Elpar
FABRYKA KABLI

PARAMETRY TECHNICZNE KABLI BEZPIECZEŃSTWA POŻAROWEGO ORAZ KABLI BEZHALOGENOWYCH

PORADNIK DLA PROJEKTANTÓW

Elpar FABRYKA KABLI

SPIS TREŚCI

WSTĘP 3

SŁOWNICZEK POJĘĆ 4

BUDOWA KABLI I PRZEWODÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH 5

Konstrukcje żył 5

Materiały izolacyjne 8

Typowe oznaczenia stosowane dla kabli i przewodów elektroenergetycznych 10

DOBÓR PRZEKROJU KABLI I PRZEWODÓW 11

Podstawowe sposoby ułożenia kabli i przewodów 12

Dobór przekroju przewodów ze względu na wytrzymałość mechaniczną 13

Dobór przewodów i kabli na obciążalność długotrwałą i przeciążalność 13

WŁASNOŚCI MATERIAŁÓW IZOLACYJNYCH 18

PARAMETRY ELEKTRYCZNE KABLI 21

HDGsekwf; HLGsekwf

NHXH; NHXCH; (N)HXH; (N)HXCH

OBCIĄŻALNOŚĆ PRĄDOWA DŁUGOTRWAŁA KABLI 0,6/1 KV 25

DOBÓR KABLI PRZEKSZTAŁTNIKOWYCH DO MOCY PRZEKSZTAŁTNIKA 29

KOLORYSTYKA IZOLACJI ŻYŁ W KABLACH 31

KABLE DO INSTALACJI BEZPIECZEŃSTWA POŻAROWEGO

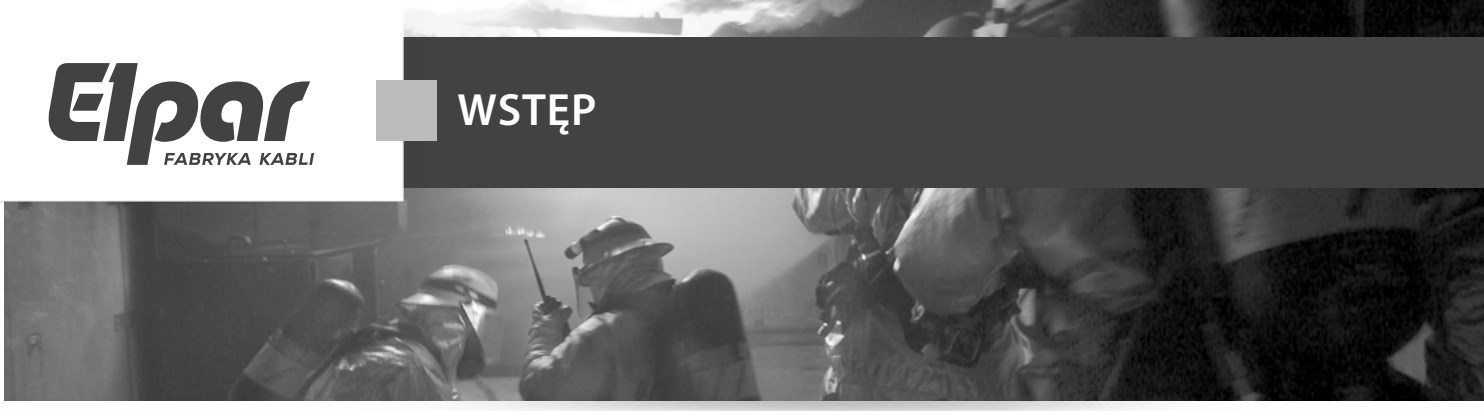
Kable do instalacji bezpieczeństwa pożarowego

HTKSHmika FE180/PH90, HTKSHmika ekw FE180/PH90
JE-H(St)H FE180/E30-E90
HDGs(żo), HDGsekwf(żo) 300/500 V
HLGs(żo), HLGsekwf(żo) 300/500 V
NKGs(żo) 0,6/1 kV
(N)HXH-J(-O) FE180/E30-E90 0,6/1 kV
(N)HXCH FE180/E30-E90 0,6/1 kV
NHXH, NHXCH FE180/E30-E90 0,6/1 kV

Kable bezhalogenowe

HTKSH, HTKSHekw
UTP LSOH kat. 5e
FTP LSOH kat. 5e
RD-H(St)H
RD-H(St)H UV
JE-H(St)H
LiHH, LiHH-P 300/300 V
LiHCH 300/300 V
HLgH 300/500 V
HKSLH(żo), HKSLH-P 300/500 V
HKSLHekwf(żo), HKSLHekwf-P 300/500 V
HKSLHekwo(żo), HKSLHekwo-P 300/500 V
HKSLH(żo), HKSLH-P 0,6/1 kV
HKSLHekwf(żo), HKSLHekwf-P 0,6/1 kV
HKSLHekwo(żo), HKSLHekwo-P 0,6/1 kV
HLgH 0,6/1 kV
NHXMH-J(-O) 300/500 V
N2XH-J(-O) 0,6/1 kV
N2XCH 0,6/1 kV
2Y(2X)SLCH-J 0,6/1 kV
3plus 2Y(2X)SLCH-J 0,6/1 kV
LGs 300/500 V, 450/750 V
GsLGs 450/750 V, 0,6/1 kV

WSTĘP



Zastosowanie kabli i przewodów elektroenergetycznych bezhalogenowych, nierozprzestrzeniających płomienia NHXMH 300/500 V, N2XH 0,6/1 kV, N2XCH 0,6/1 kV

Kable typowane są do stosowania w obiektach publicznych, gdzie pożar stwarzałby szczególne zagrożenie życia na skutek wydzielania toksycznych gazów i gęstych dymów utrudniających ewakuację lub gdy straty spowodowane korozyjnym działaniem gazów kwasowych mogą być wyższe niż inne skutki pożaru. Obiekty o podwyższonych wymaganiach przeciwpożarowych, w których występują duże skupiska ludzi oraz koncentracja dóbr kulturalnych i materialnych o znacznej wartości: szkoły, szpitale, centra handlowe, porty lotnicze, hotele, supermarkety, tunele podziemne, wielokondygnacyjne budynki mieszkalne, stacje kolei podziemnych, garaże podziemne, hale sportowo-widowiskowe, stadiony, kina, teatry, muzea, biurowce, centra edukacyjne, kompleksy przemysłowe.

Zastosowanie kabli i przewodów elektroenergetycznych bezhalogenowych, ognioodpornych HDGs, HDGsekwf, HDGs(żo), HDGsekwf(żo), HLGs, HLGsekwf, HLGs(żo), HLGsekwf(żo)

Kable i przewody ognioodporne zapewniają dopływ energii elektrycznej do urządzeń, których działanie w warunkach pożaru jest niezbędne do prowadzenia szybkiej, bezpiecznej akcji ratunkowej - stąd nazwa kable bezpieczeństwa, utrzymują swoją funkcję w warunkach działania ognia przez określony czas (co najmniej 3 godziny w temperaturze 750°C), nie emitują agresywnych, korozyjnych gazów oraz gęstych dymów podczas spalania (tworzywa bezhalogenowe nie zawierają chloru, bromu, fluoru) są odporne na rozprzestrzenianie płomienia.

Kable i przewody ognioodporne stosowane są w obiektach o podwyższonych wymaganiach przeciwpożarowych, w których występują duże skupiska ludzi oraz koncentracja dóbr kulturalnych i materialnych o znacznej wartości: szkoły, szpitale, centra handlowe, porty lotnicze, hotele, supermarkety, tunele podziemne, wielokondygnacyjne budynki mieszkalne, stacje kolei podziemnych, garaże podziemne, hale sportowo-widowiskowe, stadiony, kina, teatry, muzea, biurowce, centra edukacyjne, kompleksy przemysłowe. Układy i urządzenia, których działanie w warunkach pożaru jest niezbędne do prowadzenia szybkiej, bezpiecznej akcji ratunkowej: obwody oświetlenia awaryjnego, wyciągi dymu, klimatyzacja, systemy alarmowe, systemy sygnalizacyjne, systemy kontrolne, systemy sterujące, windy osobowe, pompy wody gaszącej, urządzenia wytwarzające kurtynę wodną.

Zastosowanie kabli telekomunikacyjnych i sterowniczych, bezhalogenowych o niskiej emisji dymu i ognioodpornych HTKSH , HTKSHekw, LiHH, LiHH-P, LiHCH

Przewody i kable bezhalogenowe nierozprzestrzeniające płomienia, jak również przewody i kable ognioodporne stosowane są w obiektach o podwyższonych wymaganiach przeciwpożarowych, w których występują duże skupiska ludzi oraz koncentracja dóbr kulturalnych i materialnych o znacznej wartości: szkoły, szpitale, centra handlowe, porty lotnicze, hotele, supermarkety, tunele podziemne, wielokondygnacyjne budynki mieszkalne, stacje kolei podziemnych, garaże podziemne, hale sportowo-widowiskowe, stadiony, kina, teatry, muzea, biurowce, centra edukacyjne, kompleksy przemysłowe.

Przewody i kable bezhalogenowe nierozprzestrzeniające płomienia typowane są do stosowania w obiektach publicznych, gdzie pożar stwarzałby szczególne zagrożenie życia na skutek wydzielania toksycznych gazów i gęstych dymów utrudniających ewakuację lub gdy straty spowodowane korozyjnym działaniem gazów kwasowych mogą być wyższe niż inne skutki pożaru. Nie emitują agresywnych, korozyjnych gazów oraz gęstych dymów podczas spalania (nie zawierają chloru, bromu, fluoru), są odporne na rozprzestrzenianie płomienia i samo gasnące.

Kable ognioodporne zapewniają dopływ energii elektrycznej do urządzeń, których działanie w warunkach pożaru jest niezbędne do prowadzenia szybkiej, bezpiecznej akcji ratunkowej - stąd nazwa kable bezpieczeństwa, utrzymują swoją funkcję w warunkach działania ognia przez określony czas (co najmniej 3 godziny w temperaturze 750°C), nie emitują agresywnych, korozyjnych gazów oraz gęstych dymów podczas spalania (tworzywa bezhalogenowe nie zawierają chloru, bromu, fluoru) są odporne na rozprzestrzenianie płomienia. Stosowane są w układach i urządzeniach, których działanie w warunkach pożaru jest niezbędne do prowadzenia szybkiej, bezpiecznej akcji ratunkowej: obwody oświetlenia awaryjnego, wyciągi dymu, klimatyzacja, systemy alarmowe, systemy sygnalizacyjne, systemy kontrolne, systemy sterujące, windy osobowe, pompy wody gaszącej, urządzenia wytwarzające kurtynę wodną.

SŁOWNICZEK POJĘĆ

Kabel (zgodnie z międzynarodowym słownikiem elektrotechnicznym) – jest to zespół (wyrób) składający się z jednej lub kilku żył mających (lub nie) indywidualne pokrycie (izolacje, ekrany), z warstwy ochronnej (lub nie) na skręconych żyłach (izolacja rdzeniowa) oraz (lub nie) z osłon ochronnych. Pojęcie to według polskiej terminologii obejmuje wszystkie rodzaje kabli oraz przewodów izolowanych i nieizolowanych.

Kabel (zgodnie ze stosowanymi w Polsce określeniami) – jest to wyrób przemysłowy składający się z jednej lub większej liczby żył izolowanych, zaopatrzony w powłokę metalową lub niemetalową, ewentualnie w osłonie ochronnej i pancerzu. W elektroenergetyce przyjmuje się, że kabel jest przewodem do zastosowań zewnętrznych (np. kabel do układania w ziemi, wodzie, w kanałach kablowych).

Przewód – wyrób przemysłowy składający się z jednego lub kilku skręconych drutów albo jednej lub większej liczby żył izolowanych bez powłoki lub zaopatrzony w powłokę niemetalową.

Żyła kabla (przewodu) – część kabla przeznaczona do przewodzenia prądu. Wykonywana najczęściej z drutów miedzianych lub aluminiowych. Ze względu na kształt rozróżnia się żyły: okrągłe, sektorowe, jednodrutowe, wielodrutowe. Wadą żył aluminiowych ograniczającą obecnie ich zastosowanie, jest mała wytrzymałość mechaniczna powodująca dużą awaryjność instalacji. W związku z tym, wymagane są dla tego typu przewodów większe minimalne przekroje niż dla przewodów z żyłami miedzianymi.

Izolacja żył kabla (przewodu) – element konstrukcyjny służący do odizolowania poszczególnych elementów kabla lub przewodu między sobą. Wykonywane są najczęściej z gumy, polwinitu lub polietylenu usieciowanego. Zastosowanie przewodów z izolacja polwinitową jest ograniczone w warunkach obniżonej temperatury ze względu na zwiększoną sztywność i utratę w ten sposób odpowiedniej odporności na uszkodzenia, szczególnie w przypadku przewodów do odbiorników przenośnych i ruchomych np. przewodów oponowych. W przypadku izolacji gumowej należy zwrócić uwagę na szybkie starzenie i utratę własności izolacyjnych w warunkach podwyższonej temperatury.

Powłoka – szczelna warstwa metalu lub materiału niemetalicznego zapobiegająca przenikaniu wilgoci do żyły izolowanej lub ośrodka.

Żyła powrotna – warstwa przeznaczona do przewodzenia prądu zakłóceniowego, nałożona współosiowo na ośrodek kabla.

Osłona ochronna – warstwa ochronna np. oploty z taśm stalowych, których zadaniem jest ochrona przed uszkodzeniami mechanicznymi. W przypadku przewodów instalacyjnych wystarczającą wytrzymałość mechaniczną w typowych warunkach zapewnia płaszcz z polwinitu.

Temperatura otoczenia – temperatura otaczającego ośrodka w czasie, gdy rozpatrywane przewody lub kable znajdujące się w tym ośrodku nie są obciążone.

Obliczeniowa temperatura otoczenia – najwyższa temperatura powietrza otaczającego użytkowane urządzenia i instalacje elektryczne, którą należy ustalić (drogą pomiarów, obliczeń), po uwzględnieniu warunków występujących w danej strefie klimatycznej.

Temperatura graniczna dopuszczalna długotrwale – najwyższa temperatura, do jakiej mogą się nagrzewać żyły przewodów przez czas nieograniczony, w zależności od rodzaju izolacji i warunków otoczenia.

Temperatura graniczna dopuszczalna przy zwarciu – najwyższa temperatura żył przewodu jaką dopuszcza się w końcowej chwili trwania zwarcia.

BUDOWA KABLI I PRZEWODÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH

Kable i przewody energetyczne ze względu na ich przeznaczenie dzielimy na:

Kable elektroenergetyczne	Przewody elektroenergetyczne
Kable na napięcie 0,6/1 kV	Przewody do linii napowietrznych
Kable na napięcie 3,6/6 kV do 18/30 kV	Przewody izolowane do układania na stałe
Kable na napięcie 64/110 kV i wyższe	Przewody izolowane do odbiorników ruchomych i przenośnych
Kable sygnalizacyjne	Sznury i przewody mieszkaniowe
Kable okrętowe	Przewody oponowe warsztatowe
Kable górnicze	Przewody oponowe przemysłowe
Kable do taboru kolejowego	Przewody górnicze

Wyróżniamy następujące podstawowe elementy konstrukcyjne kabli elektroenergetycznych:
- **żyły** – służące do przewodzenia prądu elektrycznego,
- **izolację żył** – zapobiegającą przepływowi ładunków elektrycznych,
- **wypełniacz** – materiał izolacyjny wypełniający szczeliny między izolacją żył a powłoką kabla,
- **powłoka** – zapobiega przenikaniu wilgoci lub innych szkodliwych czynników do wnętrza kabla,
- **ekran lub żyła powrotna**,
- **pancerz** – chroniący przed wpływem czynników mechanicznych,
- **osłona ochronna** – warstwa o zwiększonej odporności na rozprzestrzenianie się płomienia.

Konstrukcje żył

Żyły kabli elektroenergetycznych mogą spełniać funkcje robocze, ochronne lub kontrolne. **Ze względu na kształt rozróżnia się żyły:**
- okrągłe, o przekroju kołowym,
- sektorowe, o przekroju w kształcie wycinka koła.

Ze względu na budowę rozróżnia się żyły:
- jednodrutowe, składające się z pojedynczego drutu,
- wielodrutowe, wykonane przez skręcenie określonej liczby drutów,
- wielodrutowe giętkie, wykonane przez skręcenie jeszcze większej liczby z jeszcze cieńszych drutów.

Żyły jednodrutowe stosuje się stosuje się tylko w kablach o małym przekroju . Przy większych przekrojach, stosuje się linki skręcone z cienkich drutów, co zapewnia większą giętkość kabla. Giętkość uzyskuje się przez odpowiednie skręcenie drutów. Podczas zginania żyły, części znajdujące się na wewnętrznej stronie promienia krzywizny narażone są na ściskanie, a części na zewnętrznej stronie tego promienia - na rozciąganie. Tak, więc w wyniku przesunięć przy spiralnym skręceniu drutów, naprężenia wyrównują się na długości jednego skoku. Linki o małym skoku są giętsze niż linki o dużym skoku, ponieważ droga przesuwu i tarcie mniejsze.

Najbardziej charakterystyczną cechą żył przewodów i kabli elektroenergetycznych jest pole przekroju poprzecznego. Wartości przekrojów znamionowych żył są znormalizowane.

Znormalizowane przekroje znamionowe żył kabli i przewodów w Polsce wynoszą: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500 mm^2.

W kablach układanych dla zasilania sieci tramwajowych stosuje się żyły o przekroju 630 mm^2.

W liniach napowietrznych wysokiego napięcia stosuje się też przewody o przekrojach 525, 540, 670, 775, 840 mm^2.

W liniach kablowych wysokich napięć stosuje się kable o przekrojach 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 mm^2.

Przekroje żył mogą mieć kształt okrągły (RE (1,5÷16 mm^2), RM (1,5÷500 mm^2)) lub sektorowy (SE, SM (35÷300 mm^2)). Zastosowanie żył sektorowych zamiast okrągłych pozwala zmniejszyć średnicę kabla i zużycie materiałów na powłokę. **Żył sektorowych nie stosuje się w przypadku:**
- kabli jednożyłowych,
- kabli o przekroju żył nie przekraczającym 10 mm^2,
- kabli o napięciu przekraczającym 6 kV.

Klasy giętkości żył

Przekrój [mm²]	Klasa 2	Klasa 5	Klasa 6
0,14		~18 x 0,1	~18 x 0,1
0,25		~14 x 0,15	~32 x 0,1
0,34		~19 x 0,15	~42 x 0,1
0,5	7 x 0,3	~16 x 0,2	~28 x 0,15
0,75	7 x 0,37	~24 x 0,2	~42 x 0,15
1	7 x 0,43	~32 x 0,2	~56 x 0,15
1,5	7 x 0,52	~30 x 0,25	~84 x 0,15
2,5	7 x 0,67	~50 x 0,25	~140 x 0,15
4	7 x 0,85	~56 x 0,3	~224 x 0,15
6	7 x 1,05	~84 x 0,3	~192 x 0,2
10	7 x 1,35	~80 x 0,4	~320 x 0,2
16	7 x 1,70	~128 x 0,4	~512 x 0,2
25	7 x 2,13	~200 x 0,4	~800 x 0,2
35	7 x 2,52	~280 x 0,4	~1120 x 0,2
50	19 x 1,83	~400 x 0,4	~705 x 0,3
70	19 x 2,17	~356 x 0,5	~990 x 0,3
95	19 x 2,52	~485 x 0,5	~1340 x 0,3
120	37 x 2,03	~614 x 0,5	~1690 x 0,3
150	37 x 2,27	~765 x 0,5	~2123 x 0,3
185	37 x 2,52	~944 x 0,5	~1470 x 0,4
240	37 x 2,87	~1225 x 0,5	~1905 x 0,4
300	61 x 2,50	~1530 x 0,5	~2385 x 0,4

W normach polskich (PN) jak i międzynarodowych (IEC) rozróżnia się cztery klasy giętkości żył:

- klasy 1 i 2 dotyczą kabli i przewodów do układania na stałe,
- klasy 5 i 6 dotyczą przewodów do odbiorników ruchomych i przenośnych.

Norma PN-EN 60228 określa kilka klas giętkości żył:

Klasa 1: żyły wykonane jako pojedynczy drut w kablach przeznaczonych do ułożenia na stałe.

Klasa 2: żyły wielodrutowe dla przeznaczonych do układania na stałe.

Klasa 5: żyły wielodrutowe giętkie.

Klasa 6: bardzo giętkie żyły wielodrutowe.

Rezystancja żył

Przekrój [mm²]	Żyły miedziane [Ω/km] Klasa 1 i Klasa 2	Żyły miedziane [Ω/km] Klasa 5 i Klasa 6	Żyły miedziane ocynowane [Ω/km] Klasa 1 i Klasa 2	Żyły miedziane ocynowane [Ω/km] Klasa 5 i Klasa 6
0,14	–	~134	–	~138
0,25	–	~76	–	~79
0,34	–	~53	–	~56
0,5	36	39	36,7	40,1
0,75	24,5	26	24,8	26,7
1	18,1	19,5	18,2	20
1,5	12,1	13,3	12,2	13,7
2,5	7,41	7,98	7,56	8,21
4	4,61	4,95	4,7	5,09
6	3,08	3,3	3,11	3,39
10	1,83	1,91	1,84	1,95
16	1,15	1,21	1,16	1,24
25	0,727	0,78	0,734	0,795
35	0,524	0,554	0,529	0,565
50	0,387	0,386	0,391	0,393
70	0,268	0,272	0,27	0,277
95	0,193	0,206	0,195	0,21
120	0,153	0,161	0,154	0,164
150	0,124	0,129	0,126	0,132
185	0,0991	0,106	0,1	0,108
240	0,0754	0,0801	0,0762	0,0817
300	0,0601	0,0641	0,0607	0,0654

Kolorystyka izolacji żył kabli i przewodów elektroenergetycznych

Odporność chemiczna materiałów izolacyjnych i powłokowych:

Nr żyły	Kolor	Nr żyły	Kolor	Nr żyły	Kolor
1	biały	17	biały/szary	33	zielony/czerwony
2	brązowy	18	szary/brązowy	34	żółty/czerwony
3	zielony	19	biały/różowy	35	zielony/czarny
4	żółty	20	różowy/brązowy	36	żółty/czarny
5	szary	21	biały/niebieski	37	szary/niebieski
6	różowy	22	brązowy/niebieski	38	różowy/niebieski
7	niebieski	23	biały/czerwony	39	szary/czerwony
8	czerwony	24	brązowy/czerwony	40	różowy/czerwony
9	czarny	25	biały/czarny	41	szary/czarny
10	fioletowy	26	brązowy/czarny	42	różowy/czarny
11	szary/różowy	27	szary/zielony	43	niebieski/czarny
12	czerwony/niebieski	28	żółty/szary	44	czerwony/czarny
13	biały/zielony	29	różowy/zielony		
14	brązowy/zielony	30	żółty/różowy		
15	biały/żółty	31	zielony/niebieski		
16	żółty/brązowy	32	żółty/niebieski		

Kod kolorów zgodnie z DIN 47100 dla kabli o żyłach parowanych:

Nr pary	Kolor żyły-a	Kolor żyły-b	Nr pary	Kolor żyły-a	Kolor żyły-b
1	biały	brązowy	13	biały/czarny	brązowy/czarny
2	zielony	żółty	14	szary/zielony	żółty/szary
3	szary	różowy	15	różowy/zielony	żółty/różowy
4	niebieski	czerwony	16	zielony/niebieski	żółty/niebieski
5	czarny	fioletowy	17	zielony/czerwony	żółty/czerwony
6	szary/różowy	czerwony/niebieski	18	zielony/czarny	żółty/czarny
7	biały/zielony	brązowy/zielony	19	szary/niebieski	różowy/niebieski
8	biały/żółty	żółty/brązowy	20	szary/czerwony	różowy/czerwony
9	biały/szary	szary/brązowy	21	szary/czarny	różowy/czarny
10	biały/różowy	różowy/brązowy	22	niebieski/czarny	czerwony/czarny
11	biały/niebieski	brązowy/niebieski			
12	biały/czerwony	brązowy/czerwony			

Materiały izolacyjne

Materiały izolacyjne są jednym z głównych składników kabli i przewodów. Dla uzyskania coraz lepszych własności eksploatacyjnych kabli producenci stosują coraz szerszą gamę materiałów izolacyjnych przeznaczonych zarówno na izolacje jak i na powłoki kabli. Poniżej zamieszczono informacje dotyczące materiałów izolacyjnych natomiast własności termiczne, elektryczne i odporność chemiczna zostały opisane w odpowiednich tabelach.

Polwinity (PVC, PCW) to grupa tworzyw na bazie plastyfikowanego polichlorku winylu. Wykazują podwyższoną odporność na działanie ognia (nie przenoszą płomienia), olejów, ozonu, promieniowania UV i większości rozpuszczalników. Przenikalność dielektryczna PVC jest większa niż polietylenu PE, co ogranicza zastosowanie kabli transmisyjnych izolowanych PVC ze względu na stosunkowo wysoką pojemność (w przypadku wysokich częstotliwości należy stosować kable o izolacji PE). Polwinity można dowolnie modyfikować zmieniając ich własności mechaniczne, termiczne, elektryczne oraz odporność chemiczną.

Polietylen (PE) ma dobre własności elektryczne, niewielką stałą dielektryczną, niewielką stratność, wysoką wytrzymałość elektryczną i rezystywność. Twardość i elastyczność polietylenu zależy od jego gęstości. Polietylen o małej gęstości (LDPE) jest bardziej elastyczny i miękki, polietylen o dużej gęstości (HDPE) jest twardszy. Izolacja polietylenowa jest lekka, odporna na działanie wody i większości związków chemicznych. Ze względu na małą stałą dielektryczną oraz niewielką stratność, polietylen stosuje się na izolację kabli przeznaczonych do transmisji danych i w.cz. gdzie istotna jest niewielka pojemność żył. Polietylen nie jest odporny na UV, ale dodatek antyutleniaczy i pigmentów uodparnia go na promieniowanie słoneczne i warunki atmosferyczne. Polietylen jest łatwopalny i rozprzestrzenia płomień, podczas palenia skapują z niego płonące krople, ale te wady można usunąć stosując domieszki zmniejszające palność.

Polietylen spieniony powstaje przez wprowadzenie do struktury polietylenu pęcherzyków gazu (proces spieniania polietylenu). Stała dielektryczna polietylenu spienionego maleje wraz ze stopniem spienienia. Materiał ten nadaje się doskonale na izolację żył kabli koncentrycznych przeznaczonych do transmisji sygnałów wysokiej częstotliwości. Z uwagi na niską wytrzymałość mechaniczną często w procesie produkcyjnym na polietylen spieniony wytłaczana jest cienka warstwa polietylenu (polietylen spieniony ze skórką).

Polietylen usieciowany (XLPE) powstaje w procesie tzw. sieciowania polietylenu PE, czyli powstania dodatkowych wiązań poprzecznych pomiędzy łańcuchami polietylenu, zachowuje własności elektryczne polietylenu termoplastycznego ma jednak lepsze własności mechaniczne. Izolację z polietylenu usieciowanego stosuje się przede wszystkim w kablach energetycznych, również ze względu na niską stratność i wysoką wytrzymałość elektryczną. Temperatura dopuszczalna długotrwale dla izolacji XLPE wynosi 90°C (PVC 70°C), a dopuszczalna przy zwarciu aż 250°C (PVC 160°C), przez co obciążalność długotrwała jest wyższa o ok. 20% niż dla PVC.

Elastomery termoplastyczne (TPE) grupa tworzyw o wyjątkowych własnościach. Choć można je wytłaczać podobnie jak większość tworzyw termoplastycznych, ich własności użytkowe są podobne do własności jakie mają gumy. Ich zasadniczą cechą jest odporność na temperaturę w szerokim zakresie.

Tworzywa bezhalogenowe (HFFR) nie zawierają pierwiastków z grupy chlorowców i podczas palenia nie wydzielają agresywnych i trujących gazów oraz dymów. Ich własności elektryczne i mechaniczne są podobne do własności polwinitów.

Własności materiałów izolacyjnych

Własności termiczne materiałów izolacyjnych i powłokowych (+ bardzo dobra, o średnia, - słaba):

	PCV	PCV ciepłoodporny	LDPE	HDPE	XLPE	PUR	Silikon
Temperatura pracy (°C)	-30 do 70	-20 do 105	-50 do 70	-50 do 100	-35 do 90	-55 do 80	-60 do 180
Temperatura topnienia (°C)	>140	>140	105-110	130		150	
Indeks tlenowy	23-42	23-42	≤22	≤22	≤22	20-26	25-35

Odporność chemiczna materiałów izolacyjnych i powłokowych:

Rodzaj materiału	Stężenie	Temperatura do (°C)	PVC	PCV ciepłoodporny	PE	PUR	Silikon
Alkohol etylowy	100	20	-	-	+	o	+
Alkohol metylowy	100	20	o	o	+	o	+
Benzyna		50	-	-	-	+	o
Butan		20	+	+			o
Glikol etylenowy		50	+	+		+	
Kwas solny skon.	100	20	-	-	+	-	-
Kwas solny	10	20					+
Kwas siarkowy	50	50	+	+			
Kwas cytrynowy			+	+		o	+
Kwas octowy	20	20	o	o			+
Ług sodowy	50	50	+	+			
Masło		50	+	+		o	+
Olej przekładniowy		100	+	+		o	+
Olej maszynowy		20	o	+		o	+
Olej napędowy (Diesel)			-	-		+	o
Olej silnikowy		120	+	+	-		+
Olej roślinny			+	+	+	+	+
Oliwa		50	+	+	+	+	+
Płyn hamulcowy			o	o		o	+
Rtęć	100	20	+	+	+	+	+
Woda morska		20	+	+		+	o

+ **bardzo dobra** o **średnia** - **słaba**

Typowe oznaczenia stosowane dla kabli i przewodów elektroenergetycznych

Materiał powłoki i izolacji:	
Oznaczenie	**Rozwinięcie oznaczenia (opis)**
Y	polwinit
Yb	polwinit benzenoodporny
Yc	polwinit ciepłoodporny
Yn	polwinit samogasnący
Yo	polwinit olejoodporny
X	polietylen
Xz	polietylen z barierą przeciwwilgociową
Xp	polietylen piankowy
Xs	polietylen usieciowany
G	guma
Gs	silikon
H	tworzywo bezhalogenowe

Rodzaj ekranu:	
Oznaczenie	**Rozwinięcie oznaczenia (opis)**
ekw, ekwf	wspólny na ośrodku (folia)
ekp	indywidualnie ekranowane pary
ekt	taśmowy
eko	siatkowy z drutów okrągłych

Cechy dodatkowe:	
Oznaczenie	**Rozwinięcie oznaczenia (opis)**
p	przewód płaski
o	przewód okrągły
n	przewód samonośny
w	przewód wypełniony żelem
żo	żyła ochronna zielono-żółta
y	osłona z polwinitu

Rodzaj kabla lub przewodu:	
Oznaczenie	**Rozwinięcie oznaczenia (opis)**
K	kabel górniczy
G	przewód oponowy mieszkaniowy
OM	przewód oponowy warsztatowy
OW	przewód sterowniczy
St	przewód sygnalizacyjny
S	przewód do obwodów iskrobezpiecznych
IB	telekomunikacyjny kabel stacyjny
TKS	telekomunikacyjny kabel miejscowy
TKM	polietylen usieciowany

Materiał żyły:	
Oznaczenie	**Rozwinięcie oznaczenia (opis)**
bez oznaczenia	żyła miedziana
A	żyła aluminiowa
AA	stop aluminium
F	stal miękka, linka stalowa

Konstrukcja żyły:	
Oznaczenie	**Rozwinięcie oznaczenia (opis)**
D	żyły jednodrutowe
L	żyły wielodrutowe
Lg	żyły wielodrutowe giętkie

Rodzaj pancerza, osłony:	
Oznaczenie	**Rozwinięcie oznaczenia (opis)**
Ft	pancerz z taśm stalowych
Fp	pancerz z płaskich drutów stalowych
Fo	pancerz z okrągłych drutów stalowych
tm	pancerz z taśmy miedzianej
A	osłona z przesyconego materiału włóknistego
y	osłona z polwinitu

DOBÓR PRZEKROJU KABLI I PRZEWODÓW

Podczas projektowania wszelkich urządzeń elektrycznych w tym instalacji i sieci elektroenergetycznych, jedną z podstawowych czynności jest dobór przewodów.

W celu prawidłowego doboru przewodów oraz kabli w sieciach i instalacjach elektrycznych nN należy określić warunki eksploatacyjne oraz warunki instalowania.

Do warunków eksploatacyjnych zaliczamy takie parametry jak:
- napięcie znamionowe,
- częstotliwość,
- warunki środowiskowe i przeznaczenie,
- obciążalność prądową długotrwałą,
- przeciążalność,
- warunki zwarciowe,
- spadek napięcia.

Warunki instalowania obejmują:
- długość i profil trasy,
- sposób instalowania,
- szczególne warunki układania (kable w ziemi, wodzie, na ścianie itp.).

Dla kabli ułożonych bezpośrednio w ziemi należy uwzględnić:
- warunki ułożenia (w celu doboru rodzaju powłoki metalowej, pancerza lub rur ochronnych),
- głębokość ułożenia,
- rezystywność cieplną i rodzaj gleby,
- temperaturę minimalną i maksymalną gleby na głębokości ułożenia kabli,
- długość, ilość i średnicą kanałów lub rur,
- odległości pomiędzy kablami, kanałami lub rurami jeśli jest ich więcej.

Dla przewodów i kabli prowadzonych w instalacjach napowietrznych należy określić:
- najwyższą i najniższą temperaturę powietrza,
- sposób instalowania (np. zawieszenie na ścianach, na uchwytach itp.),
- ochronę przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych,
- zagrożenie pożarowe.

Przedstawiony poniżej dobór przekroju przewodów i kabli dotyczy przewodów czynnych (L, N). Dla przewodu PE uwzględnić można tylko dobór ze względu na wytrzymałość mechaniczną oraz wytrzymałość zwarciową cieplną. Kryterium, które definiuje przekrój największy jest ostateczne dla prawidłowego doboru przewodów i kabli.

Po określeniu parametrów eksploatacyjnych oraz warunków instalowania kabli i przewodów należy dokonać doboru przekroju żyły.

Przekrój żyły należy dobierać z szeregu przekrojów znormalizowanych dla danego typu kabli z uwzględnieniem czynników takich jak:
- wytrzymałość mechaniczna,
- obciążalność długotrwała,
- przeciążalność,
- obciążalność zwarciowa,
- spadek napięcia.

Podstawowe sposoby ułożenia kabli i przewodów

Norma PN-IEC 60364-5-523:2001 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego" w celu prawidłowego doboru obciążalności przewodów określa kilka podstawowych sposobów ułożenia kabli i przewodów oraz współczynniki poprawkowe korygujące ich obciążalność długotrwałą.

W poniższej tabeli przedstawiono podstawowe sposoby układania kabli i przewodów oraz ich umowne oznaczenia.

Sposoby układania kabli i przewodów:

Sposób wykonania instalacji	Oznaczenie
Przewody jednożyłowe w rurkach lub kanałach izolacyjnych, ułożone w izolowanych cieplnie ścianach	A1
Przewody wielożyłowe ułożone bezpośrednio w izolowanych cieplnie ścianach	
Przewody jedno- i wielożyłowe ułożone w ościeżnicach i ramach okien	
Przewody wielożyłowe w rurkach lub kanałach izolacyjnych ułożone w izolowanych cieplnie ścianach	A2
Przewody jednożyłowe ułożone w rurkach lub kanałach izolacyjnych na ścianie	B1
Przewody jedno- i wielożyłowe ułożone w rurkach w murze	
Przewody jedno- i wielożyłowe w przestrzeni instalacyjnej $5 \cdot D_e \leq V \leq 50 \cdot D_e$	
Przewody jednożyłowe w rurkach lub kanałach izolacyjnych w przestrzeni instalacyjnej $20 \cdot De \leq V$	
Przewody wielożyłowe ułożone w rurkach lub kanałach izolacyjnych na ścianie lub na podłodze albo w odległości mniejszej niż 0,3 średnicy przewodu od ściany	B2
Przewody wielożyłowe ułożone w rurkach izolacyjnych oraz kable wielożyłowe ułożone w murze lub w betonie	
Przewody jedno- i wielożyłowe w przestrzeni instalacyjnej $1{,}5 \cdot D_e \leq V \leq 5 \cdot D_e$	
Przewody jednożyłowe w rurkach lub kanałach izolacyjnych w przestrzeni instalacyjnej $1{,}5 \cdot D_e \leq V < 20 \cdot D_e$	
Przewody wielożyłowe ułożone bezpośrednio na ścianie, na podłodze lub pod sufitem	C
Przewody wtynkowe	
Przewody wielożyłowe lub kable ułożone bezpośrednio w murze lub w betonie	
Kable jednożyłowe lub wielożyłowe oraz przewody oponowe ułożone na pełnych (nieperforowanych) półkach	
Kable jedno- i wielożyłowe w przepustach w ziemi	D
Kable jedno- i wielożyłowe ułożone bezpośrednio w ziemi	
Przewody wielożyłowe lub kable (zawieszone) w powietrzu lub w pobliżu ścian, lecz w odległości większej niż 0,3 średnicy kabla lub przewodu od ściany	E
Kable jedno- lub wielożyłowe oraz przewody ułożone na perforowanych półkach (korytkach), lecz w odległości większej niż 0,3 średnicy kabla lub przewodu od ściany	
Przewody jedno- i wielożyłowe zawieszone na lince nośnej lub przewody wielożyłowe samonośne	
Przewody jednożyłowe w powietrzu stykające się, w odległości co najmniej równej średnicy kabla lub przewodu od ściany	F
Kable jedno- lub wielożyłowe oraz przewody ułożone na perforowanych korytkach, drabinkach lub wspornikach, lecz w odległości większej niż 0,3 średnicy kabla lub przewodu od ściany	
Przewody jedno- i wielożyłowe zawieszone na lince nośnej lub przewody wielożyłowe samonośne	
Przewody jednożyłowe w powietrzu niestykające się, w odległości co najmniej równej średnicy kabla lub przewodu od ściany i między sobą	G
Przewody gołe lub izolowane na izolatorach	

Dobór przekroju przewodów ze względu na wytrzymałość mechaniczną

Przewody i kable powinny wytrzymywać narażenia mechaniczne przy montażu jak i w czasie jego eksploatacji, dlatego należy dokonać doboru przekroju przewodu ze względu na jego wytrzymałość mechaniczną.

Dopuszczalne najmniejsze przekroje przewodów ze względu na wytrzymałość mechaniczną zostały przedstawione w normie DIN VDE 0100:2002 oraz zestawione w poniższej tabeli:

Rodzaje przewodów, sposób ułożenia		Najmniejszy przekrój żyły w mm²	
		Cu	Al
Przewody ułożone na stałe, chronione przed uszkodzeniami		1,5	2,5
Przewody umieszczone na zewnątrz pomieszczeń na izolatorach; odległość miedzy punktami mocowania:	do 20 m	4	16
	do 40 m	6	16
Przewody izolowane do połączeń w rozdzielnicach o zastępczym prądzie obciążenia długotrwałego IB:	$I_B \leq 2,5$ A	0,5	zabroniony
	2,5 A < $I_B \leq$ 16 A	0,75	zabroniony
	IB > 16 A	1,0	zabroniony
Przewody do odbiorników ruchomych i przenośnych o prądzie znamionowym In:	1,5 A < $I_n \leq$ 10 A	0,75	zabroniony
	I_n > 10 A	1,0	zabroniony
Przewody obwodu wtórnego przekładnika prądowego		2,5	zabroniony
Przewody obwodu wtórnego przekładnika napięciowego		1,5	zabroniony
Przewody sterownicze ułożone na stałe w pomieszczeniach		0,5	zabroniony
Przewody napowietrzne na izolatorach przy rozpiętości przęsła „a"	a ≤ 20 m	4	16
	20 m < a ≤ 45 m	6	16
	a > 45 m	10	25

Dobór przewodów i kabli na obciążalność długotrwałą i przeciążalność

Przepływający prąd przez żyły przewodów lub kabli powoduje wydzielanie się ciepła i wzrost temperatury żył, a w efekcie nagrzewanie izolacji, ekranu, powłoki oraz tynku, gruntu czy innego ośrodka, w którym zostały ułożone. Ciepło te, w zależności od sposobu ułożenia kabla lub przewodu, może być rozpraszane przez konwekcję, przewodnictwo lub promieniowanie.

Moc *P* wydzielana na przewodzie jest wprost proporcjonalna do kwadratu natężenia przepływającego prądu *I* oraz do rezystancji *R* żyły (*L* – długość, γ – konduktywność materiału, z którego wykonana jest żyła, *S* – przekrój żyły).

$$P = I^2 \cdot R = I^2 \frac{L}{\gamma \cdot S}$$

Przy doborze przewodów na długotrwałą obciążalność i przeciążalność prądową pierwszym krokiem jest obliczenie spodziewanego prądu obciążenia, który należy wyznaczyć z poniższych wzorów w zależności od rodzaju obwodu:

- dla obwodów jednofazowych:

$$I_B = \frac{S_n}{U_{nf}} = \frac{P_n}{\cos\varphi \cdot U_{nf}}$$

- dla obwodów trójfazowych:

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

gdzie:
I_B [A] – obliczeniowy prąd obciążenia przewodu lub kabla,
U_{nf} [V] – znamionowe napięcie fazowe,
U_n [V] – znamiono we napięcie międzyfazowe,
cosφ – współczynnik mocy (w obwodach prądu sinusoidalnego $\cos\varphi = P_n/S_n$),
S_n [VA] – moc pozorna obciążenia przewodu lub kabla,
P_n [W] – moc czynna obciążenia przewodu lub kabla.

W obliczeniach prądu I_B w budynkach mieszkalnych, przy braku dokładnych danych można przyjąć $\cos\varphi = 0{,}95$.

Znając prąd obciążenia doboru przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą wykonujmy na podstawie tablic obciążalności długotrwałej przewodów zawartych w normie PN-IEC 60364-5-523:2001 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego".

Norma ta zawiera tablice obciążalności długotrwałej przewodów dla temperatury otaczającego powietrza 30°C występującej w strefie śródziemnomorskiej oraz obciążalności długotrwałej kabli ułożonych w ziemi dla rezystywności gruntu 2,5 K·m/W. Wszystkie wartości podane są przy założeniu długotrwałym, nie zmieniającego się w czasie obciążenia prądu stałego lub prądu przemiennego o częstotliwości 50 Hz albo 60 Hz.

Obciążalność długotrwałą przewodów wyznacza się z tabel zawartych w normie po zastosowaniu współczynników poprawkowych dla warunków polskich oraz po uwzględnieniu rodzaju przewodów, warunków ich układania oraz charakteru obciążenia średniodobowego.

Wartości właściwe dla Polski podane w normie IEC 60287-3-1:1999:

Obliczeniowa temperatura otoczenia w Polsce wynosi:

a) dla przewodów ułożonych w pomieszczeniach 25°C,

b) dla przewodów izolowanych w przestrzeniach zewnętrznych:

- nie narażone na bezpośrednie nasłonecznienie 25°C,
- narażone na bezpośrednie nasłonecznienie 40°C,

c) dla kabli ułożonych w ziemi w zależności od pory roku: 5°C, 15°C, 20°C.

Rezystywność cieplna gruntu w Polsce wynosi: 1,0 K·m/W.

Prąd długotrwały w dowolnej żyle przewodu w warunkach normalnej eksploatacji powinien mieć taką wartość, aby nie została przekroczona odpowiednia temperatura graniczna. Wartość ta zależy od materiału izolacji:

Materiał izolacji	Temperatura graniczna [°C] dopuszczalna		
	długotrwale	przejściowo	przy zwarciu
Bez izolacji, przewody gołe miedziane	80	100	200
Polwinit (PVC)	70	100	160
Polietylen (PE)	75	90	150
Polietylen usieciowany (XLPE), guma etylenowo-propylenowa (EPR)	90	130	250
Guma silikonowa	180		350
Temperatura graniczna może być dopuszczalna przejściowo np. w sytuacjach awaryjnych przeciążeń ruchowych urządzeń elektrycznych w ograniczonym czasie ich trwania.			

Warunki doboru przekroju przewodów i kabli

Przy doborze przewodów i kabli ze względu na nagrzewanie prądem roboczym dobiera się najmniejszy z przekrojów, którego obciążalność długotrwała I_z jest większa od obliczeniowego prądu obciążenia I_B wyznaczonego z mocy zapotrzebowanej lub obliczeniowej mocy szczytowej

$$I_z \geq I_B$$

Powyższa zależność dotyczy przewodów z obciążeniem o stałej wartości (praca ciągła). Przy obciążeniu dorywczym przewód o obciążalności I_z może być obciążony prądem I_{zd}

$$I_{zd} = K_d \cdot I_z \qquad K_d = x - e^{t_d \cdot T}$$

gdzie:

t_d – czas trwania obciążenia dorywczego,

T – cieplna stała czasowa przewodu.

W obwodach z zabezpieczeniami przeciążeniowymi, dobranymi z uwzględnieniem warunku selektywności działania spełnione muszą być następujące warunki doboru przewodów:

- obciążalność długotrwała przewodu I_z powinna być większa od znamionowego prądu nastawczego I_n zabezpieczenia przeciążeniowego obwodu, a ten – by spełnić warunki selektywności – powinien być większy od obliczeniowego prądu obciążenia I_B wyznaczonego z mocy zapotrzebowanej lub obliczeniowej mocy szczytowej

$$I_z \geq I_n \geq I_B$$

- prąd przeciążeniowy o wartości $1{,}45 \cdot I_z$, przy której przyrost temperatury ustala się na poziomie dwukrotnie większym niż dopuszczalny długotrwale, powinien wywołać zadziałanie członu przeciążeniowego zabezpieczenia nadprądowego obwodu

$$1{,}45 \cdot I_z \geq I_2 \qquad I_z \geq \frac{I_2}{1{,}45}$$

gdzie:

I_2 [A] – najmniejszy prąd wywołujący zadziałanie zabezpieczenia członu przeciążeniowego zabezpieczenia nadprądowego.

$$I_2 = k \cdot I_n$$

gdzie k jest równe:

1,9 – dla wkładek topikowych o pełnozakresowej zdolności wyłączania i prądzie znamionowym od 6 do 13 A,

1,6 – dla wkładek topikowych o prądzie znamionowym powyżej 13 A,

1,45 – dla wyłączników nadprądowych instalacyjnych o charakterystyce B, C lub D,

1,2 – dla wyzwalaczy termobimetalowych i elektronicznych przy stycznikach i wyłącznikach oraz dla wyzwalaczy nadprądowych o charakterystyce E (ograniczniki mocy – wyłączenie przed upływem 20 min.)

Przewody zasilające odbiorniki o obciążeniu innym niż długotrwałe (dorywcze, przerywane), w ograniczonym czasie mogą być obciążone prądem większym od ich obciążalności długotrwałej Idd bez przekroczenia temperatury granicznej dopuszczalnej długotrwale.

Dobór przewodów i kabli na obciążalność zwarciową

Przepływ prądu powstający w wyniku bezoporowego (metalicznego) połączenia dwóch lub większej liczby przewodów o różnych potencjałach nazywa się zwarciem. Skutek cieplny prądu zwarciowego (całka Joule'a)dopuszczalny dla przewodu o przekroju S i największej dopuszczalnej jednosekundowej gęstości prądu k powinien być nie mniejszy niż rzeczywiście występujący skutek cieplny prądu zwarciowego, na który narażony jest przewód.

$$(k \cdot S)^2 \cdot 1 \geq \cdot I_{th}^2 \cdot T_k \qquad \text{lub} \qquad (k \cdot S)^2 \cdot 1 \geq (I^2 t)_w$$

gdzie:

k [A/mm^2] – największa dopuszczalna gęstość prądu,

S [mm^2] – przekrój przewodu,

I^2_{th} [kA] – zastępczy prąd cieplnych,

T_k [s] – czas zadziałania urządzenia zabezpieczającego,

$(I^2t)_w$ – podana przez producenta wartość całki Joule'a wyłączenia bezpiecznika ograniczającego zabezpieczającego przewód.

Z powyższych zależności można obliczyć przekrój przewodu wymagany ze względu na obciążalność zwarciową cieplną 1-sekundową:

$$S \geq \frac{I_{th}}{k}\sqrt{\frac{T_k}{1}} \qquad \text{lub} \qquad S \geq \frac{1}{k}\sqrt{\frac{(I^2t)_w}{1}}$$

Największa dopuszczalna jednosekundowa gęstość prądu dla przewodów izolowanych wynosi:

Materiał izolacji		Jednosekundowa gęstość prądu k [A/mm^2] w żyłach	
		Miedzianych	Aluminiowych
Polwinit, przewody o przekroju	S>300 mm^2	103	68
	S>300 mm^2	115	76
Guma naturalna		141	93
Guma etylenowo – propylnowa, polietylen sieciowany		143	94

Dobór przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia

Odbiorniki energii elektrycznej pracują 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 długotrwałej, aby odchylenia napięcia w poszczególnych fragmentach sieci i instalacji nie przekraczały wartości granicznych dopuszczalnych ustalonych przez odpowiednie normy przy założeniu, że występujące odchylenia napięcia powodowane spadkami napięć nie powinny wywoływać zakłóceń w pracy odbiorników.

Zgodnie z normą SEP-E-002 spadek napięcia w obwodach odbiorczych, od licznika energii elektrycznej do punktu przyłączenia odbiornika nie powinien przekraczać 3%, przy czym równocześnie całkowity spadek napięcia od złącza instalacji elektrycznej do zacisków dowolnego odbiornika nie powinien przekraczać 4%. Spadki napięcia w wewnętrznej linii zasilającej nie powinny przekraczać wartości podanych w poniższej tabeli. Obliczenia spadku napięcia należy dokonać dla prądu znamionowego zabezpieczenia nadprądowego.

L.p.	Moc przesyłana linią WLZ w kVA	Dopuszczalny spadek napięcia ΔU%
1.	do 100	0,5
2.	100 - 250	1,0
3.	250 - 400	1,25
4.	powyżej 400	1,5

Spadek napięcia wyrażony w % na dowolnym odcinku toru o długości l wykonany przewodem o przekroju S i konduktywności materiału żyły γ jest określony zależnością:

- dla obwodów jednofazowych:

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

- dla obwodów trójfazowych:

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

gdzie:
I_B [A] – obliczeniowy prąd obciążenia przewodu lub kabla,
U_{nf} [V] – znamionowe napięcie fazowe,
U_n [V] – znamionowe napięcie międzyfazowe,
cosφ – współczynnik mocy (w obwodach prądu sinusoidalnego cosφ = P_n/S_n),
S [mm^2]– przekrój przewodu,
l [m] – długość linii,
γ [m/Ω·mm^2] – konduktywność materiału żył,

X_L [Ω] – reaktancja przewodu oraz R [Ω] – rezystancja przewodu, wyrażone wzorami:

$$X_L = x' \cdot L$$

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

gdzie:
x' [mΩ] – reaktancja jednostkowa przewodów.

Konduktywność γ dla linii kablowych należy przyjąć 0,10 mΩ/m, natomiast dla instalacji w rurkach oraz dla linii napowietrznych niskiego napięcia – 0,25 – 0,30 mΩ/m.

Można też bezpośrednio obliczyć wymagany przekrój przewodów:

- dla obwodów jednofazowych:

$$S \geq \frac{1}{\gamma \cdot \left(\frac{\Delta U_{\%} \cdot U_{nf}}{200 \cdot I_B \cdot l \cdot \cos\varphi} - X_L \cdot 10^{-3} \cdot tg\varphi \right)}$$

- dla obwodów trójfazowych:

$$S \geq \frac{1}{\gamma \cdot \left(\frac{\Delta U_{\%} \cdot U_{nf}}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_B \cdot l \cdot \cos\varphi} - X_L \cdot 10^{-3} \cdot tg\varphi \right)}$$

Przy czym w powyższych wzorach tgφ oznacza wartość funkcji tangens związaną z powyższą wartością funkcji cosφ.

Jeżeli obliczenia spadku napięcia dotyczą linii (instalacji) do 1 kV, wykonanych kablami, przewodami wielożyłowymi lub jednożyłowymi ułożonych w rurkach, o przekroju żył nie większym niż 50 mm^2 Cu lub 70 mm^2 Al, pomija się wpływ reaktancji przewodów i spadek napięcia oblicza się ze wzorów uproszczonych:

- dla obwodów jednofazowych:

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

- dla obwodów trójfazowych:

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

gdzie:
P [W] – moc czynna przesyłana analizowanym odcinkiem instalacji.

Pozostałe oznaczenia – jak wyżej.

Również dla tego przypadku można bezpośrednio obliczyć wymagany przekrój przewodów:

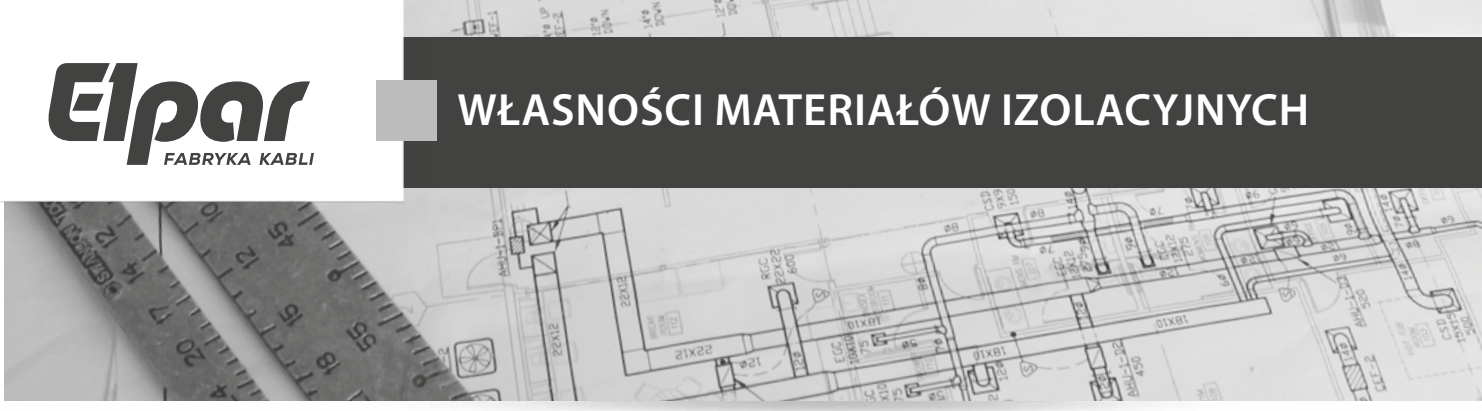
- dla obwodów jednofazowych:

$$S \geq \frac{200 \cdot I_B \cdot l \cdot R \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot \Delta U_{\%} \cdot U_{nf}}$$

- dla obwodów trójfazowych:

$$S \geq \frac{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_B \cdot l \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot \Delta U_{\%} \cdot U_{n}}$$

WŁASNOŚCI MATERIAŁÓW IZOLACYJNYCH



Własności termiczne materiałów izolacyjnych i powłokowych

	PVC	PVC ciepłoodporny	LDPE	HDPE	XLPE	PUR	Silikon
Temperatura pracy (°C)	-30 do 70	-20 do 105	-50 do 70	-50 do 100	-35 do 90	-55 do 80	-60 do 180
Temperatura topnienia (°C)	>140	>140	105-110	130		150	
Indeks tlenowy	23-42	23-42	≤22	≤22	≤22	20-26	25-35

Odporność chemiczna materiałów izolacyjnych i powłokowych

Rodzaj materiału	Stężenie	Temperatura do (°C)	PVC	PVC ciepłoodporny	PE	PUR	Silikon
Alkohol etylowy	100	20	-	-	+	o	+
Alkohol metylowy	100	20	o	o	+	o	+
Benzyna		50	-	-	-	+	o
Butan		20	+	+			o
Glikol etylenowy		50	+	+		+	
Kwas solny skon.	100	20	-	-	+	-	-
Kwas solny	10	20					+
Kwas siarkowy	50	50	+	+			
Kwas cytrynowy			+	+		o	+
Kwas octowy	20	20	o	o			+
Ług sodowy	50	50	+	+			
Masło		50	+	+		o	+
Olej przekładniowy		100	+	+		o	+
Olej maszynowy		20	o	+		o	+
Olej napędowy (Diesel)			-	-		+	o
Olej silnikowy		120	+	+	-		+
Olej roślinny			+	+	+	+	+
Oliwa		50	+	+	+	+	+
Płyn hamulcowy			o	o		o	+
Rtęć	100	20	+	+	+	+	+
Woda morska		20	+	+		+	o

(+) **bardzo dobra,** (o) **średnia,** (-) **słaba**

Własności elektryczne materiałów izolacyjnych

Materiał izolacyjny	Wytrzymałość elektryczna kV/mm w temp. 20°C	Stała dielektryczna przy 50Hz i 20°C	Współczynnik strat dielektrycznych	Współczynnik strat dielektrycznych
Polwinit	25	3,5-6,5	0,1	10^{12}-10^{15}
Polwinit ciepłoodporny	25	3,5-6,5	0,1	10^{12}-10^{15}
Polwinit olejoodporny	25	3,5-6,5	0,1	10^{10}-10^{12}
Polietylen	70-85	2,3	0,0001-0,0003	10^{17}
Polietylen usieciowany	30	2,3	0,0005	10^{17}
Poliuretan	20	4-8	0,03-0,08	10^{10}-10^{13}

Klasy giętkości żył

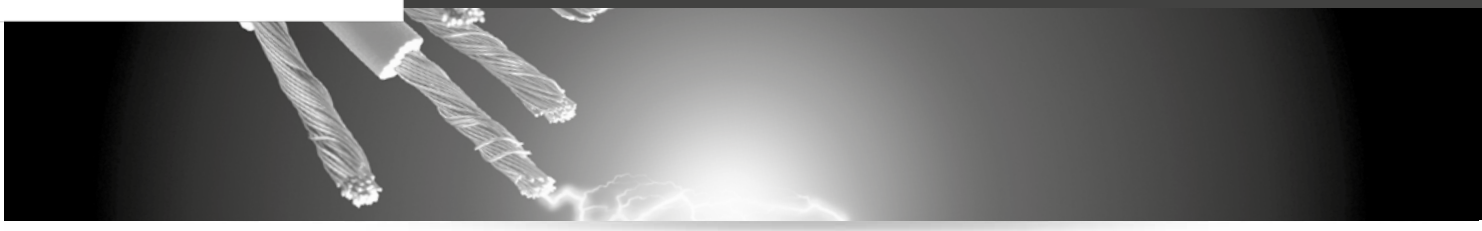
Przekrój [mm^2]	Klasa 2	Klasa 5	Klasa 6
0,14		~18 x 0,1	~18 x 0,1
0,25		~14 x 0,15	~32 x 0,1
0,34		~19 x 0,15	~42 x 0,1
0,5	7 x 0,3	~16 x 0,2	~28 x 0,15
0,75	7 x 0,37	~24 x 0,2	~42 x 0,15
1	7 x 0,43	~32 x 0,2	~56 x 0,15
1,5	7 x 0,52	~30 x 0,25	~84 x 0,15
2,5	7 x 0,67	~50 x 0,25	~140 x 0,15
4	7 x 0,85	~56 x 0,3	~224 x 0,15
6	7 x 1,05	~84 x 0,3	~192 x 0,2
10	7 x 1,35	~80 x 0,4	~320 x 0,2
16	7 x 1,70	~128 x 0,4	~512 x 0,2
25	7 x 2,13	~200 x 0,4	~800 x 0,2
35	7 x 2,52	~280 x 0,4	~1120 x 0,2
50	19 x 1,83	~400 x 0,4	~705 x 0,3
70	19 x 2,17	~356 x 0,5	~990 x 0,3
95	19 x 2,52	~485 x 0,5	~1340 x 0,3
120	37 x 2,03	~614 x 0,5	~1690 x 0,3
150	37 x 2,27	~765 x 0,5	~2123 x 0,3
185	37 x 2,52	~944 x 0,5	~1470 x 0,4
240	37 x 2,87	~1225 x 0,5	~1905 x 0,4
300	61 x 2,50	~1530 x 0,5	~2385 x 0,4

Norma PN-EN 60228 określa kilka klas giętkości żył.
Klasa 1: żyły wykonane jako pojedynczy drut w kablach przeznaczonych do ułożenia na stałe.
Klasa 2: żyły wielodrutowe dla przeznaczonych do układania na stałe.
Klasa 5: żyły wielodrutowe giętkie.
Klasa 6: bardzo giętkie żyły wielodrutowe.

Rezystancja żył

Przekrój [mm²]	Żyły miedziane [Ω/km] klasa 1 i klasa 2	Żyły miedziane [Ω/km] klasa 5 i klasa 6	Żyły miedziane ocynowane [Ω/km] klasa 1 i klasa 2	Żyły miedziane ocynowane [Ω/km] klasa 5 i klasa 6
0,14	–	~134	–	~138
0,25	–	~76	–	~79
0,34	–	~53	–	~56
0,5	36,0	39,0	36,7	40,1
0,75	24,5	26,0	24,8	26,7
1	18,1	19,5	18,2	20,0
1,5	12,1	13,3	12,2	13,7
2,5	7,41	7,98	7,56	8,21
4	4,61	4,95	4,70	5,09
6	3,08	3,30	3,11	3,39
10	1,83	1,91	1,84	1,95
16	1,15	1,21	1,16	1,24
25	0,727	0,780	0,734	0,795
35	0,524	0,554	0,529	0,565
50	0,387	0,386	0,391	0,393
70	0,268	0,272	0,270	0,277
95	0,193	0,206	0,195	0,210
120	0,153	0,161	0,154	0,164
150	0,124	0,129	0,126	0,132
185	0,0991	0,106	0,100	0,108
240	0,0754	0,0801	0,0762	0,0817
300	0,0601	0,0641	0,0607	0,0654

PARAMETRY ELEKTRYCZNE KABLI



HDGsekwf i HLGsekwf

Przekrój znamionowy żyły [mm²]	Maksymalny stosunek L/R µH/Ω	Pojemność żyła-żyła pF/m	Pojemność żyła-ekran pF/m
1	25	100	175
1,5	40	102	180
2,5	50	115	205

Maksymalna rezystancja żyły w temperaturze 20°C

Przekrój znamionowy żyły [mm²]	Żyły klasy 1		Żyły klasy 2		Żyły klasy 5	
	Cu	Cu ocynowana	Cu	Cu ocynowana	Cu	Cu ocynowana
1	18,1	18,2	18,1	18,2	19,5	20,0
1,5	12,1	12,2	12,1	12,2	13,3	13,7
2,5	7,41	7,56	7,41	7,56	7,98	8,21
4	4,61	4,70	4,61	4,70	4,95	5,09

Obciążalność prądowa, temperatura otoczenia 30°C, obciążalność prądowa i współczynniki korekcyjne wg PN-IEC60364-5-523:2001

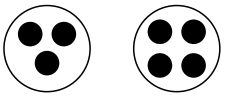
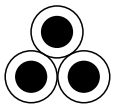
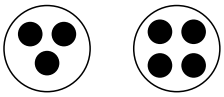
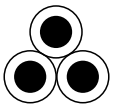
Kable ułożone bezpośrednio na uchwytach		
Przekrój żyły [mm²]	Kable 2-żyłowe, obwody jednofazowe prądu przemiennego lub stałego	Kable 3 i 4-żyłowe, obwody trójfazowe prądu przemiennego
	Dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa	Dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa
	(A)	(A)
1,0	19	17
1,5	24	22
2,5	33	30
4,0	45	40
Kable ułożone w rurach izolacyjnych w ścianach lub sufitach oraz w kanałach kablowych		
Przekrój żyły [mm²]	Kable 2-żyłowe, obwody jednofazowe prądu przemiennego lub stałego	Kable 3 i 4-żyłowe, obwody trójfazowe prądu przemiennego
	Dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa	Dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa
	(A)	(A)
1,0	14,5	13
1,5	18,5	16,5
2,5	25	22
4,0	33	30

Współczynniki korekcyjne dla temperatury otoczenia

Temperatura otoczenia (°C)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Współczynnik korekcyjny	1,00	0,96	0,91	0,87	0,82	0,76	0,71	0,65	0,58	0,50	0,41

NHXH, NHXCH, (N)HXH, (N)HXCH

obciążalność długotrwała dla kabli NHXH, NHXCH, (N)HXH, (N)HXCH (zgodnie z DIN VDE 0276-604 oraz DIN VDE 0276-627)

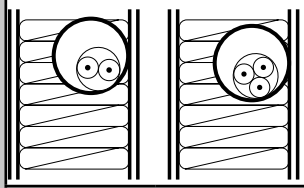
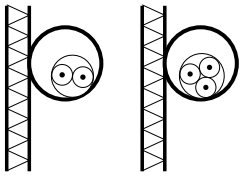
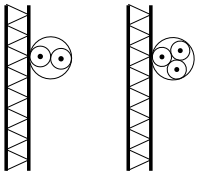
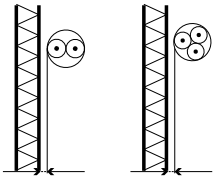
	NHXH			NHXCH	
Układ					
Liczba obciążonych żył	1	3	3	3	3
Przekrój żyły [mm²]	Ułożenie w powietrzu				
2	33	24	26	25	27
3	43	32	34	33	36
4	57	42	44	43	47
6	72	53	56	54	59
10	99	74	77	75	81
16	131	98	102	100	109
25	177	133	138	136	146
35	217	162	170	165	179
50	265	197	207	201	218
70	336	250	263	255	275
95	415	308	325	314	336
120	485	359	380	364	388
150	557	412	437	416	438
185	646	475	507	480	501
240	774	564	604	565	580
300	901		697		

Współczynniki korekcyjne dla przewodów wielożyłowych

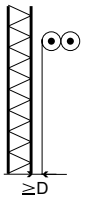
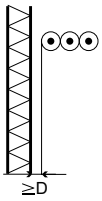
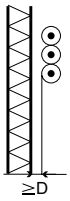
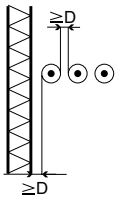
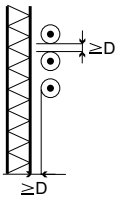
Ilość żył	Ułożenie w powietrzu
5	0,75
7	0,65
10	0,55
14	0,50
19	0,45
24	0,40
40	0,35
61	0,30

Temperatura żyły podczas zwarcia (°C)	Temperatura żyły na początku zwarcia (°C)							
	90	80	70	60	50	40	30	20
	Znamionowe gęstości prądu zwarciowego w A/mm² dla znamionowego czasu zwarcia wynoszącego 1s							
250	143	149	154	159	165	170	176	181

Obciążalność długotrwała dla kabli N2XH, N2XCH, (N)HXH, (N)HXCH (zgodnie z DIN VDE 0276-604 oraz DIN VDE 0276-627)

Metoda instalacji	N2XH, N2XCH							
	A2		B2		C		E	
								
	Wielożyłowe kable, w rurze izolacyjnej, w izolowanej cieplnie ścianie		Wielożyłowe kable ułożone w rurze izolacyjnej na ścianie		Kable jednożyłowe lub wielożyłowe na ścianie		Wielożyłowe kable w odstępie co najmniej 0,3 x D od ściany	
Liczba obciążonych żył	2	3	2	3	2	3	2	3
Przekrój żyły [mm²]	Obciążalność prądowa (A)							
1,5	18,5	16,5	22	19,5	24	22	26	23
2,5	25	22	30	26	33	30	36	32
4,0	33	30	40	35	45	40	49	42
6,0	42	38	51	44	58	52	63	54
10	57	51	69	60	80	71	86	75
16	76	68	91	80	107	96	115	100
25	99	89	119	105	138	119	149	127
35	121	109	146	128	171	147	185	158
50	145	130	175	154	209	179	225	192
70	183	164	221	194	269	229	289	246
95	220	197	265	233	328	278	352	298
120	253	227	305	268	382	322	410	346
150	290	259	-	-	441	371	473	399
185	329	295	-	-	506	424	542	456
240	386	346	-	-	599	500	641	538

Obciążalność długotrwała dla kabli N2XH, N2XCH, (N)HXH, (N)HXCH (zgodnie z DIN VDE 0276-604 oraz DIN VDE 0276-627)

N2XH, N2XCH					
Metoda instalacji	F			G	
	Jednożyłowe kable w odstępie co najmniej 1 x D od ściany				
	Stycznie			W odstępie D	
					
Liczba obciążonych żył	**2**	**3**	**3**	**3**	**3**
Przekrój żyły [mm²]	**Obciążalność prądowa (A)**				
25	161	141	135	182	161
35	200	176	169	226	201
50	242	216	207	275	246
70	310	279	268	353	318
95	377	342	328	430	389
120	437	400	383	500	454
150	504	464	444	577	527
185	575	533	510	661	605
240	679	634	607	781	719
300	783	736	703	902	833

OBCIĄŻALNOŚĆ PRĄDOWA DŁUGOTRWAŁA KABLI 0,6/1 KV

Warunki obliczeniowe

	Wartość
Temperatura dopuszczalna długotrwała żyły	
dla izolacji PVC	70°C
dla izolacji XLPE	90°C
Temperatura żyły dopuszczalna przy zwarciach	
PVC do 300 m²	160°C
PVC powyżej 300 m²	140°C
XLPE	250°C
Temperatura otoczenia	
ziemi	+20°C
powietrza	+25°C
Współczynnik obciążenia kabli w ziemi	0,7 m
Głębokość ułożenia w ziemi	0,7 m
Odstęp pojedynczych kabli ułożonych na płasko	70 mm

Kable wielożyłowe

Obciążalność długotrwała kabli ułożonych w ziemi

Przekrój żyły roboczej [mm²]	Obciążalność długotrwała kabli (A)	
	o izolacji PVC	o izolacji XLPE
1	18	21
1,5	26	30
2,5	34	40
46	44	52
10	56	64
16	75	86
25	98	111
35	128	143
50	157	173
70	185	205
95	228	252
120	275	303
150	313	346
185	353	390
240	399	441

Obciążalność długotrwała kabli ułożonych w powietrzu

Przekrój żyły roboczej [mm^2]	Obciążalność długotrwała kabli (A)	
	o izolacji PVC	o izolacji XLPE
1	15	19
1,5	19,5	25
2,5	26,5	33
4	36	43
6	45	55
10	63	76
16	85	100
25	112	135
35	138	166
50	168	202
70	214	256
95	258	317
120	299	369
150	343	423
185	393	487
240	462	573
300	510	663

Współczynniki korekcyjne dla kabli wielożyłowych

Ilość żył	Ziemia	Powietrze
57	0,70	0,75
10	0,60	0,65
14	0,50	0,55
19	0,45	0,50
24	0,40	0,45
40	0,35	0,40
61	0,30	0,35

Kable jednożyłowe

Obciążalność długotrwała kabli ułożonych w ziemi

Przekrój żyły roboczej [mm²]	Obciążalność długotrwała kabli (A)			
	o izolacji PVC		o izolacji XLPE	
1	18	22	22	27
1,5	25	29	32	39
2,5	33	39	43	51
4	43	51	55	66
6	55	65	68	82
10	75	88	90	109
16	107	127	115	139
25	137	163	149	179
35	165	195	178	213
50	195	230	211	251
70	239	282	259	307
95	287	336	310	366
120	326	382	352	416
150	366	428	396	465
185	414	483	449	526
240	481	561	521	610
300	542	632	587	689

Obciążalność długotrwała kabli ułożonych w powietrzu

Przekrój żyły roboczej [mm²]	Obciążalność długotrwała kabli (A)			
	o izolacji PVC		o izolacji XLPE	
1	18	23	22	28
1,5	21	26,5	26	33
2,5	28	36	35	43
4	39	47	45	58
6	50	60	59	73
10	70	82	80	99
16	94	109	106	133
25	125	145	144	180
35	156	179	176	220
50	186	218	216	268
70	237	276	275	341
95	287	340	339	420
120	332	396	396	490
150	382	453	455	562
185	436	523	527	651
240	513	625	630	779
300	582	718	725	898

Dopuszczalne 1-sekundowe gęstości prądów zwarcia [A/mm²] w zależności od początkowej temperatury żyły roboczej kabli o izolacji PVC

Kable Cu o przekroju:	Temperatura żyły podczas zwarcia (°C)	Temperatura żyły roboczej na początku zwarcia (°C)					
		70	60	50	40	30	20
		Gęstość 1-sekundowego prądu zwarcia [A/mm²]					
≤ 300 mm²	160	115	122	129	136	143	150
> 300 mm²	140	103	111	118	126	133	140

Dopuszczalne 1-sekundowe gęstości prądów zwarcia [A/mm²] w zależności od początkowej temperatury żyły roboczej kabli o izolacji XLPE

Temperatura żyły podczas zwarcia (°C)	Temperatura żyły roboczej na początku zwarcia (°C)							
	90	80	70	60	50	40	30	20
	Gęstość 1-sekundowego prądu zwarcia [A/mm²]							
250	143	149	154	159	165	170	176	181

Współczynniki korygujące obciążalność długotrwałą kabli w zależności od temperatury otoczenia

Temperatura otoczenia (°C)	Współczynniki przeliczeniowe			
	Kable ułożone w ziemi		Kable ułożone w powietrzu	
	PVC	XLPE	PCV	XLPE
10	1,10	1,07	1,15	1,12
15	1,05	1,04	1,10	1,08
20	1,00	1,00	1,06	1,04
25	0,95	0,95	1,00	1,00
30	0,89	0,93	0,94	0,96
35	0,84	0,89	0,89	0,92
40	0,77	0,85	0,82	0,87
45	0,71	0,80	0,76	0,83
50	0,63	0,76	0,68	0 ,79

DOBÓR KABLI PRZEKSZTAŁTNIKOWYCH DO MOCY PRZEKSZTAŁTNIKA

Moc [kW]	2YSLCY-J; 2YSLCYn-J; 2YSLCH-J; UV 2YSLCYK-J 3plus-2YSLCY-J; 3plus-2YSLCYn-J; 3plus-2YSLCH-J UV 3plus-2YSLCYK-J		2XSLCY-J; 2XSLCYn-J; 2XSLCH-J; UV 2XSLCYK-J 3plus-2XSLCY-J; 3plus-2XSLCYn-J 3plus-2XSLCH-J; UV 3plus-2XSLCYK-J	
	Przekrój [n x mm²]			
	niesymetryczny	symetryczny	niesymetryczny	symetryczny
0,18	4 G 1,5	3 x 1,5 + 3 G 0,25	4 G 1,5	3 x 1,5 + 3 G 0,25
0,25	4 G 1,5	3 x 1,5 + 3 G 0,25	4 G 1,5	3 x 1,5 + 3 G 0,25
0,37	4 G 1,5	3 x 1,5 + 3 G 0,25	4 G 1,5	3 x 1,5 + 3 G 0,25
0,55	4 G 1,5	3 x 1,5 + 3 G 0,25	4 G 1,5	3 x 1,5 + 3 G 0,25
1,1	4 G 1,5	3 x 1,5 + 3 G 0,25	4 G 1,5	3 x 1,5 + 3 G 0,25
1,5	4 G 1,5	3 x 1,5 + 3 G 0,25	4 G 1,5	3 x 1,5 + 3 G 0,25
2,2	4 G 2,5	3 x 2,5 + 3 G 0,5	4 G 2,5	3 x 2,5 + 3 G 0,5
3	4 G 2,5	3 x 2,5 + 3 G 0,5	4 G 2,5	3 x 2,5 + 3 G 0,5
4	4 G 4	3 x 4 + 3 G 0,75	4 G 4	3 x 4 + 3 G 0,75
5,5	4 G 4	3 x 4 + 3 G 0,75	4 G 4	3 x 4 + 3 G 0,75
7,5	4 G 4	3 x 4 + 3 G 0,75	4 G 4	3 x 4 + 3 G 0,75
11	4 G 6	3 x 6 + 3 G 1	4 G 6	3 x 6 + 3 G 1
15	4 G 10	3 x 10 + 3 G 1,5	4 G 10	3 x 10 + 3 G 1,5
18,5	4 G 16	3 x 16 + 3 G 2,5	4 G 10	3 x 10 + 3 G 1,5
22	4 G 25	3 x 25 + 3 G 4	4 G 16	3 x 16 + 3 G 2,5
30	4 G 25	3 x 25 + 3 G 4	4 G 25	3 x 25 + 3 G 4
37	4 G 35	3 x 35 + 3 G 6	4 G 25	3 x 25 + 3 G 4
45	4 G 35	3 x 35 + 3 G 6	4 G 35	3 x 35 + 3 G 6
55	4 G 50	3 x 50 + 3 G 10	4 G 35	3 x 35 + 3 G 6
75	4 G 70	3 x 70 + 3 G 10	4 G 70	3 x 70 + 3 G 10
90	4 G 95	3 x 95 + 3 G 16	4 G 70	3 x 70 + 3 G 10
110	4 G 120	3 x 120 + 3 G 16	4 G 95	3 x 95 + 3 G 16
132	4 G 150	3 x 150 + 3 G 25	4 G 120	3 x 120 + 3 G 16
160	4 G 185	3 x 185 + 3 G 35	4 G 150	3 x 150 + 3 G 25
200	4 G 240	3 x 240 + 3 G 50	4 G 185	3 x 185 + 3 G 35

Obciążalność prądowa długotrwała kabli o izolacji silikonowej

Przekrój [mm^2]	Grupa A obciążalność (A)	Grupa B obciążalność (A)	Grupa C obciążalność (A)
0,25	2,8	-	5
0,5	6	7	10
0,75	9	12	15
1	12	15	19
1,5	16	18	24
2,5	21	26	32
4	28	34	42
6	36	44	54
10	49	61	73
16	65	82	98
25	85	108	129
35	105	135	158
50	140	168	198
70	175	207	245
95	210	250	292
120	250	292	344
150	-	335	391
185	-	382	448
240	-	453	528
300	-	523	608

Grupa A: Kable jednożyłowe ułożone pojedynczo lub w wiązkach w kanałach kablowych.
Grupa B: Kable wielożyłowe ułożone w powietrzu lub wentylowanych trasach kablowych.
Grupa C: Kable jednożyłowe ułożone w powietrzu z odstępem równym co najmniej średnicy kabla.

Współczynniki korekcyjne dla temperatury otoczenia powyżej 150°C

Temperatura (°C)	Współczynnik korekcyjny
do 150	1
151 do155	0,91
156 do 160	0,82
161 do 165	0,71
166 do 170	0,58
171 do 175	0,41

KOLORYSTYKA IZOLACJI ŻYŁ W KABLACH

Kolory izolacji żył, kable LiHH, LiHH-P, LiHCH kod kolorów zgodnie z DIN 47100

Nr żyły	Kolor	Nr żyły	Kolor	Nr żyły	Kolor
1	biały	17	biały/szary	33	zielony/czerwony
2	brązowy	18	szary/brązowy	34	żółty/czerwony
3	zielony	19	biały/różowy	35	zielony/czarny
4	żółty	20	różowy/brązowy	36	żółty/czarny
5	szary	21	biały/niebieski	37	szary/niebieski
6	różowy	22	brązowy/niebieski	38	różowy/niebieski
7	niebieski	23	biały/czerwony	39	szary/czerwony
8	czerwony	24	brązowy/czerwony	40	różowy/czerwony
9	czarny	25	biały/czarny	41	szary/czarny
10	fioletowy	26	brązowy/czarny	42	różowy/czarny
11	szary/różowy	27	szary/zielony	43	niebieski/czarny
12	czerwony/niebieski	28	żółty/szary	44	czerwony/czarny
13	biały/zielony	29	różowy/zielony		
14	brązowy/zielony	30	żółty/różowy		
15	biały/żółty	31	zielony/niebieski		
16	żółty/brązowy	32	żółty/niebieski		

Kod kolorów zgodnie z DIN 47100 dla kabli o żyłach parowanych

Nr pary	Kolor żyły - a	Kolor żyły - b	Nr pary	Kolor żyły - a	Kolor żyły - b
1	biały	brązowy	13	biały/czarny	brązowy/czarny
2	zielony	żółty	14	szary/zielony	żółty/szary
3	szary	różowy	15	różowy/zielony	żółty/różowy
4	niebieski	czerwony	16	zielony/niebieski	żółty/niebieski
5	czarny	fioletowy	17	zielony/czerwony	żółty/czerwony
6	szary/różowy	czerwony/niebieski	18	zielony/czarny	żółty/czarny
7	biały/zielony	brązowy/zielony	19	szary/niebieski	różowy/niebieski
8	biały/żółty	żółty/brązowy	20	szary/czerwony	różowy/czerwony
9	biały/szary	szary/brązowy	21	szary/czarny	różowy/czarny
10	biały/różowy	różowy/brązowy	22	niebieski/czarny	czerwony/czarny
11	biały/niebieski	brązowy/niebieski			
12	biały/czerwony	brązowy/czerwony			

Wyróżnianie żył w parach i par oraz kolejność ułożenia par w ośrodku warstwowym dla przewodów HTKSHmika; HTKSHmika ekw; HTKSH; HTKSHekw

Numer kolejny wiązki	Barwy izolacji żył	
	Żyła a	Żyła b
1	*2*	*3*
1	biała	niebieska
2		pomarańczowa
3		zielona
4		brązowa
5		szara
6	czerwona	niebieska
7		pomarańczowa
8		zielona
9		brązowa
10		szara
11	czarna	niebieska
12		pomarańczowa
13		zielona
14		brązowa
15		szara
16	żółta	niebieska
17		pomarańczowa
18		zielona
19		brązowa
20		szara

Kolorystyka żył kabli HDGs(żo); HDGsekwf(żo); HLGs(żo); HLGsekwf(żo)

Liczba żył w kablu	Barwy izolacji żył	
	Z żyłą ochronną	Bez żyły ochronnej
2	-	niebieska, brązowa
3	zielono-żółta, niebieska, brązowa	czarna, brązowa, szara
		niebieska, brązowa, czarna
4	zielono-żółta, brązowa, czarna, szara	niebieska, brązowa, czarna, szara
	zielono-żółta, niebieska, brązowa, czarna	
5	zielono-żółta, niebieska, brązowa, czarna, szara	niebieska, brązowa, czarna, szara, czarna
Większa niż 5	w warstwie zewnętrznej: zielono-żółta (żyła licznikowa), niebieska (żyła kierunkowa) pozostałe żyły - kolor dowolny za wyjątkiem zielonego, żółtego, brązowego i niebieskiego w innych warstwach: brązowa (żyła licznikowa), niebieska (żyła kierunkowa), pozostałe żyły - kolor dowolny za wyjątkiem zielonego, żółtego, brązowego i niebieskiego	w każdej warstwie: brązowa (żyła licznikowa), niebieska (żyła kierunkowa), pozostałe żyły - kolor dowolny za wyjątkiem zielonego, żółtego, brązowego i niebieskiego

Kolorystyka żył dla kabli NKGs(żo)

Liczba żył w kablu	Barwy izolacji żył	
	Z żyłą ochronną	Bez żyły ochronnej
1	zielono-żółta	czarna
2	-	niebieska, brązowa
3	zielono-żółta, niebieska, brązowa	brązowa, czarna, szara
4	zielono-żółta, brązowa, czarna, szara	niebieska, brązowa, czarna, szara
5	zielono-żółta, niebieska, brązowa, czarna, szara	niebieska, brązowa, czarna, szara, czarna
Powyżej 5	w warstwie zewnętrznej zielono-żółta, pozostałe żyły czarne numerowane	wszystkie żyły czarne numerowane

Kolorystyka żył kabli NHXMH-J(-O); N2XH-J(-O)

Liczba żył w kablu	Barwy izolacji żył	
	Z żyłą ochronną	Bez żyły ochronnej
1	zielono-żółta	czarna
2	-	niebieska, brązowa
3	zielono-żółta, niebieska, brązowa	niebieska, brązowa, czarna
		brązowa, czarna, szara
4	zielono-żółta, brązowa, czarna, szara	niebieska, brązowa, czarna, szara
	zielono-żółta, niebieska, brązowa, czarna	
5	zielono-żółta, niebieska, brązowa, czarna, szara	niebieska, brązowa, czarna, szara, czarna
Powyżej 5	numerowane, zielono-żółta	numerowane

Kolorystyka żył kabli N2XCH

Liczba żył w kablu	Barwy izolacji żył
1	czarna
2	niebieska, brązowa
3	brązowa, czarna, szara
4	niebieska, brązowa, czarna, szara
5	niebieska, brązowa, czarna, szara, czarna
Powyżej 5	numerowane

Elpar
FABRYKA KABLI

Fabryka Kabli ELPAR Sp. z o.o.

ul. Laskowska 1
21-200 Parczew
+ 48 83 355 03 38
+ 48 83 355 18 88
info@elpar.pl

ul. Szafirowa 9
16-400 Suwałki
+ 48 87 565 41 30
+ 48 87 565 41 50
suwalki@elpar.pl