Uziemienie przewodu PEN i jego rozdział na przewód ochronny PE oraz przewód neutralny N

Z układu TN-C czteroprzewodowego: 3xL+PEN po rozdzieleniu przewodu PEN powstaje układ pięcioprzewodowy TN-C-S:3xL+N+PE.

Do przeprowadzenia analizy konieczności uziemiania przewodu PEN należy posłużyć się definicjami (określeniami podstawowych wielkości fizycznych). W materiale zostaną przytoczone fragmenty tekstów z obligatoryjnych przepisów, z opracowań znanych autorów wypowiadających się w tym temacie oraz wiedza praktyczna.

Definicje niezbędnych do prawidłowej interpretacji norm i dokumentów

Przewód liniowy L (przewód fazowy w układach AC, przewód biegunowy w układach DC) – przewód, który w czasie normalnej pracy sieci lub instalacji jest pod napięciem, przewidziany do przesyłu i rozdziału energii elektrycznej, ale niebędący ani przewodem neutralnym ani przewodem środkowym,

Przewód neutralny N – przewód połączony elektrycznie z punktem neutralnym i mogący brać udział w rozdziale energii elektrycznej,

Przewód ochronny PE – przewód przeznaczony do zapewnienia bezpieczeństwa, na przykład do ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym. W instalacji elektrycznej przewód PE jest uważany za przewód ochronny uziemiający,

Przewód ochronno – neutralny PEN – przewód łączący funkcje przewodu ochronnego uziemiającego oraz przewodu neutralnego N,

Przewód ochronny uziemiający – przewód ochronny przeznaczony do uziemienia ochronnego,

Przewód ochronny wyrównawczy – przewód ochronny przeznaczony do połączenia wyrównawczego ochronnego,

Przewód uziemiający – przewód stanowiący drogę przewodzącą, lub jej część, między danym punktem sieci, instalacji lub urządzenia a uziomem lub układem uziomowym. W instalacji elektrycznej budynku danym punktem jest zwykle główna szyna uziemiająca (główny zacisk uziemiający), a przewód uziemiający łączy ten punkt z uziomem lub układem uziomów,

Główna szyna (zacisk) uziemiająca (GSU) – zacisk lub szyna, które są częścią układu uziemiającego instalacji i umożliwiają połączenie elektryczne pewnej liczby przewodów w celach uziemiających.

Informacje z norm

Norma PN-HD 60364-4-41 w pkt. 411.4.2 uwaga 2: nie nakazuje, ale zaleca uziemiać punkt rozdziału PEN**:**

„Zaleca się, aby przewody ochronne (PE, PEN) były uziemione w miejscu wprowadzenia ich do każdego z budynków lub obiektów z uwzględnieniem wszelkich zmian kierunku prądów w przewodzie neutralnym."

Z kolei norma PN-IEC 60364-3 nie pokazuje uziemienia punktu rozdziału PEN (rys. nr 31B)**.** ale z opisu i powyższych definicji wynika, że PE musi być uziemiony.
Z normy PN-HD 60364-5-54:2010 natomiast wynika, że PE musi być przyłączony do zacisku uziemiającego głównego, a PEN połączony z PE.

Poniżej zostaną przytoczone kolejne fragmenty z norm, które potwierdzają konieczność uziemienia przewodu PEN w miejscu rozdziału.

Norma PN /92-E 05009/54 (norma wycofana) podaje w pkt. 546.2.3:
Jeżeli w danym punkcie instalacji przewiduje się rozdzielenie przewodu neutralnego od ochronnego, nie dopuszcza się łączenia tych przewodów w żadnym innym punkcie. W punkcie rozdzielenia powinny być przewidziane zaciski lub szyny oddzielne dla przewodów neutralnych. Przewód PEN powinien być przyłączony do zacisku lub szyny przeznaczonych dla przewodu ochronnego.

Z kolei nowa obowiązująca norma PN-HD 60364-5-54:2010 podaje :

„Do głównego (zacisku) szyny uziemiającej należy przyłączyć:
- przewody ochronne wyrównawcze,
- przewody uziemiające,
- przewody ochronne,
- przewody uziemiające funkcjonalne, jeżeli występują. Oznacza to, że punkty PEN i PE są przyłączone do GSU."

Ponadto w nowej normie PN HD 60364-5-54:2010 w pkt. 543.4.3. jest zapis:
Jeżeli począwszy od jakiegokolwiek punktu instalacji, funkcje neutralne i ochronne są zapewnione przez oddzielne przewody, połączenie przewodu z jakąkolwiek inną częścią uziemioną w instalacji jest niedopuszczalne (np. z przewodem PE z przewodu PEN). Jednakże dopuszcza się utworzenie z przewodu PEN więcej niż jednego przewodu neutralnego N i więcej niż jednego przewodu ochronnego PE. Oddzielne zaciski lub szyny powinny być przeznaczone dla przewodów PE i N. W tym przypadku przewód PEN powinien być przyłączony do zacisku lub szyny przeznaczonych dla przewodu ochronnego.

Ponieważ przewód ochrony powinien być przyłączony do GSU, to zgodnie z podanymi wyżej zapisami konieczne jest uziemienia przewodu PEN w miejscu jego rozdziału.

Żadna norma czy inne przepisy jednoznacznie nie wyczerpują tego tematu, jednakże po przeczytaniu całości tekstów norm nasuwa się wniosek, że punkt rozdziału PEN powinien być uziemiony przez przewód ochronny PE przyłączony do GSU. Taki rozdział powinno się wykonać w złączu lub w rozdzielni głównej budynku.

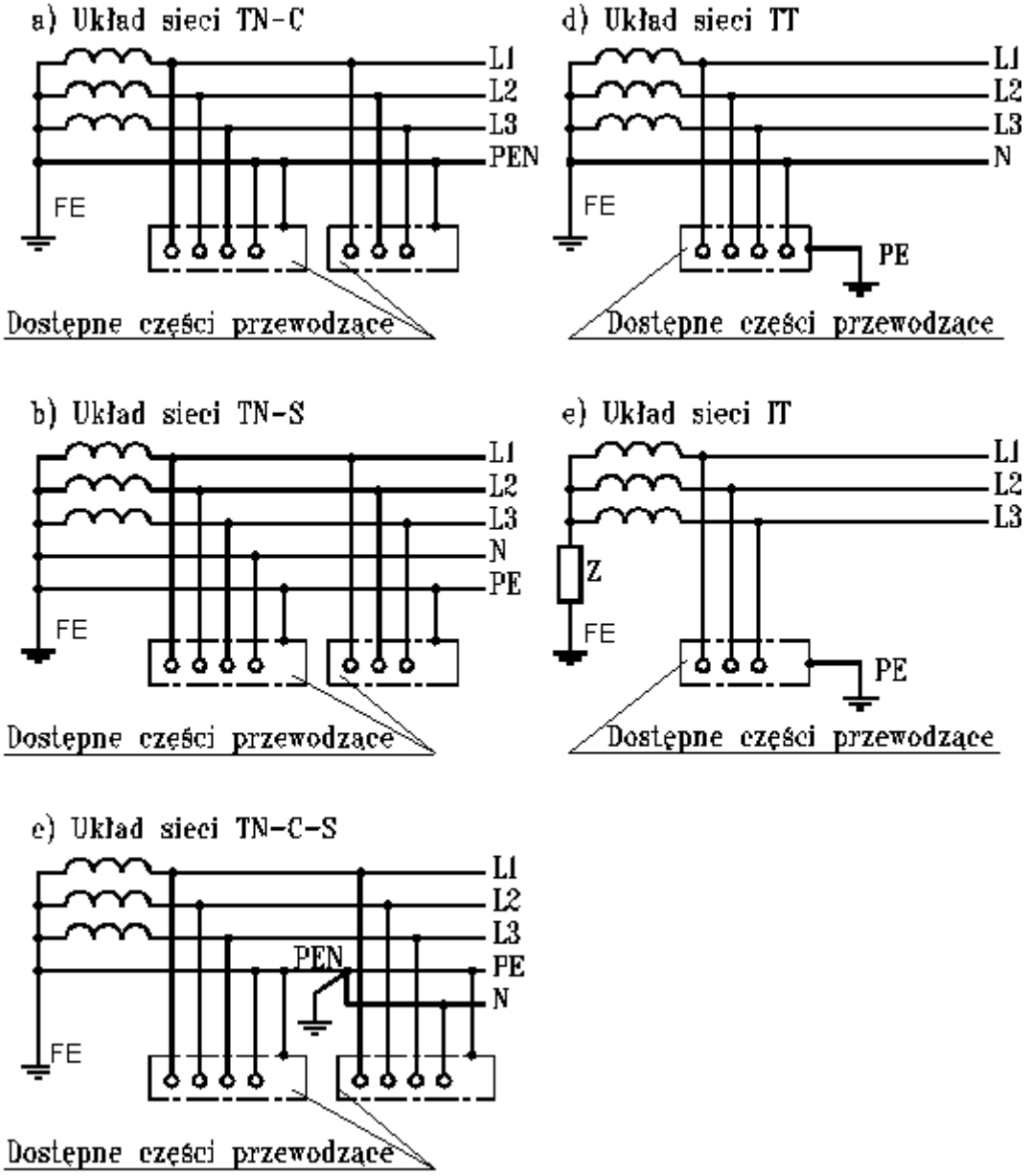
Skutki przerwania przewodu PEN

Skutki przerwania przewodu PEN w obwodzie jednofazowym to skutkuje pojawieniem się pełnego napięcia fazowego na obudowie nieuszkodzonego urządzenia (230V). Po rozdzieleniu przewodu PEN nie ma tego zagrożenia. Gdy są wykonane połączenia

wyrównawcze główne i dodatkowe przerwanie przewodu PE może spowodować pojawienie się na nim napięcia rzędu kilkudziesięciu V. Przerwanie PE likwiduje tylko ochronę – powoduje niezadziałanie zabezpieczenia zwarciowego, RCD i nie stanowi takiego zagrożenia, jak przerwanie PEN.

Układy sieci

Na rys. 1. są przedstawione podstawowe układy sieci stosowane w naszym kraju. Na rysunku 1c jest uziemienie rozdziału PEN, którego nie ma w normie.



Oznaczenia: L1; L2; L3 - przewody fazowe prądu przemiennego; N - przewód neutralny; PE - przewód ochronny; PEN - przewód ochronno-neutralny; FE - przewód uziemiający funkcjonalny; Z - impedancja

Rys. 1. *Schematy stosowanych układów sieci TN (TN-C; TN-S; TN-C-S), TT oraz IT [8]*

Układy sieci TN są najczęściej projektowanymi układami w Polsce.

W sieciach elektroenergetycznych zasilających są z reguły stosowane układy TN-C.

W układzie sieci TN-C występuje przewód ochronno-neutralny PEN.

Zgodnie z postanowieniami normy PN-HD 60364-5-54, w instalacjach elektrycznych ułożonych na stałe, przewód ochronno-neutralny PEN powinien mieć przekrój żyły nie mniejszy niż 10 mm^2 Cu lub 16 mm^2 Al.

W związku z powyższym, szczególnie w instalacjach odbiorczych budynków, w których dostosowanie przekroju przewodu PEN do postanowień określonych normą jest trudne lub wręcz niemożliwe oraz dążeniem do poprawy stanu bezpieczeństwa przeciwporażeniowego użytkowników, koniecznością staje się stosowanie układu sieci TN-S lub TN-C-S.
Układy te zapewniają rozdzielenie funkcji przewodu ochronno-neutralnego PEN na przewód ochronny PE i neutralny N oraz likwidują szereg niepożądanych zjawisk, takich jak:

- pojawienie się napięcia fazowego na obudowach metalowych odbiorników, wywołane przerwą ciągłości przewodu PEN,
- pojawienie się na przewodzie PEN napięcia niekorzystnego dla użytkowanych odbiorników, wywołanego przepływem przez ten przewód prądu wyrównawczego, spowodowanego zaistnieniem asymetrii prądowej w instalacji.

Rozdzielenie funkcji przewodu ochronno-neutralnego PEN na przewód ochronny PE i neutralny N, w przypadku układu sieci TN-C-S, powinno następować w złączu lub w rozdzielnicy głównej budynku, a punkt rozdziału powinien być uziemiony, co wykazano powyżej. Zapewnia to utrzymanie potencjału ziemi na przewodzie ochronnym PE przyłączonym do części przewodzących dostępnych urządzeń elektrycznych w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej.

Możliwie licznie uziemiane powinny być również przewody ochronne PE i ochronno-neutralne PEN.

Wielokrotne uziemianie przewodu ochronnego PE i ochronno-neutralnego PEN w układzie sieci TN, w którym stosowane jest samoczynne wyłączenie zasilania, jako ochrona przy uszkodzeniu, powoduje:

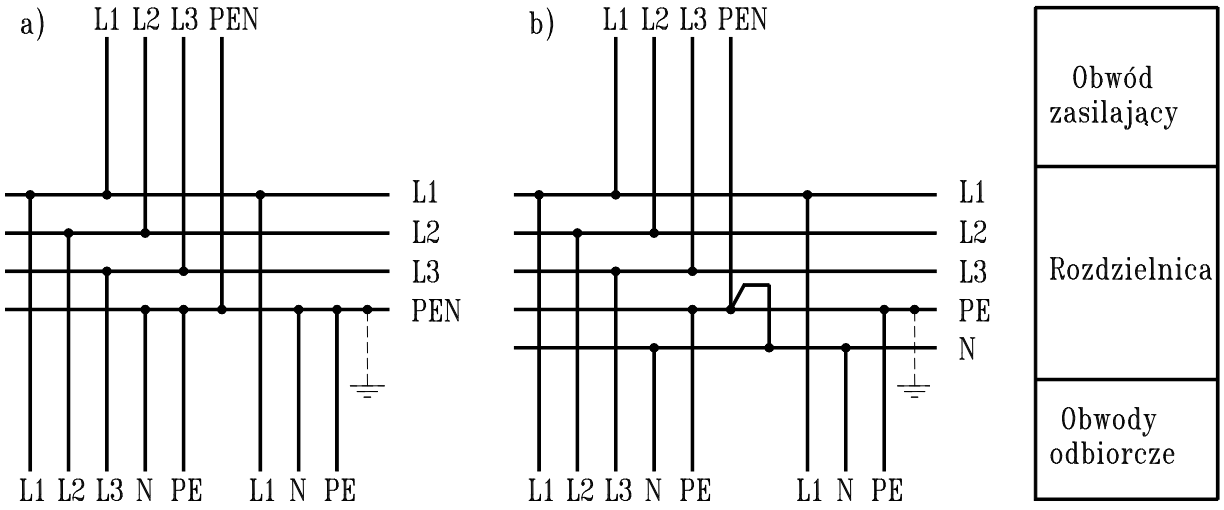
- obniżenie napięcia na nieuszkodzonym przewodzie ochronnym PE lub ochronno-neutralnym PEN, połączonym z miejscem zwarcia,
- utworzenie drogi zastępczej prądu zwarciowego w przypadku przerwania przewodu ochronnego PE lub ochronno-neutralnego PEN,
- obniżenie napięcia na przewodzie ochronnym PE lub ochronno-neutralnym PEN, który został przerwany (odłączony od punktu neutralnego sieci) i który jest jednocześnie połączony z miejscem zwarcia,
- obniżenie napięcia, które może pojawić się na przewodzie ochronnym PE lub ochronno-neutralnym PEN podczas zwarć doziemnych w stacji zasilającej po stronie wyższego napięcia, gdy w stacji wykonano wspólne uziemienie urządzeń wysokiego i niskiego napięcia,
- ograniczenie asymetrii napięć podczas zwarć doziemnych.

Nowo projektowana lub modernizowana instalacja elektryczna w budynkach powinna być realizowana w układzie sieci TN-S (przewody L1; L2; L3; N; PE). Nie wyklucza to stosowania w szczególnie uzasadnionych przypadkach układu sieci TT lub IT.

Możliwe są dwa rozwiązania rozdzielnic (złącze, rozdzielnica główna) w układzie TN-C-S:

- z zastosowaniem czterech szyn zbiorczych,
- z zastosowaniem pięciu szyn zbiorczych.

Rozwiązania te przedstawiono na rysunku nr 2



Rys. 2 *Rozdzielnice w układzie TN-C-S [8]*

Rozdzielnica przedstawiona na rysunku nr 2a może pracować w układzie TN-C lub TN-C-S, natomiast rozdzielnica przedstawiona na rysunku nr 2b może pracować we wszystkich układach TN, a także w układach TT lub IT po odpowiednim, dla danego układu sieci, połączeniu lub rozłączeniu szyny PE z szyną N. Zgodnie z normą PN HD 60364-5-54:2010 preferowany jest układ na rys 2b.

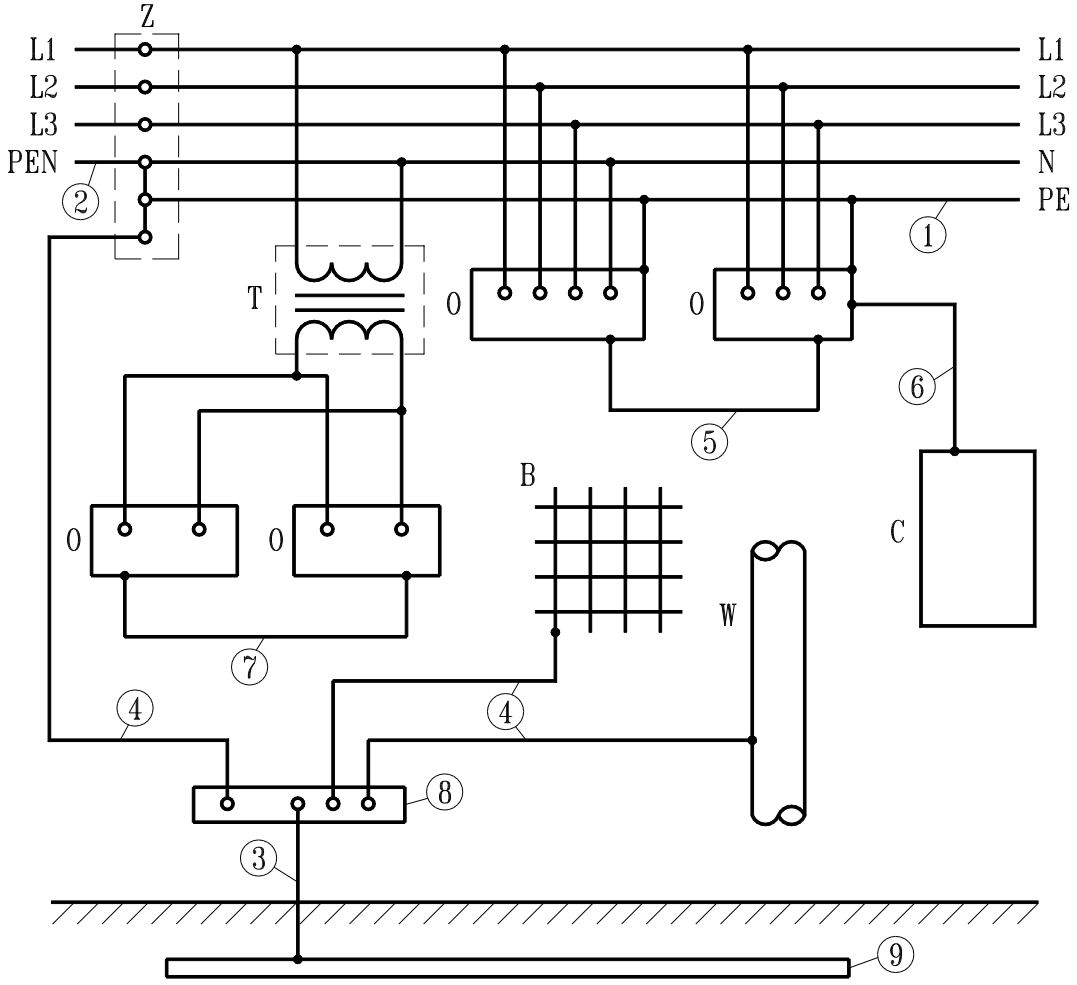
Bardzo ważną rolę w ekwipotencjalizacji części przewodzących jednocześnie dostępnych w budynku pełni uziemienie przewodu ochronnego PE instalacji elektrycznej. Określa ono potencjał strefy ekwipotencjalnej w budynku. Uziemienie to powinno być wykonane w budynku, a nie z dala od niego, z wykorzystaniem przede wszystkim uziomu fundamentowego.

Jeszcze jedno uzasadnienie

W instalacjach elektrycznych, ułożonych na stałe, przewód ochronno-neutralny PEN powinien mieć przekrój żyły nie mniejszy niż 10 mm^2 w przypadku przewodów miedzianych i 16 mm^2 w przypadku przewodów aluminiowych. W budynkach jednorodzinnych przekroje te są zwykle dużo mniejsze. Dlatego też konieczne staje się stosowanie odrębnych przewodów ochronnych PE i neutralnych N o przekrojach żył takich samych jak przewody fazowe, czyli np. 1,5; 2,5; 4 mm^2.

Punkt rozdziału PEN, który występuje w elektroenergetycznej sieci zasilającej instalacje elektryczne w budynku powinien być uziemiony w miejscu wprowadzenia przewodu PEN do budynku (w złączu lub rozdzielnicy głównej w budynku). Zapewnia to utrzymanie potencjału ziemi na przewodach ochronnych PE przyłączonych do dostępnych części przewodzących urządzeń elektrycznych w normalnych warunkach pracy instalacji elektrycznej.

Na rysunku nr 3 widoczne są przykładowe połączenia ochronne.



Oznaczenia: 1- przewód ochronny PE; 2 - przewód ochronno-neutralny PEN; 3 – przewód uziemiający; 4 – przewód ochronny wyrównawczy główny; 5 – przewód ochronny wyrównawczy dodatkowy łączący z sobą dwie części przewodzące dostępne; 6 – przewód ochronny wyrównawczy dodatkowy łączący z sobą część przewodzącą dostępną oraz część przewodzącą obcą; 7 – izolowany, nieuziemiony przewód ochronny wyrównawczy; 8 – główny zacisk (szyna) uziemiający; 9 - uziom; Z - złącze; T - transformator separacyjny; O - odbiornik w obudowie przewodzącej I klasy ochronności; C - część przewodząca obca; W - rura metalowa wodociągowa główna; B - zbrojenie lub/i konstrukcje metalowe budynku.

Rys. 3. *Schemat połączeń ochronnych [10]*

Rezystancja uziemienia punktu rozdziału

Według Vademecum [7] rezystancja uziemienia powinna wynosić R < 30 Ω. Dla porównania warto nadmienić, że rezystancja dla ochronników R_{max}= 10 Ω, dla instalacji odgromowej 10 Ω.

W nowoprojektowanych uziomach fundamentowych uzyskuje się rezystancję uziemienia rzędu kilku omów, w przypadku otoków - rzędu kilkunastu Ω, a czasami poniżej 10 Ω.

W starych instalacjach w układach TN-C warunki te najczęściej nie są spełnione i powinno się projektować uziemienia i GSU oraz dla potrzeb uziemienia PEN i instalacji odgromowej zewnętrznej i wewnętrznej.

Literatura:

1. PN-HD 60364-4-41 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4041: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym*.
2. PN-IEC 60364-3 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ustalenie ogólnych charakterystyk.*
3. PN-HD 60364-5-54 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia, przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych*.
4. PN-92/E-05009/54 (norma wycofana) *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia i przewody ochronne*.
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie Dz. U. nr 75 z 2002 r. poz. 690 z późniejszymi zmianami.
6. Instalacje i urządzenia elektroenergetyczne. Edward Musiał. WSIP 1998
7. Vademecum Elektryka. Andrzej Boczkowski. Polcen Sp z o.o.2008
8. Ochrona przeciwporażeniowa w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia. Andrzej Boczkowski
9. Bezpieczny dom rodzinny Instalacje elektryczne tom I Janusz Strzyżewski. Polcen Sp. z o.o. 2011
10. Wytyczne Pomiary w Elektroenergetyce Zespół autorów pod redakcją Krystyn Kupras, recenzenci Lisowski Antoni i Strzałka Jan i współautorzy (Boczkowski Andrzej, Laskowski Jerzy, Pyszniak Teodor, Uczciwek Tadeusz, Kupras Krystyn, Lechowicz Piotr, Ślirz Witold, Wojnarski Janusz). COSIW oraz KSKRAK 2005

Opracował mgr inż. Janusz Wojnarski