

*Centrum Ochrony  
przed Przepięciami i Zakłóceniami Elektromagnetycznymi  
w Białymstoku*



# **Ochrona odgromowa urządzeń elektronicznych na zewnątrz budynków**

## **Opracowanie:**

dr inż. Mirosław Zielenkiewicz

dr inż. Tomasz Maksimowicz

## **RST Sp. z o.o.**

15-620 BIAŁYSTOK  
ul. Elewatorska 17/1

tel.: 792 350 100

www.rst.bialystok.pl  
e-mail: rst@rst.bialystok.pl



**Białystok, maj 2012 r.**

## 1. Wstęp

Urządzenia elektroniczne instalacji antenowych (SAT, WLAN, radiolinie cyfrowe, itd.), kamery systemu dozoru wizyjnego, systemy fotowoltaiczne, czy elementy systemu klimatyzacji umieszczone na dachach lub zewnętrznych ścianach obiektów budowlanych są szczególnie narażone na wyładowania atmosferyczne. Bezpośrednie oddziaływanie prądu pioruna może doprowadzić nie tylko do ich zniszczenia, ale także stwarza zagrożenie dla życia ludzkiego oraz dla układów elektrycznych i elektronicznych wewnątrz budynku.

Zadaniem zewnętrznej instalacji odgromowej (LPS, ang. Lightning Protection System) jest przechwycenie wyładowania piorunowego za pomocą układu zwodów a następnie bezpieczne odprowadzenie i rozproszenie prądu pioruna do ziemi za pomocą układu uziomów. Wraz z instalacją LPS niezbędne jest także stosowanie układów ochrony przed przepięciami (SPD, ang. surge protection device), które zapewniają ochronę przed częściowymi prądami pioruna oraz przed przepięciami indukowanymi.

Zalecenia dotyczące prawidłowego projektowania i doboru środków ochrony odgromowej zawarto w serii norm PN-EN 62305 [1-4] (opublikowana w języku polskim w latach 2008-2009), która jest przywołana do stosowania w aktualnym Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [5]. W 2011 roku wydana została druga edycja norm dostępna obecnie tylko w języku oryginalnym (angielskim).

## 2. Instalacja odgromowa

Koncepcja ochrony przedstawiona w serii norm PN-EN 62305 [1-4] zakłada podział obiektu na strefy ochrony odgromowej (LPZ, ang. Lightning Protection Zone), które ogólnie można zdefiniować jako:

LPZ 0A – strefa na zewnątrz obiektu – zagrożenie wyładowania bezpośredniego, oddziaływanie całkowitego prądu pioruna i całkowitego pola magnetycznego;

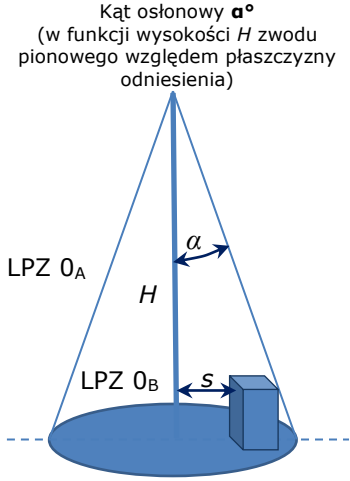
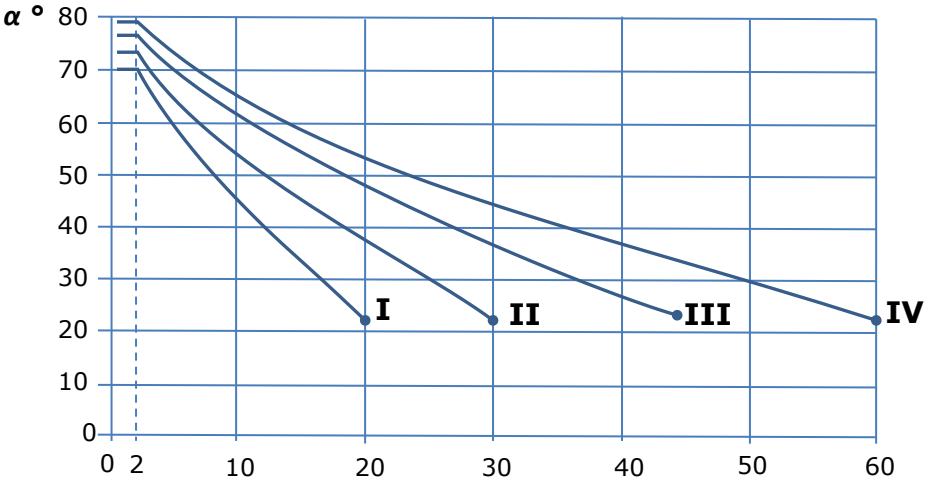
LPZ 0B – strefa na zewnątrz obiektu – brak zagrożenia wyładowania bezpośredniego, oddziaływanie częściowego prądu pioruna lub prądów indukowanych oraz całkowitego pola magnetycznego;

LPZ 1...N – strefy wewnątrz obiektu – brak zagrożenia oddziaływaniami wyładowania bezpośredniego, oddziaływanie ograniczonego prądu pioruna lub prądów indukowanych oraz całkowitego lub stłumionego pola magnetycznego.

Wszystkie urządzenia elektroniczne umieszczone na zewnętrznej konstrukcji budynku, a w szczególności te, które są połączone z układami wewnętrznymi, powinny znajdować się w strefie LPZ 0B tworzonej przez sieć zwodów LPS lub konstrukcję budynku. Strefę 0B wyznacza się metodą wirtualnej kuli toczącej po powierzchni dachu (metoda bardziej dokładna) lub na podstawie kąta osłonowego  $\alpha$  w przypadku zwodów pionowych. W normie PN-EN 62305-3 [3] zdefiniowano cztery klasy LPS, odpowiadające poszczególnym poziomom ochrony odgromowej

(LPL ang. Lightning Protection Level). Dla każdej z klas zdefiniowano między innymi wymagania dotyczące minimalnych odstępów między zwodami i przewodami instalacji odgromowej, promienia toczonej kuli  $r$  oraz wartości kątów osłonowych  $\alpha$  dla zwodów pionowych (tabela 1).

**Tabela 1.** Parametry instalacji odgromowej wg klas LPS

Parametr	Klasa LPS (poziom LPL)			
	I	II	III	IV
Skuteczność ochrony wg wcześniejszych edycji norm	98 %	95 %	90 %	80 %
Promień toczonej kuli $r$ (m)	20	30	45	60
Wymiar siatki tworzonej przez zwody poziome $w$ (m)	5 × 5	10 × 10	15 × 15	20 × 20
Odległość między przewodami odprowadzającymi (m)	10	10	15	20
Kąt osłonowy $\alpha^\circ$ (w funkcji wysokości $H$ zwodu pionowego względem płaszczyzny odniesienia)				
				

Przy projektowaniu instalacji odgromowej należy bezwzględnie przewidzieć możliwość wystąpienia przeskoków iskrowych pomiędzy przewodami LPS i instalacjami znajdującymi się na dachach lub ścianach budynku. W związku z tym, urządzenia elektroniczne wraz z ich okablowaniem powinny być montowane z zachowaniem bezpiecznych odstępów izolacyjnych od zwodów i przewodów odprowadzających. Zgodnie z wymaganiami normatywnymi odstęp izolacyjny powinien być nie mniejszy niż:

$$s = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l \quad (3)$$

gdzie:

$k_i$  – współczynnik zależny od wybranej klasy LPS: 0,08, 0,06 i 0,04 odpowiednio dla LPS klasy I, II i III - IV

$k_m$  – współczynnik zależny od materiału izolacji, przyjmujący wartości 1 dla powietrza lub 0,5 dla betonu, cegieł lub drewna

$k_c$  – współczynnik zależny od rozptyłu prądu w elementach LPS

$l$  – długość (w m) wzdłuż przewodu LPS od punktu w którym rozpatrywany jest odstęp  $s$  do punktu najbliższego połączenia wyrównawczego.

W pierwszej edycji normy PN-EN 62305-3 (przywołanej w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury) wartość współczynnika  $k_c$  wyznaczana była w zależności od liczby przewodów odprowadzających oraz od typu uziemienia (uziom poziomy/pionowy typu A lub uziom otokowy typu B). W drugiej edycji norm określono natomiast metodę uproszczoną i metodę dokładną. Metoda uproszczona zakłada wartości  $k_c$  równe 1; 0,66 lub 0,44 w zależności od liczby przewodów odprowadzających odpowiednio dla 1; 2 lub 3 i więcej przewodów. Metoda dokładna pozwala na oszacowanie, czy możliwe są mniejsze odstępki  $s$ , jednak wymaga głębszej analizy rozptyłu prądu pioruna w instalacji LPS. W niektórych przypadkach możliwe jest wybranie wartości  $k_c$  na podstawie przedstawionych w normie przykładów.

Dobrym rozwiązaniem, w przypadku dużego zagęszczenia aparatury elektronicznej na dachu budynku, może być utworzenie strefy ochrony odgromowej poprzez rozwieszenie sieci zwodów tak jak przedstawiono na przykładach na rysunku 1.



**Rys. 1.** Zastosowanie sieci zwodów do ochrony urządzeń elektronicznych na dachu budynku (instalacje wykonane przez RST)

Do ochrony masztów antenowych zaleca się stosowanie izolowanych zwodów pionowych umieszczanych w odstępku bezpiecznym  $s$  od masztu, co radykalnie zmniejsza ryzyko przeniknięcia części prądu pioruna do kabla antenowego. Wysokość zwodu powinna być tak dobrana, aby maszt z układami antenowymi znajdował się w strefie ochronnej wyznaczonej na podstawie kąta osłonowego  $\alpha$  lub metodą toczącej się kuli. Zwód pionowy może być wykonany w postaci masztu wolnostojącego lub połączony z masztem antenowym z zastosowaniem izolacyjnych elementów dystansujących wykonywanych najczęściej z włókien szklanych.

Urządzenia umieszczane na ścianach, takie jak kamery systemów CCTV, powinny znajdować się w strefie ochronnej tworzonej przez sam budynek lub przez dodatkowe zwody. W ich przypadku należy szczególnie zwracać uwagę na zachowanie odstępów bezpiecznych od przewodów odprowadzających.

### 3. Ochrona przed przepięciami

#### 3.1 Ochrona obwodów zasilania elektroenergetycznego

Do ochrony obwodów zasilania urządzeń umieszczanych na zewnątrz budynków, takich jak: podzespoły systemu klimatyzacji, elementy systemu dozoru wizyjnego, należy stosować wielostopniowy układ ograniczników przepięć, składający się najczęściej z:

- ograniczników typu 1. montowanych w rozdzielnicach głównych na wejściu linii energetycznej do budynku oraz
- ograniczników typu 2. w rozdzielnicach lokalnej, z której zasilane są urządzenia lub bezpośrednio przy chronionym urządzeniu.

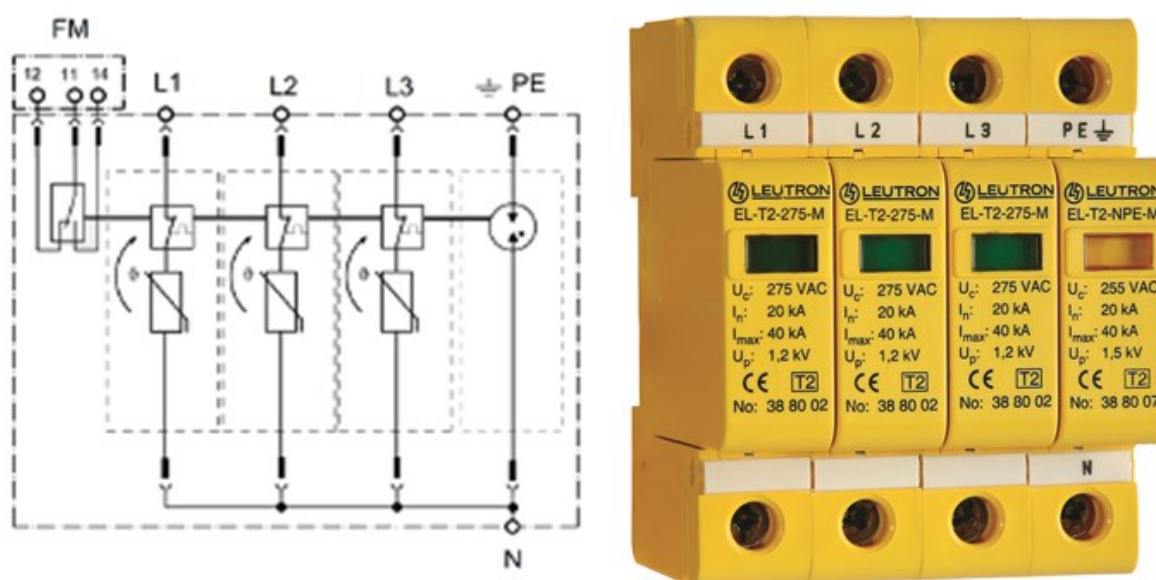
Ograniczniki przepięć stosowane w liniach zasilania powinny spełniać wymagania zgodne z PN-EN 61643-11 [6]. Jeżeli nie da się uniknąć ryzyka bezpośredniego oddziaływania części prądu pioruna na przewody doprowadzone do urządzenia, to w rozdzielnicach zasilających urządzenia zewnętrzne zaleca się stosowanie układu kombinowanych ograniczników typu 1+2, który jest w stanie odprowadzić częściowy prąd pioruna i ograniczyć wartości przepięć poniżej poziomu wytrzymawanego przez urządzenie poddawane ochronie. Wymagania te doskonale spełniają ograniczniki przepięć produkowane przez firmę LEUTRON. Przykład układu ograniczników tej firmy serii [CT-T1+2/3+1](#), który zapewnia ochronę przed prądowym impulsem udarowym o wartości do 100 kA o kształcie 10/350  $\mu$ s (odpowiadającym prądowi pioruna przypisanego poziomowi LPL I) i ograniczającym wartości przepięć poniżej 1,5 kV, przedstawiono na rys. 2. Ogranicznik jest zbudowany na bazie wieloprzerwowego iskiernika umieszczonego w hermetycznej, ceramicznej obudowie. Zastosowano tu również ciągłą kontrolę sprawności poszczególnych pól roboczych układu, dzięki zastosowaniu styku bezpotencjałowego przekazującego informację o wzroście temperatury pracy układu, co ma istotny wpływ na szybkość reakcji w przypadku awarii układu. Podwyższone do wartości 350 V napięcie trwałej pracy zwiększa odporność ograniczników na przepięcia długotrwałe oraz na wzrost napięcia powyżej wartości znamionowej, co ma znaczny wpływ na zwiększenie ich bezawaryjności.



**Rys. 2.** Układ ogranicznika Leutron typu [CT-T1+2/3+1-350-FM](#) (ogranicznik typu 1 + 2)



Nawet, jeżeli przewody ułożone są wewnątrz strefy LPZ 0B, a więc są osłonięte przed bezpośrednim oddziaływaniem prądu piorunowego, to przyłączone urządzenia narażone są na przepięcia indukowane wskutek oddziaływania piorunowego impulsu elektromagnetycznego (LEMP ang. Lightning Electromagnetic Pulse) będącego wynikiem przepływu prądu piorunowego przez elementy instalacji odgromowej. W przypadku, gdy przewody zasilające zlokalizowane na dachu ułożone są całkowicie w strefie 0B i nie są narażone na bezpośrednie oddziaływanie prądu pioruna, to w rozdzielnicach lokalnych można stosować ograniczniki typu 2. Doskonałym rozwiązaniem jest w takiej sytuacji kolejny produkt z oferty firmy LEUTRON - nowoczesny warystorowy ogranicznik przepięć serii [EL-T2/3+1](#). Na rysunku 3 przedstawiono przykład takiego ogranicznika przepięć typu 2, który zapewnia ochronę przed indukowanym prądem udarowym o kształcie do 40 kA 8/20  $\mu$ s i ograniczającym wartości przepięć poniżej 1,2 kV.



**Rys. 3.** Układ ogranicznika firmy Leutron typu [EL-T2/3+1-275-FM](#) (ogranicznik typu 2)

### 3.2 Ochrona linii sygnałowych

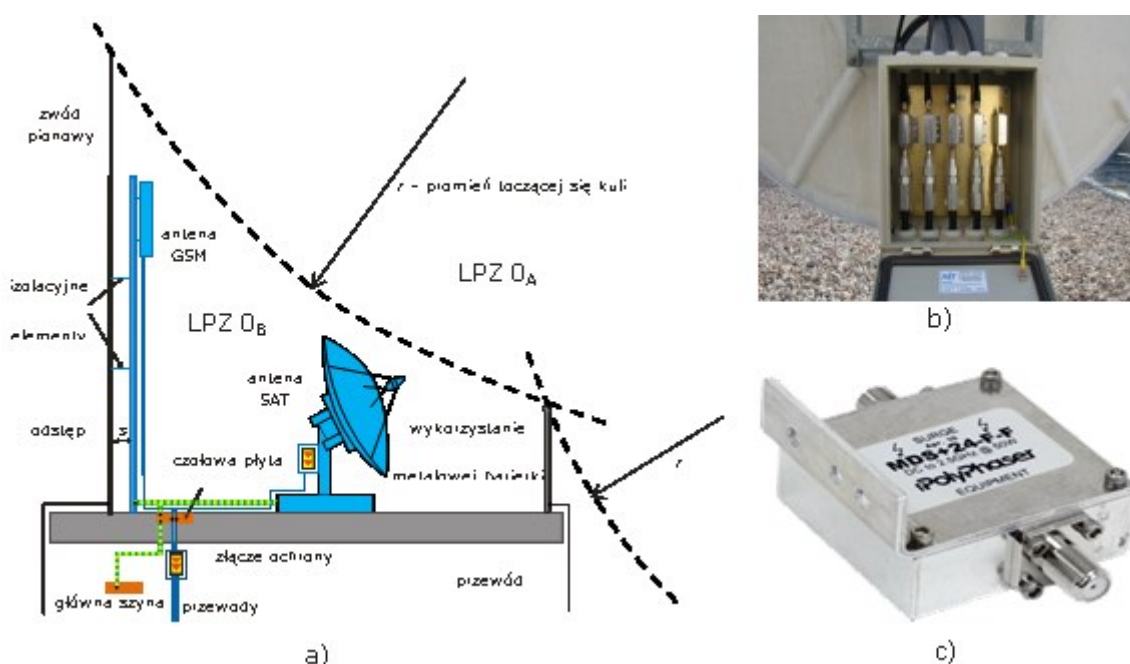
Podobne zasady dotyczą ochrony linii sygnałowych, które także wymagają stosowania zabezpieczenia bezpośrednio przy urządzeniach lub na wejściu kabli do budynku zarówno do ochrony urządzeń zewnętrznych, jak i układów znajdujących się wewnątrz obiektu. Wymagania dla ograniczników przepięć przeznaczonych do ochrony linii sygnałowych zawarte są w PN-EN 61643-21 [7].

Zaleca się, aby wszystkie linie były wprowadzane do wnętrza budynku w jednym miejscu na granicy stref LPZ 0B / LPZ 1 i LPZ 0B / LPZ 1, co pozwala na zastosowanie kompleksowego złącza do ochrony przed przepięciami wszystkich torów sygnałowych i zasilających.

Szeroką grupę urządzeń umieszczanych na zewnątrz budynków, które wymagają ochrony przed oddziaływaniami pochodzenia piorunowego stanowią lokowane na dachach układy antenowe takie jak systemy SAT, WLAN, radiolinie cyfrowe, itp.

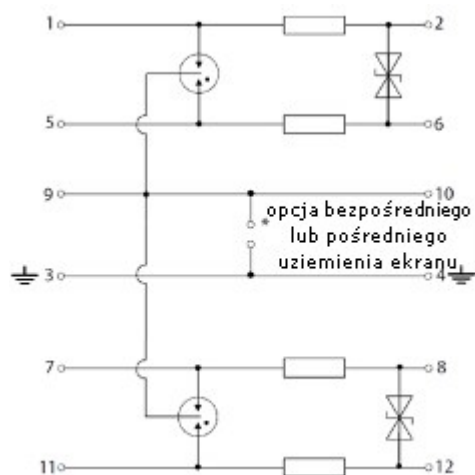
Ograniczniki przepięć w takich systemach powinny charakteryzować się przede wszystkim dużą zdolnością ograniczania prądów udarowych (najlepiej powyżej 15 kA), niskim poziomem napięć ograniczania oraz małymi wartościami tłumienności wtrąceniowej ( $\sim 0,1$  dB) oraz dobrym dopasowaniem (WFS zbliżony do 1) w paśmie roboczym tak aby nie wpływać na parametry transmisji torów nadawczo odbiorczych.

Na rysunku 4. przedstawiono koncepcję ochrony odgromowej i przed przepięciami pola antenowego na dachu budynku oraz przykład praktycznego rozwiązania ochrony dedykowany dla systemów SAT na bazie ograniczników typu [MDS+24F-F](#) produkcji amerykańskiej firmy PolyPhaser, które są w stanie ochronić urządzenie przed częściowym prądem pioruna o wartości szczytowej do 3 kA (10/350  $\mu$ s). Ograniczniki te zaprojektowane zostały do ochrony torów o impedancji  $75 \Omega$  w paśmie 300 MHz - 2,5 GHz.



**Rys. 4.** Koncepcja ochrony odgromowej i przed przepięciami układów antenowych  
a) przykładowa instalacja odgromowa; b) złącze ochronne kabli systemu SAT na wejściu do budynku; c) ogranicznik typu [MDS+24F-F](#)

Do ochrony linii sygnałowych wszelkiego rodzaju systemów kontrolno-pomiarowych na rynku pojawia się coraz więcej nowych rozwiązań. Są to układy złożone najczęściej z dwóch kaskad ochronnych: zgrubnej - zbudowanej na odgromniku miniaturowym, o zdolności do odprowadzenia dużych energii przepięć oraz dokładnej - zawierającej elementy sprzęgające i diody dwukierunkowe zapewniające ograniczenie napięcia do dopuszczalnych niskich wartości. Ograniczniki dla systemów niskosygnałowych należy dobierać z uwzględnieniem znamionowych wartości napięć i prądów oraz poziomów odporności udarowej chronionych urządzeń. W ofercie firmy [LEUTRON](#) dostępna jest szeroka gama układów, które mogą być dobrane dla takich celów szerokiego zakresu napięć roboczych: 5 - 180 V.



**Rys. 5.** Układ ogranicznika firmy Leutron typu [MP 2x2 GDT+24V-Ad-Ad-ST](#)

Na rysunku 5. przedstawiono przykład ogranicznika przepięć przeznaczonego do ochrony torów sygnałowych zawierających dwie pary żył, z możliwością bezpośredniego lub pośredniego (poprzez odgromnik) uziemienia ekranu kabla. Przedstawiony model ogranicznika odpowiada kategoriom testowania D1/C2/C1/C3 według PN-EN 61643-21. Kategoria D1 świadczy o zdolności układu do odprowadzania częściowych prądów piorunowych (impuls 10/350  $\mu$ s) o wartości szczytowej do 2,5 kA na żyłę, dzięki czemu może być on stosowany na granicy strefy LPZ 0A. Dodatkowo, dzięki wymiennemu modułowi, ogranicznik może być łatwo wymontowany z obwodu na czas czynności serwisowych lub pomiarowych.

Podobne układy mogą być stosowane do zabezpieczenia obwodów sterowania kamer systemów CCTV często umieszczanych na dachach lub zewnętrznych ścianach budynków. Do urządzeń doprowadzane są zazwyczaj jednocześnie zarówno linie zasilające jak i sygnałowe, np. do kamery CCTV: tor wizji, sterowanie oraz zasilanie. Zalecanym rozwiązaniem jest wprowadzenie wszystkich kabli do budynku jak najbliżej kamery i kompleksowe zabezpieczenie wszystkich linii w jednym punkcie. Przykładowe rozwiązanie takiej ochrony przedstawia rysunek 6., na którym widzimy gotowy zestaw ochrony przed przepięciami typu [RST-TV/2xIP/230AC/0/UV](#) wytwarzany przez firmę RST na bazie ograniczników firm LEUTRON.

Kontrola sprawności układów ochronnych umieszczonych bezpośrednio przy urządzeniu znajdującym się na dachu może być utrudniona ze względu na trudności z dostępem. Obecnie wiele ograniczników przepięć wyposażonych jest w styki kontroli sprawności układu, które mogą być wykorzystane do optycznej sygnalizacji uszkodzenia umieszczonej na zewnątrz tablicy rozdzielczej lub skrzynki złącza ochrony przed przepięciami. Takie rozwiązanie przedstawiono na rysunku 6., gdzie o uszkodzeniu układu zasilania informuje zapalenie się lampki sygnalizacyjnej umieszczonej na obudowie układu ochronnego lub wyniesionej w inne widoczne miejsce.





a)  
**Rys. 6.** a) Kamera z układem ograniczników przepięć;  
b) złącze ochrony przed przepięciami typu [RST-TV/2xIP/230AC/0/UV](#)

#### 4. Podsumowanie

Urządzenia elektryczne i elektroniczne umieszczone po zewnętrznej stronie na dachach i ścianach obiektów budowlanych wymagają zastosowania kompleksu środków ochrony odgromowej i przed przepięciami ze względu na szczególne zagrożenie od strony bezpośrednich wyładowań atmosferycznych. Lokalizowanie aparatury w strefach ochronnych tworzonych przez zwody instalacji odgromowej i zabezpieczanie jej odpowiednimi układami ograniczników przepięć na granicach stref ochrony odgromowej (LPZ) gwarantuje bezawaryjne działanie wszelkiego rodzaju systemów, zmniejsza ryzyko utraty wartości materialnych związanych z ich uszkodzeniem a także zwiększa bezpieczeństwo ludzi przebywających w budynku.

#### Literatura

- [1] PN-EN 62305-1 Ochrona odgromowa -- Część 1: Zasady ogólne
- [2] PN-EN 62305-2 Ochrona odgromowa -- Część 2: Zarządzanie ryzykiem
- [3] PN-EN 62305-3 Ochrona odgromowa -- Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia
- [4] PN-EN 62305-4 Ochrona odgromowa -- Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach
- [5] Rozporządzenie ministra infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [6] PN-EN 61643-11 Niskonapięciowe urządzenia do ograniczania przepięć -- Część 11: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach rozdzielczych niskiego napięcia -- Wymagania i próby
- [7] PN-EN 61643-21 Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia -- Część 21: Urządzenia do ograniczania przepięć w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych -- Wymagania eksploatacyjne i metody badań