

OCHRONA URZĄDZEŃ PRZED PRZEPIĘCIAMI WYSTĘPUJĄCYMI W SYSTEMACH POMIARU I STEROWANIA

Przebiecia powstające w liniach przesyłu sygnałów mogą spowodować uszkodzenie urządzenia lub jego błędne działanie. Tworząc warunki do bezawaryjnej pracy urządzeń należy występujące przebiecia ograniczyć do dopuszczalnych poziomów. Stosowane do tego celu ograniczniki przebiec powinny zapewnić ochronę urządzeń systemów pomiaru i sterowania przed wszelkiego rodzaju zagrożeniami i nie wpływać na jakość pracy systemu. Dokonanie prawidłowego doboru właściwości ochronnych ograniczników i ich odpowiednie rozmieszczenie wymaga przeanalizowania szeregu informacji. W celu ułatwienia postępowania opracowano szczegółowe zasady doboru ograniczników uwzględniające występujące zagrożenia przebieciowe oraz właściwości chronionego systemu elektronicznego.

PROTECTION FOR DEVICES AGAINST OVERVOLTAGES FROM MEASUREMENT AND CONTROL SYSTEMS

Overvoltages in signal transmission lines can cause damages of electronic devices or its incorrect activity. Creating conditions to failure-free activities of device one should to limit the overvoltages to admissible level. Practically the overvoltage protection devices which are used in measurement and control systems should assure protection before all kind of surges and not to influence on quality of system's work. Correct selection the properties of overvoltage protection devices and their suitable distribution require the analyses of various information. In order to make a good choice a detail rules for the selection of surge protection devises were made. In selection the danger which is caused by different type of overvoltages and the properties of protected electronic system were taken into account.

1. WSTĘP

Stworzenie warunków do bezawaryjnej pracy urządzeń wymaga ograniczenia do dopuszczalnych poziomów przebiec występujących w instalacji elektrycznej i w liniach przesyłu sygnałów. Przebiecia są szczególnie groźne dla urządzeń pracujących w rozbudowanych systemach elektronicznych, które sterują pracą lub nadzorują działanie urządzeń na znacznym obszarze w odkrytym terenie np. w zakładach przemysłu chemicznego, w oczyszczalniach ścieków, podstacjach elektroenergetycznych.

Ograniczanie występującego zagrożenia można osiągnąć:

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

W rzeczywistych warunkach realizacja pierwszych trzech sposobów jest bardzo trudna lub niemożliwa do realizacji i często jedynym rozwiązaniem jest zastosowanie ograniczników przepięć, które powinny zapewnić bezawaryjne działanie urządzeń oraz nie wpływać na jakość ich pracy.

W celu ułatwienia dokonania właściwego doboru ograniczników 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 ograniczników w systemach pomiaru i sterowania,
- dobór ograniczników nie wpływających na jakość pracy systemu.

Postępując zgodnie z przedstawionymi zasadami można zapewnić ochronę urządzeń systemu elektronicznego nawet w przypadku ekstremalnych zagrożeń występujących podczas bezpośredniego uderzenia piorunu w obiekt lub w bliskim jego sąsiedztwie.

2. ZASADY DOBORU UKŁADÓW OCHRONY PRZECIWPZEPĘCIOWEJ

Dobierając właściwości ochronne ograniczników, ich rozmieszczenie w systemie oraz sposoby montażu należy uwzględnić przedstawione poniżej zasady pogrupowane w trzynastu kolejnych etapach 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 ochrony przepięciowej 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 ograniczników należy uwzględnić możliwości powstania przepięć w liniach sygnałowych, które mogą być wywołane przez:

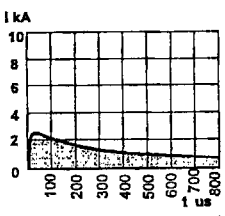
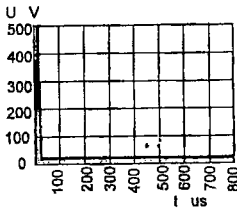
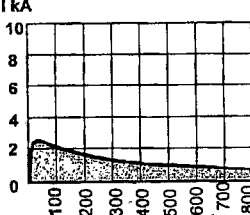
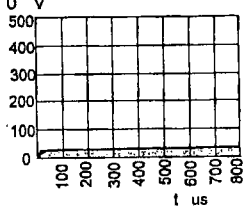
- **Rozpływający się prąd piorunowy.** Takie zagrożenie występuje podczas bezpośrednich wyładowań piorunowych w obiekty posiadające instalację piorunochronną, do których dochodzą linie przesyłu sygnałów lub w przypadku doprowadzania napowietrznych linii sygnałowych do obiektów nie posiadających instalacji 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.

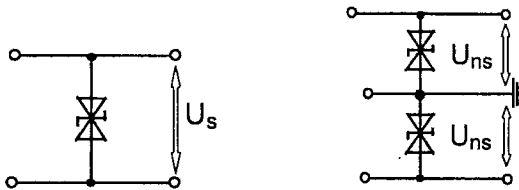
ETAP 4. Wstępny dobór właściwości ochronnych ograniczników przepięć

- 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) /50 i kształcie 8/20.

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

Typ ogranicznika	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>

Wstępnie dobrane elementy lub układy ochronne powinny ograniczać udary do poziomów leżących poniżej poziomów odporności udarowej chronionych urządzeń.
W zależności od sposobu przesyłu sygnałów należy uwzględnić poziom ograniczenia udarów w układach przewod - przewod lub przewod - ziemia (rys.1.).



Rys.1. Ochrona w systemach symetrycznych i niesymetrycznych

Tablica 2. Ogólna klasyfikacja urządzeń chroniących linie przewodów nie narażone na bezpośrednie działanie prądu piorunowego.

Typ ogranicznika	Udar prądowy	Poziom ochrony
Ogranicznik gazowy 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 ogranicznik gazowy (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.

Do ochrony urządzeń o odporności udarowej od strony wejść sygnałowych na poziomie 1000 V i wyższej należy zastosować układ jednostopniowy (jeden lub dwa odgromniki gazowane),

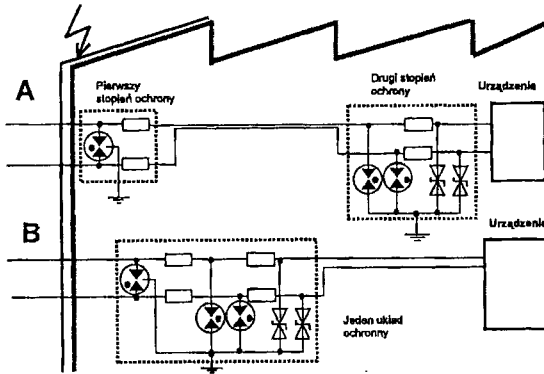
Urządzenia o odporności udarowej poniżej 1000 V od strony wejść sygnałowych powinny być chronione przy pomocy:

- ◆ pojedynczego wielostopniowego układu ochronnego (rys. 2a),
- ◆ dwóch układów ochronnych (rys.2b).
- ◆ pojedyncze jednostopniowe układy ochronne.

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

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

$$U_C \geq U_{NS}$$



Rys.2. Wielostopniowe układy ochronne
A) skupiony
B) rozłożony

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

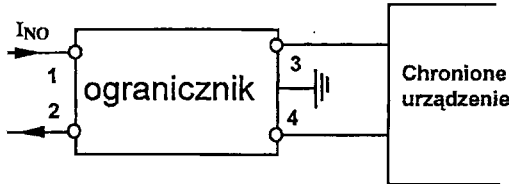
*) przy odporności powyżej 1000 V można nie stosować układów ochronnych.

ETAP 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 ogranicznik chronione urządzenie z oznaczeniem prądu I_{NO} przedstawiono na rys.3.



Rys.3. Przykład prądu w linii z ogranicznikiem.

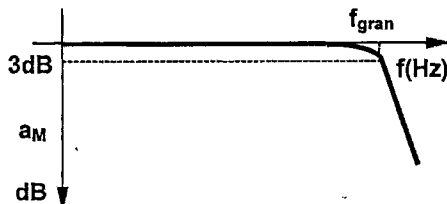
ETAP 9. Określenie znamionowej częstotliwości sygnałów f_{NS} w analizowanym systemie i porównanie z częstotliwością znamionową f_{NOGR} lub graniczną f_{GRAN} ogranicznika

Ogranicznik przepięć nie może zmniejszać przesyłanych sygnałów. Wielkościami, które charakteryzują właściwości ogranicznika przepięć, 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.

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

$$f_{NS} \leq f_{NOGR}$$

$$f_{NS} < f_{GRAN}$$

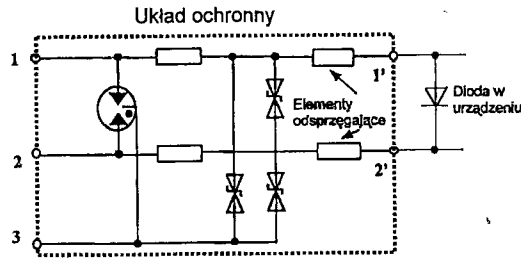


Rys.4. Przykład zmian tłumienia w funkcji częstotliwości dla typowego układu ochronnego

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 „zewnętrzny układ ochronny” 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 odprzegające (rys.5.).



Rys.5. Dodatkowe elementy odsprężające w ograniczniku przepięć

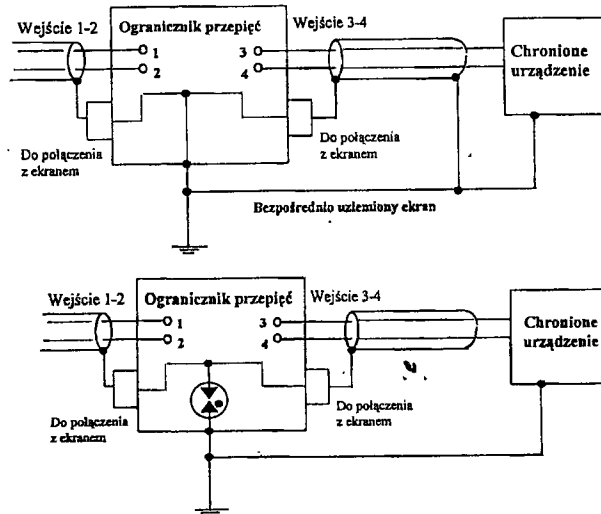
ETAP 11. Porównanie wartości elementów odsprężających zastosowanych w układzie ogranicznika z wartościami dopuszczalnymi w danej linii przesyłu sygnałów.

ETAP 12. Wybór sposobu montażu ogranicznika przepięć

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

Należy również uwzględnić zalecenia dotyczące możliwości łączenia z lokalnymi systemami wyrównywania potencjałów ekranów przewodów. 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 powstających różnic potencjałów, połączyć ekran z lokalnym punktem wyrównywania potencjałów przy pomocy ogranicznika gazowego.

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



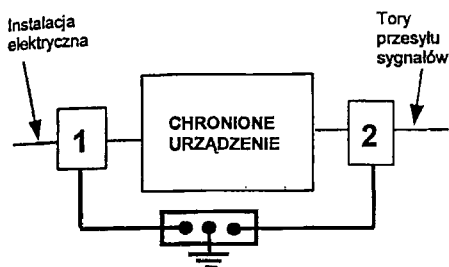
Rys.6. Układy połączeń ograniczników przepięć w przypadku ekranu, który może być uziemiany lub ekranu izolowanego.

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

Podstawową zasadą ochrony przeciwprzebieciowej 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.7. Wyrównywanie potencjałów instalacji dochodzących do urządzenia

1 Ograniczniki przepięć w instalacji elektrycznej

2 Ograniczniki przepięć w torach przesyłu sygnałów

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 przeciwprzebieciowej z lokalną szyną wyrównawczą.

3. PODSUMOWANIE

Postępując zgodnie z przedstawionymi zasadami można dobrać ograniczniki przepięć 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 ograniczników przepięć.

4. 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 odgromowa i przeciwprzebieciowa*. Kielce 1998