

OGRANICZANIE PRZEPIĘĆ W SYSTEMACH PRZESYŁU SYGNAŁÓW



Ochrona przepięciowa sterowników przemysłowych

Andrzej Sowa

Wprowadzanie do procesów produkcyjnych specjalistycznych i wysokowydajnych urządzeń narzuciło konieczność wymiany stycznikowych elementów w systemach sterowania na układy cyfrowe. Wprowadzane układy cyfrowe są tanie w eksploatacji i umożliwiają kompleksowe prowadzenie sterowania i kontroli nawet bardzo skomplikowanych procesów produkcyjnych. Z pewnością najbardziej rozpowszechnionymi przedstawicielami elektroniki przemysłowej są sterowniki. W Polsce dopiero w ostatnim dziesięcioleciu stosowane jako podstawowy element nowoczesnych układów sterowania robotów przemysłowych, obrabiarek czy linii montażu, głównie w przemyśle motoryzacyjnym i spożywczym.

Sterowanie procesami przemysłowymi

Urządzenia do sterowania procesami przemysłowymi można podzielić na dwie zasadnicze grupy w których komputer odgrywa różne role:

Pierwszą jest grupa gdzie PC jest jednostką centralną sterującą procesem. Do niego adresowane są wszystkie sygnały z przyłączonych urządzeń pomiarowo-kontrolnych. Wszystkie dane są przetwarzane na postać cyfrową i przesyłane po sieci. Komputer przemysłowy różni się od zwykłego wyższymi wymogami dotyczącymi odporności na zakłócenia, szczegółowym testowaniem, czasem życia i oczywiście ceną.

Drugą grupą jest układ w którym komputer jest jedynie kompilatorem programu i służy do jego załadunku do sterownika. W tym przypadku to właśnie sterownik przemysłowy jest „mózgiem” układu, to on steruje wszystkimi układami we/wy jakie są potrzebne do zarządzania procesem. Wszystkie przewody są prowadzone od czujników do sterownika co w porównaniu do poprzedniej konfiguracji znacznie zwiększa ich ilość i długość. Jest to jedna z przyczyn powstawania zakłóceń.

Obecnie spotykamy dwa rodzaje sterowników PLC (*ang. Programmable Logic Controllers*):

- typu zwartego (kompaktowe), w których zintegrowano w jednej obudowie wszystkie bloki sterownika takie jak: moduł jednostki centralnej CPU, moduły we/wy, blok zasilacza itp,
- sterowniki o budowie modułowej, gdzie wszystkie odrębne moduły sterownika połączone są ze sobą poprzez specjalne łącza na szynie typu DIN.

Niezależnie od budowy sterownika, jego cechą charakterystyczną jest zmniejszona, w porównaniu z elementami stycznikowymi, odporność na działanie napięć i prądów udarowych.

W dalszej części sterownik przedstawiany będzie jako „czarna skrzynka” do której dochodzą przewody zasilające i sygnałowe.

Zagrożenie przepięciowe sterowników

Zapewnienie poprawnego i bezawaryjnego działania sterowników w środowisku przemysłowym wymaga:

- przeanalizowania źródeł stwarzających zagrożenie udarowe,

- posiadania informacji o poziomach odporności udarowej sterowników,
- stworzenia, wykorzystując obowiązujące zalecenia i normy, adekwatnego do występującego zagrożenia, systemu ochrony odgromowej i przeciwprzepięciowej.

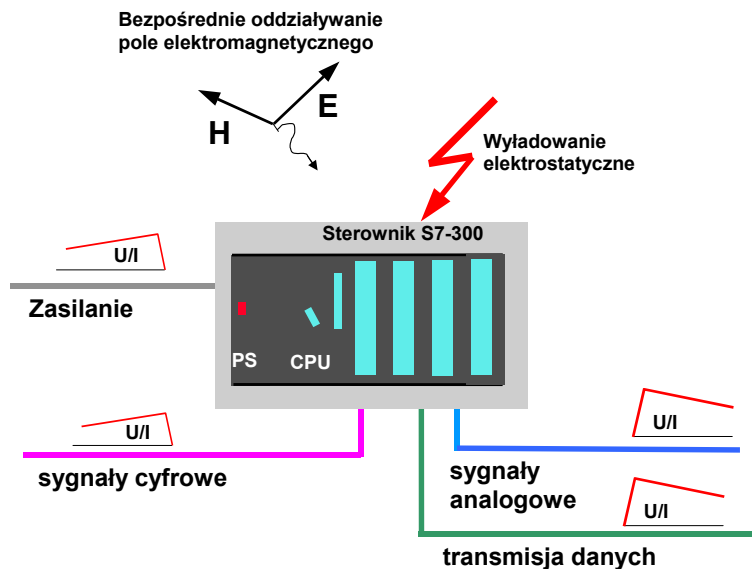
W zautomatyzowanych zakładach przemysłowych optymalnym, pod względem ekonomicznym oraz niezawodnym w działaniu, rozwiązaniem jest zastosowanie tzw. **strefowej koncepcji ochrony przeciwprzepięciowej** [1, 2]. W myśl tej koncepcji wewnątrz obiektu należy utworzyć strefy, w których poziomy narażeń impulsowych nie mogą przekraczać określonych wartości.

Urządzenia elektryczne i elektroniczne przeznaczone do pracy w danej strefie należy dobierać w taki sposób, aby ich poziomy odporności udarowej były wyższe wartości udarów jakie są dopuszczalne w tej strefie.

W środowisku przemysłowym należy przeanalizować zagrożenia stwarzane przez prądy/napięcia udarowe dochodzące do sterowników z instalacji elektrycznej oraz z linii przesyłu sygnałów.

W niektórych przypadkach powinna być również uwzględniona możliwość wystąpienia wyładowań elektrostatycznych oraz zagrożeń wywoływanych przez impulsowe pole elektromagnetyczne oddziałujące bezpośrednio na sterowniki.

Przykład występującego zagrożenia przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Oddziaływanie narażeń impulsowych na sterownik przemysłowy

W dalszej części rozważane będą tylko sposoby ochrony przed napięciami/prądami udarowymi dochodzącymi do sterowników z instalacji elektrycznej oraz z linii przesyłu sygnałów.

Odporność udarowa sterowników przemysłowych

Podstawowe informacje o wymaganych poziomach odporności udarowej sterowników programowalnych i związanych z nimi urządzeń peryferyjnych zawiera norma PN IEC 1131-2 [9]. Zalecane wartości zestawiono w tabelicy 1.

Ograniczanie przepięć w instalacji elektrycznej

System ochrony instalacji elektrycznej przed oddziaływaniem prądu piorunowego należy tworzyć zgodnie z zasadami zawartymi w normach ochrony odgromowej [1,2,7] oraz zaleceniami norm dotyczących instalacji elektrycznej [10].

W przypadku tworzenia systemu ochrony przepięciowej w instalacji elektrycznej w obiektach już istniejących należy:

Tablica 1 . Badania poziomu podstawowego odporności na zakłócenia elektryczne zgodne z PN-IEC 1131-2

| Rodzaj zakłócenia | | Wszystkie zasilacze | Cyfrowe we/wy $U \geq 24V$ | Cyfrowe we/wy $U < 24V$ Analogowe we/wy Komunikacyjne we/wy |
|--|--------------------------------|--|----------------------------|---|
| | | Badania poziomu podstawowego odporności | | |
| Serie szybkich zakłóceń impulsowych sygnał wspólny | 4mJ/amplituda przy 2 kV na 50Ω | 2 kV | 1 kV | 0,25 kV |
| Zakłócenia impulsowe oscylacyjne tłumione sygnał szeregowy | 200Ω | 1 kV | 1 kV | Badanie nie jest wykonywane |
| | | Badania wyższego poziomu odporności | | |
| Serie szybkich zakłóceń impulsowych sygnał wspólny | 4mJ/amplituda przy 2 kV na 50Ω | 4 kV | 4 kV | 0,25 kV |
| Zakłócenia impulsowe oscylacyjne tłumione sygnał szeregowy | 200Ω | 2 kV | 2 kV | Badanie nie jest wykonywane |

- sprawdzić jakie środki ochrony odgromowej zastosowano w obiekcie (rozwiązania zewnętrznej i wewnętrznej ochrony odgromowej) oraz dokonać oględzin ich stanu aktualnego,
- określić wymagany dla danego obiektu poziom ochrony (zgodnie z zaleceniami IEC 1014-1-1 oraz wprowadzoną normą PN-IEC 61024-1-1)
- wyznaczyć wymagany dla danego sterownika poziom ograniczenia przepięć w instalacji elektrycznej.

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

- sposób ochrony odgromowej obiektu (zastosowano instalację odgromową lub obiekt jej nie posiada),
- system sieci elektrycznej w obiekcie,
- rozmieszczenie sterowników w obiekcie,
- poziom odporności udarowej sterowników.

Najczęściej sterowniki zasilane są napięciem 24V DC, 230 V AC lub 120V AC.

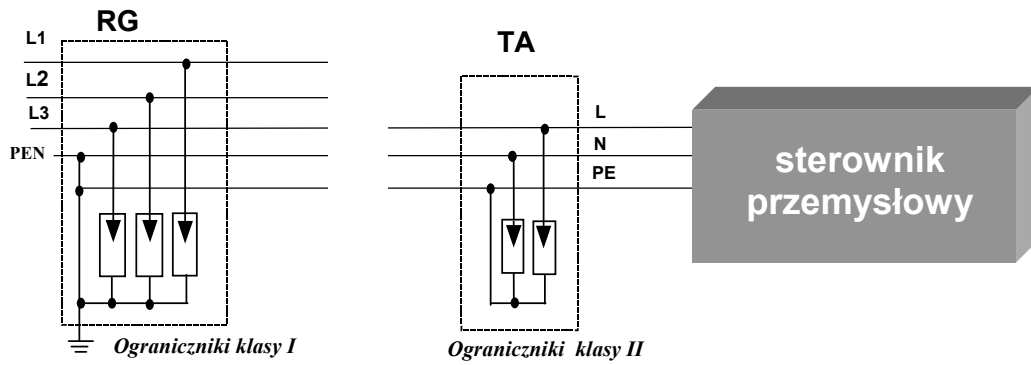
Uwzględniając zagrożenia występujące w obiekcie oraz wymagane poziomy ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej, do zasilania sterowników przemysłowych należy zastosować wielostopniowy system układów ograniczników, tworzony przez:

- ograniczniki przepięć klasy I instalowane w rozdzielniczy głównej, w szafce obok złącza lub w samym złączu,
- ograniczniki przepięć klasy II umieszczane w rozdzielnicach oddziałowych, tablicach rozdzielczych w obiekcie,
- ogranicznikach klasy III instalowanych przed chronionymi sterownikami, w przypadku ich znacznego oddalenia rozdzielni z ogranicznikami klasy II.

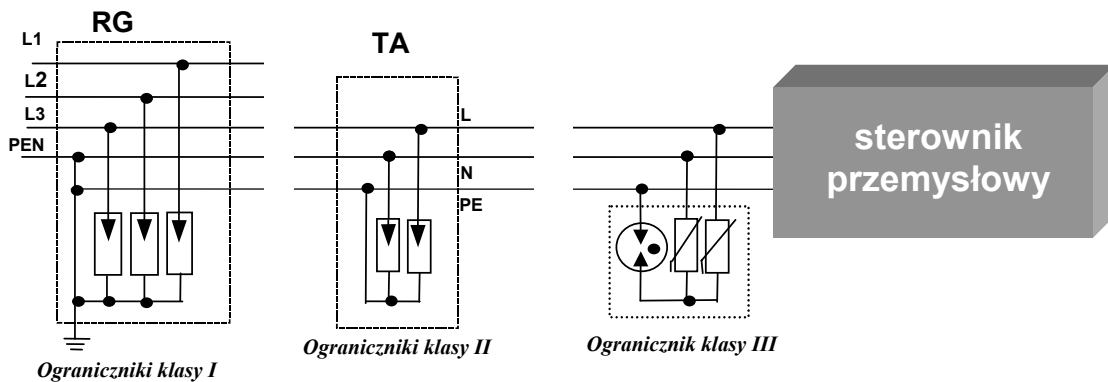
Przykładowe schemat układów ograniczników w instalacji elektrycznej zakładu przemysłowego (system sieci TN-C-S) przedstawia rys. 2.

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

a)

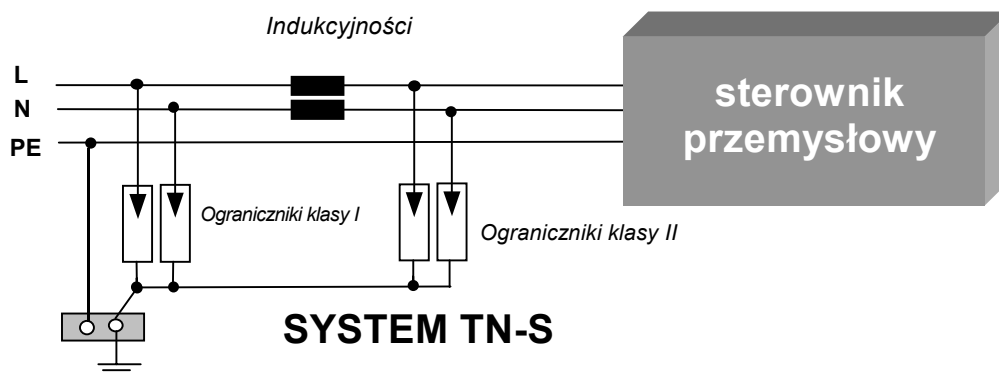


b)



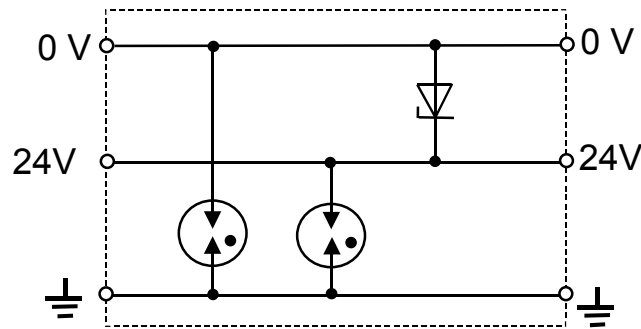
Rys. 2. Układ połączeń ograniczników przepięć w instalacji elektrycznej zasilającej sterownik przemysłowy ; a) dwustopniowy system ograniczników, b) trójstopniowy system ograniczników.

Jeśli w instalacji zachowanie powyższych odległości nie jest możliwe, to należy zastosować dodatkowe indukcyjności odsprężające (rys.3).



Rys. 3. Układy ograniczników w instalacji zasilającej sterowniki z dodatkowymi indukcyjnościami sprężającymi .

W przypadku zasilania sterowników napięciem stałym 24 V należy jako trzeci stopień ochrony za-instalować ogranicznik przeznaczony do obwodów napięcia stałego (rys.4.).



Rys. 4. Schemat elektryczny

Ograniczanie przepięć w systemach przesyłu sygnałów

Niezależnie od rodzaju budowy sterownika od strony linii sygnałowych przepięcia mogą przedostawać się do sterownika od strony:

- wejść i wyjść cyfrowych;
- wejść i wyjść analogowych;
- wejść analogowych specjalizowanych do współpracy z RTD, termoelementem, itp.
- wejść i wyjść transmisji danych;

Wejścia binarne zmieniają sygnały napięciowe na sygnał dwustanowy, który jest rozpoznawany przez blok jednostki centralnej sterownika. Zadaniem modułów wyjść jest dostarczenie sygnałów potrzebnych doysterowania urządzeń w sterowanym procesie technologicznym (typu załącz - wyłącz).

Dobierając ochronę do wejść/wyjść analogowych należy uwzględnić znamionowe poziomy napięcie oraz graniczne wartości impedancji. (tabl. 2).

Tablica 2. Wartości znamionowe sygnału i graniczne impedancji wejść/wyjść analogowych

| Parametry sygnału | Wejścia | | Wyjścia | |
|-------------------|---------------------------|-------|----------------------|--------|
| | Graniczne impedancje | Uwagi | Graniczne impedancje | Uwagi |
| -10 - +10V | $\geq 10 \text{ k}\Omega$ | --- | $\geq 1000 \Omega$ | ** |
| 0 - 10V | $\geq 10 \text{ k}\Omega$ | --- | $\geq 1000 \Omega$ | ** |
| 1 - 5V | $\geq 5 \text{ k}\Omega$ | --- | $\geq 500 \Omega$ | ** |
| 4-20mA | $\leq 300 \Omega$ | --- | $\geq 600 \Omega$ | *** |
| 0-20mA | $\leq 300 \Omega$ | * | $\geq 600 \Omega$ | *, *** |

* :nie zalecane w przyszłych rozwiązaniach

** wyjścia analogowe napięciowe powinny wytrzymać każde przeciążenie aż do zwarcia

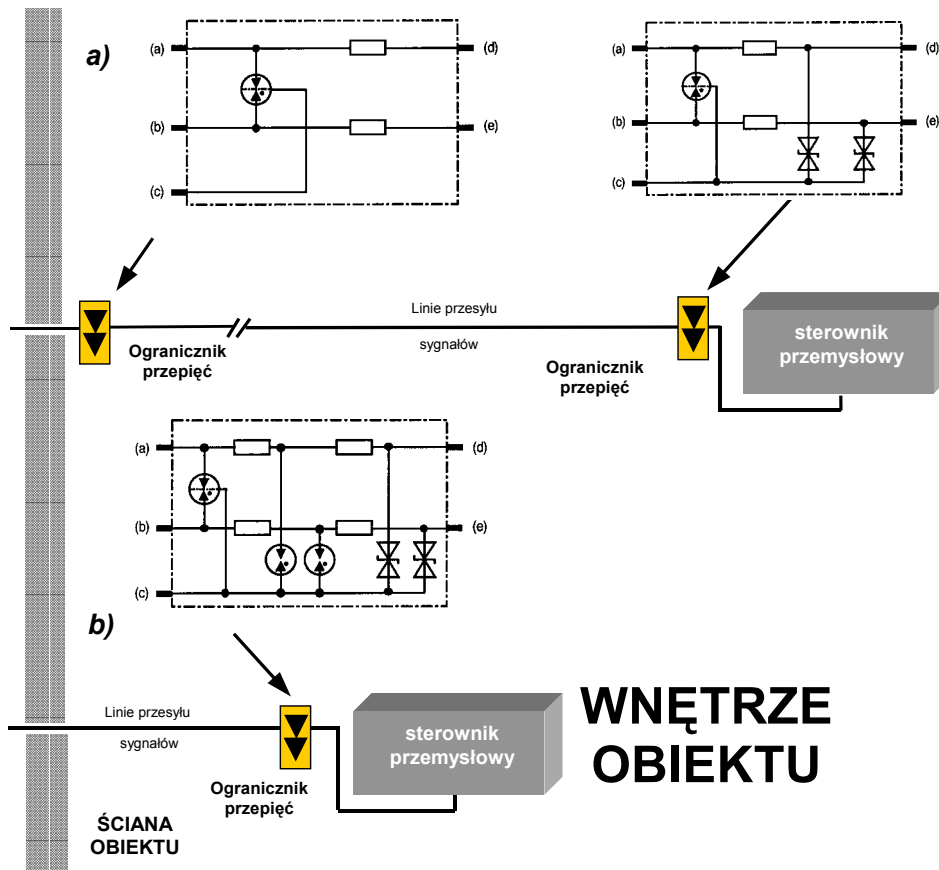
*** wyjścia analogowe prądowe powinny wytrzymać każde przeciążenie aż do rozwarcia

W praktyce najczęściej stosowane są zakresy napięciowe $-10V..+10V$ i $0..10V$ oraz pętle prądowe $4..20mA$. Największe zagrożenie występuje jeśli linie sygnałowe dochodzące do sterownika wychodzą poza obiekt przemysłowy. W takim przypadku należy, jeśli linie nie są układane w specjalnych kanałach, dobierając ograniczniki uwzględnić zagrożenie jakie stwarza bezpośrednie oddziaływanie prądu piorunowego. Ograniczniki powinny zapewnić ochronę przed prądem udarowym o kształcie 10/350 i amplitudzie kilku kA.

W zależności od miejsca pracy ogranicznika można zastosować:

- układ dwu ograniczników, z których jeden umieszczany jest w miejscu wprowadzania przewodów (ochrona przed prądami udarowymi 10/350 i amplitudzie 2,5- 5 kA), a drugi montowany jest przed chronionym sterownikiem (ochrona przed prądami udarowymi 8/20 i amplitudzie do 10 kA).
- pojedynczy ogranicznik chroniący przed prądami udarowymi 10/350 i amplitudzie 2,5 – 5 kA.

Pierwsze rozwiązanie stosujemy do ochrony sterowników pracujących wewnątrz obiektu w znacznej odległości od miejsca wprowadzania przewodów. W drugim przypadku sterownik znajduje się w sąsiedztwie miejsca, w którym przewody wchodzi do obiektu. Przykładowe rozwiązania zapewniające ochronę pojedynczej pętli prądowej 0-20 mA przedstawia rys.5.



Rys.5. Przykładowe rozwiązania ochrony dla pojedynczej pętli prądowej 0-20 mA a) system "rozłożony" dwu ograniczników, b) „skupiony” system jednego ogranicznika

Wejścia/wyjścia transmisji danych używane są, w zależności od wielkości sterowanego procesu, do:

- załadowania programu sterującego z komputera,
- realizacji sterowania rozproszonego,
- połączeń paneli operatorskich i sterowniczych,
- połączenia z siecią LAN.

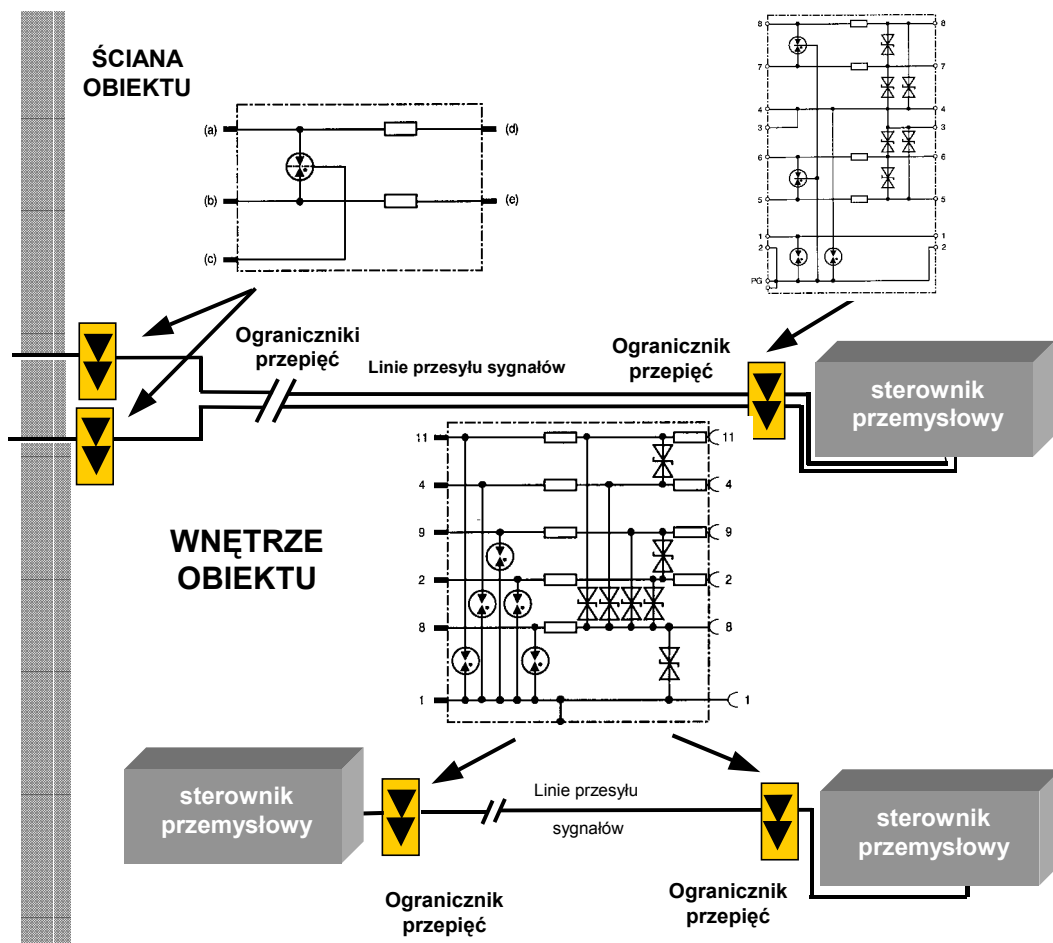
Do przesyłu sygnałów wykorzystywana jest najczęściej transmisja szeregową realizowaną w standardach RS 232, RS 442, RS 485 i TTY.

Dobierając ograniczniki przepięć do ochrony wejść/wyjść transmisji danych należy uwzględnić parametry przesyłanego sygnału, wymagania określające wartości dopuszczalne rezystancji w systemie przesyłu oraz realizacji transmisji. Podstawowe, z punktu widzenia doboru ograniczników przepięć, parametry charakteryzujące standardy w których realizowana jest transmisja szeregową przedstawiono w tabelicy 3.

Przykładowe rozwiązanie ochrony przed przepięciami łączy RS 485 w przypadku linii dochodzących z zewnątrz obiektu oraz ułożonych tylko wewnątrz obiektu przedstawiono na rys. 6.

Tablica 3. Wartości podstawowych parametrów charakteryzujących różne standardy szeregowej transmisji sygnałów

| Parametr | RS-232C | Pętla prądowa | RS-422A | RS-485 |
|--------------------------------|----------------|---------------|-------------|-------------|
| Rodzaj transmisji | niesymetryczna | symetryczna | symetryczna | symetryczna |
| Najczęściej stosowane przewody | Skrętka | Skrętka | Skrętka | Skrętka |
| Maksymalna długość kabla | 15 m | 4000 m | 1200 m | 1200 m |
| Maksymalna szybkość transmisji | 20 kb/s | 10 kb/s | 10Mb/s | 10Mb/s |
| Napięcie w stanie obciążenia | +/- 15 V | --- | -0,25/5 V | +/- 3 V |
| Obciążenie nadajnika | 3 kΩ do 7 kΩ | --- | min 100 Ω | min 60 Ω |
| Rezystancja odbiornika | 3 kΩ do 7 kΩ | --- | 4 kΩ | 12 kΩ |
| Ograniczenie prądu zwarciego | 500 mA | --- | 150 mA | 150 mA |



Rys.6. Ochrona łączy RS 485, RS 422 (układ 4-ro przewodowy) w przypadku linii przychodzących spoza obiektu i ułożonych w obiekcie.

Podobny sposób doboru i rozmieszczenia ograniczników należy zastosować w przypadku ochrony przed przepięciami wejść specjalistycznych przetwarzających na sygnały analogowe (np. z termoelementów, czujników rezystancyjnych) na sygnały cyfrowe.

Zazwyczaj występują to stosunkowo niewielkie wartości napięć znamionowych ok. 1–5V, a wejścia sterowników posiadają diody ograniczające przepięcia. Dobierając w właściwości ograniczników należy uwzględnić oba te fakty.

Jeżeli spodziewamy się występowania w instalacji elektrycznej zakłócających sygnałów wysokoczęstotliwościowych lub zaobserwujemy częste błędne działanie sterowników już zainstalowanych to należy zastosować przed sterownikiem filtry tłumiące te sygnały. Filtr może być instalowane wspólnie z ogranicznikami klasy III, a często są nawet w jednej obudowie.

W kompleksowy systemie ochrony przeciwprzepięciowej należy również wyeliminować możliwości powstania przepięć pomiędzy poszczególnymi systemami (np. instalacją elektryczną a różnorodnymi systemami przesyłu sygnałów). Ochroną przed tego rodzaju zagrożeniem jest tworzenie lokalnych systemów wyrównywania potencjałów

Dobierając ograniczniki zgodnie z przedstawionymi zasadami można ochronić sterowniki przed wszelkiego rodzaju przepięciami i zapewnić ich bezawaryjne działanie nawet w przypadku zagrożeń jakie wstępują podczas bezpośredniego uderzenia piorunu w obiekty przemysłowe.

Literatura

1. **PN-IEC 61024-1** *Ochrona odgromowa obiektów budowanych. Zasady ogólne*
2. **PN-IEC 61024-1-1** : *Ochrona odgromowa obiektów budowanych. Zasady ogólne. Wybór poziomów ochrony dla urządzeń piorunochronnych.*
3. Jelonek K. Trawiński A. Zakrzewski D.: *Popularne standardy transmisji szeregowej. Przegląd interfejsów i protokołów komunikacyjnych*, Elektronizacja 6,7-8,9/97
4. Lutz M. Nedtwing J.: *Certyfikat CE w zakresie Kompatybilności Elektromagnetycznej: praktyczny poradnik*, Warszawa, ALFE-WEKA 1997.
5. Mielczarek W: *Szeregowe interfejsy cyfrowe.*, Gliwice HELION 1993.
6. Missala T.: *Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń energoelektroniki. Wymagania dotyczące odporności na zakłócenia elektromagnetyczne.* Przegląd Elektrotechniczny 7/97
7. **PN-86/E-05003/01**: *Ochrona odgromowa obiektów budowlanych. Wymagania ogólne.*
8. **PN-EN 50082-2**: *Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Wymagania ogólne dotyczące odporności na zaburzenia – środowisko przemysłowe.*
9. **PN-IEC 1131-2**: *Sterowniki programowalne, Arkusz 2: Wymagania i badania dotyczące sprzętu.*
10. **PN-IEC 60364-4-443:1999**, *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przez przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi.*
11. **PN-IEC 801-4**: *Kompatybilność elektromagnetyczna urządzeń do pomiaru i sterowania procesami przemysłowymi Część 4: Wymagania dotyczące serii szybkich elektrycznych zakłóceń impulsowych.*
12. **PN-EN 61000-4-5:1998**, *Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Badania odporności na udary.*
13. Rockwell Automation: *Sterowniki programowalne SLC 500.*
14. Seta Z.: *Sterowniki programowalne PLC w systemach automatyki.* Politechnika Radomska 2000.