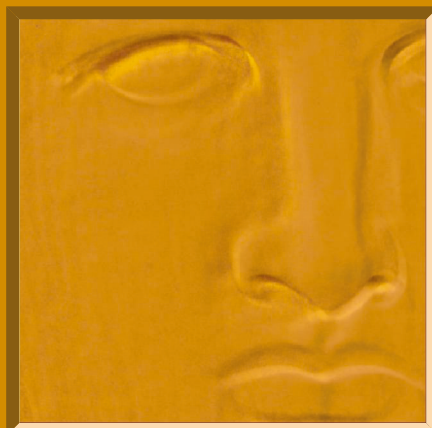
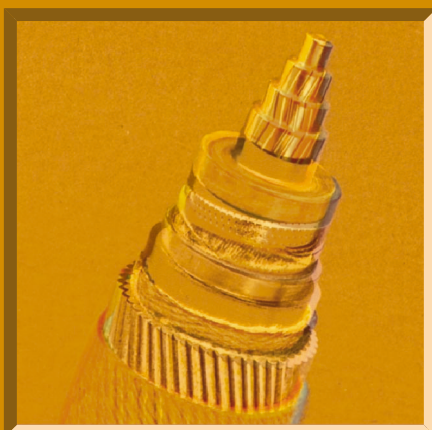
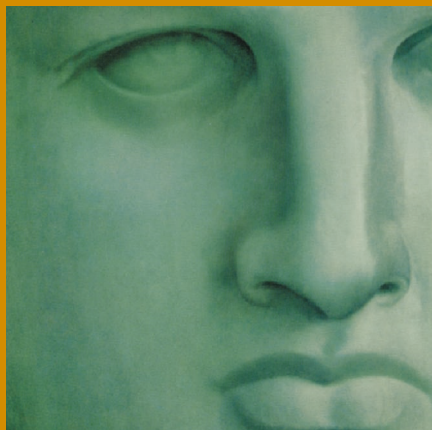


PODSTAWY PROJEKTOWANIA INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH

Prof. zw. dr hab. inż. Henryk MARKIEWICZ

Nr 15/12/2001



Prof. zw. dr hab. inż. Henryk MARKIEWICZ
Instytut Energoelektryki
Politechniki Wrocławskiej

PODSTAWY PROJEKTOWANIA INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH

1. WIADOMOŚCI I WYMAGANIA OGÓLNE

Instalacje elektryczne powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby w przewidywanym okresie użytkowania spełniały wymagania dotyczące mocy zapotrzebowanej i pozostawały w pełnej sprawności technicznej, a w odniesieniu do instalacji w budynkach mieszkalnych również wymagania wynikające z pożądanego komfortu życia mieszkańców.

Podstawowe właściwości techniczne instalacji elektrycznych w budynkach o dowolnym przeznaczeniu powinny być co najmniej takie, aby zapewniały one:

- niezawodną dostawę energii elektrycznej o parametrach technicznych, określających jakość energii, właściwych dla zasilanych urządzeń,
- nieuciążliwe i bezpieczne użytkowanie urządzeń elektrycznych, a szczególnie ochronę przed porażeniem elektrycznym, przetężeniami zagrażającymi nadmiernie szybkiemu zużyciu się instalacji, pożarem, przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi oraz innymi zagrożeniami powodowanymi pracą urządzeń elektrycznych,
- ochronę ludzi i środowiska przed skażeniami oraz emitowaniem drgań, hałasu, temperatury i pola magnetycznego o wartościach i natężeniach większych od granicznych dopuszczalnych.

Zróżnicowane są lub mogą być wymagania odnośnie do przewidywanego czasu eksploatacji instalacji o różnym przeznaczeniu, przy czym najbardziej istotne różnice dotyczą z reguły instalacji w obiektach przemysłowych oraz w budynkach mieszkalnych. Nie oznacza to jednak zgody na to, że instalacje o przewidywanym krótszym okresie użytkowania mogą być wykonane mniej starannie. Mogą być i często są wykonywane jedynie w różny sposób.

Instalacje elektryczne w obiektach przemysłowych powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby było stosunkowo łatwe ich przystosowanie do nowych zadań przy zmianie profilu lub technologii produkcji. Obecnie bowiem do rzadkości należą przypadki, aby raz podjęty asortyment produkcji był wytwarzany bez zmian przez wiele lat. Każda natomiast zmiana pociąga za sobą przeważnie zmianę rodzaju, liczby oraz rozmieszczenia i mocy znamionowej odbiorników, a przez to wymusza zmianę instalacji elektrycznej. Najbardziej przydatne do takich celów są instalacje wykonane przewodami szynowymi, pełniącymi w zasadzie funkcje rozbudowanych przestrzennie rozdzielnic. Przez zmianę liczby i miejsc zainstalowania skrzynek przyłączeniowych i zasilających, zawierających zestawy różnych aparatów łączeniowych i zabezpieczających, montowanych bezpośrednio na obudowach przewodów szynowych, a łączonych elektrycznie za pomocą zestyków rozłącznych, możliwe jest przystosowanie takich instalacji do nowych funkcji w prosty sposób i w krótkim czasie, bez konieczności prowadzenia uciążliwych prac budowlanych.

Inaczej natomiast są formułowane wymagania w odniesieniu do instalacji elektrycznych w budynkach mieszkalnych. Instalacje takie powinny charakteryzować się takimi właściwościami technicznymi, aby ich użytkownicy mogli korzystać bez ograniczeń z posiadanych urządzeń gospodarstwa domowego, sprzętu RTV, teletechnicznego i innego zarówno teraz, jak i przez okres co najmniej 25-30 najbliższych lat, bez konieczności wykonywania znaczącej modernizacji instalacji. Powinny one zatem być tak zwymiarowane i wykonane, aby były w stanie sprostać nowym wymaganiom wynikającym ze zmian w wyposażeniu mieszkań w urządzenia elektryczne i zmian stylu życia mieszkańców.

Obowiązujące w Polsce akty prawne określające warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać instalacje elektryczne w budynkach to głównie:

- wieloarkuszowa polska norma PN-IEC 60364 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych”,
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z 14 grudnia 1994; rozdział 8: „Instalacje elektryczne”, wraz z późniejszymi uzupełnieniami.

Te akty prawne formułują wymagania dotyczące instalacji elektrycznych w sposób dość ogólny, wynikający głównie z szeroko rozumianych warunków bezpieczeństwa. Brak jest w nich niektórych ustaleń o podstawowym znaczeniu, warunkujących przyjęcie prawidłowych założeń projektowych oraz niektórych szczegółowych wymagań technicznych ustalających zasady realizacji instalacji.

Podane w tym opracowaniu propozycje dotyczące podstaw planowania instalacji elektrycznych zostały ustalone przy uwzględnieniu nie zawsze dobrych doświadczeń krajowych z przeszłości lecz przede wszystkim w oparciu o doświadczenia i zalecenia innych krajów.

Podane tu zalecenia dotyczą założeń projektowych instalacji elektrycznych w budynkach mieszkalnych o średnim standardzie wykonania, w szczególności w zakresie:

- przyjmowanych mocy zapotrzebowanych mieszkań i wyznaczania szczytowych mocy obliczeniowych wewnętrznych linii zasilających i budynków,
- zasad wyznaczania przekrojów przewodów instalacji mieszkaniowych odbiorczych i wewnętrznych linii zasilających z uwzględnieniem mocy zapotrzebowanych oraz skuteczności i selektywności działania zabezpieczeń przetężeniowych,
- liczby obwodów w instalacji odbiorczej w mieszkaniu,
- niektórych rozwiązań szczegółowych instalacji.

W podanych tu zasadach planowania instalacji elektrycznych nie różnicuje się wymagań dotyczących wymiarowania i zasad wykonywania instalacji w budynkach zgazyfikowanych i niezgazyfikowanych. Zapewnia się przez to mieszkańcom aktualnym i tym przyszłym możliwość wyboru i korzystania z urządzeń bytowych, gazowych lub elektrycznych, obecnie nieco droższych w eksploatacji niż urządzenia gazowe, lecz bardziej estetycznych i bezpiecznych. Różnicuje się natomiast wymagania dotyczące instalacji elektrycznych

w budynkach z centralnym zaopatrzeniem w ciepłą wodę oraz w tych, w których w każdym mieszkaniu są instalowane elektryczne podgrzewacze wody.

2. RODZAJE I DANE ZNAMIONOWE ODBIORNIKÓW GOSPODARSTWA DOMOWEGO ORAZ MOCE ZAPOTRZEBOWANE POJEDYNCZYCH MIESZKAŃ

Odbiorniki energii elektrycznej przeznaczone do powszechnego stosowania w mieszkaniach są wykonywane jako jedno lub trójfazowe, jeżeli ich moc znamionowa przekracza 3,0-3,5 kW (tabela 1). Wyszczególnione w tabeli urządzenia nie mają cech luksusu i wiele z nich jest na wyposażeniu, jeżeli nie wszystkich to znacznej części mieszkań.

Tabela 1. Moce znamionowe odbiorników elektrycznych gospodarstwa domowego

Rodzaj odbiornika	Moc znamionowa w kW; wykonanie	
	jednofazowe	trójfazowe
1. kuchenka z piekarnikiem		8,0 - 14,0
2. kuchenka mikrofalowa	1,0 – 2,0	
3. rožen („grill”)	0,8 – 3,3	
4. zmywarka do naczyń	3,5	
5. toster	0,9 – 1,7	
6. mikser	0,2	
7. czajnik elektryczny	1,0 – 2,0	
8. ekspres do kawy	1,0 – 2,0	
9. frytkownica	1,6 – 2,0	
10. wyciąg oparów kuchennych	0,3	
11. zbiornikowy podgrzewacz wody (3 – 15 l)	2,0	
12. zbiornikowy podgrzewacz wody (15 – 150 l)		4,0 – 6,0
13. zbiornikowy podgrzewacz wody (200 – 1000 l)		2,0 – 18,0
14. przepływowy podgrzewacz wody		18/21/24/27
15. żelazko	1,0	
16. prasownica	2,1 – 3,3	
17. pralka	2,0 – 3,3	
18. suszarka bielizny	3,3	
19. suszarka do włosów	0,8	
20. suszarka do rąk	2,1	
21. promiennik podczerwieni	0,2 – 2,2	
22. solarium	2,8	4,0
23. sauna	3,5	4,5 – 18,0
24. lodówka – zamrażarka	0,2 – 0,3	
25. odkurzacz	1,0	
26. froterka	0,5	

Urządzenia elektryczne instalowane na stałe lub użytkowane okazjonalnie mogą być przeznaczane do:

- przygotowywania posiłków i zmywania naczyń - łączna moc około 20 kW,
- utrzymania czystości - łączna moc około 12 kW,
- oświetlenia oraz zaspokajania indywidualnych zainteresowań mieszkańców - łączna moc około 5 kW.

Z przedstawionego zestawienia wynika, że łączna moc odbiorników elektrycznych, zainstalowanych w mieszkaniu lub jedynie posiadanych przez użytkowników, bez urządzeń ogrzewania elektrycznego mieszkania i podgrzewaczy wody, może być rzędu 40 i więcej kilowatów.

Odbiorniki elektryczne zgromadzone w poszczególnych mieszkaniach nigdy nie są jednocześnie załączone do sieci, tak że rzeczywiste zapotrzebowanie na moc, określone pojęciem mocy zapotrzebowanej, jest znacznie mniejsze od sumy mocy znamionowych odbiorników.

Przepisy z 1977 r., obowiązujące aż do roku 1995, ustalały moce zapotrzebowane dla mieszkań bez elektrycznego ogrzewania pomieszczeń następująco:

- w budynkach zgazyfikowanych, dla mieszkań wieloizbowych 1 kW na izbę lecz nie mniej niż 4 kW na mieszkanie oraz 2 kW na mieszkanie jednoizbowe,
- w budynkach niezgazyfikowanych 7 kW na mieszkanie wieloizbowe dla kuchni elektrycznej i elektrycznych podgrzewaczy wody oraz dodatkowo 300 W na izbę; 4 kW na mieszkanie jednoizbowe.

Obecnie w Polsce nie ma żadnych obowiązujących przepisów dotyczących ustalania mocy zapotrzebowanej na jedno mieszkanie o zróżnicowanej wielkości oraz różnym wyposażeniu w instalacje inne niż elektryczne. Według zaleceń COBRE „Elektromontaż” moce te można wyznaczyć według zależności:

$$P_{M1} = P_1 + MP_2 \quad (1)$$

w której: P_1 - moc odbiornika o największej mocy znamionowej,

P_2 - moc zapotrzebowana przez 1 osobę w mieszkaniu,

M - liczba osób, dla których mieszkanie zostało zaprojektowane.

W mieszkaniach zgazyfikowanych moc P_1 to moc pralki elektrycznej (2,5 - 3,3 kW), a w mieszkaniach niezgazyfikowanych moc kuchenki elektrycznej z piekarnikiem (8 - 14 kW) lub niekiedy moc przepływowego podgrzewacza wody (18 - 27 kW). Moc P_2 szacuje się na 1 kW w okresie najbliższych kilku lat.

Według tych zaleceń moc zapotrzebowaną przez przeciętne mieszkanie wieloizbowe ($M - 4$) w budynkach wielorodzinnych o ogrzewaniu innym niż elektryczne można szacować jako równe:

6-7 kW w budynkach zgazyfikowanych,

12-25 kW w budynkach niezgazyfikowanych.

Przy takich obciążeniach zasilanie mieszkań powinno być wykonane jako trójfazowe.

Zróżnicowanie mocy zapotrzebowanej przez jedno mieszkanie w zależności od tego czy budynek jest czy nie jest zgazyfikowany wpływa na ustalenie obciążalności (przekrojów) przewodów i parametrów urządzeń zabezpieczeniowych przetężeniowych (prądów

znamionowych bezpieczników i wyłączników) wewnętrznych linii zasilających, fragmentów instalacji zasilających poszczególne mieszkania oraz sposób wykonania instalacji w samym mieszkaniu. Jest to w zasadzie równoznaczne ze zmuszeniem mieszkańców budynków zgazyfikowanych na wyłączenie korzystanie z kuchenek gazowych, w niektórych budynkach również na stosowanie gazowych podgrzewaczy wody, bez możliwości zainstalowania teraz i w przyszłości bardziej estetycznych i bezpiecznych urządzeń elektrycznych.

Nie występują takie ograniczenia przy założeniu, że sposób wykonania instalacji elektrycznej w budynku mieszkalnym nie powinien zależeć od tego czy jest w nim również instalacja gazowa, tak jak ustala się to również w innych krajach, m.in. w normie niemieckiej DIN 18015/1. Oznacza to również, że mieszkańcy domów zgazyfikowanych mają prawo wyboru przy pomocy jakich urządzeń pragną zaspokajać swoje określone potrzeby bytowe.

Przy takim założeniu moc zapotrzebowana pojedynczego mieszkania powinna wynosić:

- 12,5 kW dla mieszkań w budynkach z centralnym zaopatrzeniem w ciepłą wodę,
- 30 kW dla mieszkań w budynkach, w których przewiduje się instalowanie elektrycznych urządzeń do przygotowania ciepłej wody o znacznych mocach znamionowych.

Uzasadnienie podanych wartości jest następujące. W mieszkaniach z centralnym zaopatrzeniem w ciepłą wodę największe długotrwałe obciążenie (trwające dłużej niż 3-4 stałe czasowe przewodów) może wystąpić w przypadkach jednoczesnego korzystania z:

- kuchenki elektrycznej o mocy znamionowej P_N równej 10 kW z włączonymi elementami grzejnymi o łącznej mocy $0,75 P_N$ - 7,5 kW,
- pralki elektrycznej - 2,5 kW,
- innych odbiorników (oświetlenia, lodówki, żelazka, odkurzacza, sprzętu RTV i in.) - 2,5 kW.

W mieszkaniach z indywidualnym przygotowaniem ciepłej wody uzasadnienie największego obciążenia jest następujące:

- kuchenka elektryczna o $P_N = 10$ kW, włączona na 0,75 mocy znamionowej - 7,5 kW,
- przepływowy podgrzewacz wody - 18 kW,
- pralka oraz inne odbiorniki - 4,5 kW.

W każdym mieszkaniu mogą być załączone również inne zestawy odbiorników lecz ich łączne obciążenie nie powinno długotrwałe przekroczyć założonych wartości.

Zbliżone, chociaż o około 10% wyższe wartości mocy zapotrzebowanych podaje się również w normie DIN 18015/1; odpowiednio 14,5 oraz 34 kW.

Przy ustalaniu mocy zapotrzebowanej mieszkań i szczytowych mocy obliczeniowych budynków mieszkalnych należy odejść od nawyku zbyt szczegółowego ustalania tych wartości, czym jest m.in. uwzględnianie liczby osób, na które planowane jest mieszkanie. Budynek trwa z reguły dłużej niż zamieszkują w nim pierwsi jego mieszkańcy, a kolejni lokatorzy czy właściciele nie powinni być zmuszeni do użytkowania sprzętu elektrycznego o podobnym standardzie jak ich poprzednicy, z okresu gdy instalacja była projektowana.

3. WEWNĘTRZNE LINIE ZASILAJĄCE

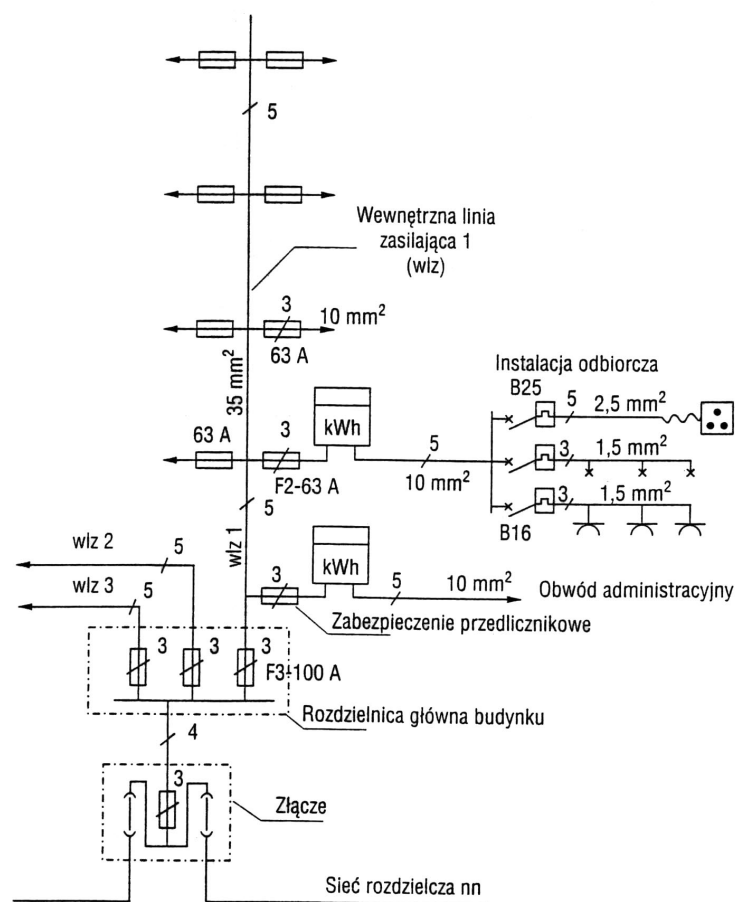
3.1. WYMAGANIA OGÓLNE

Wewnętrzne linie zasilające (wlz) mają za zadanie połączenie instalacji odbiorczych ze źródłem bezpośrednio lub za pośrednictwem rozdzielnic głównej (rys. 1). Przekroje żył przewodów wlz powinny być tak dobrane, aby spełnione były wymagania dotyczące w szczególności:

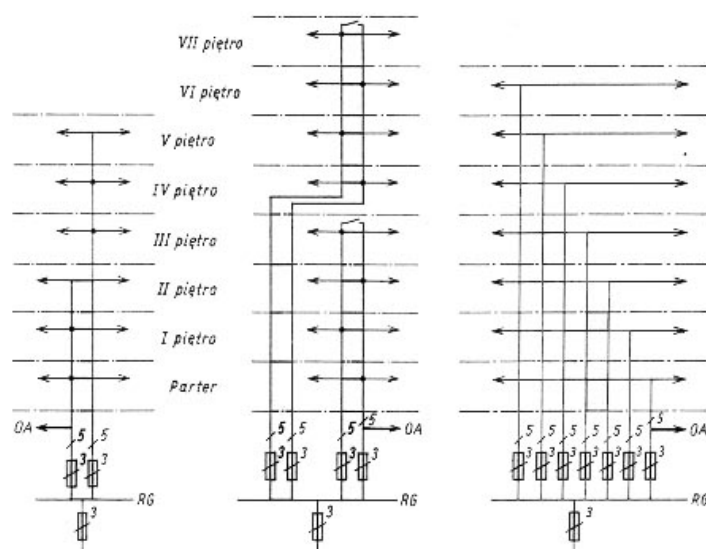
- obciążalności prądowej, nie mniejszej niż spodziewane szczytowe obciążenie prądowe,
- skuteczności działania zastosowanych zabezpieczeń przetężeniowych, przeciwporażeniowych i in.,
- dostawy energii elektrycznej o wysokiej jakości zapewniającej długotrwałą, poprawną i bezpieczną pracę wszystkich urządzeń elektrycznych,
- zastosowania przewodów o przekrojach nie mniejszych od najmniejszych dopuszczalnych dla wlz.

Wewnętrzne linie zasilające (wlz) powinny być układane w miejscach łatwo dostępnych np. na klatkach schodowych, z wyjątkiem klatek schodowych ewakuacyjnych, w korytarzach piwnic itp. Wszystkie wlz powinny być wykonane jako trójfazowe. Ich liczbę, oraz przekroje przewodów ustala projektant w zależności od liczby instalacji odbiorczych w budynku. W budynkach kilkukondygnacyjnych o liczbie mieszkań od kilku do kilkunastu w jednej klatce schodowej prowadzi się zazwyczaj jedną linię zasilającą. W budynkach wysokich oraz w budynkach, w których występuje znaczne zapotrzebowanie mocy przez poszczególne mieszkania wykonuje się więcej niż jedną linię zasilającą (rys. 2). W budynkach o wysokim standardzie wykonania mieszkań stosowane jest niekiedy indywidualne zasilanie poszczególnych mieszkań bezpośrednio z głównej rozdzielnic (tablicy rozdzielczej).

W przypadku przyłączy napowietrznych lokalizacja licznika energii elektrycznej i prowadzenie wlz powinno być tak wykonane, aby możliwa była łatwa przebudowa na złącze kablowe.



Rys. 1. Przykład wykonania instalacji elektrycznej w budynku mieszkalnym wielorodzinnym z zaznaczeniem charakterystycznych elementów instalacji



Rys. 2. Przykłady wykonania wewnętrznych linii zasilających budynków mieszkalnych o dużej liczbie mieszkań lub znacznym obciążeniu; RG – rozdzielnica główna, OA – obwody administracyjne

3.2. SZCZYTOWE MOCE OBLICZENIOWE WEWNĘTRZNYCH LINII ZASILAJĄCYCH

Proponuje się, aby za podstawę przyjmowania obliczeniowych mocy szczytowych wewnętrznych linii zasilających budynków jedno i wielorodzinnych bez ogrzewania elektrycznego przyjmować diagram z rysunku 3 oraz dane zestawione w tabeli 2.

Moc obliczeniową wewnętrznej linii zasilającej N mieszkań wyliczono z zależności

$$P_{blz} = k_j N P_{M1} \quad (2)$$

w której k_j to współczynnik jednoczesności.

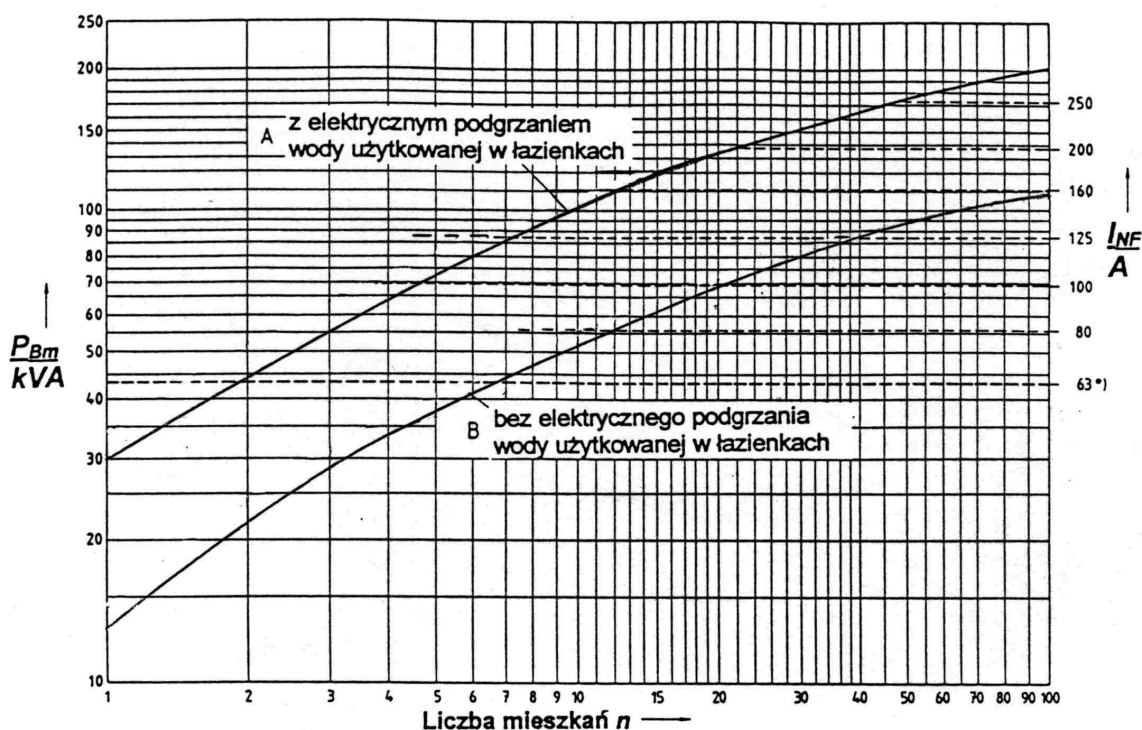
Tabela 2. Zapotrzebowanie mocy w budynkach mieszkalnych

Liczba mieszkań w budynku N	Zapotrzebowanie mocy wlv [kVA]	
	z elektrycznym podgrzewaniem wody użytkowej w łazienkach	bez elektrycznego podgrzewania wody użytkowanej w łazienkach
1	30	12,5
2	44	22
3	55	28
4	64	33
5	72	37
6	80	41
7	86	44
8	91	47
9	97	49
10	101	51
12	110	55
14	116	59
16	123	62
18	128	66
20	133	69
25	144	74
30	153	80
35	160	84
40	165	87
45	170	91
50	175	94
60	183	99
70	189	102
80	195	104
90	200	106
100	205	108

Wartość mocy zapotrzebowanej przez pojedyncze mieszkania P_{MI} przyjęte zgodnie z ustaleniami zawartymi w punkcie 2.

Wartości współczynników jednoczesności k_j w zależności od liczby mieszkań przyjęto, w okresie do 25 mieszkań zgodnie z ustaleniami normy niemieckiej DIN 18015/1. Dla większej liczby mieszkań współczynniki te przyjmują bardzo małe wartości równe np. w budynkach z centralnym zaopatrzeniem w ciepłą wodę 0,131 przy 50 mieszkaniach oraz 0,074 przy 100 mieszkaniach. W budynkach z indywidualnym elektrycznym podgrzewaniem wody współczynniki te wynoszą odpowiednio 0,103 i 0,06. Dotychczas przyjmowane w Polsce i aktualnie zalecane przez COBRE „Elektromontaż” współczynniki jednoczesności dla linii zasilających dużą liczbę mieszkań są znacznie większe od podanych. Z tego względu szczytowe obciążenia wlv zasilających dużą liczbę mieszkań przyjęto takie, jakie są podane w normie niemieckiej - DIN 18015 mimo, że moce zapotrzebowane przez poszczególne mieszkania P_{MI} są w tej normie nieco większe, równe odpowiednio 14,5 oraz 34 kW.

Na rysunku 3 poziomymi liniami podano wymagane wartości prądów znamionowych bezpieczników I_{NF} , a przez to pośrednio również najniższą długotrwałą obciążalność prądową przewodów wlv. Wynika stąd, że również przy niewielkiej liczbie mieszkań, a nawet w przypadku pojedynczego mieszkania, obciążalność ta nie powinna być mniejsza niż 63 A, czemu z pewnymi ograniczeniami odpowiada przekrój przewodów miedzianych 10 mm².



Rys. 3. Wartości obliczeniowych mocy szczytowych P_{Bm} wewnętrznych linii zasilających budynków o liczbie mieszkań n bez ogrzewania elektrycznego

3.3. OBWODY ODBIORCZE

Przewody łączące wewnętrzną linię zasilającą z zabezpieczeniami przedlicznikowymi, licznikiem i tablicą rozdzielczą w mieszkaniu powinny być przystosowane do zabezpieczenia ich bezpiecznikami 50 A, niekiedy 63 A. Powinny to być przewody miedziane o minimalnym przekroju co najmniej 10 mm^2 i obciążalności prądowej co najmniej 50 A. Zasadność stosowania takich zabezpieczeń i przewodów wynika z warunku selektywności działania szeregowo połączonych bezpieczników przedlicznikowych i wyłączników instalacyjnych w obwodach odbiorczych.

Rozdzielnica w mieszkaniu (rys. 4) powinna być zainstalowana możliwie blisko środka obciążenia, przeważnie na jednej, mniej eksponowanej ścianie w korytarzu lub przedpokoju, blisko kuchni lub pomieszczenia gospodarczego, łazienki, grupujących odbiorniki o największych mocach znamionowych (kuchenka, pralka, zmywarka do naczyń, prasownica itp.). Rozdzielnica powinna być umieszczona w miejscu i na wysokości nie utrudniającej nadmiernie dostępu do łączników. Rozdzielnice, w których przewiduje się zamontowanie styczników, przekaźników i innych urządzeń sterujących i zabezpieczających, których działanie wywołuje nawet umiarkowany hałas nie powinny być montowane na ścianie pomieszczenia przewidywanego na sypialnię. W rozdzielnicy mieszkaniowej należy przewidzieć kilka wolnych miejsc na zainstalowanie dodatkowego obwodu lub aparatu, jeśli zajdzie taka potrzeba w przyszłości.

Instalacje elektryczne powinny być podzielone na potrzebną liczbę obwodów (tabl. 3) w celu:

- zapewnienia niezawodnej pracy odbiorników energii elektrycznej,
- ograniczenia negatywnych skutków w razie zaistnienia uszkodzenia w jednym z obwodów,
- ułatwienia bezpiecznego sprawdzania i konserwacji instalacji.

Wydzielone obwody należy stosować dla gniazd wtyczkowych. Do jednego obwodu nie należy przyłączać więcej niż 10 gniazd, przy czym gniazda podwójne i potrójne liczy się jako jedno gniazdo. Dopuszcza się stosowanie w mieszkaniu obwodów wspólnych dla odbiorników oświetleniowych i gniazd wtyczkowych, jeżeli są co najmniej dwa obwody, a działanie takie pozwala na ograniczenie liczby lub znaczne skrócenie łącznej długości obwodów.

Odbiorniki o mocy 2 kW i większej powinny być zasilane z osobnych wydzielonych obwodów (rys. 4) niezależnie od tego czy są zainstalowane na stałe czy zasilane poprzez gniazda wtyczkowe i wtyczki. Do takich odbiorników należą:

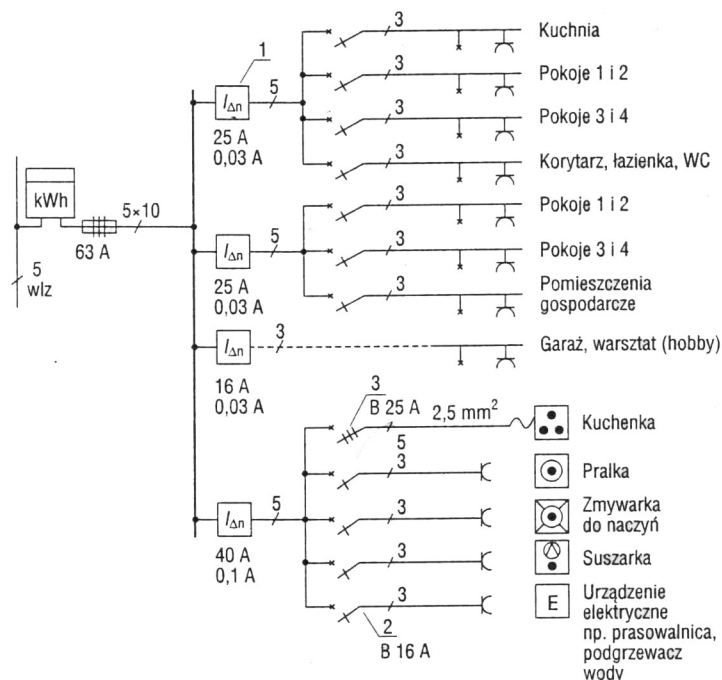
- kuchenki elektryczne, różna,
- zmywarki do naczyń,
- pralki,
- przepływowe podgrzewacze wody,
- zbiornikowe podgrzewacze wody o znacznych mocach i pojemnościach.

Zaleca się wykonanie osobnych obwodów do zasilania:

- warsztatów podręcznych, pracowni,
- oświetlenia zewnętrznego,
- garaży,
- innych pomieszczeń gospodarczych,
- sprzętu komputerowego.

Tabela 3. Zalecana, minimalna liczba obwodów gniazd wtyczkowych ogólnego użytku i obwodów oświetleniowych w instalacji odbiorczej w mieszkaniu

Powierzchnia mieszkania, m ²	Minimalna liczba obwodów
do 50	2
50-75	3
75-100	4
100-125	5
powyżej 125	6



Rys. 4. Przykład wykonania tablicy rozdzielczej i obwodów odbiorczych w mieszkaniu wieloizbowym

Liczba gniazd wtyczkowych w poszczególnych pomieszczeniach mieszkania powinna być na tyle duża, aby nie było kłopotliwe użytkowanie różnych odbiorników, również ręcznych, bez konieczności stosowania przedłużaczy o większej liczbie gniazd. Wymagana liczba wypustów oświetleniowych i gniazd wtyczkowych ogólnego przeznaczenia w mieszkaniach o przeciętnym standardzie wykonania nie powinna być mniejsza od podanych w tablicy 4 w kolumnie 1.

Przy wyższym standardzie wykonania należy przyjmować dane zestawione w kolumnach odpowiadających kategorii II. W takich przypadkach może być konieczne wykonanie większej liczby obwodów, niż wynika to z zaleceń zawartych w tabeli 3.

Obwody oświetlenia i gniazd wtyczkowych ogólnego przeznaczenia należy wykonywać przewodami miedzianymi o przekroju $1,5 \text{ mm}^2$ i zabezpieczyć wyłącznikami instalacyjnymi o prądzie znamionowym ciągłym 16 A i charakterystyce czasowo-prądowej typu B (rys. 4).

Obwody zasilające wydzielone odbiorniki o większej mocy znamionowej powinny być wykonane przewodami o obciążalności odpowiedniej do ich prądu znamionowego, jednak o przekroju nie mniejszym niż $1,5 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$.

W budynkach wielorodzinnych osobne obwody odbiorcze powinny być wykonane do zasilania:

- oświetlenia klatki schodowej, piwnic, korytarzy,
- instalacji dzwonkowych, domofonów i innych urządzeń użytkowanych wspólnie przez wielu mieszkańców,
- hydroforów,
- wind.

Obwody odbiorcze powinny być wyposażone w wyłączniki instalacyjne chroniące przewody i zasilane urządzenia przed skutkami przetężeń oraz w wyłączniki różnicowoprądowe. Wyłączniki te mogą być instalowane w poszczególnych obwodach lub jeden wyłącznik różnicowoprądowy o większym prądzie znamionowym ciągłym i znamionowym prądzie różnicowym, może chronić kilka obwodów (rys. 4).

Wyłączniki różnicowoprądowe obwodów gniazd wtyczkowych powinny być wysokoczułe, o znamionowym prądzie różnicowym ($I_{\Delta N}$) nie większym niż 30 mA, inne zaś obwody mogą być chronione wyłącznikami o prądach $I_{\Delta N} = 100 \text{ mA}$ i 300 mA , odpowiednich do spodziewanych prądów upływowych.

Zamiast oddzielnych wyłączników przetężeniowych i wyłączników różnicowoprądowych mogą być instalowane wyłączniki zwarte, zawierające w jednym aparacie wyzwalacze przetężeniowe i różnicowoprądowe.

Nie oznacza to, że nie mogą być zastosowane inne niż wyłączniki różnicowoprądowe urządzenia ochrony przeciwporażeniowej, szczególnie w obwodach i warunkach nie stwarzających szczególnego zagrożenia porażeniowego.

Tabela 4. Zalecane wyposażenie instalacji odbiorczej w mieszkaniu

Rodzaj pomieszczenia Liczba obwodów	Kategoria I		Kategoria II		Kategoria II	
	liczba gniazd	liczba punktów	liczba gniazd	liczba punktów	liczba gniazd	liczba punktów
	wtyczkowych	oświetlenia	wtyczkowych	oświetlenia	wtyczkowych	oświetlenia
Sypialnia/ pokój dzienny						
≤12 m ²	3	1	5	2	7	3
≤20 m ²	4	1	7	2	9	3
>20 m ²	5	2	9	3	11	4
Nisza kuchenna	5	2	7	2	8	2
Kuchnia	7	2	9	3	11	3
Pracownia	4	1	7	2	9	3
Łazienka	3	2	4	3	5	3
WC	1	1	2	1	2	2
Przedpokój długości						
≤2,5 m	1	1	1	2	1	3
>2,5 m	1	1	2	2	3	3
Balkon, loggia szerokości						
≤3 m	1	1	1	1	2	1
>3 m	1	1	2	1	3	2
Piwnica, przyziemie	1	1	2	1	2	1
Pokój zainteresowań (hobby)	3	1	5	2	7	2
Łączna liczba obwodów wydzielonych:						
kuchenka elektryczna	1		1		1	
zmywarka	1		1		1	
pralka	1		1		1	
suszarka bielizny	1		1		1	
podgrzewacz wody	1		2		2	
piekarnik	-		1		1	
inne	-		1		2	

4. OBCIĄŻENIA SIECI ZASILAJĄCYCH BUDYNKI MIESZKALNE

Wraz ze zwiększającą się liczbą budynków mieszkalnych oraz mieszkań zmniejszają się wartości współczynników jednoczesności k_j . Przy bardzo dużej liczbie zasilanych mieszkań większej od 100 można proponować przyjęcie wartości współczynników jednoczesności jak dla 100 mieszkań, równych:

$k_j = 0,085$ dla mieszkań z centralnym zaopatrzeniem w ciepłą wodę, oraz

$k_j = 0,068$ dla mieszkań z elektrycznymi podgrzewaczami ciepłej wody.

Wartości te są nieco większe niż wynika to z zaleceń normy niemieckiej DIN 18015/1. Zbliżone wartości współczynników jednoczesności uzyskano w trakcie badania obciążenia sieci zasilającej dużą dzielnicę mieszkaniową, o ponad 4000 mieszkań, w Mannheim w Niemczech [1].

Ważnym zagadnieniem jest sposób ustalania przekrojów żył kabli sieci rozdzielczej niskiego napięcia. Dokładne ustalenia obciążalności prądowej i przekrojów przewodów tej sieci dla obciążeń poszczególnych ulic, grup budynków i pojedynczych budynków powoduje, że poszczególne odcinki tej sieci mają różne przekroje. Taki sposób wyznaczania przekrojów sieci jest w pełni racjonalny technicznie, ale nie zawsze uzasadniony ekonomicznie. Przykładowo w Hessische Energiewirtschaft AG, w Darmstadt, będącym odpowiednikiem naszych Zakładów Energetycznych w sieci komunalnej niskiego napięcia stosuje się jeden, standardowy przekrój żył kabli równy 150 mm^2 A1. Takie postępowanie ma pełne uzasadnienie ekonomiczne. Powszechne stosowanie jednego typu kabla obniża cenę jego produkcji i zakupu oraz zmniejsza potrzebną ilość i różnorodność, a przez to również koszty zakupu i magazynowania koniecznego osprzętu (muf, zacisków itp.).

Zastosowanie w pewnych przypadkach przekrojów przewodów sieci rozdzielczych większych niż wynika to z warunku aktualnego obciążenia prądowego zwiększa niezawodność zasilania i jakość energii oraz obniża koszty strat energii i nie ogranicza możliwości przyłączenia nowych odbiorców.

5. ZASADY DOBORU PRZEWODÓW I KABLI ELEKTROENERGETYCZNYCH

5.1. WYMAGANIA OGÓLNE

Przewody i kable elektroenergetyczne powinny być tak dobrane, aby podczas wieloletniego użytkowania nie występowało ich przedwczesne zużycie i uszkodzenia powodowane szkodliwym oddziaływaniem środowiska. Same też nie powinny stwarzać takiego zagrożenia dla środowiska, a w warunkach pracy normalnej przyrost temperatury przewodów nie powinien przekraczać wartości granicznych dopuszczalnych długotrwale. Powinna być też

zapewniona odbiorcom odpowiednia jakość energii określona głównie brakiem przerw w zasilaniu oraz odchyleniami napięcia od wartości znamionowej i zawartością wyższych harmonicznych nie przekraczającymi wartości granicznych dopuszczalnych.

Warunki związane głównie ze środowiskiem wyznaczają wymagany typ przewodu lub kabla i sposób ochrony przed szkodliwymi oddziaływaniami środowiska, warunki techniczne zaś ustalają napięcie znamionowe i przekroje przewodów.

Kolejność postępowania przy wyznaczaniu przekroju przewodów jest zazwyczaj następująca:

1. Wyznacza się przekrój ze względu na obciążalność prądową długotrwałą.
2. Sprawdza się, czy dobrany przekrój jest wystarczający ze względów mechanicznych.
3. Sprawdza się, czy dobrane przekroje przewodów są wystarczające ze względu na ciepłne działanie prądów przeciążeniowych i zwarciovych.
5. Sprawdza się skuteczność ochrony przeciwporażeniowej.

Należy mieć świadomość, że dobór przewodów i zabezpieczeń przetężeniowych to jedna czynność projektowa. Obciążalności prądowe przewodów wyznaczają bowiem największe wartości prądów znamionowych urządzeń przetężeniowych, jak również prądy znamionowe zabezpieczeń przetężeniowych wyznaczają wymagane wartości obciążalności prądowej przewodów.

5.2. DOBÓR PRZEKROJU PRZEWODÓW ZE WZGLĘDU NA OBCIĄŻENIE PRĄDEM I SPADKI NAPIĘCIA

Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą wykonuje się na podstawie tablic obciążalności długotrwałej przewodów (tabl. 5), właściwych dla określonych typów przewodów i warunków ich ułożenia. Dobiera się zazwyczaj najmniejszy z przekrojów, którego obciążalność długotrwałą I_Z jest większa od prądu obliczeniowego I_B wyznaczonego z mocy zapotrzebowanej lub obliczeniowej mocy szczytowej, zgodnie z ustaleniami zawartymi w punktach 2 i 3. W obliczeniach prądu I_B w budynkach mieszkalnych, przy braku dokładnych danych można przyjąć $\cos \varphi = 0,95$.

W obwodach odbiorczych zasilających pojedyncze odbiorniki prąd znamionowy odbiornika przyjmuje się jako prąd I_B . Powinien być spełniony warunek

$$I_Z \geq I_B \quad (3)$$

Przewody zasilające odbiorniki o obciążeniu innym niż długotrwałe (dorywcze, przerywane) w ograniczonym czasie mogą być obciążone prądem większym od ich

obciążalności długotrwałej I_Z , bez przekroczenia temperatury granicznej dopuszczalnej długotrwałe.

Tabela 5. Obciążalność prądowa długotrwała I_Z przewodów o izolacji PVC ułożonych w różny sposób wg normy niemieckiej DIN VDE 0298-4 oraz zalecane (największe) prądy znamionowe bezpieczników I_{NF} jako zabezpieczeń przetężeniowych; obliczeniowa temperatura otoczenia $\vartheta_0 = 25^\circ\text{C}$

Oznaczenie	A1		A2		B1		B2		C					
Miejsce i sposób ułożenia przewodów	w rurkach i kanałach (listwach) instalacyjnych pod tynkiem				w rurkach i kanałach (listwach) instalacyjnych na ścianie				na ścianie					
	Przewody jednożyłowe		Przewody wielożyłowe		Przewody jednożyłowe		Przewody wielożyłowe		Kable i przewody wielożyłowe					
														
Liczba obciążonych przewodów	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3				
Przekrój mm ²	Obciążalność przewodów I_z oraz prąd znamionowy zabezpieczeń przetężeniowych I_{NF} , A													
	I_z	I_{NF}	I_z	I_{NF}	I_z	I_{NF}	I_z	I_{NF}	I_z	I_{NF}	I_z	I_{NF}	I_z	I_{NF}
1,5	16,5	16	14,5	13	18,5	16	14	13	18,5	16	16,5	16	17,5	16
2,5	21	20	19	16	19,5	16	18,5	16	25	25	22	20	24	20
4	28	25	25	25	27	25	24	20	34	32	30	25	32	32
6	36	35	33	32 ⁴⁾	34	32	31	25	43	40	38	35	40	35
10	49	40	45	40	46	40	41	40	60	50	53	50	55	50
16	65	63	59	50	60	50	55	50	81	80	72	63	73	63
25	85	80	77	63	80	80	72	63	107	100	94	80	95	80
35	105	100	94	80	98	80	88	80	133	125	117	100	118	100
50	126	125	114	100	117	100	105	100	160	160	142	125	141	125
70	160	160	144	125	147	125	133	125	204	200	181	160	178	160
95	193	160	174	160	177	160	159	125	246	200	219	200	213	200
120	223	200	199	160	204	200	182	160	285	250	253	250	246	200
150	254	250	229	200	232	200	208	200	—	—	—	—	—	—
185	289	250	260	250	263	250	236	200	—	—	—	—	—	—
240	339	315	303	250	308	250	277	250	—	—	—	—	—	—
300	389	315	348	315	354	315	316	315	—	—	—	—	—	—

Odbiorniki energii elektrycznej pracują w zasadzie poprawnie przy zasilaniu ich napięciem o wartości zbliżonej do znamionowej. Wymagane jest niekiedy zastosowanie przewodów o przekroju żył większym niż wynika to z warunku obciążalności prądowej, aby odchylenia napięcia w poszczególnych fragmentach sieci i instalacji nie przekraczały wartości granicznej dopuszczalnej ustalonej przez odpowiednie przepisy lub normy przy założeniu, że

występujące odchylenia napięcia powodowane spadkami napięć nie powinny wywoływać zakłóceń w pracy odbiorników.

W Polsce w 2001 r. nie ma obowiązujących przepisów lub norm ustalających dopuszczalne spadki napięcia oraz dopuszczalne odchylenia napięcia od wartości znamionowych w poszczególnych fragmentach instalacji. Przepisy z 1977 roku utraciły ważność, a jak dotychczas to istnieje tylko projekt normy PN-IEC 60364/523 dotyczący tego zagadnienia. Zawarto w nim zalecenie, aby spadek napięcia w instalacjach nieprzemysłowych, a głównie w budynkach mieszkalnych na odcinku od złącza do końca dowolnego obwodu odbiorczego instalacji nie przekraczał 4% napięcia znamionowego. W projekcie nie ma ograniczeń dotyczących dopuszczalnych spadków napięć w wewnętrznych liniach zasilających.

Inne i ustalone z większą dbałością o jakość energii elektrycznej są zalecenia norm niemieckich [3], w której różnicuje się wymagania dotyczące dopuszczalnych spadków napięcia w wewnętrznych liniach zasilających (tabl. 6, rys. 5) oraz w obwodach odbiorczych. Dopuszczalny spadek napięcia, od licznika do końca obwodu, nie powinien przekraczać 3%. Tylko pozornie wymagania te są prawie takie same. Istotna różnica polega na tym, że każdy odbiorca niemiecki ma na zaciskach swojej rozdzielnicy w mieszkaniu napięcie bardzo bliskie znamionowemu, a polski może je mieć o około 3% niższe.

Spadek napięcia, wyrażony w procentach na dowolnym odcinku toru o długości l , wykonanym przewodem o przekroju S i konduktywności materiału żył γ , jest określony zależnością:

- dla linii i instalacji jednofazowych

$$\Delta U_{\%} = \frac{200}{U_{Nf}} I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (4)$$

- dla obwodów trójfazowych

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{U_N} I_B (R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (5)$$

gdzie: I_B - prąd obciążenia, A; $\cos \varphi$ - współczynnik mocy; R , X - rezystancja i reaktancja przewodu wyrażone wzorami

$$R = \frac{l}{S} \quad (6)$$

$$X = x' \cdot l \cdot 10^{-3} \quad (7)$$

przy czym: x' - reaktancja jednostkowa przewodów, $\text{m}\Omega/\text{m}$; U_N - napięcie znamionowe fazowe oraz międzyprzewodowe (liniowe). W obliczeniach należy przyjmować długości w metrach, przekroje przewodów w mm^2 , zaś konduktywności γ w $\text{m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$ (56 dla żył miedzianych i 33 dla aluminium). Jednostkowe reaktancje x' wynoszą ok. $0,07 \div 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$ kablowych, $0,10 \text{ m}\Omega/\text{m}$ dla instalacji w rurkach oraz $0,25\text{-}0,30 \text{ m}\Omega/\text{m}$ dla linii napowietrznych niskiego napięcia.

Jeżeli obliczenia dotyczą linii kablowych lub instalacji elektrycznych wykonanych kablami, przewodami wielożyłowymi lub jednożyłowymi ułożonymi w rurkach, o przekroju żył nie większym niż 50 mm^2 miedzianych lub 70 mm^2 aluminium, to rezystancje przewodów są ponad czterokrotnie większe od ich reaktancji. Pozwala to na pominięcie reaktancji przewodów w obliczeniach praktycznych, przy zachowaniu zadowalającej dokładności obliczeń. Przy takim założeniu można korzystać z następujących zależności:

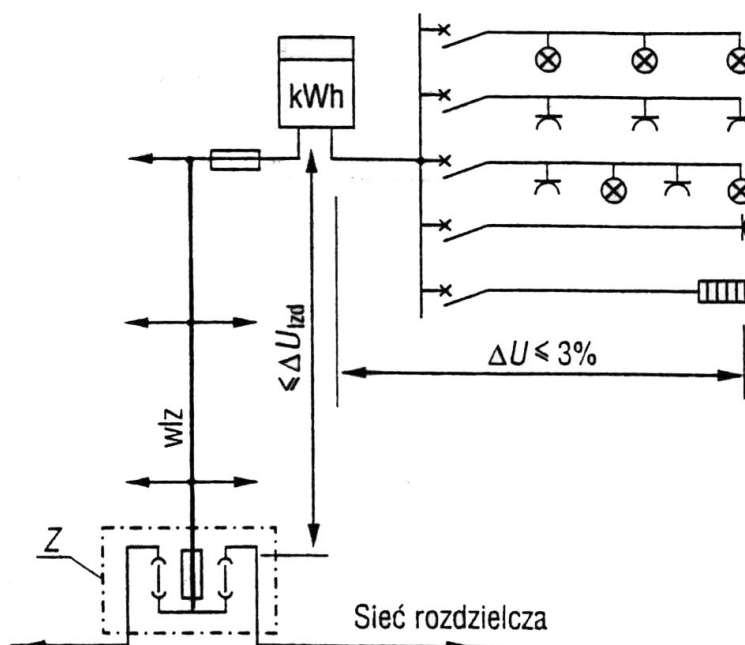
- dla obwodów jednofazowych

$$\Delta U_{\%} = \frac{200Pl}{\gamma S U_{nf}^2} \quad (8)$$

- dla obwodów trójfazowych

$$\Delta U_{\%} = \frac{100Pl}{\gamma S U_{Nf}^2} \quad (9)$$

w których P - moc czynna przesyłana analizowanym odcinkiem toru prądowego, W .



Rys. 5. Graniczne dopuszczalne spadki napięcia ΔU_{zld} w wewnętrznych liniach zasilających w budynkach mieszkalnych

Tabela 6. Graniczne dopuszczalne spadki napięcia ΔU_{lzd} w wewnętrznych liniach zasilających, w budynkach mieszkalnych

Lp.	Moc przesyłana linią wlv w kW	ΔU_{lzd} w %
1	do 100	0,5
2	od 100 do 250	1,0
3	od 250 do 400	1,25
4	powyżej 400	1,50

6. ZABEZPIECZENIE PRZEWODÓW I KABLI ELEKTROENERGETYCZNYCH

6.1. ZABEZPIECZENIA PRZED SKUTKAMI PRZECIĄŻEŃ

Przepływ prądów przekraczających zarówno obciążalność prądową przewodów, jak i prąd znamionowy odbiorników i urządzeń elektrycznych, a także pogorszenie się warunków chłodzenia, ustanie pracy urządzeń zapewniających wymuszone chłodzenie urządzeń powodują zwiększenie się temperatury żył przewodów i uzwojeń urządzeń elektrycznych, co z kolei wywołuje przyspieszone starzenie się izolacji, a niekiedy może być przyczyną jej zniszczenia, powstania pożaru lub wybuchu. Z tych względów przewody i kable oraz różnorodne urządzenia elektroenergetyczne i niektóre złożone układy zasilania powinny mieć skuteczne zabezpieczenia przeciwprzetężeniowe oraz inne, powodujące samoczynne wyłączanie zasilania w przypadkach zwarć i przeciążeń oraz nieprawidłowej pracy innych urządzeń zapewniających właściwe warunki chłodzenia. Przypadki, w których można lub nie należy instalować zabezpieczeń są wyjątkowe.

Zabezpieczenia przed skutkami prądów przetężeniowych mogą być wykonane przy zastosowaniu:

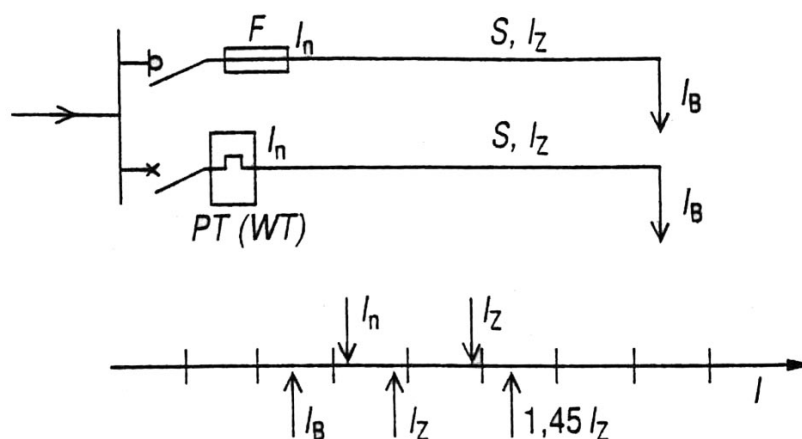
- jednego urządzenia zabezpieczającego zarówno przed skutkami zwarć, jak i przeciążeń;
- dwóch różnych urządzeń, z których jedno zabezpiecza przed skutkami zwarć, a drugie przed skutkami przeciążeń.

Urządzenia zabezpieczające przewody i kable przed skutkami przeciążeń powinny być tak dobrane, aby w przypadku przepływu prądów o wartości większej od długotrwałej obciążalności prądowej przewodów I_Z następowało ich działanie zanim wystąpi nadmierny wzrost temperatury żył przewodów i różnych zestyków. Wymagania te uważa się za spełnione, jeżeli zachowane są następujące warunki (rys. 6).

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (10)$$

$$I_2 \leq 1,45 I_Z \quad (11)$$

w których: I_B - prąd obliczeniowy lub prąd znamionowy odbiornika, jeżeli z danego obwodu jest zasilany tylko jeden odbiornik, I_n - prąd znamionowy lub prąd nastawienia urządzenia zabezpieczającego, I_2 - prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego.



Rys. 6. Relacja między różnymi prądami w obwodach zabezpieczonych przed skutkami przeciążeń: I_B - prąd obliczeniowy, I_n - prąd znamionowy urządzeń zabezpieczających, I_2 - prąd zadziałania urządzeń zabezpieczających

Jako prąd zadziałania bezpieczników można przyjmować wartości prądów probierczych górnych I_f . Iloraz prądów probierczych górnych i prądów znamionowych bezpieczników dla bezpieczników o prądzie znamionowym większym od 4 A wynosi $1,5 \div 1,9$. Dla bezpieczników instalacyjnych o prądzie znamionowym $I_{NF} = 20(32) - 400$ A można przyjmować

$$I_2 = 1,6 I_{NF} \quad (12)$$

Wyzwalacze przeciążeniowe wyłączników instalacyjnych mają tak ukształtowane charakterystyki, że ich prąd zadziałania I_2 jest równy $1,45 I_{nt}$, gdzie I_{nt} to prąd nastawienia wyzwalacza przeciążeniowego.

Zabezpieczenia przeciążeniowe przewodów powinny być instalowane na początku obwodu oraz w miejscach, poza którymi następuje zmniejszenie się obciążalności przewodów, a zastosowane zabezpieczenia nie chronią tych odcinków obwodu. Dotyczy to:

- zmniejszenia przekroju przewodów lub zmiany rodzaju przewodów,
- pogorszenia się warunków chłodzenia w wyniku zmiany sposobu ułożenia przewodów, istnienia innych instalacji lub podwyższonej temperatury otoczenia.

Można nie stosować dodatkowych zabezpieczeń, jeżeli nie chroniona część obwodu nie przekracza długości 3 m i nie zawiera rozgałęzień ani gniazd wtyczkowych, oraz jest zabezpieczona skutecznie przed prądami zwarciovymi, a instalacja jest wykonana w sposób ograniczający do minimum niebezpieczeństwo powstania zwarcia, np. przez dodatkowe

zabezpieczenie przed wpływami zewnętrznymi, i nie znajduje się w pobliżu materiałów łatwopalnych.

6.2. ZABEZPIECZENIA PRZED SKUTKAMI ZWARĆ

Urządzenia zabezpieczające przed skutkami zwarć powinny być tak dobrane, aby przerwanie prądu zwarciovego w obwodzie elektrycznym następowało wcześniej aniżeli wystąpi niebezpieczeństwo uszkodzeń cieplnych i mechanicznych w przewodach oraz ich połączeniach. Zabezpieczenia zwarciove mogą być wykonane z zastosowaniem:

- bezpieczników lub
- wyłączników samoczynnych z wyzwalaczami zwarciovymi.

Czas od momentu powstania zwarcia do przerwania prądu zwarciovego powinien być na tyle krótki, aby temperatura żył przewodów nie przekroczyła wartości granicznej dopuszczalnej przy zwarciu dla danego typu przewodów. Czas ten, w sekundach, nie powinien przekroczyć wartości granicznej dopuszczalnej wyznaczonej wg wzoru

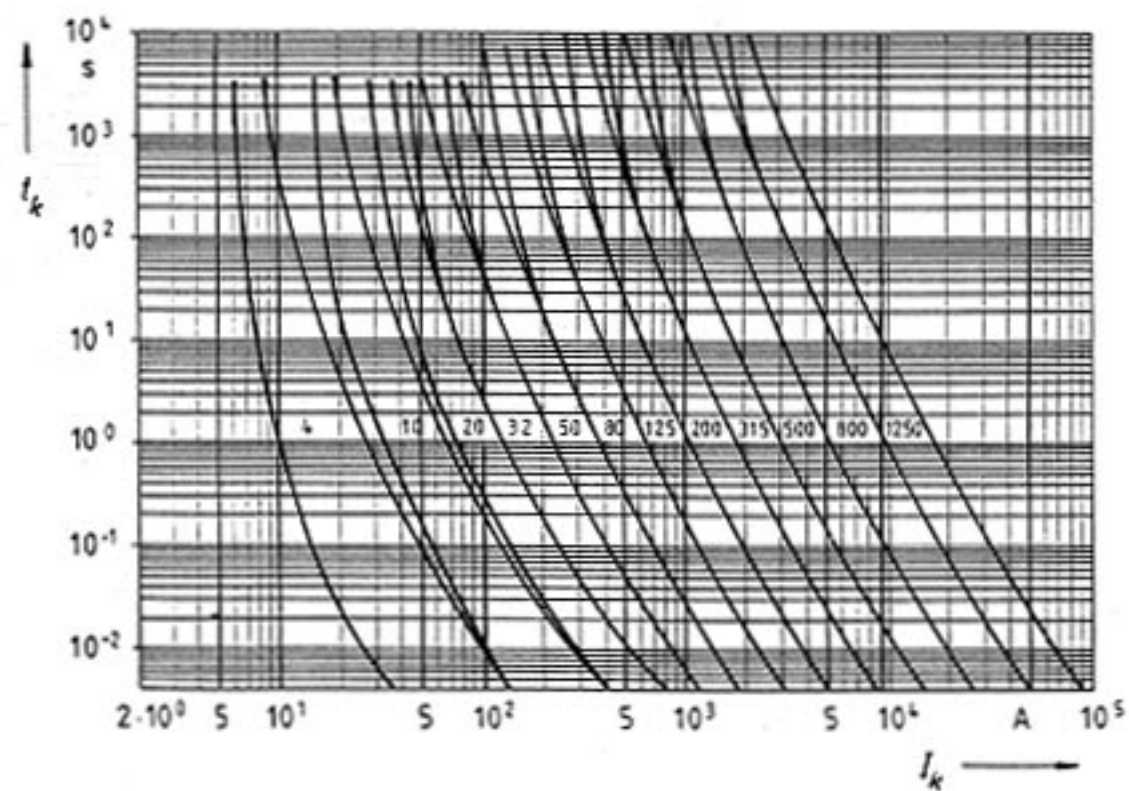
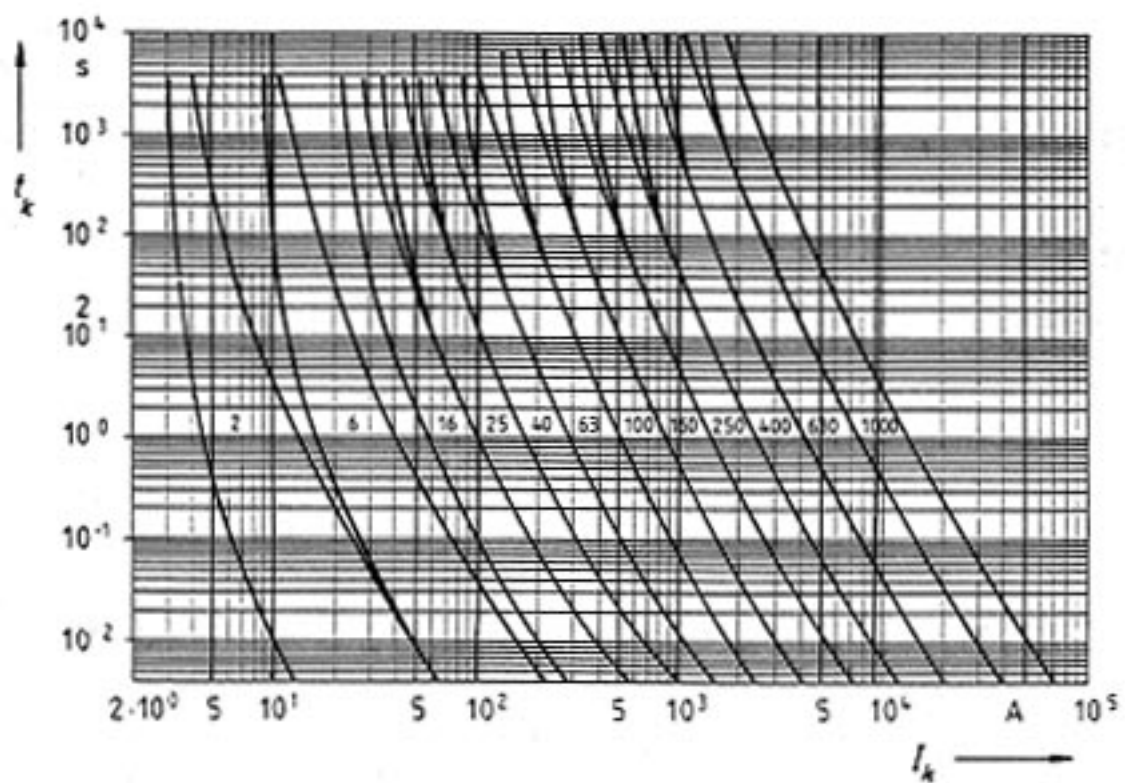
$$t_{km} = \left(k \frac{S}{I} \right)^2 \quad (13)$$

w którym: S - przekrój przewodu, mm²; k - współczynnik zależny od właściwości materiałów przewodowych i izolacyjnych (tabl. 7).

Dla bezpieczników rzeczywisty czas trwania zwarcia t_k wyznacza się z charakterystyk czasowo-prądowych pasmowych bezpieczników (rys. 7). Dla wyłączników czas ten, jeżeli prąd zwarciov jest większy od prądu wyzwalającego wyzwalaczy zwarciovych, nie przekracza 0,1 s, a jest przeważnie znacznie mniejszy, równy 20-40 ms.

Tabela 7. Wartości współczynnika k dla różnych rodzajów przewodów

Rodzaj przewodu	Wartość współczynnika k [A s ^{1/2} / mm ²]
Przewody o izolacji z gumy powszechnego użytku, z butylenu, z polietylenu usieciowanego lub z gumy etylenowo-propylenowej:	
- z żyłami miedzianymi	135
- z żyłami aluminiowymi	87
Przewody o izolacji z PVC:	
- z żyłami miedzianymi	115
- z żyłami aluminiowymi	74



Rys. 7. Charakterystyki czasowo-prądowe pasmowe bezpieczników zwłoczących typu gL;
 I_k – prąd zwarciaowy początkowy spodziewany

6.3. SELEKTYWNOŚĆ DZIAŁANIA ZABEZPIECZEŃ PRZETĘŻENIOWYCH

Instalacje elektryczne w budynkach mieszkalnych wykonuje się w układach promieniowych, kilkustopniowych, w których zazwyczaj kilka zabezpieczeń przetężeniowych jest połączonych szeregowo (rys. 1). Zabezpieczenia te instaluje się na początku każdej z linii lub obwodu i w miejscach, gdzie zmniejsza się przekrój przewodów. W przypadku zwarcia w dalszej części obwodu prąd zwarciovowy o tej samej wartości przepływa przez kilka urządzeń zabezpieczających. Urządzenia zabezpieczające powinny działać w sposób selektywny, tzn. w razie różnych zakłóceń wywołujących przetężenie powinno działać tylko jedno zabezpieczenie, zainstalowane najbliżej miejsca uszkodzenia w kierunku źródła zasilania. Działanie zabezpieczenia powinno wyeliminować uszkodzone urządzenie lub fragment obwodu, zachowując ciągłość zasilania urządzeń i obwodów nieuszkodzonych.

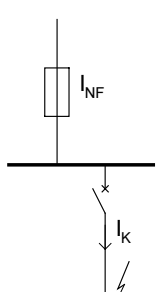
Zabezpieczenia przetężeniowe działają selektywnie, jeżeli ich pasmowe charakterystyki prądowo-czasowe nie przecinają się ani nie mają wspólnych obszarów działania. W odniesieniu do bezpieczników wymagane to sprowadza się do warunku, aby prądy znamionowe wkładek bezpiecznikowych kolejnych bezpieczników różniły się co najmniej o 2 stopnie, a więc aby wynosiły np. 25 i 50 A lub 60 i 100 A. Stosowanie bezpieczników różniących się o jeden stopień przeważnie nie zapewnia wymaganej selektywności działania. Iloraz prądów znamionowych kolejnych wkładek bezpiecznikowych tego samego typu, połączonych szeregowo powinien być w przeciętnych warunkach co najmniej równy 1,6. W razie stosowania bezpieczników różnych typów o charakterystykach czasowo-prądowych szybkich i zwłocznych, wymagane to może się okazać niewystarczające.

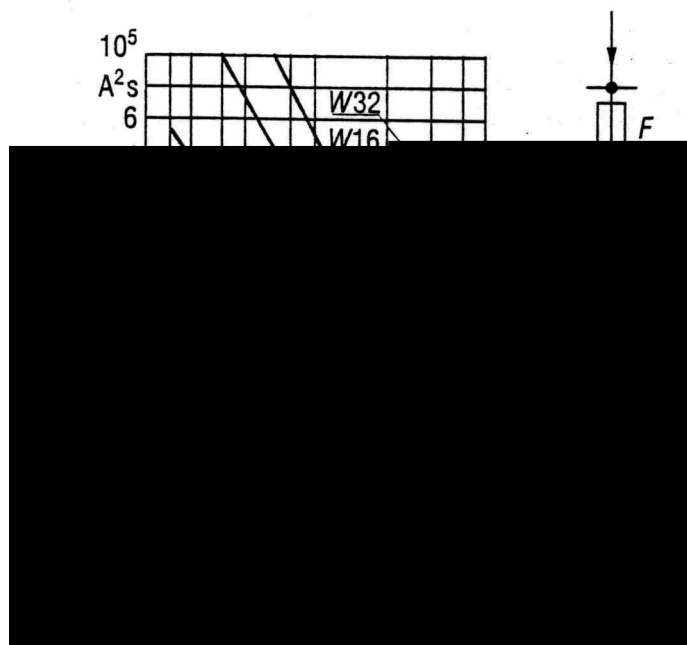
Znacznie trudniej jest zapewnić selektywność działania zabezpieczeń zwarciovych wykonanych z zastosowaniem wyłączników. Mają one z reguły jednoczłonowy wyzwalacz bezzwłoczny powodujący działanie wyłącznika w czasie własnym 0,01-0,05 s, niezależnie od wartości prądu przepływającego przez wyłącznik (o ile tylko jest on większy niż prąd działania wyzwalacza zwarciovego). W razie zainstalowania w szereg dwóch lub więcej takich wyłączników, nawet o różnych prądach znamionowych, ich działanie może być przypadkowe. Sелеktywność może zapewnić wówczas zastosowanie wyłącznika instalacyjnego selektywnego, np. typu S 93 firmy AEG lub ELESTER, jako bliższego od strony źródła zasilania.

Przedstawione trudności z zapewnieniem selektywności działania zabezpieczeń zwarciovych wykonanych za pomocą wyłączników instalacyjnych uzasadniają zalecenie, aby wyłączniki te były przede wszystkim stosowane jako zabezpieczenie poszczególnych obwodów instalacji mieszkaniowej. W ten sposób zapobiega się niewłaściwemu zabezpieczaniu tych obwodów przez samych użytkowników, jak to ma częstokroć miejsce w przypadku wykorzystania niewłaściwych wkładek bezpiecznikowych. Natomiast jako dalsze zabezpieczenia od strony źródła zasilania (przedlicznikowe, zabezpieczenie wlv) powinny być stosowane bezpieczniki o takich co najmniej wartościach prądów znamionowych, aby był

spełniony warunek selektywnego działania zabezpieczeń, a więc aby przy zwarceniu w obwodzie odbiorczym wkładki te nie ulegały przepaleniu. Dlatego prądy znamionowe wkładek bezpiecznikowych powinny być dobrane z uwzględnieniem typu i danych znamionowych wyłączników w obwodach odbiorczych oraz wartości prądu zwarcowego (tabl. 8, rys. 8). Punkty przecięcia się charakterystyk (rys. 8) wyznaczają największe wartości prądów zwarcowych I_k - przy których jest zachowana selektywność działania zabezpieczeń w układzie bezpiecznik F - wyłącznik W.

Tabela 8. Największe wartości prądów zwarcowych w kA, przy których spełnione są jeszcze warunki selektywnego działania zabezpieczeń zwarcowych o układzie bezpiecznik-wyłącznik instalacyjny typu S190B.

I _{NW} [A]	I _{NF} [A]								Układ połączeń
	25	35	50	63	80	100	125	160	
6	1,0	1,7	3,0	3,5	6	6	6	6	
10	0,78	1,4	2,7	3,3	6	6	6	6	
13	0,74	1,4	2,2	3,1	5,5	6	6	6	
16	0,68	1,4	2,2	3,1	4,5	6	6	6	
20	0,65	1,28	2,1	2,9	3,8	6	6	6	
25		1,23	1,9	2,9	3,2	6	6	6	
32			1,84	2,85	2,8	5	6	6	
40				2,7	2,4	4	6	6	
50						4	6	6	
63						4	6	6	
I _{NW} – prąd znamionowy ciągły wyłącznika I _{NF} – prąd znamionowy bezpiecznika; wg PN-87/E-93100/01, charakterystyka gG									



Rys. 8. Charakterystyki $\int i^2 dt = f(I_K)$ przedlukowe bezpieczników typu gL oraz wyłączania wyłączników instalacyjnych 16 i 32 A.

Przy sprawdzaniu warunków selektywnego działania zabezpieczeń można też korzystać z danych firmowych, podających największe wartości prądów zwarciovych, przy których urządzenia zabezpieczające skompletowane w odpowiednich zestawach, działają selektywnie. Ustalenia takie dotyczą przeważnie tylko urządzeń wytwarzanych przez te firmy i nie mogą być przenoszone na analogiczne urządzenia innych firm. Przykładowo, jeżeli w obwodzie odbiorczym zastosowano wyłączniki instalacyjne S190B o prądzie znamionowym 16 A, to prądy znamionowe wkładek bezpiecznikowych typu gG (zwłocznych) w zabezpieczeniu przedlicznikowym powinny być równe co najmniej (tabl. 8):

- 35 A przy prądzie zwarciovym mniejszym niż 1,4 kA,
- 50 A przy prądzie zwarciovym mniejszym niż 2,2 kA,
- 63 A przy prądzie zwarciovym mniejszym niż 3,1 kA.

Aby z kolei były spełnione wymagania dotyczące zabezpieczenia przeciążeniowego przewodów, obciążalność prądowa przewodów łączących włącz z rozdzielnicą w mieszkaniu powinna być nie mniejsza niż prąd znamionowy zabezpieczeń.

Zgodnie z tabelą 5, opracowaną w oparciu o normę DIN VDE 0298-415 przekroje przewodów ułożonych pod tynkiem (sposób oznaczony symbolami A1 i A2) w temperaturze otoczenia 25°C, przy zasilaniu trójfazowym powinny być nie mniejsze niż:

- 10 mm² przy bezpiecznikach 35 A,
- 16 (25) mm² przy bezpiecznikach 50 A,
- 25 mm² przy bezpiecznikach 63 A.

W Niemczech stosowane są powszechnie (rys. 1) bezpieczniki 63 A w zabezpieczeniach przedlicznikowych oraz przewody miedziane o przekroju co najmniej 10 mm² łączące włącz z rozdzielnicą w mieszkaniu. Należy tu zwrócić uwagę na to, że przewody te, zarówno przy sposobie ułożenia A1 lub A2, jak i B1 lub B2, nie są zabezpieczone przed przeciążeniem w sposób całkowicie zgodny z warunkami (10) i (11), przy zastosowaniu jako zabezpieczenia przedlicznikowego bezpieczników o prądzie znamionowym 63 A lub nawet 50 A. Taki wariant zabezpieczenia dopuszcza się jednak wyjątkowo w tym przypadku, ponieważ:

- odcinek przewodów od zabezpieczenia przedlicznikowego do tablicy rozdzielczej w mieszkaniu jest stosunkowo krótki (zwykle jego długość nie przekracza 3 m),
- na tym odcinku instalacji nie przyłącza się żadnych odbiorów ani gniazd wtyczkowych,
- długotrwałe przeciążenie tego odcinka jest bardzo prawdopodobne.

Przyjęcie prądów znamionowych wkładek bezpiecznikowych zabezpieczeń przedlicznikowych 50 lub 63 A ma swoje dalsze konsekwencje. Aby była zachowana selektywność działania zabezpieczeń przedlicznikowych i zabezpieczeń włącz (F3 na rys. 1), prądy znamionowe wkładek F3 powinny być równo co najmniej odpowiednio 80 lub 100 A, a obciążalności prądowe przewodów włącz większe niż te wartości prądów.

Przy ułożeniu przewodów wlv w kanałach instalacyjnych (sposób ułożenia B1 lub B2 wg normy 15) powinny to być przewody miedziane o przekrojach co najmniej:

- 25 mm² o obciążalności 94 i 85 A przy bezpiecznikach 80 A,
- 35 mm² o obciążalności 117 i 105 A przy bezpiecznikach 100 A.

Aby spełnione były wymagania dotyczące selektywności działania zabezpieczeń przetężeniowych oraz zabezpieczeń przeciążeniowych przewodów, ich dane techniczne powinny być takie, jak przedstawiono na rys. 1.

W Polsce, jak dotychczas powszechnie zabezpieczenia przedlicznikowe mieszkań wykonuje się za pomocą bezpieczników o prądzie znamionowym 25 A. Wynika to z dawnych nawyków projektantów lecz głównie z wymuszeń dostawców energii (Zakładów Energetycznych), które zabezpieczenie przedlicznikowe traktują jako swego rodzaju kryzę ograniczającą pobór mocy przez mieszkańców. Nie uwzględnia się warunku selektywnego działania zabezpieczeń przetężeniowych (zwarciovych) utworzonych z wyłączników w obwodach odbiorczych i bezpieczników przedlicznikowych. Wymóg selektywnego działania zabezpieczeń nie może być ani naruszany ani dyskutowany.

Zaprojektowane w ten sposób zabezpieczenia nie spełniają warunku selektywności, a moc lub jej chwilowy nadmierny pobór można ograniczyć środkami ekonomicznymi. Liczniki energii elektrycznej instalowane w budynkach mieszkalnych w wielu krajach europejskich są wykonane w ten sposób, że w zwykłej taryfie mierzą tylko energię nie przekraczającą ustalonego progu. Przykładowo w Niemczech są to przytoczone już wartości 14,5 kW dla mieszkań bez przepływowych podgrzewaczy wody i 34 kW dla mieszkań z tymi podgrzewaczami. Ujednolicenie mocy zapotrzebowanej na pojedyncze mieszkanie (bez zbyt szczegółowego obliczania) umożliwia również powszechną budowę takich liczników jako pewnego rodzaju standardowego wyposażenia instalacji. Taka unifikacja i masowość produkcji obniża oczywiście koszt licznika. Stosowanie tej zasady byłoby celowe również w Polsce, zwłaszcza w czasie gdy energia elektryczna staje się towarem.

Zabezpieczenie przetężeniowe instalacji od złącza do obwodów odbiorczych może być również zrealizowane z zastosowaniem wyłączników samoczynnych. Aparaty te (z wyjątkiem wyłączników w obwodach odbiorczych) muszą być specjalnie wykonane: albo z wyzwalaczami elektromagnetycznymi dwuczłonowymi, z których jeden jest bezzwłoczny, drugi zaś z krótką nastawialną zwłoką czasową, albo powinny to być wyłączniki selektywne, np. typu S93 firmy AEG lub ELESTER. Są to jednak aparaty wielokrotnie droższe niż bezpieczniki.

Przekroje przewodów i prądy znamionowe zabezpieczeń przetężeniowych instalacji elektrycznych, zwłaszcza wlv w budynkach mieszkalnych, wynikające z konieczności spełnienia warunku selektywnego działania zabezpieczeń mogą być nawet znacznie większe, niż to wynika z mocy zapotrzebowanej przez poszczególne mieszkania i łącznie przez wszystkie mieszkania w budynku. Dotyczy to w szczególności budynków o niewielkiej liczbie mieszkań.

Do realizacji należy przyjąć większe zarówno przekroje, jak i obciążalności przewodów, a także zabezpieczenia przetężeniowe o większych prądach znamionowych obliczone z obydwu tych warunków.

Zabezpieczenia zwarciovowe są również ważnymi elementami systemu ochrony przeciwporażeniowej, polegającego na samoczynnym szybkim wyłączaniu zasilania w przypadku zwarcia z przewodem ochronnym lub ochronno-neutralnym. Czas zadziałania zabezpieczeń zwarciovowych w obwodach rozdzielczych nie powinien przekraczać 5 s, a w obwodach odbiorczych powinien być rzędu dziesiętnych części sekundy. Oznacza to, że impedancja obwodów zwarciovowych powinna być na tyle mała, aby prąd zwarciovowy powodował zadziałanie zabezpieczeń w odpowiednio krótkim czasie. Może to wymuszać, aczkolwiek rzadko, a przy zastosowaniu wyłączników różnicowoprądowych raczej nigdy, dobór przewodów o większym przekroju żył niż wynika to z innych warunków doboru.

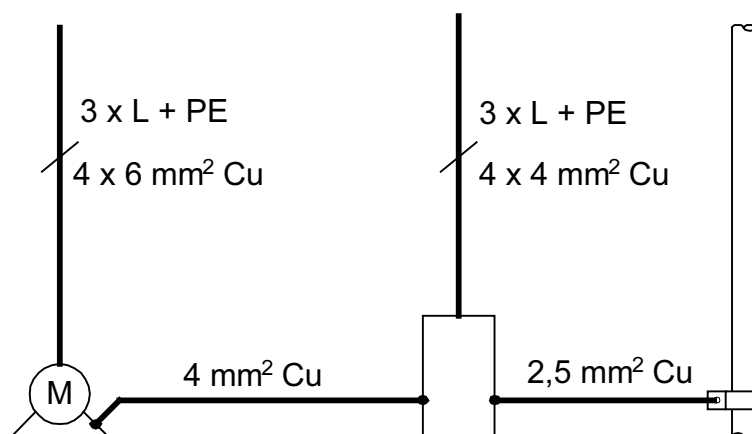
7. WYZNACZANIE PRZEKROJU ŻYŁ PRZEWODÓW OCHRONNYCH, UZIEMIAJĄCYCH I WYRÓWNAWCZYCH

W normalnych warunkach pracy instalacji i urządzeń elektrycznych przewody ochronne, uziemiające i wyrównawcze nie przewodzą prądu elektrycznego. Z tego względu przewodów tych nie dobiera się na obciążenie prądowe długotrwałe.

W warunkach pewnych zakłóceń, związanych głównie z uszkodzeniem izolacji i w konsekwencji ze zwarcieniem doziemnym, przewodami tymi mogą przepływać prądy o znacznych wartościach. Ciągłość przewodów ochronnych i uziemiających oraz niewielka wartość impedancji pętli zwarciovowej, której częścią są te przewody, warunkują skuteczne działanie urządzeń ochrony przeciwporażeniowej. Z tych względów przewody ochronne, uziemiające i wyrównawcze powinny mieć odpowiednią do występujących narażeń wytrzymałość mechaniczną, odporność na działania prądów zwarciovowych oraz obciążalność prądową. Wymagania te uważa się za spełnione, jeżeli przekroje żył tych przewodów zostaną ustalone z uwzględnieniem podanych poniżej warunków.

Przekrój żył przewodów ochronno-neutralnych PEN miedzianych nie może być mniejszy niż 10 mm^2 , a przewodów aluminiowych 16 mm^2 . Warunek ten ogranicza możliwość stosowania układów TN-C w instalacjach odbiorczych.

Najmniejsze dopuszczalne przekroje żył przewodów ochronnych PE i uziemiających E zależą od przekroju żył fazowych i nie powinny być mniejsze niż wynika to z warunków ustalonych w tabl. 9. Ponadto, gdy przewody te nie są jedną żyłą przewodu wielożyłowego, wówczas ich przekrój nie może być mniejszy niż $2,5 \text{ mm}^2$, jeżeli są one chronione przed uszkodzeniami mechanicznymi, oraz 4 mm^2 przy braku takiej ochrony.



Rys. 9. Przykład wykonania połączeń wyrównawczych miejscowych odbiorników elektrycznych i uziemionej metalowej instalacji.

Tabela 9. Najmniejsze dopuszczalne wymiary przewodów ochronnych PE i uziemiających E

Przekrój S_L przewodów fazowych instalacji	Najmniejszy dopuszczalny przekrój przewodów ochronnych i uziemiających ¹⁾
$S_L \leq 16 \text{ mm}^2$ $S_L = 25; 35 \text{ mm}^2$ $S_L \geq 50 \text{ mm}^2$	S_L 16 mm^2 $0,5 S_L$
¹⁾ Przekroje przewodów są podane przy założeniu, że żyły przewodów ochronnych i uziemiających są wykonane z tego samego materiału co przewody fazowe; w razie użycia innych materiałów przekroje przewodów ochronnych i uziemiających należy tak dobrać, aby uzyskać co najmniej tę samą konduktancję.	

Tabela 10. Minimalne przekroje żył przewodów do połączeń wyrównawczych głównych

Wyszczególnienie	Wymagany przekrój żył przewodów wyrównawczych głównych
Wykonanie normalne	$\geq 0,5$ przekroju przewodu ochronnego S_{PE} , lecz nie mniejszy niż $6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$
Przekrój dopuszczalny	$25 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ lub inny o równoważnej przewodności, niezależnie od przekroju przewodu ochronnego S_{PE}

Tablica 11. Minimalne przekroje żył przewodów do połączeń wyrównawczych dodatkowych

Wyszczególnienie	Wymagany przekrój żył przewodów wyrównawczych dodatkowych
Pomiędzy dwoma urządzeniami elektrycznymi	równy lub większy niż mniejszy z przekrojów przewodów ochronnych
Pomiędzy urządzeniem elektrycznym a częścią przewodzącą obcą	$\geq 0,5$ przekroju przewodu ochronnego
Przekrój minimalny	• $2,5 \text{ mm}^2$ Cu lub 4 mm^2 Al z zastosowaniem ochrony przewodów przed uszkodzeniami mechanicznymi • 4 mm^2 bez zastosowania ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi

Przekrój żył przewodów uziemiających miedzianych i stalowych ułożonych w ziemi powinien być nie mniejszy niż 16 mm^2 , jeżeli są one chronione przed korozją, oraz 25 mm^2 przewodów miedzianych i 50 mm^2 stalowych przy braku skutecznej ochrony przeciwkorozyjnej.

Żyły przewodów wyrównawczych głównych i miejscowych (dodatkowych) CC powinny mieć przekrój nie mniejszy niż podano w tabl. 9, 10 i 11.

Przykład doboru przedstawiono na rys. 9. Z danych zestawionych w tablicach i podanych na rysunku wynika, że wymagane przekroje przewodów wyrównawczych zależą m.in. od przekrojów przewodów ochronnych PE i ochronno-neutralnych PEN.

8. LITERATURA

1. Bichel A.: Untersuchung der Belastungscharakteristik und Ermittlung allgemeingültiger Kenngrößen für Elektrizitätsversorgung in Abhängigkeit der Bebauungsform. Diplomarbeit FH. Darmstadt, 1999.
2. DIN 18012 Hausanschlussräume. Planungsgrundlagen. Berlin, Beuth Verlag.
3. DIN 18015 Elektrische Anlagen in Wohngebäuden. Teil 1-3. Planungsgrundlagen. Berlin, Beuth Verlag.
4. DIN VDE 0298-4 Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Strakstromanlagen. Empfohlene Werte für Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung in Gebäuden und von flexiblen Leitungen. Berlin, Beuth Verlag.
5. Kiefer G.: VDE 0100 und Praxis. Berlin, VDE Verlage 1993.
6. Markiewicz J.: Instalacje elektryczne, Warszawa, WNT 2000.
7. PN-IEC 60364 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych.
8. Przepisy budowy urządzeń elektrycznych (z. 1-Z.20)
9. RWE Energie Bau-Handbuch. Anlage 12. Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung, HEA-e.V.
10. Seipp G.G.: Elektrische Installationstechnik. Auflage 3. Berlin-Offenbach, Siemens Aktiengesellschaft 1993.

MIEDŹ
MĄDRY
WYBÓR



POLSKIE
CENTRUM
PROMOCJI
MIEDZI S.A.

Polskie Centrum Promocji Miedzi S.A.
50-136 Wrocław, Pl. 1 Maja 1-2