

# OGRANICZANIE PRZEPIĘĆ W SYSTEMACH PRZESYŁU SYGNAŁÓW



## OCHRONA PRZED PRZEPIĘCIAMI SYSTEMÓW KONTROLNO-POMIAROWYCH W STREFACH ZAGROŻONYCH WYBUCHEM

Andrzej Sowa

### WSTĘP

Wprowadzanie coraz doskonalszych elementów i układów półprzewodnikowych znacznie zwiększa możliwości działania urządzeń elektronicznych oraz umożliwia tworzenie coraz bardziej rozbudowanych, różnorodnych systemów informatycznych, teleinformatycznych, kontrolno-pomiarowych i sterujących. Analizując możliwości zapewnienia bezawaryjnego działania takich systemów należy zwrócić szczególną uwagę na ich ochronę przed przepięciami.

Przepięcia mogą być szczególnie groźne dla urządzeń pracujących w rozbudowanych systemach elektronicznych stosowanych np. w:

- zautomatyzowanych zakładach przemysłu chemicznego i petrochemicznego,
- obiektach gazowniczych kubaturowych u technologicznych,
- oczyszczalniach ścieków,
- stacjach benzynowych.

W powyższych systemach może wystąpić konieczność ochrony przed przepięciami urządzeń pracujących w obszarach, w których istnieje możliwość wystąpienia gazowej atmosfery wybuchowej. Dobierając ograniczniki przepięć do ochrony takich urządzeń należy uwzględnić:

- występujące zagrożenie,
- odporność udarową chronionych urządzeń,
- warunki środowiskowe wynikające z wymogów działania chronionych urządzeń w systemach kontrolno-pomiarowych.

Ograniczona objętość artykułu uniemożliwia szczegółowe omówienie zasad:

- zewnętrznej ochrony odgromowej obiektów budowlanych i urządzeń technologicznych,
- ochrony przed przepięciami we wszelkich możliwych instalacjach zasilających, sterujących i kontrolno-pomiarowych.

Zakres tematyczny został ograniczony tylko do ograniczania przepięć w obwodach iskrobezpiecznych. Ograniczniki przeznaczone do montażu w takich obwodach muszą spełniać dodatkowe warunki wymagane od urządzeń elektrycznych pracujących w strefach zagrożonych wybuchem.

### WEWNĘTRZNA OCHRONA ODGROMOWA

W przypadku ochrony obiektów i urządzeń w strefach zagrożonych wybuchem podstawowym zadaniem ochrony wewnętrznej jest zapobieganie przeskokom iskrowym pod wpływem bezpośredniego lub pośredniego (za pomocą pola elektromagnetycznego) oddziaływania prądu piorunowego. Podstawo-

wym sposobem ochrony przed przeskokami iskrowymi jest zachowanie odpowiednich odstępów izolacyjnych lub ich zwieranie. W obiektach o konstrukcji stalowej lub żelbetowej znacznie częściej stosowana ekwipotencjalizacja wykorzystująca połączenia wyrównawcze bezpośrednie lub ochronnikowe. Połączeniami wyrównawczymi bezpośrednimi należy objąć wszystkie:

- urządzenia metalowe znajdujące się wewnątrz obiektów i wprowadzane do nich,
- metalowe elementy urządzeń i konstrukcji w obszarach zagrożonych wybuchem i poza tymi obszarami,

Izolacyjne złącza rurociągów i aparatów technologicznych powinny być zbocznikowane. Jeśli bezpośrednio bocznikowane wstawek izolacyjnych jest niedopuszczalne (np. monobloki w gazociągach), to należy je zbocznikować przy pomocy iskierników. Iskierniki stosowane w strefach Z1 i Z2 powinny mieć obudowę przeciwybuchową.

Jeśli stosowana aparatura kontrolno-pomiarowa wymaga stosowania oddzielnych uzemień, to uzimienia te powinny być również połączone z pozostałą częścią uzemień przy pomocy ograniczników przepięć.

## **OGÓLNE ZASADY OCHRONY PRZED PRZEPĘCIAMI W SYSTEMACH PRZESYŁU SYGNAŁÓW**

Poniżej przedstawione zostaną jedynie przykłady ochrony przepięciowej w obwodach iskrobezpiecznych. Szczególna uwaga zostanie zwrócona na omówienie informacji dotyczących:

- podstawowych zasad ochrony odgromowej i przepięciowej w systemach przesyłu sygnałów,
- poziomów odporności portów sygnałowych urządzeń na działanie udarów napięciowych i prądowych,
- wymaganych poziomów ograniczania przepięć przez ograniczniki,
- podstawowych właściwości proponowanych elementów i układów ograniczających przepięcia,
- ewentualnych miejsc montażu ograniczników przepięć.

Należy zaznaczyć, że stworzenie pewnego i niezawodnego systemu ochrony przed przepięciami wymaga uwzględnienia zagrożenia i ewentualnego zastosowania ochrony we wszystkich liniach przesyłu sygnałów wychodzących poza obiekt budowlany. Dotyczy to zarówno obwodów kontrolno-pomiarowych i sterujących pracujących w strefach bez zagrożeń, jak i w strefach zagrożonych wybuchem.

## **OBWODY ISKROBEZPIECZNE**

Odporności udarowe wejść/wyjść sygnałowych urządzeń powinny być ocenione na podstawie przedstawionych przez producenta wyników badań przeprowadzonych zgodnie z wymaganiami obowiązujących norm.

W większości przypadków do badań urządzeń kontrolno-pomiarowych pracujących w obszarach zagrożonych wybuchem wykorzystywane są zalecenia zawarte w normach **PN-EN 50082-2**, **IEC 61326-1**, **NAMUR NE 21**.

Wymagane poziomy odporności na działanie udarów odpowiadających zagrożeniom stwarzanym przez wyładowania atmosferyczne oraz przepięcia innego rodzaju zastawiono w tabl. 1.

Uwzględniając przedstawione dane, do ochrony obwodów iskrobezpiecznych, należy stosować urządzenia ograniczające przepięcia do następujących poziomów:

- **poniżej 500 V** pomiędzy przewodami obwodu iskrobezpiecznego,
- **poniżej 1000V** pomiędzy przewodami obwodu iskrobezpiecznego a uziemionymi elementami (np. lokalnym systemem uziomowym).

**Tablica 1. Poziomy odporności udarowej urządzeń elektronicznych zgodnie z NAMUR NE 21 i PN-EN 50082**

Zjawiska środowiskowe rodzaj zakłócenia	<b>NAMUR NE 21</b>	<b>PN-EN 50082-2</b>	Jednostki	Norma podstawowa
<b>Linie sygnałowe, cyfrowe, pomiarowe oraz sterujące</b>				
Serie szybkich elektrycznych zakłóceń	1 5/50 5	2 5/50 5	kV (wartość szczytowa) $T_r/T_h$ ns kHz (częstotliwość powtarzania)	EN 61004-4 IEC 1000-4-4
<b>Udary</b> Przewód - ziemia Przewód - przewód	1,2/50 (8/20) 1 0,5	-----	$T_r/T_h$ $\mu$ s kV (wartość szczytowa) kV (wartość szczytowa)	EN 61000- 4-5 IEC 1000-4-5
<b>Wejściowe i wyjściowe przyłącza zasilania prądem stałym</b>				
Serie szybkich elektrycznych zakłóceń	2 5/50 5	2 5/50 5	kV (wartość szczytowa) $T_r/T_h$ ns kHz (częstotliwość powtarzania)	EN 61000-4-4 IEC 1000-4-4
<b>Udary</b> niesymetryczne symetryczne	1,2/50 (8/20) 1 0,5	1,2/50 (8/20) 0,5* 0,5*	$T_r/T_h$ $\mu$ s kV (wartość szczytowa) kV (wartość szczytowa)	EN 61000-4-5 IEC 1000-4-5

### Właściwości ograniczników przepięć

Ograniczniki przepięć, podobnie jak inne urządzenia elektryczne przeznaczone do montażu w strefach zagrożonych wybuchem, podzielono na dwie grupy. Do grupy pierwszej, która nie będzie rozważana w dalszej części artykułu, należą urządzenia przeznaczone do pracy w kopalniach metanowych.

W pozostałych miejscach można stosować ognioszczelne lub iskrobezpieczne urządzenia należące do grupy II.

W elektrycznych urządzeniach iskrobezpiecznych wszelkie obwody są obwodami iskrobezpiecznymi (tzw. obwody samoistnie bezpieczne) i jakakolwiek iskra lub zjawiska cieplne występujące w takich obwodach nie są zdolne do spowodowania zapłonu w danej gazowej atmosferze wybuchowej.

Obwody iskrobezpieczne mogą osiągać znaczne długości, wychodzić na zewnątrz obiektów budowlanych lub przebiegać całkowicie poza nimi. Do ograniczania przepięć powstających w takich obwodach należy wykorzystywać ograniczniki spełniające wymagania urządzeń elektrycznych grupy II.

Ogranicznik przepięć przeznaczony do montażu w obwodzie iskrobezpiecznym powinny również charakteryzować odpowiednie wartości:

- maksymalnego napięcia wejściowego (napięcie szczytowe prądu przemiennego lub prądu stałego),
- maksymalnego prądu wejściowego (szczytowa wartość prądu przemiennego lub stałego),

jakie można doprowadzić do jego zacisków bez utraty iskrobezpieczeństwa.

Maksymalne wartości wejściowych napięć i prądów ogranicznika powinny być większe od wartości dopuszczalnych dla innych urządzeń obwodu iskrobezpiecznego.

Dodatkowo należy określić wartości indukcyjności i pojemności w obwodzie iskrobezpiecznym po zamontowaniu ogranicznika. Wyznaczone wartości należy porównać z wartościami określającymi maksymalną indukcyjność i maksymalną pojemność, jakie mogą wystąpić w obwodzie bez utraty iskrobezpieczeństwa.

Wytrzymałość izolacji obwodu iskrobezpiecznego do "ziemi", do obudów urządzeń lub innych uzziemionych elementów wchodzących w skład obwodu zwykle określa wartość skuteczna napięcia przemiennego, która może być równa podwojonej wartości napięcia w obwodzie iskrobezpiecznym lub wartości 500V (w zależności od tego, która wartość jest większa).

## **A. Sowa    Ochrona przed przepięciami systemów kontrolno-pomiarowych w strefach zagrożonych wybuchem**

---

W takich układach ograniczniki przepięć powinny również wytrzymać próby napięciowe względem ziemi na poziomie minimum 500 V a.c.

Spełnienie tego warunku wymaga zastosowania dodatkowego odgromnika gazowanego pomiędzy wejściami przewodów sygnałowych a ziemią.

**Uwzględniając powyższe uwagi należy, dobierając ograniczniki przepięć, uwzględnić przedstawione poniżej wymagania.**

- a)** W liniach dochodzących do obiektu ze stref zagrożonych wybuchem należy zastosować ograniczniki przepięć przeznaczone do prac w obszarach Ex i dobrane odpowiednio do wartości znamionowych sygnałów roboczych poziomów odporności udarowej urządzeń.
- b)** Zastosowanie ogranicznika nie powinno zmienić wytrzymałości izolacji pomiędzy obwodem iskrobezpiecznym a korpusem urządzenia lub jego częściami, które mogą być uziemione. Izolacja powinna wytrzymać próbę napięcia przemiennego o wartości skutecznej przekraczającej podwojoną wartość napięcia obwodu iskrobezpiecznego lub 500V, w zależności od tego, która wartość jest większa.
- c)** Ograniczać przepięcia pomiędzy obwodem iskrobezpiecznym a nieiskrobezpiecznym do poziomu co najmniej 1500V (wartość skuteczna).
- d)** W liniach przesyłu sygnałów dochodzących do obiektu każda żyła powinna być zabezpieczona przed przepięciami przy pomocy układu ograniczającego przepięcia o wytrzymałości na działanie prądu piorunowego o wartości szczytowej minimum 10 kA i kształcie 8/20.
- e)** W przypadku narażenia linii na bezpośrednie oddziaływanie prądów piorunowych ograniczniki powinny zapewnić ochronę przed udarami prądowymi o wartościach szczytowych do 5 kA i kształcie 10/350.
- f)** Czujniki, elementy wykonawcze, przetworniki znajdujące się na zewnątrz obiektu w strefach zagrożonych wybuchem powinny być zabezpieczone przed przepięciami dochodzącymi z linii sygnałowych i instalacji elektrycznej. Każda żyła toru sygnałowego powinna być zabezpieczona przed przepięciami przy pomocy układu ograniczającego przepięcia o wytrzymałości na działanie prądu piorunowego o wartości szczytowej minimum 10 kA i kształcie 8/20.
- g)** W instalacji elektrycznej należy zastosować ograniczniki chroniące przed znamionowymi udarami prądowymi 15 - 20 kA i kształcie 8/20.
- h)** W przypadku narażenia instalacji elektrycznej na bezpośrednie działanie prądów piorunowych należy zastosować ograniczniki badane zgodnie z wymogami próby klasy I chroniące przed prądami o wartościach szczytowych kilkanaście-kilkadziesiąt kA i kształcie 10/350. Ograniczniki należy umieścić w szafkach posiadających odpowiednie dopuszczenia do montażu w strefach zagrożonych wybuchem.
- i)** Przepięcia pomiędzy przewodami obwodu iskrobezpiecznego powinny być ograniczone poniżej wytrzymałości udarowej. W przypadku braku informacji o poziomie odporności udarowej należy przepięcia ograniczyć do poziomów równych 3-4 krotności wartości sygnałów znamionowych.
- j)** Ograniczniki instalowane w liniach dochodzących ze stref zagrożonych wybuchem powinny charakteryzować się małymi wartościami indukcyjności i pojemności. Po zainstalowaniu ograniczników wypadkowa pojemność i indukcyjność toru sygnałowego nie może przekraczać wymaganych wartości.
- k)** Rozważenie ewentualnego miejsca montażu ograniczników: optymalne rozwiązanie - wprowadzanie kabli do obiektu; gorszy wariant - pierwsze szafy, do których dochodzą linie przesyłu sygnałów.

W przypadku zastosowania ograniczników przepięć przed czujnikami lub przetwornikami należy spełnić następujące wymagania:

- o Czujniki, elementy wykonawcze, przetworniki znajdujące się na zewnątrz obiektu w strefach zagrożonych wybuchem powinny być zabezpieczone przed przepięciami dochodzącymi z linii sygnałowych i instalacji zasilającej. Każda żyła toru sygnałowego oraz zasilającego powinna być zabez-

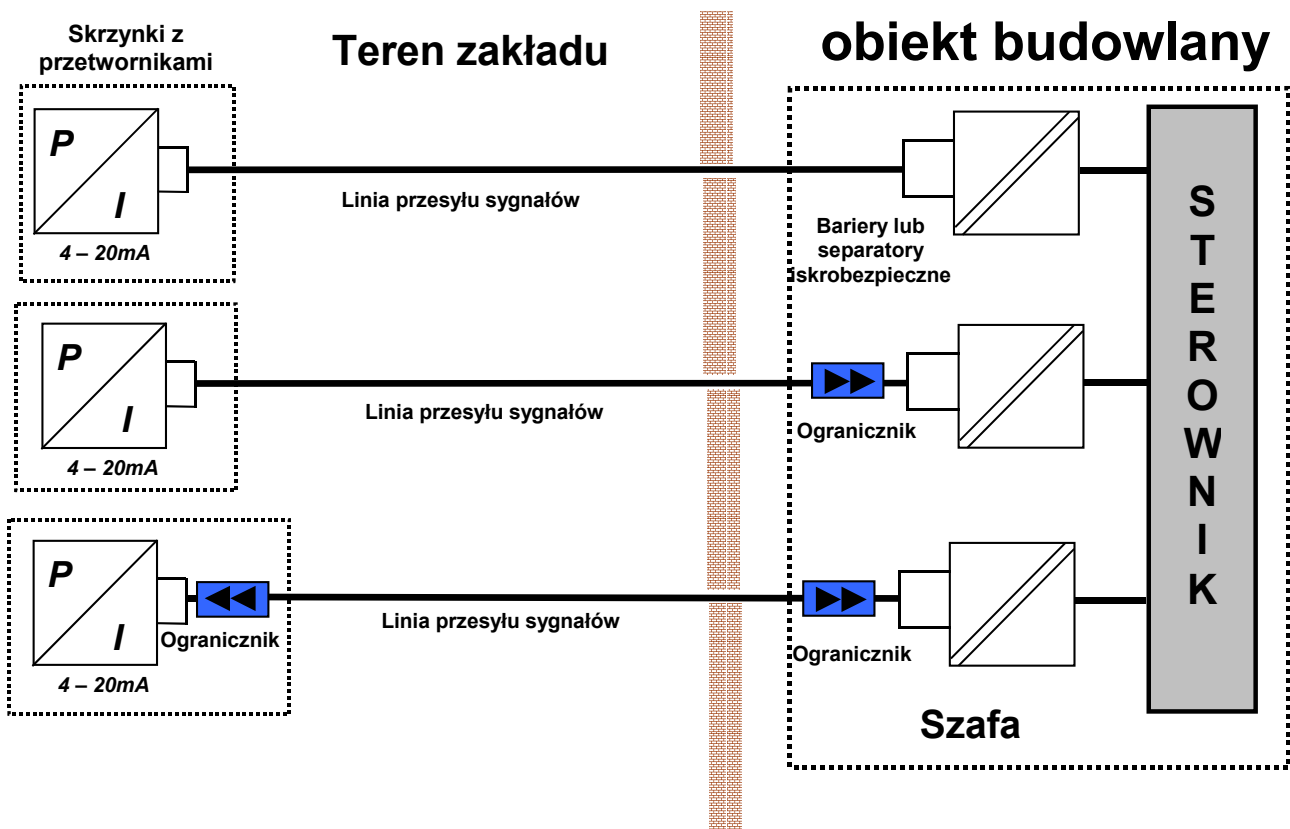
pieczona przed przepięciami przy pomocy układu ograniczającego przepięcia o wytrzymałości na działanie prądu piorunowego o wartości szczytowej minimum 10 kA i kształcie 8/20.

- W instalacji elektrycznej dochodzącej do urządzeń pracujących w strefach zagrożonych wybuchem należy zastosować ograniczniki chroniące przed znamionowymi udarami prądowymi 15- 20 kA i kształcie 8/20.
- W przypadku linii narażonych na bezpośrednie działanie prądów piorunowych należy uwzględnić uwagi przedstawione w punktach *e)* i *h)*.
- Ograniczniki należy umieścić w szafkach poza obszarem stref zagrożonych wybuchem lub w strefach w szafkach posiadających odpowiednie dopuszczenia do montażu w strefach zagrożonych wybuchem.

### Ograniczniki przepięć w obwodach iskrobezpiecznych

Zasady ochrony przepięciowej w obwodach iskrobezpiecznych przedstawione zostaną na przykładzie obwodów pomiarowych ciśnienia i temperatury.

Typowy przykład iskrobezpiecznego obwodu pomiaru ciśnienia oraz różnorodnych rozwiązań połączeń ograniczników przeznaczonych do ochrony tego obwodu przedstawiono na rys. 1a.



**Rys. 1. Obwód pomiaru ciśnienia** a) niechroniony przed przepięciami, b) ochrona obejmuje tylko barierę/separator, c) ochrona dwustronna.

W typowym układzie pomiarowym, w zależności od przyjętych wymagań, ochroną przed przepięciami można objąć:

- tylko urządzenia elektroniczne (np. sterowniki) pracujące w sterowni w obiekcie budowlanym (rys.1b),

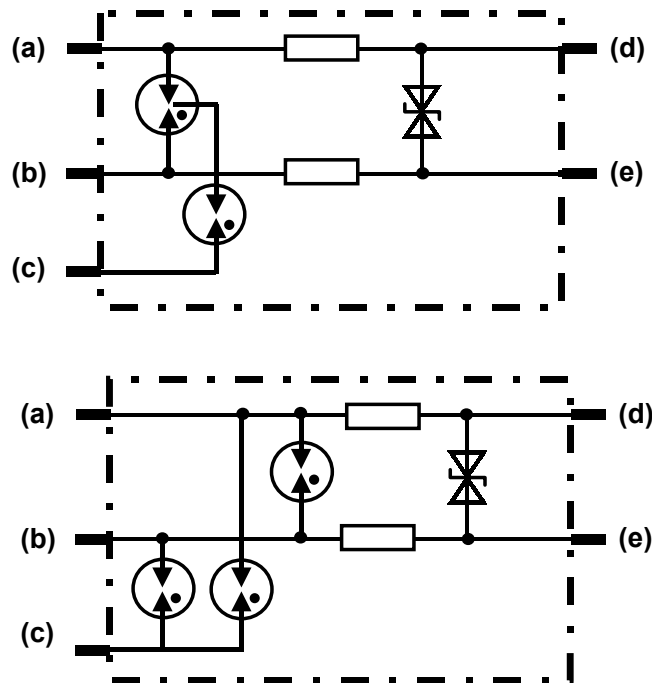
- urządzenia elektroniczne pracujące w sterowni i przetworniki pomiarowe i przetworniki sygnałów pracujące na zewnątrz obiektów budowlanych (rys. 1c).

W pierwszym przypadku zapewnione jest bezpieczne działanie separatorów/barier oraz urządzeń sterujących. Niestety podczas bezpośredniego wyładowania piorunowego w obiekt, w którym jest sterownia, lub wyładowania w obszarze pracy przetworników pomiarowych mogą wystąpić różnice potencjałów lub indukowane przepięcia w kablu pomiarowym i uszkodzić przetworniki pomiarowe.

Pełną ochronę przetwornika i bariery/separatora uzyskujemy stosując w obwodzie dwa ograniczniki przepięć (rys. 1c).

Ograniczniki przeznaczone do ochrony przepięciowej w systemach kontrolno-pomiarowych najczęściej montowane są na szynie 35 mm (do uziemienia przewód Cu minimum 4mm<sup>2</sup>). Ekrany kabli (jeśli kable są ekranowane) powinny być uziemione lub połączone z lokalnym systemem uziomowym przez iskiernik (jeśli uziemienie ekranów jest niezalecane).

Typowy ogranicznik przepięć składa się z odpowiednio połączonych odgromników gazowanych i diod lub warystorów. Ogólny schemat układu połączeń ogranicznika przedstawia rys.2.



**Rys.2** Przykładowy Schemat ogranicznika przeznaczonego do montażu w obwodach iskrobezpiecznych.

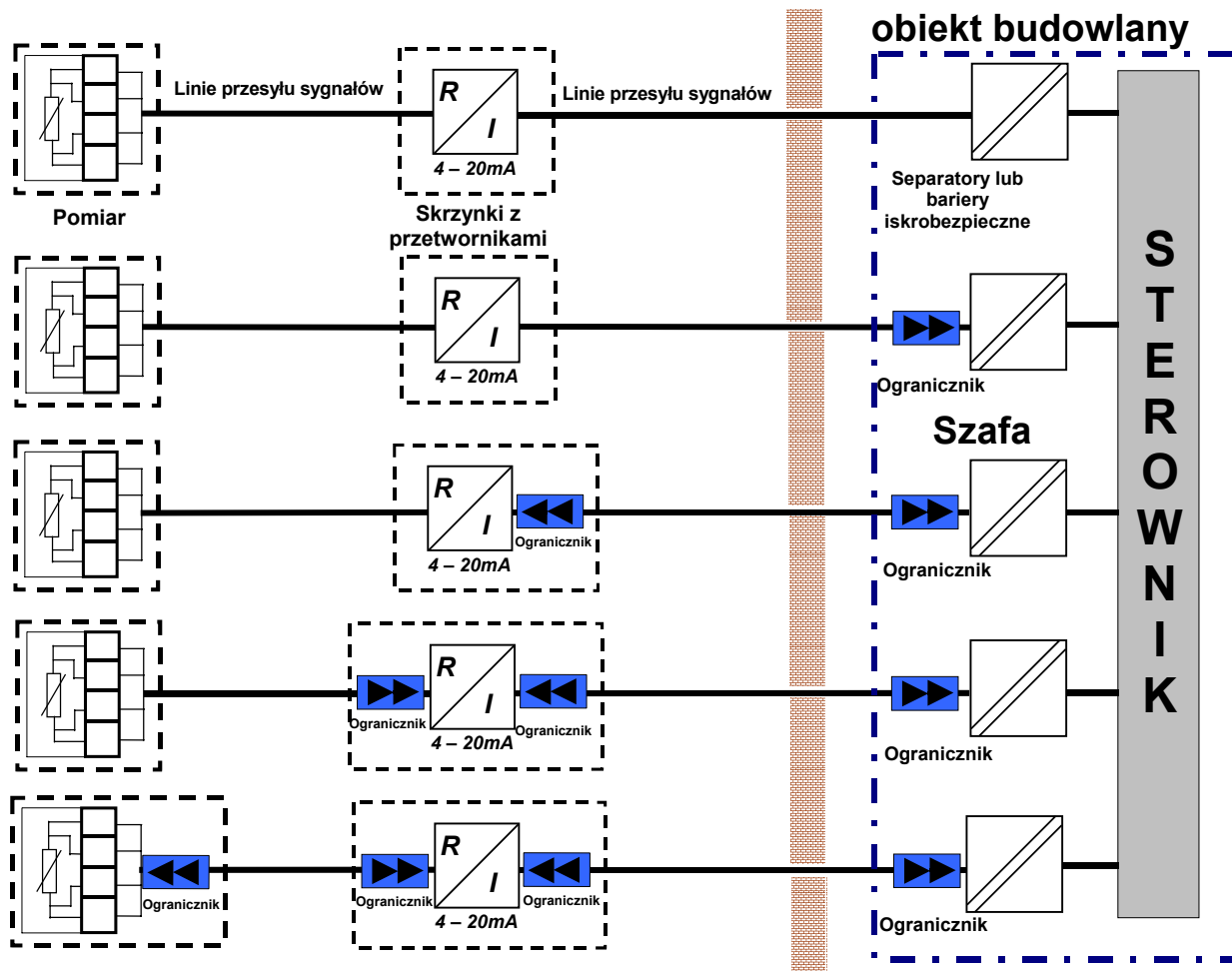
W przedstawionych obwodach podstawowym zadaniem urządzeń ochrony przepięciowej będzie ograniczanie przepięć pomiędzy:

- żyłami kabla,
- poszczególnymi żyłami a ekranem (jeśli kabel jest ekranowany).

W obwodach pomiaru temperatury zasady stosowania ograniczników przepięć są analogiczne. Ochroną mogą być wszystkie urządzenia w torze sygnałowym, lub tylko niektóre z nich. Typowe rozwiązania ochrony przedstawia rys. 3.

Pełną ochronę w iskrobezpiecznym obwodzie pomiaru temperatury uzyskujemy stosując w ograniczniki przepięć:

- przed separatorem/barierą,
- w liniach dochodzących do przetwornika od strony separatorów oraz czujnika,
- przez czujnikiem temperatury.



Rys.3. Różnorodne układy ochrony przepięciowej w iskrobezpiecznych obwodach pomiaru temperatury

## ZAKOŃCZENIE

Postępując zgodnie z przedstawionymi zasadami można zapewnić bezawaryjne działanie wszystkich urządzeń pracujących w strefach zagrożonych wybuchem nawet w przypadku bezpośredniego uderzenia piorunu w obiekt i wystąpienia zagrożenia jakie stwarza bezpośrednie oddziaływanie prądu piorunowego.

Bardzo często użytkownik, ze względów ekonomicznych, wymaga jedynie zapewnienia bezawaryjnego działania wybranych urządzeń w danym systemie zakładając możliwość uszkodzenia poszczególnych urządzeń lub czujników. W takim przypadku można ograniczyć zakres ochrony, ale należy wykonywać to bardzo rozważnie uwzględniając również przedstawione zasady doboru ograniczników przepięć.

## LITERATURA

1. PN-86/E-05003/01. Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Wymagania ogólne.
2. PN-IEC 61024-1:2001, Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Zasady ogólne.
3. PN-89/E-05003/03 Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Ochrona obostrzona
4. PN-IEC 61312-1. Ochrona przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym. Zasady ogólne. Marzec 2001.

**A. Sowa    Ochrona przed przepięciami systemów kontrolno-pomiarowych w strefach zagrożonych wybuchem**

---

5. **PN-IEC 61643-1.** Urządzenia ograniczające przepięcia dołączone do sieci rozdzielczych niskiego napięcia. Wymagania techniczne i metody badań.
6. **PN-EN 61000-4-5.** Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badania odporności na udary.
7. **PN-EN 50082-2.** Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Wymagania ogólne dotyczące odporności na zaburzenia. Środowisko przemysłowe. Grudzień 1997.
8. **PN-IEC 664-1.** Koordynacja izolacji urządzeń elektrycznych w układach niskonapięciowych. Zasady, wymagania i badania.
9. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 30 lipca 2001 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe. (Dz. U. Nr 97, poz. 1055)
10. **PN-EN 50014+AC.** Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Wymagania ogólne.
11. **EN 1127-1.** Explosive atmospheres – Explosion prevention and protection – Part 1. Basic concepts and methodology.
12. **EN 60079-14.** Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Part 14. Electrical installation in hazardous areas (other than mines).
13. **NAMUR NE 21.** Elektromagnetische Vertraglichkeit von Betriebsmitteln der Process- und Labortechnik.
14. **EN 61326-1.** Electrical equipment for measurements, control and laboratory use – EMC requirements. Part 1. General requirements.
15. **Zn-G-8101.** Sieci gazowe. Strefy zagrożenia wybuchem.
16. **PN-EN 50020.** Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Wykonanie iskrobezpieczne „i”. Grudzień 2000.
17. **EN 50014** Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. General requirements.