

Ochrona przed przepięciami kamer IP i sieci Ethernet

Opracowanie:

dr inż. Tomasz Maksimowicz

RST Sp. z o.o.

Ul. Gen. W. Andersa 40a

15-113 Białystok

NIP: 5423278389

www.rst.pl | www.sklep.rst.pl

e-mail: rst@rst.pl

Sieci Ethernet obecnie to już nie tylko typowe sieci komputerowe, ale przede wszystkim uniwersalne medium dla wszelkiego rodzaju systemów transmisji. Ogromne korzyści uzyskano dzięki opracowaniu standardu zasilania Power over Ethernet (PoE), który znacząco przyczynił się do rozszerzenia obszaru zastosowań tej technologii. Doskonały przykład stanowią systemy monitoringu wizyjnego (VSS – Video Surveillance System, potocznie CCTV), gdzie jednym przewodem 4-parowym możliwa jest transmisja sygnału wizyjnego, sterowanie oraz zasilanie kamery. Należy jednak pamiętać, że takie systemy mogą być szczególnie wrażliwe na skutki oddziaływania wyładowań atmosferycznych. Niskie poziomy sygnałów transmisji danych oraz mała odporność na udary urządzeń elektronicznych powodują, że sieci Ethernet są szczególnie podatne na uszkodzenia w wyniku przepięć, zwłaszcza w przypadku rozległych sieci okablowania strukturalnego. Coraz wyższe klasy okablowania oraz szybkości transmisji danych powodują, że do ochrony takich systemów przed skutkami wyładowań konieczne jest stosowanie wysokiej jakości ograniczników przepięć (SPD).

Wytrzymałość udarowa ograniczników do sieci Ethernet

Podstawowym parametrem każdego ogranicznika przepięć jest wytrzymałość udarowa. Określa ona, jakie prądy udarowe, o znormalizowanych kształtach, SPD jest w stanie wytrzymać bez uszkodzenia. Najczęściej stosowane w badaniach są udary: In (I_{max}) o kształcie 8/20 μs oraz udar limp, któremu przypisuje się najczęściej kształt 10/350 μs . Pierwszy z nich odpowiada umownie prądom, jakie mogą zaindukować się w instalacji na skutek pośredniego oddziaływania pioruna, natomiast udar limp charakteryzuje częściowy prąd pioruna. O wytrzymałości ogranicznika decyduje wartość szczytowa prądów udarowych.

Ograniczenia standardu RJ45

Typowe wytrzymałości profesjonalnych ograniczników przepięć do ochrony obwodów sygnałowych, w obudowach z zaciskami śrubowymi wynoszą $I_{max} \approx 10 \div 20$ kA oraz limp $\approx 2,5 \div 5$ kA. Inaczej wygląda to w przypadku ograniczników do sieci Ethernet. Złącza RJ45 narzucają istotne ograniczenia: przy udarach o kształcie 8/20 μs maksymalna wytrzymałość może wynosić $2 \div 2,5$ kA w zależności od jakości gniazda. Przy prądach o wyższych wartościach szczytowych następuje najczęściej uszkodzenie pinów, skutkujące przerwaniem ciągłości linii transmisyjnej. Może nastąpić także zespawanie wtyczki z gniazdem, skutkujące z kolei trwałym uszkodzeniem fizycznym pinów przy próbie rozłączenia. W przypadku wytrzymałości na częściowe prądy pioruna, typowe wartości deklarowane przez producentów to limp ≈ 1 kA. Należy tu podkreślić, że są to wartości odpowiadające wytrzymałości pojedynczej żyły względem uziemienia. Podawanie przez producentów wyższych wytrzymałości może budzić zatem pewne wątpliwości. Niektórzy deklarują wytrzymałość całego ogranicznika, jako sumę prądów udarowych, jakie mogą być odprowadzone z wszystkich żył – niestety często są to wartości niepotwierdzone żadnymi badaniami.

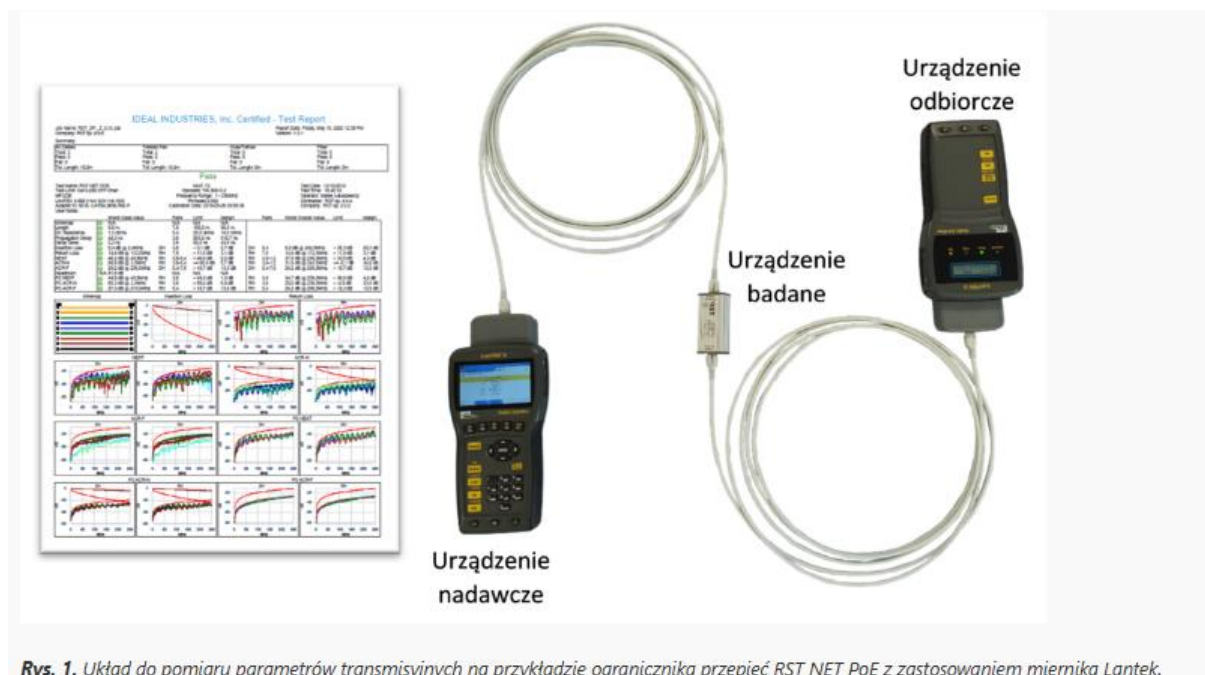
Porównując wytrzymałości ograniczników do sieci Ethernet z parametrami standardowych SPD, może nasuwać się pytanie czy $I_{max} \approx 2 \text{ kA}$ wystarczy. Wyższe poziomy odporności można byłoby uzyskać poprzez zastosowanie zacisków śrubowych lub LSA, wiązałyby się to jednak z pogorszeniem właściwości transmisyjnych takiego ogranicznika. Należy tu zwrócić uwagę na charakterystykę przewodu wielożyłowego ze skręconymi parami, który najczęściej jest dodatkowo ekranowany: przepięcia jakie zaindukują się w pojedynczej żyłce takiego przewodu będą znacznie mniejsze w porównaniu do zwykłego przewodu jednoparowego nieekranowanego. Zatem odporności SPD na poziomie $I_{max} \approx 2 \text{ kA}$ do ochrony przewodów wielożyłowych należy uznać za wystarczające.

Zaburzenia wspólne i różnicowe

Kolejna kwestia to różnice między poziomami wytrzymałości żyła-ziemia i żyła-żyła. Największe zagrożenie stanowią przede wszystkim przepięcia wynikające z różnicy potencjałów względem ziemi, czyli zaburzenia wspólne, inaczej zwane asymetrycznymi. Do ochrony przed tym rodzajem przepięć konieczne jest najczęściej zastosowanie elementów iskiernikowych, które w przypadku ochrony obwodów sygnałowych stanowią miniaturowe odgromniki gazowe (GDT). Odgromniki, w momencie zadziałania powodują zwarcie, umożliwiając odprowadzenie energii zaburzeń do uziemienia. Poziomy zaburzeń różnicowych (symetrycznych), jakie występują pomiędzy poszczególnymi żyłkami są znacznie mniejsze i wystarczające w tym przypadku są elementy półprzewodnikowe, które są w stanie pochłonąć takie energie.

Parametry transmisyjne

W sieciach Ethernet coraz większe znaczenie odgrywają parametry transmisyjne. Obecnie praktycznie minimum dla okablowania strukturalnego stanowi kategoria 5E, która coraz powszechniej wypierana jest przez elementy kategorii 6. Dla zapewnienia odpowiedniej szybkości transmisji danych urządzeń pracujących w sieci, konieczne jest dostosowanie toru między tymi urządzeniami. Ogranicznik przepięć przyłączany jest w obwód szeregowo, przez co wpływa na parametry toru między portami chronionych urządzeń.



Rys. 1. Układ do pomiaru parametrów transmisyjnych na przykładzie ogranicznika przepięć RST NET PoE z zastosowaniem miernika Lantek.

Kategoria czy klasa?

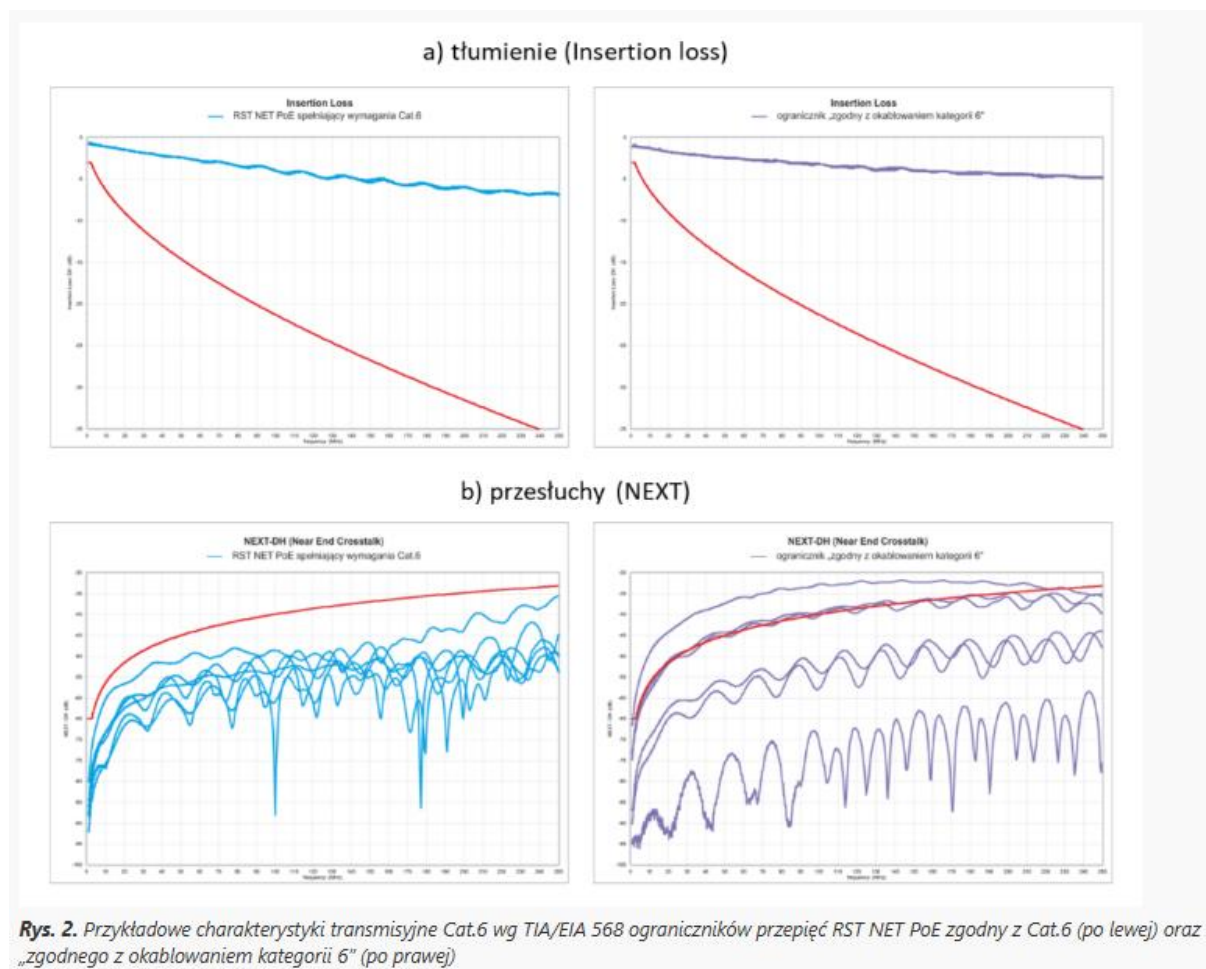
Na początek należy rozróżnić określenia kategorii i klas. Kategorie (5, 5E, 6, 6A, 7, 7A) odnoszą się do pojedynczych elementów takich jak gniazda, kable, panele krosowe. Wymagania dla poszczególnych kategorii określa amerykańska norma TIA/EIA 568. Klasa (D, E, EA, F, FA) odnosi się natomiast do całego toru, na który składają wyżej wymienione elementy. Wymagania odnośnie klas określają normy europejska EN 50173-1 oraz międzynarodowa ISO/IEC 11801. Odnosząc się do parametrów transmisyjnych ogranicznika przepięć, który w rezultacie stanowi element toru, powinno się mówić zatem o jego kategorii, a nie klasie.

Spełnienie wymagań kategorii 5 czy 5E przez ogranicznik przepięć nie jest trudne do osiągnięcia, o ile transmisja danych jest możliwa wszystkimi parami. Inaczej jest w przypadku kategorii 6 i wyższych, dla których stawiane są znacznie bardziej rygorystyczne wymagania w znacznie szerszym paśmie częstotliwości (250 Mhz w stosunku do 100 Mhz). Ogranicznik przepięć jest włączany szeregowo w tor transmisyjny, w związku z czym jego parametry mogą decydować o jakości sygnału przesyłanego chronionym torem. To, że producent SPD deklaruje, że „ogranicznik jest zgodny z okablowaniem kategorii X” najczęściej niestety nie oznacza, że sam spełnia wymagania tej kategorii.

Jak konstrukcja SPD wpływa na parametry transmisyjne?

Każde urządzenie włączane szeregowo w obwód transmisyjny wpływać będzie na przesyłany sygnał. W przypadku ograniczników przepięć znaczenie mogą mieć złącza RJ45, elementy ograniczające napięcie, komponenty szeregowo, a nawet układ ścieżek pcb. Odgromniki gazowe charakteryzują się bardzo dużą rezystancją izolacji ($\sim G\Omega$) i bardzo małą pojemnością ($\sim pF$) przez co praktycznie nie wpływają na chroniony obwód. Inaczej jest z elementami półprzewodnikowymi, których pojemności mogą ograniczać pasmo użyteczne działając jak filtr dolnoprzepustowy. Pojemności warystorów ($\sim nF$) praktycznie wykluczają ich stosowanie w sieciach Ethernet. W przypadku diod najczęściej stosuje się układy złożone z diod TVS, które zapewniają oczekiwaną odporność na udary, oraz mostków prostowniczych na bazie diod szybkich, których zadaniem jest zmniejszenie wypadkowej pojemności. Jak się okazuje kwestie tłumienia mogą okazać się drugorzędne jeżeli źle zostaną zaprojektowane ścieżki na płytce pcb. Na rysunku 2a przedstawiono przykładowe charakterystyki tłumienia ograniczników przepięć różnych producentów – jak widać w obu przypadkach jest bardzo duży margines tolerancji w stosunku do wartości granicznych określonych dla kategorii 6. wg TIA/EIA 568. Jak się okazuje sprzężenia między poszczególnymi parami, które mają wpływ na tzw. przeniki (NEXT – Near End Cross Talk), mogą mieć dużo większe znaczenie pod kątem zgodności produktu z określoną kategorią okablowania. Na rysunku 2b przedstawiono wyniki pomiaru parametru NEXT-DH tych samych ograniczników. Jak można zauważyć w jednym przypadku charakterystyki pomiarów przeników między poszczególnymi parami są zbliżone i znajdują się poniżej krzywej granicznej. W przypadku drugiego ogranicznika przeniki pomiędzy poszczególnymi parami są bardzo zróżnicowane i niektóre przekraczają krzywą graniczną, dyskwalifikując urządzenie z próby kategorii 6, chociaż według producenta to urządzenie jest „zgodne z okablowaniem kategorii 6”. Zestawienie tłumienia i przeników określa parametr ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio), który można porównać do jednego z istotniejszych parametrów w telekomunikacji: sygnał/szum (SNR).

Zastosowane komponenty ogranicznika, w odpowiedniej konfiguracji decydują przede wszystkim o odporności na udary. Największy wpływ na zgodność z daną kategorią ma najczęściej konfiguracja ścieżek i jakość złącz RJ45. O zgodności z jakąkolwiek kategorią okablowania decydować może także konfiguracja ochrony poszczególnych par. Niewiele osób zdaje sobie jednak sprawę, że wiele ograniczników przeznaczonych do ochrony kamer IP nie spełnia żadnej z kategorii okablowania strukturalnego.



Ochrona sieci Ethernet a rozwiązania dla PoE

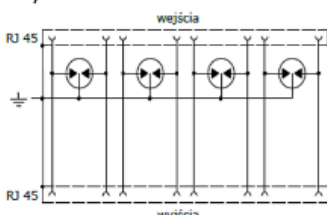

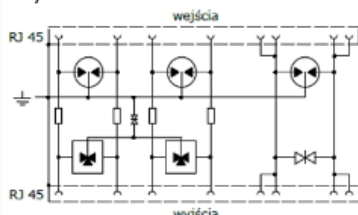

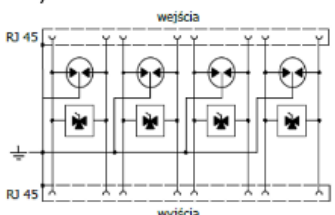

Ogranicznik przepięć do ochrony sieci Ethernet z zasilaniem PoE powinien być dostosowany przede wszystkim za względu na zakres napięć. O ile transmisja danych odbywa się w zakresie pojedynczych woltów to zasilanie PoE może osiągać wartości do 57 V.

Podstawowe rozwiązanie do ochrony przed przepięciami sieci Ethernet składa się z 4 odgromników trójelektrodowych, które zabezpieczają poszczególne 4 pary (Rys. 3a). Jest to rozwiązanie uniwersalne znajdujące zastosowanie zarówno w zwykłych sieciach, jak i do obwodów z zasilaniem PoE. Typowe statyczne napięcie przebicia stosowanych odgromników wynosi 90 V ($\pm 20\%$), co jest wystarczające przy standardowym napięciu zasilania PoE do 57 V prądu stałego. Brak drugiego stopnia ochrony z jednej strony zapewnia na ogół małe tłumienie i dobre parametry transmisyjne, ale z drugiej strony zapewnia jedynie ochronę zgrubną. Typowy napięciowy poziom ochrony takich ograniczników wynosi kilkaset woltów (np.: $U_p \leq 600$ V).

Niektóre z ograniczników przepięć posiadają wydzielone tory do obwodu zasilania PoE (Rys. 3b). Najczęściej zasilanie doprowadzane jest między zwartymi parami 4-5 oraz 7-8. W takim przypadku transmisja danych możliwa jest wyłącznie parami 1-2 i 3-6. W wielu instalacjach jest to rozwiązanie w zupełności wystarczające ale niestety sprzeczne z jakąkolwiek kategorią czy

klasą okablowania strukturalnego. Wymagania stawiane poszczególnym kategoriom czy klasom zakładają, że transmisja danych możliwa jest wszystkimi czterema parami. Wydzielenie zatem toru zasilania PoE, poprzez zwarcie par 4-5 i 7-8 dyskwalifikuje produkt ze spełnienia jakiegokolwiek kategorii.

Najbardziej zaawansowane rozwiązania zapewniają zarówno możliwość transmisji danych wszystkimi parami, jak i zasilanie w standardzie PoE z jednoczesnym zapewnieniem dwustopniowej ochrony dokładnej. Takie ograniczniki wymagają zazwyczaj złożonych układów diod drugiego stopnia ochrony lub specjalnych układów scalonych, zapewniających odpowiednią przepustowość danych (Rys. 3c).

<p>a)</p>  <ul style="list-style-type: none">▪ tylko ochrona zgrubna GDT▪ dobre parametry transmisyjne▪ uniwersalne zastosowanie: sieci Ethernet + IP PoE  <p>RST NET GDT (art. nr 303 090)</p>	<p>b)</p>  <ul style="list-style-type: none">▪ dwustopniowa ochrona dokładna▪ wydzielony tor PoE▪ transmisja danych tylko 1-2, 3-6▪ zastosowanie: kamery IP PoE  <p>RST NET STD TH (art. nr 302 163)</p>	<p>c)</p>  <ul style="list-style-type: none">▪ dwustopniowa ochrona dokładna▪ b. dobre parametry transmisyjne▪ uniwersalne zastosowanie: sieci Ethernet + IP PoE  <p>RST NET PoE (art. nr 300 060)</p>
<p>zobacz produkt</p>	<p>zobacz produkt</p>	<p>zobacz produkt</p>

Rys. 3. Przykłady konfiguracji ograniczników przepięć

W Tabelicy 1. przedstawiono wyniki testów parametrów transmisyjnych ograniczników przepięć z rysunku 3. Brak zgodności z kategoriami TIA 586 czy klasami ISO/IEC 11801 (EN 50173-1) w przypadku ogranicznika RST NET PoE Std nie wynika ze słabych właściwości ale z konfiguracji z wydzielonym torem PoE i możliwością transmisji danych jedynie parami 1-2 i 3-6. Z kolei należy zwrócić uwagę, że element bazujący wyłącznie na odgromnikach gazowych GDT, które charakteryzują się bardzo małymi pojemnościami, może mieć gorsze parametry transmisyjne niż złożony ogranicznik dwustopniowy z dodatkowymi elementami półprzewodnikowymi. Jak pokazano na rysunku 2. decydujące znaczenie mają przede wszystkim przeniki, a nie tłumienność elementu. Zastosowane gniazda RJ45 oraz układ ścieżek pcb mają ogromny wpływ na parametry transmisyjne ogranicznika przepięć.

Tablica 1. Wyniki testów parametrów transmisyjnych ograniczników przepięć

Rodzaj testu	Częstotliwość	Standard	RST NET GDT	RST NET PoE Std	RST NET PoE
			ochrona zgrubna GDT, transmisja danych 4 pary kompatybilny z PoE	ochrona dwustopniowa transmisja danych 1-2, 3-6 wydzielony tor PoE 4/5-7/8	ochrona dwustopniowa, transmisja danych 4 pary kompatybilny z PoE
CAT 6 STP Chan	1 – 250 MHz	TIA 568-C.2	-	-	+
CAT 5E STP Chan	1 – 100 MHz	TIA 568-C.2	+	-	+
CAT 5 STP Chan	1 – 100 MHz	TIA/EIA-568-B.1-2001	+	-	+
ISO E STP Chan	1 – 250 MHz	ISO/IEC 11801:2002	+	-	+
ISO D STP 1st Chan	1 – 100 MHz	ISO/IEC 11801:2000	+	-	+
ISO C STP 2nd Chan	1 – 16 MHz	ISO/IEC 11801:2002	+	-	+
EN50173-1 E STP Chan	1 – 250 MHz	EN50173-1	+	-	+
EN50173-1 D STP Chan	1 – 100 MHz	EN50173-1	+	-	+
1000Base T Channel STP	1 – 100 MHz	IEEE 802.3	+	-	+
100Base TX Channel	1 – 100 MHz	IEEE 802.3	+	+	+
Ethernet 2Pair	1 – 300 MHz	TIA 568-B.2-10-Custom	+	+	+
Industrial 2Pair Ethernet	1 – 100 MHz	TIA 568-C.2	+	+	+

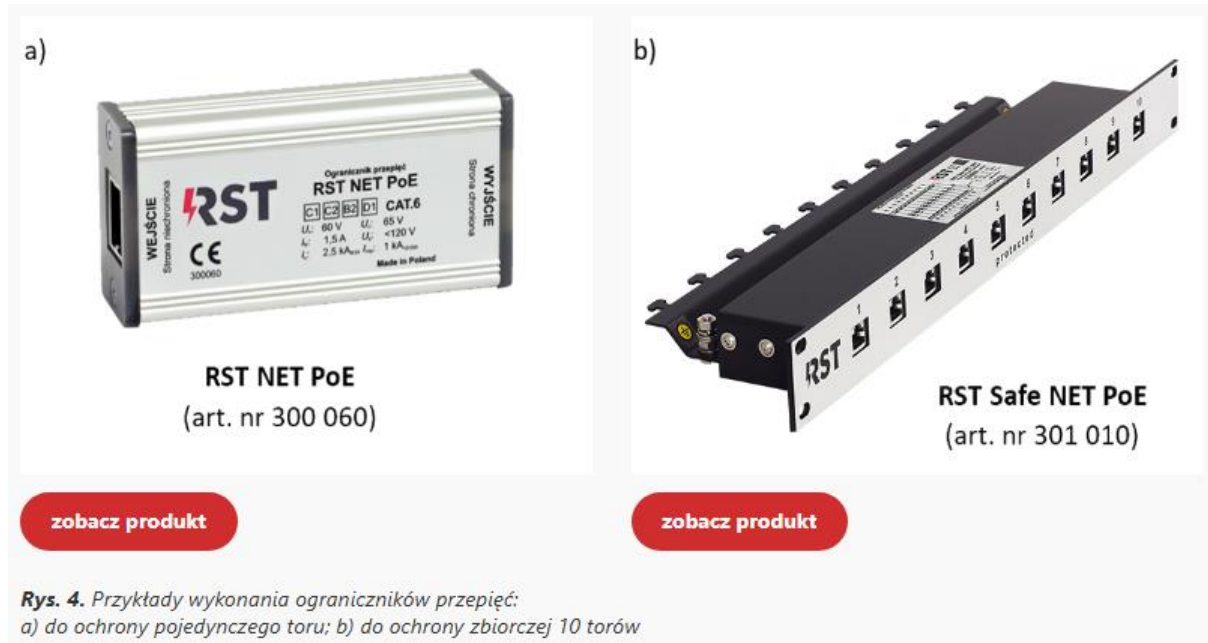
Lokalizacje ograniczników przepięć

Ogranicznik przepięć ma na celu wyrównanie potencjałów i odprowadzenie energii zaburzeń do uziemienia. Mówiąc prościej ma zapobiec przebiciu izolacji, które w urządzeniach elektronicznych może nastąpić przede wszystkim w układzie scalonym, na ścieżce pcb lub w zaciskach przyłączeniowych. Skuteczny zasięg działania SPD jest ograniczony, dlatego istotna jest właściwa jego lokalizacja.

Ogranicznik przepięć w ogólnym przypadku lokalizowany może być bezpośrednio przy chronionym urządzeniu lub na granicy stref ochrony odgromowej (LPZ). W tym drugim przypadku SPD przykładowo ma zapobiec przeniknięciu do wnętrza budynku przepięć jakie mogą pojawić się w liniach zewnętrznych. Energia zaburzeń odprowadzana jest wtedy do uziemienia w kontrolowany sposób i nie powoduje zakłóceń obwodów wewnętrznych i urządzeń.

Ochronę urządzeń w przypadku systemów informatycznych można podzielić na zabezpieczenia indywidualne oraz zbiorcze. Ochrona indywidualna dotyczy pojedynczych torów, np. zabezpieczenie gniazda sieciowego lub kamery IP. Ochrona zbiorcza dotyczy przede wszystkim switchy i serwerów, do których doprowadzonych może być wiele przewodów. Przy zabezpieczeniu pojedynczych torów dobrze sprawdzają typowe ograniczniki przepięć, przystosowane najczęściej do montażu na szynach 35 mm (Rys 3b i 4a) lub włączane w chroniony obwód i uziemiane za pomocą linki (Rys. 3a). Zabezpieczenia zbiorcze najczęściej wykonywane się w postaci paneli 19" (Rys. 4b).

Ochrona przed przepięciami szczególnie powinna dotyczyć rozległych instalacji i zabezpieczenia linii zewnętrznych, które są bardziej podatne na indukowanie się przepięć. O ile w przypadku urządzeń końcowych można rozpatrywać, które z urządzeń wymaga ochrony ze względu na jego znaczenie to ochrona urządzeń centralnych, takich jak serwery, switchy czy rejestratory powinna być kompletna i obejmować wszystko doprowadzone tory.



Podsumowanie

Ogranicznik przepięć powinien w minimalnym stopniu wpływać na chroniony obwód. Jeżeli dla toru Ethernet wymaga się wysokich parametrów transmisyjnych to do jego ochrony także należy stosować odpowiednie urządzenia. Jeżeli wymagana jest jakakolwiek kategoria urządzeń lub klasa dla toru transmisyjnego to należy stosować ograniczniki umożliwiające transmisję danych wszystkimi parami. To, że ogranicznik przepięć jest „zgodny z okablowaniem kategorii 6” nie musi oznaczać, że sam charakteryzuje się parametrami transmisyjnymi spełniającymi wymagania takiej kategorii.

The advertisement features the RST logo on the left. The main heading is 'RST Safe NET GDT' in large, bold letters. Below it, the text reads 'Ochrona sieci Ethernet i telewizji dozorowej IP'. A central image shows the RST Safe NET GDT surge protector, a 10-port device. To the right of the main image are three circular inset images showing the internal components of the device. At the bottom left, there is a list of features: 'Ogranicznik przepięć do ochrony zgrubnej w obudowie do montażu w szafach 19"', 'Ochrona do 10 torów', 'Kompatybilny ze wszystkimi standardami PoE', and 'Wysoka odporność udarowa'. A red button with the text 'SPRAWDŹ >>' is located at the bottom right.

Literatura

[1] 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

[2] TIA/EIA 568 Commercial Building Telecommunications Cabling Standard

[3] PN-EN 50173-1:2018-07 Technika informatyczna — Systemy okablowania strukturalnego — Część 1: Wymagania ogólne

[4] ISO/IEC 11801-1:2017 Information technology — Generic cabling for customer premises — Part 1: General requirements