

# OGRANICZANIE PRZEPIĘĆ W SYSTEMACH PRZESYŁU SYGNAŁÓW



## KOORDYNACJA UKŁADANIA INSTALACJI NISKONAPIĘCIOWYCH W NOWOCZESNYCH OBIEKTACH BUDOWLANYCH

Andrzej W. Sowa

W obiekcie budowlanym poprawne ułożenie linii przesyłu sygnałów, przewodów instalacji elektrycznej oraz przewodzących elementów urządzenia piorunochronnego powinno zapewnić:

- ograniczenie sprzężeń wzajemnych między różnego rodzaju instalacjami,
- ograniczenie przepięć atmosferycznych indukowanych,
- eliminację przeskoków iskrowych do instalacji wewnątrz obiektu podczas bezpośrednich wyładowań piorunowych w obiekt.

Szczegółowe omówienie wszelkich zasad poprawnego okablowywania obiektu przekracza ramy niniejszego artykułu. Poniżej ograniczono zakres tematyczny tylko do przedstawienia kilku podstawowych zaleceń, których zastosowanie zwiększy bezpieczeństwo pracy urządzeń systemów elektronicznych.

Wykorzystując dostępne dane literaturowe, szczegółowo przeanalizowano zalecenia określające wymagane odstępstwa pomiędzy różnego rodzaju instalacjami układanymi wewnątrz obiektów budowlanych.

### 1. Ogólne zasady układania przewodów w obiekcie budowlanym

Okablowanie wewnątrz obiektu budowlanego prowadzić należy pod posadzką, wzdłuż (na lub obok) elementów wyrównywania potencjałów (np. siatki, blachy, kątowniki), do których dołączone są przewody uziemiające urządzeń. Elementy uziemione powinny być połączone z uziemieniem obiektu przewodami o możliwie najmniejszej impedancji.

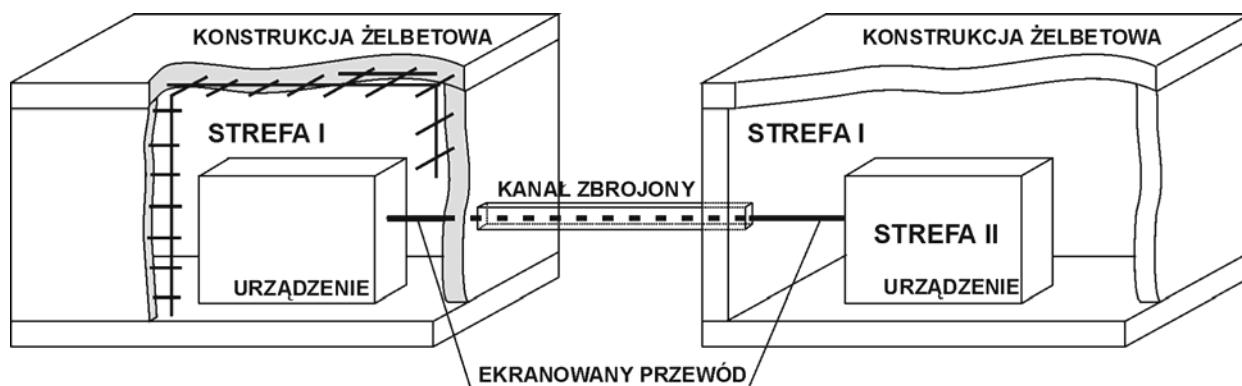
W przypadku szczególnie wrażliwych urządzeń elektronicznych uziemionym elementem, wzdłuż którego prowadzone są przewody, powinna być blacha miedziana o grubości umożliwiającej osiągnięcie tego samego potencjału w całym pomieszczeniu.

Optymalnym sposobem ochrony jest układanie przewodów (na całej ich długości) w metalowych korytkach, rurach kablowych metalowych (żelbetowych) kanałach lub stosowanie kabli ekranowanych. Jest to szczególnie istotne przy stosowaniu strefowej koncepcji ochrony przeciwzakłóceńowej.

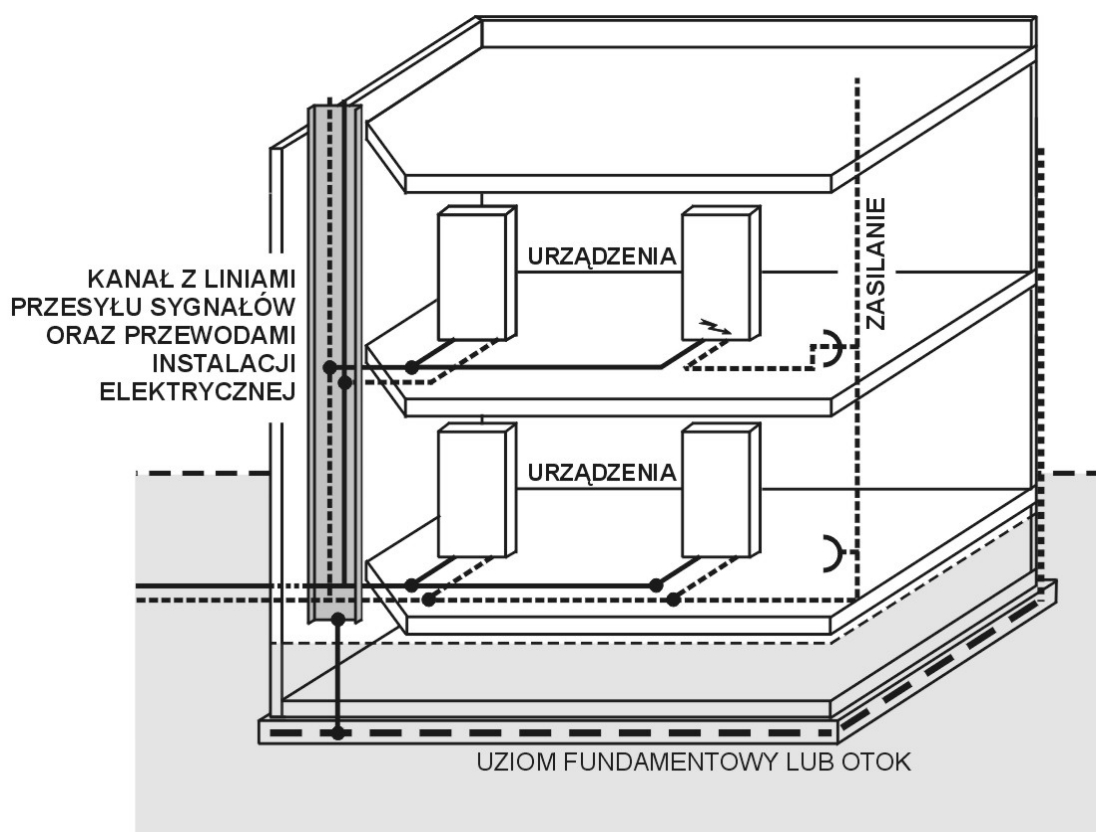
Takie ułożenie przewodów umożliwia połączenia pomiędzy obszarami należącymi do tych samych stref (rys. 1.).

Analizując zagrożenie przepięciowe urządzeń należy zwrócić uwagę na „pętle” tworzone z przewodów sieci zasilającej, linii przesyłu sygnałów, przewodzących elementów konstrukcyjnych budynku, sieci wodnokanalizacyjnej, CO, itp.

Przykład nieprawidłowego ułożenia przewodów wewnątrz obiektu budowlanego przedstawiono na rys. 2 [8].



**Rys. 1.** Układanie przewodów pomiędzy ekranowanymi pomieszczeniami



**Rys. 2.** Napięcia indukowane w pętli tworzonej przez przewody instalacji elektrycznej oraz linie transmisji sygnałów

W przedstawionym układzie połączeń zewnętrzne lub wewnętrzne zmienne pole magnetyczne indukuje napięcia w pętli tworzonej przez przewody instalacji elektrycznej i linie przesyłu sygnałów.

Wartości indukowanych napięć uzależnione są od pola powierzchni pętli, przez które przenika strumień magnetyczny oraz od szybkości zmian tego strumienia w czasie.

Jeżeli w obwodzie nie można uniknąć tworzenia dużych pętli, to przewody przesyłu sygnałów należy układać w rurkach lub też stosować dodatkowe przewody (taśmy) miedziane układane w bezpośrednim sąsiedztwie układu przewodów tworzących pętle. Układając przewody w ten sposób otrzymujemy "zwarte" pętle tworzone przez dodatkowe przewody (taśmy). W pętlach tych zewnętrzne pole magnetyczne indukuje prądy udarowe.

W miejscach ułożenia przewodów wypadkowa wartość natężenia pola magnetycznego ulega zmniejszeniu, gdyż jest równa różnicy natężenia zewnętrznego pola zakłócającego oraz pola wywołanego przez prąd udarowy płynący w pętłach.

Nie należy układać przewodów sygnałowych i zasilających równoległe do przewodów instalacji odgromowej lub przewodzących elementów konstrukcyjnych wykorzystywanych do odprowadzania prądu piorunowego.

Jeśli warunki występujące w obiekcie stwarzają konieczność takiego układania to należy stosować ekranowane linie transmisji sygnałów lub układać je w metalowych kanałach oraz ograniczyć do minimum ich równoległy przebieg.

W przypadku równoległego układania w odległości nie mniejszej od ok. 1 m od siebie linii przesyłu sygnałów i przewodów instalacji piorunochronnej sugerowana dopuszczalna długość odcinków ich równoległego ułożenia może wynosić:

- **2 m** w przypadku przewodów dochodzących do szczególnie wrażliwych urządzeń elektronicznych,
- **10 m** w pozostałych przypadkach.

Przykłady typowych, prostych sposobów ograniczania zagrożeń wywołanych przez oddziaływanie zewnętrznego pola elektromagnetycznego wywołanego np. przez prądy doziemnego wyładowania piorunowego zestawiono w tabeli 1.

Przewody transmisji sygnałów między kondygnacjami powinny być układane w biegnących pionowo ekranowanych kanałach (szybach, traktach). Jeśli jest to możliwe to kanału nie należy umieszczać przy zewnętrznych ścianach budynku w sąsiedztwie przewodów odprowadzających. Optymalnym rozwiązaniem jest kanał biegnący w środku obiektu, możliwie najdalej od przewodów, w których popłynąć może prąd piorunowy.

Jeżeli przewody transmisji sygnałów i zasilania nie są umieszczone w metalowych korytkach, rurach lub kanałach, to należy je układać możliwie najbliżej siebie (zachowując odległości uniemożliwiające wystąpienie przeników) i prowadzić trasą możliwie najkrótszą. W ten sposób unikamy tworzenia z przewodów pętli, w których mogłyby indukować się przepięcia.

W obiektach wielokondygnacyjnych, w których uwzględniane jest zagrożenie piorunowe, należy unikać rozmieszczania rozbudowanych systemów elektronicznych na najwyższych kondygnacjach (1- 3 górnych kondygnacji).

## 2. Odstęp między przewodami różnych instalacji

Ograniczanie pętli, w których pole magnetyczne wywołane przez prąd piorunowy indukuje napięcia, wymaga maksymalnego zbliżania do siebie układów przewodów. Zbliżając przewody należy uwzględnić możliwości wzajemnych oddziaływań pomiędzy nimi.

Początkowo, przedstawiając informacje dotyczące dopuszczalnych zbliżeń pomiędzy układami przewodów, uwzględniano oddziaływanie przewodów instalacji elektrycznej i linii przesyłu sygnałów, głównie kabli telekomunikacyjnych.

Szczególne uwagi zwracano na różnice występujące w przypadkach:

- stosowania ekranowanych i nieekranowanych kabli,
- układania kabli w różnorodnych kanałach.
- przepływu prądów o różnych wartościach w przewodach instalacji elektrycznej.

Przykłady zalecanych odstępów zestawiono w tabeli 2.

Przedstawione zalecenia są bardzo ogólne. Brak informacji o typach kabli, sposobach przesyłu sygnałów oraz o podstawowych parametrach przesyłanych sygnałach.

**Tabela 1. Typowe sposoby ograniczania napięć indukowanych w układach przewodów**

	<p>Urządzenia elektroniczne w metalowych obudowach (osłonach). Przewody instalacji elektrycznej oraz linie transmisji sygnałów tworzą duże pętle, w których mogą indukować się napięcia o znacznych wartościach szczytowych.</p>
	<p>Urządzenia elektroniczne w metalowych obudowach (osłonach). Przewody instalacji elektrycznej oraz linie transmisji sygnałów tworzą duże pętle. Ograniczanie napięć indukowanych w pętlach uzyskano wykorzystując ekranujące właściwości instalacji piorunochronnej połączonych prętów zbrojeniowych obiektu, metalowego dachu i fasady.</p>
	<p>Urządzenia elektroniczne w metalowych obudowach (osłonach). Przewody instalacji elektrycznej oraz linie transmisji sygnałów poprawnie ułożone nie tworzą pętli.</p>
	<p>Urządzenia elektroniczne w metalowych obudowach (osłonach). Przewody instalacji elektrycznej oraz linie transmisji sygnałów ułożone w metalowych kanałach lub zastosowane ekranowane przewody lub kable.</p>

**Tabela 2. Zalecane odstępy pomiędzy liniami telekomunikacyjnymi a przewodami instalacji elektrycznej [4]**

Warunki prowadzenia kabli	P < 2 kVA	5 kVA > P > 2 kVA	P > 5 kVA
Nieekranowane linie zasilające. Nieekranowane korytka kabli telekomunikacyjnych.	<b>127 mm</b>	<b>305 mm</b>	<b>610 mm</b>
Nieekranowane linie zasilające. Ekranowane metalowe korytka kabli telekomunikacyjnych.	<b>64 mm</b>	<b>152 mm</b>	<b>305 mm</b>
Linie zasilające i telekomunikacyjne prowadzone w oddzielnych uziemionych metalowych korytkach	-	<b>76 mm</b>	<b>152 mm</b>

Początkowo dane zestawione w tabeli 2 wykorzystywano również do koordynacji układania przewodów zasilających i okablowania strukturalnego (Tabela 3).

Porządkowanie zaleceń i wymagań dotyczących technik informatycznych objęło również planowanie i wykonawstwo instalacji informatycznych. W normach przedstawiających zasady okablowania informatycznego wewnątrz i na zewnątrz obiektów budowlanych uzależniono zasady rozdzielania kabli elektroenergetycznych i kabli przesyłu danych w zależności od warunków środowiska elektromagnetycznego [6, 7].

**Tabela 3. Minimalne odstępy pomiędzy kablami energetycznymi a okablowaniem strukturalnym [11]**

Minimalny odstęp od	< 2 kVA	2 - 5 kVA	> 5 kVA
Kable elektroenergetyczne bez ekranów	<b>125 mm</b>	<b>300 mm</b>	<b>600 mm</b>
Kable energetyczne prowadzone w uziemionych korytkach, rurach, itp.	<b>40 mm</b>	<b>75mm</b>	<b>150 mm</b>
Dodatkowo należy tak rozmieszczać trasy kabli, aby zapewnić ułożenie okablowania strukturalnego w następujących odległościach od układów zakłócających (odstępy minimalne):			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 300 mm - od oświetlenia wysokonapięciowego (świetlówki),</li> <li>• 1000 mm - od rozdzielni elektrycznych,</li> <li>• 1000 mm - od transformatorów i silników.</li> </ul>			

Wymagane dotyczące odstępów pomiędzy kablami elektroenergetycznymi i informatycznymi zestawiono w tabeli 4.

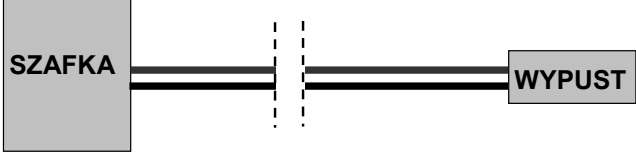
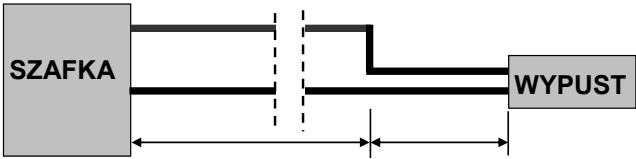
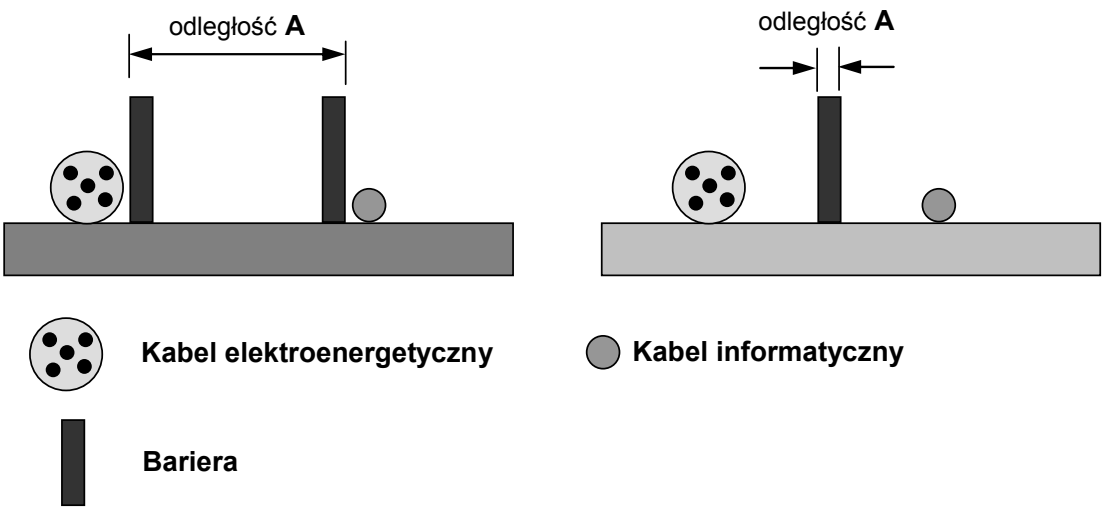
Dostępne są także zalecenia określające odstępy pomiędzy przewodami przesyłu sygnałów a kablami instalacji elektrycznej w zależności od długości równoległego ułożenia przewodów oraz sposobów ich układania (tabela 5).

Przedstawiane są również zalecenia określające wymagane odstępy pomiędzy przewodami z uwzględnieniem dokładnego określenia tras kabli, sposobów ich połączeń oraz parametrów przesyłanych sygnałów.

W latach osiemdziesiątych podjęto próbę określenia wymaganych odstępów pomiędzy kablami, które wykorzystywano w różnorodnych systemach elektrycznych i elektronicznych (napięcia/prądy o różnych wartościach szczytowych i częstotliwościach) o różnej wrażliwości na zakłócenia.

Początkowo podzielono obwody systemów elektrycznych i elektronicznych na cztery podstawowe grupy (tzw. 4 poziomy [11]).

**Tabela 4. Odstęp między kablami elektroenergetycznymi i informatycznymi [6]**

Środowisko elektromagnetyczne zgodne z wymaganiami zawartymi w normach serii PN-EN 50081 i PN-EN 50082.			
<p>1. Długość równoległego ułożenia jest mniejsza od 35 m.</p> <p>2. Kable informatyczne ekranowane.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>ROZDZIELENIE NIE JEST WYMAGANE</b></p>		
<p>1. Długość równoległego ułożenia jest większa od 35 m.</p> <p>2. Kable informatyczne ekranowane.</p>	 <p style="text-align: center;"><b>ROZDZIELENIE NA CAŁEJ DŁUGOŚCI Z WYJĄTKIEM OSTATNICH 15 M DOŁĄCZONYCH DO WYPUSTU</b></p>		
Środowisko elektromagnetyczne, w którym wymagania dotyczące emisji i odporności przewyższają poziomy zawarte w normach serii PN-EN 50081 i PN-EN 50082.			
Stosowane przewody	Wymagane odstęp między przewodami A		
	Bez separatora lub z separatorem niemetalowym	Separator aluminiowy	Separator stalowy
Nieekranowany kabel elektroenergetyczny i nieekranowany kabel informatyczny	<b>200 mm</b>	<b>100 mm</b>	<b>50 mm</b>
Nieekranowany kabel elektroenergetyczny i ekranowany kabel informatyczny	<b>50 mm</b>	<b>20 mm</b>	<b>5 mm</b>
Ekranowany kabel elektroenergetyczny i nieekranowany kabel informatyczny	<b>30 mm</b>	<b>10 mm</b>	<b>2 mm</b>
Ekranowany kabel elektroenergetyczny i ekranowany kabel informatyczny	<b>0 mm</b>	<b>0 mm</b>	<b>0 mm</b>
 <p style="text-align: center;"><b>WYMAGANE ODLEGŁOŚCI A W PRZYPADKACH ZASTOSOWANIA SEPARATORÓW</b></p>			

Zestawienie wymaganych odstępów między kablami poszczególnych poziomów zestawiono w tabeli 6.

**Tabela 5. Zalecane odstęp między przewodami zasilającymi a liniami przesyłu sygnałów**

Sposób układania przewodów	Długość równoległego ułożenia przewodów	Minimalna odległość pomiędzy kablami zasilającymi i sygnałowymi	
		Przekrój kabla zasilającego 35 mm <sup>2</sup>	Przekrój kabla zasilającego < 35 mm <sup>2</sup>
W kanale	dowolna	<b>400 mm</b>	<b>200 mm</b>
W stalowej rurze	dowolna	<b>200 mm</b>	<b>100 mm</b>
Nieekranowane na ścianie	< 5m	<b>0 mm</b>	<b>0 mm</b>

**Tabela 6. Odstępy pomiędzy przewodami ułożonymi w korytkach i rurach (wartości w calach)**

POZIOM	1	2	3	4
1	<b>0 / 0 / 0</b>	<b>* / 1 / 1</b>	<b>6 / 4 / 3</b>	<b>26 / 18 / 12</b>
2	<b>* / 1 / 1</b>	<b>0 / 0 / 0</b>	<b>6 / 4 / 3</b>	<b>18 / 12 / 9</b>
3	<b>6 / 4 / 3</b>	<b>6 / 4 / 3</b>	<b>0 / 0 / 0</b>	<b>** / 0 / 0</b>
4	<b>26 / 18 / 12</b>	<b>18 / 12 / 9</b>	<b>** / 0 / 0</b>	<b>0 / 0 / 0</b>

**Odstęp 1/ odstęp 2/ odstęp 3** - oznacza odpowiednio odstęp w układach korytko – korytko, korytko - rura, rura - rura.

\* - kable mogą być układane we wspólnym korytku, ale należy zastosować stalową uziemioną barierę. Lepszym rozwiązaniem jest układanie przy przeciwległych ściankach korytka z zachowaniem odstęp ok. 25 mm.

\*\* - wewnątrz puszek przelotowych i przyłączowych należy zastosować uziemione przegrody pomiędzy kablami obu poziomów.

**POZIOM 1** - Systemy bardzo wrażliwe na zakłócenia, sygnały analogowe poniżej 50 V i cyfrowe poniżej 16 V.

**POZIOM 2** - Systemy o średniej wrażliwości na zakłócenia, sygnały analogowe powyżej 50 V, obwody przekaźnikowe.

**POZIOM 3** – Systemy o małej wrażliwości na zakłócenia, sygnały łączeniowe powyżej 50 V, sygnały analogowe większe od 50 V, sygnały sterujące mniejsze o napięciach mniejszych niż 50 V i prądach mniejszych od 20 A, zasilanie Ac mniejsze niż 20 A.

**POZIOM 4** – Zasilanie stało- i zmiennoprądowe do 1000 V i 20 - 800 A.

Obecnie wyodrębniono 6 grup (klas) i bardziej szczegółowo scharakteryzowano właściwości kabli i parametry sygnałów w każdej z tych grup (Tabela 7).

Unikanie wzajemnego oddziaływania wymaga zachowania odpowiednich odstępów pomiędzy kablami poszczególnych klas. Przykłady równoległego ułożenia kabli na przewodzącym podłożu (kanale) przedstawiono na rys. 3 i 4.

Wykorzystując informacje przedstawione na rys. 3 należy uwzględnić następujące uwagi:

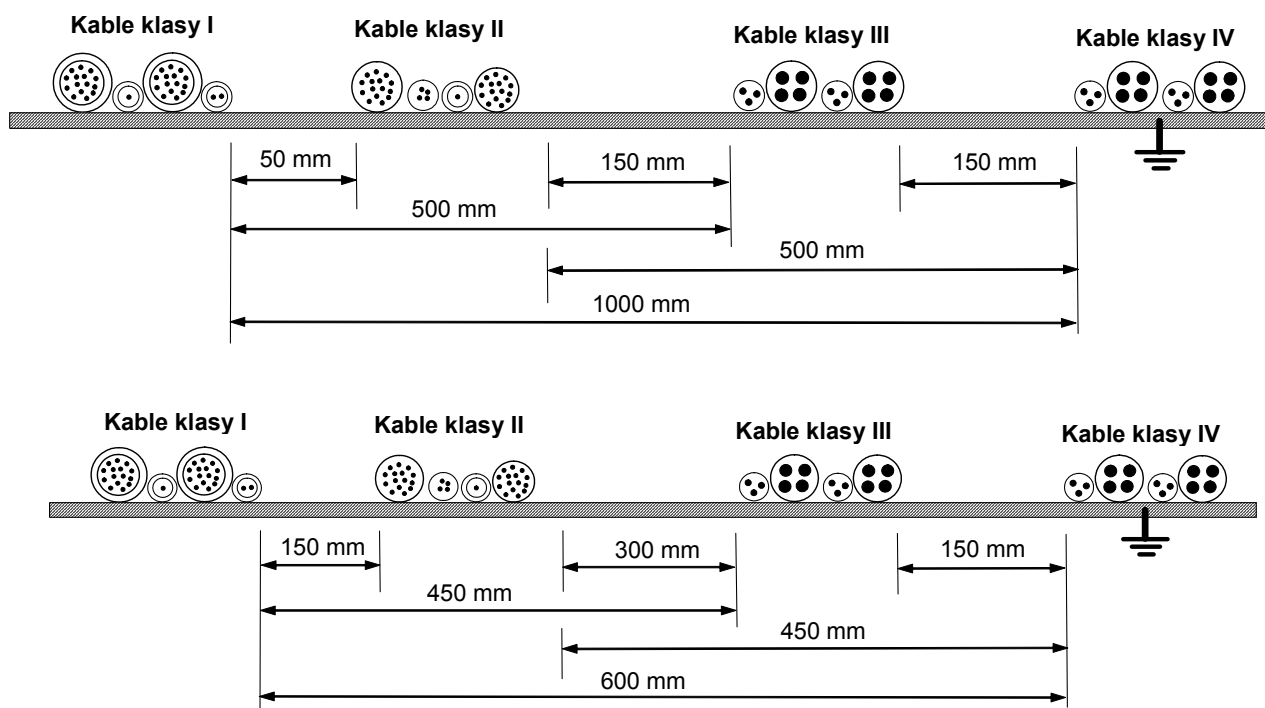
- przedstawione odległości są zalecane w przypadkach kabli ułożonych równolegle na odcinku dochodzącym do 30 m.
- w przypadku dłuższych równoległych tras kablowych minimalne odstęp można wyznaczyć mnożąc przedstawione odstęp przez  $L/30$  ( $L$  – długość analizowanej trasy kablowej w metrach).

W przedstawionych przykładach zakładano układanie obok siebie kabli tej samej klasy.

W przypadku klasy I sugerowane jest wprowadzenie odstępów (ok. 10 mm) np. pomiędzy kablami wykorzystywanymi do przesyłu czułych sygnałów analogowych i sygnałów cyfrowych.

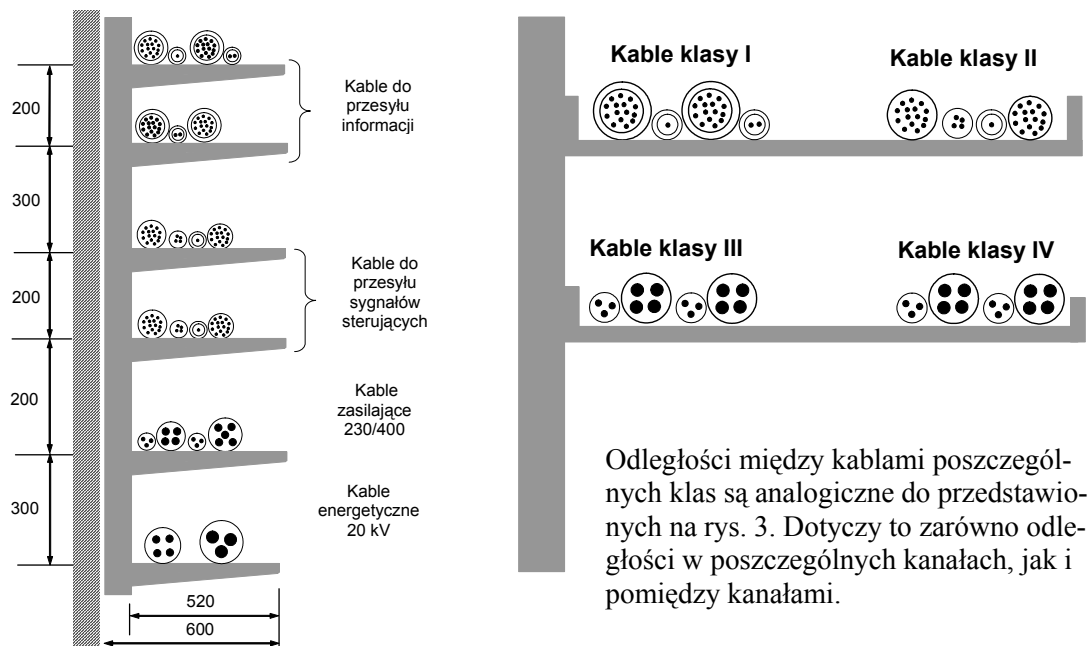
**Tabela 7. Charakterystyka kabli poszczególnych klas [4, 5]**

Klasa kabli	Charakterystyka
Kable klasy I	<b>Bardzo czułe sygnały.</b> Klasa ta obejmuje kable stosowane do wszystkich sygnałów niskiego poziomu (sygnały analogowe mniejsze od 1V, 1 mA lub, gdy źródło ma impedancję wyższą niż 1 kΩ a sygnał ma częstotliwość większą niż 1 MHz). Kable tej klasy to dobrze ekranowane skręcone pary przewodów gdzie przy doprowadzeniach sygnału ekran jest łączony na całej powierzchni. W przypadku ułożenia tych kabli bliżej niż 1m do średniego lub wysokonapięciowego kabla (ponad 1 kV) powinny być ułożone wewnątrz okrywającej metalowej obudowy
Kable klasy II	<b>Mniej wrażliwe sygnały.</b> Kable tej klasy wykorzystywane są do sygnałów 4-20 mA, 0-10 V, częstotliwość mniejsza niż 1 MHz. Do przesyłu sygnałów wykorzystuje się kable ekranowane – skręcone.
Kable klasy III	<b>Mało zakłócające sygnały.</b> Są to kable sterujące z rezystancyjnym lub indukcyjnym obciążeniem. Kable tej klasy mogą być ekranowane, wielożyłowe lub składające się z pojedynczych żył, dobrze jak są skręcone.
Kable klasy IV	<b>Silnie zakłócające sygnały.</b> Kable do zasilania silników, indukcyjności, przekaźników, przetworników tyrystorowych. Są to kable ekranowane (w płaszczach stalowych) lub nieekranowane.
Kable klasy V	<b>Kable średniego napięcia</b>
Kable klasy VI	<b>Kable wysokiego napięcia.</b>



**Rys. 3. Odległości między przewodami w kanale kablowym[4, 5]**





**Rys. 4.** Przykładowe odległości pomiędzy kablami sygnałowymi i zasilającymi

Układając kable wewnątrz obiektów budowlanych należy również przestrzegać kilku prostych zestawionych poniżej zaleceń.

1. Kable powinny krzyżować się pod kątem prostym przy zachowaniu maksymalnych wymaganych odstępów.
2. Metalowe konstrukcje wykorzystywane do prowadzenia kabli powinny być „uziemiane” na obu końcach. Jeżeli ich długość przekracza 50 m należy zastosować dodatkowe połączenia z systemem uziemiającym.
3. Połączenia uziemiające powinny być możliwie najkrótsze.
4. Pokrycia metalowych korytek i korytka powinny spełniać te same wymagania.
5. Przy wprowadzaniu kabli do urządzenia mogą wystąpić trudności z zachowaniem wymaganych odstępów pomiędzy kablami. W takich przypadkach kable mogą być ułożone obok siebie na możliwie najkrótszym odcinku.
6. Odstępy pomiędzy przyłączami oraz kablami wewnątrz urządzeń mogą być odmienne w porównaniu z odstępami wymaganymi w obiekcie.

Układając przewody w obiekcie budowlanym należy dodatkowo zachować bezpieczne odstępów od elementów urządzenia piorunochronnego. Odstępy można wyznaczyć wykorzystując zależności podane w normach ochrony odgromowej [8]. Do wstępnego oszacowania bezpiecznych odstępów można wykorzystać informacje zestawione w tabela 8.

**Tabela 8.** Odstępy pomiędzy zwodami i przewodami odprowadzającymi a przewodami instalacji [2]

Obiekt budowlany o wysokości $H$	Odstęp do przewodu odprowadzającego na ścianie	Odstęp do zwodu na dachu obiektu
$H < 5 \text{ m}$	100 mm	300 mm
$5 \text{ m} \leq H < 10 \text{ m}$	200 mm	400 mm
$10 \text{ m} \leq H < 20 \text{ m}$	400 mm	600 mm
$H \leq 20 \text{ m}$	600 mm	800 mm

Układając przewody zgodnie z przedstawionymi zasadami można uniknąć zakłóceń w systemach elektronicznych. W przypadku konieczności zapewnienia bezawaryjnego działania należy dodatkowo rozważyć możliwość zastosowania odpowiednio dobranych i rozmieszczonych urządzeń tłumiących lub ograniczających występujące zakłócenia.

### **Literatura**

1. Kohling A.: EMV von Gebäuden, Anlagen und Geraten. VDE Verlag. 1998.
2. Pigler F.: Blitzschutz elektronischer Anlagen. Grundlagen und praktische Losungen. Franzis - Verlag 1998.
3. Sowa A.: Kompleksowa ochrona odgromowa i przepięciowa. COSiW SEP, Warszawa 2005.
4. Williams T., Armstrong K.: EMC for Systems and Installations. Newness 2000.
5. Wiliams T., Amstrong K.: Installations cabling and earthing technique for EMC 2002
6. PN-EN 50174-2:2002, Technika informacyjna. Instalacje okablowania. Część 2. Planowanie i wykonanie instalacji wewnątrz budynku.
7. PN-EN 50174-3:2005, Technika informatyczna. Instalacja okablowania. Część 3. Planowanie i wykonawstwo instalacji na zewnątrz budynków.
8. PN-IEC 61312-1:2001, Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym. Zasady ogólne.
9. PN-EN 50082-1:1996, Kompatybilność elektromagnetyczna. Wymagania ogólne dotyczące odporności na zakłócenia. Środowisko mieszkalne, handlowe i lekko przemysłowe.
10. PN-EN 50082-2:1996, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Wymagania ogólne dotyczące odporności na zaburzenia – środowisko przemysłowe.
11. IEEE Std 518-1982, IEEE Guide for the Installation of Electrical Equipment to Minimize Electrical Noise Inputs to Controllers from External Source.
12. Włodarczyk J., Podosek Z.: Systemy teletechniczne budynków inteligentnych. Oficyna Wydawnicza CYBER, 2002.