

OGRANICZANIE PRZEPIĘĆ W SYSTEMACH PRZESYŁU SYGNAŁÓW



Ogólne zasady doboru układów ochrony przepięciowej w systemach przesyłu sygnałów

Andrzej W. Sowa
Politechnika Białostocka

Stworzenie warunków do bezawaryjnej pracy urządzeń wymaga ograniczenia do dopuszczalnych poziomów przepięć występujących w instalacji elektrycznej i w liniach przesyłu sygnałów. Przepięcia w liniach sygnałowych są szczególnie groźne dla urządzeń pracujących w rozbudowanych systemach elektronicznych, szczególnie w przypadku ich działania w odkrytym terenie np. w zakładach przemysłu chemicznego, w oczyszczalniach ścieków, podstacjach elektroenergetycznych.

Ograniczanie występującego zagrożenia można osiągnąć:

- eliminując potencjalne źródła przepięć,
- ograniczając możliwości sprzężeń pomiędzy źródłami zakłóceń a torami sygnałowymi,
- dobierając urządzenia o większej odporności udarowej,
- stosując odpowiednio dobrane elementy i układy ograniczające przepięcia.

W rzeczywistych warunkach realizacja pierwszych trzech sposobów jest bardzo trudna lub niemożliwa do wykonania i często jedynym rozwiązaniem jest zastosowanie urządzeń do odgraniczania przepięć SPD (Surge Protective Device), które powinny zapewnić bezawaryjne działanie urządzeń oraz nie wpływać na jakość ich pracy.

W celu ułatwienia dokonania właściwego doboru parametrów SPD opracowano szczegółowy sposób postępowania, którego zastosowanie umożliwia:

- ochronę urządzeń, z uwzględnieniem maksymalnego zagrożenia, jakie może wystąpić w analizowanym systemie,
- dobór odpowiedniego układu ograniczającego przepięcia dla dowolnej linii przesyłu sygnałów,
- właściwe rozmieszczenie SPD w systemach pomiaru i sterowania,
- dobór SPD nie wpływających na jakość pracy systemu.

Postępując zgodnie z przedstawionymi zasadami można określić parametry SPD, których zastosowanie zapewni ochronę urządzeń nawet w przypadku ekstremalnych zagrożeń występujących podczas bezpośredniego uderzenia piorunu w obiekt, w którym pracują urządzenia lub uderzenia w bliskim sąsiedztwie.

Zasady doboru układów ochrony przepięciowej

Dobierając właściwości ochronne SPD, ich rozmieszczenie w systemie oraz sposoby montażu należy uwzględnić przedstawione poniżej zasady, które przedstawiono w formie trzynastu kolejnych etapów postępowania.

ETAP 1. Określenie, na podstawie informacji dostarczonych przez producenta, odporności urządzeń na działanie udarów dochodzących z linii przesyłu sygnałów.

W przypadku istnienia norm określających zakres badań danej grupy urządzeń producent powinien podać wykaz norm zgodnie, z którymi prowadzono pomiary oraz wartości odporności udarowej urządzeń.

ETAP 2. Określenie podstawowych danych charakteryzujących znamionowe warunki pracy urządzenia

Przed doбором urządzeń ograniczających przepięcia należy określić:

- znamionowe i maksymalne dopuszczalne napięcie przesyłanych sygnałów,
- maksymalny prąd występujący w liniach przesyłu sygnałów,
- częstotliwość graniczną,
- sposób przesyłu sygnałów (układy symetryczne lub niesymetryczne),
- dopuszczalne tłumienie w linii przesyłu sygnałów,
- impedancję falową linii przesyłu sygnałów,
- dopuszczalną impedancję jaka można wstawić w torze przesyłu sygnałów,
- rodzaje złącz stosowanych w systemie przesyłu sygnałów,
- rodzaj elementów lub układów ochronnych zastosowanych bezpośrednio w urządzeniu (w przypadku ochrony wprowadzonej przez producenta urządzenia).

ETAP 3. Określenie stopnia zagrożenia udarowego urządzenia

Dobierając właściwości ochronne SPD należy uwzględnić możliwości powstania w liniach sygnałowych narażeń udarowych, które mogą być wywołane przez:

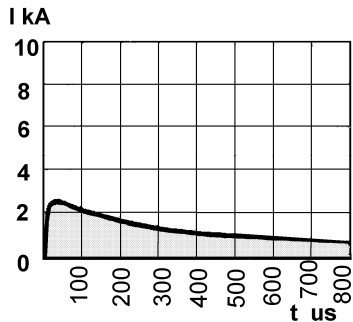
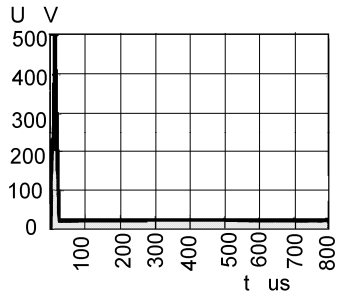
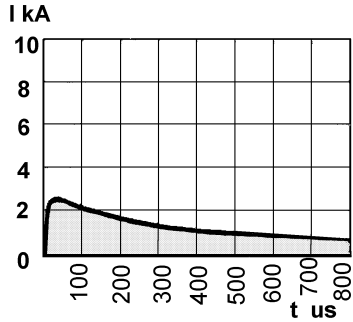
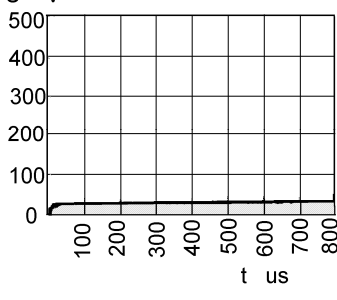
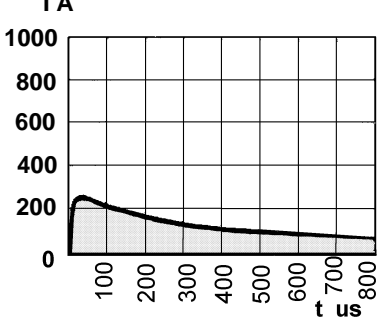
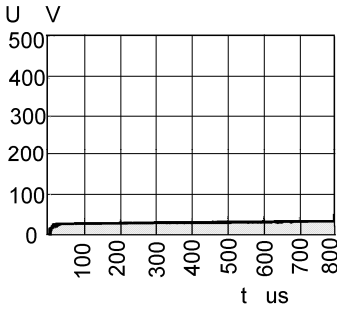
- **Rozpływający się prąd piorunowy.** Takie zagrożenie występuje podczas bezpośrednich wyładowań piorunowych w obiekty posiadające instalację piorunochronną, do których dochodzą z zewnątrz linie przesyłu sygnałów lub w przypadku doprowadzania napowietrznych linii sygnałowych do obiektów nie posiadających instalacji piorunochronnych.
- **Impulsowe pole elektromagnetyczne wywołane przez pobliskie wyładowania piorunowe oraz przez udary występujące w instalacji elektrycznej.** Ochronę przed tego rodzaju przepięciami należy zastosować w obiektach:
 - posiadających instalację piorunochronną a, linie przesyłu sygnałów nie wychodzą na zewnątrz obiektu,
 - nie posiadających instalacji piorunochronnej i linii przesyłu sygnałów wychodzących na zewnątrz obiektu.

ETAP 4. Wstępny dobór właściwości ochronnych SPD

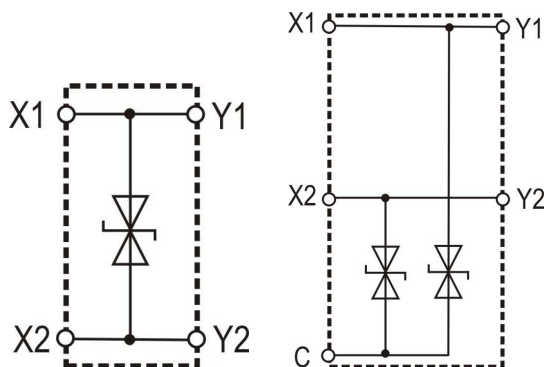
- W przypadku możliwości wystąpienia zagrożeń stwarzanych przez bezpośrednie działanie prądów piorunowych lub zwarciovych należy zastosować układy ochrony przepięciowej odporne na działanie prądów udarowych o wartościach szczytowych **2,5 kA – 5 kA i kształcie 10/350** (tablica 1.).
- Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi, przepięciami przepuszczonymi przez pierwszy stopień ochrony lub generowanymi przez inne źródła zakłóceń wymaga zastosowania układów ochrony przepięciowej odpornych na działanie (tablica 2.):
 - napięć udarowych o wartościach szczytowych **od kilkuset V do kilku kV i kształcie 1,2/50,**
 - prądów udarowych o wartościach szczytowych **od kilkuset A do kilku kA (do 10 kA) i kształcie 8/20.**

Wstępnie dobrane elementy lub układy ochronne powinny ograniczać udary do poziomów leżących poniżej poziomów odporności udarowej chronionych urządzeń.

Tablica 1. Ogólna klasyfikacja urządzeń ochrony przepięciowej stosowanych do ochrony przed działaniem prądu piorunowego

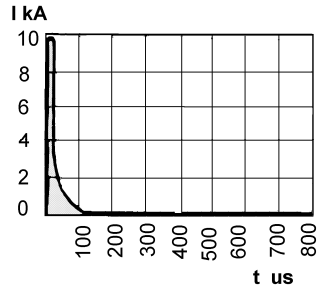
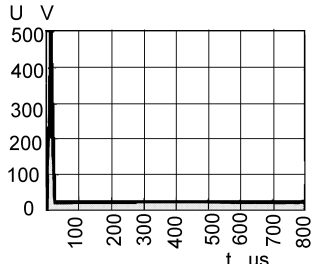
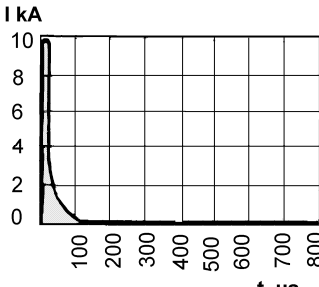
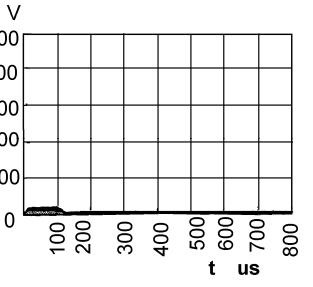
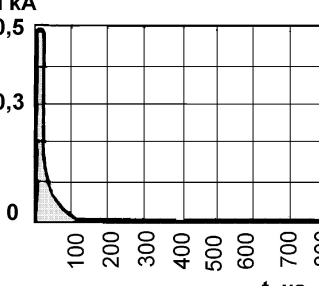
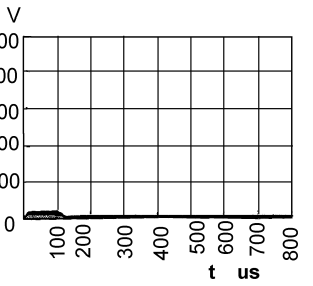
Typ SPD	Udar prądowy	Poziom ochrony
Ogranicznik gazowy chroniący przed prądami piorunowymi	 <p>Udar prądowy 2,5 kA - 10/350</p>	 <p>kilkaset V (500V - 700V)</p>
Układ wielostopniowy chroniący przed prądami piorunowymi	 <p>Udar prądowy 2,5 kA - 10/350</p>	 <p>kilka - kilkadziesiąt V</p>
Układ jednostopniowy chroniący przed prądami piorunowymi	 <p>Udar prądowy np. 250 A - 10/350</p>	 <p>kilka - kilkadziesiąt V</p>

W zależności od sposobu przesyłu sygnałów należy uwzględnić poziomy ograniczenia udarów w układach przewód - przewód lub przewód - ziemia (rys.1.).



Rys.1. Ochrona w systemach symetrycznych i niesymetrycznych

Tablica 2. Ogólna klasyfikacja SPD chroniących urządzenia przed przepięciami dochodzącymi z linii, które nie są narażone na bezpośrednie działanie prądu piorunowego.

Typ SPD	Udar prądowy	Poziom ochrony
Odgromnik gazowany chroniący przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi	 <p>udar prądowy 5- 15kA - 8/20</p>	 <p>kilkaset V (500V - 700V)</p>
Układ wielostopniowy chroniący przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi, wywołanymi przez inne źródła zakłóceń oraz „przepuszczonymi” przez odgromniki gazowane (długie odcinki przewodów)	 <p>udar prądowy 5- 15 kA - 8/20</p>	 <p>kilka - kilkadziesiąt V</p>
Układ jednostopniowy chroniący przed przepięciami atmosferycznymi indukowanymi, wywołanymi przez inne źródła zakłóceń (krótkie odcinki przewodów).	 <p>udar prądowy kilkaset A - 8/20</p>	 <p>kilka - kilkadziesiąt V</p>

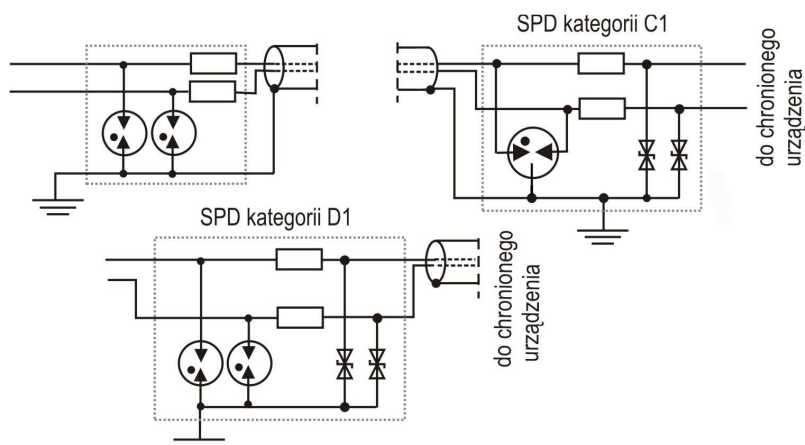
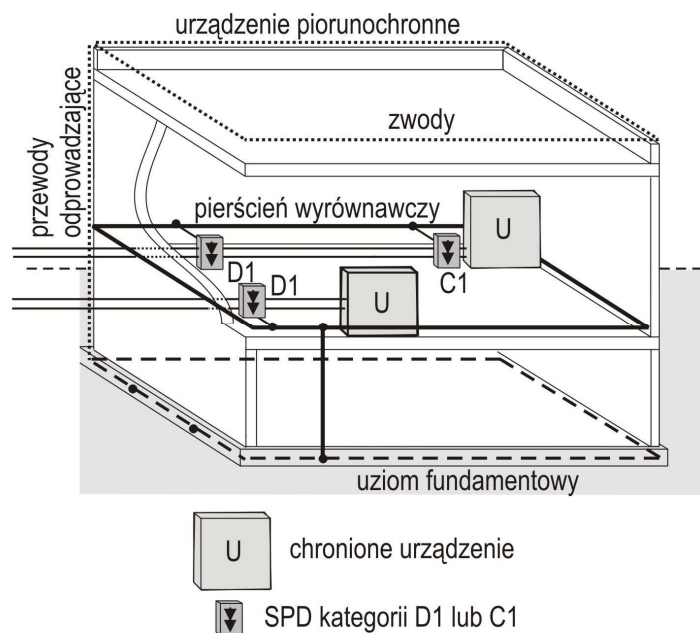
ETAP 5. Określenia liczby stopni ochronnych w torze przesyłu sygnałów

Liczbę stopni ochronnych w torze przesyłu sygnałów należy wyznaczyć na podstawie istniejącego zagrożenia, poziomu odporności udarowej urządzeń oraz ich rozmieszczenia w obiekcie.

Ochronę urządzeń o odporności udarowej od strony wejść sygnałowych na poziomie 1000 V i wyższej można ograniczyć do jednostopniowego układu, który tworzą odgromniki gazowane. Urządzenia o odporności udarowej poniżej 1000 V od strony wejść sygnałowych powinny być chronione przy pomocy:

- ◆ pojedynczego wielostopniowego układu ochronnego (rys. 2a),
- ◆ dwóch układów ochronnych (rys.2b).
- ◆ pojedynczego jednostopniowego układu ochronnego.

Uwzględniając zalecenia przedstawione w ETAPIE 4 i 5, w tablicy 3 zestawiono zasady doboru układu ochronnego w zależności od występującego zagrożenia.



Rys.2. Wielostopniowe układy ochronne

Tablica 3. Zasady określania liczby stopni ochrony

Opis układu	Zagrożenie	Poziom ograniczenia udarów	Układy ochronne
Linie przesyłu sygnałów dochodzą z zewnątrz do obiektu (istnieje zagrożenie bezpośrednim oddziaływaniem prądów piorunowych)	Prądy udarowe kształt 10/350 2,5kA – 5 kA	większy równy 1000V	Jednostopniowy układ odgromników gazowanych
		mniejszy od 1000V	Jeden wielostopniowy układ ochronny 2 układy ochronne rozmieszczenie: wejście do obiektu i przy urządzeniu
Długie linie przewodów systemu przesyłów ułożone w obiekcie budowlanym	Prądy udarowe 8/20 kilka - kilkanaście kA,	większy równy 1000V	Jednostopniowy układ odgromników gazowanych
		mniejszy od 1000V	Wielostopniowy układ ochronny
Krótkie linie przewodów ułożone wewnątrz obiektu	Udary prądowe 8/20 kilkadziesiąt kilkaset A	*) mniejszy od 1000V	Jednostopniowy układ warystorów lub diod ochronnych

*) przy odporności powyżej 1000 V można nie stosować układów ochronnych.

ETAP 6. Określenie maksymalnych dopuszczalnych napięć sygnałów roboczych U_{NS} i wybór układu ochrony przepięciowej o trwałym napięciu pracy U_C spełniającym warunek

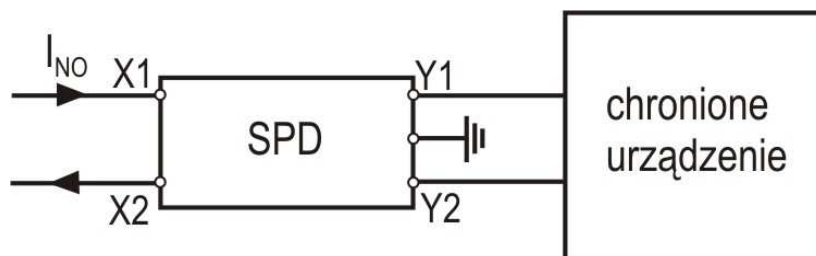
$$U_C \geq U_{NS}$$

ETAP 7. Określenie sposobu przesyłu sygnałów (napięcie znamionowe niesymetryczne w układzie przewód - przewód lub napięcie znamionowe symetryczne w układzie przewód - „ziemia”) i dobranie odpowiedniego układu ochronnego.

ETAP 8. Określenie maksymalnego prądu roboczego występującego w systemie przesyłu sygnałów I_{NS} i wybór układu ochrony przepięciowej o prądzie znamionowym I_{NO} spełniającym warunek

$$I_{NO} \geq I_{NS}$$

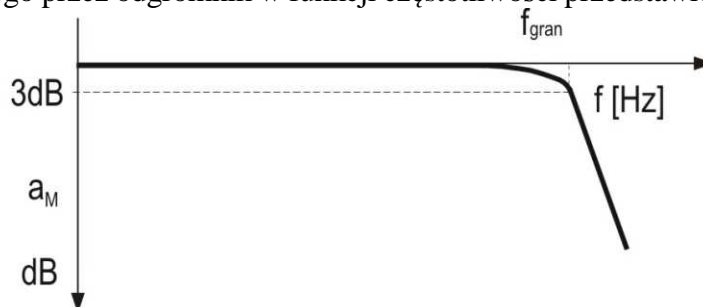
Przykład układu SPD - chronione urządzenie z oznaczeniem prądu I_{NO} przedstawiono na rys.3.



Rys.3. Przykład prądu w linii z SPD

ETAP 9. Określenie znamionowej częstotliwości sygnałów f_{NS} w analizowanym systemie i porównanie z częstotliwością znamionową f_{NOGR} lub graniczną f_{GRAN} SPD

SPD nie może zniekształcać przesyłanych sygnałów. Wielkościami, które charakteryzują właściwości SPD, są częstotliwość znamionowa f_{NOGR} oraz graniczna f_{GRAN} (lub tzw. „pasmo przenoszenia”). Przy powyższych częstotliwościach tłumienie jakie wprowadza określane jest najczęściej na poziomie 1 dB (częstotliwość znamionowa) lub 3 dB (częstotliwość graniczna). Przykładową charakterystyką zmian tłumienia wprowadzanego przez odgromnik w funkcji częstotliwości przedstawiono na rys.4.



Rys.4. Przykład zmian tłumienia w funkcji częstotliwości dla typowego układu ochronnego

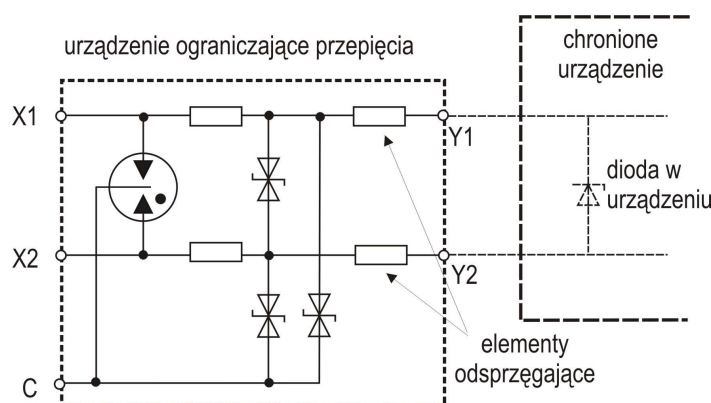
SPD dobierany do ochrony urządzenia lub systemu przesyłu sygnałów f_{NS} powinien spełniać następujące warunki:

$$\begin{aligned} f_{NS} &\leq f_{NOGR} \\ f_{NS} &< f_{GRAN} \end{aligned}$$

ETAP 10. Wybór układu posiadającego dodatkowe impedancje odprzegające w przypadku ochrony urządzenia, w którym wejścia sygnałowe posiadają własne elementy ochronne (np. fabrycznie zamontowane warystory lub diody).

Instalując układy ograniczające przepięcia bezpośrednio przed urządzeniem posiadającym „własne” elementy ochronne należy zapewnić właściwą współpracę wszystkich elementów ochronnych, jakie występują w linii przesyłu sygnałów. Wymaga to porównania ich właściwości ochronnych i oceny możliwości wzajemnej koordynacji działania.

W rzeczywistych warunkach brak dokładnych danych powoduje, że przeprowadzenie takiej analizy i ocena możliwości współpracy „zewnętrznego układu ochronnego” z wewnętrznymi elementami ochronnymi jest najczęściej niemożliwa. W takich przypadkach, do ochrony urządzeń posiadających „własne” elementy lub układy ochronne należy zastosować układy posiadające dodatkowe elementy odsprzegające (rys.5.).



Rys.5. Dodatkowe elementy odsprzegające w ograniczniku przepięć

ETAP 11. Porównanie wartości elementów odsprzegających zastosowanych w układzie SPD z wartościami dopuszczalnymi w danej linii przesyłu sygnałów.

ETAP 12. Wybór sposobu montażu SPD

Przewód łączący SPd z lokalną szyną wyrównywania potencjałów lub obudową urządzenia powinien być możliwie najkrótszy dzięki temu unikamy spadków napięć na jego indukcyjności. Dotyczy to szczególnie SPD przeznaczonych do ochrony przed działaniem prądu piorunowego.

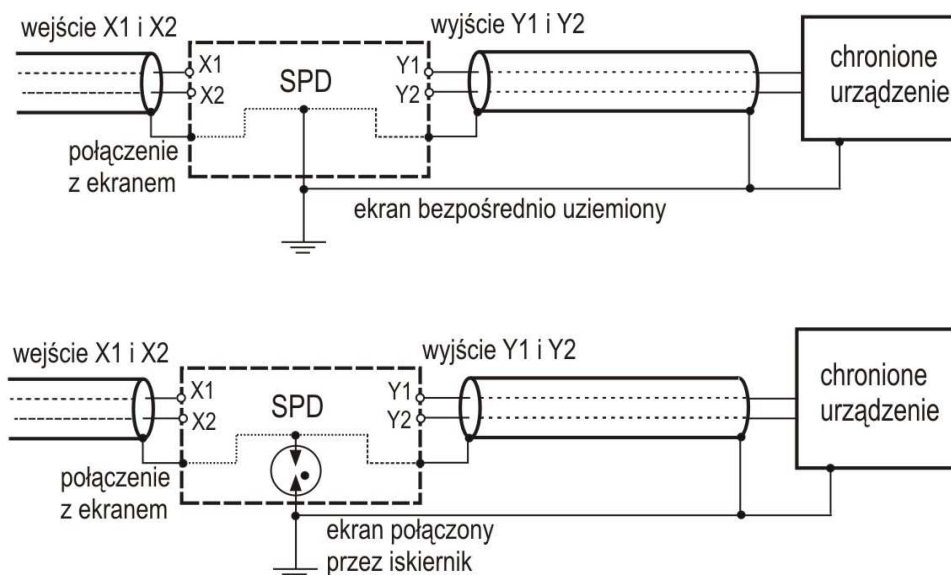
Należy również uwzględnić zalecenia dotyczące możliwości łączenia ekranów przewodów z lokalnymi systemami wyrównywania potencjałów. Jeśli znamionowe warunki pracy zalecają izolowanie ekranu przewodu dochodzącego do urządzenia (ekran nie może być połączony z lokalnym punktem wyrównywania potencjałów) należy, w celu wyrównywania różnic potencjałów wywołanych np. przez prąd piorunowy, połączyć ekran z lokalną punktem wyrównywania potencjałów przy pomocy ogranicznika gazowego.

Przykładowe połączenia SPD stosowanych w torze przesyłu sygnałów, którego powinien być izolowany lub uziemiony przedstawia rys.6.

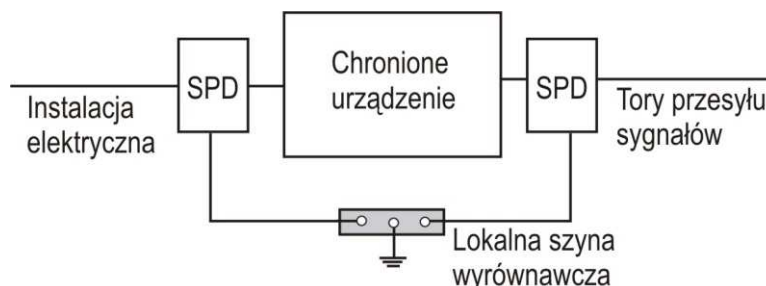
ETAP 13. Ocena poprawności połączeń SPd w torze sygnałowym i w instalacji elektrycznej.

Podstawową zasadą ochrony przeciwprzepięciowej jest zapobieganie powstawaniu różnic potencjałów powstających pomiędzy dochodzącymi do urządzenia :

- przewodami w poszczególnych instalacjach,
- różnorodnymi instalacjami (np. zasilającą i przesyłu sygnałów).
- Ogólną zasadę ochrony przedstawiono na rys.7.



Rys.6. Układy połączeń SPD w przypadku ekranu, który może być uziemiany lub ekranu izolowanego.



Rys.7. Wyrównywanie potencjałów instalacji dochodzących do urządzenia

Do urządzenia dochodzą linie przesyłu sygnałów oraz przewody instalacji elektrycznej. W każdej z tych instalacji zastosowano układ ochronny ograniczający przepięcia między przewodami.

Dodatkowo należy zapobiegać wystąpieniu różnic potencjałów pomiędzy instalacjami np. łącząc zastosowane urządzenia ochrony przepięciowej z lokalną szyną wyrównawczą.

PODSUMOWANIE

Postępując zgodnie z przedstawionymi zasadami można dobrać SPd do ochrony dowolnego systemu elektronicznego i zapewnić jego bezawaryjne działanie nawet w przypadku zagrożeń jakie stwarzają wyładowania atmosferyczne.

Bardzo często, ze względów ekonomicznych, ochroną objęte są tylko wybrane urządzenia w systemie. Stosując taką zasadę ochrony przyjmowana jest możliwość uszkodzenia poszczególnych urządzeń lub czujników. W takim przypadku można również wykorzystać przedstawione zasady doboru SPD.

LITERATURA

1. Sowa A., Jęzak S.: *Ochrona przed przepięciami w typowych obiektach Zakładów Energetycznych*. Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej, Poznań 1999
2. Wiesinger J., Hasse P.: *Blitzschutz der Elektronik* VDE VERLAG GMBH, 1999
3. Sowa A.: Ochrona urządzeń przed przepięciami występującymi w systemach pomiaru i sterowania . AUTOMATION 2000. Konferencja Naukowo-Techniczna Automatykacja – Nowości i Perspektywy. Warszawa 12-14.04.2000.