

Elektryka Wiatrowa nadal truje środowisko (elektryków)

W roku 2005 niedawno promowany absolwent Politechniki Gdańskiej, inż. Michał Fira, zrecenzował *Poradnik projektowania i wykonawstwa. Zasilanie budynków nieprzemysłowych w energię elektryczną* napisany przez obrotne i niemłode wygi: J. Wiatra i M. Orzechowskiego. Autorzy zamiast należąną skruchą zareagowali tupetem i obrzydliwymi ciosami poniżej pasa, co skłoniło mnie do wystąpienia w obronie niedawnego ucznia i odwetu w postaci stworzenia na niniejszej witrynie zakładki „Elektryka Wiatrowa”. Zostały w niej zrecenzowane niektóre buble Wiatra publikowane do tamtego czasu na łamach elektro.info.

Zamierzałem kontynuować obserwacje Wiatrowych wypocin, ale na przeszkodzie stawał brak czasu i chętnych do pomocy. Trzeba dużo samozaparcia i wiary w szczęśliwy finał w postaci ukreślenia łba hydrze głupoty, aby ślęczyć nad wywodami bez myśli przewodniej, w których roi się od błędów merytorycznych i językowych; nad tekstami, które mają nauczyć czytelnika tego, czego autor nie rozumie. Takich tekstów było sporo w latach 2006 i 2007, zwłaszcza różnych projektów wzorcowych i wykładów zasad projektowania.

Lektury jednego z takich tekstów nie zdzierzył mgr inż. Józef Wysocki, projektant z 40-letnim imponującym stażem, i na łamach Miesięcznika SEP „Informacje o normach i przepisach elektrycznych” zrecenzował trzyczęściowy żaloszny artykuł o projektowaniu linii kablowych średniego napięcia. Zamieszczam poniżej ten tekst za uprzejmą zgodą Autora.

Lektura tej recenzji musi przerażać. Dotyczy ona opracowania trzech autorów licznych artykułów, a nawet broszur, autorów wyposażonych w uprawnienia budowlane, co chętnie podkreślają, i z jakąś podobno praktyką, którą sobie przypisują. To wszystko okazuje się wydmuszką, ze środka wyziera pustka, nie ma rzetelnej wiedzy, nie ma praktyki, nie ma koncepcji projektowania. Jest tylko skłonność do bezmyślnego, chaotycznego kopiowania cudzych opracowań i klecenia z tego jakiejś nieskładnej całości. Takie osoby – za aprobatą Mazowieckiej Izby Inżynierów Budownictwa – zatrują umysły młodych inżynierów, przygotowując ich do egzaminu na uprawnienia budowlane.

Po opublikowaniu tej druzgocącej recenzji J. Wiatr nie spalił się ze wstydu i nie padł na kolana przepraszając czytelników elektro.info. Nic nie zrozumiał z wywodów J. Wysockiego, nie dopatrzył się żadnego błędu po swojej stronie. Zareagował we właściwy sobie sposób, obruszył się urażony. Napisał do władz SEP z żądaniem wyjaśnienia, co znaczy wspomniany w recenzji J. Wysockiego *klub Elektryki Wiatrowej*. A przecież wyjaśnienie znajduje się od lat na tej witrynie: http://www.edwardmusial.info/el_wiatr.html i Wiatr doskonale o tym wie: to klub autorów nieodpowiedzialnych, wypisujących bzdety, mających w pogardzie swoich czytelników, zainteresowanych ich pieniędzmi a nie umysłami. To klub wzajemnie adorujących się koleśków, którym usuwa się spod nóg dotychczasowy grunt i którzy ogarnięci paniką założyli ostatnio **Polskie Stowarzyszenie Elektroinstalacyjne**. Tę nazwę warto zapamiętać, to zapewne już wkrótce będzie nowe centrum promocji zawodowej tępoty wśród elektryków.

Edward Musiał
listopad 2007

RECENZJA ARTYKUŁU „PROJEKTOWANIE LINII KABLOWYCH ŚREDNIEGO NAPIĘCIA”

Lenartowicz R., Wiatr J., Orzechowski M.: Projektowanie linii kablowych średniego napięcia. „Elektroinfo” Nr 5/2007 (Część 1), Nr 6/2007 (Część 2), Nr 7-8/2007 (Część 3).

Treść tego artykułu jest zaskakująca. Czytający go projektant, z pewnością kilkakrotnie, przecierając oczy, sprawdza czy to na pewno miesięcznik z roku 2007. Kiedy już upewni się, że tak, to szuka w artykule wzmianki o historycznym znaczeniu tekstu. Kiedy jej nie znajduje, przychodzi mu do głowy tylko jedna myśl, że autorzy artykułu to starcy doskonale pamiętający wydarzenia z czasów dzieciństwa i młodości, a mający trudności z kojarzeniem wydarzeń niedawnych i bieżących. Cała część artykułu dotycząca stadiów, formy i zawartości projektów to bredzenie, w którym przeplatają się wydarzenia dawne i obecne, jak to zwykle bywa w starszej pamięci. Pomieszały się pojęcia minione, nawet z odległej przeszłości, takie jak: *projekt wstępny, założenia techniczno-ekonomiczne, projekt techniczny, wskazanie lokalizacyjne* z pojęciami obecnymi: *projekt budowlany, projekt wykonawczy, decyzja o ustaleniu lokalizacji inwestycji*.

Dla uzasadnienia tak radykalnej opinii warto przedstawić jak kształtowały się stadia projektowe, rzecz ujmując historycznie. Do roku 1972 występowały stadia: *projekt wstępny* i *projekt techniczny*. W latach 1972–1994 występowały trzy stadia projektowe: *koncepcja programowa, założenia techniczno-ekonomiczne* i *projekt techniczny*. Dla inwestycji prostych łączono elementy założeń techniczno-ekonomicznych z elementami projektu technicznego w jedną *dokumentację jednostadiową*. Koncepcję programową opracowywało się tylko dla przedsięwzięcia inwestycyjnego o znaczeniu krajowym. Od roku 1994 do dziś, dla wszelakiego rodzaju inwestycji, poza realizowanymi w trybie zamówień publicznych, występuje tylko jedno stadium projektowe: *projekt budowlany*. Dla zamówień publicznych wprowadzono trzy stadia projektowe: *program funkcjonalno-użytkowy* (tylko dla planowania kosztów), *projekt budowlany* i *projekt wykonawczy* jako uszczegółowienie projektu budowlanego. Taki jest dziś stan prawny usankcjonowany przepisami Prawa budowlanego i Prawa zamówień publicznych. Zakres i formę dokumentacji projektowej określają wydane na podstawie Prawa budowlanego rozporządzenia Ministra Infrastruktury dla inwestycji w ogóle [3] i Prawa zamówień publicznych dla inwestycji realizowanych w trybie zamówień publicznych [4]. W praktyce występują jeszcze różne inne opracowania, których nazwę, zakres, treść i formę ustalają strony w umowie na gruncie Kodeksu cywilnego. Należą do nich, między innymi, różnego rodzaju analizy, koncepcje, projekty przetargowe i, co jest dziś rzadkością, projekty technologiczne.

Według autorów artykułu dane wyjściowe do projektowania powinny zawierać między innymi „wskazania lokalizacyjne (w miarę możliwości wariantowo)”. Problem w tym, gdzie znaleźć urząd, który taki dokument wyda. W części artykułu omawiającej zawartość dokumentacji projektowej zauważono potrzebę sporządzenia *projektu budowlanego*, który w części prawnej powinien zawierać, według autorów artykułu, „decyzję o ustaleniu lokalizacji inwestycji, którą wydaje właściwy urząd”. Nie jest to informacja kompletna i wyczerpująca. W dzisiejszym stanie prawnym [1] ustalenie przeznaczenia terenu, rozmieszczenie inwestycji celu publicznego oraz określenie sposobu zagospodarowania i warunków zabudowy terenu następuje w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego. Zatem budowa linii kablowej w terenie objętym miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego nie jest poprzedzana żadną dodatkową decyzją o ustaleniu lokalizacji lub

decyzją o ustaleniu warunków zabudowy. Jedynie, dla potrzeb organu wydającego pozwolenie na budowę, do projektu budowlanego należy załączyć wypis z miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. W przypadku braku miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego konieczne jest uzyskanie decyzji o ustaleniu lokalizacji inwestycji celu publicznego lub decyzji o ustaleniu warunków zabudowy dla innych inwestycji. Warto dodać, że celem publicznym jest budowa i utrzymanie ciągów przewodów i urządzeń służących do przesyłania energii elektrycznej, a także innych obiektów i urządzeń niezbędnych do korzystania z tych przewodów i urządzeń.

Treść odnosząca się do zestawienia materiałów (część 2) utwierdza czytelnika w przekonaniu, że autorzy artykułu są osobami w poważnym wieku. W artykule znajdują się zalecenia które były aktualne w dawnych czasach. Do nich należy zalecenie *W zestawieniu powinny znaleźć się podstawowe materiały i urządzenia z zaznaczeniem, które z nich dostarcza wykonawca robót, a które inwestor*. Dawniej takie rozróżnienie w zestawieniu materiałów istniało i było realizowane zgodnie z wymaganiami rozporządzenia ministerialnego. Dziś reguluje to tylko umowa między stronami (wykonawca robót – inwestor). Projektant nie może zajmować się tym problemem ponieważ leży on poza zakresem jego kompetencji. Osobliwym pomysłem autorów jest zalecenie *W przypadku materiałów wymagających zamówienia, należy określić przybliżony czas realizacji zamówienia*. Czas realizacji zamówienia w żaden sposób nie zależy od projektanta i nie ma on potrzeby zajmować się tym problemem. Tu też, czas realizacji zamówienia reguluje tylko umowa między stronami (zamawiający – dostawca). W tym zaleceniu autorów artykułu słychać echa dawnych lat, kiedy to na realizację zamówień materiałowych trzeba było czekać kilka lat i ten fakt był brany pod uwagę przy planowaniu inwestycji. W artykule podano: *Należy podać nazwę materiału lub urządzenia, jego podstawowe dane techniczne oraz producenta lub dostawcę*. W projektach inwestycji realizowanej w trybie zamówień publicznych zabronione jest podawanie nazwy producenta lub dostawcy, jak również jakichkolwiek cech które pozwalałyby zidentyfikować producenta lub dostawcę materiałów. Złamanie tego zakazu może być, i często jest, powodem uchylecia całej procedury przetargowej. Nieco inaczej przedstawia się sprawa w przypadku inwestycji pozostałych, ale tu też projektant nie jest stroną decydującą. Decyduje ta strona która liczy koszty inwestycji. Często jest to wykonawca robót realizujący inwestycję na podstawie umowy ryczałtowej, w której inwestor nie zastrzegł sobie prawa do decyzji w kwestiach materiałowych. Niekiedy, w przypadku rozbudowy obiektów, o producencie lub dostawcy materiałów decyduje użytkownik obiektu, mający na uwadze kwestie eksploatacyjne, kiedy to zastosowanie jednolitej aparatury w całym obiekcie zmniejsza nakłady na szkolenie personelu i utrzymanie stanów magazynowych części zapasowych lub zamiennych. Podawanie nazwy producenta lub dostawcy materiału w projekcie budowlanym jest często powodem irytacji urzędników przygotowujących decyzję o pozwoleniu na budowę. Nie lubią oni, gdy projekt budowlany jest zaśmiecony informacjami, które nie podlegają ocenie z punktu widzenia przepisów Prawa budowlanego.

W części dotyczącej uzgodnienia projektu (część 3 artykułu) pod względem ochrony przeciwpożarowej, autorzy artykułu piszą, że ten rodzaj uzgodnienia reguluje norma PN-B-02852:2001. Coś się im poplątało. W normie tej jedynie określono sposób obliczania gęstości obciążenia ogniowego. Normowanie przepisów odnoszących się do uzgadniania projektów pod względem ochrony przeciwpożarowej nie leży w kompetencji PKN. Sprawę uzgodnień regulują przepisy wydane na mocy ustawy o ochronie przeciwpożarowej. Dalej autorzy piszą, że dokumentacja projektowa uzgadniana jest przez komendę wojewódzką Państwowej Straży Pożarnej lub rzeczoznawcę do spraw przeciwpożarowych. Tak było dawniej. Obecnie komenda wojewódzka nie uzgadnia projektów. Projekty budowlane pod względem ochrony przeciwpożarowej są uzgadniane tylko z rzeczoznawcą do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych.

Według autorów artykułu (część 3), dokumentację projektową opiniuje pod względem wymagań bhp osoba zatrudniona w jednostce projektowania na stanowisku projektanta-specjalisty w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy mająca uprawnienia wydane przez stowarzyszenie naukowo-techniczne lub inną jednostkę upoważnioną przez Ministra Pracy i Polityki Socjalnej (powinno być Polityki Społecznej) bądź osoba mająca stopień specjalisty w dziedzinie ergonomii i ochrony pracy. Rzecz w tym, że ci projektanci-specjaliści i osoby ze specjalizacją utraciły upraw-

nienia do opiniowania dokumentacji projektowej w czerwcu 1998 r., a stowarzyszenia naukowo-techniczne utraciły prawo do wydawania uprawnień w roku 1996. Od roku 1996. opiniowaniem dokumentacji projektowej zajmują się rzeczoznawcy do spraw bezpieczeństwa i higieny pracy. Uprawnienia rzeczoznawcy mogą być nadane osobie, która ma wymagane wykształcenie, praktykę zawodową, ukończyła kurs przygotowania do opiniowania w zakresie bhp i złożyła z wynikiem pozytywnym egzamin przed komisją kwalifikacyjną, której członkowie są powoływani imiennie przez Głównego Inspektora Pracy. Uprawnienia rzeczoznawcy do spraw bezpieczeństwa i higieny pracy nadaje Główny Inspektor Pracy na wniosek komisji kwalifikacyjnej.

W jednym przypadku autorów artykułu zawiodła pamięć. Przez dziesięciolecia dla pojęcia *niskie napięcie* używano skrót *nn*. Skrót ten został usankcjonowany przez PN-EN 50160:2002 [11] i wcześniejsze wydanie tej normy. Autorzy artykułu użyli skrót *nN*. Nie wiadomo kto pierwszy ten skrót zaproponował. Propagacją skrót *nN* zajęły się spółki dystrybucyjne i autorzy wielu publikacji bez szacunku dla tradycji i Polskiej Normy.

Jeśli chodzi o stadia projektowe i zawartość projektów, autorzy artykułu nie wyrządzili dużej szkody. Ci, którzy wiedzę zaczerpniętą z artykułu chcieliby wprowadzić w życie, zostaną szybko wyprowadzeni z błędu przez inwestorów oraz urzędników państwowych i samorządowych, nie mówiąc o tym, że nie otrzymaliby uprawnień budowlanych. Znacznie gorzej jest z częścią artykułu o śródtytułe *obliczenia*. W tej części autorzy przedstawili *obliczenia techniczne konieczne do właściwego doboru kabla i osprzętu*, którym warto poświęcić więcej uwagi, aby odkłamać przedstawione tam informacje, ujawniając pomyłki i błędy, również błędy rażące. Mniej doświadczeni projektanci karmieni tego rodzaju literaturą mogą narobić dużo szkody sobie i innym. W praktyce projektowej, w pierwszej kolejności brany jest pod uwagę stan pracy normalnej i awaryjnej: obciążenie długotrwałe, prądy rozruchowe, spadek napięcia i inne zjawiska występujące w tych stanach pracy. Następnym etapem jest sprawdzenie dobranych elementów na wytrzymałość zwarciovą. W artykule jest miszmasz. Na początku przedstawiono wzór na obliczenie prądu zwarciovego, za nim podano zależności dotyczące prądu w stanie normalnym, by następnie zająć się obciążalnością zwarciovą cieplną żyły roboczej, dalej podano wzór na spadek napięcia, by znów się zająć obciążalnością zwarciovą cieplną żyły powrotnej i obliczeniem prądu zwarciovego zastępczego cieplnego. W niniejszym tekście omówiono wszystkie zagadnienia przedstawione w artykule, niekoniecznie w kolejności ich występowania.

Rzecz dotyczy średnich napięć, a autorzy artykułu uznali za potrzebne podanie w tab.1 wartości współczynnika zastępczego źródła napięciowego dla niskiego napięcia 230/400 V i wysokiego napięcia, w tym dla minimalnego prądu zwarciovego, który w doborze kabli nie występuje. Wszystkie obliczane parametry zwarciove potrzebne do doboru kabli są wartościami największymi spodziewanymi.

Przy ustalaniu obciążalności długotrwałej rozpatruje się normalne i awaryjne stany sieciowe. Autorzy artykułu niewiele miejsca poświęcili doborowi kabla do warunku obciążenia długotrwałego, ograniczając się jedynie do przedstawienia wzoru na moc i znanej, z normy dotyczącej instalacji niskiego napięcia, zależności: $I_B \leq I_n \leq I_z$. Warto więc tę część artykułu uzupełnić o potrzebne informacje. Do doboru kabli na obciążalność długotrwałą mają zastosowanie warunki techniczne z zarządzenia nr 29 Ministra Górnictwa i Energetyki z dnia 17 lipca 1974 r. w sprawie doboru przewodów i kabli elektroenergetycznych do obciążeń prądem elektrycznym. Zarządzenie to zostało uchylone w 1995 r., ale na razie innych warunków technicznych lub norm nie ma. W warunkach tych nie są ujęte powszechnie dziś stosowane kable o izolacji z polietylenu sieciowanego. Przy doborze tych kabli można się posługiwać normami wyrobu lub danymi ich producentów. Dane te są dość dobrze opracowane w katalogach, zwłaszcza w katalogach polskich producentów. Problemem może być tylko stosowanie współczynników poprawkowych związanych z warunkami ułożenia kabli. Dla niektórych przypadków współczynniki są przedstawione w katalogach, a i normy wyrobów zalecają stosowanie niektórych współczynników poprawkowych według normy niskonapięciowej [10].

Zasada doboru kabli na warunki zwarciove polega na porównaniu maksymalnych parametrów zwarciovych występujących w sieci z parametrami kabli określającymi ich obciążalność

zwarciową. Według normy [9] urządzenie elektryczne ma dostateczną obciążalność zwarciową cieplną, jeżeli prąd zwarciowy cieplny zastępczy spełnia następującą zależność:

$$I_{th} \leq I_{thr} \quad \text{przy} \quad T_k \leq T_{kr}$$

lub

$$I_{th} \leq I_{thr} \sqrt{\frac{T_{hr}}{T_k}} \quad \text{przy} \quad T_k > T_{kr}$$

gdzie: I_{th} – prąd zwarciowy cieplny zastępczy,

I_{thr} – prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymawany,

T_k – czas trwania zwarcia,

T_{kr} – czas znamionowy prądu krótkotrwałego wytrzymawanego.

Rolą projektanta jest wyznaczyć te parametry i je porównać. Dla kabli średniego napięcia wartości I_{thr} dla $T_{kr} = 1$ s są podawane w katalogach producentów kabli. Autorzy artykułu o tym nie wspomnieli, bo pewnie brakuje im dobrej praktyki projektowej. Niekiedy, zamiast wartości I_{thr} , podane są wartości gęstości prądu znamionowego krótkotrwałego wytrzymawanego S_{kr} dla $T_{kr} = 1$ s. Wówczas wystarczy sprawdzić zależność:

$$S_{th} \leq S_{thr} \sqrt{\frac{T_{kr}}{T_k}}$$

gdzie: S_{thr} – gęstość prądu znamionowego wytrzymawanego.

Dla $T_{kr}=1$ s powyższe wzory przyjmują postać:

$$I_{th} \leq I_{thr} \sqrt{\frac{1}{T_k}} \quad \text{oraz} \quad S_{th} \leq \sqrt{\frac{1}{T_k}}$$

Zamiast wykorzystania tak prostych zależności i danych katalogowych, autorzy artykułu zaproponowali żmudne dochodzenie do wartości S_{thr} (w artykule oznaczonej symbolem k) według przedstawionej w artykule procedury. Niedoświadczony projektant, nie wiedząc, że są prostsze drogi dochodzenia do wyniku, będzie chciał z tej procedury skorzystać. Rzecz w tym, że procedurę obliczeniową ściągnięto z artykułu [14] nieumiejętnie i z błędami, nie wskazując źródła. Niezbyt obeznany czytelnik, nie znający artykułu [14] będzie miał nie lada kłopot, gdy z nagłówka jednej z kolumn tab. 2 dowie się, że *początkowa temperatura zwarcia (przyjmowana jako temperatura przewodu dopuszczalna długotrwałe)* jest równa dopuszczalnej końcowej temperaturze zwarcia, mając obok kolumnę, w której podano temperaturę graniczną dopuszczalną przy zwarcu, a z ostatnich wierszy dowie się, że „kable o izolacji z polietylenu termoplastycznego PE” mają tylko żyłę roboczą, a „kable o izolacji z polietylenu termoplastycznego PE-X” mają tylko żyłę powrotną.

Prąd zwarciowy cieplny oblicza się ze wzoru według normy [9]:

$$I_{th} = I_k'' \sqrt{m + n}$$

w którym: m i n - współczynniki liczbowe: m – uwzględnia wpływ cieplny składowej nieokresowej prądu zwarciowego, n – uwzględnia wpływ cieplny składowej okresowej prądu zwarciowego

I_k'' - wartość skuteczna początkowego prądu zwarciowego.

Parametr m wyznacza się z wykresu przedstawionego w normie [9] w funkcji T_k i κ . Parametr n wyznacza się z wykresu także przedstawionego w normie [9] w funkcji T_k i stosunku I_k''/I_k . Szersze rozważania odnośnie współczynników m i n znajdują się w artykule [14]. Do usta-

lenia współczynnika m potrzebna jest wartość współczynnika udaru κ .

W sieciach średniego napięcia można bez obliczeń przyjmować $\kappa = 1,8$ wtedy, kiedy obliczenie stosunku R/X jest trudne i uciążliwe. Nie dotyczy to jednak zwarć za dławikami zwarcioowymi, w których bez obliczeń należy przyjmować wartość $\kappa = 2,0$. Takie przypadki spotyka się zawsze w sieciach kablowych np. 6 kV dużych kombinatów przemysłowych zasilanych z własnych stacji 110/6 kV z transformatorami dużej mocy (31,5 MVA i 40 MVA). Autorzy artykułu przedstawili wzór:

$$I_{th} = I_{k3}'' \sqrt{1+m}$$

bez jakichkolwiek wyjaśnień. W sieci, w której udział impedancji generatora w impedancji obwodu zwarciowego jest bardzo mały (zwarcie odległe), przyjmuje się zwykle $n=1$. Dotyczy to zazwyczaj sieci rozdzielczej i tu posługiwanie się tak zmodyfikowanym wzorem nie jest błędem. Ale linie kablowe średniego napięcia projektuje się również w pobliżu generatorów, w tym linie do wyrowadzenia mocy z mniejszych generatorów. W tych przypadkach może być konieczne ustalenie współczynnika n i wykonanie obliczeń według pierwotnej wersji wzoru. W przypadku działania samoczynnego ponownego załączania (SPZ) o krótkich przerwach bezprądowych należy korzystać ze wzoru według normy [9]:

$$I_{th} = \sqrt{\frac{1}{T_k} \sum_{i=1}^n I_{thi}^2 T_{ki}} \quad \text{gdzie} \quad T_k = \sum_{i=1}^n T_{ki}$$

w którym T_{ki} jest czasem trwania zwarcia w kolejnych cyklach SPZ. SPZ współpracujący z zabezpieczeniami od zwarć międzyfazowych stosuje się w liniach napowietrznych i napowietrzno-kablowych.

Autorzy artykułu przytoczyli powszechnie znany wzór na obliczenie rezystancji żyły kabla podając przy tym wartość konduktywności dla Cu $\gamma_{20} = 55 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ i dla Al $\gamma_{20} = 35 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$. Nie jest to błąd. Takie wartości spotyka się w literaturze i obliczone wartości rezystancji mniej więcej odpowiadają wartościom podawanym przez producentów kabli. Błąd polega na tym, że autorzy artykułu nie podali do jakich celów jest wykorzystywana wartość obliczona według podanej przez nich procedury. Brak odpowiedniego komentarza oznacza, że tę wartość wykorzystuje się we wszystkich zależnościach przedstawionych w artykule. W zależności od obliczanej wielkości przyjmuje się do obliczeń różne wartości rezystancji (w różnych temperaturach) dla tej samej linii kablowej. Przy obliczaniu największego prądu zwarciowego przyjmuje się wartość rezystancji w temperaturze otoczenia (linia nieobciążona). Przy obliczaniu spadku napięcia należy przyjąć rezystancję R_B w temperaturze żyły obciążonego kabla θ_B obliczoną według zależności:

$$R_B = R_{20} [1 + \alpha_{20} (\theta_B - 20)]$$

gdzie: R_{20} – rezystancja żyły kabla w temperaturze 20 °C

α_{20} – współczynnik temperaturowy rezystywności: dla miedzi 0,0040 K⁻¹, dla aluminium 0,0041 K⁻¹ według [14].

Wartość rezystancji R_{20} w temperaturze 20 °C można znaleźć w katalogach producentów kabli, normach wyrobu i literaturze technicznej. Również wartość rezystancji dla temperatury granicznej dopuszczalnej długotrwale znajduje się w katalogach kabli.

W przykładzie obliczeniowym odnoszącym się do spadku napięcia, przedstawionym w części 2 artykułu, przyjęto do obliczeń R_{20} - rezystancję żyły kabla w temperaturze 20 °C zamiast rezystancję R_B w temperaturze żyły obciążonego kabla θ_B . To nie jest jedyna nieprawidłowość w obliczeniu spadku napięcia. Spadek napięcia obliczono jako sumę spadku napięcia w linii i spadku napięcia w połączonym z nią szeregowo transformatorze SN/nn i tak uzyskaną wartość porównano z wartością 8 %, którą autorzy artykułu uznali za wartość dopuszczalną. W części 1 artykułu poda-

no wartość dopuszczalną spadku napięcia 7 %. W części 2 artykułu, jego autorzy zmienili pogląd i wyjaśnili że w części 1 błędnie określono wartość dopuszczalną spadku napięcia. Przedstawili wartości poprawne (ich zdaniem) w tabeli 9, przytaczając przy tym bałamutny komentarz. Tytuł tabeli 9 jest następujący: *Wartości dopuszczalnego spadku napięcia zgodne z wytycznymi projektowania sieci rozdzielczych opracowanymi przez Instytut Elektroenergetyki [20]*. O który instytut chodzi nie wiadomo. Instytut Elektroenergetyki mają uczelnie techniczne (politechniki). Odwołanie do literatury [20] też sprawy nie wyjaśnia. Według spisu literatury, w pozycji 20 znajduje się artykuł E. Musiała traktujący o prądach zwarciovych, który nie zawiera tabeli odpowiadającej tabeli 9. Prawdopodobnie chodzi tu o Instytut Energetyki i *Wytyczne programowania rozwoju sieci rozdzielczych (sieci 110 kV, śn i nn)* opracowane w roku 1986 przez Zakład Sieci Rozdzielczych Instytutu Energetyki. W tym opracowaniu znajduje się tablica III.2.3 odpowiadająca częściowo tabeli 9, lecz zawierająca znacznie więcej informacji. W ostatniej pozycji tablicy 9 podano błędnie wartość (3÷4,5) % dotyczącą sieci niskiego napięcia; powinna to być wartość 8 %, bowiem przeniesiona do tablicy 9 kolumna z tablicy III.2.3 dotyczy spadku napięcia w liniach średniego napięcia. Dla linii niskiego napięcia jest w tablicy III.2.3 oddzielna kolumna, w której występuje wartość (3÷4,5) %. Być może autorzy artykułu korzystali z innego źródła, ale go nie ujawnili; wskazany adres okazał się fałszywy. Pomijając przedstawiony wyżej bałagan, błąd autorów artykułu polega na tym, że porównali sumaryczny spadek napięcia w linii SN i transformatorze SN/nn do wartości dopuszczalnej, określonej tylko dla linii SN. Dopuszczalne wartości spadków napięcia określane w różnego rodzaju wytycznych odnoszą się tylko do linii. Wynikają one z analizy, w której uwzględnia się spadek napięcia we wszystkich elementach ciągu zasilania (liniach, transformatorach, dławikach zwarciovych) w stanie największego i najmniejszego obciążenia i możliwości regulacji napięcia w transformatorach. Dla transformatorów nie określa się dopuszczalnej wartości spadku napięcia, bo nie jest to konieczne. Spadek napięcia na transformatorze jest rekompensowany przyrostem napięcia wynikającym ze zmiany jego przekładni. W przytoczonym w artykule przykładzie, w sieci o napięciu 400 V zastosowano transformator na napięcie nie 400 V, lecz o 5 % większe, czyli 420 V. W ten sposób w transformatorze jest pewien jakby zapas napięcia, który może pokryć spadek napięcia w transformatorze i część spadku w linii. Ponadto transformator jest wyposażony w przełącznik zaczepów, który pozwala na dostosowanie poziomów napięcia wtórnego do potrzeb. Podobnie jest po stronie zasilania sieci SN, gdzie znajdują się transformatory z podobciążeniowym przełącznikiem zaczepów pozwalającym dość dokładnie (zazwyczaj automatycznie) dostosować napięcie do potrzeb sieci. Bałagan w tej części artykule powiększa odwołanie do literatury [18] na podstawie której podano reaktancję i rezystancję transformatora SN/nn. Według spisu literatury w pozycji 18 znajduje się ustawa o ochronie przyrody.

Przy projektowaniu linii kablowych średniego napięcia nie można przyjmować jednej wartości reaktancji, jak to uczynili autorzy artykułu, podając: x – jednostkowa reaktancja linii przyjmowana dla kabli o napięciu nominalnym $U_n > 1$ kV jako $0,15 \Omega/\text{km}$. Zakres zmienności jest zbyt duży. Wartość reaktancji zależy od budowy samego kabla i od budowy linii kablowej. Duże różnice są zwłaszcza w przypadku linii kablowych zbudowanych z tych samych kabli jednożyłowych, ale rozmaicie ułożonych względem siebie: w trójkąt lub płasko w różnych odstępach. Przykładowo dla linii 12/20 kV złożonej z kabli jednożyłowych o przekroju 120 mm^2 ułożonych w układzie trójkąta i stykających się między sobą $x = 0,122 \Omega/\text{km}$, ułożonych w układzie płaskim z odstępem w świetle równym średnicy kabla $x = 0,182 \Omega/\text{km}$, ułożonych w układzie płaskim z odstępem między kablami równym 70 mm $x = 0,208 \Omega/\text{km}$. Dla kabla 3-żyłowego o powłoce ołowianej o tym samym napięciu i przekroju $x = 0,099 \Omega/\text{km}$. Jak widać, przyjęcie dla wszystkich linii takiej samej wartości $x = 0,15 \Omega/\text{km}$ jest obarczone dużym błędem. Reaktancję jednostkową można obliczyć według znanych wzorów, ale w praktyce projektowej zazwyczaj nie jest to potrzebne. Dla typowych przypadków, producenci kabli podają reaktancję jednostkową linii w swoich danych katalogowych.

W przedstawionej w omawianym artykule tab. 2 (zakładając jej poprawną zawartość) podano temperatury graniczne dopuszczalne, jakie należy przyjmować do obliczenia największej dopuszczalnej jednosekundowej gęstości prądu. O ile temperatura graniczna dopuszczalna przy zwarciu jest dla żyły danego kabla ściśle określona, to przyjmowana do obliczeń temperatura żyły przed

wystąpieniem zwarcia nie musi być równa temperaturze granicznej dopuszczalnej długotrwanie. Jeśli kabel nie jest długotrwanie w pełni obciążony, jego temperatura w chwili wystąpienia zwarcia jest niższa od granicznej dopuszczalnej długotrwanie. Można więc przyjąć większą wartość największej dopuszczalnej jednosekundowej gęstości prądu. Ilustruje to, podana przez producenta kabli o izolacji z polietylenu sieciowanego [18], tabela największej dopuszczalnej jednosekundowej gęstości prądu żył roboczych, wyznaczonej dla temperatury granicznej dopuszczalnej przy zwarcu:

Temperatura żyły przed zwarcem w °C	Największa dopuszczalna jednosekundowa gęstość prądu w A/mm ² w żyłach:	
	miedzianych	aluminiowych
90	143	94
80	149	98
70	154	102
65	157	104
60	159	105
50	165	109
40	170	113
20	181	120

Kable te są obecnie powszechnie stosowane w nowych i rozbudowywanych lub przebudowywanych sieciach średniego napięcia. Niepełne wykorzystanie obciążalności długotrwałej spotyka się w liniach zasilających pojedyncze odbiorniki, w których z różnych względów (np. ze względu na spadek napięcia) zwiększono przekrój kabla ponad wartość wynikającą z obciążenia roboczego. Przyjmowanie do obliczeń temperatury granicznej dopuszczalnej długotrwanie jako temperatury przed zwarcem jest uzasadnione dla kabli pracujących w sieciach rozdzielczych spółek dystrybucyjnych, gdzie nie można przewidzieć, jak na przestrzeni lat będzie się kształtowało obciążenie danej linii. Przewymiarowanie przekroju żyły często zdarza się w przypadku, kiedy o doborze przekroju zadecydowała tylko obciążalność zwarcia przyjęta dla temperatury dopuszczalnej długotrwanie, podczas, gdy z warunków obciążenia wynika, że temperatura przed zwarcem jest niższa. Ten problem często znika z pola widzenia projektantów. Temperaturę kabla θ_B wynikającą z obciążenia długotrwałego I_B niższego niż dopuszczalne można wyznaczyć ze wzoru:

$$\theta_B = \theta_o + \left(\frac{I_B}{I_z} \right)^2 (\theta_z - \theta_o)$$

gdzie: θ_z – temperatura żyły kabla graniczna dopuszczalna długotrwanie,

θ_o – temperatura otoczenia,

I_B – prąd obciążenia roboczego kabla,

I_z – obciążalność prądowa długotrwała kabla.

Dla temperatury otoczenia przyjmuje się następujące wartości, według [15]:

Rodzaj przewodów i warunki ich ułożenia		θ_o [°C]
Przewody w pomieszczeniach		+25 ¹⁾
Przewody izolowane w przestrzeniach zewnętrznych	nie narażone na bezpośrednie nasłonecznienie	+25
	narażone na bezpośrednie nasłonecznienie	+40
Kable w ziemi w zależności od pory roku		+20 (+15; +5)

¹⁾ Wartość wyższa, jeśli rzeczywiste warunki ułożenia przewodów to uzasadniają.

Podobne wartości przedstawiono w części 2 artykułu w tabelicy 7, w której, dla kabli ułożonych w ziemi podano wartość 35 °C (!?) obok wartości 20 °C. Podana w tabelicy 7 artykułu wartość temperatury 35 °C wraz z, przedstawionym w tekście artykułu, mętym tłumaczeniem zasady ustalania obciążalności kabli ułożonych w ziemi, w którym występują wartości: temperatury = 35 °C i rezystywności cieplnej gruntu = 2,5 K·m/W, może sugerować niezbyt uważnemu czytelnikowi, że są to wartości właściwe dla obszaru Polski. Spotykane w literaturze wartości rezystywności cieplnej różnego rodzaju gruntu w zależności od wilgotności przedstawiają się następująco: obszary bardzo wilgotne = 0,7 K·m/W, obszary wilgotne = 1,0 K·m/W, obszary suche = 2,0 K·m/W i obszary bardzo suche = 3,0 K·m/W. Dokładniejsze dane odnośnie do wartości rezystywności cieplnej gruntu w zależności od obszaru i od rodzaju gruntu zawiera literatura [15]. Na obszarze Polski temperatury gruntu na głębokości, na której sytuowane są kable średnich napięć, osiągają wartość ok. 20 °C przy bardzo niekorzystnych warunkach klimatycznych (duże i długotrwałe wartości temperatury powietrza przy dużym nasłonecznieniu). Zatem wartości: temperatury gruntu na głębokości ułożenia kabla = 35 °C i rezystywności cieplnej gruntu = 2,5 K·m/W są właściwe dla krajów o gorącym i suchym klimacie, do których Polska nie należy. Dla obszaru Polski należy przyjmować wartości ustalone przez PKN [15]: temperatura gruntu na głębokości ułożenia kabla = 20 °C i rezystywności cieplnej gruntu = 1,0 K·m/W. Osoby propagujące przyjmowanie, przy ustalaniu obciążalności kabli ułożonych w ziemi, wartości: temperatury = 35 °C i rezystywności cieplnej gruntu = 2,5 K·m/W dla obszaru Polski można podejrzewać o mętne układy z producentami miedzi i aluminium. Autorzy artykułu odwołali się do literatury [28] w tytule tabelicy 7, ale w spisie literatury w pozycji 28 znajduje się wydana przez COSiW SEP książka autorów A. Lisowski i G. Ługowski, w której takiej lub podobnej tabelicy nie ma.

Autorzy artykułu bezmyślnie przedstawili wzór na „sprawdzenie żyły powrotnej kabla na zwarcie dwufazowe (wzór empiryczny zaproponowany przez Janusza Pasternakiewicza z Politechniki Warszawskiej):

$$I_{dopzp} \geq 0,033 S_{kQ}''$$

gdzie: S_{kQ}'' – moc zwarciowa w miejscu przyłączenia projektowanego kabla do systemu elektroenergetycznego, w [MVA]”. Ten wzór nie ma sensu, nie można wprost prądu porównywać z mocą w oderwaniu od napięcia sieci. Wyjaśniono co to jest S_{kQ}'' , ale co oznacza I_{dopzp} nie objaśniono i nie wynika to z tekstu. Indeks dolny wskazuje na jakiś prąd dopuszczalny żyły powrotnej. Prąd dopuszczalny odnosi się zwykle do obciążalności lub wytrzymałości, ale o jaką wytrzymałość tu chodzi? Żyły powrotne kabli SN sprawdza się na wytrzymałość zwarciową cieplną. Ale we wzorze nie występuje normowe oznaczenie prądu znamionowego krótkotrwałego wytrzymywanego I_{thr} i **nie ma parametru istotnego dla wytrzymałości cieplnej, to znaczy czasu trwania prądu zwarciowego** T_k . Nie podano źródła, w którym ten wzór wyprowadzono. Dla znawcy problemu pewną wskazówką jest współczynnik 0,033. W 1974 r. Zjednoczenie Energetyki rozesłało do biur projektów i podległych mu przedsiębiorstw następującą informację: *Wyjaśnia się, że w ogólnym przypadku pełne dostosowanie żył powrotnych kabli do warunków zwarciowych w sieciach 15 kV ma miejsce wtedy, gdy spełniona jest zależność:*

$$I_{z1} \geq 0,033 S_z \sqrt{t_z}$$

gdzie: I_{z1} – obciążalność zwarciowa 1-sekundowa żyły powrotnej kabla, w kA

S_z – moc zwarciowa w danej części sieci 15 kV, w MVA

t_z – czas trwania zwarcia wielofazowego, w sekundach”.

Należy zauważyć, że nie jest to wzór empiryczny. Wyprowadzono go z przedstawionych w normie [6] zależności doboru aparatów ze względu na cieplne działanie prądu zwarciowego, wprowadzając w miejsce prądu zwarcia dwufazowego odpowiednie jego przeliczenie na prąd zwarcia trójfazowego i moc zwarciową oraz podstawiając liczbę 15 jako napięcie znamionowe. **Wzór ten**

dotyczy tylko sieci 15 kV; tylko dla napięcia 15 kV we wzorze wystąpi współczynnik 0,033. Idąc śladami rozumowania Zjednoczenia Energetyki łatwo ustalić, skąd się wziął we wzorze współczynnik 0,033. Zakładając tę samą wartość impedancji zwarciowej zgodnej i przeciwnej, prąd początkowy zwarcia dwufazowego I''_{k2} można wyznaczyć z zależności:

$$I''_{k2} = \frac{\sqrt{3}}{2} I''_{k3}, \text{ gdzie: } I''_{k3} - \text{prąd początkowy zwarcia trójfazowego.}$$

Wprowadzając do wzoru moc zwarciową $S_{kQ} = \sqrt{3}U_n I''_{k3}$ otrzymuje się zależność:

$$I''_{k2} = \frac{1}{2} \frac{S_{kQ}}{U_n}, \text{ która, dla } U_n = 15 \text{ kV przyjmuje postać: } I''_{k2} = 0,033 S_{kQ}.$$

Wiadomo już, skąd się wziął we wzorze współczynnik 0,033, ale nadal nie wiadomo co to za twór przytoczono w artykule. Albo Janusz Pasternakiewicz należy do tego samego klubu *Elektryki Wiatrowej* [16], co autorzy artykułu, albo autorzy ci ściągnęli niekompletny wzór zapominając przy tym wspomnieć, że ma on zastosowanie tylko do sieci 15 kV i objaśnić oznaczenie I_{dopzp} . Nie można mówić o empirycznym pochodzeniu wzoru wyprowadzonego z przekształceń matematycznych (empiryczny oznacza doświadczalny). Warto zauważyć, że w Polsce występują *linie kablowe średniego napięcia* o napięciu znamionowym 3, 6, 10, 15, 20 i 30 kV. Można przedstawić wzór odnoszący się tylko do sieci 15 kV, bez odpowiedniego wyjaśnienia, w artykule o tytule „projektowanie linii kablowych 15 kV”.

Po upływie miesiąca czasu, autorzy artykułu mieli prawo zapomnieć o tym, co napisali w części 1 artykułu i w części 2 zalecili: *W przypadku zastosowania kabli jednożyłowych, sprawdzenie dopuszczalnej obciążalności żyły powrotnej należy wykonać po wyznaczeniu jednofazowego prądu zwarcia z ziemią. Zasady obliczania jednofazowych prądów zwarcia z ziemią można znaleźć w [24].* W spisie literatury w pozycji 24 znajdują się normy dotyczące ochrony odgromowej (PN-86/E 5003-1, -3, -4; powinno być PN-xx/E 05003/01, 03, 04)?

Aby czytelnik artykułu nie zdurniał do końca warto nieco przybliżyć i uporządkować kryteria decydujące o wyborze prądu zwarciowego uwzględnianego w obliczeniach sprawdzających poprawność doboru żyły powrotnej kabli. Obciążenie prądowe żył powrotnych kabli występuje podczas zwarc doziemnych. O wartości prądu doziemnego, jaką należy przyjmować przy doborze żyły powrotnej kabli, decyduje sposób uziemienia punktu neutralnego sieci, w której dana linia pracuje. Sieci kablowe mogą pracować z kompensacją ziemnozwarciową czyli z punktem neutralnym uziemionym przez dławik kompensacyjny (cewkę Petersena), z kompensacją i układem do wymuszania składowej czynnej prądu ziemnozwarciowego (AWSC), potrzebną do rozpoznania i zlokalizowania doziemienia przez zabezpieczenia, o punkcie neutralnym izolowanym, o punkcie neutralnym uziemionym przez rezystor lub przez równoległe połączone dławik i rezystor. Sieć skompensowana z układem do wymuszania składowej czynnej jest obecnie powszechnie spotykana, ale w miarę upływu czasu, już od lat siedemdziesiątych jest zastępowana przez sieć o punkcie neutralnym uziemionym przez rezystor. W niektórych oddziałach spółek dystrybucyjnych, sieć o punkcie neutralnym uziemionym przez rezystor stanowi ponad 40 % ogółu eksploatowanych sieci. W zależności od sposobu uziemienia punktu neutralnego sieci przyjmuje się do obliczeń prąd zwarcia dwufazowego I''_{k2} albo prąd jednofazowego zwarcia z ziemią I''_{k1} .

W sieciach skompensowanych i sieciach o izolowanym punkcie neutralnym zarówno tam, gdzie zabezpieczenia ziemnozwarciowe działają na sygnał, jak i tam gdzie zabezpieczenia te działają na wyłączenie z kilkusekundową zwłoką, zwarcia jednofazowe z ziemią szybko rozwijają się w zwarcia międzyfazowe lub zwarcia podwójne zanim zdąży się je zlokalizować. Zwłoka w działaniu zabezpieczeń ziemnozwarciowych ma na celu umożliwić dławikowi kompensacyjnemu zgaszenie łuku zwarcia przemijającego. Zwarcia podwójne są w istocie dwoma występującymi w tym samym czasie zwarciami doziemnymi różnych faz w różnych miejscach. Podczas takich zwarc prąd zwarciowy płynący żyłami powrotnymi kabli, w których wystąpiło doziemienie, może osiągnąć wartość bliską wartości prądu zwarcia dwufazowego. Z tego też powodu, **w sieciach kompensowanych i sieciach o punkcie neutralnym izolowanym, przyjmuje się deterministycznie** (zakłada się mak-

symalne zagrożenie w najbardziej niekorzystnych przypadkach zwarć podwójnych) **wartość prądu zwarcia dwufazowego na początku linii za maksymalne spodziewane obciążenie prądowe żyły powrotnej kabli**. Identyfikacja postępuje się w przypadku sieci skompensowanych z układem do wymuszania składowej czynnej prądu ziemnozwarciowego. Taka praktyka prowadzi zazwyczaj do przewymiarowania żyły powrotnej kabli i tym samym do wzrostu zużycia miedzi. Przekroje żył powrotnych kabli można zmniejszyć na podstawie wyników probabilistycznej analizy zagrożeń żył powrotnych, gdzie zwarcie podwójne jest traktowane jako zdarzenie losowe. Analiza daje podstawy racjonalnego wyboru przekroju żyły powrotnej (możliwości zignorowania pewnych warunków skrajnych, mało prawdopodobnych). Decyzję podejmuje właściciel sieci ze świadomością pewnego ryzyka wynikającego z kalkulacji zysków i strat. Analiza probabilistyczna to przedsięwzięcie znacznie wykraczające poza ramy projektu linii kablowej i poza umiejętności projektantów wyszkolonych przez spółkę autorów artykułu.

W sieciach o punkcie neutralnym uziemionym trwale przez rezystor, wskutek ułatwionej wykrywalności i szybkiego wyłączenia zwarć jednofazowych, zwarcia podwójne są zjawiskiem bardzo rzadkim, mieszczącym się w obszarze akceptowanego ryzyka i nie uwzględnia się ich w doborze przekroju żył powrotnych kabli. Zabezpieczenia ziemnozwarciowe są proste, pewniejsze w działaniu i szybkie, działają szybciej niż zabezpieczenia od zwarć międzyfazowych. Tu **podstawą doboru żyły powrotnej kabli jest prąd jednofazowego zwarcia z ziemią**. W warunkach krajowych prąd pojedynczego zwarcia doziemnego nie przekracza 500 A (sieci dużych miast, np. Wrocławia). Najczęściej, dobrany rezystor uziemiający punkt neutralny ogranicza prąd zwarcia do znacznie mniejszej wartości zwłaszcza w sieciach napowietrznych i napowietrzno-kablowych.

Autorzy artykułu stwierdzili, że: *Ponieważ podstawowym środkiem uzupełniającej ochrony przeciwporażeniowej w sieciach i instalacjach o napięciu nominalnym $U_n \geq 1$ kV jest uziemienie, żyłę powrotną kabla SN należy uziemić*. Uziemienie nie jest podstawowym środkiem uzupełniającej ochrony przeciwporażeniowej lecz jest środkiem ochrony ludzi w przypadku dotyku pośredniego w sieciach i instalacjach SN i wyższych napięć. Bez słowa „uzupełniającej” zdanie to może być uznane za poprawne. Warto zauważyć, że żyła powrotna kabla może być uziemiona na obu końcach albo tylko na jednym w zależności od sieci, w której kabel pracuje lub terenu, w którym się znajduje. Przykładowo: w strefie oddziaływania prądów błędzących żyłę powrotną kabla uziemia się jednostronnie tylko w stacji zasilającej, dla całego ciągu zasilania. Wartość rezystancji uziemienia żyły powrotnej nie jest normowana (nie ma takiej potrzeby), ale z dalszej części artykułu wynika, że jednak jest ona określona i że ją ustala się według zasady w tym artykule przedstawionej. Rzecz w tym, że przedstawione zależności i obliczenia dotyczą wartości dopuszczalnej rezystancji uziemienia roboczego układu niskiego napięcia którego przewód ochronny jest połączony ze wspólnym uziemieniem stacji. Z żyłą powrotną kabla ma to tyle wspólnego, że jest ona przyłączana do wspólnego uziemienia układu średniego i niskiego napięcia i przy okazji wartość jej rezystancji uziemienia będzie równa wartości rezystancji uziemienia roboczego układu niskiego napięcia, ale nie oznacza to, że jest wartością wymaganą dla rezystancji uziemienia żyły powrotnej. Dopuszczalną wartość rezystancji uziemienia określa się tylko w związku z jego rolą, nie zaś w związku z przyłączeniem żyły powrotnej kabla do systemu uziemień. Reguły według których wyznacza się dopuszczalną wartość rezystancji uziemienia nie są takie same dla wszystkich przypadków, bo nie są takie same dopuszczalne wartości napięć rażenia które przyjmuje się do obliczeń. Inne są wymagania w przypadku wspólnego uziemienia dla układu średniego i niskiego napięcia, inne dla osobnego uziemienia układu SN w stacji lub złączu kablowym, a jeszcze inne w przypadku słupa z głowicą kablową, na którym linia kablowa jest połączona z linią napowietrzną.

Według tytułu, artykuł dotyczy projektowania linii kablowych średniego napięcia, a w tekście jest mowa o kablach czterożyłowych z żyłą *neutralną/zerową*. W sieciach średniego napięcia kable czterożyłowe nie występują. W sieciach i instalacjach niskiego napięcia też nie ma kabli czterożyłowych z żyłą *neutralną/zerową*. Kable te mają albo żyłę neutralną (N) albo ochronną (PE) albo ochronno-neutralną (PEN).

Na koniec warto wytknąć autorom artykułu niepoprawne zapisywanie wartości wielkości. Między wartością liczbową a oznaczeniem jednostki miary nie ma odstępu, a powinien być. Niepo-

prawne jest również ujmowanie w nawias kwadratowy jednostki podawanej po wartości liczbowej. Odpowiednie pouczenie znajdują autorzy w rozporządzeniu [5] i artykule [17]. Grzechy w odniesieniu do zaleceń artykułu [17] popełnia również autor niniejszego tekstu, który na swoje usprawiedliwienie może powiedzieć, że nie jest redaktorem miesięcznika technicznego i nie zajmuje się zawodowo pisanem artykułów. Jeden z autorów artykułu, Julian Wiatr, bardzo dba o to, aby w jego *twórczości* nie zabrakło pomyłek. Tak jest i tym razem: jednostką mocy jest $[\Omega]$, a po podstawieniu napięcia w $[V]$ i mocy zwarciowej w $[MVA]$ do wzoru na obliczenie prądu zwarciowego, autorzy otrzymują wynik w $[A]$. W pozycji spisu literatury do której się odwołano wielokrotnie nie występuje literatura dotycząca omawianego zagadnienia. Wiele nietrafnych odwołań jest do pozycji 18, w której wyszczególniono ustawę o ochronie środowiska nie mającą nic wspólnego z omawianymi zagadnieniami. W spisie literatury występują dwie normy: N SEP-E-004 i N-SEP-E 004:2003. Czy SEP wie, że wydał dwie normy o tym samym tytule lecz inaczej oznaczone? Dwukrotnie wyszczególniono w spisie literatury ustawę Prawo budowlane. W pozycji 25 zniekształcono nazwisko autora: podano Kafejko zamiast Kacejko i rok wydania: podano 2001 zamiast 2002. Wyszczególniono w spisie nieaktualne ustawy: w pozycji 15 – ustawa o badaniach i certyfikacji (utraciła moc z dniem uzyskania przez Polskę członkostwa w Unii Europejskiej), 16 – ustawa o normalizacji, 18 – ustawa o ochronie przyrody. Pomyłki się wszędzie zdarzają, ale jak na jeden artykuł i trzech autorów jest ich zbyt wiele.

Autorzy artykułu reklamują swój *Poradnik projektanta elektryka*, w którym szerzej opisano sposoby obliczania zwarć. Autor niniejszego tekstu, znający dobrze *twórczość* spółki autorskiej J. Wiatr i M. Orzechowski, ostrzega czytelników przed korzystaniem z tego poradnika. Ten poradnik jest tyle wart co artykuł, którego niniejszy tekst dotyczy. Literatura, w której problematyka zwarciowa jest rzetelnie opracowana, to artykuł [14] i książka [12]. Literatura ta daje pełną wiedzę, tak od strony teorii zwarć, jak i od strony zastosowań praktycznych. Wcześniej była to książka [13], którą i dziś można polecić, z tym, że utraciła po części swoją aktualność wraz ze zmianą norm. W przypadku obciążeń zwarciowych cieplnych konieczna jest znajomość postanowień normy [9].

Przy omawianiu problematyki doboru kabli, ujawnia się bałagan w oznaczeniach wielkości. W literaturze i normach stosuje się zbyt wiele oznaczeń tej samej wielkości. Normy [7] i [8] dla gęstości prądu przewidują oznaczenie główne J i rezerwowe S . W literaturze technicznej przez dziesięciolecia było stosowane oznaczenie j . W normie [9] zastosowano oznaczenie S , może dlatego, że oznaczenie J przypisano momentowi bezwładności. Normy z grupy PN-IEC 60364 stosują współczynnik k , chociaż nie podają wprost, że oznacza on gęstość prądu. Współczynnik k o tym samym znaczeniu spotyka się również w bardzo starej literaturze. Dziś w normach i literaturze stosowane są trzy oznaczenia dla gęstości prądu: S , k i J . Podobnie jest w przypadku temperatury. Norma [7], dla temperatury (Celsjusza) przewiduje aż trzy oznaczenia: t , ϑ i θ a norma [8] już tylko dwa: t i ϑ . W literaturze można jeszcze spotkać oznaczenia: τ i Θ . W normie [9] zastosowano θ i dlatego to oznaczenie zastosowano w niniejszym tekście; jest ono również stosowane w normach wielu wyrobów. Rzecz jasna, że na oznaczenie wszystkich wielkości jakie stworzyła ludzkość nie starczy liter alfabetów, ale tęskni się do czasu, kiedy będzie miało miejsce pewne ujednoczenie w tematycznych obszarach techniki stosowanej.

Literatura

- [1] Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz. U. z 2003 r. Nr 80, poz. 717 z późniejszymi zmianami)
- [2] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity Dz. U. z 2006 r. Nr 156, poz. 1118 z późniejszymi zmianami)
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. z 2003 r. Nr 120, poz. 1133)
- [4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz. U. z 2004 r. Nr 202, poz.

- 2072)
- [5] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 listopada 2006 r. w sprawie legalnych jednostek miar (Dz. U. z 2006 r. Nr 225, poz. 1638)
 - [6] PN-74/E-05002 Urządzenia elektroenergetyczne. Dobór aparatów wysokonapięciowych w zależności od warunków zwarciovych.
 - [7] PN-88/E-01100 Oznaczenia wielkości i jednostek miar używanych w elektryce. Postanowienia ogólne. Wielkości podstawowe (zastąpiona przez PN-HD 60027-3:2006)
 - [8] PN-HD 60027-1:2006 Symbole i oznaczenia literowe w elektryce. Część 1: Zasady ogólne
 - [9] PN-90/E-05025 Obliczanie skutków prądów zwarciovych
 - [10] PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalność prądowa długotrwała przewodów
 - [11] PN-EN 50160:2002, PN-EN 50160:2002/AC:2004, PN-EN 50160:2002/Ap1:2005 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych
 - [12] Kacejko P., Machowski J.: Zwarcia w systemach elektroenergetycznych, Warszawa, WNT 2002
 - [13] Kończykowski S., Bursztyński J.: Zwarcia w układach elektroenergetycznych, Warszawa, WNT 1965
 - [14] Musiał E.: Prądy zwarciovye w niskonapięciowych instalacjach i urządzeniach prądu przemiennego, Biul. SEP INPE nr 40 (tekst dostępny również na internetowej Stronie domowej Edwarda Musiała)
 - [15] Musiał E.: Obciążalność cieplna przewodów i kabli. (tekst dostępny na internetowej Stronie domowej Edwarda Musiała > Opracowania autorskie > Obciążalność oraz zabezpieczenia przewodów i kabli
 - [16] Internetowa Strona domowa Edwarda Musiała, www.edwardmusial.info > Zatruta strawa > Błędy w czasopismach > Elektryka Wiatrowa
 - [17] Pawluk K.: Jak pisać teksty techniczne poprawnie, Biul. SEP INPE nr 46
 - [18] Katalog Tele-Fonica Kable SA Kable i przewody elektroenergetyczne, Edycja sierpień 2004

Dane bibliograficzne

Wysocki J.: **Recenzja artykułu „Projektowanie linii kablowych średniego napięcia”**. Miesięcznik SEP „Informacje o normach i przepisach elektrycznych”. 2007, nr 95, s. 81-93.