

OGRANICZANIE PRZEPIĘĆ W SYSTEMACH PRZESYŁU SYGNAŁÓW



OCHRONA PRZED PRZEPIĘCIAMI LOKALNYCH SIECI KOMPUTEROWYCH

Andrzej Sowa

Urządzenia pracujące w systemach informatycznych charakteryzuje stosunkowo niewielka odporność na działanie napięć i prądów uderowych dochodzących z instalacji elektrycznej oraz z linii przesyłu sygnałów. Dodatkowe zagrożenie może stwarzać impulsowe pole elektromagnetyczne działające bezpośrednio na urządzenia oraz różnice potencjałów występujące pomiędzy poszczególnymi urządzeniami systemu (Rys.1.).



Rys.1. *Narażenia impulsowe lokalnej sieci komputerowej*

Napięcia uderowe mogą zakłócić pracę urządzeń i systemów lub spowodować ich zniszczenie. W krajach o dużym nasyceniu sprzętem elektronicznym stwierdzono, że napięcia i prądy uderowe są jedną z podstawowych przyczyn uszkodzeń urządzeń elektronicznych. Wśród szczególnie zagrożonych systemów elektronicznych często wymieniane są lokalne sieci komputerowe. Poniżej przedstawioną poziomych odporności uderowej i zasady ochrony przed przebiegięciami wywołanymi przez wyładowania atmosferyczne oraz procesy łączeniowe lub stany awaryjne w instalacji elektrycznej.

1. Odporność uderowa urządzeń

Zaprojektowanie pewnej i niezawodnej ochrony urządzeń informatycznych wymaga posiadania podstawowych informacji o ich odporności na działanie narażeń impulsowych.

Prawidłowo dobrane i rozmieszczone urządzenia ochrony przepięciowej powinny:

- ograniczać występujące przepięcia do poziomów leżących poniżej poziomów odporności udarowej chronionych urządzeń elektronicznych,
- nie wpływać na jakość pracy systemów elektronicznych.

Ograniczniki przepięć stosowane do systemu okablowania strukturalnego nie mogą również zmieniać zasad tworzenia okablowania strukturalnego przedstawionych m.in. w trzech głównych standardach:

- ◆ międzynarodowym **ISO/IRC 11801** odnoszącym się do wszystkich typów okablowania strukturalnego,
- ◆ amerykańskim **EIA/TIA 568 Commercial Building Wiring Standard**,
- ◆ europejskim **EN 50173 Information technology – Generic cabling systems**.

W chwili obecnej brak standardów dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej dedykowanych specjalnie do sieci strukturalnej.

Sieci strukturalne można traktować jako składowe techniki informatycznej **IT** (ang. Information Technology), sprzętu informatycznego **ITE** (ang. Information Technology Equipment) i telekomunikacyjnego wyposażenia końcowego **TTE** (ang. Telecommunication Terminal Equipment).

W takim przypadku muszą one spełniać wymagania norm **EN 50082-1 EN 50082-2** i związanych z nimi odpowiednich standardów stowarzyszonych określających zasady badań odporności udarowej urządzeń (**standardy międzynarodowe IEC 61000-4-... , europejskie EN-61000-4-.... oraz Draft CISPR 24 (EN 55024)**).

Podstawowe zasady badań urządzeń na działanie napięć i prądów udarowych o mikrosekundowym charakterze zmian (udar 1,2/50-8/20) zawiera norma **PN-EN 61000-4-5**.

Ogólne wymagania dotyczące odporności udarowej urządzeń elektrycznych i elektronicznych przeznaczonych do użytkowania w typowym środowisku mieszkalnym, biurowym lub nawet lekko przemysłowym zawiera norma **PN - EN 50082-1** (tablica 1).

Tablica 1. Poziomy odporności udarowej urządzeń elektrycznych i elektronicznych przeznaczonych do użytkowania w środowisku mieszkalnym, handlowym i lekko przemysłowym zgodnie z PN-EN 50082-1

Zjawiska środowiskowe rodzaj zakłócenia	Specyfikacja badania	Jednostki	Norma podstawowa
Przyłącza zasilania prądem stałym			
Udary Przewód - ziemia Przewód - przewód	1,2/50 (8/20) ± 0,5 ± 0,5	t _c /t _p μs kV (napięcie ładowania) kV (napięcie ładowania)	PN-EN 61004-5
Przyłącza zasilanie prądem zmiennym			
Udary Przewód - ziemia Przewód - przewód	1,2/50 (8/20) ± 2 ± 1	t _c /t _p μs kV (napięcie ładowania) kV (napięcie ładowania)	PN-EN 61004-5

Poziomy odporności udarowej urządzeń informatycznych określa norma **PN-EN 55024** (patrz tablica 2).

Tablica 2. Odporność udarowa urządzeń informatycznych (wg PN-EN 55024)

Przyłącza sygnałowe i przyłącza teletransmisyjne			
Zjawiska środowiskowe rodzaj zakłócenia	Specyfikacja badania	Jednostki	Norma podstawowa
Udary Linia względem ziemi	1,2/50 (8/20) 1	T_r/T_h μ s kV (wartość szczytowa)	PN-EN 61004-5
Przyłącza wejściowe zasilania prądem stałym (z wyłączeniem urządzeń zawierających przetwornice prądu zmiennego na stały)			
Udary Linia względem ziemi	1,2/50 (8/20) 0,5	T_r/T_h μ s kV (wartość szczytowa)	PN-EN 61004-5
Przyłącza wejściowe zasilanie prądem zmiennym (włączając urządzenia wyposażone w odrębną przetwornicę prądu zmiennego na stały)			
Udary Linia do linii Linia do ziemi (uziemienia)	1,2/50 (8/20) 1 2	T_r/T_h μ s kV (wartość szczytowa) kV (wartość szczytowa)	PN-EN 61004-5

Podjęto również próby opracowania zaleceń dotyczących urządzeń systemów informatycznych i teleinformatycznych. Zalecane wartości poziomów odporności udarowej urządzeń stosowanych w tych systemach przedstawiono w tablicy 3.

Tablica 3. Poziomy odporności udarowej urządzeń informatycznych i telekomunikacyjnych według prEN 55105/106

Porty sygnałowe, włączając porty telekomunikacyjne			
Zjawiska środowiskowe rodzaj zakłócenia	Specyfikacja badania	Jednostki	Norma podstawowa
Udary	1,2/50 (8/20) 1	t_c/t_p μ s kV (napięcie ładowania)	PN-EN 61004-5
Porty zasilania prądem stałym			
Udary Przewód - ziemia Przewód - przewód	1,2/50 (8/20) $\pm 0,5$ $\pm 0,5$	t_c/t_p μ s kV (napięcie ładowania) kV (napięcie ładowania)	PN-EN 61004-5
Porty zasilanie prądem zmiennym			
Udary	1,2/50 (8/20) 1	t_c/t_p μ s kV (napięcie ładowania)	PN-EN 61004-5

2. Ograniczanie przepięć w instalacji elektrycznej

Zgodnie z zaleceniami zawartymi w normie **PN-IEC 61643-1**, wydzielono 3 klasy badań urządzeń do ograniczania przepięć przeznaczonych do montażu w instalacji elektrycznej o napięciu do 1000 V. W dalszej części opracowania urządzenia ochrony przepięciowej będą nazywane ogranicznikami przepięć z dodatkowych oznaczaniem klasy badań, którym podlegają.

Tworząc w instalacji elektrycznej systemy ochrony przepięciowej należy spełnić szereg wymagań dotyczących ograniczników poszczególnych klas. Poniżej zastawiono wymagania dotyczące ograniczników klasy I i II.

2.1. Wymagania dotyczące ograniczników klasy I

1. Układy ograniczników klasy I powinny być instalowane za zabezpieczeniami głównymi, w pobliżu miejsca wprowadzania instalacji elektrycznej do obiektu budowlanego (złącze kablowe, szafka obok złącza, rozdzielnica główna).
2. Układ połączeń ograniczników powinien być dobrany odpowiednio do systemu sieci.
3. Należy określić skuteczną wartość napięcia trwałej pracy ogranicznika oraz poziom ograniczenia napięć udarowych przez ograniczniki.
4. Przewody wykorzystywane do przyłączenia ogranicznika powinny być możliwie najkrótsze.
5. Układając przewody łączące ograniczniki należy uwzględnić możliwości oddziaływania na nie sił dynamicznych wywoływanych przez płynący prąd piorunowy.
6. Należy określić potrzebę stosowania dodatkowych zabezpieczeń nadprądowych w szereg z ogranicznikiem klasy I.
7. Zachować w miejscu montażu iskiernikowych ograniczników klasy I dopuszczalne odległości pomiędzy nimi a innymi urządzeniami (jeśli takie są zalecenia producenta ograniczników).

2.2. Wymagania dotyczące ograniczników klasy II

1. Układ połączeń ograniczników klasy II powinien być dobrany odpowiednio do systemu sieci.
2. Miejsce montażu układu ograniczników przepięć klasy II uzależnione jest od jego zadań. W przypadku układu dwustopniowego są to rozdzielnice na poszczególnych kondygnacjach, rozdzielnice oddziałowe, tablice rozdzielcze wewnątrz obiektu (wskazany jest montaż ograniczników przed wyłącznikami różnicowo-prądowymi).
3. Jeśli w instalacji nie występuje zagrożenie bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego to układy ograniczników klasy II można instalować w miejscu wprowadzania instalacji do obiektu (zamiast ograniczników klasy I).
4. Należy określić potrzebę stosowania dodatkowych zabezpieczeń nadprądowych w szereg z ogranicznikiem klasy II oraz sposób sygnalizacji uszkodzenia ograniczników.
5. Należy zachować wymagane odległości pomiędzy ogranicznikami klasy I i II.
6. Jeśli zachowanie wymaganych odległości jest niemożliwe należy zastosować indukcyjności sprzęgające lub nowe iskiernikowo-warystorowe generacje ograniczników przepięć.

Stosując przedstawione zasady doboru ograniczników przepięć poszczególnych klas można tworzyć wielostopniowe układy ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej.

Określając liczbę stopni ograniczników, ich układy połączeń oraz rozmieszczenie w instalacji elektrycznej należy uwzględnić:

- sposób ochrony odgromowej obiektu (zastosowana instalacja odgromowa lub jej brak),
- system sieci elektrycznej w obiekcie,
- rozmieszczenie komputerów w obiekcie,
- poziom odporności udarowej urządzeń systemu komputerowego.

Zapewnienie poprawnego działania wielostopniowego systemu ochrony przeciwprzepięciowej wymaga skoordynowania działania poszczególnych układów ograniczników. Koordynację uzyskujemy zachowując odpowiednie, zalecane przez producentów, odległości pomiędzy układami ograniczników różnych klas.

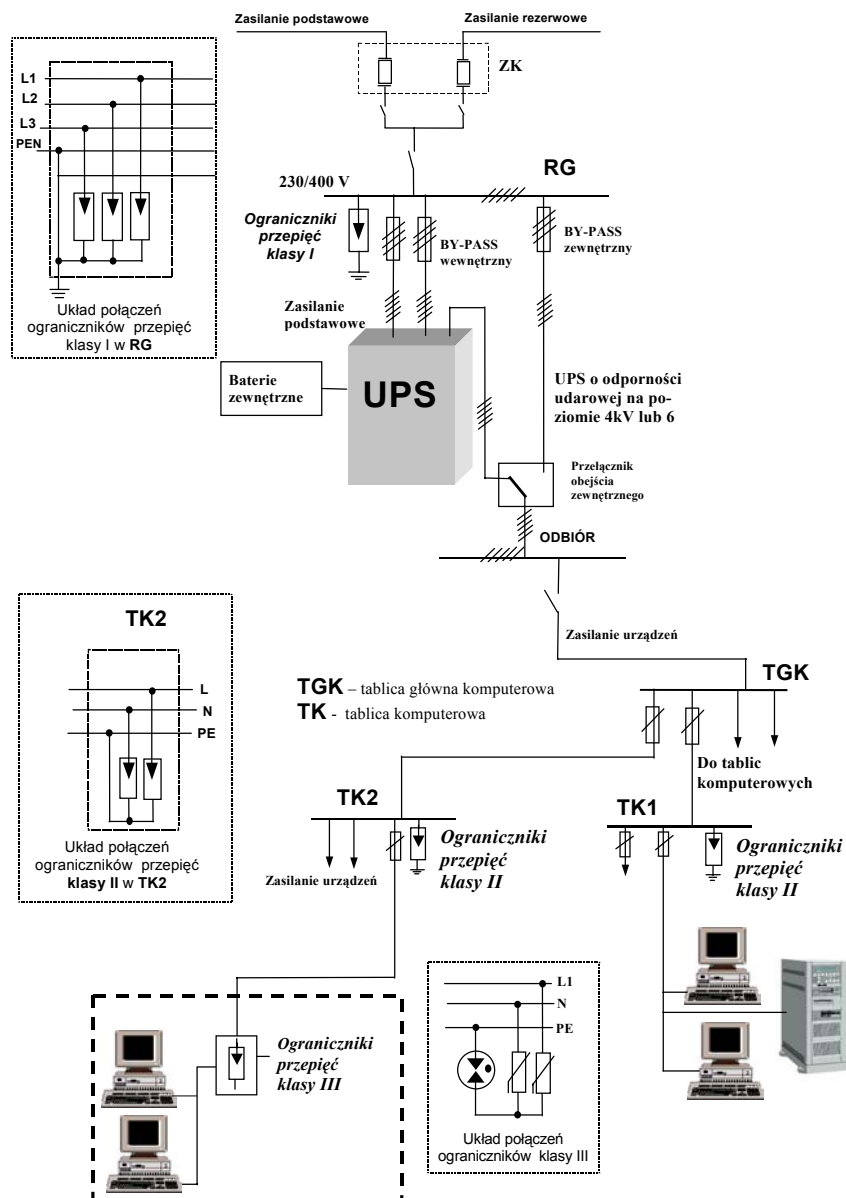
Poniżej przedstawiono kilka typowych wielostopniowych układów połączeń ograniczników przepięć i ich rozmieszczenie w instalacji elektrycznej zasilającej urządzenia lokalnych sieci komputerowych.

Przykład 1. Obiekt z instalacją piorunochronną z UPS-em dużej mocy (system centralny)

W instalacji elektrycznej systemu komputerowego wykorzystywano UPS dużej mocy podtrzymujące pracę urządzeń w całej sieci. Odporność udarowa takich UPS-ów jest najczęściej 4kV lub 6 kV, a odporność poszczególnych urządzeń np. komputerów 1000V – 2000V. W takim przypadku w instalacji elektrycznej obiektu należy zastosować wielostopniowy układ ochronny tworzony przez:

- ograniczniki przepięć klasy I zainstalowane w rozdzielni głównej (RG),
- ograniczniki przepięć klasy II instalowane w tablicach (rozdzielniach) komputerowych (TK), z których zasilane są komputery,
- ograniczniki przepięć klasy III instalowane przed chronionymi urządzeniami w przypadkach znacznego ich oddalenia od tablic z ogranicznikami klasy II.

Przykładowe rozmieszczenie ograniczników przepięć instalacji elektrycznej przedstawia rys.2.



Rys.2. Ochrona odgromowa i przepięciowa w instalacji z centralnym UPS-em.

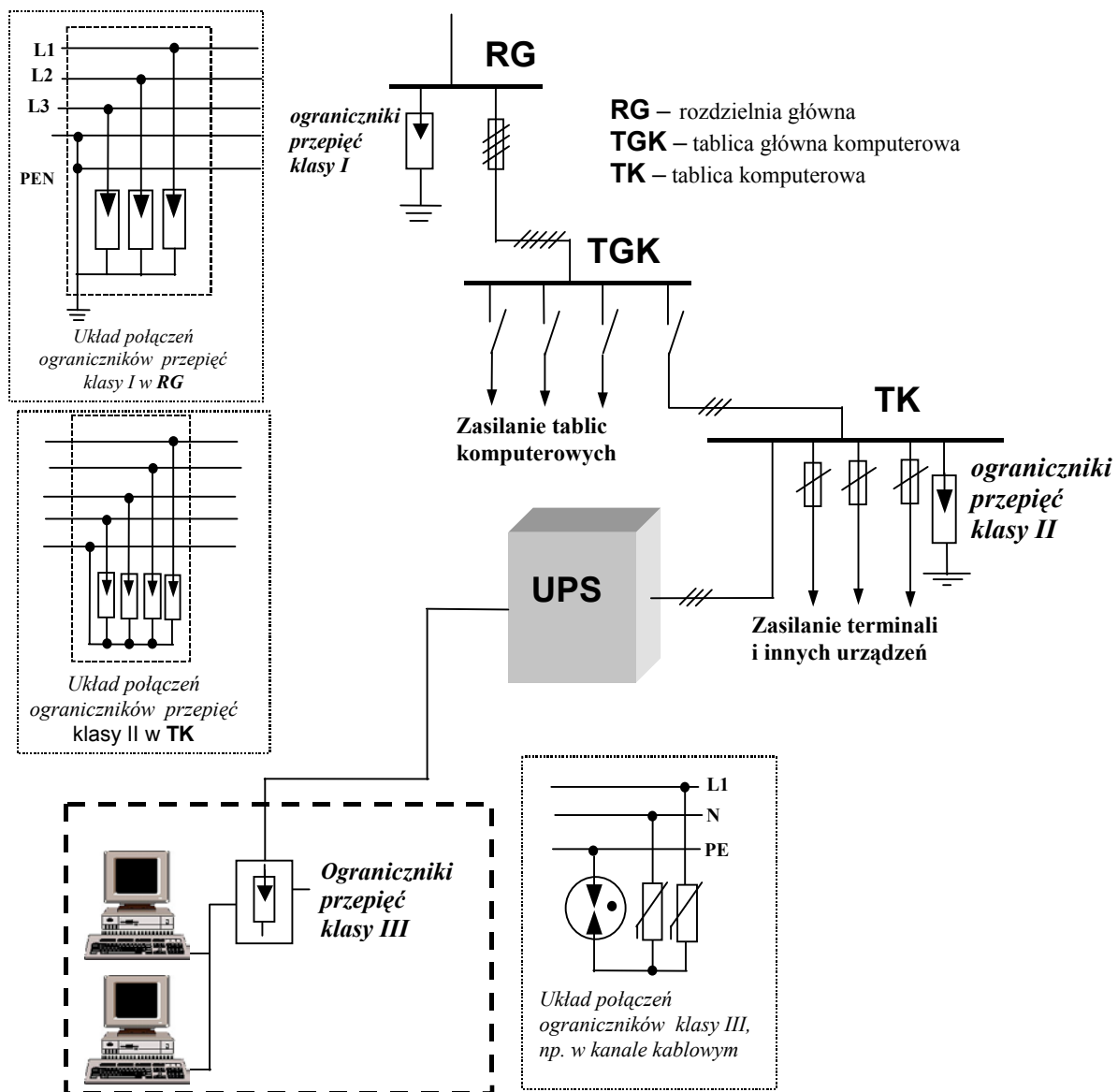
W przypadku UPS-a o mniejszej odporności udarowej (poziom 1,5 kV lub 2 kV) należy, do jego ochrony, zastosować ogranicznik iskiernikowo - warystorowy lub układ równoległego połączenia ograniczników klasy I i II (jeśli takie połączenie jest możliwe) zamontowany w rozdzielni głównej.

Przykład 2. Obiekt z instalacją piorunochronną z kilkoma UPS-ami (system rozproszony)

W instalacji zastosowano UPS-y małej lub średniej mocy służące do podtrzymywania zasilania urządzeń w wydzielonych pomieszczeniach obiektu np. pomieszczenia z serwerami, wybrane stacje robocze. Odporność udarowa takich UPS-ów jest często na poziomie 2,5kV lub 4kV. W instalacji elektrycznej należy zastosować wielostopniowy układ ochronny tworzony przez:

- ograniczniki przepięć klasy I zainstalowane w rozdzielni głównej (RG),
- ograniczniki przepięć klasy II instalowane w tablicach (rozdzielniach) komputerowych (TG), z których zasilane są UPS-y i komputery.

Przykładowe rozmieszczenie ograniczników w instalacji elektrycznej przedstawia rys.3.



Rys.3. Ochrona odgromowa i przepięciowa w instalacji elektrycznej z rozproszonym podtrzymaniem zasilania

Przykład 3. Obiekty nie posiadające instalacji piorunochronnej

W instalacji elektrycznej obiektu nie posiadającego instalacji piorunochronnej i zasilanego z długiego podejścia kablowego można zastosować jednostopniowy układ ochronny **ograniczniki przepięć klasy II** instalowane w tablicy z której są zasilane komputery i serwer (w takich obiektach najczęściej jest tylko jedna tablica).

W przypadku znacznych odległości pomiędzy tablicą z ogranicznikami klasy II i komputerami należy dodatkowo zastosować ograniczniki klasy III.

3. Ograniczanie przepięć w okablowaniu strukturalnym

Do ochrony przed przepięciami występującymi w okablowaniu strukturalnym najczęściej stosowane są ograniczniki zawierające odpowiednio połączone układy diod ochronnych oraz odgromników gazowanych.

Rozmieszczając ograniczniki przepięć w systemie okablowania sieli lokalnych należy określić:

- rodzaj okablowania.
- występujące zagrożenie i przewidywaną efektywność i zakres ochrony.

Szczególną uwagę należy zwrócić na przewody dochodzące od urządzeń znajdujących się na zewnątrz obiektu (przewody wychodzą poza budynek) lub w znacznym oddaleniu od koncentratorów.

W okablowaniu strukturalnym można zastosować ograniczniki chroniące przed przepięciami w pojedynczych liniach lub w układy modułowe zapewniające ograniczanie przepięć w kilku lub kilkadziesiąt liniach.

3.1. Sieć lokalna o topologii gwiazdy w obiekcie budowlanym.

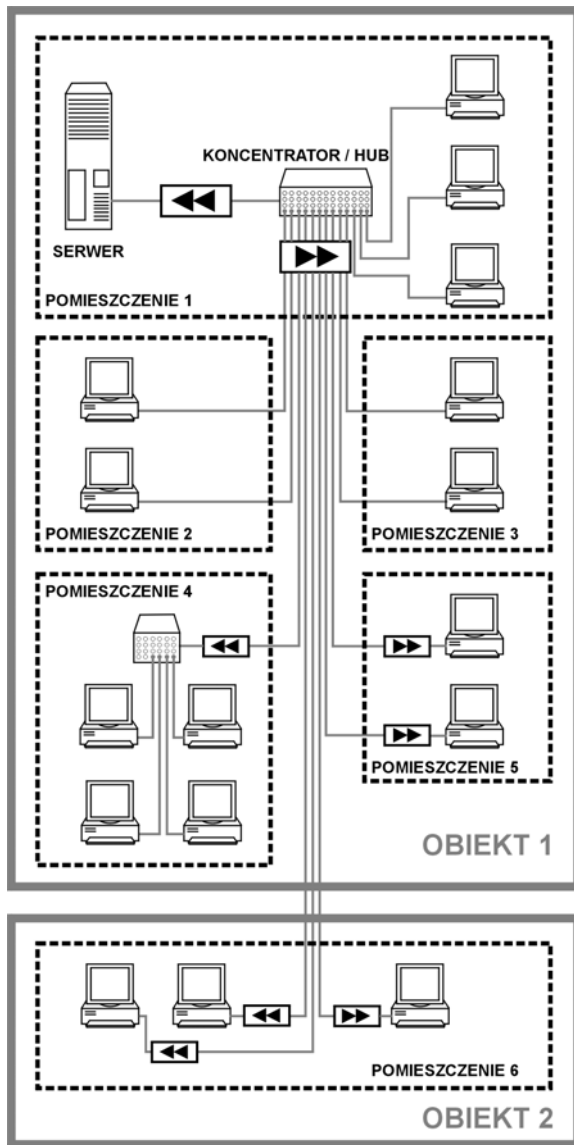
W przypadku kompleksowej ochrony sieci lokalnej o topologii gwiazdy (rys.4 i 5.) ograniczniki należy umieścić:

- przed serwerem,
- przed koncentratorom do ochrony tych linii które dochodzą do serwerowni od stacji roboczych pracujących w pomieszczeniach oddalonych o kilkanaście metrów,
- przed koncentratorom oraz przed stacjami roboczymi lub lokalnymi koncentratorami jeśli oddalone są od siebie o ponad 50 – 60m.

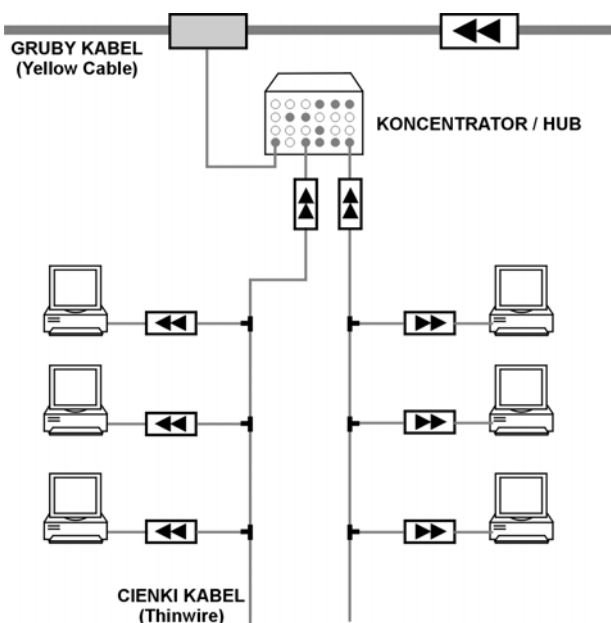
Ograniczników można nie stosować w przypadku połączeń pomiędzy koncentratorom a stacjami roboczymi, które są w tym samym pomieszczeniu oraz w pomieszczeniach sąsiednich (odległości przewodów kilka-kilkanaście metrów). Parametry charakteryzujące urządzenia ochrony przepięciowej stosowane w podstawowych systemach sieci zestawiono w:

- tablicy 4 dla sieci Ethernet 10 Base T i 100 Base T (okablowanie za pomocą skrętki),
- tablicy 5 dla sieci Ethernet 10 Base 2 i 10 Base5 (okablowanie za pomocą kabli koncentrycznych).

Ochronę przepięciową można ograniczyć tylko do wybranych urządzeń sieci lokalnej np. serwerów, hubów. Przyjmując takie rozwiązanie należy uwzględnić możliwość uszkodzenia kart sieciowych w poszczególnych stacjach roboczych.



Rys.4. Ochrona przed przepięciami sieci lokalnej o topologii gwiazdy (okablowanie za pomocą skrętki).



Rys.5. Ochrona przed przepięciami sieci lokalnej o topologii gwiazdy (okablowanie za pomocą kabli koncentrycznych).

Tablica 4. Układ do ochrony urządzeń w sieci lokalnej Ethernet 10 BaseT i 100 Base T

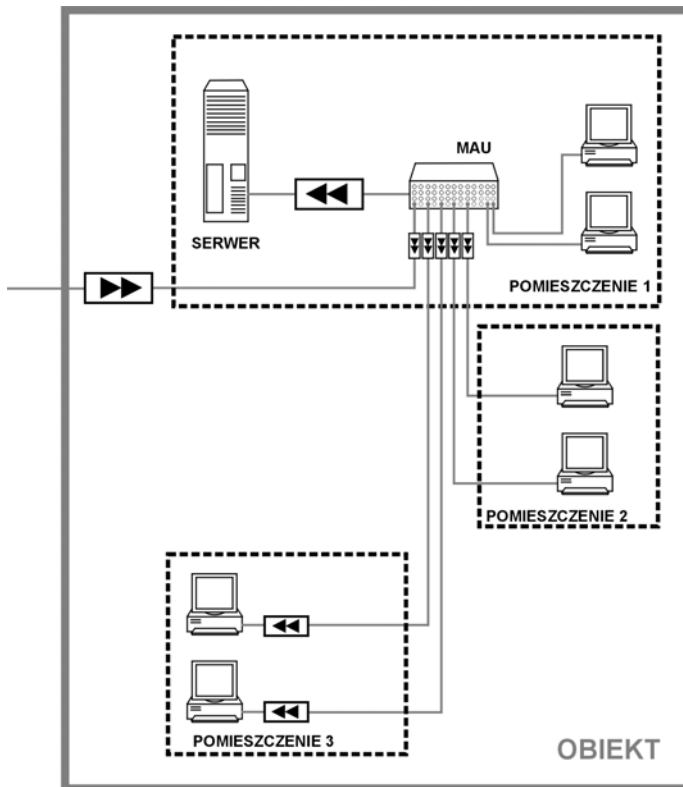
Parametry techniczne	Wartości parametrów	
	10 Base T	100 Base T
Typ sieci lokalnej	10 Base T	100 Base T
Napięcie znamionowe:	5V-	5V-
Napięcie trwałej pracy	8V-	8V-
Znamionowy prąd udarowy 8/20 i_{ud}	kilkaset A	kilkaset A
Poziom ochrony przy prądzie znamionowym $i_{ud} : U_{sp}$	\leq kilkadziesiąt V	\leq kilkadziesiąt V
Czas zadziałania:	\leq 1 ns (P/P, P/E) \leq 100 ns(E/Z)	\leq 1 ns (P/P, P/E) \leq 100 ns(E/Z)
Prędkość transmisji:	10 MBit/s (5 kategoria)	100 MBit/s (5 kategoria)
Pasma przenoszenia (przy tłumieniu np. 0,5 dB)	Kilkadziesiąt MHz	Ponad 100 MHz

Tablica 5. Układ do ochrony urządzeń w sieci lokalnej wykorzystującej cienki kabel koncentryczny Ethernet 10 Base2 oraz grubo kabel koncentryczny tzw. Ethernet 10 Base5.

Parametry techniczne	Wartości parametrów	
	10 Base2 *	10 Base5
Typ sieci LAN	10 Base2 *	10 Base5
Napięcie znamionowe:	5 V-	-8 V-/ +1V
Napięcie trwałej pracy	8 V-	- 10V-/ +1,5 V
Znamionowy prąd udarowy 8/20 i_{ud}	kilka kA	Kilka kA
Poziom ochrony - przy prądzie znamionowym i_{ud} - napięciu narastającym 1kV/us	\leq kilkadziesiąt V (P/E)* \leq 600 – 700V (P,E/Z)*	\leq kilkadziesiąt V (P/E) \leq 600 – 700V (P,E/Z)
Czas zadziałania	\leq 1 ns (P/E), \leq 100 ns(E/Z)	\leq 1 ns (P/E), \leq 100 ns(E/G)
Prędkość transmisji:	16 MBit/s	16 MBit/s
Pasma przenoszenia	kilkadziesiąt MHz	kilkadziesiąt MHz
Impedancja falowa	50 Ω	50 Ω
Typ łącza	BNC gniazdo / wtyczka	N gniazdo / wtyczka
Sposób uziemienia ekranu bezpośredni lub pośredni przez iskiernik zgodnie z wymogami okablowania strukturalnego		

3.2. Sieć lokalna o topologii pierścienia w obiekcie budowlanym.

W sieci lokalnej o topologii pierścienia (rys.6.) kompleksową ochronę uzyskujemy umieszczając układy ochrony przepięciowej przed jednostką MAU (ang. Multistation Access Unit) oraz przed oddalonymi stacjami roboczymi. Ochronę przepięciową można ograniczyć tylko do wybranych urządzeń sieci lokalnej np. serwerów, jednostek MAU. Przyjmując takie rozwiązanie należy uwzględnić możliwość uszkodzenia kart sieciowych w poszczególnych stacjach roboczych. Parametry charakteryzujące urządzenia ochrony przepięciowej stosowane w podstawowych systemach sieci zestawiono w tablicy 6

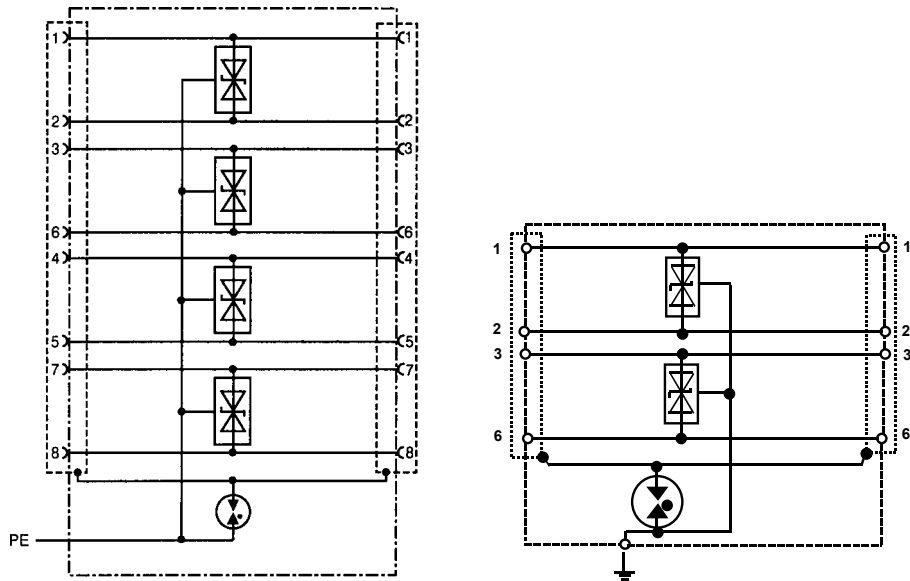


Rys.6. Ochrona przed przepięciami sieci lokalnej o topologii pierścienia – Token Ring (okablowanie za pomocą skrętki).

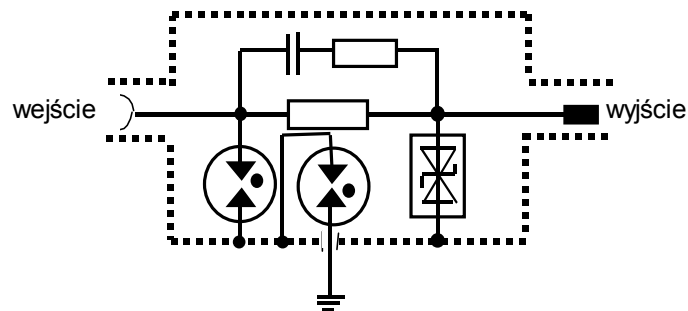
Tablica 6. Układ do ochrony urządzeń w sieci lokalnej Token Ring

Parametry techniczne	Wartości parametrów	
	Przed komputerami	W linii dochodzącej z zewnątrz
Ochronnik przepięciowy		
Napięcie znamionowe:	5 V-	5 V-
Napięcie trwałej pracy	8 V-	8 V-
Prąd piorunowy 10/350	-----	Kilka kA
Znamionowy prąd udarowy 8/20 i_{ud}	kilkaset A	Kilkadziesiąt kA
Poziom ochrony - przy prądzie znamionowym i_{ud} : - napięciu narastającym 1kV/us	\leq kilkadziesiąt V (P/P, P/Z) \leq kilkanaście V (P,E/Z)	\leq kilkadziesiąt V (P/P, P/Z) \leq kilkanaście V (P,E/Z)
Czas zadziałania	\leq 1 ns (P/P, P/E)	\leq 1 ns (P/P, P/E)
Prędkość transmisji:	16 MBit/s	16 MBit/s
Pasma przenoszenia (przy tłumieniu np. 0,5 dB)	Kilkadziesiąt MHz	Kilkadziesiąt MHz
Typ standardowego łącza 4 polowego zgodny z IBN nr 83 105 74		

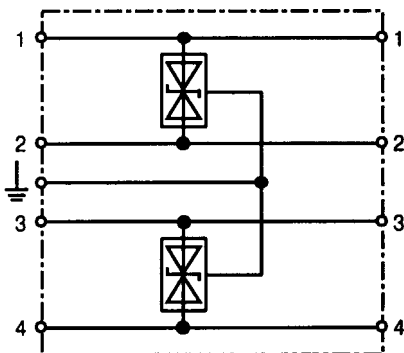
Przykładowe schematy połączeń w urządzeniach ochrony przepięciowej spełniające warunki zestawione w tablicach przedstawia rys.7, 8 i 9.



Rys. 7. Proponowane układy połączeń wewnętrznych charakterystyczne dla układów ochrony przepięciowej przeznaczonych do ochrony sieci informatycznej (dwu- lub cztero- parowa)



Rys. 8. Przykładowy schemat połączeń wewnętrznych charakterystycznych dla układów ochrony przepięciowej przeznaczonych do sieci lokalnych wykonanych na kablu koncentrycznym



Rys. 9. Przykładowy schemat połączeń wewnętrznych charakterystycznych dla układów ochrony przepięciowej przeznaczonych do sieci lokalnych o topologii pierścienia (Token Ring).

4. Podsumowanie

Kompleksowe rozwiązanie problemów ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej urządzeń lokalnych sieci komputerowych wymaga:

- przeanalizowania istniejących źródeł zakłóceń impulsowych oraz wytwarzanych przez te źródła sygnałów,

- posiadania informacji o odporności udarowej stosowanych urządzeń,
- zastosowania odpowiednio dobranych i rozmieszczonych ograniczników przepięć w instalacji elektrycznej w obiektach budowlanych oraz w okablowaniu strukturalnym.

Dobierając ograniczniki przepięć w instalacji elektrycznej należy postępować zgodnie z obecnie obowiązującymi normami i zaleceniami, które wymagają zastosowania wielostopniowych układów ograniczników przepięć.

W przypadku ochrony przed przepięciami występującymi w okablowaniu strukturalnym problem jest bardziej skomplikowany, gdyż brak jednoznacznych wymagań określających zasady ochrony przed przepięciami.

Pomimo tego faktu zaproponowano rozwiązania ochrony przeciwprzepięciowej, które powinny zapewnić bezawaryjne działanie urządzeń lokalnych sieci komputerowych.

5. Literatura

1. Lutz M. Nedtwing J.: *Certyfikat CE w zakresie Kompatybilności Elektromagnetycznej: praktyczny poradnik*, Warszawa, ALFE-WEKA 1997.
2. **PN-86/E-05003/01**: *Ochrona odgromowa obiektów budowlanych*. Wymagania ogólne.
3. **PN-IEC 61312-1**: *Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym Część 1. Zasady ogólne*.
4. **PN-IEC 61024-1-2**. *Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne. Przewodnik B – Projektowanie, montaż, konserwacja i sprawdzanie urządzeń piorunochronnych*.
5. **PN-IEC 60364-4-443**. *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przez przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi*.
6. **PN-EN 50173** . *Technika informatyczna. Systemy okablowania strukturalnego*.
7. **PN-EN 61000-4-5**. *Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badania odporności na udary*. Grudzień 1998.
8. **PN-EN 55024** *Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Urządzenia informatyczne. Charakterystyka odporności. Metodyka pomiaru i dopuszczalne poziomy*. Wrzesień 2000
9. **PN-EN 60950** *Bezpieczeństwo urządzeń techniki informatycznej*. Luty 2000