

Andrzej SOWA¹

KOORDYNACJA ZALECEŃ OCHRONY ODGROMOWEJ Z WYMAGANIAMI KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ URZĄDZEŃ

Cechą charakterystyczną współczesnych urządzeń elektrycznych i elektronicznych jest ich stosunkowo niewielka odporność udarowa. Dotyczy to zarówno odporności na bezpośrednie oddziaływanie impulsowego pola elektromagnetycznego, jak i odporności na działanie napięć i prądów udarowych dochodzących do tych urządzeń z sieci zasilającej oraz z linii przesyłu sygnałów. Zaprojektowanie i wykonanie poprawnego systemu ograniczania przepięć w obwodach sygnałowych wymaga posiadania niezbędnych informacji dotyczących podstawowych parametrów charakteryzujących zagrożenie występujące podczas bezpośrednich wyładowań piorunowych w obiekty budowlane lub w ich bliskim sąsiedztwie oraz wymagań kompatybilności elektromagnetycznej tych urządzeń.

Słowa kluczowe: ochrona odgromowa, urządzenie piorunochronne, ograniczanie przepięć

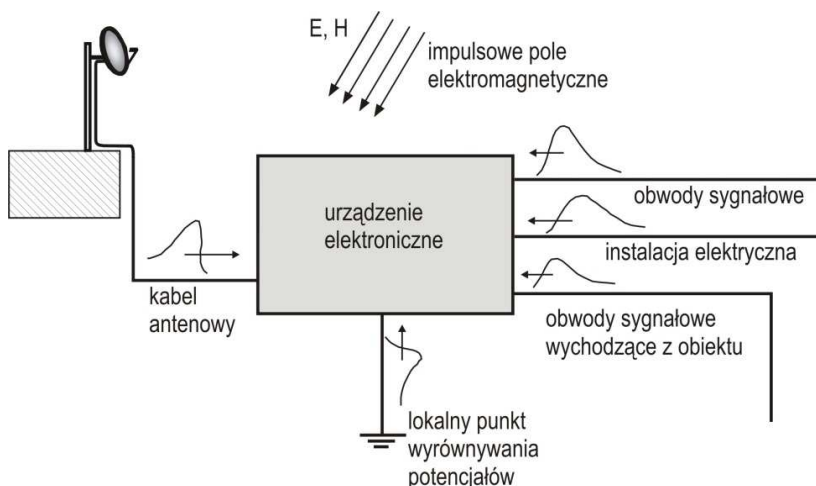
1. Wprowadzenie

Zadaniem urządzenia piorunochronnego jest przejęcie prądu piorunowego i jego odprowadzenie do ziemi w sposób bezpieczny dla ludzi, bez szkody dla obiektu budowlanego oraz urządzeń w nim zainstalowanych. W chronionym obiekcie, tworząc warunki zapewniające bezawaryjne działanie urządzeń i systemów elektrycznych oraz elektronicznych, należy skoordynować wymagania dotyczące ochrony odgromowej obiektów budowlanych, ochrony przed piorunowym impulsem elektromagnetycznym **LEMP** (Lightning Electromagnetic Pulse) oraz kompatybilności elektromagnetycznej **EMC** (Electromagnetic Compatibility) urządzeń.

¹ Andrzej Sowa, Politechnika Białostocka, Katedra Telekomunikacji i Aparatury Elektronicznej, ul. Wiejska 45A, 15-351 Białystok, asowa@ochrona.net.pl

Niezbędne są informacje o:

- zagrożeniach występujących podczas bezpośrednich wyładowań piorunowych w obiekty budowlane lub w ich bliskim sąsiedztwie oraz wyładowań w instalacje dochodzące do obiektów lub w sąsiedztwie tych instalacji (rys. 1),
- poziomach odporności przyłączy zasilania i sygnałowych urządzeń na działanie napięć i prądów udarowych,
- poziomach odporności urządzeń i systemów na bezpośrednie oddziaływanie piorunowego pola elektromagnetycznego,
- możliwości wyeliminowania występujących zagrożeń przez elementy i układy ograniczające napięcia i prądy udarowe.



Rys. 1. Przykład zagrożenia stwarzane przez LEMP

Fig. 1. Example of threats created by LEMP

Optymalne, pod względem technicznym i ekonomicznym, rozwiązanie ochrony urządzeń i systemów przed LEMP zapewnia strefowa koncepcja ochrony odgromowej obiektów budowlanych [1, 2].

2 Strefowa koncepcja ochrony przed LEMP

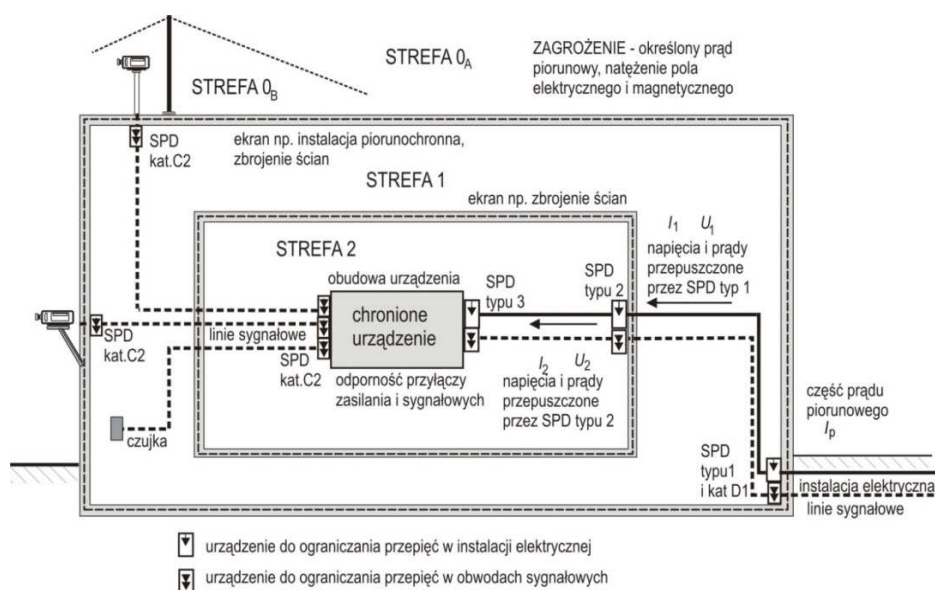
Ogólna koncepcja strefowej ochrony odgromowej polega na tworzeniu wewnątrz analizowanego obiektu obszarów, w których występuje określony stopień narażenia urządzeń na działanie:

- prądu piorunowego rozpluwającego się w urządzeniu piorunochronnym,
- napięć i prądów indukowanych w sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia oraz w obwodach sygnałowych,

- impulsowego pola elektromagnetycznego (oddziaływanie bezpośrednio na urządzenia).

W obiekcie podzielonym na strefy przy przejściu z jednej strefy do drugiej następuje wyrównanie potencjałów wprowadzanych instalacji przewodzących, ograniczanie wartości szczytowych napięć i prądów udarowych występujących w instalacji elektrycznej oraz obwodach sygnałowych oraz ograniczanie impulsów pola elektromagnetycznego do określonych poziomów.

Urządzenia przeznaczone do pracy w danej strefie należy dobierać w taki sposób, aby ich odporność udarowa była większa niż spodziewane wartości szczytowe udarów naturalnych lub ograniczonych, które mogą wystąpić w rozważanym obszarze (rys. 2).



Rys. 2. Przykład zastosowania strefowej koncepcji ochrony systemu elektronicznego

Fig. 2. Example of using the electronic system protection zonal conception

W przyjętych oznaczeniach najbardziej zagrożone obszary oznaczane są jako strefy 0_A i 0_B, a kolejne numerami 1, 2, 3, Im wyższy numer strefy, tym niższe wartości dopuszczalnych poziomów zaburzeń udarowych (Tabela 1).

Tworzenie kolejnych stref może wymagać wprowadzenia dodatkowych ekranów oraz kolejnych stopni urządzeń ograniczających napięcia i prądy udarowe.

Należy zwrócić szczególną uwagę na:

- ochronę urządzeń elektrycznych i elektronicznych oraz zestawów antenowych umieszczanych na dachach obiektów budowlanych przed bezpośred-

- nim oddziaływaniem prądu piorunowego,
- możliwości wykorzystania konstrukcji żelbetowych do rozprowadzania prądu piorunowego oraz jako elementów ekranowania całego obiektu i poszczególnych pomieszczeń,
- dobór i rozmieszczenie w instalacji elektrycznej oraz obwodach sygnałowych urządzeń zapewniających wyrównanie potencjałów oraz ograniczanie zagrożenia stwarzanego przez rozprzyskający się prąd piorunowy oraz przepięcia atmosferyczne,
- wyrównywanie potencjałów na granicach stref oraz wewnątrz każdej z utworzonych stref.

Tabela 1. Charakterystyka zagrożeń występujących w poszczególnych strefach ochronnych

Table 1. The characterization of occurrent threats in particular protective zones

Strefa	Charakterystyka zagrożeń występujących w danej strefie
0 _A	Urządzenia są narażone na bezpośrednie działanie prądu piorunowego oraz oddziaływanie impulsowego pola elektromagnetycznego wywołanego przez prąd piorunowy.
0 _B	Urządzenia są narażone na bezpośrednie oddziaływanie impulsowego pola elektromagnetycznego wywołanego przez prąd piorunowy (analogicznie jak w strefie 0 _A) oraz napięć i prądów udarowych indukowanych przez prądy piorunowe.
1	Pojedynczy ekran (np. przewodzące elementy konstrukcyjne obiektu, elementy LPS) oraz układy urządzeń ograniczających przepięcia chronią urządzenia przed działaniem impulsowego pola elektromagnetycznego oraz przed prądem piorunowym rozprzyskającym się w urządzeniu piorunochronnym obiektu.
2	Ochronę przed zaburzeniami impulsowymi tworzą kolejne ekrany oraz stopnie urządzeń ograniczających przepięcia w instalacji elektrycznej oraz w systemach przesyłu sygnałów.
3	
4	

W przypadku obiektów budowlanych każdą z wyodrębnionych stref można scharakteryzować dopuszczalnymi wartościami napięć i prądów udarowych dochodzących do przyłączy urządzeń pracujących w danej strefie. Dodatkowo można również określić dopuszczalne wartości natężeń pól elektrycznego i magnetycznego w każdej ze stref.

W publikacjach zawierających informacje o zagrożeniu piorunowym przedstawiane są najczęściej sugestie dotyczące poziomów napięć i prądów udarowych w podstawowych instalacjach w poszczególnych strefach wewnątrz obiektu. Znacznie skromniejsze są dane dotyczące zagrożenia stwarzanego wewnątrz

obiektu budowlanego przez piorunowe pole elektryczne i magnetyczne oraz różnice potencjałów występujące pomiędzy przewodzącymi instalacjami.

Wyniki próby uporządkowania dopuszczalnych poziomów zaburzeń w poszczególnych strefach zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Dopuszczalne wartości przepięć i natężeń pola elektrycznego i magnetycznego w poszczególnych strefach

Table 2. Admissible values of surges and intensities of the electric and magnetic field in particular zones

Strefa	Przebiecia w instalacji elektrycznej 230/400 V	Przebiecia w liniach przesyłu sygnałów	Natężenie pola elektrycznego *)	Natężenie pola magnetycznego **)
0 _A	Wynikające z wytrzymałości układu izolacyjnego	Wynikające z wytrzymałości układu izolacyjnego	500 kV/m	10 kA/m
0 _B	10 kV	6 kV	500 kV/m	10 kA/m
1	6 kV	4 kV	Kilkanaście - kilkadziesiąt kV/m	Kilkaset A/m - kilka kA/m
2	4 kV	2,0 kV	500 /m	100 A/m
3	2,5 kV (2 kV)	1,0 kV	50 V/m	30 A/m
4	1,5 kV	0,5 kV	5 V/m	10 A/m

*) wartości proponowane przez autora

***) propozycja uwzględniająca zakres badania urządzeń na działanie impulsowego pola magnetycznego.

3. Odporność udarowa urządzeń

Ograniczone wartości przepięć w instalacji elektrycznej oraz w obwodach sygnałowych nie powinny przekraczać poziomów odporności urządzeń na działanie:

- jednokierunkowych (jednobiegunowych) uderzeń napięciowo-prądowych o kształcie 1,2/50-8/20 μ s,
- przebiegów oscylacyjnych tłumionych,
- impulsowych zaburzeń magnetycznych powstających w wyniku uderzeń piorunów w obiektu budowlane lub w ich bliskim sąsiedztwie.

Na podstawie dostępnych danych w tabelach 3 i 4 zestawiono wymagane wartości poziomów odporności udarowej przyłączy zasilania prądem przemiennym i oraz sygnałowych podstawowych typów urządzeń.

Tabela 3. Wymagane poziomy odporności udarowej przyłączy wejściowych zasilania urządzeń prądem przemiennym

Table 3. Required levels of the percussive (surge) resistance of entrance joint - of the power supply of devices with an alternating current

Badane urządzenia	Udary 1,2/50-8/20 μ s
Urządzenia powszechnego użytku, narzędzia elektryczne, podobne urządzenia elektryczne (PN-EN 55014-2)	2000 V / 1000 V
Urządzenia informatyczne (PN-EN 55024)	
Urządzenia stosowane w kolejnictwie (PN-EN 50121-4)	
Medyczne urządzenia elektryczne (PN-EN 60601-1-2)	\pm 2000 V / \pm 1000 V
Sprzęt pomiarowy, sterujący i laboratoryjny (PN-EN 61010-1) poziom podwyższony (zastosowanie przemysłowe)	1000 V / 500 V 2000 V / 1000V
Urządzenia systemów alarmowych (PN-EN 50130-4)	500 V i 1000 V 500 V, 1000 V i 2000 V
Podano poziomy odporności pomiędzy przewodami fazowym i neutralnym a przewodem ochronnym, przewodami fazowymi oraz między przewodami fazowymi a przewodem neutralnym.	

Tabela 4. Poziomy odporności na działanie udarów przyłączy sygnałowych urządzeń

Table 4. The resistance levels on surges of devices signal joint activity

Urządzenia	Poziomy odporności na działanie udarów 1,2/50 - 8/20 μ s
Urządzenia informatyczne i telekomunikacyjne (EN 55105/106)	Porty sygnałowe, włączając porty telekomunikacyjne - 1000 V
Urządzenia informatyczne (PN-EN 55024)	Przyłącza sygnałowe i przyłącza teletransmisyjne - 1000 V.
Urządzenia stosowane w kolejnictwie (PN-EN50121-4)	Porty sygnałowe - 2000 V/1000 V
Sprzęt pomiarowy, sterujący i laboratoryjny (PN-EN 61010-1)	Poziom podwyższony (zastosowanie przemysłowe) – 1000 V

W wyjątkowych przypadkach prowadzone są również badania odporności urządzeń i systemów na bezpośrednie oddziaływanie pola magnetycznego impulsowego oraz w kształcie tłumionych oscylacji symulujących zagrożenie stwarzane przez prąd pierwszego i kolejnych wyładowań w kanale.

Wartości szczytowe natężeń impulsowego pola magnetycznego, uzależnione od przyjętej klasy środowiska, przedstawiono w tabeli 5 [3, 4].

4. Ograniczanie przepięć w instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym

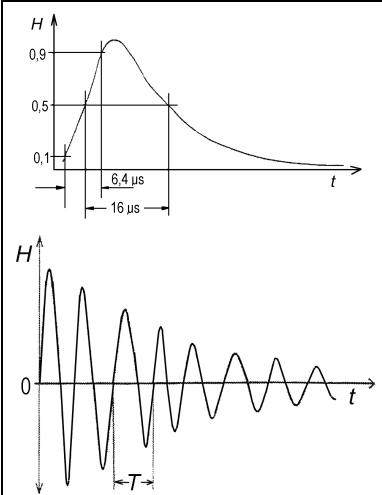
Zadaniem układów urządzeń do ograniczania przepięć SPD (Surge Protective Device) jest ograniczanie do poziomów bezpiecznych dla instalacji elektrycznej i zasilanych urządzeń zagrożeń stwarzanych przez;

- część prądu piorunowego oddziałującego bezpośrednio na instalację elektryczną podczas bezpośredniego wyładowania w LPS obiektu lub w przewodzie sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia,
- przepięcia atmosferyczne indukowane oraz przepięcia łączeniowe.

Podstawowe informacje o właściwościach oraz rozmieszczeniu typowych SPD przeznaczonych do montażu w instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym zestawiono w tabeli 6 [5].

Tabela 5. Podstawowe dane charakteryzujące badania odporności urządzeń na udary

Table 5. Basic data characterizing the resistance of devices on surges research

Kształt impulsowego pola magnetycznego	Poziomy probiercze	
	Poziom	Impulsowe natężenie pola magnetycznego
	Udarowe	oscylacyjnie tłumione
	1	n.s.
2	n.s.	n.s.
3	100 A/m	10 A/m
4	300 A/m	30 A/m
5	1000 A/m	100 A/m
x	specjalny	specjalny

n.s. - nie stosowany

Tabela 6. Charakterystyka urządzeń do ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym

Table 6. The characterization of the surges limiting devices in a building electric instalation

Typ SPD	Klasa prób	Przeznaczenie
Typ 1	Klasa I	Ograniczanie zagrożeń stwarzanych przez rozplywający się prąd piorunowy, przepięcia atmosferyczne oraz wszelkiego rodzaju przepięcia łączeniowe, wyrównywanie potencjałów instalacji wchodzących do obiektu budowlanego.
Typ 2	Klasa II	Ograniczanie przepięć atmosferycznych indukowanych, wszelkiego rodzaju przepięć łączeniowych lub przepięć „przepuszczonych” przez urządzenia ograniczające przepięcia typu 1.
Typ 3	Klasa 3	Ograniczanie przepięć atmosferycznych indukowanych oraz przepięć łączeniowych powstających w instalacji elektrycznej wewnątrz obiektu budowlanego.

Dobierając właściwości poszczególnych układów SPD należy uwzględnić wymagania:

- skoordynowania podziału energii udarów pomiędzy układy SPD zgodnie z ich zdolnościami do jej pochłaniania,
- dotyczące poziomów znamionowych napięć udarowych wytrzymywanych przez urządzenia w różnych miejscach instalacji elektrycznej,

5. Koordynacja właściwości SPD typu 1 z wymaganiami EMC

Do ograniczania przepięć do wybranego poziomu (4 kV, 2,5 kV lub nawet 1,5 kV) oraz ochronę przed prądami udarowymi symulującymi prądy piorunowe o wartościach dochodzących nawet do 50 kA stosowane są SPD typu 1 ucinające napięcie lub kombinowane. Podstawowymi elementami tego rodzaju SPD są różnego rodzaju iskierniki.

W SPD posiadających iskierniki przepływ prądu udarowego następuje po przeskoku iskrowym i spadek napięcia na indukcyjności przewodów stosowanych do jego podłączenia dodaje się do spadku napięcia na łuku pomiędzy elektrodami iskiernika (najczęściej wartości kilkudziesięciu – kilkuset woltów).

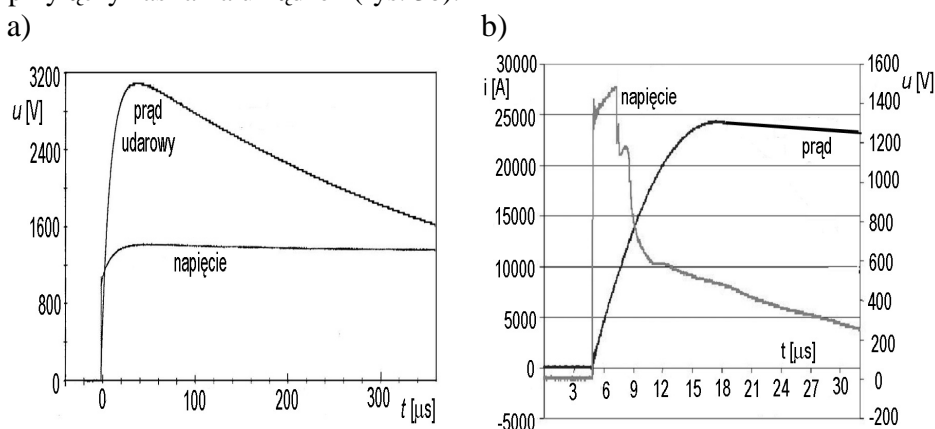
Podjęmowane są również próby stosowania warystorów w SPD typu 1. Takie SPD posiadają szereg zalet, wśród których należy wymienić następujące:

- ograniczanie przepięć do stosunkowo niskich poziomów (dochodzących nawet do 800 - 900 V),
- brak gwałtownych zmian napięcia w obwodzie, jakie występują po zadziałaniu iskiernika.

Podstawowymi wadą, która utrudniają ich stosowanie do ochrony instalacji elektrycznej oraz przyłączy zasilania urządzeń przed bezpośrednim oddziaływaniem rozplywającego się prądu piorunowego, jest „przepuszczanie” do chronionej części instalacji udarów charakteryzujących się długim czasem trwania i dużą energią (rys. 3a).

Przyłącza zasilania urządzeń narażone są na udary o znacznie większej energii w porównaniu z energią udarów 1,2/50-8/20 μs stosowanych do ich testowania. Dodatkowo należy zauważyć, że udary przepuszczane przez „warystorowe” SPD typu 1 mogą również uszkadzać kolejne układy SPD w wielostopniowych systemach ograniczania przepięć gdyż warystorki wykazują mniejszą odporność na działanie prądów długotrwałych.

W przypadku iskiernikowych układów SPD typu 1, czas trwania napięcia „przepuszczonego” do chronionego przyłączy jest znacznie krótszy w porównaniu z czasami trwania udarów stosowanych w badaniach odporności udarowej przyłączy zasilania urządzeń (rys. 3b).



Rys. 3. Przebiegi napięć na SPD typu 1 oraz prądów w nich płynących ; a) „warystorowy” SPD b) „iskiernikowy” SPD

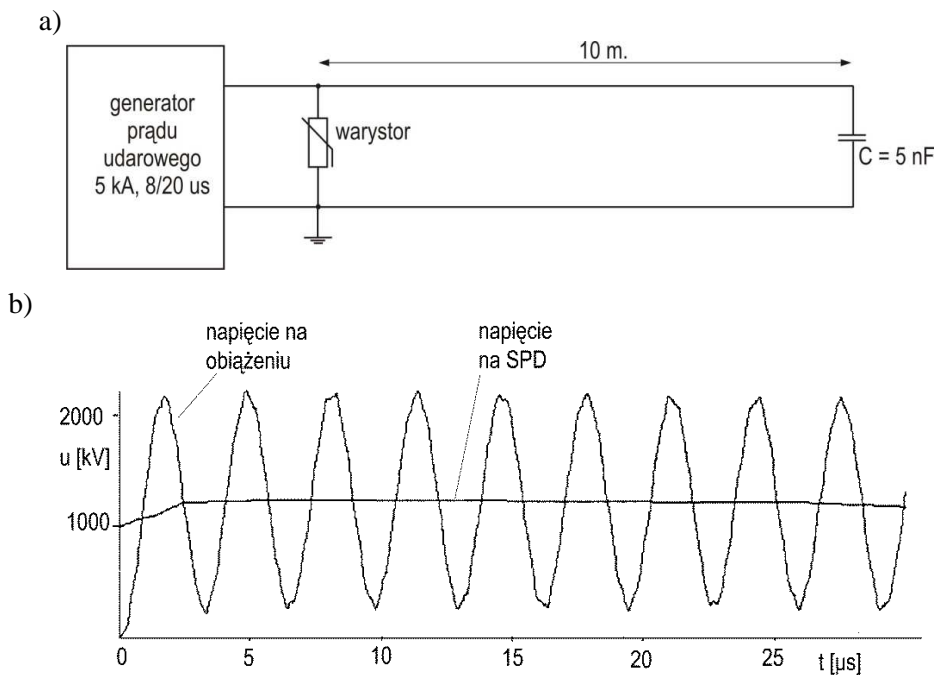
Fig. 3. Voltages courses on SPD of type 1 and of currents flowing in them; a) „varistor's" SPD b) „spark's gap" SPD

Dodatkowo należy zauważyć, że większość warystorowych SPD typu 1 zapewnia ograniczenie zagrożeń stwarzanych przez prądy impulsowe o stosunkowo niewielkich wartościach szczytowych dochodzących do 7 - 9 kA. Podejmowane są próby zwiększenia możliwości ochronnych warystorów i stworzenia możliwości ich wykorzystywania do ograniczania zagrożeń stwarzanych przez prądy o wartości szczytowej 12,5 kA i kształcie 10/350 μs .

6. Dopuszczalne odległości pomiędzy SPD a chronionym urządzeniem

W przypadku stosowania długich przewodów pomiędzy SPD typu 2 lub 3 a chronionym urządzeniem na zaciskach przyłącza zasilającego chronionego urządzenia mogą wystąpić napięcia ograniczone przez SPD z dodatkowymi oscylacjami.

Możliwość wystąpienia przepięć o takim charakterze w obwodzie generator - warystor - obciążenia o charakterze pojemnościowym zasygnalizowano w normie IEC 61643-12 [6]. Wartości szczytowe przedstawionych przepięć dochodziły do podwójnej wartości napięcia panującego na warystorze SPD typu 2 lub 3 (rys. 4).

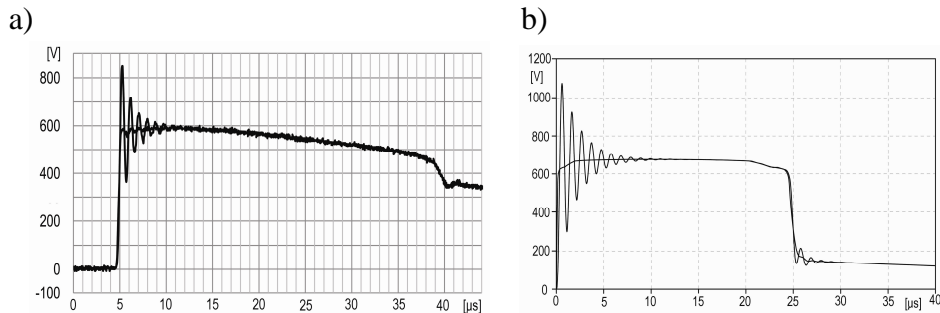


Rys. 4. Napięcie w układzie warystor – obciążenie pojemnościowe: a) schemat układu pomiarowego, b) napięcia panujące na obciążeniu i warystorze

Fig. 4. The voltage in the lay-out varistor - capacitive charge; a) the measuring - system schema , b) prevalent voltages on the charge and varistor

W konsekwencji może nastąpić uszkodzenie chronionego urządzenia nawet, jeśli spełniony jest warunek $U_p \leq U_w$, gdzie U_p jest napięciowym poziomem ochrony urządzeń do ograniczania przepięć, a U_w jest poziomem udarowego napięcia wytrzymywanego urządzenia.

Wyniki badań laboratoryjnych napięć w analogicznym obwodzie wskazują na występowanie przebiegów oscylacyjnych gasnących (rys. 5a) gdyż rzeczywisty kondensator nie stanowi tylko pojemności.



Rys. 5. Przebiegi napięć na warystorze i rzeczywistym kondensatorze (obwód z rys. 3a); a) wyniki badań laboratoryjnych, b) wyniki obliczeń z uwzględnieniem niepożądaných rezystancji kondensatora

Fig. 5. Voltages courses on the varistor and the real capacitor (the circuit from fig. 3a); a) results of laboratory - research , b) results of calculations with taking into account undesirable capacitor resistance

Podobne przebiegi (rys. 5b) można uzyskać uwzględniając w rozważaniach teoretycznych modele kondensatorów z:

- pasożytniczymi indukcyjnościami L związane z wyprowadzeniami i ich wewnętrznymi strukturami,
- niepożądanymi rezystancjami – równoległymi i szeregowymi wynikającymi odpowiednio z upływności kondensatorów oraz strat wyprowadzeń i okładzin.

W przedstawionych rozważaniach kondensator zastępował przyłączy zasilania chronionego urządzenia. W rzeczywistych obwodach modelując przyłączy zasilania urządzenia należy wykorzystać bardziej rozbudowane układy połączeń rezystancji, pojemności i indukcyjności.

Uwzględniając możliwość wystąpienia oscylacji oraz poziomy odporności udarowej przyłączy zasilania urządzeń wprowadzono, w przypadku przepięć atmosferycznych, pojęcie odległości ochronnej l_{PO} . Jest to maksymalna odległość pomiędzy układem SPD a chronionym urządzeniem (liczona wzdłuż przewodu), przy której zapewniona jest jeszcze ochrona przyłączy zasilania tego urządzenia. Do uproszczonej oceny zagrożenia przyjęto [1, 2] następujące założenia:

- odległości ochronnej l_{PO} można nie wyznaczać, jeśli długość przewodu pomiędzy SPD a chronionym urządzeniem jest mniejsza od 10 m i $U_p < U_w/2$.

- jeżeli długość przewodu pomiędzy SPD a urządzeniem jest większa niż 10 m i $U_P > U_W/2$, to odległość ochronna może być oszacowana z zależności $l_{PO} = (U_W - U_P)/k$ [m], gdzie $k = 25$ V/m [5].

W przypadku stwierdzenia występowania odległości przekraczających l_{PO} należy:

- zastosować dodatkowy SPD przed chronionym urządzeniem,
- zmniejszyć odległość zainstalowanego układu SPD względem chronionego urządzenia w taki sposób, aby nie przekraczać wymaganej odległości.

Podczas bezpośredniego wyładowania piorunowego w LPS obiektu budowlanego lub wyładowań w bliskim sąsiedztwie obiektu, na skutek sprzężenia indukcyjnego i pojemnościowego w przewodach w instalacji elektrycznej mogą wystąpić przebiegi o znacznych wartościach.

Powstające przebiegi mogą dodawać się do napięciowych poziomów ochrony układu SPD i powodować zwiększenie wartości szczytowych przebiegów dochodzących do przyłączy zasilania chronionych urządzeń.

Napięcia indukowane zależą od rozmiarów pętli obwodu oraz obecności ekranowania tego obwodu i ekranowania wnoszonego przez elementy konstrukcyjne budynku.

7. Ograniczanie przepięć w obwodach sygnałowych

W obwodach sygnałowych do ograniczania zagrożeń piorunowych wykorzystywane są urządzenia do ograniczania przepięć kategorii D lub C. Zestawienie zakresu badań właściwości ochronnych urządzeń do ograniczania przepięć w systemach przesyłu sygnałów przedstawiono w tabeli 7 [7].

Tabela 7. Zakres badań różnych kategorii urządzeń do ograniczania przepięć

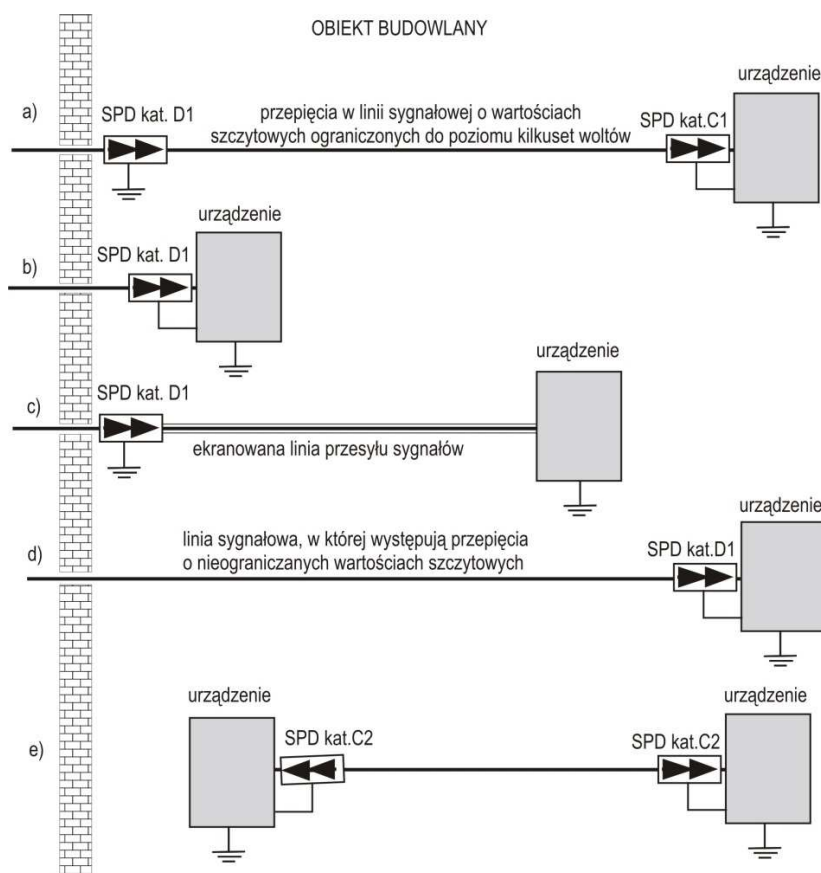
Table 7. The research range of different surge stint devices categories

Kategoria	Typ testu	Napięcie w obwodzie otwartym	Prąd płynący po zwarcu
C1 C2 C3	Szybko narastający	0,5 kV lub 1 kV, 1,2/50 μ s 2 kV, 4 kV lub 10 kV, 1,2/50 μ s ≥ 1 kV, 1 kV/ μ s	0,25 kA lub 0,5 kA, 8/20 μ s 1 kA, 2 kA lub 5 kA, 8/20 μ s 10 A, 25 A lub 100 A, 10/1 000 μ s
D1 D2	Dużej energii	≥ 1 kV ≥ 1 kV	0,5 kA, 1 kA lub 2,5 kA, 10/350 μ s 1 kA, 2,5 kA, 10/250 μ s

W celu ułatwienia opisu, w dalszej części opracowania SPD badany zgodnie z wymaganiami danej kategorii badań nazywany będzie SPD tej kategorii np. SPD kategorii D1 lub SPD kategorii C2.

Odpowiednio dobrane elementy i wieloelementowe układy ograniczające przepięcia w obwodach sygnałowych powinny zapewnić bezawaryjne działanie chronionych urządzeń i nie wpływać na jakość ich pracy. Można je umieszczać (rys. 6):

- bezpośrednio przed chronionym urządzeniem,
- w miejscu wprowadzania przewodów sygnałowych do obiektu budowlanego oraz bezpośrednio przed chronionym urządzeniem,
- w miejscach przejść pomiędzy poszczególnymi strefami ochronnymi (w przypadku stosowania strefowej koncepcji ochrony).



Rys. 6. Przykładowe rozmieszczenia SPD różnych kategorii w obwodach sygnałowych

Fig. 6. SPD example- distributions of equal categories in signal circuits

8. Badania EMC a rzeczywiste zagrożenie piorunowe systemów elektronicznych

Przestrzeganie powyższych zasad doboru SPD powinno wyeliminować możliwość uszkodzenia urządzeń systemu elektronicznego, ale może nie zapewnić jego bezbłędnego działania. Ochrona przed błędnym zadziałaniem urządzenia jest szczególnie istotna w przypadku:

- systemów elektronicznych, od których wymagane jest pewne i niezawodne działanie,
- ponoszenia znacznych nakładów finansowych wynikających z zadziałania systemu oraz braku gotowości do jego normalnej pracy po tym fakcie.

Przykładem mogą być systemy ochrony przeciwpożarowej, których głównymi elementami są centrale automatycznego sterowania różnorodnymi środkami gaszenia np. w strefach zagrożonych pożarem lub wybuchem (np. w zakładach przemysłu chemicznego i petrochemicznego), w pomieszczeniach z aparaturą elektroniczną (np. serwerownie).

Uwzględniając problemy wynikające z błędnego zadziałania systemów automatycznego gaszenia podjęto próby:

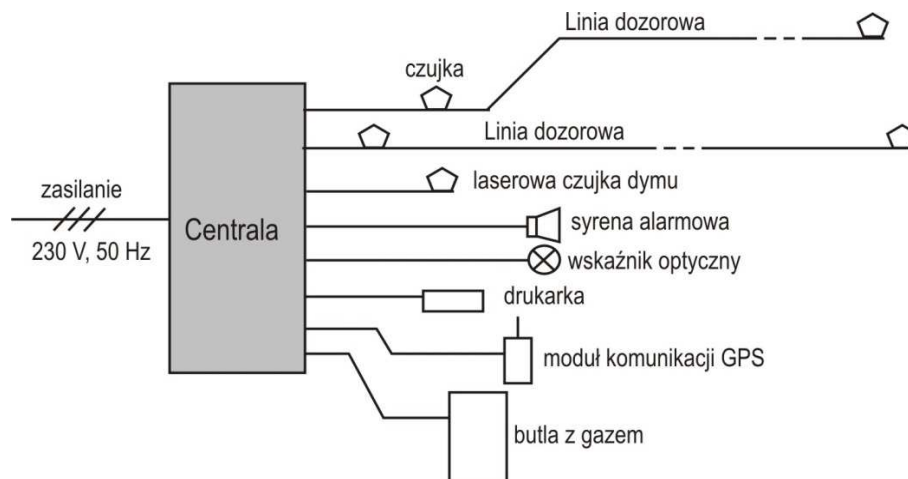
- oceny rzeczywistych zagrożeń piorunowych urządzeń systemu gaszenia gazem i porównanie z zakresem wymaganych badań odporności udarowej,
- określenie przyczyn błędnych zadziałań systemów i opracowanie sposobów ich eliminacji.

Problemy wynikające z błędnego zadziałania przedstawione zostaną na przykładzie systemu gaszenia serwerowni. Przypadki błędnego działania takich systemów wystąpiły podczas bezpośrednich wyładowań piorunowych w obiekty, w których są one zainstalowane lub wyładowań w bliskim sąsiedztwie tych obiektów.

W takich obiektach urządzeń elektronicznych nie można użyć gaśnic wodnych, pianowych czy proszkowych i jedyną, bezpieczną metodą tłumienia ognia jest zastosowanie odpowiednich gazów technicznych.

Przegląd norm dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej systemów monitorujących bezpieczeństwo wskazuje, że przyłącza urządzeń systemu gaszenia powinny spełniać wymagania zawarte w normie PN-EN 50130-4 [8], w której określono poziomy odporności udarowej przyłączy zasilania napięcia sieciowego przemiennego, przyłączy innych linii zasilania oraz sygnałowych urządzeń.

W celu określenia brakujących czynników zagrożenia przeprowadzono kompleksowe badania wrażliwości centrali sygnalizacyjno-sterującej CSS (rys. 7) systemu ochrony przeciwpożarowej na działanie zaburzeń impulsowych, jakie mogą być wywołane przez wyładowania piorunowe.



Rys. 7. Badany system ochrony przeciwpożarowej

Fig. 7. Tested fire protection system

Analizowano zagrożenie występujące podczas bezpośredniego wyładowania piorunowego w urządzenie piorunochronne obiektu budowlanego lub wyładowania w bliskim sąsiedztwie tego obiektu. Uwzględniono zagrożenia stwarzane przez:

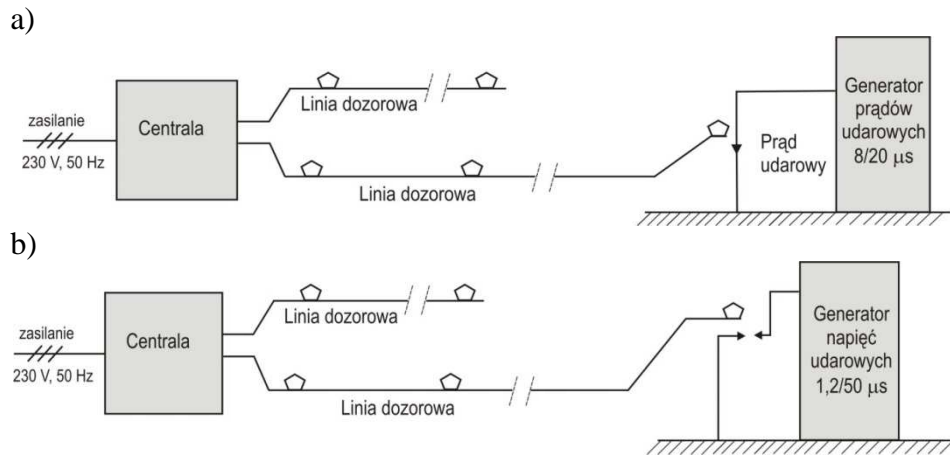
- przepięcia występujące w instalacji elektrycznej zasilającej CSS,
- przepięcia występujące w obwodach czujek i innych urządzeń dołączonych do CSS,
- bezpośredniego oddziaływania na poszczególne elementy systemu (centralę oraz czujki) impulsowego pola elektrycznego i magnetycznego wywołanych przez przepływ prądu piorunowego oraz przeskoki iskrowe wewnątrz i na zewnątrz obiektu.
- skoki i różnice potencjałów wywołane przez rozpryskujący się prąd piorunowy.

W prowadzonych badaniach symulowano wystąpienie:

- Prądu udarowego płynącego w ekranie kabla, takie zagrożenie może wystąpić na skutek wzrostu potencjału ekranu kabla i wystąpieniu przeskoku iskrowych pomiędzy ekranem kabla sygnałowego a miejscem, w którym umieszczono czujkę.
- Przepięć pomiędzy jednym z przewodów sygnałowych a ekranem linii sygnałowej.
- Przepięć pomiędzy dwoma przewodami linii sygnałowej.

- Impulsowych pól magnetycznych i elektrycznych oddziałujących głównie na linię dozorową czujek.

Źródłami impulsowego pola elektrycznego i magnetycznego (rys. 8) były odpowiednio generator napięciowy (napięcie udarowe do 200 kV o kształcie 1,2/50 μ s lub „ucięte” w przypadku wystąpienia przeskoku między elektrodami) i generator prądowy (prąd udarowy do 40 kA o różnych kształtach, szczególną uwagę zwrócono na prąd o kształcie 8/20 μ s).



Rys. 8. Badania oddziaływania impulsowego pola magnetycznego (a) i elektrycznego (b) na czujkę i linię dozorową

Fig. 8. Research of impulse- magnetic (a) and electric (b) field influence on the feeler and supervision line

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że:

- krótkotrwałe napięcia lub prądy udarowe występujące w obwodach sygnałowych mogą uszkodzić pojedyncze elementy, ale nie doprowadzają do powtarzalnego błędnego działania systemu,
- zakres badań odporności udarowej wynikający z zaleceń kompatybilności elektromagnetycznej jest niepełny i nie obejmuje wszystkich elementów zagrożenie piorunowego.

Kolejnym etapem były badania zagrożeń wywołanych przez napięcia / prądy udarowe o znacznie dłuższych czasach trwania w porównaniu z udarami zalecanymi przez normy EMC ale o niewielkich wartościach szczytowych. W rzeczywistych warunkach takie udary mogą być wywołane przez rozpryskujące się prądy piorunowe głównych wyładowań doziemnych (pierwsze składowe wyładowań).

W celu sprawdzenia zachowanie się centrali na działanie takich udarów wykonano układ sprzęgający przewody sygnałowe linii dozorowej z generato-

rem fali prostokątnej o regulowanej wartości szczytowej, częstotliwości i stopniu wypełnienia.

Przeprowadzone pomiary wykazały, że napięcia udarowe o wartościach szczytowych do 10 V i czasach trwania 800 - 1000 μ s powodowały powtarzalne błędne działanie centrali.

Uwzględniając możliwość tego typu zaburzeń podczas wyładowania doziemnego należy zastanowić się nad uzupełnieniem zakresu badań urządzeń systemów przeciwpożarowych o dodatkowe długotrwałe napięcia udarowe. Ochrona systemu przed tego rodzaju zaburzeniami wymaga ich uwzględnienia przy opracowywaniu oprogramowania systemów elektronicznych.

9. Podsumowanie

Nowe wymagania stawiane przed urządzeniem piorunochronnymi stwarzają potrzebę koordynacji zagadnień kompleksowej ochrony odgromowej obiektów budowlanych z problemami kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń i systemów. Dobierając urządzenia elektryczne i elektroniczne należy pamiętać, że poziomy ich odporności na zakłócenia udarowe muszą być skorelowane z warunkami występującymi w środowisku pracy urządzeń. Wskazane jest możliwie dokładne określenie zagrożeń lub pomiar zakłóceń, a następnie dodanie „marginesu bezpieczeństwa” i dopiero wtedy dobranie odporności urządzenia.

Analizując możliwości ograniczania przepięć w systemach przesyłu sygnałów należy uwzględnić przedstawione poniżej sposoby zmniejszania występującego zagrożenia.

- Zmniejszania przenikania pól elektromagnetycznych do aparatów i okablowania.
- Wyrównywanie potencjałów instalacji dochodzących do obiektu oraz ułożonych wewnątrz obiektu
- Ekranowanie oraz instalowanie kabli w metalowych kanałach, grupowanie kabli oraz zachowanie odpowiednich odstępów pomiędzy kablami należącymi do systemów o różnej wrażliwości na zakłócenia.
- Separacja obwodów o różnych potencjałach.
- Instalowanie urządzeń ograniczających lub ucinających przepięcia.

Tworząc system chroniący przed przepięciami należy rozważyć możliwości stosowania każdego z powyższych sposobów i wybrać optymalne rozwiązania dla analizowanego przypadku.

Literatura

- [1] PN-EN 62305-4: 2009, Ochrona odgromowa - Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach budowlanych.
- [2] PN-EN 62305-4: 05, 2011, Ochrona odgromowa - Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach.
- [3] PN-EN 61000-4-9: 1998, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Metody badań i pomiarów - Badanie odporności na impulsowe pole magnetyczne.
- [4] PN-EN 61000-4-10: 1999, Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Metody badań i pomiarów - Badanie odporności na pole magnetyczne oscylacyjne tłumione.
- [5] PN-EN 61643-11:2006, Niskonapięciowe urządzenia do ograniczania przepięć – Część 11. Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia – Wymagania i próby
- [6] CEI.IEC 61643-12:2002, Low-voltage surge protective devices. Part 12: Surge protective devices connected to low-voltage Power distribution systems. Selection and application principles
- [7] PN EN 61643-21:2004, Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia. Część 21: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych. Wymagania eksploatacyjne i metody badań.
- [8] PN-EN 50130-4: 2002, Systemy alarmowe - Część 4: Kompatybilność elektromagnetyczna – Norma dla grupy wyrobów: Wymagania dotyczące odporności urządzeń systemów alarmowych pożarowych, włamaniowych i osobistych.

THE CO-ORDINATION OF LIGHTING PROTECTION RECOMMENDATIONS WITH REQUIREMENTS OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY

Summary

A characteristic feature of modern electrical and electronic devices is their relatively low immunity for surges. This applies both to the immunity for direct impact of the electromagnetic field pulse, as well as immunity to surge voltages and currents coming to these devices from the power supply installation and the signal transmission line. Design and implementation of a proper system overvoltage protection of signal circuits requires the necessary information on the basic parameters characterizing the threat occurring during direct and nearby lightning strikes and requirements of electromagnetic compatibility for these devices.

Keywords: lightning protection, lightning protection system, surge limiting

DOI: 10.7862/re.2013.17

Tekst złożono w redakcji: lipiec 2013

Przyjęto do druku: grudzień 2013