki przyłączenia” (Dz. U. Nr 135/98 § 3), montowało jako zabezpieczenia przedlicznikowe wyłączniki nadmiarowo-prądowe bezzwłoczne, nie spełniające warunku selektywności. Czy instytucje sprawujące nadzór nad realizacją inwestycji i remontów obiektów budowlanych oraz czuwające nad przestrzeganiem stosowania przepisów, Polskich Norm i zasad wiedzy technicznej podjęły działania, aby ten błąd naprawić?
6. W odbywających się dyskusjach na temat stosowania w elektrotechnice norm i rozwiązań technicznych dyskutanci bardzo często powołują się nie na normy europejskie i międzynarodowe, lecz na normy niemieckie jako wzór do stosowania. Czy w Niemczech, należących od kilkunastu lat do Unii Europejskiej w dalszym ciągu obowiązują przed innymi normy niemieckie (DIN), a potem europejskie i międzynarodowe, a jeżeli tak, to dlaczego?

S. Mordas, Wałcz

Odpowiedź 1

Treść pierwszych dwóch pytań wskazuje, że Czytelnik rozumie co to jest *sieć publiczna*, ale ma wątpliwości, co to jest *miejsce publiczne*. Skoro określenie *miejsce publiczne* nie zostało specjalnie zdefiniowane i znaczeniowo zawężone lub rozszerzone na użytek norm i/lub przepisów elektrotechnicznych, to odpowiedzi szukać trzeba w słowniku języka polskiego. Można w nim znaleźć następujące objaśnienie: *publiczny* – dotyczący ogółu ludzi, służący ogółowi, przeznaczony, dostępny dla wszystkich... nieprywatny, na przykład własność publiczna, droga publiczna, biblio-

teka publiczna, szkoła publiczna, lokal publiczny, miejsce publiczne... Słownik języka francuskiego *Le petit Robert* tak objaśnia *lieux publics* (*lieu public*): miejsce z przeznaczenia dostępne dla ogółu ludzi (ulica, park, merostwo) albo miejsce prywatne, z którego ogół może korzystać (kawiarnia, kino).

Na pytanie, czy w licznych arkuszach normy PN-IEC 60364 jest chociaż jeden bez rażących błędów, od lat odpowiadam, że nie ma. Gorzej, nie pamiętam ani jednej strony bez większych czy mniejszych błędów. Ten sabotaż normalizacyjny uprawiany w Komitecie Technicznym nr 55 PKN pod kierunkiem prof. Z. Flisowskiego, trwa w najlepsze. Trwa, bo tysiące polskich elektryków przyzwalają na to, zamiast uderzyć pięścią w stół i krzyknąć „mamy tego dosyć”.

Gdyby członkowie KT nr 55, dobrani na zasadzie domniemania utalentowania, a przynajmniej ci z nich, którzy są profesorami i doktorami, znali choć trochę język angielski, język polski i elektrotechnikę, to w cytowanym przez Czytelnika punkcie byłoby napisane *instalacje oświetleniowe dróg publicznych*, bo tak jest w oryginale: *public street-lighting installations*.

Odpowiedź 2

W arkuszu PN-IEC 60364-5-523 są dziesiątki błędów, a część dotycząca obciążalności długotrwałej kabli została, przy udziale Polskiego Centrum Promocji Miedzi, tak zniekształcona w porównaniu z oryginałem IEC 60364-5-523, by kilkakrotnie zwiększyć zużycie miedzi na potrzeby kablowe. Wyjaśniłem to szczegółowo w numerze 48 Biuletynu INPE (str. 96-110). Uczciwy i rozsądny elektryk nie może korzystać z tablic obciążalności kabli podanych w normie. Błędy są ewidentne, zostały nagłośnione w prasie technicznej, zatem korzystanie z tych tablic oznacza świadomy udział w przestępstwie sabotażu gospodarczego zainicjowanym przez KT nr 55 pod kierunkiem prof. Z. Flisowskiego.

Trzeba nadal korzystać z zeszytu 10 Przepisów Budowy Urządzeń Elektroenergetycznych niezależnie od tego, o jakie sieci kablowe chodzi (publiczne, prywatne, zakładów przemysłowych). Żadnego innego dokumentu normatywnego nie ma.

Odpowiedź 3

- a) Jeśli się cytuje, trzeba to czynić dokładnie. W arkuszu PN-91/E-05009/482 w punkcie 482.2.5 napisano: „Jeżeli przewodowanie nie znajduje się w materiale niepalnym, należy zastosować środki zapewniające nierozprzestrzenianie się płomienia przez to przewodowanie”. Ten sam punkt w kolejnym wydaniu tego arkusza jako PN-IEC 60364-4-482:1999 ma brzmienie: „Jeżeli przewodowanie jest umieszczone w materiale palnym, należy zapewnić takie środki, aby przewodowanie nie rozprzestrzeniało płomienia”. Oba wydania są „wiernym” tłumaczeniem tego samego tekstu oryginalnego IEC 364-4-482 z roku 1982, którego nie mam i „wierności” ocenić nie mogę.
- b) Brak jasno i konkretnie sformułowanego pytania.

Słusznie, całość zagadnień ochrony przeciwpożarowej dotyczących instalacji elektrycznych powinna być ujęta w jednym opracowaniu.

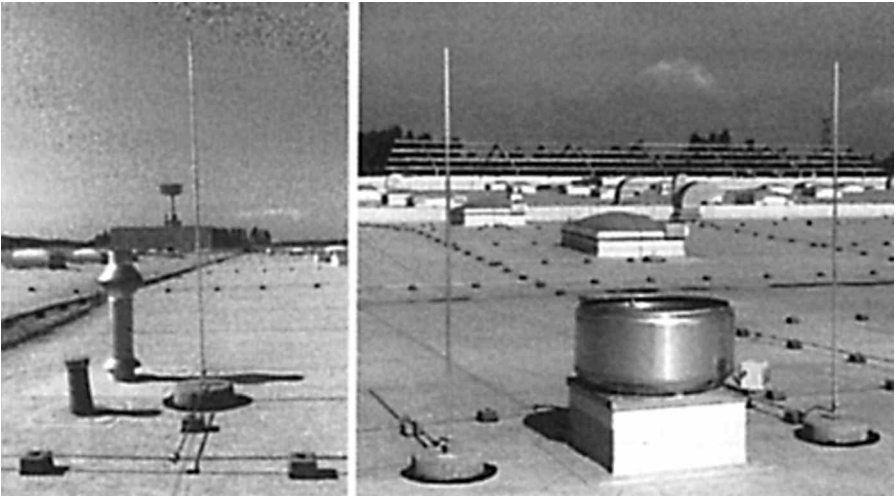
Odpowiedź 4

Powołując się zasadnie bądź bezpodstawnie na nowe Prawo Budowlane wielu hochsztaplerów i niedouczonej osób z uprawnieniami robi pieniądze na opracowywaniu rozmaitej dokumentacji: inwentaryzacji, adaptacji i modernizacji różnych instalacji oraz ich badań i pomiarów. Odbywa się to poprzez wymuszanie, wyłudzenie lub znowę z administratorami budynków. Najbardziej widocznym efektem nowego Prawa Budowlanego są stopy niewiele wartych dokumentów oraz różne modernizacje i remonty wykonane zgodnie z trzecim prawem Newtona-Słoczyńskiego od półwiecza działającym na wschód od Odry: *każdemu remontowi towarzyszy zniszczenie równe co do wielkości i przeciwnie skierowane.*



Rys. 1. *Dwa w jednym: prosty sposób na zwiększenie ciągu i zagrożenia piorunowego (budynki przy końcu ulicy Partyzantów w Gdańsku-Wrzeszczu).*

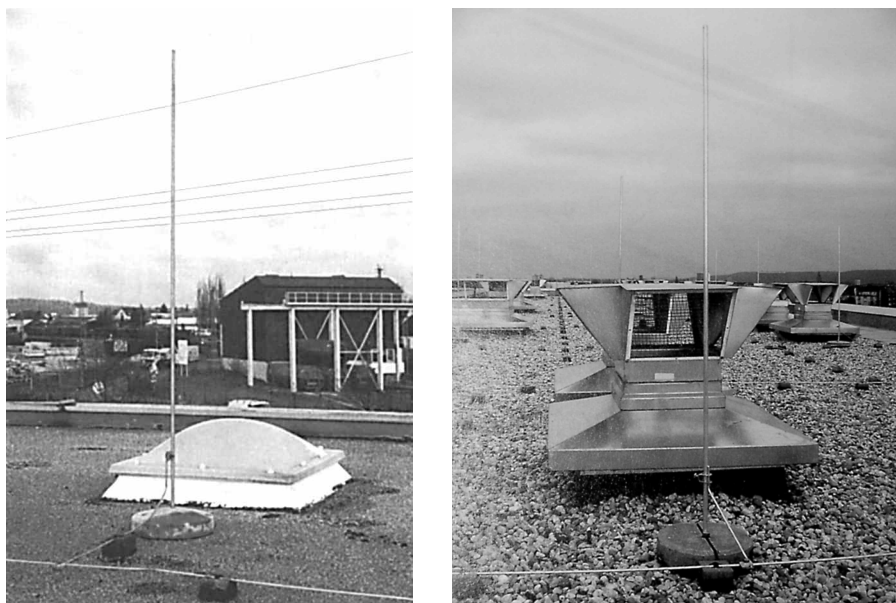
Widuję nawet na swoim osiedlu niedawno zainstalowane na dachu pionowe rury o wysokości rzędu 1 m stanowiące wywietrzniki bądź wyloty kanałów dymowych (rys. 1), zakończone niewidocznymi na fotografii pionowymi prętami zwiększającymi wysokość konstrukcji o dalsze 0,4 m. Zakładają je kominiarze nie wiedząc, co czynią. Mają wymagane uprawnienia i pewnie jakąś wiedzę oraz doświadczenie wskazujące na celowość wyniesienia wywietrzników i wylotów kanałów dymowych ponad poziom dachu dla zwiększenia ciągu, ale nikt im nie uprzytomnił, że może to być niebezpieczne ze względu na zagrożenie piorunowe.



Rys. 2. Wolnostojące zwody pionowe na cokołach betonowych do ochrony odgromowej zainstalowanych na dachu wywiewników (DEHN).

Jeżeli na budynku z instalacją piorunochronną, w postaci zwodów poziomych niskich, *de facto* zakłada się dodatkowe zwody pionowe, to mogą one przejmować część wyładowań piorunowych. Nawet jeżeli we wnętrzu budynku kanały wentylacyjne i dymowe w zasadzie są murowane, to połączenie przewodzące, niekoniecznie ciągłe na całej długości, może być zachowane między rurami na dachu a gazowymi ogrzewaczami wody na najwyższej kondygnacji. Jeżeli chociaż część prądu piorunowego tą drogą spłynie do wnętrza budynku, do rur gazowych, połączonych z nimi rur wodociągowych i innych części przewodzących obcych, to nieszczęście gotowe.

Jeżeli taki problem pojawia się, to powinien być rozwiązany wspólnie przez specjalistów od instalacji sanitarnych i elektrycznych. Pierwszy zdecyduje, czy te metalowe rury na dachu naprawdę są konieczne, ile ma ich być, jakiej wysokości i jak rozmieszczonych. Drugi zdecyduje, czy wymagają objęcia ochroną odgromową zewnętrzną. Można to uczynić za pomocą wolnostojących zwodów pionowych na betonowych cokołach ustawionych na płaskim dachu (rys. 2 i 3). Produkowane są zwody o wysokości od 0,75 m do 6 m, przy czym te najwyższe wymagają odciągów. Zwody powinny być izolowane, nie połączone z wywiewnikami, a te ostatnie powinny znajdować się w strefie ochronnej zwodów, wyznaczonej dla kąta osłonowego dobranej zależnie od wysokości budynku i wymaganego poziomu ochrony.



Rys. 3. Wolnostojące zwody pionowe na cokołach betonowych do ochrony odgromowej elementów instalacji sanitarnych na płaskim dachu (DEHN).

Odpowiedź 5

W Polsce instytucje powołane do czuwania nad przestrzeganiem zasad wiedzy technicznej zatrudniają nieuków nie pojmujących tych zasad bądź lekceważących je; niektórzy z nich mają stopnie i tytuły naukowe. Zakłady energetyczne i nowe twory z nich powstałe opłatę za moc przyłączeniową uzależniają od parametrów zabezpieczenia zwarciego, co jest absurdem. Wprawdzie zatrudniają ludzi z wyższym wykształceniem zawodowym, a nawet akademickim, ale nie interesują się oni, jak to się robi w innych krajach (rozsądny ryczałt, ogranicznik mocy w postaci samoczynnego rozłącznika wyposażonego tylko w wyzwalacz przeciążeniowy, niemiecki *Selektiver Haupt-Leitungsschutzschalter* itp.). Wyrocznią dla nich jest prezes, jego umysł wzbudza podziw i szacunek, bo potrafi zadbać o kulo odporne szyby w gabinecie, barek za 38 000 zł (równowartość ponad 150 MWh) i posady dla całej rodziny gwarantowane przez 10 lat (Kalisz), a kiedy zastępca zostanie przyłapany na kradzieży energii, to prezes potrafi błyskawicznie tak zmienić przepisy, by nie płacił kary (Elbląg), a na koniec wszystko to potrafi przedstawić URE jako uzasadnione koszty dostawy energii. Słowem geniusz, który wszystko potrafi, *ergo* wszystko wie.

Mój dyplomant sprzed roku z osłupieniem opowiadał, jak projektantom tuż przed emeryturą, mającym wszelkie uprawnienia, musiał objaśniać zasady wybiórczego działania wyłączników między sobą i z bezpiecznikami, bo ich wiedza kończyła się na kombinacji bezpiecznik-bezpiecznik, a o innych konfiguracjach mieli prymitywne wyobrażenia nabyte z lektury głupawych artykułów i z lubelskiego programu kom-

puterowego opartego na błędnych przesłankach. Dopóki będziemy popierać albo choćby tolerować niekompetencję i głupotę, to będziemy wkoło zbierać tego owoce. Bezsukutecznie próbowałem poruszyć uśpioną społeczność elektryków rozpoczynając jeden z ważnych artykułów mottem: *Dla triumfu nieprawości i głupoty wystarczy, aby ludzie uczciwi i rozsądni nic nie czynili* (Biuletyn INPE, nr 46).

Odpowiedź 6

W Niemczech i w innych krajach Unii normy nie obowiązują, formalnie nie ma obowiązku ich przestrzegania. Prezentują aktualny stan uznanych reguł technicznych, których stosowanie w zasadzie jest dobrowolne. O tym, dlaczego lepiej i mądrzej jest je stosować, pisałem szczegółowo w zeszytce nr 46 Biuletynu INPE.

Różnice w liczebności zbioru Polskich Norm (PN) i norm niemieckich (DIN VDE) oraz różnice w ich treści mają różne powody:

- Niemieckich normalizacyjnych komitetów technicznych pod względem fachowości i skrupulatności opracowywania tekstu norm nijak nie można przyrównywać do partactwa uprawianego w dużej części polskich komitetów technicznych PKN (zob. nr 48 Biuletynu INPE).
- Liczba norm niemieckich jest znacznie większa niż liczba dokumentów normatywnych europejskich (EN, HD) i polskich. Normy niemieckie obejmują szerszy zakres techniki, również elektrotechniki i/lub dotyczą tematów bardziej szczegółowych.
- Bywa, że ten sam zakres tematyczny w Polsce obejmuje norma będąca tłumaczeniem normy międzynarodowej IEC, a w Niemczech – europejski dokument harmonizacyjny HD. Jest tak m.in. w zakresie instalacji elektrycznych w budynkach.
- Jeśli nawet norma PN i norma DIN VDE mają ten sam pierwowzór EN lub IEC, to tekst niemiecki wiernie odpowiada oryginałowi, a w tekście polskim roi się od błędów tłumaczenia. Teksty niemiecki i polski nie są zatem identyczne.
- Jeżeli treść normy międzynarodowej IEC jest niezadowalająca, a nie udało się uzgodnić dokumentu europejskiego EN, czy chociażby HD, to Niemcy wydają normę własną. Mają na przykład wydaną w roku 2002 normę DIN VDE 0100-701 (VDE 0100 Teil 701):2002 na instalacje elektryczne w pomieszczeniach kąpielowych, która w zasadniczych postanowieniach różni się od dokumentu IEC 60364-7-701, a tym bardziej od nieudolnego polskiego tłumaczenia PN-IEC 60364-7-701. Wspomniana norma niemiecka nie jest sprzeczna z normą europejską, bo takiej nie ma w tym zakresie.
- Poza normami DIN VDE do dobrowolnego stosowania Niemcy mają różne przepisy techniczne do obowiązkowego stosowania, a niektóre z nich stawiają wymagania ostrzejsze, dalej idące i bardziej szczegółowe niż normy.

W styczniowym zeszytce Przeglądu Elektrotechnicznego z roku 1965, w czasach głębokiej komuny, prof. Jan Piasecki opublikował artykuł *O czym należy wiedzieć przy korzystaniu z przepisów elektrotechnicznych VDE*, którego lekturę polecam i dziś. Autor wiedział o czym pisze; absolwent przedwojennej Politechniki Gdańskiej, język niemiecki opanował do perfekcji i był „tajnym współpracownikiem” VDE. „Tajnym”, bo nie figurował w oficjalnym składzie Komisji VDE 0100, ale jej prze-

wodniczący, prof. Albert Stormanns, przez wiele lat przysyłał mu projekty norm do zaopiniowania i z wdzięcznością przyjmował wszelkie uwagi. Niestety, w Warszawie zdanie prof. Piaseckiego mniej się liczyło.

Jedna odpowiedź na wszystkie pytania

Prof. Ewa Łętowska pisywała kiedyś w „Polityce” krótkie felietony na tematy związane z tworzeniem i stosowaniem prawa. Odpowiedzią na wszystkie pytania Czytelnika jest felietonik „Recepta koziarza z Pajtunów” zamieszczony w numerze 47 (1907) z 20 listopada 1993 roku, wyjaśniający dlaczego polski koziarz z Pajtunów robi ser kozi nie gorszy niż Francuzi, a polscy posłowie oraz inni twórcy prawa i norm czegoś analogicznego nie potrafią: *... to wszystko z niechęci do porządnej pracy przy zdefiniowaniu problemu, który chcemy rozwiązać, zebrania wiadomości o tym, jak sobie radzili inni z tą samą kwestią i konsekwentnego wyrażenia tego w fachowym, prawniczym języku. Bez wymyślania co rusz samemu na nowo koła garncarskiego... Bo tak naprawdę, to sprawa sprowadza się do tego, aby wiedzieć, czego się rzeczywiście chce, i umieć to przeprowadzić. U nas się często chce, ale nie umie i nie wie.*

Edward Musiał

W SPRAWIE PRAC KONTROLNO-POMIAROWYCH

Uprzejmie proszę o odniesienie się do dwóch zagadnień z zakresu badań stanu ochrony przeciwporażeniowej.

Zagadnienie 1.

W normie PN-E-04700:1998 „Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych” w punkcie 6.6.5, dotyczącym rezystancji izolacji kabli niskiego napięcia, widnieje zapis, że zmierzona rezystancja izolacji kabla powinna być przeliczona na temperaturę 20 °C. Wynika z tego, że jeżeli pomiar był przeprowadzany w temperaturze innej niż 20 °C, to otrzymany wynik pomiaru należy pomnożyć przez współczynnik poprawkowy i dopiero tak skorygowana wartość może być podstawą oceny stanu izolacji kabla. Mam następujące pytania:

1. Jakie są wartości współczynników poprawkowych i gdzie (w jakim akcie prawnym) są publikowane?
2. Jak ocenić (szacować/ mierzyć?) temperaturę, w której dokonuje się pomiaru? Czy jest to temperatura żyły kabla, izolacji czy otoczenia? W powietrzu łatwo ją zmierzyć, ale jak to wykonać w przypadku kabla zakopanego w ziemi na głębokości np. 0,7 m? Jak w zimie, a jak w lecie?
3. Co począć w sytuacji, gdy 100-metrowy odcinek kabla jest prowadzony wzdłuż takiej trasy: 20 m po nasłonecznionej ścianie budynku, 50 m w ziemi w rurze PVC, 20 m również w ziemi, ale bez rury i 10 m w kanale kablowym w obiekcie budowlanym. Jaką temperaturę przyjmować gdy pomiary dokonywane są w lipcu, a jaką – gdy w styczniu?

Zagadnienie 2.

W nawiązaniu do odpowiedzi p. dr. inż. E. Musiała (INPE nr 42/2001) na pytanie czytelnika w sprawie ustalania wartości prądów wyłączających I_a wyłączników uprzejmie proszę o uszczegółowienie odpowiedzi w odniesieniu do sytuacji opisanej poniżej i o odpowiedź czy moja interpretacja zapisów w karcie katalogowej wyłącznika silnikowego M611 (ale również na przykład M250) jest poprawna. Trójfazowy silnik klatkowy ma być zabezpieczony wyłącznikiem silnikowym typu M611 z nastawialnym wyzwalaczem przeciążeniowym i nienastawialnym wyzwalaczem zwarciovym. Dobrany przez projektanta prąd nastawczy członu przeciążeniowego wynosi 10 A. Możliwe są dwa przypadki:

1. Dobieram wyłącznik o zakresie nastawczym członu przeciążeniowego 6,3...10 A. Prąd zadziałania wyzwalacza zwarciovego (i jednocześnie prąd wyłączający I_a) wynosi według zapisu w karcie katalogowej wyłącznika:

$$14 \times I_{\text{nastmax}} + 20 \% = 14 \times 10 + 0,2 \cdot (14 \times 10) = 140 + 28 = 168 \text{ A}$$

W tym przypadku prąd nastawczy członu przeciążeniowego 10 A jest maksymalnym prądem nastawczym I_{nastmax} tego konkretnego wyłącznika, więc największa dopuszczalna impedancja pętli Z_s , ze względu na samoczynne wyłączenie zasilania przy napięciu znamionowym 220 V wynosi:

$$Z_s = U_0 / I_a = 220 \text{ V} / 168 \text{ A} = 1,3 \ \Omega$$

2. Dobieram wyłącznik o zakresie nastawczym członu przeciążeniowego 10...16 A i nastawiam prąd 10 A. Prąd wyłączający I_a wynosi:

$$14 \times I_{\text{nastmax}} + 20 \% = 14 \times 16 + 0,2 \cdot (14 \times 16) = 224 + 44,8 = 268,8 \text{ A}$$

W tym przypadku prąd nastawczy wynosi również 10 A, ale do wyznaczenia prądu wyłączającego I_a do powyższego wzoru wstawiam wartość 16 A, gdyż jest to maksymalna wartość prądu nastawczego dla tego konkretnego wyłącznika. Dopuszczalna impedancja pętli w tym przypadku wynosi więc:

$$Z_s = U_0 / I_a = 220 \text{ V} / 268,8 \text{ A} = 0,82 \ \Omega$$

Wniosek: przyjęcie drugiego wariantu tj. wyłącznika o możliwości nastawy członu przeciążeniowego w zakresie 10...16 A powoduje o 100 % ostrzejsze wymagania co do dopuszczalnej impedancji pętli zwarciovwej.

Mam następujące pytania: czy interpretacja i przyjmowanie wielkości oznaczonej I_{nastmax} w sposób powyżej opisany jest poprawne? Jeżeli tak, to czy wyliczone prądy gwarantują zadziałanie wyłącznika w czasie 0,2 s? Karty katalogowe wyłączników silnikowych nie podają niestety czasów ich wyłączania w zależności od prądów pobudzających ich człony zwarciovwe.

K. Janbor

Odповідź na pytania zawarte w zagadnieniu 1

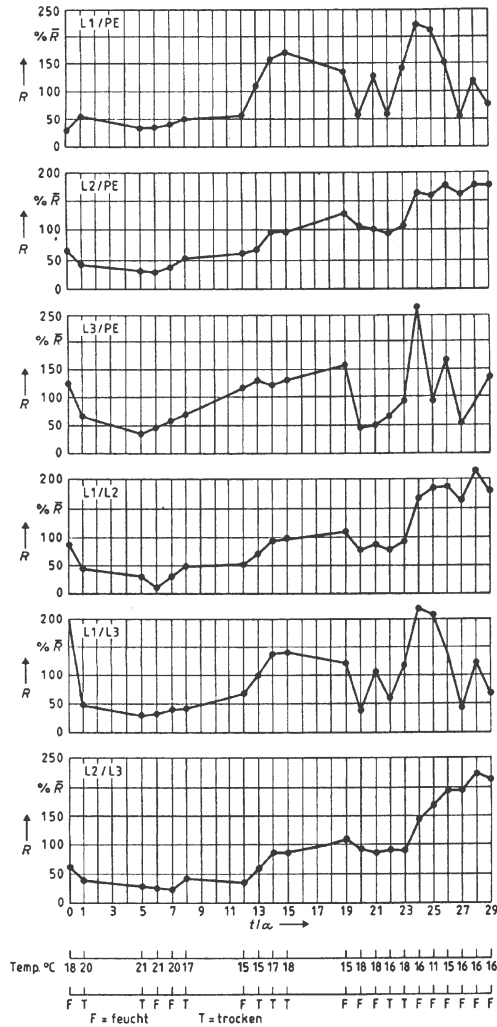
Poza grochówką z boczkiem i schabowym z kapustą kolejną polską specjalnością, wywołującą niestrawność i zgagę, jest przeliczanie wyników pomiarów rezystancji izolacji przewodów i kabli na temperaturę odniesienia 20 °C, dla której od dawna niektóre polskie normy bądź przepisy podają najmniejszą dopuszczalną wartość rezystancji izolacji bez wyjaśnienia, jak przeliczenia dokonać. Mieści się to w polskiej filozofii takiego formułowania przepisów, aby ich użytkownikom życie utrudnić i by każdemu łatwo było zarzucić postępowanie niezgodne z narzuconymi normami, których zresztą żaden prawodawca skomentować nie chce, bo nie potrafi. Wykonujący prace kontrolno-pomiarowe nie protestują zbytnio, bo mają pretekst, by z tytułu skomplikowanych przeliczeń podnieść wysokość rachunku za badania.

Nikt nie zauważył, że takiego przeliczania w przypadku przewodów nie wymagają normy międzynarodowe IEC ani normy europejskie EN, ani normy niemieckie DIN VDE, ani żadne komentarze do tych norm, i może dobrze byłoby się zastanowić, dlaczego tak jest. Alternatywą jest przyzwolenie na dalsze wybryki zatęchłych polskich centralnych kolegiów, w których panują samouwielbienie i wysławianie własnych poronionych wymysłów bez względu na to, co w danej dziedzinie dzieje się w świecie.

We wielokrotnie wznawianym ponad 500-stronicowym komentarzu VDE-Schriftenreihe 47 *Sicherheitstechnische Prüfungen in elektrischen Anlagen mit Spannungen bis 1000 V A*. Winklera, E. Lienenklaus i A. Rontza zamieszczono ciekawe wyniki pomiarów (rys. 1). W starym budynku, od dawna nieużywanym, ale w niezłym stanie technicznym, codziennie przez kolejne 30 dni mierzono rezystancję izolacji przewodów instalacji trójfazowej, odnotowując każdorazowo temperaturę powietrza i – opisowo – poziom jego wilgotności. Wyniki podano w wartościach względnych, odniesione w każdym przypadku do średniej wartości rezystancji izolacji między określoną parą przewodów, przyjętej za 100 %. Najmniejsze zmierzone wartości są ponad dwukrotnie mniejsze niż wartość średnia, a największe stwierdzone wartości – ponad dwukrotnie większe. Rozrzut jest większy niż 50÷200 % wokół wartości średniej, wartości skrajne różnią się więcej niż 1:4 i to w przebiegu jednego miesiąca. Niech ktoś wskaże jakąś prawidłowość w przebiegu wykresów na rys. 1. Jaki sens ma w tej sytuacji aptekarskie podejście Szanownego Czytelnika?

W czym rzecz? Otóż wartość rezystancji izolacji, mierzona przy napięciu pomiarowym stałym, jest tylko jednym z wielu możliwych kryteriów oceny stanu izolacji urządzenia elektrycznego, a ściślej – własności elektrycznych tej izolacji. Inne możliwe kryteria to na przykład: prąd upływowy, składowa czynna prądu upływowego, wytrzymałość elektryczna statyczna, wytrzymałość elektryczna udarowa oraz rozmaite wskaźniki syntetyczne obliczane z wyników pomiarów (wskaźniki polaryzacji R_{10}/R_1 lub R_{60}/R_{15} dla maszyn, wskaźnik $R \cdot C = \rho \cdot \varepsilon$ dla kabli o polu promieniowym oraz inne). Wspomniane wielkości pochodzą z badań wykonywanych napięciem o różnym przebiegu: stałym o różnej biegunowości, udarowym o różnej biegunowości i różnym kształcie udaru, przemiennym o częstotliwości sieciowej lub przemiennym o częstotliwości bardzo niskiej (0,1 Hz). Pomiary rezystancji izolacji upowszechniły się nie dlatego, że ich wyniki są najbardziej miarodajne, lecz dlatego, że łatwo je uzyskać, że pomiary są względnie proste, łatwe do przeprowadzenia przy użyciu prostych mierników.

Wynik pomiaru rezystancji izolacji jest bardziej miarodajny w przypadku obiektu o zwartej budowie, jak maszyna wirująca, transformator, rozdzielnica lub pojedynczy aparat. Jeśli rezystancja izolacji jest za mała, to wiadomo, gdzie szukać przyczyny i na



Rys. 1. Wyniki codziennych pomiarów rezystancji izolacji instalacji trójfazowej budynku. Napięcie pomiarowe 500 V. Na osiach pionowych rezystancja izolacji (od góry: L1/PE, L2/PE, L3/PE, L1/L2, L1/L3, L2/L3) w procentach wartości średniej. Na osi poziomej kolejne dni pomiarowe od 0 do 29, poniżej temperatura otoczenia [°C] i stan wilgotności powietrza (F – wilgotno, T – sucho).

ogół nie jest trudno ją ustalić. Zwykle zachodzi równomierne pogorszenie stanu izolacji przynajmniej jednego z uzwojeń bądź torów prądowych. Do wyników pomiarów przykładają się duże znaczenie, najmniejsze dopuszczalne wartości obowiązują dla określonej temperatury układu izolacyjnego, zwłaszcza w przypadku maszyn elektrycznych. Jeśli pomiaru dokonuje się przy innej temperaturze, to obowiązują przeliczanie wyników pomiaru na temperaturę odniesienia.

Wynik pomiaru rezystancji izolacji jest znacznie mniej miarodajny w przypadku dłuższej linii kablowej lub dłuższej trasy przewodów instalacyjnych. Jeśli rezystancja izolacji jest za mała, to nie wiadomo, czy na całej trasie jest pogorszona w podobnym stopniu w następstwie zawilgocenia albo degradacji cieplnej, czy może przy doskonałym stanie izolacji na całej trasie występuje gdzieś lokalne pogorszenie, choćby powierzchniowe zanieczyszczenie izolatora głowicy kablowej lub bezgłowicowego zakończenia przewodu. Pewną wskazówką może być przybliżona symetria bądź skrajna asymetria wartości poszczególnych rezystancji izolacji międzyprzewodowych i doziemnych. Mogą być wskazane dodatkowe pomiary na odcinkach dających się wydzielić i pomiary po oczyszczeniu zakończeń kabli lub przewodów instalacyjnych. Wyniki trzeba zatem traktować z pewną rezerwą, a – w przypadku lokalnego znacznego pogorszenia stanu izolacji – przeliczanie ich na poziom temperatury odniesienia jest mało sensowne.

Pamiętając o tych zastrzeżeniach spójrzmy, jak przedstawia się zależność interesująca Czytelnika. Rezystancja układu izolacyjnego R o jonowym charakterze przewodnictwa silnie maleje ze wzrostem temperatury τ , przy czym miarodajna jest oczywiście nie temperatura otoczenia, lecz temperatura układu izolacyjnego, w uproszczeniu utożsamiana z temperaturą uzwojenia maszyny lub temperaturą żyły przewodu (kabla). Jest to w przybliżeniu zależność wykładnicza o postaci:

$$R = b \cdot e^{-c \cdot \hat{\sigma}}$$

zapisana z użyciem pomocniczych współczynników b oraz c , o wartościach zależnych od rodzaju materiału. Ich sens fizyko-chemiczny jest podobny, jak w znanym prawie Arrheniusa termokinetyki reakcji chemicznych i we wzorach Montsingera bądź Bussinga dotyczących zależności trwałości izolacji od temperatury. Jeżeli temperatura długotrwałej pracy układu izolacyjnego wzrośnie o $\Delta\tau$, to jego rezystancja zmaleje w stosunku k :

$$k = \frac{R_{\hat{\sigma}}}{R_{\hat{\sigma} + \Delta\hat{\sigma}}} = \frac{b \cdot e^{-c \cdot \hat{\sigma}}}{b \cdot e^{-(c \cdot \hat{\sigma} + \Delta\hat{\sigma})}} = e^{c \cdot \Delta\hat{\sigma}}$$

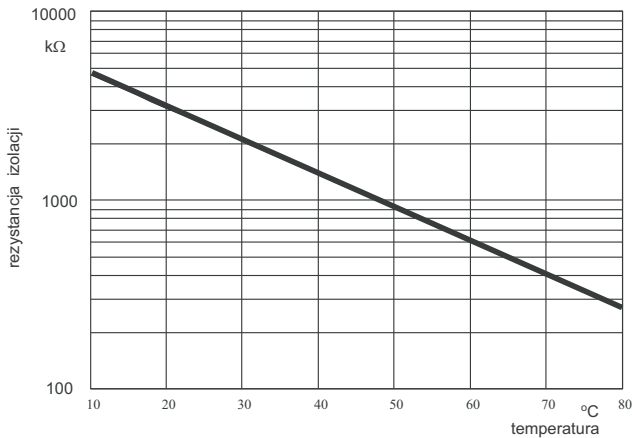
z czego wynika, że k -krotne zmniejszenie/zwiększenie rezystancji izolacji – przy innych okolicznościach niezmiennych – jest spowodowane zwiększeniem/zmniejszeniem temperatury układu izolacyjnego o wartość $\Delta\tau$:

$$\Delta\hat{\sigma} = \frac{\ln k}{c}$$

Norma PN-E-04700:1998/Az1:2000 podaje, że w zakresie temperatur od 10 °C do 85 °C rezystancję izolacji niskonapięciowych maszyn elektrycznych należy przeliczać na temperaturę odniesienia 75 °C przy założeniu, że podwyższenie temperatury o $\Delta\tau = 10$ K powoduje zmniejszenie rezystancji izolacji w stosunku $k = 1,5$. Obowiązuje to – czego nie napisano – dla określonych materiałów izolacyjnych stosowanych na izolację zwojową i żłobkową. Jeżeli na przykład zmierzono rezystancję izolacji $R_1 = 2500$ k Ω nieczynnego od paru godzin silnika prądu stałego o napięciu znamionowym 250 V, przy temperaturze izolacji równej temperaturze otoczenia $\tau_1 = +25$ °C, to w temperaturze odniesienia $\tau_2 = +75$ °C wynosiłaby ona około

$$R_2 = R_1 \cdot k^{\frac{\tau_1 - \tau_2}{\Delta\tau}} = 2500 \cdot 1,5^{\frac{25 - 75}{10}} = 2500 \cdot 0,132 = 330 \text{ k}\Omega$$

Rezystancja izolacji uzwojeń maszyny prądu stałego w temperaturze 75 °C, wyrażona w kiloomach, nie powinna być liczbowo mniejsza niż wartość napięcia znamionowego wyrażonego w woltach. Wynik pomiaru jest zatem pozytywny, bo jest większy niż wymagana wartość 250 k Ω . W innej temperaturze omawiany układ izolacyjny miałby rezystancję wynikającą z rys. 2.



Rys. 2. Przykładowa zależność rezystancji izolacji silnika prądu stałego od temperatury (dane, jak w przykładowym obliczeniowym).

Zastanawiające, że ta sama norma PN-E-04700:1998/Az1:2000 wymaga rezystancji izolacji uzwojeń stojana niskonapięciowego silnika asynchronicznego nie mniejszej niż 5 M Ω , nic nie wspominając o temperaturze układu izolacyjnego; tym samym nie wymaga przeliczania wyniku pomiaru na inną temperaturę. Ta sama norma z niewyjaśnionych powodów rozmaicie traktuje różne maszyny wirujące.

W przypadku materiałów stosowanych na izolację przewodów pozostaje wykładniczy charakter zależności $R(\tau)$, ale może wyraźnie zmienić się nachylenie prostej z rys. 2, zależność $R(\tau)$ może okazać się znacznie silniejsza. Zmiana

temperatury o 10 K powoduje 1,8÷3-krotną zmianę rezystancji izolacji papierowo-olejowej starszych kabli, ale aż 4÷5-krotną zmianę rezystancji izolacji polwinitowej. Wartości tych nie ma w żadnym akcie prawnym, a i w literaturze naukowej trudno znaleźć wiarygodne wartości. Mogą one być różne dla różnych odmian materiału o tej samej nazwie, chociażby – dla różnych odmian polwinitu.

Z dokładnością szacowania temperatury układu izolacyjnego podczas pomiaru nie należy przesadzać. Jeśli linia bądź maszyna przed pomiarem była dłuższy czas nieczynna albo wyzyskana w stopniu mniejszym niż 25 % ($n \leq 0,25$), to można przyjąć po prostu temperaturę otoczenia τ_o . Stopień wyzyskania jest stosunkiem obciążenia urządzenia do jego obciążalności długotrwałej wyrażonej w tych samych jednostkach. W innych przypadkach, po dłuższym wyrównanym obciążeniu urządzenia przy stopniu wyzyskania $n > 0,25$, można przyjąć, że temperatura izolacji ustala się na poziomie τ_p i taką temperaturę izolacja ma bezpośrednio po wyłączeniu dla dokonania pomiaru:

$$\hat{o}_p = \hat{o}_o + n^2(\hat{o}_{dd} - \hat{o}_{oo})$$

We wzorze występuje temperatura graniczna dopuszczalna długotrwałe dla rozważanego układu izolacyjnego τ_{dd} oraz obliczeniowa temperatura otoczenia τ_{oo} , dla której podano obciążalność długotrwałą. Obliczeniowa temperatura otoczenia τ_{oo} w wolnym powietrzu i w gruncie na głębokości układania kabli jest określona w normach na obciążalność długotrwałą przewodów. Rzeczywistą temperaturę otoczenia τ_o podczas przeprowadzania pomiarów można zmierzyć lub oszacować znając obliczeniowe wartości τ_{oo} .

Dla maszyny z układem izolacyjnym dla którego $\tau_{dd} = 120$ °C (klasa ciepłoodporności E lub z niewielkim zapasem bezpieczeństwa klasa B) obciążonej dłuższy czas w stopniu $n = 2/3$ przy temperaturze otoczenia równej obliczeniowej $\tau_o = \tau_{oo} = 40$ °C temperatura izolacji ustala się na poziomie:

$$\hat{o}_p = \hat{o}_o + n^2(\hat{o}_{dd} - \hat{o}_{oo}) = 40 + 0,667^2 \cdot (120 - 40) = 40 + 35,6 \approx 75$$
 °C

Wynikiem pomiaru wykonanego tuż po wyłączeniu maszyny będzie rezystancja izolacji zmierzona przy temperaturze odniesienia, żadne przeliczenia nie będą potrzebne i będzie to wynik bezdyskusyjny, niezależny od miernej dokładności współczynników poprawkowych. I trzeba się starać pomiary wykonywać w takich warunkach zamiast wydziwiać nad pogodą. Wynik zbliżony do 75 °C otrzymuje się dla wielu innych kombinacji danych odpowiadających rzeczywistym warunkom użytkowania, kiedy bądź to temperatura otoczenia jest wyraźnie mniejszą niż obliczeniowa, bądź stopień wyzyskania ma inną wartość, ale wyraźnie mniejszą niż 1,0. To dlatego różne dane znamionowe maszyn są odniesione do temperatury 75 °C (obciążeniowe straty mocy, napięcie zwarcia itd.).

Ułożony w ziemi kabel YAKY 4×150 mm² ma obciążalność długotrwałą $I_z = 315$ A, jeśli prąd w żył neutralnej nie jest duży. Tuż przed pomiarem wykonanym

w styczniu ($\tau_o = +5 \text{ }^\circ\text{C}$), po dłużej trwającym obciążeniu kabla prądem 170 A ($n = 170/315 = 0,54$), temperatura izolacji ustala się na poziomie

$$\hat{\sigma}_p = \hat{\sigma}_o + n^2(\hat{\sigma}_{dd} - \hat{\sigma}_{oo}) = 5 + 0,54^2 \cdot (70 - 20) = 5 + 14,6 \approx 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Jak widać, można pomiar wykonać w temperaturze równej albo bliskiej temperaturze odniesienia unikając niepewnych przeliczeń. A jeśli to niemożliwe, to nietrudno obliczyć temperaturę izolacji, jeśli tylko obciążenie nie jest zbyt zmienne. Gdyby powyższe wyliczenie dotyczyło pomiaru wykonywanego w lipcu, to należałoby we wzorze wstawić $\tau_o = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ lub $20 \text{ }^\circ\text{C}$ otrzymując wynik odpowiednio $30 \text{ }^\circ\text{C}$ lub $35 \text{ }^\circ\text{C}$.

Jeśli kolejne odcinki kabla są ułożone w zupełnie inny sposób, co – zwłaszcza w pewnych warunkach pogodowych – może sprawiać, że osiągają wyraźnie różniące się przyrosty temperatury, to trzeba pomiary przeprowadzać przy takiej pogodzie i takim obciążeniu kabla, kiedy te różnice są najmniejsze. Fotografik, który ma sfotografować pomnik lub pałacyk, długo wybiera taką porę dnia (kierunek padania światła) i taki stan nieboskłonu (rozproszenie światła), aby uzyskać jak najlepszy efekt. A elektryk zrobi pstryk byle kiedy i narzeka na Pana Boga, że mu nie pomógł.

Podobne łamigłówki proponuję kontynuować: o ile więcej powinien kosztować bilet kolejowy z Krakowa do Zakopanego (pod górę) niż w kierunku odwrotnym, o ile więcej przy przeciwnym wietrze, o ile więcej w dni upalne (dłuższe szyny) itd.

Odповідź na pytania zawarte w zagadnieniu 2

Przy prądzie równym lub przekraczającym prąd wyłączający I_a wyłącznika bezzwłocznego czyli prąd $I_a = 1,2 \cdot I_i$, przy czym I_i jest prądem nastawczym wyzwalacza zwarciovego, czas wyłączania wyłącznika jest mniejszy niż 0,2 s, a przy dużej krotności prądu ($> 2 \cdot I_i$) nie przekracza 0,02 s. Jeżeli wyłącznik działa ograniczająco przy odpowiednio dużej krotności prądu (przekraczającej tzw. *współczynnik ograniczania*), to czas wyłączania jest wtedy mniejszy niż 0,01 s. Inaczej jest w przypadku rzadko w Polsce spotykanych dużych wyłączników stacyjnych kategorii użytkowania B, których wyzwalacze lub przekaźniki zwarciovie mają celowo wprowadzoną zwłokę zadziałania. Czas wyłączania zwiększa się wtedy o czas nastawionej zwłoki i może przekraczać 0,2 s.

Przedstawione przez Czytelnika obliczenia są poprawne z drobnymi zastrzeżeniami. Po pierwsze, wynik nie może być dokładniejszy niż dane wyjściowe przyjęte do obliczeń. Jeżeli dane mają dwie cyfry znaczące, na przykład: 14×; 16 A; 20 %, to końcowy wynik obliczeń impedancji pętli powinien zawierać też tylko dwie cyfry znaczące i Czytelnik słusznie podał 1,3 Ω oraz 0,82 Ω. Natomiast wyniki pośrednie należy podawać z jedną cyfrą znaczącą więcej, na przykład:

$$1,2 \cdot 14 \cdot I_{\text{nastmax}} = 1,2 \cdot 14 \cdot 16 = 269 \text{ A}, \quad \text{a nie} \quad 268,8 \text{ A}.$$

Po drugie, niesłuszny jest wniosek o dwukrotnie (o 100 %) ostrzejszym wymaganii co do impedancji pętli, bo wymagania te różnią się o 37 % lub o 58 % zależnie od tego, który przyjmujemy za podstawę.

Po trzecie wreszcie, jeśli to porównanie dwóch wariantów miało wykazać, że zachodzi dowolność wyboru między dwoma wyłącznikami o różnych zakresach nastawczych wyzwalacza przeciążeniowego, a ten wybór jest brzemienny w skutki, to cel jest chybiony. Dla obwodu silnikowego projektant powinien podawać nie prąd nastawczy wyzwalacza przeciążeniowego, lecz przedział wartości prądów nastawczych, których nastawienie powinien umożliwiać instalowany wyłącznik silnikowy bądź przełącznik przeciążeniowy współpracujący ze stycznikiem. Zwykle wystarcza przedział $(1,0 \div 1,1) \cdot I_{\text{rM}}$, (I_{rM} jest prądem znamionowym silnika), ale norma PN-EN 60255-8 „Przełączniki energoelektryczne. Przełączniki elektryczne ciepłe” wymaga (pkt 3.6) *zakresu nastawczego prądu bazowego* $(0,8 \div 1,1) \cdot I_{\text{rM}}$.

Pierwszy wyłącznik, przywołany przez Czytelnika, z wyzwalaczem o zakresie nastawczym 6,3 ÷ 10 A może być użyty w obwodach silników o prądzie znamionowym od 6,3 A do 9,1 A. Natomiast drugi wyłącznik z wyzwalaczem o zakresie nastawczym 10 ÷ 16 A nadaje się do silników o prądzie znamionowym od 10 A do 14,5 A. Nie ma zatem swobody wyboru między tymi dwoma wyłącznikami.

Gorzej, kto przywiązał się do wyłączników M611 i M250, będzie miał problem, jak postąpić w przypadku silnika o prądzie znamionowym 9,5 A; znając warunki rozruchu trzeba by zdecydować czy wystarczy nastawienie na $1,05 \cdot I_{\text{rM}}$ i zainstalować wyłącznik 6,3 ÷ 10 A, czy trzeba sięgnąć po następny. Można też zainstalować wyłącznik innego typu, innej firmy, z odmiennymi zakresami nastawczymi, obejmującymi zakres wartości $(1,0 \div 1,1) \cdot I_{\text{rM}} = (1,0 \div 1,1) \cdot 9,5 = 9,5 \div 10,5$ A.

Aby takie dylematy wyeliminować i użytkownikowi umożliwić poprawne nastawienie wyzwalacza lub przełącznika przeciążeniowego w każdej sytuacji, kolejne zakresy nastawcze powinny na siebie zachodzić, powinny zazębiać się. Jest to zasada tak stara, jak wyzwalacze i przełączniki termobimetalowe, zasada przestrzegana przez szanujące się firmy. Na przykład katalog firmy SIEMENS zarówno dla wyłączników SIRIUS 3R, jak i dla przełączników przeciążeniowych przeznaczonych do współpracy ze stycznikami podaje następujące kolejne zakresy nastawcze: 5,5 ÷ 8 A; 7 ÷ 10 A; 9 ÷ 12,5 A; 11 ÷ 16 A; 14 ÷ 20 A i podobnie dla mniejszych oraz większych wartości prądu. W starszych normach były wyraźne postanowienia na ten temat, np. w normie PN-76/E-06158 „Przełączniki nadprądowe zależne termiczne pierwotne. Ogólne wymagania i badania” punkt 2.5 stanowił: *Zaleca się, aby w danym typie przełącznika – zakresy prądów nastawczych przełączników poszczególnych wielkości objętych tym typem zachodziły na siebie co najmniej w 10 % wartości ogólnego zakresu nastawczego,...*

Edward Musiał