



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Politechnika Świętokrzyska
Wydział Elektrotechniki, Automatyki i Informatyki

Kierunek studiów:
Elektrotechnika

Sebastian Różowicz

Materiały dydaktyczne do przedmiotu

INSTALACJE ELEKTRYCZNE

opracowane w ramach realizacji Projektu
**„Dostosowanie kształcenia
w Politechnice Świętokrzyskiej do potrzeb
współczesnej gospodarki”**
FERS.01.05-IP.08-0234/23

Kielce, 2025



Politechnika Świętokrzyska
Kielce University of Technology

Projekt „Dostosowanie kształcenia w Politechnice Świętokrzyskiej do potrzeb współczesnej gospodarki”
nr FERS.01.05-IP.08-0234/23



Spis treści

1. Zakres tematyczny	3
1.1. Przepisy prawne	4
1.2. Normy	4
2. Rodzaje instalacji elektrycznych	5
2.1. Rodzaje sieci elektrycznych	6
2.1.1 System sieci TN-C	7
2.1.2 System sieci TN-S	9
2.1.3 System sieci TN-C-S	10
2.1.4 System sieci IT	11
2.1.5 System sieci TT	12
3. System zasilania	14
3.1. Elementy instalacji elektrycznej	16
3.2. Symbole i ich znaczenie	16
3.3. Kable, przewody i przyłącza	19
3.3.1. Przyłącza	19
3.3.2. Wewnętrzne linie zasilające	21
3.3.3. Instalacje odbiorcze	21
3.3.4. Obwody odbiorcze	22
Literatura	28



Materiały dydaktyczne objęte licencją Creative Commons BY 4.0.

Licencja dostępna pod adresem: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. Zakres tematyczny

1. Rodzaje instalacji elektrycznych w budynkach.
2. Elektryczne instalacje odbiorcze, procedura projektowania instalacji elektrycznych
3. Obliczenia prądów zwarciovych w instalacjach elektrycznych.
4. Wyłączanie prądów zwarciovych przez wyłączniki instalacyjne i bezpieczniki, energia przenoszona.
5. Dobór przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą oraz sprawdzenie na spadek napięcia, wytrzymałość cieplną przy przepływie prądu zwarciovego (energię przenoszoną) i szybkie wyłączenie zasilania.
6. Wyznaczanie mocy zapotrzebowanej, podział instalacji na obwody odbiorcze, schemat elektryczny rozdzielnic.
7. Dobór zabezpieczeń i ich selektywne działanie.
8. Ochrona przepięciowa.



1.1. Przepisy prawne

1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane [Dz.U.1994 nr 89, poz. 414 z późn. zm.].
2. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne [Dz.U. 1997 nr 54 poz. 348 z późn. zm]
3. Rozporządzenie Min. Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z 28 kwietnia 2003 r w sprawie szczegółowych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci [Dz.U 2003 nr 89 poz.828]
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 04.05.2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego [Dz.U.2007 nr 93 poz.623 z późn. zm.]
5. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [Dz.U.2015 poz. 1422]
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 marca 2013 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych [Dz.U.2013poz. 492]

1.2. Normy

1. **PN-HD 60364-4-41:2017-09** – Instalacje elektryczne niskiego napięcia — Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa — Ochrona przed porażeniem elektrycznym, określa wymagania dotyczące technicznych środków ochrony przed porażeniem elektrycznym w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia.
2. **PN-HD 60364-4-43:2012** Instalacje elektryczne niskiego napięcia — Część 4-43: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa — Ochrona przed prądem przetężeniowym.
3. **PN-HD 60364-5-52:2011** Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych — Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego — Oprzewodowanie
4. **PN-HD 60364-4-443:2016-03** Instalacje elektryczne niskiego napięcia — Część: 4-443: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa — Ochrona przed zaburzeniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi — Ochrona przed przejściowymi przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi.
5. **PN-HD 60364-5-54:2011** Instalacje elektryczne niskiego napięcia — Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego — Układy uziemiające i przewody ochronne



6. **PN-HD 60364-7-704:2010** Instalacje elektryczne niskiego napięcia — Część 7-704: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji — Instalacje na terenie budowy i rozbiórki.
7. **PN-HD 60364-7-714:2012** Instalacje elektryczne niskiego napięcia — Część 7-714: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji — Instalacje oświetlenia zewnętrznego.
8. **PN-E-04700/Az-1:2000** „Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych. Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych”
9. **PN-E-05115** Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV Komentarz. Wyd, Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw SEO Warszawa 2003
10. **PN-EN 61557**. Bezpieczeństwo elektryczne w niskonapięciowych sieciach elektroenergetycznych napięciach przemiennych do 1 kV i stałych do 1,5 kV – Urządzenia przeznaczone do sprawdzania, pomiarów lub monitorowania środków ochronnych (norma wieloarkuszowa)
11. **PN-IEC 60364-5-54** Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia i przewody ochronne

2. Rodzaje instalacji elektrycznych

Instalacja elektryczna lub **elektroenergetyczna** to zespół urządzeń elektrycznych o skoordynowanych parametrach technicznych, o napięciu znamionowym U_n do 1000 V prądu przemiennego i 1500 V prądu stałego (niskiego napięcia nn lub nN), przeznaczone do doprowadzania energii elektrycznej z sieci rozdzielczej do odbiorników (wg normy PN-ICE 60364).

W skład instalacji elektrycznej wchodzi zespoły urządzeń, aparatów i osprzętu elektrotechnicznego niskiego napięcia, zapewniające odbiorcom dostawę energii elektrycznej o odpowiedniej jakości, w sposób niezawodny i całkowicie bezpieczny. Do instalacji elektrycznych zalicza się linie elektroenergetyczne z przyłączami, złączami elektrycznymi i rozdzielnicami, obwody rozdzielcze i odbiorcze, łączniki, zabezpieczenia, urządzenia ochrony przed porażeniem elektrycznym i przepięciami.

W zależności od rodzaju zasilanych odbiorników energii elektrycznej rozróżnia się instalacje:

- *oświetleniowe* zasilające elektryczne źródła światła,
- *gniazd wtyczkowych* – obwody zasilające urządzenia małej mocy w budynkach mieszkalnych i gospodarstwach domowych,



- *siłowe* zasilające silniki, urządzenia grzejne o znacznych mocach oraz inne odbiorniki o charakterze przemysłowym.

W zależności od rodzaju odbiorców i miejsca występowania, instalacje można podzielić na:

- *instalacje nieprzemysłowe*, zwane również instalacjami w budownictwie ogólnym (mieszkaniowe, biurowe, w pomieszczeniach szkolnych, w budynkach użyteczności publicznej itp.),
- *instalacje przemysłowe* (w zakładach przemysłowych, górniczych, rolnictwie itp.).

W zależności od rodzaju środowiska i jego wpływu na warunki i stopień szkodliwości oddziaływania na elementy składowe instalacji rozróżnia się instalacje elektryczne przeznaczone do użytkowania:

- w pomieszczeniach zwykłych (normalnych), w których występują zgodnie z normą (PN-ICE 60364) normalne klasy wpływów środowiskowych,
- w pomieszczeniach, pomieszczeniach których występują różnorodne oddziaływania czynników szkodliwych (np. wilgoć, atmosfera wybuchowa itd.),
- poza budynkami.

Ponadto w obiektach budowlanych mogą występować inne instalacje:

- instalacje i urządzenia teletechniczne,
- instalacje i urządzenia sygnalizacji, sterowania, pomiarów i monitoringu,
- instalacje telefoniczne i komputerowe,
- instalacje elektroniczne alertowe, przeciwpożarowe i ochrony mienia,
- instalacje uziemiające i przeciwprzepięciowe,
- instalacje wewnętrznej i zewnętrznej ochrony odgromowej.

2.1. Rodzaje sieci elektrycznych

Poszczególne układy sieci oznacza się z pomocą symboli literowych:

pierwsza litera oznacza związek pomiędzy układem sieci a potencjałem ziemi:

T - bezpośrednie połączenie jednego punktu układu sieci z ziemią. Najczęściej jest łączony z ziemią punkt neutralny instalacji;

I - wszystkie części czynne, to znaczy mogące się znaleźć pod napięciem w warunkach normalnej pracy są izolowane od ziemi, lub jeden punkt układu sieci jest połączony z ziemią poprzez impedancję lub bezpiecznik iskiernikowy (uziemiaenie otwarte);

druga litera oznacza związek pomiędzy częściami przewodzącymi dostępnymi a ziemią:



N - bezpośrednie połączenie (metaliczne) podlegających ochronie części przewodzących, z uziemionym punktem układu sieci, zazwyczaj z uziemionym punktem neutralnym;

T - bezpośrednie połączenie z ziemią (uziemienie) podlegających ochronie części przewodzących dostępnych, niezależnie od uziemienia punktu układu sieci, zazwyczaj uziemienia punktu neutralnego;

następna litera oznacza związek pomiędzy przewodem neutralnym N i przewodem ochronnym PE:

C - funkcję przewodu neutralnego i przewodu ochronnego spełnia jeden przewód, zwany przewodem ochronno-neutralnym PEN,

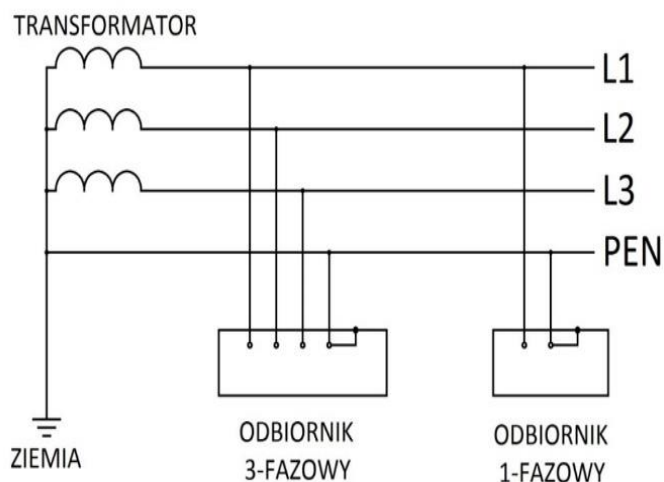
S - funkcję przewodu neutralnego i przewodu ochronnego spełniają osobne przewody - przewód N i przewód PE,

C-S - w pierwszej części sieci, licząc od strony doprowadzenia zasilania (przyłącza) zastosowany jest przewód ochronno-neutralny PEN, a w drugiej osobny przewód neutralny N i przewód ochronny PE.

2.1.1 System sieci TN-C

Na rysunku 1 przedstawiony został schemat systemu sieci w układzie TN-C

[Tekst alternatywny. Schemat przedstawia układ zasilania odbiorników jednofazowych i trójfazowych w systemie TN-C. Transformator ma uzwojenia po stronie wtórnej połączone w gwiazdę. Od uzwojenia wyprowadzone są trzy przewody fazowe oznaczone jako L1, L2, L3 oraz jeden przewód PEN (pełniący funkcję przewodu neutralnego i ochronnego jednocześnie). Przewód PEN jest połączony z punktem gwiazdowym transformatora oraz uziemiony (ZIEMIA). Odbiornik trójfazowy podłączony jest do wszystkich trzech faz (L1, L2, L3) oraz do przewodu PEN. Odbiornik jednofazowy jest podłączony do jednej z faz (na schemacie L1) oraz do przewodu PEN.]



Rys.1. Sieć TN-C

Zastosowanie:

Zakłady energetyczne – sieci rozdzielcze

Urządzenia odbiorcze zasilane liniami nieprzenośnymi o przekroju przewodów miedzianych powyżej 10mm²

Wymagane zabezpieczenia:

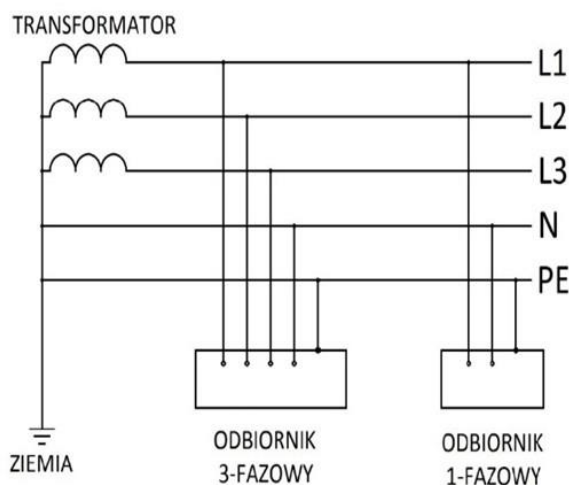
Zabezpieczenia nadprądowe (bezpieczniki topikowe, odłączniki instalacyjne, wyłączniki mocy)

Układ sieci TN-C jest układem stosowanym powszechnie dotychczas, m.in. przez Zakłady Dystrybucyjne. W układzie tym funkcje ochronne oraz robocze instalacji są realizowane przez ten sam przewód zwany PEN. W układzie tym w wyniku powstania uszkodzenia przewodu PEN, na obudowach metalowych odbiorników pojawia się pełne napięcie fazowe. Jest to podstawowa wada tego układu sieciowego. Na przewodzie PEN może się także pojawiać napięcie względem ziemi spowodowane asymetrią obciążenia faz w instalacji, co powoduje przepływ prądu wyrównawczego np. poprzez ekran kabla sygnałowego sieci komputerowej. Przy dużych wartościach tego prądu urządzenia podłączone do sieci mogą ulec uszkodzeniu. **Dodatkowo układ ten nie pozwala na stosowanie we właściwy sposób nowoczesnych urządzeń zabezpieczających przed porażeniem, jakimi są wyłączniki różnicowoprądowe.**

2.1.2 System sieci TN-S

Na rysunku 2 przedstawiony został schemat systemu sieci w układzie TN-S

[Tekst alternatywny. Schemat przedstawia układ zasilania odbiorników jednofazowych i trójfazowych w systemie TN-S. Transformator ma uzwojenia po stronie wtórnej połączone w gwiazdę, z wyprowadzonymi trzema przewodami fazowymi oznaczonymi jako L1, L2, L3, przewodem neutralnym N oraz przewodem ochronnym PE. Przewód N jest połączony z punktem gwiazdowym transformatora, natomiast przewód PE jest niezależnie uziemiony (ZIEMIA). Odbiornik trójfazowy podłączony jest do wszystkich trzech faz (L1, L2, L3), przewodu neutralnego N oraz przewodu ochronnego PE. Odbiornik jednofazowy jest podłączony do jednej z faz (na schemacie L1), przewodu neutralnego N oraz przewodu ochronnego PE.]



Rys.2. Sieć TN-S

Zastosowanie:

- Instalacje w mieszkaniach, biurach, warsztatach,
- Przekroje przewodów miedzianych do 6 mm².

Wymagane zabezpieczenia:

- Zabezpieczenia nadprądowe,
- Wyłączniki różnicowo prądowe RCD.

Zasadnicze cechy układu sieciowego TN-S to :

- bezpośrednie połączenie jednego punktu układu z ziemią (najczęściej łączony z ziemią jest przewód neutralny N),

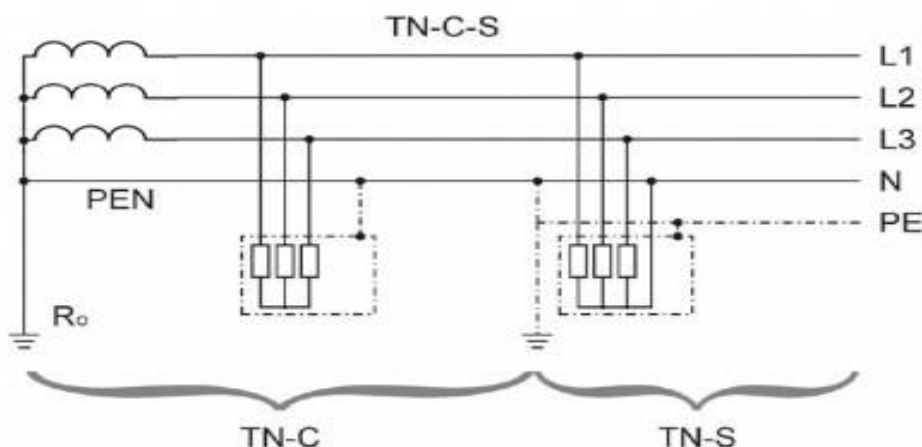
- bezpośrednie (metaliczne) połączenie chronionych części przewodzących dostępnych z uziemionym punktem neutralnym transformatora,
- funkcję przewodu neutralnego N i przewodu ochronnego PE pełnią osobne przewody.

W powyższym układzie są rozdzielone przewody ochronny i neutralny, w związku z powyższym, istnieje możliwość zastosowania zabezpieczenia różnicowoprądowego. Jest to też układ stosowany najczęściej w domach i mieszkaniach.

2.1.3 System sieci TN-C-S

Na rysunku 3 przedstawiony został schemat systemu sieci w układzie TN-C-S

[Tekst alternatywny. Schemat przedstawia układ zasilania TN-C-S, łączący cechy systemów TN-C i TN-S. Transformator ma uzwojenia po stronie wtórnej połączone w gwiazdę. Przewody fazowe to L1, L2 i L3. Początkowo układ pracuje w systemie TN-C (po lewej stronie schematu), gdzie występuje wspólny przewód PEN (pełniący jednocześnie funkcję przewodu neutralnego i ochronnego), który jest uziemiony w punkcie źródłowym (R_0). Dalsza część instalacji (po prawej stronie) przechodzi w układ TN-S poprzez rozdzielenie przewodu PEN na osobne przewody neutralny (N) i ochronny (PE), które są dalej prowadzone niezależnie aż do odbiorników. Za miejscem rozdziálu, przewód PE jest dodatkowo uziemiony. Schemat ilustruje dwie sekcje odbiorcze: lewa w systemie TN-C, prawa w systemie TN-S, pokazując przejście pomiędzy oboma rodzajami ochrony przeciwporażeniowej.]



Rys.3. Sieć TN-C-S



Zastosowanie:

- Umożliwia przełączenie do wybranego odbiornika lub grupy odbiorników osobnych przewodów PE oraz N,
- Przekroje przewodów przekrój min. 10mm^2 Cu lub 16mm^2 Al.

Wymagane zabezpieczenia:

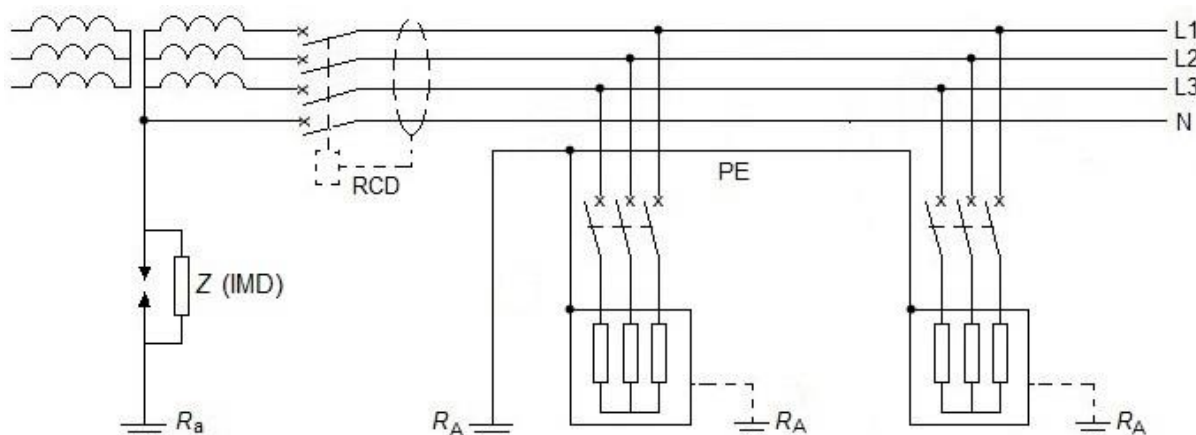
- Zabezpieczenia nadprądowe,
- Wyłączniki różnicowo prądowe RCD.

Stosując ten układ należy pamiętać, że rozdział przewodu PEN na PE i N można wykonać tylko i wyłącznie w sytuacji gdy przewód PEN posiada przekrój min. 10mm^2 Cu lub 16mm^2 Al. W innym przypadku nie możemy mówić o układzie TN-C-S. Rozdzielenie funkcji przewodu ochronno-neutralnego PEN na przewód ochronny PE i neutralny N, w przypadku układu sieci TN-C-S, powinno następować w złączu, w tablicy głównej lub rozdzielnicy głównej budynku, a punkt rozdziału można dodatkowo uziemić, jednak należy pamiętać o wykonywaniu połączeń wyrównawczych głównych budynku i połączeniu przewodu PE z GSU (Główną Szyną Uziemiającą).

2.1.4 System sieci IT

Na rysunku 4 przedstawiony został schemat systemu sieci w układzie IT

[Tekst alternatywny. Schemat przedstawia układ sieci IT, w której punkt neutralny transformatora nie jest bezpośrednio połączony z ziemią. Zamiast tego jest uziemiony przez impedancję Z (IMD – urządzenie monitorujące izolację). Przewody fazowe (L1, L2, L3) oraz neutralny (N) prowadzone są do odbiorników, a przewód PE (ochronny) jest osobno uziemiany przy każdej rozdzielni oraz przy odbiornikach (oznaczone jako RA). W sieci umieszczone są wyłączniki RCD oraz układy monitorujące izolację. Każdy odbiornik podłączony jest przez przewody fazowe, przewód neutralny oraz przewód ochronny PE, który jest uziemiany lokalnie. Cały układ zapewnia podwyższony poziom bezpieczeństwa dzięki ciągłemu monitorowaniu stanu izolacji i wielopunktowemu uziemieniu przewodu PE.]



Rys.4. Sieć IT

Zastosowanie:

- Stosowany w specyficznych rozwiązaniach, gdzie konieczne jest zapewnienie wysokiego stopnia ochrony przed porażeniem. Najczęściej można się z nim spotkać w szpitalach, gdzie zasilane są w ten sposób sale operacyjne.

Wymagane zabezpieczenia:

- urządzenie ciągłej kontroli stanu izolacji (IMD),
- urządzenia monitorujące różnicowoprądowe (RCM),
- systemy lokalizacji uszkodzenia izolacji,
- urządzenia ochronne różnicowoprądowe (RCD),
- urządzenia ochronne nadprądowe.

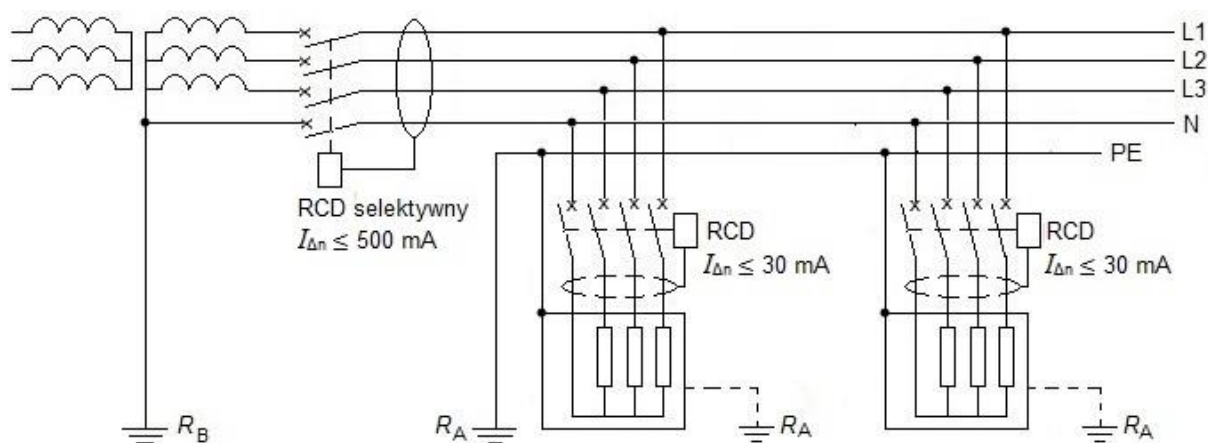
Układ sieci IT jest ciągle stosowany w specyficznych rozwiązaniach, gdzie konieczne jest zapewnienie wysokiego stopnia ochrony przed porażeniem. Najczęściej można się z nim spotkać w szpitalach, gdzie zasilane są w ten sposób sale operacyjne.

Układ ten charakteryzuje się tym, że od strony zasilania nie ma bezpośredniego połączenia z potencjałem ziemi (połączenie jest zrealizowane przez wysoką impedancję), nie ma więc drogi dla prądu zwarciovego. Nawet w przypadku uszkodzenia izolacji urządzenia odbiorczego, nie ma możliwości porażenia prądem elektrycznym. Może to spowodować dopiero drugie zwarcie kolejnego urządzenia. Wadą tego rozwiązania jest konieczność ciągłego monitorowania impedancji układu.

2.1.5 System sieci TT

Na rysunku 5 przedstawiony został schemat systemu sieci w układzie TT

[Tekst alternatywny. Schemat przedstawia układ sieci TT, gdzie punkt neutralny transformatora jest uziemiony (R_B), a przewody fazowe (L1, L2, L3), neutralny (N) oraz ochronny (PE) prowadzone są do odbiorników. Przewód PE jest uziemiany oddzielnie przy każdej rozdzielni i odbiorniku (R_A). W systemie zastosowano wyłączniki różnicowoprądowe: przy głównym zasilaniu znajduje się selektywny wyłącznik RCD o czułości do 500 mA, a przy każdej rozdzielni oraz odbiorniku – standardowe wyłączniki RCD o czułości do 30 mA. Zapewnia to selektywność zabezpieczeń i ochronę przed porażeniem prądem. Schemat ilustruje rozdzielność uziemienia odbiorników względem punktu neutralnego źródła.]



Rys.5. Sieć TT

Zastosowanie:

- System zapewniający większe bezpieczeństwo w przypadku instalacji występujących w obiektach (pomieszczeniach) o podwyższonym ryzyku porażenia

Wymagane zabezpieczenia:

- Zabezpieczenia nadprądowe mogą być stosowane, pod warunkiem zapewnienia stałej i odpowiednio małej impedancji pętli zwarciorowej,
- Wyłączniki różnicowo prądowe RCD.

Układ TT był przez pewien okres stosowany, jako zapewniający większe bezpieczeństwo w przypadku instalacji występujących w obiektach (pomieszczeniach) o podwyższonym ryzyku porażenia. Jego zasadniczą wadą jest konieczność zapewnienia niskiej rezystancji uziemienia. Nie był to większy problem, gdy powszechnie stosowano metalowe rury instalacji wodociągowej, zapewniające dobre połączenie z ziemią. W chwili obecnej powszechnie zaczęto stosować rury PCV, zniknął więc dobry sposób uziemiania instalacji.



3. System zasilania

W skład instalacji elektrycznych obiektów budowlanych wchodzi przede wszystkim:

- przewody,
- elektrotechniczny sprzęt instalacyjny,
- rozdzielnice,
- urządzenia automatyki i sterowania.

W zależności od zadań spełnianych przez poszczególne elementy instalacji wyróżnia się w instalacjach (głównie mieszkaniowych):

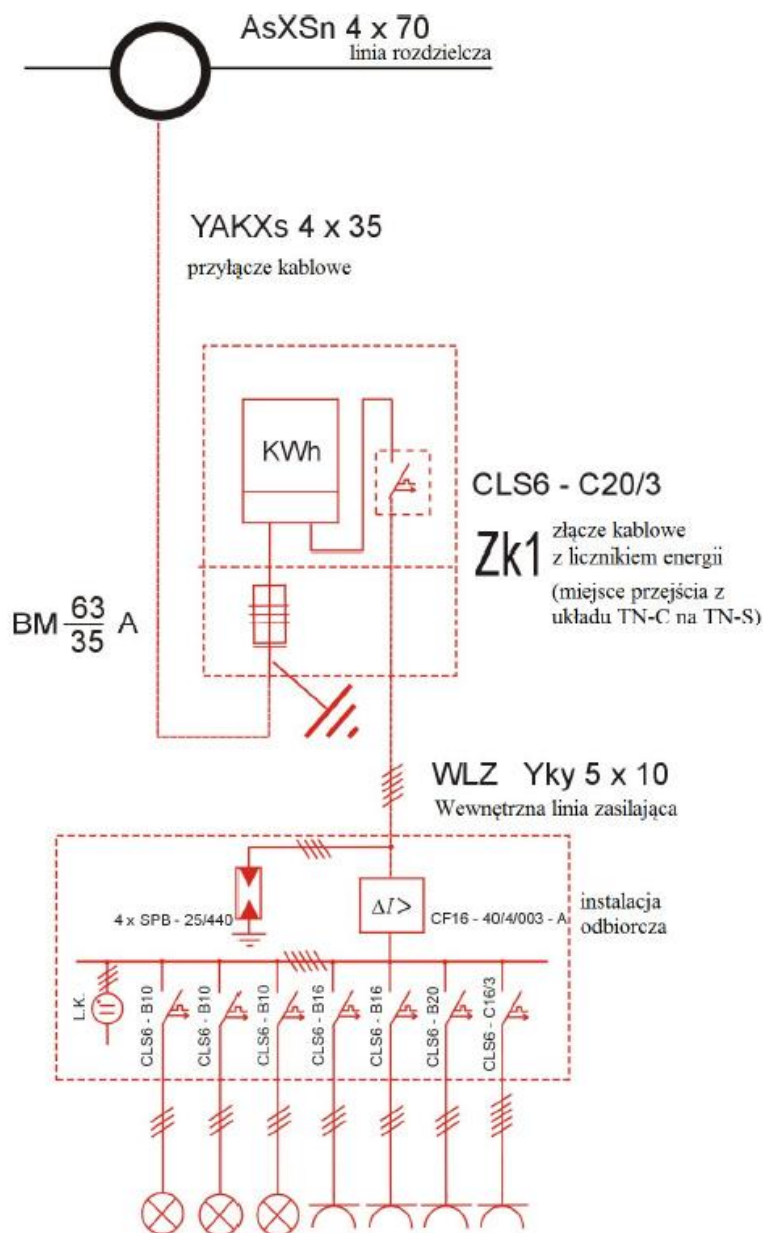
- **Przyłącze** jest to linia elektroenergetyczna łącząca złącze ZK (odbiorcę) z siecią rozdzielczą (zasilającą), czyli zwykle z siecią energetyki zawodowej.
- **Złącze** z jednej strony jest końcowym elementem sieci rozdzielczej (zasilającej), zaś z drugiej – początkiem instalacji elektrycznej obiektu budowlanego.
- **Rozdzielnica główna** jest to element instalacji elektrycznej występujący w przypadku, gdy z jednego złącza zasilana jest więcej niż jedna wewnętrzna linia zasilająca WLZ. W rozdzielnicy głównej usytuowane są zabezpieczenia poszczególnych wewnętrznych linii zasilających. Umieszcza się ją zwykle w pobliżu złącza. Jeżeli instalacje odbiorcze zasilane są bezpośrednio z rozdzielnicy głównej, to może ona zawierać liczniki energii obwodów odbiorczych.
- **Wewnętrzna linia zasilająca (WLZ)** jest to obwód zasilający tablice rozdzielcze (rozdzielnice), z których zasilane są instalacje odbiorcze.
- **Instalacja odbiorcza** jest to część instalacji znajdująca się za układem pomiarowym służącym do rozliczeń między dostawcą a odbiorcą energii elektrycznej, a w razie braku układu pomiarowego - za wyjściowymi zaciskami pierwszego urządzenia zabezpieczającego instalację odbiorczą od strony zasilania. Na początku instalacji odbiorczych mieszkaniowych umieszcza się rozdzielnice mieszkaniowe, zwane tablicami mieszkaniowymi, w których znajdują się łączniki główne i zabezpieczenia obwodów odbiorczych.

[Tekst alternatywny. Schemat przedstawia rozdzielnię elektryczną oraz jej podstawowe elementy. Zasilanie pochodzi z linii rozdzielczej AsXSn 4 x 70, która jest połączona z przyłączem kablowym YAKXs 4 x 35. W miejscu przejścia z układu TN-C na TN-S (oznaczone jako Zk1) znajduje się złącze kablowe z licznikiem energii elektrycznej (KWh) oraz zabezpieczenie BM 63/35 A. Dalej kabel WLZ Yky 5 x 10 stanowi wewnętrzną linię zasilającą do instalacji odbiorczej. W instalacji zamontowano zabezpieczenia: zabezpieczenia nadprądowe (CLS6) o różnych prądach znamionowych (B10, B16, B20) dla poszczególnych obwodów, wyłącznik

Strona 14 z 28



różnicowoprądowy (RCD) CF16 o czułości 30 mA, a także elementy ochrony przeciwprzepięciowej (4 x SPB - 25/440). Schemat ilustruje także oznaczenia przewodów oraz poszczególnych obwodów odbiorczych, w tym oświetlenia i sprzętu elektrycznego.]



Rys.6. Przykładowy schemat układu zasilania od przyłącza kablowego do odbiornika



3.1. Elementy instalacji elektrycznej

W tabeli 1 przedstawiony został podział instalacji elektrycznych na kategorie niezawodności dostaw energii elektrycznej.

Tabela 1. Podział instalacji elektrycznych na kategorie niezawodności dostaw energii elektrycznej.

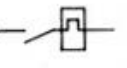
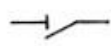
Kategoria	odbiorcy przykłady	niezawodność zasilania	rozwiązania techniczne
I	domy jednorodzinne, tereny wiejskie, niewielkie bloki mieszkalne	dopuszcza się przerwy w dostawie energii z rzędu kilku, kilkunastu minut	dostawa energii pojedyncza linią zasilającą, brak wymagań dotyczących zasilania rezerwowego
II	duże bloki mieszkalne, kilka klatek schodowych wyposażonych w windy, kina, teatry	przerwa w dostawie nie większa niż kilkadziesiąt sekund	automatyczne oświetlenie awaryjne np.. akumulatory, stosowanie agregatów prądotwórczych.
III	szpitale, stacje nadawcze RTV, dworce, lotniska	przerwa w zasilaniu nie dłuższa niż 1 sek.	dostawa zasilanie z 2 niezależnych źródeł, np. z 2 stacji transformatorowych, automatyczny wybór źródła zasilania rezerwowego
IV	wybrane urządzenia odbiorców wym. w kategorii III – serwerownie, sale operacyjne, systemy komputerowe np. giełdy, banków, systemy bezpieczeństwa lotnisk itp.	zasilanie non-stop niedopuszczalna przerwa w zasilaniu	zasilanie z 2 niezależnych źródeł plus dodatkowo agregat prądotwórczy, pełna automatyka buforowania zasilania, stosowanie UPS

3.2. Symbole i ich znaczenie

Symbole elektryczne to graficzne oznaczenia używane w schematach elektrycznych i elektronicznych, które przedstawiają różne elementy obwodu. Pozwalają one zrozumieć działanie układu bez potrzeby opisywania go słownie.

W tabeli 2 przedstawione zostały najczęściej używane symbole elektryczne wraz z ich znaczeniem:

Tabela 2 Przykładowe symbole elektryczne

Symbol	Znaczenie symbolu	Symbol	Znaczenie symbolu
1	2	1	2
Przewody, linie			
	przewód, linia (<i>symbol ogólny</i>)		gniazdo wtyczkowe antenowe (TV)
	linia, przewód trójżyłowy lub grupa 3 przewodów jednożyłowych		złącze, wtyk i gniazdo
	linia lub przewód wielożyłowy o n żyłach	Aparatura łączeniowa i zabezpieczająca	
	linia odchodząca w górę		łącznik (<i>symbol ogólny</i>)
	linia odchodząca w dół		wyłącznik
	odgałęzienie przewodów lub linii		łącznik z wyzwalaczem (przełącznikiem) przeciążeniowym termicznym
	puszka (<i>symbol ogólny</i>)		stycznik
	przewód giętki		rozłącznik
Łączniki instalacyjne			rozłącznik bezpiecznikowy
	łącznik jednobiegunowy		łącznik izolacyjny (odłącznik)
	łącznik trójbiegunowy		bezpiecznik
	łącznik grupowy (szeregowy)		napęd elektromagnesowy
	łącznik schodowy		zestyk zwierny
	łącznik krzyżowy		zestyk rozwierny
	przycisk łączeniowy		łącznik ręczny przyciskowy
	gniazdo wtyczkowe pojedyncze		łącznik ręczny przyciskowy o sile zwrotnej
	gniazdo wtyczkowe podwójne ze stykami ochronnymi		przełącznik pod napięciem
			cewka przełącznika napięciowego działającego ze zwłoką przy wzbudzeniu



Symbol	Znaczenie symbolu	Symbol	Znaczenie symbolu
1	2	1	2
	wyzwalacz elektromagnetyczny wyłącznika		piec grzewczy akumulacyjny
	rozdzielnica lub tablica rozdzielcza		podgrzewacz wody (symbol ogólny)
Odbiorniki energii elektrycznej			zbiornikowy podgrzewacz wody
	wypust oświetleniowy (oprawa) (symbol ogólny)		przepływowy podgrzewacz wody
	oprawa oświetleniowa z lampą fluorescencyjną		silnik
	oprawy z lampą fluorescencyjną		wentylator
	odbiornik siłowy (urządzenie) (symbol ogólny)	Urządzenia różne	
	kuchenka elektryczna		prostownik
	kuchenka mikrofalowa		falownik
	piec elektryczny		akumulator, bateria akumulato-rowa
	pralka		ogranicznik przepięć (odgrom-nik)
	suszarka do bielizny		licznik energii
	zmywarka do naczyń		uziemienie
	lodówka, zamrażarka		zamek elektryczny, drzwiowy elektromagnesowy
	odbiornik siłowy jednofazowy		domofon
	piec grzewczy		uszkodzenie izolacji (zwarcie) wskazanie przypuszczalnego miejsca uszkodzenia

3.3. Kable, przewody i przyłącza

3.3.1. Przyłącza

Przyłącza wykonuje się jako:

- napowietrzne izolowane ASxSN 4x35 AsXSn – przewód elektroenergetyczny samonośny (s) o żyłach aluminiowych (A) oraz o instalacji z polietylenu usieciowanego (XS), odporny na rozprzestrzenianie się ognia (n)

[Tekst alternatywny. Ilustracja przedstawia przekrój poprzeczny oraz ogólny widok napowietrznego przewodu rozdzielczego AsXSn. Po lewej stronie widnieje grafika przewodu złożonego z czterech żył aluminiowych, każda pokryta izolacją. Po prawej stronie widoczne są cztery przekroje poprzeczne tych żył, ukazujące wiele skręconych drutów aluminiowych w każdej z nich.]



Rys.7. Przewód elektroenergetyczny samonośny

- napowietrzne nieizolowane AL przewód nieizolowany (goły) aluminiowy (A), jednożyłowy wielodrutowy L, może mieć wewnątrz druty stalowe, wówczas do symbolu dochodzi F np. AFL

[Tekst alternatywny. Ilustracja przedstawia napowietrzny przewód stalowo-aluminiowy typu AFL. Po lewej stronie widoczny jest przekrój przewodu, ukazujący centralny rdzeń wykonany z drutów stalowych oraz otaczające go warstwy skręconych żył aluminiowych. Po prawej stronie znajduje się uproszczony przekrój poprzeczny przewodu z opisem: środkowy rdzeń stalowy zwiększa wytrzymałość mechaniczną, a zewnętrzne żyły aluminiowe odpowiadają za przewodzenie prądu.]



Rys.8. Przewód nieizolowany (goły)

- kablowe np. YAKY - kabel (K) elektroenergetyczny o izolacji polwinitowej (Y) i powłoce polwinitowej (Y), z żyłami aluminiowymi lub z polietylenu usieciowanego (XS)

[Tekst alternatywny. Ilustracja przedstawia wykonanie oraz przekrój kabla elektroenergetycznego typu YAKY 4x25 06/1kV (polwinit) oraz YAKXS 4x25 06/1kV (polietylen usieciowany). Po lewej widoczny jest rzeczywisty wygląd odizolowanego kabla – cztery żyły aluminiowe o przekroju sektorowym, każda z indywidualną izolacją barwną, otoczone wspólną powłoką ochronną. Po prawej stronie schematyczny przekrój poprzeczny kabla z widocznymi czterema żyłami.]



Rys.9. Kabel aluminiowy, elektroenergetyczny o izolacji polwinitowej

[Tekst alternatywny. Ilustracja przedstawia kabel elektroenergetyczny YKY 5x25 o napięciu znamionowym 0,6/1 kV. Po lewej stronie widoczny jest kabel z pięcioma miedzianymi żyłami, każda z osobną kolorową izolacją (w tym przewód żółto-zielony ochronny). Po prawej stronie widoczny jest przekrój poprzeczny kabla, pokazujący rozmieszczenie żył oraz otaczającą je wspólną powłokę izolacyjną.]



Kabel
YKY 5x25 0,6/1kV

Rys.10. Kabel elektroenergetyczny o żyłach miedzianych

3.3.2. Wewnętrzne linie zasilające

WLZ-ty (wewnętrzne linie zasilające) wykonuje (zależnie od warunków pracy) kablem (oznaczenia jak wyżej) lub przewodem:

- DY - przewód o żyłę miedzianą, jednodrutową (D) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y),
- LgY - przewód o żyłę miedzianą, wielodrutową (L), giętką (g) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y).

[Tekst alternatywny. Ilustracja przedstawia różne rodzaje przewodów instalacyjnych. Po lewej stronie znajduje się przekrój kabla YDY 5x10 0,6/1kV z pięcioma miedzianymi żyłami o kolorowej izolacji, otoczonymi białą powłoką zewnętrzną. Dalej pokazano przewody DY – z pojedynczą, miedzianą i sztywną żyłą w kolorowej izolacji. Po prawej stronie widoczne są przewody LY oraz LgY – elastyczne, miedziane, o pojedynczej żyłce skręconej z miękkich drucików, o różnej kolorystyce izolacji (czarna dla LY, żółto-zielona dla LgY).]



Rys.11. Przewody o żyłach miedzianych

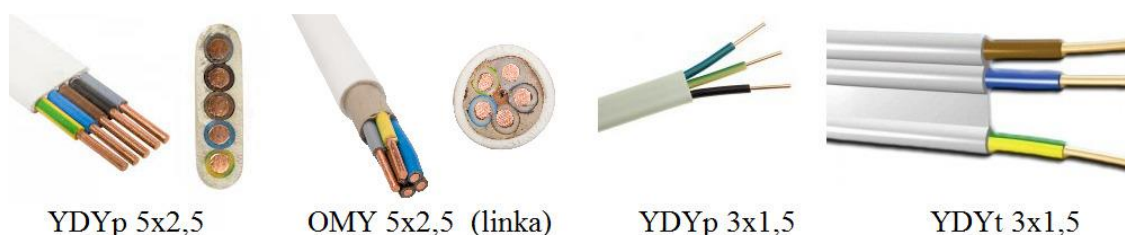
3.3.3. Instalacje odbiorcze

Instalacje odbiorcze wykonuje (zależnie od sposobu układania) przewodem:

- YDYp - przewód o żyłach miedzianych, jednodrutowych (D) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y) i powłoce polwinilowej (Y), płaski (p),

- YDYt - przewód o żyłach miedzianych, jednodrutowych (D) oraz o izolacji z polwinitu zwykłego (Y) i powłoce polwinitowej (Y), wtynkowy (t),
- OMY - przewód oponowy (O), mieszkaniowy (M), o żyłach miedzianych oraz izolacji i oponie polwinitowej (Y), okrągły.

[Tekst alternatywny. Ilustracja przedstawia cztery typy przewodów elektrycznych stosowanych w instalacjach niskonapięciowych: YDYp 5x2,5 – płaski przewód instalacyjny z pięcioma miedzianymi, jednodrutowymi żyłami, w białej izolacji, OMY 5x2,5 (linka) – przewód okrągły, elastyczny, z pięcioma wielodrutowymi żyłami miedzianymi, w kolorowej izolacji i okrągłej powłoce, YDYp 3x1,5 – płaski przewód instalacyjny z trzema jednodrutowymi żyłami miedzianymi o różnych kolorach izolacji, YDYt 3x1,5 – przewód trójżyłowy o płaskim układzie żył, również w białej powłoce, gdzie każda żyła jest osobno zaizolowana i rozłożona w jednej płaszczyźnie. Każdy przewód pokazany jest zarówno w wersji rozebranej (z widocznym przekrojem poprzecznym), jak i w powłoce zewnętrznej.]



Rys.12. Przewody stosowane w instalacjach odbiorczych

3.3.4. Obwody odbiorcze.

Do obwodu nie należy przyłączać więcej niż:

- 10 gniazd wtyczkowych (pojedynczych lub podwójnych),
- 30 opraw oświetleniowych lampami fluorescencyjnymi,
- 20 opraw oświetleniowych z innymi rodzajami źródeł światła.

Zezwala się na stosowanie w budynkach mieszkalnych wspólnych obwodów dla odbiorników oświetleniowych gniazd wtyczkowych, jeżeli w danym pomieszczeniu będą zastosowane co najmniej dwa obwody. Do obwodów tych należy przyłączyć nie więcej niż 10 opraw oświetleniowych, oświetleniowych działanie takie pozwala na ograniczenie liczby lub znaczne skrócenie łącznej długości obwodów.

Kombinacja kolorów zielonego i żółtego jest zarezerwowana tylko dla oznaczania przewodu ochronnego PE.

- Kolor niebieski dla oznaczania przewodu neutralnego N lub PEN.



- Kolor brązowy, czarny i szary dla oznaczania przewodów fazowych L1, L2, L3. Instalacja powinna być tak zaprojektowana i wykonana, aby można było odłączyć tylko te jej fragmenty, w których występuje zagrożenie, np. porażenia prądem, przepięciem, nadmiernym nagrzaniem.

Bezpieczeństwo użytkowania instalacji elektrycznych sprowadza się więc do zapewnienia ochrony przed:

- porażeniem prądem elektrycznym,
- przepięciami łączeniowymi i pochodzącymi od wyładowań atmosferycznych,
- negatywnymi skutkami cieplnymi (pożar, wybuch),
- prądami przetężeniowymi,
- skażeniem środowiska, hałasami drganiami oraz polem elektromagnetycznym.

Dobierając przewody elektryczne do wykonywanej instalacji należy przede wszystkim wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- przewidywane obciążenie instalacji,
- warunki otoczenia, w jakich wykonywana jest instalacja, np. pomieszczenia o dużej wilgotności,
- przeznaczenie przewodów w wykonywanej instalacji, np. przewody ochronne.

Podstawowym parametrem przewodu jest jego obciążalność długotrwała, czyli prąd dopuszczalny długotrwale I_{dd} - jest to wartość prądu, jaki płynąc w czasie nieskończenie długim nie powoduje przekroczenia temperatury dopuszczalnej długotrwale ($70-80^{\circ}\text{C}$), (ważne przede wszystkim dla trwałości izolacji przewodu). Niezależnie od obciążalności w stosunku do niektórych typów przewodów przepisy określają minimalne wartości stosowanych przekrojów. Przewody ochronne PE – dopuszczalne przekroje minimalne $2,5\text{mm}^2$ dla przewodów zabezpieczonych przed uszkodzeniem mechanicznym 4mm^2 dla przewodów niezabezpieczonych przed uszkodzeniem.

Tabela 3. Najmniejszy dopuszczalny przekrój przewodów ochronnych w mm^2

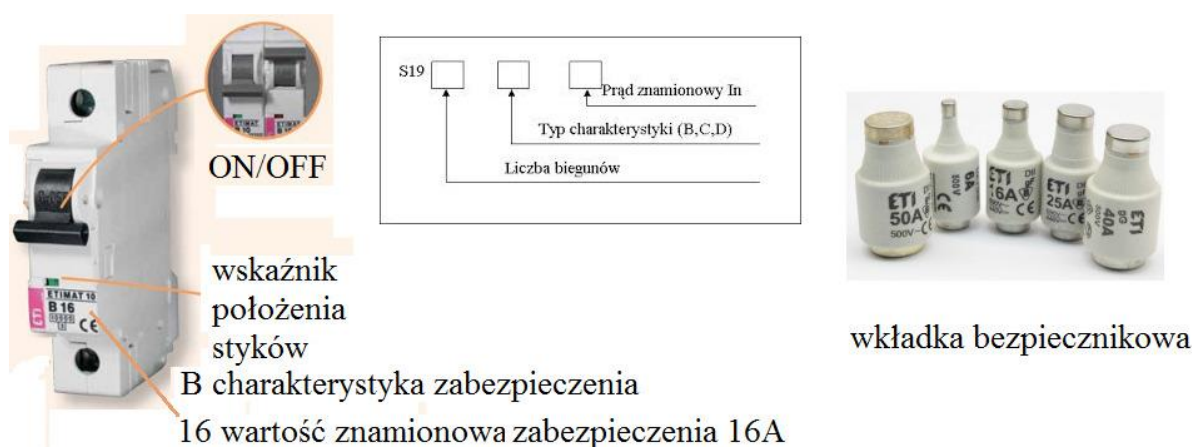
Przekrój S przewodów fazowych w mm^2	Najmniejszy dopuszczalny przekrój przewodów ochronnych w mm^2
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S / 2$

Tabela 4. Najmniejszy dopuszczalny przekrój przewodów ochronnych w mm²
ze względu na wytrzymałość mechaniczną

Rodzaj przewodu i sposób ułożenia	Najmniejszy przekrój w mm ²	
	Żyły Cu	Żyły Al
Przewody gołe ułożone w pomieszczeniach	4	6
Przewody gołe ułożone na zewnątrz pomieszczeń	6	16
Przewody izolowane bez powłoki lub uzbrojenia ułożone po wierzchu na zewnątrz pomieszczeń	6	10
Przewody izolowane w obwodach sygnalizacyjnych, sterowniczych i pomiarowych	0,5	1,0
Przewody izolowane nie wymienione wcześniej	1	1,5

Jako elementy zabezpieczeń przed prądem przetężeniowym (przeciążenie i zwarcie) należy stosować w obwodach odbiorczych wyłączniki nadprądowe (wkładka topikowa tzw. bezpiecznik lub wyłączniki nadmiarowe tzw. S - esy). Urządzenia zabezpieczające powinny działać w sposób selektywny (wybiórczy), to znaczy w przypadku uszkodzeń wywołujących przetężenie powinno działać tylko jedno zabezpieczenie, zainstalowane najbliżej miejsca uszkodzenia w kierunku źródła zasilania. Działanie zabezpieczenia powinno spowodować wyłączenie uszkodzonego odbiornika lub obwodu, zachowując ciągłość zasilania odbiorników i obwodów nieuszkodzonych.

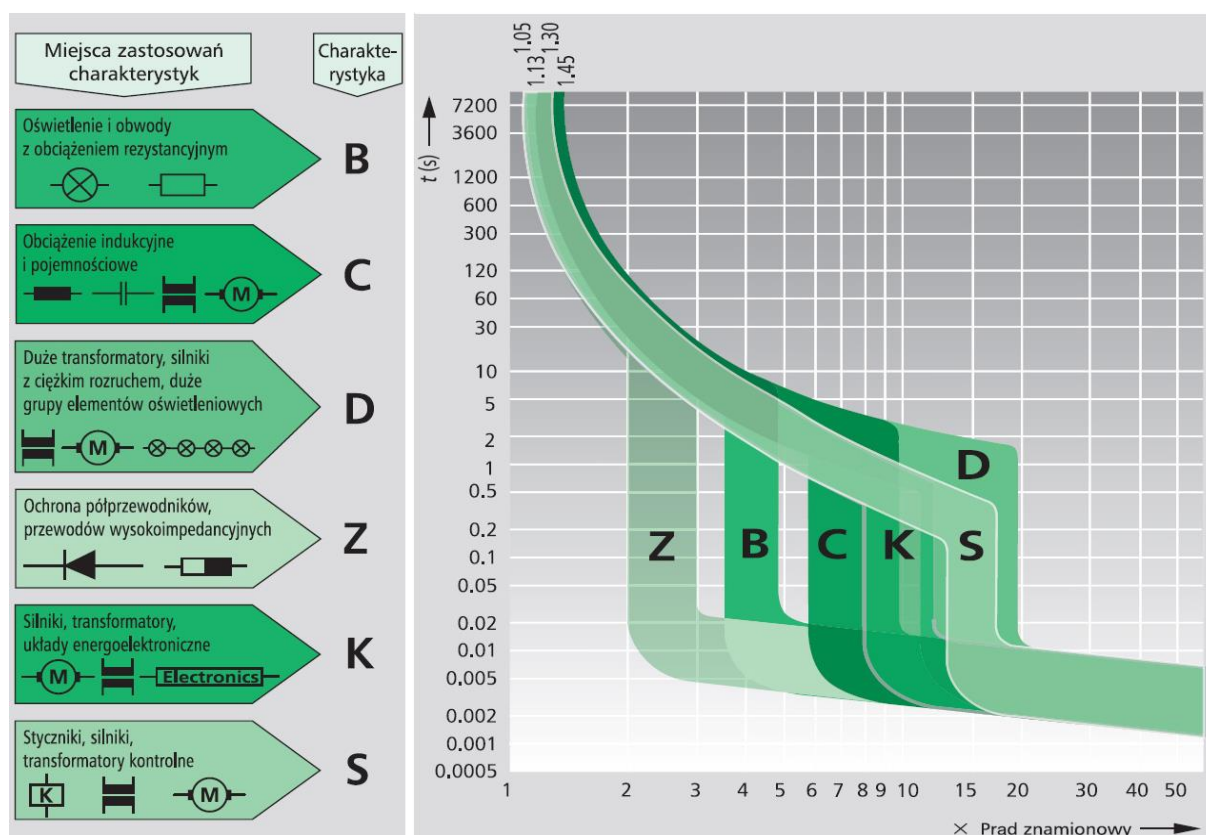
[Tekst alternatywny. Obraz przedstawia elementy zabezpieczeń stosowane w instalacjach elektrycznych. Po lewej stronie widoczny jest wyłącznik nadprądowy (popularny „eskowy”), z zaznaczonymi elementami: dźwignią ON/OFF, wskaźnikiem położenia styków, oznaczeniem charakterystyki zabezpieczenia (np. „B” – wyłącznik domowy) oraz wartością znamionową prądu (np. 16A). Na schemacie widoczny jest także zapis typowego oznaczenia wyłącznika: liczba biegunów, typ charakterystyki oraz prąd znamionowy. Po prawej stronie umieszczono przykłady topikowych wkładek bezpiecznikowych o różnych prądach znamionowych (np. 25A, 50A).]



Rys.13. Przykładowe zabezpieczenie prądowe

Zabezpieczenia przetężeniowe działają selektywnie (wybiórczo), jeżeli ich pasmowe charakterystyki czasowo-prądowe nie przecinają się ani nie mają wspólnych obszarów działania.

[Tekst alternatywny. Ilustracja przedstawia charakterystyki czasowo-prądowe wyłączników nadprądowych oraz ich obszary zastosowań. Po lewej stronie grafiki zestawiono sześć typowych charakterystyk: B, C, D, Z, K oraz S wraz z symbolami reprezentującymi typowe obwody, do których są przeznaczone – np. B (oświetlenie i obwody rezystancyjne), C (obciążenia indukcyjne i pojemnościowe), D (silniki i transformatory o dużym prądzie rozruchowym), Z (ochrona półprzewodników), K (silniki i energetyka), S (styczniki i transformatory kontrolne). Prawa część przedstawia wykres logarytmiczny: oś pozioma oznacza stosunek prądu wyłączającego do prądu znamionowego wyłącznika, oś pionowa – czas zadziałania w sekundach. Kolorowe pasma prezentują zakresy działania poszczególnych charakterystyk, pokazując, jak szybko wyłącznik przerywa obwód przy określonym przekroczeniu prądu znamionowego (szybkość działania rośnie od D do Z). W tabeli znajdują się też typowe mnożniki prądu, przy których następuje zadziałanie zabezpieczenia.]

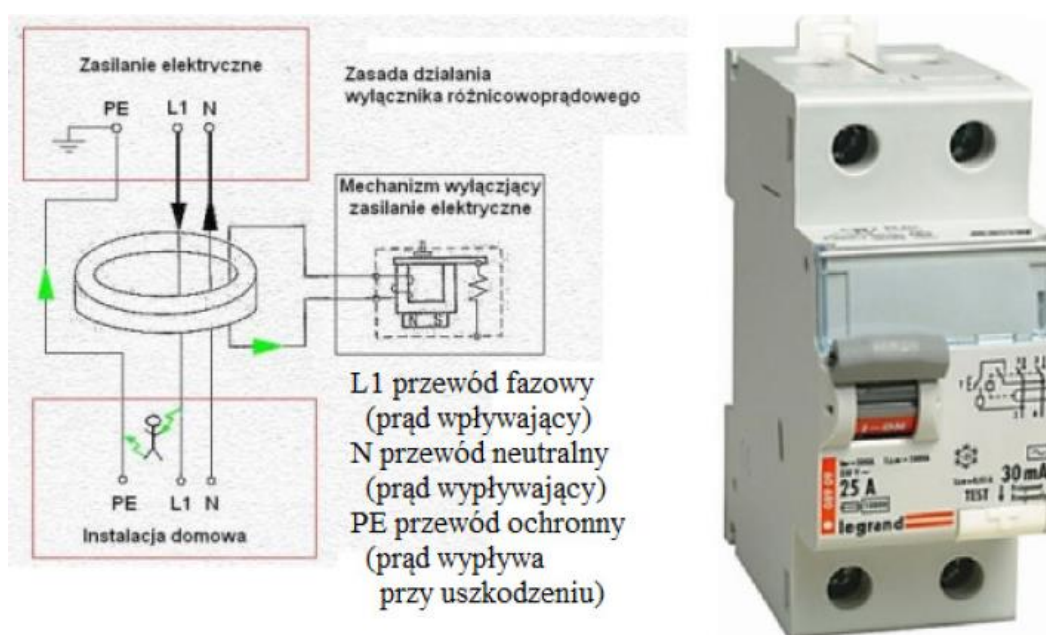


Rys.14. Charakterystyki przeciążeniowe dla zabezpieczeń nadmiarowo prądowych

W przypadku prądów doziemnych stosowane są urządzenia ochronne wyłączniki różnicowoprądowe:

- ochronę uzupełniającą w przypadku uszkodzenia środków ochrony podstawowej i/lub środków ochrony przy uszkodzeniu lub w przypadku nieostrożności użytkowników, o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA w obwodach odbiorczych gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 20 A oraz o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A dla urządzeń używanych na zewnątrz,
- ochronę przed pożarami wywołanymi prądami przez zastosowanie wyłączników o znamionowym prądzie różnicowym 100mA, 300mA lub 500 mA.
- stosowanie urządzeń ochronnych różnicowoprądowych o znamionowym prądzie różnicowym nie większym niż 30 mA w obwodach zasilających gniazda wtyczkowe na terenach budowy, w gospodarstwach rolniczych i ogrodniczych, łazienkach, basenach pływackich, na kempingach, w przestrzeniach ograniczonych powierzchniami przewodzącymi itp. nakazują arkusze normy PN-IEC (HD) 60364 z grupy 700.

[Tekst alternatywny. Ilustracja przedstawia zasadę działania wyłącznika różnicowoprądowego oraz jego wygląd zewnętrzny. Po lewej stronie znajduje się schemat blokowy instalacji: do wyłącznika doprowadzone są przewody fazowy (L), neutralny (N) i ochronny (PE) z zasilania elektrycznego, które następnie przechodzą do instalacji domowej. Mechanizm wyłącznika wykrywa różnicę prądów pomiędzy przewodem fazowym i neutralnym; w przypadku uszkodzenia, prąd ten odpływa przez przewód ochronny PE i powoduje zadziałanie wyłącznika (odcięcie zasilania). Po prawej stronie widoczny jest rzeczywisty wyłącznik różnicowoprądowy marki Legrand, z oznaczeniem prądu znamionowego (25A) i czułości wyzwalania (30 mA). Wskazano również rolę przewodów: L – prąd wpływający, N – prąd wypływający, PE – prąd wypływa przy uszkodzeniu.]



Rys.15. Przykładowe zabezpieczenie różnicowoprądowe



Literatura

1. Bilski, M. *Instalacje elektryczne i teletechniczne w budownictwie*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2020.
2. Flisowski, Z. *Ochrona odgromowa i przepięciowa urządzeń elektroenergetycznych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne (WNT), 2016.
3. Kamińska A., Muszyński A.L., Boruta Z., Radajewski R. , *Nowoczesne techniki w projektowaniu energooszczędnych instalacji budynkowych w systemie KNX*, Warszawa 2011.
4. Kołodziejczyk S.: *Instalacje elektryczne*, WKiŁ, 2016.
5. Krajewski, S. *Urządzenia i instalacje elektryczne*. Warszawa: WSiP, 2014.
6. Markiewicz, H. *Bezpieczeństwo w elektroenergetyce*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne (WNT), 2018.
7. Markiewicz, H. *Instalacje elektryczne*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowo-Techniczne (WNT), 2021.
8. Ministerstwo Infrastruktury. *Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*. Dz.U. z 2022 r., poz. 1225.
9. Niestępski S., Parol M., Pasternakiewicz J., Wiśniewski T.: *Instalacje elektryczne. Budowa, projektowanie i eksploatacja*, Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2011.
10. Polski Komitet Normalizacyjny. *PN-HD 60364: Instalacje elektryczne niskiego napięcia*. Warszawa: PKN, aktualna edycja.
11. Stowarzyszenie Elektryków Polskich (SEP). *Zeszyty tematyczne SEP: Instalacje elektryczne, Ochrona odgromowa, Pomiar i eksploatacja urządzeń elektrycznych*. Warszawa: SEP, wydania bieżące.
12. Strzelecki, R., Supronowicz, J. *Podstawy elektrotechniki i elektroniki w instalacjach elektrycznych*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2017.
13. Wiatr J., Orzechowski M., *Poradnik projektanta elektryka* wydanie V rozszerzone, Dom wydawniczy Medium, Warszawa 2012.
14. Wiśniewski, W. *Instalacje elektryczne w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej*. Warszawa: WSiP, 2015.