2.2 Dobór przewodów do instalacji elektrycznych

ZAGADNIENIA

- **Jakie warunki należy uwzględnić przy doborze przewodów elektrycznych?**
- **Jakie parametry elektryczne powinno się brać pod uwagę przy doborze przewodów elektrycznych?**

Wiadomości ogólne

Odpowiednio dobrane przewody, z których ma być wykonana instalacja elektryczna, zapewniają dostarczanie energii elektrycznej do odbiorników oraz bezpieczeństwo podczas eksploatacji. Dobierając przewody do określonej instalacji elektrycznej, należy uwzględnić parametry elektryczne obwodu i warunki zewnętrzne, w których ta instalacja będzie pracować.

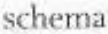
Warunki pracy instalacji

Różnorodne warunki środowiskowe, w których będzie pracować instalacja elektryczna, wymagają dobrania odpowiedniego typu przewodów oraz sposobu ich prowadzenia i ułożenia. Prawidłowy montaż instalacji umożliwia jej wieloletnią eksploatację bez uszkodzeń spowodowanych szkodliwym oddziaływaniem środowiska.

Sposób ułożenia przewodów zależy od rodzaju pomieszczeń i konstrukcji obiektu oraz potrzeb użytkownika instalacji.

Wyróżnia się trzy rodzaje instalacji domowych wykonanych na stałe: natynkowe, wtynkowe i podtynkowe.

Instalacje podtynkowe na schematach oznaczane są symbolem . Przewody prowadzi się rurkami zapewniającymi im ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz umożliwiającymi ewentualną wymianę. Wadą takiego rozwiązania jest stosunkowo wysoki koszt wykonania i różnica temperatur wewnątrz rurek podczas zmian obciążenia, dlatego też nie powinno się go stosować w miejscach o zwiększonej wilgotności.

Instalacje wtynkowe na schematach oznaczane są symbolem  . Przewody układane są bezpośrednio na „gołej" ścianie i przykrywane warstwą tynku odpowiedniej grubości. Taki sposób wykonania instalacji wymaga użycia specjalnie przeznaczonych do tego celu przewodów oraz osprzętu.

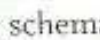
Instalacje natynkowe na schematach oznacza się symbolem  . Przewody prowadzi się w rurkach stalowych lub z tworzywa sztucznego, rynienkach oraz korytkach mocowanych bezpośrednio na ścianie za pomocą kołków albo specjalnych uchwytów. Pozwala to na rozbudowę instalacji, ułatwia montaż i zapewnia estetykę wykonania.

Tabela 2.4. Zasady doboru przewodów w zależności od rodzaju pomieszczenia i rodzaju instalacji oraz sposobu montażu

Rodzaj pomieszczenia	Rodzaj instalacji i sposób montażu
Pomieszczenia zwykłe	– przewody szynowe gołe i izolowane na wspornikach izolacyjnych – przewody w rurach izolacyjnych stalowych i winidurowych, na wierzchu i pod tynkiem – przewody wtynkowe – przewody kabelkowe w wiązkach i korytkach, w instalacji podłogowej – kable
Pomieszczenia przejściowo wilgotne	– takie same jak dla pomieszczeń zwykłych, z wyjątkiem przewodów płaszczowych, w rurach izolacyjnych oraz instalacji podłogowej
Pomieszczenia wilgotne i bardzo wilgotne lub zapylone	– przewody gołe i izolowane na wspornikach izolacyjnych, z wyjątkiem przewodów aluminiowych – przewody wtynkowe z osprzętem szczelnym – przewody kabelkowe w wiązkach i korytkach z osprzętem szczelnym – przewody izolowane w rurach stalowych i winidurowych z osprzętem szczelnym – kable
Pomieszczenia z wyziewami żrącymi	– takie same jak dla pomieszczeń wilgotnych, z wyjątkiem przewodów izolowanych w rurach stalowych i winidurowych
Pomieszczenia niebezpieczne pod względem pożarowym	– przewody izolowane w rurach izolacyjnych pod tynkiem lub na tynku w miejscach nienarażonych na uszkodzenia mechaniczne – przewody izolowane w rurach stalowych i winidurowych – przewody wtynkowe – przewody kabelkowe i kable bez zewnętrznego oplotu włóknistego – przewody kabelkowe w powłoce polwinitowej, z osprzętem szczelnym w pomieszczeniach zapylonych
Pomieszczenia niebezpieczne pod względem wybuchowym	– przewody kabelkowe – kable
Na zewnątrz budynków	– takie same jak dla pomieszczeń wilgotnych, z wyjątkiem rur winidurowych – przewody w izolacji z polwinitu, osłonięte przed promieniami słonecznymi

ZESPÓŁ SZKÓŁ BIBLIOTEKA

Tabela 2.5. Obciążalność długotrwała I_z [A] przewodów miedzianych o izolacji polwinitowej ułożonych na stałe oraz zalecany znamionowy prąd I_n [A] ich zabezpieczeń nadprądowych; temperatura obliczeniowa otoczenia: 25°C

Oznaczenie	A1		A2		B1		B2		C			
Opis	w rurkach i kanałach pod tynkiem				w rurkach i kanałach na ścianie				na ścianie			
Rysunek	jednożyłowe		wielożyłowe		jednożyłowe		wielożyłowe		jednożyłowe		wielożyłowe	
Liczba żył obciążonych	2		3		2		3		2		3	
Przekrój [mm²]	I_z [A]	I_n [A]	I_z [A]	I_n [A]	I_z [A]	I_n [A]	I_z [A]	I_n [A]	I_z [A]	I_n [A]	I_z [A]	I_n [A]	I_z [A]	I_n [A]	I_z [A]	I_n [A]	I_z [A]	I_n [A]

Oznaczenie	A1				A2				B1				B2				C			
Opis	w rurkach i kanałach pod tynkiem								w rurkach i kanałach na ścianie								na ścianie			
1,5	16,5	16	14,5	13	16,5	16	14	13	18,5	16	16,5	16	17,5	16	16	16	21	20	18,5	16
2,5	21	20	19	16	19,5	16	18,5	16	25	25	22	20	24	20	21	20	29	25	25	25
4	28	25	25	25	27	25	24	20	34	32	30	25	32	32	29	25	38	35	34	32
5	36	35	33	32	34	32	31	25	43	40	38	35	40	35	36	35	49	40	43	40
10	49	40	45	40	46	40	41	40	60	50	53	50	55	50	49	40	67	63	60	50
16	65	63	59	50	60	50	55	50	81	80	72	63	73	63	66	63	90	80	81	80
25	85	80	77	63	80	80	72	63	107	100	94	80	95	80	85	80	119	100	102	100
35	105	100	94	80	98	80	88	80	133	125	117	100	118	100	105	100	146	125	126	125
50	126	125	114	100	117	100	105	100	160	160	142	125	141	125	125	125	178	160	153	125
70	160	160	144	125	147	125	133	125	204	200	181	160	178	160	158	125	226	200	195	160

Parametry oraz kryteria uwzględniane przy doborze przekroju przewodów elektrycznych

Dobór przewodów w instalacjach elektrycznych polega na wyznaczeniu przekroju przewodu ze względu na:

- obciążalność prądową długotrwałą,
- dopuszczalny spadek napięcia,
- wytrzymałość mechaniczną,
- cieplne działanie prądów przeciążeniowych i zwarciowych,
- skuteczność ochrony przeciwporażeniowej.

Obciążalność prądowa długotrwała przewodów

Prąd elektryczny, przepływając przez przewód, powoduje wydzielanie się w nim ciepła. Powstaje ono przede wszystkim w wyniku strat energii elektrycznej, a jego ilość zależy od wartości prądu, czasu jego przepływu oraz rezystancji przewodu. Nagrzewanie się przewodu wiąże się z możliwością jego chłodzenia, czyli środowiskiem, w jakim jest umieszczony. Zbyt duże nagrzewanie się ma bardzo niekorzystny wpływ na izolację i może nawet doprowadzić do pożaru. Dlatego dla każdego typu przewodu określona została obciążalność prądowa długotrwała uwzględniająca warunki jego ułożenia.

Przy doborze przekroju przewodu ze względu na obciążalność prądową długotrwałą należy wyznaczyć prąd obliczeniowy I_B dla danego obwodu elektrycznego, a następnie z tablic obciążalności prądowej długotrwałej odczytać odpowiadającą mu wartości prądu I_Z (tabela 2.5). Zazwyczaj dobiera się najmniejszy przekrój, którego obciążalność długotrwała I_Z jest większa od prądu obliczeniowego I_B, zgodnie z warunkiem:

$$I_Z \geq I_B$$

W obwodach odbiorczych zasilających pojedyncze odbiorniki prąd znamionowy odbiornika I_n przyjmuje się jako prąd obliczeniowy I_B:

- dla obwodów jednofazowych:

$$I_B = \frac{P}{U_{nf} \cos\varphi}$$

- dla obwodów trójfazowych:

$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cos\varphi}$$

gdzie:
P – moc obliczeniowa (szczytowa) [W],
U_{nf}, U_n – napięcie fazowe i międzyfazowe [V],
$\cos\varphi$ – współczynnik mocy (przy braku danych przyjmowany jako 0,95).

Należy przy tym pamiętać, że przedstawiona poniżej tabela obciążalności przewodów opracowana jest dla temperatury obliczeniowej 25°C. Jeżeli warunki w miejscu prowadzenia instalacji są inne, stosuje się odpowiednie wzory umożliwiające przeliczenie prądu dopuszczalnego długotrwale na temperaturę panującą w danym pomieszczeniu.

Dopuszczalny spadek napięcia

Odbiorniki energii elektrycznej wymagają zasilania napięciem o parametrach zbliżonych do znamionowego. Ich prawidłowa praca możliwa jest tylko przy niewielkich odchyleniach napięcia. Dlatego w instalacjach elektrycznych określono dopuszczalne spadki napięcia na przewodzie zasilającym. Niekiedy po dobraniu przekroju przewodu ze względu na obciążalność prądową długotrwałą okazuje się, że napięcie na końcu instalacji nie ma odpowiedniej wartości (zbyt duży spadek napięcia na rezystancji przewodu) – należy wówczas dobrać przewód o większym przekroju.

Dopuszczalny spadek napięcia w instalacjach elektrycznych nieprzemysłowych w obwodach odbiorczych, od licznika do dowolnego odbiornika, nie powinien przekraczać 3%, a od licznika do złącza 0,5% przy mocy przesyłanej do 100 kVA oraz 1% przy mocy powyżej 100 kVA, ale mniejszej niż 250 kVA. Ponadto spadek napięcia na wewnętrznych liniach zasilających (wlz) nie powinien przekraczać wartości podanych w tabeli 2.6.

Tabela 2.6. Dopuszczalny spadek napięcia na wlz

Wartość mocy przesyłanej przez wlz [kVA]	Dopuszczalny spadek napięcia [%]
do 100	0,5
100 ÷ 250	1,0
250 ÷ 400	1,25
powyżej 400	1,5

Obliczenia spadku napięcia dokonuje się dla prądu wynikającego z obliczeniowej mocy szczytowej dla wlz. Dla dowolnego toru o długości l, przewodu o konduktywności żyły γ i przekroju poprzecznym S procentowy spadek napięcia oblicza się z zależności:

- dla obwodów jednofazowych:

$$\Delta U_{\%} = \frac{200}{U_{nf}} \cdot I_B \cdot (R\cos\varphi + X\sin\varphi)$$

- dla obwodów trójfazowych:

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

gdzie:
I_B – prąd obciążenia [A],
$\cos\varphi$ – współczynnik mocy,
R, X – rezystancja i reaktancja przewodu [Ω],
U_{nf} – napięcie znamionowe fazowe [V],
U_n – napięcie znamionowe międzyfazowe [V];

$$R = \frac{l}{\gamma \cdot S}$$

$$X = x' \cdot l$$

gdzie:
x' – reaktancja jednostkowa przewodu [Ω/m].

W obliczeniach należy brać pod uwagę długość l [m], przekroje S [mm²] oraz konduktywność dla linii kablowych 0,07–0,08 [m/Ω·mm²], a dla instalacji w rurkach 0,1 [m/Ω·mm²]. Jeżeli obliczenia dotyczą **instalacji do 1 kV**, wykonanych kablami, przewodami wielożyłowymi lub jednożyłowymi w rurkach, o przekroju nie większym niż 50 mm² Cu lub 70 mm² Al, pomija się reaktancję przewodu i spadek oblicza z uproszczonych wzorów:

- dla obwodów jednofazowych:

$$\Delta U_{\%} = \frac{200 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot S \cdot U_{nf}^2}$$

- dla obwodów trójfazowych:

$$\Delta U_{\%} = \frac{100 \cdot P \cdot l}{\gamma \cdot S \cdot U_{n}^2}$$

gdzie:
P – moc czynna przesyłana analizowanym odcinkiem instalacji [W].
Prawidłowo dobrany przekrój przewodu w obwodzie, ze względu na dopuszczalny spadek napięcia, powinien spełniać warunek:

$$\Delta U_{\%dop} > \sum \Delta U_{\%obl\,odc}$$

gdzie:
$\Delta U_{\%dop}$ – dopuszczalny spadek napięcia [%],
$\Delta U_{\%obl\,odc}$ – obliczony spadek napięcia poszczególnych odcinków [%].

Wytrzymałość mechaniczna

Przewody elektryczne powinny być także dobierane ze względu na ich wytrzymałość mechaniczną. W nowych lub modernizowanych instalacjach do 1 kV, wykonywanych w budynkach, należy stosować wyłącznie przewody elektryczne z żyłami miedzianymi o przekrojach do 10 mm². Instalacje mieszkaniowe powinny być wykonywane w układzie sieci TN-S z wydzielonym przewodem ochronnym PE, z zastosowaniem przewodów o przekroju nie mniejszym niż 1,5 mm² w obwodach oświetleniowych i gniazd wtyczkowych ogólnego przeznaczenia oraz 2,5 mm² lub 4 mm² w obwodach trójfazowych (np. w kuchniach elektrycznych czy podgrzewaczach wody).
Najmniejsze wymiary przekrojów poprzecznych przewodów ochronnych PE podaje tabela 2.7.

Tabela 2.7. Minimalne dopuszczalne przekroje przewodów ochronnych PE

Przekrój przewodów fazowych S [mm²]	Minimalny przekrój przewodu ochronnego S [mm²]
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$0{,}5 \cdot S$

Przewód ochronno-neutralny PEN w instalacjach ułożonych na stałe w układzie sieci TN powinien mieć przekrój nie mniejszy niż 10 mm² (dla przewodów o żyłach miedzianych) lub 16 mm² (dla przewodów o żyłach aluminiowych).

Działanie cieplne prądów przeciążeniowych i zwarciowych

Dobrany do instalacji elektrycznej przewód powinien wytrzymywać nie tylko przepływ prądów roboczych urządzeń odbiorczych, ale również prądów przetężeniowych. W tym celu należy właściwie dobrać zabezpieczenia, które instaluje się na początku każdego obwodu (w tablicy rozdzielczej). Urządzenia zabezpieczające przed zwarciami i przeciążeniami zapewniają samoczynne wyłączenie zasilania, zanim dojdzie do przekroczenia dopuszczalnej temperatury przewodu. Warunki, jakie powinny spełniać zabezpieczenia, omówione zostały w rozdziale 2.3 – *Zabezpieczenia przewodów w instalacjach elektrycznych* oraz 5.1 – *Rodzaje zabezpieczeń przetężeniowych*.

Skuteczność ochrony przeciwporażeniowej

Sprawdzanie dobranego przewodu pod kątem skuteczności ochrony przeciwporażeniowej sprowadza się do wykonania obliczeń, z których wynika, czy w przypadku zwarcia przewodu fazowego z przewodem ochronnym lub częścią przewodzącą instalacji wartość impedancji obwodu zapewni samoczynne wyłączenie zasilania w dostatecznie krótkim czasie. W instalacjach mieszkaniowych stosuje się układ TN, dla którego musi być spełniony warunek:

$$Z_S \cdot I_a \leq U_0$$

gdzie:
Z_S – impedancja pętli zwarciowej (źródło zasilania, przewód fazowy oraz przewód ochronny) [Ω],
I_a – prąd powodujący samoczynne zadziałanie zabezpieczenia [A],
U_0 – wartość skuteczna napięcia względem ziemi [V].

$$Z_S = \sqrt{(\Sigma R)^2 + (\Sigma X)^2}$$

gdzie:
ΣR, ΣX – suma rezystancji i reaktancji obwodu.

$$I_a = k \cdot I_n$$

gdzie:
k – krotność prądu znamionowego powodującego zadziałanie zabezpieczenia (omówione w rozdziale o zabezpieczeniach),
I_n – prąd znamionowy lub nastawiony urządzenia zabezpieczającego [A].

Czas wyłączenia zasilania w instalacjach odbiorczych w zależności od napięcia znamionowego podano w tabeli 2.8.

Tabela 2.8. Maksymalne czasy wyłączeń w zależności od napięcia w sieci TN

U_0 [V]	Czas wyłączenia t_w [s]	
	$U_L \leq 50$ V	$U_L \leq 25$ V
120	0,8	0,35
230–277	0,4	0,20
400	0,2	0,05
480	0,1	0,05
580	0,1	0,02[1]

[1] Gdy warunek samoczynnego wyłączenia nie może zostać spełniony, należy zastosować połączenia wyrównawcze.

SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

1. Jakie parametry uwzględnia się przy doborze przewodów?
2. Jak wyznacza się prąd obliczeniowy obwodu instalacji mieszkaniowej?
3. Ile wynosi dopuszczalny spadek napięcia w obwodzie odbiorczym?
4. Jaki powinien być minimalny przekrój poprzeczny przewodu ze względu na wytrzymałość mechaniczną?
5. Jaki warunek musi być spełniony, aby ochrona przeciwporażeniowa w układzie TN była skuteczna?

SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

1. Dokonaj doboru przewodów do obwodów 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11 i 12 z rysunku 2.8.