



# TOOP#3

**III Konferencja Naukowo-Techniczna**  
**Trendy w ochronie odgromowej i przepięciowej**

POLSKI KOMITET OCHRONY ODGROMOWEJ SEP

Warszawa, 29.01.2026 r.



## Harmonogram prezentacji

- 9.00 – 9.10 **Otwarcie Konferencji** – Konrad Sobolewski, Przewodniczący PKOO SEP
- 9.15 – 9.45 **Prezentacja I.1** „Nowa edycja normy PN-EN IEC 62305-3:2005-09. Krótki przegląd najważniejszych modyfikacji wprowadzonych przez ed.3.0” – Krzysztof Wincencik (DEHN)
- 9.45 – 10.10 **Prezentacja I.2** - „Numeryczne odwzorowanie przestrzennej struktury gruntu dla potrzeb obliczeń rezystancji uziemień”, Arkadiusz Reda (Politechnika Warszawska)
- 10.10 – 10.35 **Prezentacja I.3** – „Modelowanie komputerowe i analiza systemów ochrony odgromowej stacji elektroenergetycznych”, Robert Ziemia (Politechnika Rzeszowska)
- 10.35 – 11.00 **Prezentacja I.4** – „Lightning protection in power systems resilience”, Tomasz Kisielewicz (Politechnika Warszawska)
- 11:00 – 11:20 Przerwa kawowa
- 11.20 – 11:45 **Prezentacja II.1** – „Harmonizacja w Ukrainie standardów ochrony odgromowej – wdrożenie, projektowanie, instalacja”, Ievgen Barannyk (Ukraiński Komitet Ochrony Odgromowej) – [ONLINE](#)
- 11.45 – 12.10 **Prezentacja II.2** – „Problemy kompatybilności elektromagnetycznej w polskim kolejnictwie”, Zofia Wróbel (PKP PLK S.A. Zakład Linii Kolejowych w Rzeszowie) - [ONLINE](#)
- 12.10 – 12.35 **Prezentacja II.3** – „Współpraca VDE/ABB z różnymi stowarzyszeniami branży odgromowej oraz wymiana doświadczeń z firmami ubezpieczeniowymi i strażą pożarną”, Andreas Kaluza (VDE ABB)
- 12.35 – 13.00 **Prezentacja II.4** – „Ochrona odgromowa wielkopowierzchniowych obiektów budowlanych”, Tadeusz Masłowski (EL-SUN)
- 13.00 – 13:45 Lunch
- 13:45 – 14:10 **Prezentacja III.1** – „Ograniczniki przepięć z innowacyjną technologią iskierników węglowych”, Radosław Gruszka (Phoenix Contact)
- 14:10 – 14:35 **Prezentacja III.2** – „Skrajne parametry wyładowań atmosferycznych a ochrona odgromowa elektrowni jądrowych”, Grzegorz Masłowski (Politechnika Rzeszowska)
- 14:35 – 15:00 **Prezentacja III.3** – „Globalny obwód elektryczny ziemi. Eksperymentalne metody obliczeniowe i pomiarowe prądu jonosfera-ziemia”, Marek Kubicki (Instytut Geofizyki PAN) oraz Konrad Sobolewski (Politechnika Warszawska)

- 15:00 – 15:25 **Prezentacja III.4** – „Zapewnienie ciągłości działania w przemyśle, z uwzględnieniem wpływu przepięć i innych zagrożeń elektrycznych”, Rafał Żuchowski (PZU LAB)
- 15:25 – 15:50 **Prezentacja III.5** – „Projektowanie zewnętrznej ochrony odgromowej - od analizy ryzyka wg. Ed. 3 normy PN-EN IEC 62305-3 po listę materiałową. Prezentacja programów DEHNrisk i DEHNplan”, Sylwester Jęzak (DEHN)
- 15:50 – 16:15 **Prezentacja III.6** – „Krytyczna rola prądu długotrwałego i promienia kanału wyładowania atmosferycznego w ocenie prawdopodobieństwa perforacji blachy dachowej”, Konrad Sobolewski (Politechnika Warszawska) oraz Piotr Strużewski (PKOO SEP)
- 16:15 – 16:20 **Zamknięcie konferencji** – Konrad Sobolewski, Przewodniczący PKOO SEP

**ELEKTROTECHNIKA**  
international trade show

PKO SEP

**TOOP #3**

**Trendy w ochronie odgromowej i przepięciowej #3**

29.01.2026 r.

EL-SUN KONSTRUKCJE

HARDT SYSTEMY ODGROMOWE

SEP

DEHN

PHENIX CONTACT

OBO BETTERMANN

ELKO-BIS SYSTEMY ODGROMOWE

JEAN MÜLLER THE NAME FOR SAFETY

1

## Sesja I

- 9.00 – 9.10 **Otwarcie Konferencji** – Konrad Sobolewski, Przewodniczący PKOO SEP
- 9.15 – 9.45 **Prezentacja I.1** „Nowa edycja normy PN-EN IEC 62305-3:2005-09. Krótki przegląd najważniejszych modyfikacji wprowadzonych przez ed.3.0” – Krzysztof Wincencik (DEHN)
- 9.45 – 10.10 **Prezentacja I.2** - „Numeryczne odwzorowanie przestrzennej struktury gruntu dla potrzeb obliczeń rezystancji uziemień”, Arkadiusz Reda (Politechnika Warszawska)
- 10.10 – 10.35 **Prezentacja I.3** – „Modelowanie komputerowe i analiza systemów ochrony odgromowej stacji elektroenergetycznych”, Robert Ziemia (Politechnika Rzeszowska)
- 10.35 – 11.00 **Prezentacja I.4** – „Lightning protection in power systems resilience”, Tomasz Kisielewicz (Politechnika Warszawska)
- 11:00 – 11:20 Przerwa kawowa

11.02.2026 r.

TOOP#2 TRENDY W OCHRONIE ODGROMOWEJ I PRZEPIĘCIOWEJ

2

2

## Sesja II

- 11.20 – 11:45 **Prezentacja II.1** – „Harmonizacja w Ukrainie standardów ochrony odgromowej – wdrożenie, projektowanie, instalacja”, Ievgen Barannyk (Ukraiński Komitet Ochrony Odgromowej) – **ONLINE**
- 11.45 – 12.10 **Prezentacja II.2** – „Problemy kompatybilności elektromagnetycznej w polskim kolejnictwie”, Zofia Wróbel (PKP PLK S.A. Zakład Linii Kolejowych w Rzeszowie) - **ONLINE**
- 12.10 – 12.35 **Prezentacja II.3** – „Współpraca VDE/ABB z różnymi stowarzyszeniami branży odgromowej oraz wymiana doświadczeń z firmami ubezpieczeniowymi i strażą pożarną”, Andreas Kaluza (VDE ABB)
- 12.35 – 13.00 **Prezentacja II.4** – „Ochrona odgromowa wielkopowierzchniowych obiektów budowlanych”, Tadeusz Masłowski (EL-SUN)
- 13.00 – 13:45 Lunch

11.02.2026 r.

TOOP#2 TRENDY W OCHRONIE ODGROMOWEJ I PRZEPIĘCIOWEJ

3

3

## Sesja III

- 13:45 – 14:10 **Prezentacja III.1** – „Ograniczniki przepięć z innowacyjną technologią iskierników węglowych”, Radosław Gruszka (Phoenix Contact)
- 14:10 – 14:35 **Prezentacja III.2** – „Skrajne parametry wyładowań atmosferycznych a ochrona odgromowa elektrowni jądrowych”, Grzegorz Masłowski (Politechnika Rzeszowska)
- 14:35 – 15:00 **Prezentacja III.3** – „Globalny obwód elektryczny ziemi. Eksperymentalne metody obliczeniowe i pomiarowe prądu jonosfera-ziemia”, Marek Kubicki (Instytut Geofizyki PAN) oraz Konrad Sobolewski (Politechnika Warszawska)
- 15:00 – 15:25 **Prezentacja III.4** – „Zapewnienie ciągłości działania w przemyśle, z uwzględnieniem wpływu przepięć i innych zagrożeń elektrycznych”, Rafał Zuchowski (PZU LAB)
- 15:25 – 15:50 **Prezentacja III.5** – „Projektowanie zewnętrznej ochrony odgromowej - od analizy ryzyka wg. Ed. 3 normy PN-EN IEC 62305-3 po listę materiałową. Prezentacja programów DEHNrisk i DEHNplan”, Sylwester Jęzak (DEHN)
- 15:50 – 16:15 **Prezentacja III.6** – „Krytyczna rola prądu długotrwałego i promienia kanału wyładowania atmosferycznego w ocenie prawdopodobieństwa perforacji blachy dachowej”, Konrad Sobolewski (Politechnika Warszawska) oraz Piotr Strużewski (PKOO SEP)
- 16:15 – 16:20 **Zamknięcie konferencji** – Konrad Sobolewski, Przewodniczący PKOO SEP

11.02.2026 r.

TOOP#2 TRENDY W OCHRONIE ODGROMOWEJ I PRZEPIĘCIOWEJ

4

4

**ELEKTROTECHNIKA**  
international trade show

PKSEP

**TOOP #3**

**Trendy w ochronie odgromowej  
i przepięciowej #3**

29.01.2026 r.

**EL-SUN**  
KONSTRUKCJE

**HARDT**  
SYSTEMY ODGROMOWE

SEP

**DEHN**

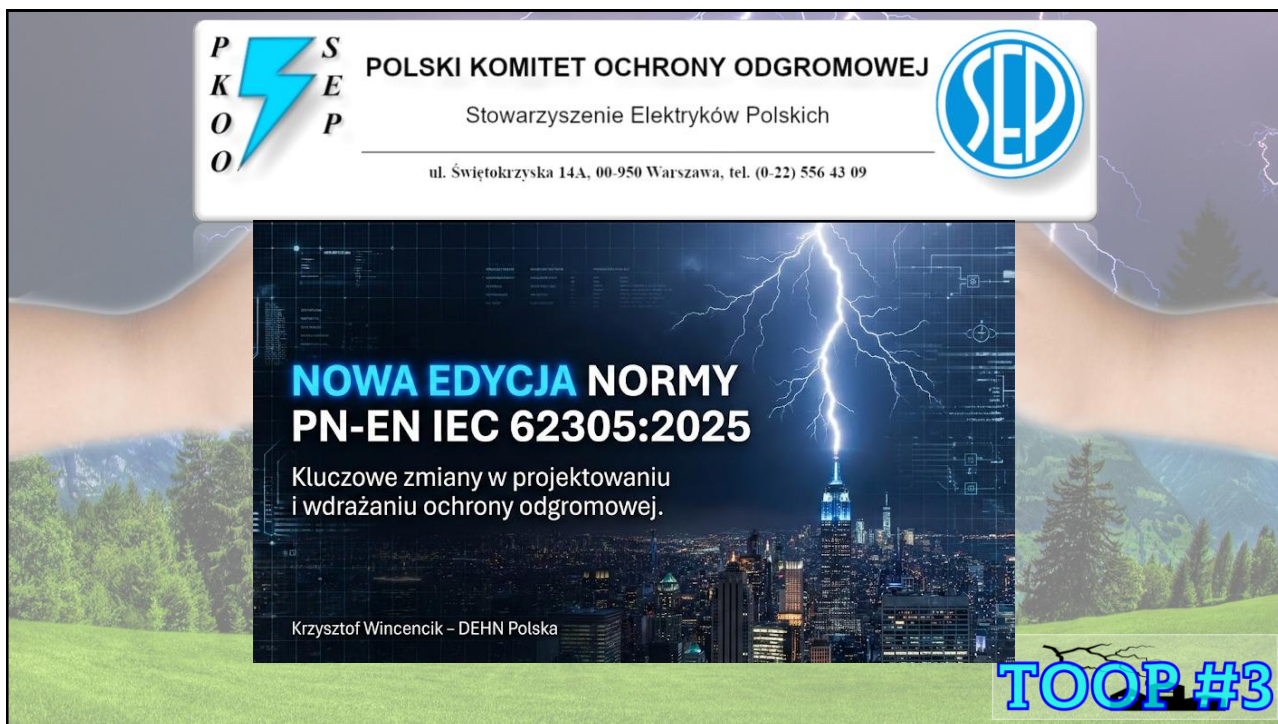
**PHOENIX CONTACT**

**OBO**  
BETTERMANN

**ELKO-BIS**  
SYSTEMY ODGROMOWE

**JEAN MÜLLER**  
THE NAME FOR SAFETY

6



**P** **S**  
**K** **E**  
**O** **P**  
**O**

**POLSKI KOMITET OCHRONY ODGROMOWEJ**

Stowarzyszenie Elektryków Polskich

ul. Świętokrzyska 14A, 00-950 Warszawa, tel. (0-22) 556 43 09

**NOWA EDYCJA NORMY**  
**PN-EN IEC 62305:2025**

Kluczowe zmiany w projektowaniu  
i wdrażaniu ochrony odgromowej.

Krzysztof Wincencik – DEHN Polska

**TOOP #3**

1



## Droga do Polskiej Normy: Od standardu międzynarodowego do krajowego

**IEC**

**Krok 1: Poziom Międzynarodowy (IEC)**  
**Organizacja:** International Electrotechnical Commission (IEC)  
**Dokument:** IEC 62305-1:2024 (Edycja 3.0)  
**Rola:** Opracowanie globalnego standardu technicznego przez komitet techniczny TC 81.

↓

**CENELEC**

**Krok 2: Poziom Europejski (CENELEC)**  
**Organizacja:** European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)  
**Dokument:** EN IEC 62305-1:2024  
**Rola:** Zatwierdzenie standardu IEC jako normy europejskiej bez modyfikacji.

↓

**PKN**  
POLSKI KOMITET  
NORMALIZACYJNY

**Krok 3: Poziom Krajowy (PKN)**  
**Organizacja:** Polski Komitet Normalizacyjny (PKN)  
**Dokument:** PN-EN IEC 62305-1:2025-09  
**Rola:** Uznanie normy europejskiej za Polską Normę.



2

## Sposób wprowadzania dokumentu IEC/CENELEC

**PN-EN IEC 62305-3**      **Ochrona odgromowa**

Wprowadza  
EN IEC 62305-3:2024, IDT

Zastępuje  
IEC 62305-3:2024, IDT  
PN-EN 62305-3:2011

**Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia**

Norma Europejska EN IEC 62305-3:2024 *Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard (IEC 62305-3:2024)* ma status **Polskiej Normy**

PN-EN IEC 62305-3:2025-09



**Przedmowa krajowa**

Niniejsza norma została zatwierdzona przez Prezesa PKN 26 lutego 2025 r.

Komitetem krajowym odpowiedzialnym za normę jest PKN/KT 55 ds. Instalacji Elektrycznych i Ochrony Odgromowej Obiektów Budowlanych.



Istnieje możliwość przetłumaczenia normy na język polski na wniosek zainteresowanych środowisk. Decyzję podejmuje właściwy Komitet Techniczny.

Niniejsza norma zastępuje: PN-EN 62305-3:2011.

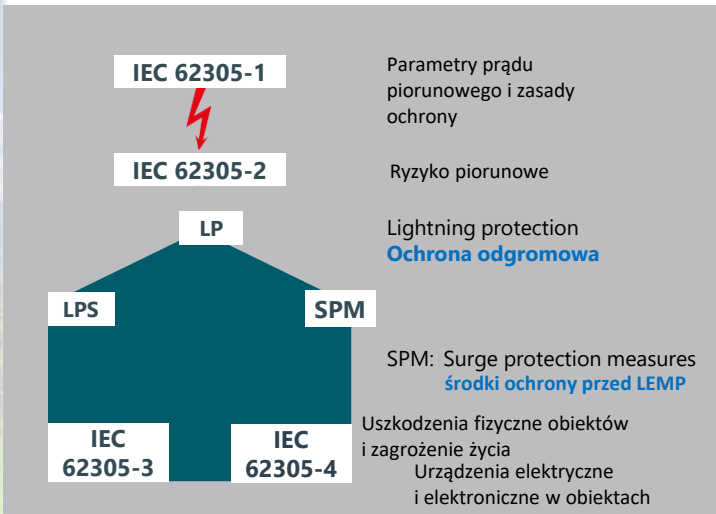
**Nota uznaniowa**

Norma Europejska EN IEC 62305-3:2024 została uznana przez PKN za Polską Normę PN-EN IEC 62305-3:2025-09.



29 sty
3

3

## Zawartość poszczególnych arkuszy IEC 62305 ✓



**IEC 62305-1**      Parametry prądu piorunowego i zasady ochrony

**IEC 62305-2**      Ryzyko piorunowe

**LP**


**LPS**      **SPM**



**IEC 62305-3**      **IEC 62305-4**

Lightning protection  
**Ochrona odgromowa**

SPM: Surge protection measures  
**środki ochrony przed LEMP**

Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia  
Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach





29 stycznia 2026
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3
4

4

Norma IEC 62305 – 1  
Ochrona odgromowa. Część 1: Zasady ogólne

**IEC 62305-1**  
Parametry prądu piorunowego i zasady ochrony

**IEC 62305-2**  
Ryzyko piorunowe

**L P**  
Lightning protection  
**Ochrona odgromowa**

**L P S**  
LPS: Lightning protection system  
**urządzenie piorunochronne**

**S P M**  
SPM: Surge protection measures  
**środki ochrony przed LEMP**

**IEC 62305-3**  
**IEC 62305-4**

Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia  
Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach

IEC 62305-1  
Edition 3.0 2024-09

**INTERNATIONAL STANDARD**  
**NORME INTERNATIONALE**

Protection against lightning – Part 1: General principles  
Protection contre la foudre – Partie 1: Principes généraux

5

**Nowa Filozofia: Od Ochrony Obiektu do Zapewnienia Ciągłości Usług**

Norma z 2025 roku stanowi fundamentalną zmianę w podejściu do ochrony odgromowej. O ile ochrona życia ludzkiego i integralności strukturalnej obiektu pozostaje filarem, nowa edycja podnosi do równej rangi potrzebę zapewnienia **ciągłości działania systemów wewnętrznych i usług o znaczeniu publicznym**. Jest to bezpośrednia odpowiedź na postępującą cyfryzację infrastruktury krytycznej.

2011: Ochrona struktury


2025: Ochrona struktury i ciągłości usług

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

6


## IEC 62305-1: Zasady ogólne | Zakres stosowania




**Co jest objęte zapisami IEC 62305?**

"... Norma IEC 62305 określa ogólne zasady ochrony **obiektów** przed piorunami, w tym ich **instalacji i zawartości**, a także **osób**..."

**NEW** „... **obiekt/konstrukcja podlegająca ochronie** - każde miejsce, instalacja lub budynek nadający się do przechowywania **osób, zwierząt, materiałów lub systemów**



**NEW** Parametry prądu piorunowego mogą być teraz oficjalnie stosowane do instalacji morskich (offshore).



29 stycznia 2026

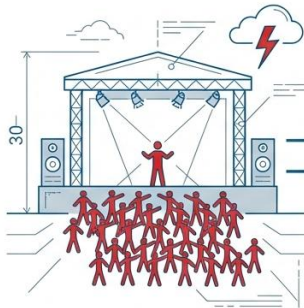
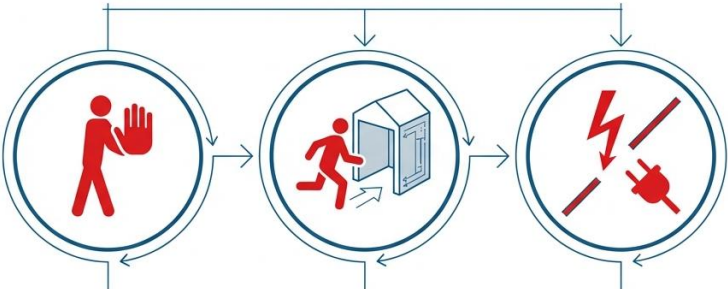
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

7

## IEC 62305-1: Zasady ogólne

### Nowy środek ochrony: Systemy ostrzegania przed burzą (TWS)

Zgodnie z sekcją 7.1 normy / IEC 62793

- 1. ZATRZYMANIE**  
niebezpiecznej działalności
- 2. EWAKUACJA**  
do bezpiecznego schronienia
- 3. ODŁĄCZENIE**  
od usług zewnętrznych

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

8

a) zatrzymanie niebezpiecznej działalności  
- prace należy przerwać.

b) transport osób do bezpiecznego schronienia  
- obszary należy opuścić lub ewakuować

c) Odłączenie od usług zewnętrznych i korzystanie wyłącznie ze źródeł lokalnych  
stacje badawcze / teleskopy należy odłączyć od sieci zasilającej

29 stycznia 2020

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

9

## IEC 62305-1: Zasady ogólne

### Stabilny Fundament: Co Pozostało Niezmienione?

Podstawowe założenia elektrofizyczne i koncepcje ochrony pozostają spójne z wersją 2011. Nie musisz uczyć się wszystkiego od nowa.

- ✓ **Poziomy Ochrony Odgromowej (LPL):**  
Maksymalne wartości parametrów prądu piorunowego (Tabela 3) i minimalne wartości promienia toczonej się kuli (Tabela 4) są **identyczne** w obu wydaniach.
- ✓ **Koncepcja Stref Ochrony Odgromowej (LPZ):**  
Definicje stref LPZ 0A, 0B, 1, 2 ... oraz ogólna filozofia strefowania pozostają **bez zmian**.
- ✓ **Parametry Testowe dla Komponentów (Załącznik C):**  
Wartości liczbowe prądu szczytowego (I), ładunku (Q) i energii właściwej (W/R) używane w testach laboratoryjnych **nie uległy zmianie**.
- ✓ **Analityczne Funkcje Prądu Piorunowego (Załącznik B):**  
Wzory i parametry definiujące przebiegi (np. 10/350 μs) do celów analizy są **wciąż te same**.

10

## Parametry prądu piorunowego: Stabilność LPL

	I	II	III	IV
Wartość szczytowa I (kA)	200	150	100	100
Ładunek udaru $Q_{short}$ (C)	100	75	50	50
Energia właściwa W/R (MJ/ $\Omega$ )	10	5,6	2,5	2,5
Kształt udaru	10/350 $\mu$ s			

 **BRAK ZMIAN**



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

11

11

## Wartości Referencyjne: Konwencjonalne Prądy Udarowe dla Systemów Niskiego Napięcia

Wartości szczytowe prądu [kA] na każdy przewód liniowy.

LPL (Klasa)	Wyładowanie w linię (S3, 10/350 $\mu$ s)	Wyładowanie blisko linii (S4, 8/20 $\mu$ s)	Wyładowanie blisko obiektu (S2, 8/20 $\mu$ s)	Wyładowanie w obiekt (S1 - sprzężenie indukcyjne, 8/20 $\mu$ s)	Wyładowanie w obiekt (S1 - sprzężenie rezystancyjne, 10/350 $\mu$ s)
I	10	5	0.2	10	25
II	7,5	3,75	0,15	7,5	18,75
III do IV	5	2,5	0,1	5	12,5

**UWAGA:** Podane wartości są konwencjonalne. Szczegółowa analiza, uwzględniająca m.in. impedancję uziemienia i topologię sieci, jest zalecana dla precyzyjnego doboru SPD. Pełne objaśnienia znajdują się w Załączniku E normy.



29 stycznia 2026

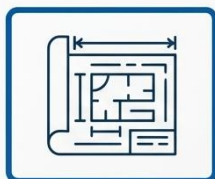
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

12

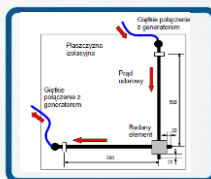
12

## Jeden System, Jeden Standard. Powiązanie z Normami IEC 62561

Kluczowa zmiana w Załączniku D tworzy spójny i niezawodny ekosystem od projektu do komponentu.



PN-EN IEC 62305-1  
(Wymagania Systemu)



IEC 62561  
(Testy Komponentów)



Certyfikowany Produkt  
(Gwarancja Niezawodności)

Kluczowa zmiana: W punkcie D.1 dodano formalne odniesienie do serii norm IEC 62561 (**Lightning protection system components - LPS**).

Dlaczego to ważne?: Zasady projektowe i parametry prądu piorunowego z normy głównej są teraz bezpośrednio powiązane z wymaganiami testowymi dla fizycznych komponentów (zwozdów, uziomów, złączek).

**Korzyść dla Projektanta:** Gwarancja, że certyfikowane komponenty są w pełni zgodne z założeniami projektowymi, co zwiększa niezawodność całego systemu ochrony.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

13

13

## Koniec z Jednym Wymiarem. Wprowadzenie Częstości Uszkodzeń (F)

Rozdział 6 normy przechodzi największą transformacją, wprowadzając drugi, niezależny warunek konieczności stosowania ochrony.

### Dotychczas (Norma 2011)

Ochrona była wymagana wyłącznie na podstawie oceny Ryzyka (R).  
Warunek:  $R > RT$

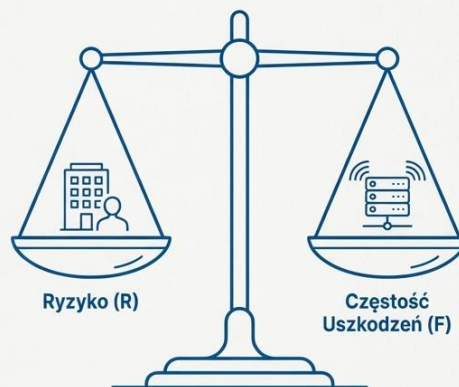
### Obecnie (Norma 2025)

Wprowadzono drugie, niezależne kryterium dla ochrony usług świadczonych przez systemy wewnętrzne (strata typu L3).  
Warunek:  $F > FT$

### Nowe Definicje Kluczowe (Rozdział 3):

**Częstość uszkodzeń (F):** Wartość rocznej liczby zdarzeń uszkadzających spowodowanych przez LEMP, które mogą wystąpić w systemach wewnętrznych.

**Tolerowana częstość uszkodzeń (FT):** Maksymalna wartość częstości uszkodzeń, która może być tolerowana dla systemów wewnętrznych.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

14



14

## IEC 62305-1: Zasady ogólne

# Cztery Filary Nowelizacji 2025

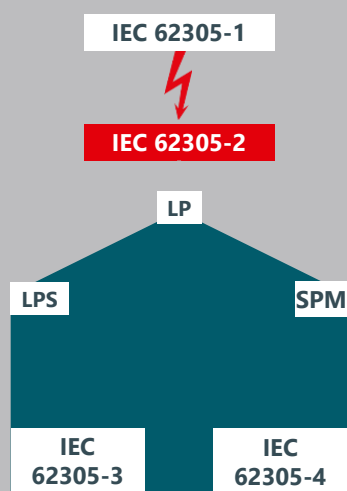
Kluczowe modyfikacje techniczne można podsumować w czterech głównych obszarach, które zdefiniują nową praktykę projektową.

- 1. Nowa Filozofia Oceny:** Wprowadzenie podwójnego kryterium: Ryzyko (R) i Częstość Uszkodzeń (F).
- 2. Harmonizacja Komponentów:** Formalne powiązanie z serią norm produktowych IEC 62561.
- 3. Precyzja w Ochronie Wewnętrznej:** Uściśnione zasady doboru ograniczników przepięć (SPD).
- 4. Proaktywne Zapobieganie:** Uznanie Systemów Ostrzegania przed Burzą (TWS) jako środka ochronnego.

15

## Zawartość różnych części normy IEC 62305



**IEC 62305-1**  
Parametry prądu piorunowego i zasady ochrony

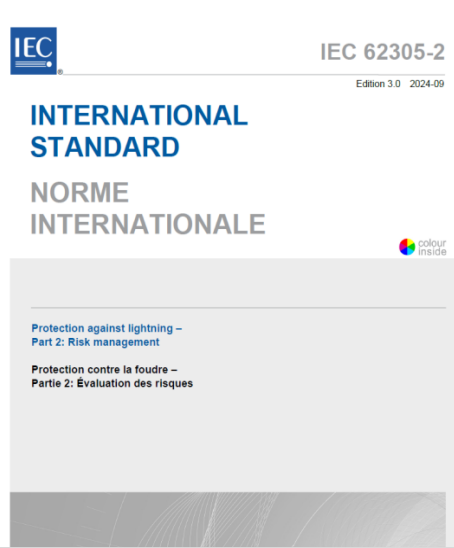
**IEC 62305-2**  
**Ryzyko piorunowe**

**LP**  
Lightning protection  
**Ochrona odgromowa**

**LPS**  
LPS: Lightning protection system  
**urządzenie piorunochronne**

**SPM**  
SPM: Surge protection measures  
**środki ochrony przed LEMP**

Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia  
Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach



16

16

## IEC 62305-2: Zarządzanie ryzykiem

Wstęp: Zarządzanie ryzykiem a wymagania władz mających jurysdykcję.

Jak przeprowadzić analizę ryzyka?

**Przepisy krajowe lub lokalne** mogą stanowić wskazówki lub minimalne wymagania dotyczące stosowania tego dokumentu. Obejmuje to ustalenie **wartości dopuszczalnego ryzyka  $R_T$**  i dopuszczalnej **częstości uszkodzeń  $F_T$**  oraz zasad obliczeniowych i wartości parametrów podanych w Załączniku A, Załączniku B, Załączniku C i Załączniku E.



UWAGA :

W przypadku **złożonych konstrukcji** (takich jak zakłady petrochemiczne, duże zakłady przemysłowe) czynniki podane w załącznikach do niniejszego dokumentu mogą wymagać bardziej szczegółowej oceny charakterystyk konstrukcji.



"Jeśli ochrona odgromowa jest narzucona przez prawo, nie można jej pominąć, tłumacząc się niskim ryzykiem."



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

17

17

## Punkt wyjścia do obliczeń: Liczba zdarzeń niebezpiecznych została podwojona.

### Metodologia 2012

$N \sim N_G$  (Gęstość wyładowań)



Jedno wyładowanie chmura-ziemia było traktowane jako jedno zdarzenie.

### Metodologia 2025

$N \sim N_{SG}$  (Gęstość punktów uderzeń)



Jedno wyładowanie może mieć wiele punktów uderzenia. Nowa norma uwzględnia ten fakt.

Jeśli dostawca danych LLS nie poda inaczej, należy przyjąć współczynnik  $k = 2$ . Oznacza to, że w praktyce  $N_{SG} = 2 \times N_G$ . Wszystkie obliczenia zaczynamy od dwukrotnie wyższej wartości bazowej.




29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3


18


18



Średnia roczna liczba  $N_{SG}$  niebezpiecznych zdarzeń spowodowanych uderzeniami piorunów w ocenianą konstrukcję zależy od gęstości punktów uderzenia pioruna w ziemię ( $N_{SG}$ ).

- W wielu rejonach świata  $N_{SG}$  można uzyskać z danych dostarczonych przez systemy lokalizacji piorunów (LLS) zgodne z normą IEC 62858.
- Gdy wartości  $N_{SG}$  nie są dostępne bezpośrednio:
 
$$N_{SG} = k * N_G$$
  - współczynnik  $k$  uzyskany od krajowego dostawcy danych LLS.
  - lub dla istniejącej mapy  $N_G$  danego kraju, przyjmujemy współczynnik  $k=2$ .
- Na obszarach, na których nie ma naziemnych systemów lokalizacji wyładowań atmosferycznych, zaleca się
 
$$N_{SG} = 0,5 * N_T$$
 NT to całkowita gęstość (naziemna CG + chmura IC) wyładowań zarejestrowanych optycznie na km<sup>2</sup> na rok, uzyskana za pośrednictwem witryny NASA

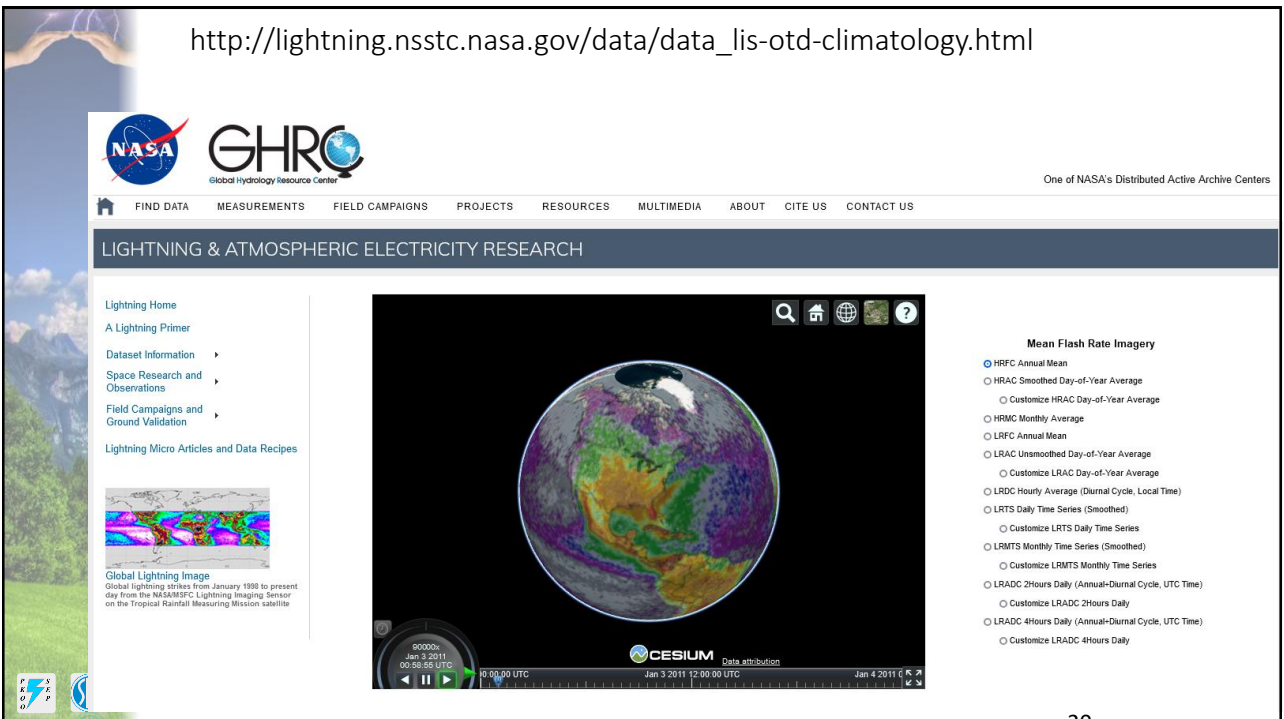
 Należy to sprawdzić indywidualnie dla każdego kraju.



29 stycznia 2026 III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3 19

19

[http://lightning.nsstc.nasa.gov/data/data\\_lis-otd-climatology.html](http://lightning.nsstc.nasa.gov/data/data_lis-otd-climatology.html)



One of NASA's Distributed Active Archive Centers

FIND DATA MEASUREMENTS FIELD CAMPAIGNS PROJECTS RESOURCES MULTIMEDIA ABOUT CITE US CONTACT US

LIGHTNING & ATMOSPHERIC ELECTRICITY RESEARCH

Lightning Home  
A Lightning Primer  
Dataset Information  
Space Research and Observations  
Field Campaigns and Ground Validation  
Lightning Micro Articles and Data Recipes

Global Lightning Image  
Global lightning strikes from January 1988 to present day from the NASA/MSFC Lightning Imaging Sensor on the Tropical Rainfall Measuring Mission satellite

Mean Flash Rate Imagery

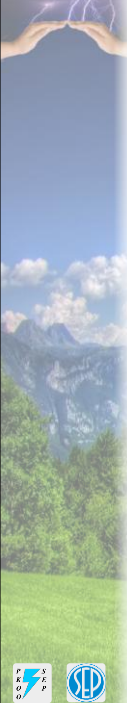
- HRFC Annual Mean
- HRAC Smoothed Day-of-Year Average
  - Customize HRAC Day-of-Year Average
- HRMC Monthly Average
- LRFC Annual Mean
- LRAC Unsmoothed Day-of-Year Average
  - Customize LRAC Day-of-Year Average
- LRDC Hourly Average (Diurnal Cycle, Local Time)
- LRDS Daily Time Series (Smoothed)
  - Customize LRDS Daily Time Series
- LRMTS Monthly Time Series (Smoothed)
  - Customize LRMTS Monthly Time Series
- LRADC 2Hours Daily (Annual-Diurnal Cycle, UTC Time)
  - Customize LRADC 2Hours Daily
- LRADC 4Hours Daily (Annual-Diurnal Cycle, UTC Time)
  - Customize LRADC 4Hours Daily

0000z Jan 3 2011 00:00:00 UTC 10:00:00 UTC Jan 3 2011 12:00:00 UTC Jan 4 2011

CESIUM Data attribution

20

20



**Generate PDF**

Audis Lightning Detection & Information System  
Kaltenberger Str. 2A  
A-1150 Wien  
Tel: +43-1-370 58 06/211  
E-mail: [info@ovs.at](mailto:info@ovs.at)

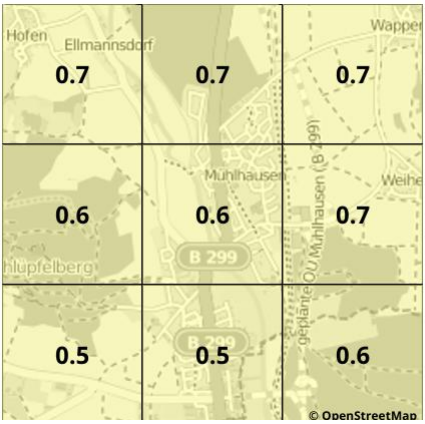
**OVE**  
Service GmbH

Local Lightning Density

Based on the **ALDIS/BLIDS** lightning location data in the period from 01.01.2012 - 31.12.2023, the following lightning density value was determined for the selected location or within the specified coordinates area  
(NOTE: By changing the base dataset to the period 01.01.2012 - 31.12.2023, the current result may differ from previous queries based on data from the years 1992 - 2002 or 2008 - 2017.):


Latitude:	49,1749
Longitude:	11,4498
Comment:	92360 Mühlhausen
Query executed at:	03/02/25 21:18:31 (GMT)

Mean lightning density (01.01.2012 - 31.12.2023):
<b>Result: 0.6 Flashes/km<sup>2</sup> and Year</b>



Notes:

The specified lightning density represents a statistical mean value and is to be used according to **IEC 62305-2** for risk analysis regarding lightning strikes. The evaluation according to IEC 62858:2019 is carried out over an area of a total of 9 segments of 1 km x 1 km each, with the location or the specified coordinate point lying within the central segment. Like comparable other statistical parameters, this value cannot provide information about the actual occurrence of further lightning strikes in the considered 1 x 1 km grid square.




29 stycznia 2026

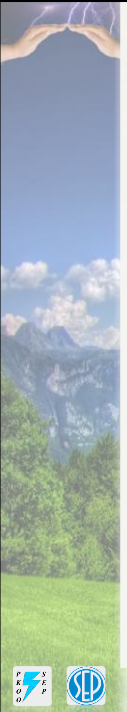
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA

Outlook - IEC 62305 Edition 3: Protection against lightning | Part 1 | UBL | 2024-11-15

This is a free service of




21



## Dwa Filary Ochrony: Narodziny Drugiego, Równorzędnego Kryterium


Dotychczas nasza analiza skupiała się wyłącznie na Ryzyku ( $R$ ). Nowa norma wprowadza równorzędne kryterium oceny: Częstość Uszkodzeń ( $F$ ), która staje się kluczowa dla zapewnienia niezawodności systemów.

**KOMPLEKSOWA OCHRONA**



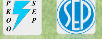
**Ryzyko  $R$**

Ochrona życia ludzkiego, mienia i dziedzictwa kulturowego przed skutkami fizycznymi.



**Częstość Uszkodzeń  $F$**

Zapewnienie ciągłości działania i niezawodności systemów wewnętrznych.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

22

22

## Nowy Język Ciągłości Działania: Wprowadzenie F i F<sub>T</sub>

Termin / Symbol	Definicja	Pytanie kluczowe
<b>Częstość uszkodzeń (F)</b>	Wartość rocznej liczby zdarzeń uszkadzających systemy wewnętrzne.	Jak często, statystycznie, system ulegnie awarii z powodu wyładowania?
<b>Tolerowana częstość uszkodzeń (F<sub>T</sub>)</b>	Maksymalna roczna liczba uszkodzeń, którą jesteśmy w stanie zaakceptować dla danego systemu.	Jak często możemy sobie pozwolić na awarię?

### Przykładowe wartości F<sub>T</sub> wg normy



- F<sub>T</sub> = 0,1 rok<sup>-1</sup>: Dla systemów krytycznych. (Akceptowalna jest jedna awaria na 10 lat).



- F<sub>T</sub> = 1,0 rok<sup>-1</sup>: Dla systemów mniej istotnych. (Akceptowalna jest jedna awaria rocznie).

Kryterium `F wymusza stosowanie ochrony przepięciowej (SPD) w obiektach, gdzie przestoje operacyjne są niedopuszczalne, nawet jeśli ryzyko pożaru (R) jest niskie.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

23

23

## IEC 62305-2: Zarządzanie ryzykiem

Tabela B.5: Współczynnik redukcji r<sub>p</sub> jako funkcja środków podjętych w celu ograniczenia skutków pożaru

Środki ochrony przed pożarem	r <sub>p</sub>
Brak środków ochrony	1
Jeden z następujących środków ochrony: systemy gaszące; gaśnice obsługiwane ręcznie; instalacje alarmowe obsługiwane ręcznie; hydranty; pomieszczenia przeciwpożarowe; drogi ewakuacyjne	0,5
Jeden z następujących środków ochrony: stałe instalacje gaśnicze sterowane automatycznie; instalacje alarmowe automatyczne <sup>b</sup>	0,2



### Ważny :

- W strefach zagrożonych **wybuchem** r<sub>p</sub>=1 **we wszystkich przypadkach** chyba, że zostaną podjęte środki mające na celu zapewnienie, że pożar nie wywoła wybuchu wewnątrz strefy zagrożonej wybuchem.
- W strefach z **bateriami litowo-jonowymi** r<sub>p</sub>=1. Niewielką ilość takich baterii można pominąć (np. w komputerze przenośnym).

... w Niemczech r<sub>p</sub>=1...



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

24

24

$P_{SPD}$  - prawdopodobieństwo, że urządzenie ulegnie uszkodzeniu, pomimo ochrony przez skoordynowany system SPD.

## Koniec z szacowaniem: Prawdopodobieństwo ( $P_{SPD}$ ) jako funkcja inżynierska

**Wersja 2012**

Prawdopodobieństwo  $P_{SPD}$  było stałą wartością z tabeli, przypisaną do LPL.

**Wersja 2025**

$P_{SPD}$  staje się funkcją dynamiczną, zależną od realnej relacji między ochroną a chronionym sprzętem.

Napięciowy poziom ochrony ogranicznika
Wytrzymałość udarowa urządzenia

25

## Nowe narzędzie projektanta: Załącznik D i precyzyjne obliczanie $P_{SPD}$

Załącznik D to nowa, rozbudowana sekcja dostarczająca narzędzi matematycznych do oceny  $P_{SPD}$ .

1.  $P_Q$  - Wytrzymałość energetyczna: Prawdopodobieństwo przekroczenia wytrzymałości energetycznej SPD, zależne od ładunku wyładowania.

2.  $P_{Up}$  - Wytrzymałość izolacji: Prawdopodobieństwo, że napięcie za ogranicznikiem przekroczy wytrzymałość izolacji sprzętu, uwzględniając m.in. długość przewodów.

29 stycznia 2026
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3
26

26

## IEC 62305-2: Zarządzanie ryzykiem Załącznik D: Określanie wartości $P_{SPD}$

IEC 62305-2:2024 © IEC 2024 – 89 –

Załącznik D  
strony 74-89 normy  
( 14 szczegółowych wykresów )

- pojedynczy ogranicznik iskiernikowy lub wariistorowy
- kombinacja ograniczników
- obliczanie prądu płynącego w SPD znając parametry linii !

Figure D.14 – Probability  $P_{Up}$  as a function of different internal loop areas for two typical protection levels of GDTs

Figure D.14 shows the  $P_{Up}$  evaluation as a function of a different internal loop area for the two typical  $U_p$  values of GDTs, i.e. 700 V and 550 V, when  $U_w = 1,5$  kV,  $l_c = 0,5$  m and  $k_T > 1$ .

29 stycznia 2026 III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3 27

27

## Załącznik E (Straty dodatkowe): Nowy zakres – ocena skutków w otoczeniu obiektu (np. rozprzestrzenianie się pożaru na sąsiednie budynki).

### Ochrona to więcej niż ekonomia: Nowy Załącznik E i ryzyko środowiskowe

Norma 2025 wprowadza **Załącznik E** który nakłada obowiązek uwzględnienia szkód środowiskowych.

W obiektach takich jak rafinerie czy zakłady chemiczne, projektant musi ocenić ryzyko uwolnienia substancji niebezpiecznych w wyniku uszkodzenia systemów sterowania. Może to wymusić stosowanie SPD o wyższych parametrach, nawet jeśli czysto ekonomiczne ryzyko strat jest akceptowalnie niskie.

28

## Załącznik F (Analizy przypadków):

Nowy załącznik zawierający zaktualizowane case studies (dom, biurowiec, szpital), które demonstrują obliczenia zarówno dla **R**, jak i dla **F**.

# Inżynieria wartości: Załącznik F i precyzyjna analiza Koszt/Korzyść

**Cel**  
Załącznik **F** dostarcza formalnych ram do przeprowadzenia szczegółowej analizy ekonomicznej.

**Zastosowanie**  
Umożliwia precyzyjne uzasadnienie inwestycji w droższe, ale skuteczniejsze środki ochrony.

**Korzyść dla projektanta**  
Zamiast mówić 'to jest lepsze', można przedstawić obliczenia pokazujące, kiedy inwestycja w wyższy poziom ochrony staje się bardziej opłacalna niż potencjalne straty.

The graph plots 'Koszt' (Cost) on the y-axis and 'Poziom inwestycji w ochronę' (Investment level in protection) on the x-axis. Two curves are shown: 'Koszt inwestycji w SPD' (SPD investment cost), which increases as protection level increases, and 'Koszt potencjalnych strat' (Potential loss cost), which decreases as protection level increases. The intersection of these two curves is marked with a vertical dashed line and labeled 'Optymalne rozwiązanie' (Optimal solution).

**IEC 62305-1** Parametry prądu piorunowego i zasady ochrony

**IEC 62305-2** Ryzyko piorunowe

**LP** Lightning protection **Ochrona odgromowa**

**LPS** LPS: Lightning protection system **urządzenie piorunochronne**

**SPM** SPM: Surge protection measures **środki ochrony przed LEMP**

**IEC 62305-3** **Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia**

**IEC 62305-4** Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach

**IEC 62305-3**  
Edition 3.0 2024-09

**INTERNATIONAL STANDARD**

**NORME INTERNATIONALE**

colour inside

---

Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard

Protection contre la foudre – Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

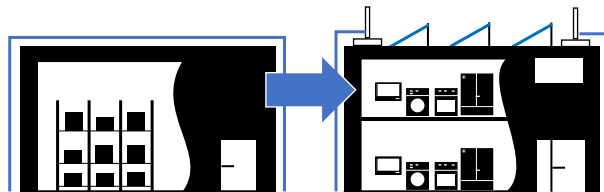
30

## IEC 62305-3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia

### Wstęp

...

W przypadku gdy w grę wchodzi kwestie bezpieczeństwa i wprowadzane są **znaczące zmiany w konstrukcji** lub **zmienia się jej przeznaczenie**, zaleca się rozważenie **uaktualnienia instalacji ochrony odgromowej** zgodnie z aktualną edycją tego dokumentu.



Jeśli ochrona odgromowa ma zostać dodana do istniejącej konstrukcji, należy dołożyć wszelkich starań, aby zapewnić jej zgodność z zasadami tej normy. Projekt typu i lokalizacji LPS powinien uwzględniać cechy istniejącej konstrukcji.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

31

31

## KLUCZOWA ZMIANA Zapobieganie Przebiacom i Gorącym Punktom w Zwodach

### Nowe wymagania dla blach i rur metalowych jako zwodów naturalnych

Norma PN-EN 62305-3:2011 zakładała, że minimalne grubości blach (Tabela 3) mogą nie chronić przed problemem gorących punktów. Nowa edycja wprowadza precyzyjne wymagania.

#### Rozróżnienie grubości (Tabela 3, PN-EN IEC 62305-3:2025-09):

- **Grubość t'**: Zapobiega jedynie przepaleniu (np. dla stali 0,5 mm).
- **Grubość t**: Zapobiega przebiaciu (np. dla stali 4 mm).
- **Grubość t''**: **NOWOŚĆ!** Zapobiega problemom gorących punktów na wewnętrznej powierzchni (szczegóły w Tabeli 4).

**Nowa Tabela 4:** Określa maksymalny wzrost temperatury ( $\Delta T$ ) na wewnętrznej powierzchni blach w zależności od ich grubości ( $t''$ ) i materiału przy długotrwałym prądzie piorunowym ( $Q_{LONG} = 200 C$ ). Jest to kluczowe dla obiektów z materiałami łatwopalnymi lub w strefach zagrożonych wybuchem.

#### Maksymalny wzrost temperatury ( $\Delta T$ ) dla $Q_{LONG} = 200 C$

Materiał	Grubość $t''$	Wzrost $\Delta T$
Stal	3 mm	1430 K
	5 mm	830 K
Aluminium	3 mm	640 K
Aluminium	7 mm	440 K

Dane przykładowe na podstawie Tabeli 4, PN-EN IEC 62305-3:2025-09.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

32

32

## Ryzyko pożarowe pod ścisłą kontrolą: Od opisów do klasyfikacji ISO.

### Norma 2011 (pkt 5.3.4)

Podejście opisowe

- Używane terminy: „materiał niepalny”, „materiał łatwopalny”.
- Brak jednoznacznych kryteriów, ocena oparta na ogólnym założeniu, że „wzrost temperatury nie jest niebezpieczny”.

### Norma 2025 (pkt 5.2.4 i 5.3.4)

Podejście znormalizowane

Wprowadza ścisłe odniesienia do norm ISO:

- **Niepalne:** Klasa **A1** i **A2** (wg ISO 1182)
- **Normalnie palne:** Klasy **B** do **E** (wg ISO 11925-2)
- **Łatwopalne:** Klasa **F** (wg ISO 11925-2)

A1

A2

B

C

D

E

F

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

33

33

## IEC 62305-3 Ed.3 – zewnętrzne LPS „odseparowane” od obiektu !

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

34

34

## Definicja terminów dotyczących systemów ochrony odgromowej

**Nieizolowany LPS**

**Elektrycznie izolowany LPS**

z przewodami HVI

**Częściowo izolowany LPS**

**Częściowo elektrycznie izolowany LPS**

z przewodami HVI

**Izolowany LPS**

**Elektrycznie izolowany LPS z wspornikami dystansującymi**

**Elektrycznie izolowany z DEHNiso -System**

**Legenda**

- Prąd piorunowy [kA]
- Częściowe prądy piorunowe
- LPS z żyłami okrągłymi zgodnie z IEC 62561-2, np. drut DEHNalu
- LPS z izolowanym przewodem zgodnie z IEC TS 62561-8
- Ochrona odgromowa HVI w postaci izolowanego przewodu odpornego na wysokie napięcie (np. przewód zasilający HVI)
- System uziemienia
- Izolator zgodnie z IEC TS 62561-8
- Dystans DEHNiso wykonany z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknem szklanym
- Odległość separacji "s" jest zachowana
- Odległość separacji "s" nie jest zachowana

29 stycznia 2026 III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3 35

35

## IEC 62305-3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia

**3 Terminy i definicje**

**3.3 odseparowane LPS**

LPS z systemem zwodów oraz systemem przewodów odprowadzających rozmieszczonych w taki sposób, że LPS **nie ma kontaktu elektrycznego ani fizycznego** z chronioną konstrukcją, z wyjątkiem poziomu gruntu w celu wyrównania potencjałów, a wzdłuż całej drogi prądu piorunowego zachowany jest odstęp separujący

**Uwaga 1**  
W przypadku odseparowanego LPS unika się niebezpiecznych przeskoków iskrowych między LPS a konstrukcją

29 stycznia 2026 III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3 36

36

## IEC 62305-3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia

**3 Terminy i definicje**

**3.5 elektrycznie izolowane LPS**

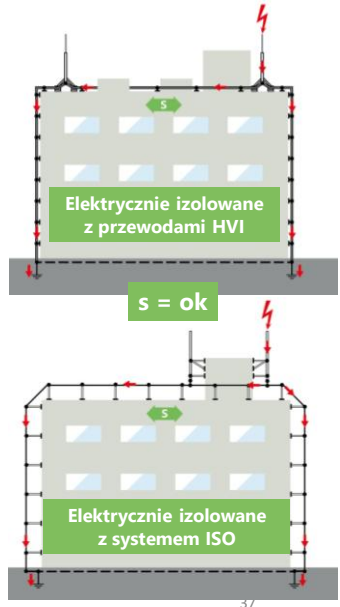
**NEW**

**IEC 62305-3 Edition 3**

LPS z systemem zwodów i systemem przewodów odprowadzających przymocowanych do konstrukcji, ale umieszczonym w taki sposób, że LPS **nie ma kontaktu elektrycznego z chronioną konstrukcją, z wyjątkiem poziomu gruntu** w celu wyrównania potencjałów, a wzdłuż całej drogi prądu piorunowego zachowany jest odstęp separujący

**Uwaga 1:** W przypadku izolowanego LPS **unika się niebezpiecznych przeskoków iskrowych między LPS a konstrukcją oraz częściowych prądów piorunowych**

**Uwaga 2:** Izolowany przewód odprowadzający lub izolacyjne elementy dystansowe spełniające wymagania normy **IEC TS 62561-8** zapewniają, że LPS nie będzie miał bezpośredniego kontaktu elektrycznego z chronioną konstrukcją i zapewnią odpowiednią równoważny odstęp separacyjny, aby uniknąć przeskoków iskrowych



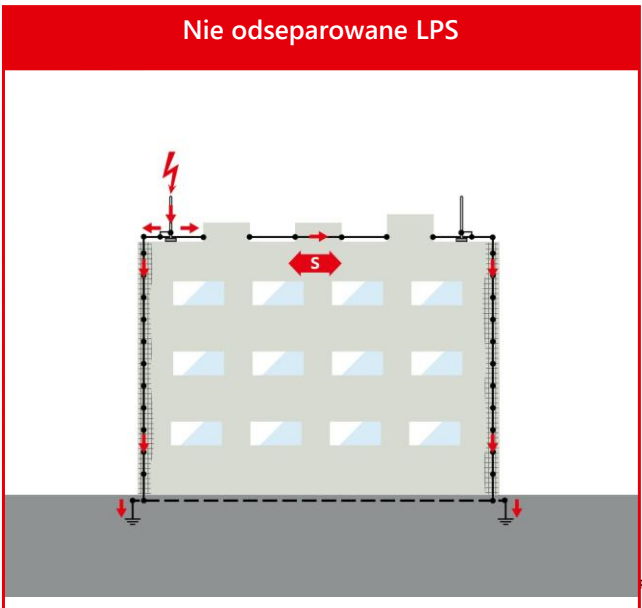
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

37

## IEC 62305-3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia

### Nie odseparowane LPS



Prąd piorunowy (ścieżka jego przepływu) mogą mieć kontakt z chronionym obiektem. Odstęp separujący nie jest zachowany.

PH3

38

38

**IEC 62305-3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia** **NEW**

### 5.5 Komponenty LPS

Elementy systemu LPS (...) muszą wytrzymać elektromagnetyczne oddziaływanie prądu piorunowego i przewidywalne napięcia bez ryzyka uszkodzenia.

Cel ten należy osiągnąć poprzez zastosowanie elementów, które pomyślnie przeszły **testy zgodnie z odpowiednią częścią normy** serii IEC 62561.

...  
**Właściwości mechaniczne i elektryczne**, a także odporność na korozję ...

... muszą być zgodne z wymaganiami norm **serii IEC 62561**.

**Wyraźne powiązanie pomiędzy instalacją standardy i produkty standardy**



**IEC 62561-1**  
**IEC 62561-2**  
**IEC 62561-3**  
**IEC 62561-4**  
**IEC 62561-5**  
**IEC 62561-6**  
**IEC 62561-7**

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3  
 Perspektywy – IEC 62305, wydanie 3; Ochrona przed piorunami | Część 3 | JBI | 2024-11-18


39

## Elementy Naturalne (Część 2): Nowy Obowiązek Oceny Połączeń

### Kluczowa zmiana merytoryczna (pkt 5.3.5 a) w normie 2025: „Każde połączenie, które nie zostało przetestowane zgodnie z normą komponentów IEC 62561-1, musi zostać poddane ocenie.”

#### Co to oznacza w praktyce?

- **Obowiązek Inżynierski:** Projektant musi dokonać formalnej oceny i **zaakceptować ryzyko** uszkodzenia połączeń nienormatywnych (np. zgrzewów zbrojenia, styków paneli fasady) pod wpływem prądu piorunowego.\*
- **Weryfikacja:** Konieczna jest analiza trwałości ścieżki prądowej pod kątem napiężeń mechanicznych i czynników środowiskowych.\*



**Wniosek: Przeniesienie odpowiedzialności z domniemanej zgodności na aktywną, udokumentowaną ocenę inżynierską. Projektant staje się gwarantem wytrzymałości połączeń.\***

Dotyczy to również metalowych fasad (gr. min. 0,5 mm).

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

40

IEC 62305-3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia

NEW

### 5.5.3 Elementy elektrycznie izolowanego LPS

Elementy izolowanego elektrycznie systemu LPS **muszą spełniać wymagania IEC TS 62561-8**.

...

- Wsporniki dystansujące
- Przewody HVI

DEHN

DEHN

1. 避雷器安裝說明書  
2. 避雷器安裝說明書  
3. 避雷器安裝說明書  
4. 避雷器安裝說明書  
5. 避雷器安裝說明書  
6. 避雷器安裝說明書  
7. 避雷器安裝說明書  
8. 避雷器安裝說明書  
9. 避雷器安裝說明書  
10. 避雷器安裝說明書  
11. 避雷器安裝說明書  
12. 避雷器安裝說明書  
13. 避雷器安裝說明書  
14. 避雷器安裝說明書  
15. 避雷器安裝說明書  
16. 避雷器安裝說明書  
17. 避雷器安裝說明書  
18. 避雷器安裝說明書  
19. 避雷器安裝說明書  
20. 避雷器安裝說明書  
21. 避雷器安裝說明書  
22. 避雷器安裝說明書  
23. 避雷器安裝說明書  
24. 避雷器安裝說明書  
25. 避雷器安裝說明書  
26. 避雷器安裝說明書  
27. 避雷器安裝說明書  
28. 避雷器安裝說明書  
29. 避雷器安裝說明書  
30. 避雷器安裝說明書  
31. 避雷器安裝說明書  
32. 避雷器安裝說明書  
33. 避雷器安裝說明書  
34. 避雷器安裝說明書  
35. 避雷器安裝說明書  
36. 避雷器安裝說明書  
37. 避雷器安裝說明書  
38. 避雷器安裝說明書  
39. 避雷器安裝說明書  
40. 避雷器安裝說明書  
41. 避雷器安裝說明書  
42. 避雷器安裝說明書  
43. 避雷器安裝說明書  
44. 避雷器安裝說明書  
45. 避雷器安裝說明書  
46. 避雷器安裝說明書  
47. 避雷器安裝說明書  
48. 避雷器安裝說明書  
49. 避雷器安裝說明書  
50. 避雷器安裝說明書  
51. 避雷器安裝說明書  
52. 避雷器安裝說明書  
53. 避雷器安裝說明書  
54. 避雷器安裝說明書  
55. 避雷器安裝說明書  
56. 避雷器安裝說明書  
57. 避雷器安裝說明書  
58. 避雷器安裝說明書  
59. 避雷器安裝說明書  
60. 避雷器安裝說明書  
61. 避雷器安裝說明書  
62. 避雷器安裝說明書  
63. 避雷器安裝說明書  
64. 避雷器安裝說明書  
65. 避雷器安裝說明書  
66. 避雷器安裝說明書  
67. 避雷器安裝說明書  
68. 避雷器安裝說明書  
69. 避雷器安裝說明書  
70. 避雷器安裝說明書  
71. 避雷器安裝說明書  
72. 避雷器安裝說明書  
73. 避雷器安裝說明書  
74. 避雷器安裝說明書  
75. 避雷器安裝說明書  
76. 避雷器安裝說明書  
77. 避雷器安裝說明書  
78. 避雷器安裝說明書  
79. 避雷器安裝說明書  
80. 避雷器安裝說明書  
81. 避雷器安裝說明書  
82. 避雷器安裝說明書  
83. 避雷器安裝說明書  
84. 避雷器安裝說明書  
85. 避雷器安裝說明書  
86. 避雷器安裝說明書  
87. 避雷器安裝說明書  
88. 避雷器安裝說明書  
89. 避雷器安裝說明書  
90. 避雷器安裝說明書  
91. 避雷器安裝說明書  
92. 避雷器安裝說明書  
93. 避雷器安裝說明書  
94. 避雷器安裝說明書  
95. 避雷器安裝說明書  
96. 避雷器安裝說明書  
97. 避雷器安裝說明書  
98. 避雷器安裝說明書  
99. 避雷器安裝說明書  
100. 避雷器安裝說明書

Publication No. 1471 | Update 01.22, Mar. No. 201708  
Copyright 2012 | © IEC 62561-8 | published by ISO 14618

1. 避雷器安裝說明書  
2. 避雷器安裝說明書  
3. 避雷器安裝說明書  
4. 避雷器安裝說明書  
5. 避雷器安裝說明書  
6. 避雷器安裝說明書  
7. 避雷器安裝說明書  
8. 避雷器安裝說明書  
9. 避雷器安裝說明書  
10. 避雷器安裝說明書  
11. 避雷器安裝說明書  
12. 避雷器安裝說明書  
13. 避雷器安裝說明書  
14. 避雷器安裝說明書  
15. 避雷器安裝說明書  
16. 避雷器安裝說明書  
17. 避雷器安裝說明書  
18. 避雷器安裝說明書  
19. 避雷器安裝說明書  
20. 避雷器安裝說明書  
21. 避雷器安裝說明書  
22. 避雷器安裝說明書  
23. 避雷器安裝說明書  
24. 避雷器安裝說明書  
25. 避雷器安裝說明書  
26. 避雷器安裝說明書  
27. 避雷器安裝說明書  
28. 避雷器安裝說明書  
29. 避雷器安裝說明書  
30. 避雷器安裝說明書  
31. 避雷器安裝說明書  
32. 避雷器安裝說明書  
33. 避雷器安裝說明書  
34. 避雷器安裝說明書  
35. 避雷器安裝說明書  
36. 避雷器安裝說明書  
37. 避雷器安裝說明書  
38. 避雷器安裝說明書  
39. 避雷器安裝說明書  
40. 避雷器安裝說明書  
41. 避雷器安裝說明書  
42. 避雷器安裝說明書  
43. 避雷器安裝說明書  
44. 避雷器安裝說明書  
45. 避雷器安裝說明書  
46. 避雷器安裝說明書  
47. 避雷器安裝說明書  
48. 避雷器安裝說明書  
49. 避雷器安裝說明書  
50. 避雷器安裝說明書  
51. 避雷器安裝說明書  
52. 避雷器安裝說明書  
53. 避雷器安裝說明書  
54. 避雷器安裝說明書  
55. 避雷器安裝說明書  
56. 避雷器安裝說明書  
57. 避雷器安裝說明書  
58. 避雷器安裝說明書  
59. 避雷器安裝說明書  
60. 避雷器安裝說明書  
61. 避雷器安裝說明書  
62. 避雷器安裝說明書  
63. 避雷器安裝說明書  
64. 避雷器安裝說明書  
65. 避雷器安裝說明書  
66. 避雷器安裝說明書  
67. 避雷器安裝說明書  
68. 避雷器安裝說明書  
69. 避雷器安裝說明書  
70. 避雷器安裝說明書  
71. 避雷器安裝說明書  
72. 避雷器安裝說明書  
73. 避雷器安裝說明書  
74. 避雷器安裝說明書  
75. 避雷器安裝說明書  
76. 避雷器安裝說明書  
77. 避雷器安裝說明書  
78. 避雷器安裝說明書  
79. 避雷器安裝說明書  
80. 避雷器安裝說明書  
81. 避雷器安裝說明書  
82. 避雷器安裝說明書  
83. 避雷器安裝說明書  
84. 避雷器安裝說明書  
85. 避雷器安裝說明書  
86. 避雷器安裝說明書  
87. 避雷器安裝說明書  
88. 避雷器安裝說明書  
89. 避雷器安裝說明書  
90. 避雷器安裝說明書  
91. 避雷器安裝說明書  
92. 避雷器安裝說明書  
93. 避雷器安裝說明書  
94. 避雷器安裝說明書  
95. 避雷器安裝說明書  
96. 避雷器安裝說明書  
97. 避雷器安裝說明書  
98. 避雷器安裝說明書  
99. 避雷器安裝說明書  
100. 避雷器安裝說明書

Publication No. 1471 | Update 01.22, Mar. No. 201708  
Copyright 2012 | © IEC 62561-8 | published by ISO 14618

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

41

41

IEC 62305-3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia

### 5.5.4 Elementy elektrycznie izolowanego LPS

Elementy izolacyjne, takie jak wsporniki dystansujące i izolowane przewody odprowadzające (przewody HVI), **muszą spełniać wymagania IEC TS 62561-8**.

NEW

• IEC/TS 62561-8 („specyfikacja techniczna„) zmieni status na normę IEC 62561-8

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

42

42

IEC TS 62561-8

Edition 1.0 2018-01

## TECHNICAL SPECIFICATION

### SPECIFICATION TECHNIQUE

---

Lightning protection system components (LPSC) – Part 8: Requirements for components for isolated LPS

Composants de système de protection contre la foudre (CSPF) – Partie 8: Exigences pour les composants de système isolé de protection contre la foudre

---

81/796/CDV

COMMITTEE DRAFT FOR VOTE (CDV)

PROJECT NUMBER: <b>IEC 62561-8 ED1</b>	
DATE OF CIRCULATION: <b>2025-08-01</b>	CLOSING DATE FOR VOTING: <b>2025-10-24</b>
SUPERSEDED DOCUMENTS: <b>81/757/CD, 81/766/ICC</b>	

IEC 62305-3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia

### 5.4 Układ uziomów

#### Układ typu B

... w przypadku uziemienia fundamentowego zatopionego w betonie, uziom powinien być poprawnie podłączony **co najmniej co 2 m** do stali zbrojeniowej.....

**6 connection to the reinforcement**

29 stycznia 2026 - IEC 62305 Edition 3: Protection against lightning | Part 3 | JBI | 2024-11-18

IEC

43

IEC 62305-3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia

### D.5.4.3.3 Uziom fundamentowy

**8 foundation earth electrode**  
**9 ring earth electrode**

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

IEC

44

## IEC 62305-3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia

### Załącznik D

#### D.5.2.6.4 Ochrona zielonych dachów

- Zielone dachy **otwarte** dla publiczności
- Zielone dachy **niedostępne** publicznie
- Ochrona obiektów **pokrytych ziemią**



Quelle: Wohnbauschau, Veranstaltungsbüro Hundertwasserhaus, Darmstadt, Hundertwasser.com



Quelle: Verwaltungsbau, ZihCo



Quelle: Nutzungsgärten, München, Green-city e.V




29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

45

45

## EN 62305-3:2011




### 8.2 Środki ochrony przed napięciami krokowymi

W niektórych warunkach sąsiedztwo przewodów odprowadzających może być niebezpieczne dla życia nawet wtedy, gdy LPS zostało zaprojektowane i zbudowane zgodnie z podanymi powyżej zasadami.


Zagrożenie jest zredukowane do tolerowanego poziomu, jeżeli jest spełniony jeden z następujących warunków:

- a) w normalnych warunkach pracy nie ma żadnych osób w promieniu 3 m od przewodu odprowadzającego;
- b) zastosowano układ zawierający co najmniej 10 przewodów odprowadzających zgodnych z 5.3.5;
- c) rezystancja przejścia na styku warstwy powierzchniowej gruntu w promieniu 3 m od przewodu odprowadzającego nie jest mniejsza niż 100 kΩ.

**UWAGA** Warstwa materiału izolacyjnego, np. asfaltu o grubości 5 cm (**lub warstwa żwiru o grubości 15 cm**) zwykle redukuje zagrożenie do tolerowanego poziomu.



**NEW** UWAGA 1 Warstwa materiału izolacyjnego, np. asfaltu o grubości 5 cm (**lub warstwa żwiru o grubości 15 cm**) zwykle redukuje zagrożenie do tolerowanego poziomu.



29 stycznia 2026

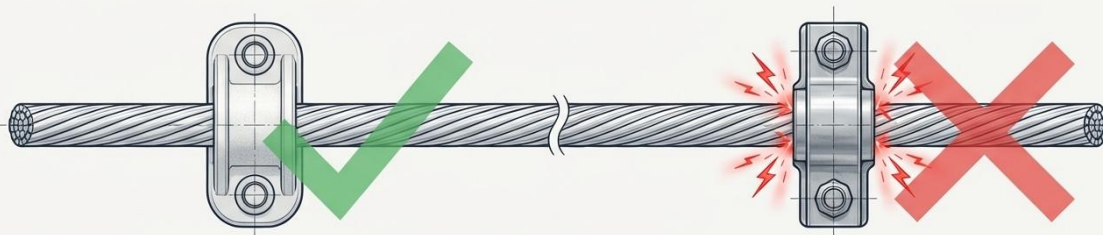
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

46

46

## Każdy detal ma znaczenie: Integralność komponentów w strefie Ex

Norma 2025 rozszerza wymagania dotyczące prowadzenia przewodów odprowadzających przez strefę zagrożenia. Oprócz zachowania odstępu 1 metra (jeśli to możliwe), kluczowy staje się dobór osprzętu.



### Punkt C.4.1.1:

Jeśli przewody muszą przebiegać przez strefę zagrożenia, ich **uchwyty (fasteners) muszą być wykonane z materiałów niemetalowych**.

**Rationale:** Zapobiega to powstawaniu iskrzenia na stykach mechanicznych pod wpływem sił elektrodynamicznych i wibracji podczas przepływu prądu pioruna.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

47

47



## KLUCZOWA ZMIANA

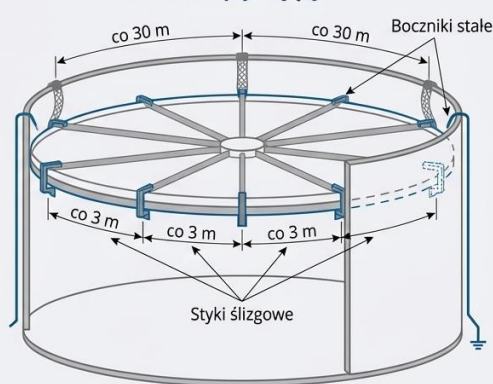
### Zaostrzone Wymagania dla Obiektów Zagrożonych Wybuchem (Załącznik C)

Załącznik C normy PN-EN IEC 62305-3:2025-09 został zaktualizowany i zawiera dodatkowe, rygorystyczne wymagania dla obiektów ze strefami zagrożenia wybuchem (zgodnie z IEC 60079-10-1 i IEC 60079-10-2).

#### Najważniejsze wymagania dodatkowe:

- **Uziemienie:** Preferowany jest układ typu B, a rezystancja uziemienia nie powinna przekraczać 10 Ω.
- **Odstępy:** Elementy LPS powinny być oddalone o co najmniej 1 m od strefy zagrożonej wybuchem (Zone 1, 21).
- **Zbiorniki:** Zamknięte metalowe zbiorniki w strefach Zone 0 i 20 muszą mieć grubość ścianek zgodną z Tabelą 3, aby uniknąć przebicia, lub muszą być chronione przez dodatkowe zwody.
- **Zbiorniki z dachem pływającym:** Wymagane jest skuteczne połączenie dachu pływającego z płaszczem zbiornika.

#### Połączenia wyrównawcze dla zbiornika z dachem pływającym



29 stycznia 2026

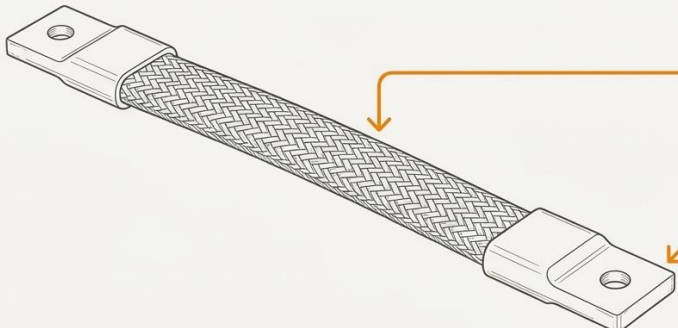
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

48

48

## Nowy standard połączenia: Mierzalna jakość i niska rezystancja

Norma 2025 nie tylko nakazuje instalację boczników (bypass conductors) na dachach pływających, ale definiuje ich kluczowe parametry techniczne.



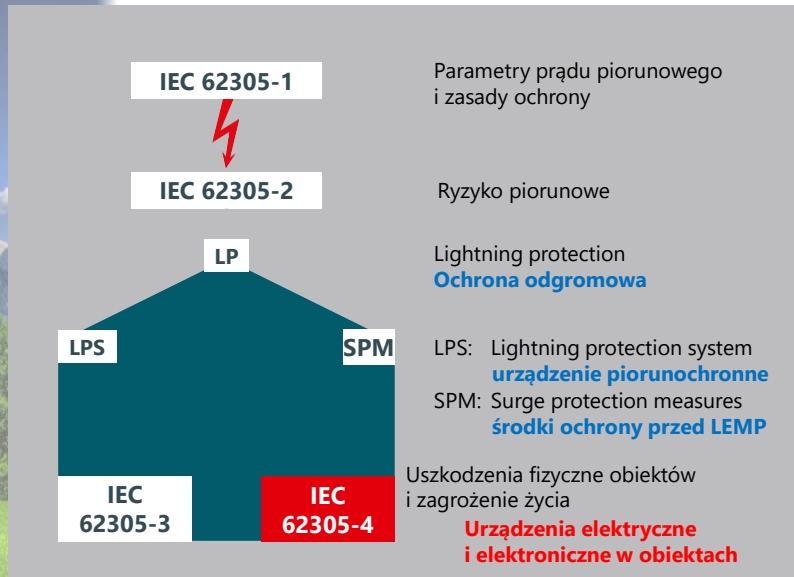
**Rezystancja:**  
Maksymalnie **0,03 Ω**

**Przekrój:** Przewody o szerokości min. **35 mm** i grubości **3 mm**

Gwarantuje to skuteczne odprowadzenie prądu pioruna bez powstawania niebezpiecznych różnic potencjałów i iskrzenia w strefie, gdzie mogą gromadzić się opary.

29 stycznia 2026 III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3 49

49



**IEC 62305-1** Parametry prądu piorunowego i zasady ochrony

**IEC 62305-2** Ryzyko piorunowe


**LP** Lightning protection  
**Ochrona odgromowa**

**LPS** LPS: Lightning protection system  
**urządzenie piorunochronne**

**SPM** SPM: Surge protection measures  
**środki ochrony przed LEMP**

**IEC 62305-3** Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia

**IEC 62305-4** **Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach**



**IEC 62305-4** Edition 3.0 2024-09

**INTERNATIONAL STANDARD**  
**NORME INTERNATIONALE**

Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures

Protection contre la foudre – Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures

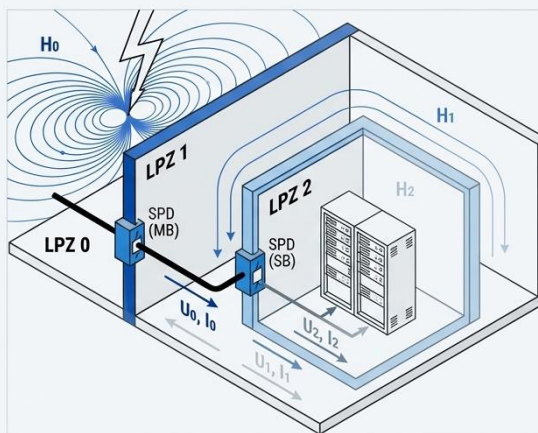
29 stycznia 2026 III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3 50

50

## IEC 62305-4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach

## Koncepcja Stref Ochrony Odgromowej (LPZ) – Niezmienny Fundament Ochrony

Podstawowa zasada ochrony urządzeń elektrycznych i elektronicznych przed LEMP (Lightning Electromagnetic Impulse) natanąty opiera się na koncepcji Stref Ochrony Odgromowej (LPZ). Norma z 2025 roku w pełni podtrzymuje tę filozofię jako podstawę projektowania skutecznych środków ochrony (SPM).



**LPZ 0:** Strefa zagrożona bezpośrednim uderzeniem pioruna i pełnym, nietłumionym polem elektromagnetycznym.

**LPZ 1:** Strefa, w której prąd udarowy jest ograniczony przez podział prądu i SPD na granicy. Pole elektromagnetyczne może być tłumione przez ekranowanie przestrzenne obiektu.

**LPZ 2 i kolejne:** Strefy, w których prąd udarowy i pole elektromagnetyczne są dalej ograniczane przez dodatkowe środki ochrony.

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

51

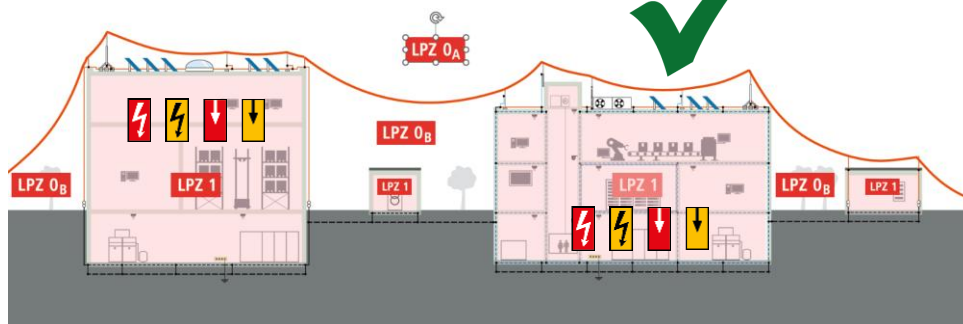
51

## IEC 62305-4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach

Zasada stref ochrony odgromowej (LPZ) pozostaje niezmienną  
Podstawowe środki ochrony

- Uziemienie i połączenia wyrównawcze
- Ekranowanie magnetyczne i trasowanie linii
- Skoordynowany system SPD
- Złącza separujące

### BEZ ZMIAN !



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

52

52



## IEC 62305-4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach

### Załącznik C: Wybór i montaż skoordynowanego systemu SPD

#### Miejsce montażu SPDs według źródła uszkodzenia

- 1 SPD Typ 1 – miejsce montażu zgodne z IEC 62305-1 oraz -3
- 2 SPD Typ 2 jeżeli wymagane z uwagi na oscylacje i przepięcia indukowane IEC 62305-4)
- 3 SPD wymagane do ochrony urządzeń przed przepięciami powstającymi w wyniku instalacji zewnętrznych

55

## IEC 62305-4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach

### Załącznik C: Wybór i montaż skoordynowanego systemu SPD

**NEW** Sprzęt jest często podłączony do dwóch różnych mediów, np. linii energetycznej i linii danych. Doświadczenie praktyczne: Taki sprzęt jest często narażony na uszkodzenia spowodowane przepięciami.

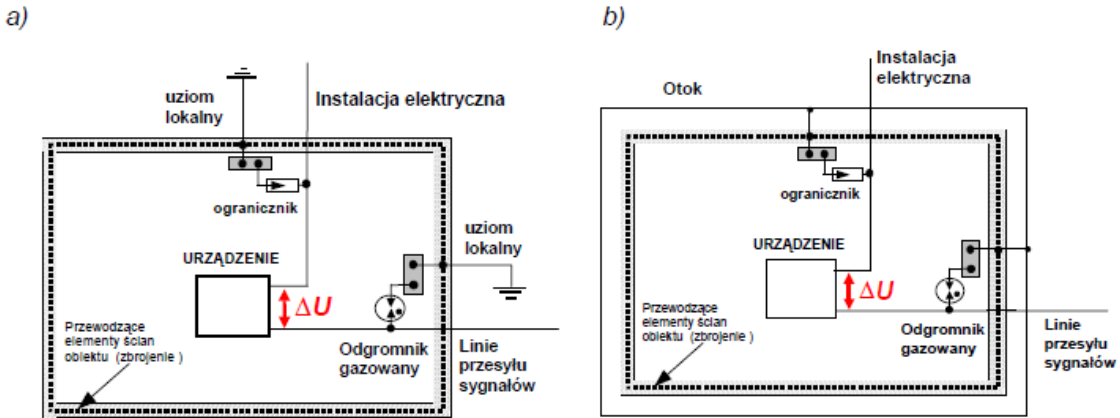
- Linie energetyczne i inne media, np. linie telekomunikacyjne, muszą być chronione.
- Różne porty nie powinny być podłączone do różnych punktów systemu uziemienia – z wyjątkiem gęsto osadzonego systemu uziemienia lub systemu wyrównania potencjałów (1 m x 1 m)
- Zastosowanie wielofunkcyjnych SPD

56

Mat szkoleniowe prof. A.Sowy – z roku 2011



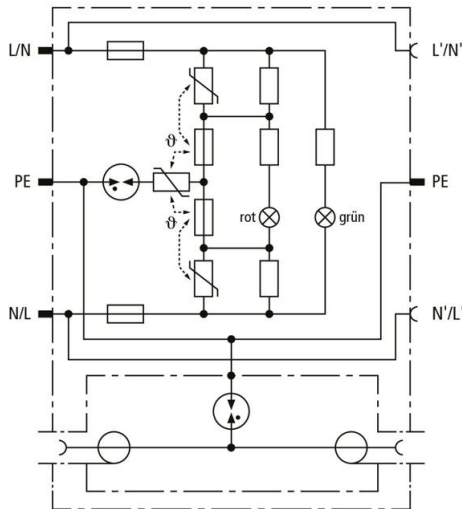
A. Sowa Podstawowe błędy popełniane przy doborze i montażu ograniczników przepięć w systemach przesyłu sygnałów



57

57

DPRO 230 TV



58

11.02.2026

58

## MNT-TV-SAT D/WH - Urządzenie z ochroną przed przepięciami typ 3



59

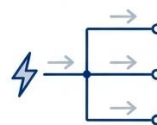
## Co nowego w edycji 2025? Najważniejsze Zmiany Techniczne.

Edycja 2025 normy PN-EN IEC 62305-4 wprowadza szereg istotnych technicznie zmian i uzupełnień, które odpowiadają na rozwój technologii i nowe wyzwania w ochronie instalacji.


**Załączniki dla instalacji fotowoltaicznych (PV)**  
 (Załącznik F)

Szczegółowe wytyczne dla kluczowego, rozwijającego się sektora.

NOWOŚĆ


**Zaawansowane modelowanie podziału prądu piorunowego**  
 (Załącznik E)

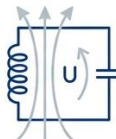
Narzędzia do precyzyjniejszej analizy i doboru SPD w złożonych systemach.

NOWOŚĆ


**Metody testowania odporności systemów**  
 (Załącznik G)

Wytyczne do weryfikacji laboratoryjnej odporności całych systemów.

NOWOŚĆ


**Analiza napięć indukowanych w obwodach z SPD**  
 (Załącznik H)

Uprozczone metody obliczeniowe.

NOWOŚĆ



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

60

60

## IEC 62305-4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach

**Załącznik E: Połączenia równoległe obiektów**

Gdy piorun uderza w budynek **część prądu piorunowego** przepływa do **sąsiedniego budynku** który jest podłączony przez system elektroenergetyczny ...

!

SPD także w sąsiednim budynku

29 stycznia 2026 III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3 61

61

## IEC 62305-4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach

### E.3.2.4 Parallel connected structures

**Figure E.3 – Parallel connected structures**

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3 62

62

Oktober 2012

**DIN EN 62305-4 Beiblatt 1**  
**(VDE 0185-305-4 Beiblatt 1)**

**Bild 10a – Modell für die Blitzstromverteilung bei zwei parallelen Verbrauchersystemen**

**Bild 11a – Zeitlicher Verlauf der Blitzteilströme im Gebäude Nr. 1 bei zwei parallelen Verbrauchersystemen**

**Tabelle 5 – Blitzstromverteilung (Maximalwerte) bei zwei parallelen Verbrauchersystemen**

Gesamtstrom	Getroffenes Gebäude 1				Nachbargebäude 2		
	Teilstrom in Erdungsanlage	Teilstrom in Niederspannungsleitung	Teilstrom im Phasenleiter	Teilstrom im Neutralleiter	Teilstrom in Erdungsanlage	Teilstrom im Phasenleiter	Teilstrom im Neutralleiter
Scheitelwert	100 kA	42 kA	66 kA	16,5 kA	16,5 kA	33 kA	8,3 kA
Ladung	50 As	17 As	33 As	8,3 As	8,3 As	16,6 As	4,3 As

**Bild 11b – Zeitlicher Verlauf der Blitzteilströme im Nachbargebäude Nr. 2 bei zwei parallelen Verbrauchersystemen**

29 stycznia 2026

Plenerforum 2025

III KONFERENCJA NAUKOWO-TEC

63

## IEC 62305-4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach

Klasa ochrony odgromowej i maksymalny prąd piorunowy (10/350 μs)	Liczba przewodów odprowadzających zewnętrznego urządzenia piorunochronnego				
	< 4		≥ 4		
	Wartości dla SPD typu 1 ograniczających napięcie lub SPD typu 1 kombinowanych (połączenie szeregowe) na podstawie doboru I <sub>g/20</sub> (8/20 μs) i I <sub>10/350</sub> (10/350 μs)				
	I <sub>SPD1</sub> = I <sub>SPD2</sub> I <sub>g/20</sub> / I <sub>10/350</sub>	I <sub>SPD3</sub> = I <sub>SPD1</sub> + I <sub>SPD2</sub> = I <sub>total</sub> I <sub>g/20</sub> / I <sub>10/350</sub>	I <sub>SPD1</sub> = I <sub>SPD2</sub> I <sub>g/20</sub> / I <sub>10/350</sub>	I <sub>SPD3</sub> = I <sub>SPD1</sub> + I <sub>SPD2</sub> = I <sub>total</sub> I <sub>g/20</sub> / I <sub>10/350</sub>	
I lub nieznaną	200 kA	17/10	34/20	10/5	20/10
II	150 kA	12,5/7,5	25/15	7,5/3,75	15/7,5
III i IV	100 kA	8,5/5	17/10	5/2,5	10/5

Tab. 9.18.1 Dobór minimalnej zdolności odprowadzania ograniczników typu 1 ograniczających napięcie (warystorów) lub kombinowanych ograniczników typu 1 (połączenie szeregowe warystorów i iskierników); zgodnie z CENELEC CLC/TS 50539-12 (Tabela A.1)

Klasa ochrony odgromowej i maksymalny prąd piorunowy (10/350 μs)	Liczba przewodów odprowadzających zewnętrznego urządzenia piorunochronnego				
	< 4		≥ 4		
	Wartości dla SPD typu 1 ucinających napięcie lub SPD typu 1 kombinowanych (połączenie równoległe)				
	I <sub>SPD1</sub> = I <sub>SPD2</sub> I <sub>imp</sub>	I <sub>SPD3</sub> = I <sub>SPD1</sub> + I <sub>SPD2</sub> = I <sub>total</sub> I <sub>imp</sub>	I <sub>SPD1</sub> = I <sub>SPD2</sub> I <sub>imp</sub>	I <sub>SPD3</sub> = I <sub>SPD1</sub> + I <sub>SPD2</sub> = I <sub>total</sub> I <sub>imp</sub>	
I lub nieznaną	200 kA	25	50	12,5	25
II	150 kA	18,5	37,5	9	18
III i IV	100 kA	12,5	25	6,25	12,5

Tab. 9.18.2 Dobór minimalnej zdolności odprowadzania ograniczników typu 1 ucinających napięcie (iskierników) lub kombinowanych ograniczników typu 1 (połączenie równoległe warystorów i iskierników); zgodnie z CENELEC CLC/TS 50539-12 (Tabela A.2)

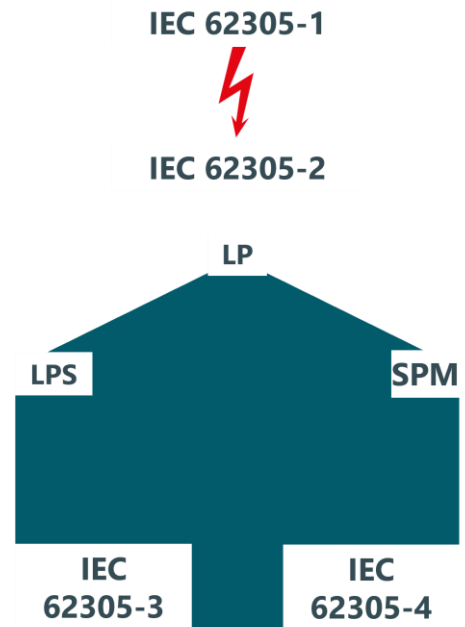
29 stycznia 2026

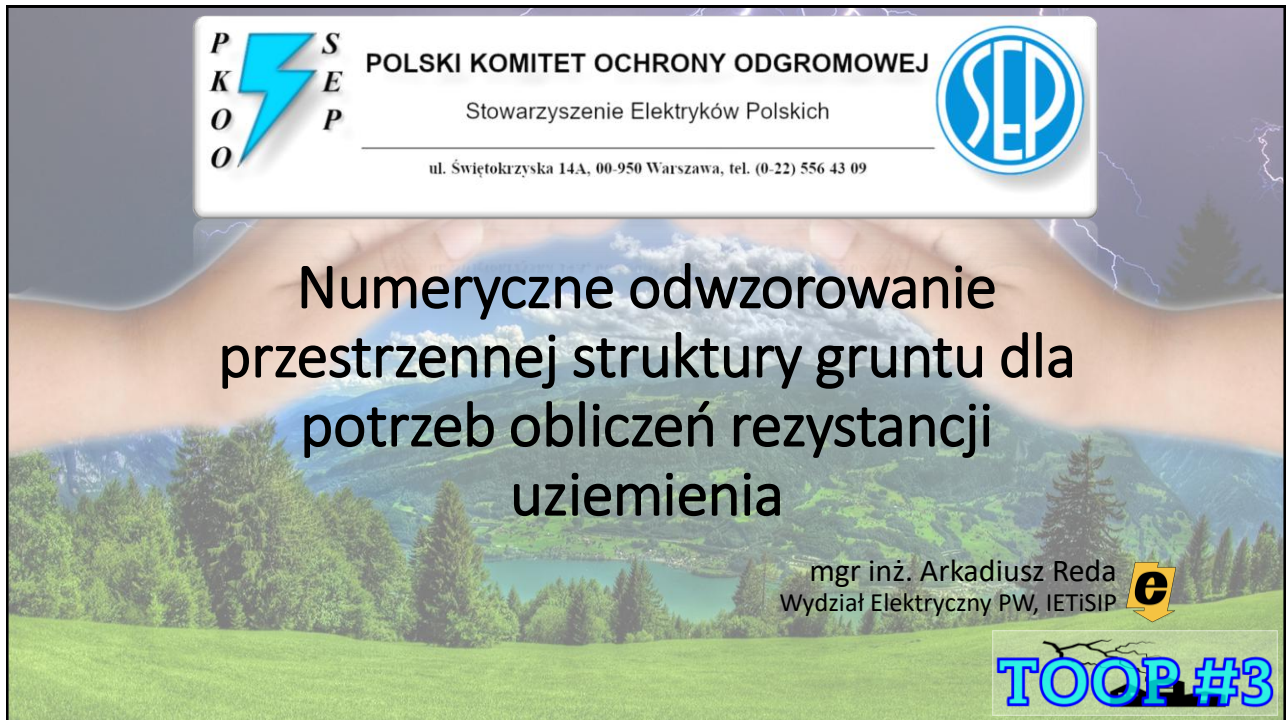
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3


64

64

- Dziękuję za uwagę !









**POLSKI KOMITET OCHRONY ODGROMOWEJ**  
Stowarzyszenie Elektryków Polskich


ul. Świętokrzyska 14A, 00-950 Warszawa, tel. (0-22) 556 43 09



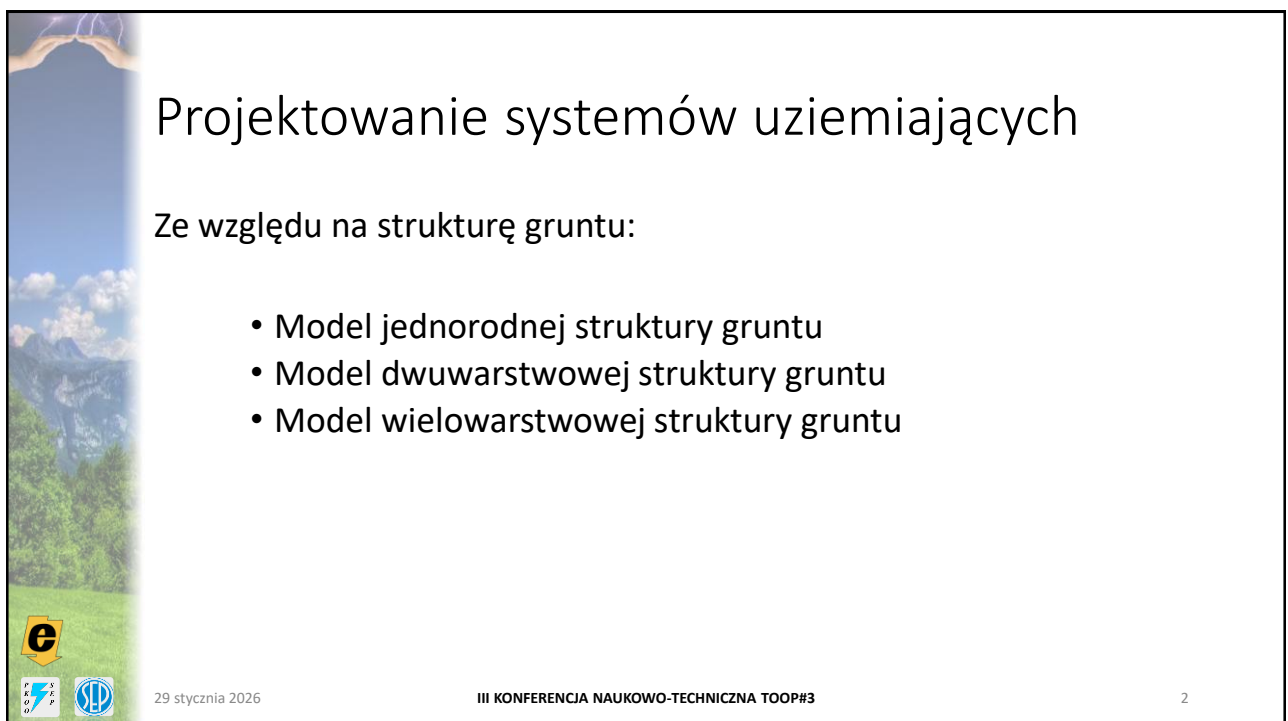
# Numeryczne odwzorowanie przestrzennej struktury gruntu dla potrzeb obliczeń rezystancji uziemienia

mgr inż. Arkadiusz Reda  
Wydział Elektryczny PW, IETiSiP






1




## Projektowanie systemów uziemiających

Ze względu na strukturę gruntu:

- Model jednorodnej struktury gruntu
- Model dwuwarstwowej struktury gruntu
- Model wielowarstwowej struktury gruntu





29 stycznia 2026

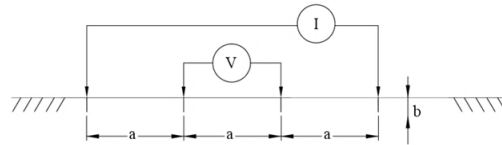
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

2

2

## Model jednorodnej struktury gruntu

- Zakłada jednorodność gruntu na całej jego głębokości (mniejsza ilość pomiarów p gruntu)



Pionowy

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left( \frac{2l}{d} \cdot \sqrt{\frac{4t+3l}{4t+l}} \right)$$

Poziomy

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \left( \frac{l^2}{d \cdot h} \right)$$

Otokowy

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \left( \frac{B \cdot L^2}{h \cdot d} \right)$$



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

3

3

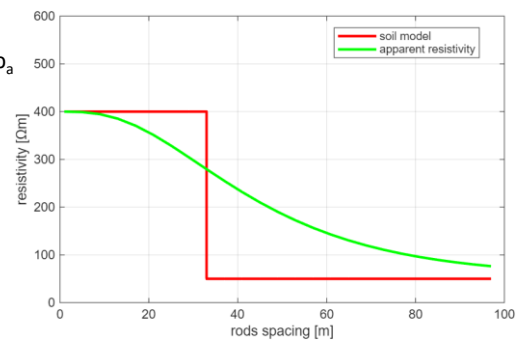
## Model dwuwarstwowej struktury gruntu

- Wymaga większej ilości pomiarów p gruntu
- Std IEEE 80 wprowadza parametr rezystywności pozornej  $\rho_a$

$$\rho_a(a) = \rho_1 \left[ 1 + 4 \sum_{n=1}^{\infty} K^n \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2nh}{a}\right)^2}} - \frac{1}{\sqrt{4 + \left(\frac{2nh}{a}\right)^2}} \right) \right]$$

- Współczynnik odbicia na granicy dwóch warstw gruntu K

$$K = \frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1}$$



29 stycznia 2026

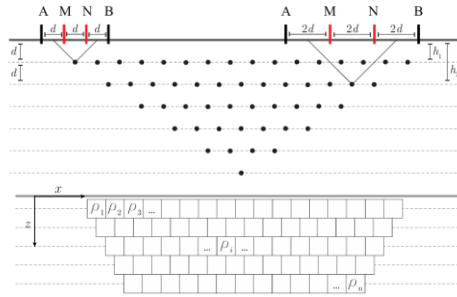
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

4

4

# Model wielowarstwowej struktury gruntu

- Wymaga profilowania gruntu (ground mapping)
- Pozwala na wielowarstwową identyfikację przewodności gruntu na dużym obszarze



„On the measuring methods of the soil electrical resistivity”, Rodolfo Araneo, Massimo Mitolo



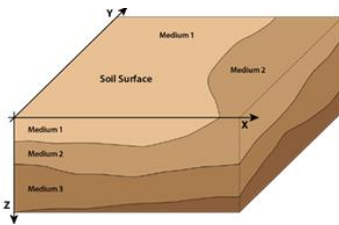
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

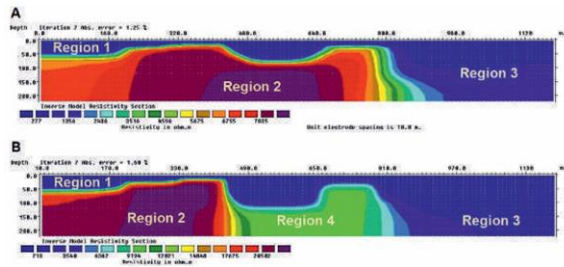
5

5

# Model wielowarstwowej struktury gruntu



„Identification of Multilayer Soil Models for Grounding Systems from Surface Measurements”, P. Alotto, R. Torchio, R. Andolfato, D. Cuccarollo



„Comparative analysis of Wenner and gradient configurations for subsurface characterization in complex geology”, Abhilhash Saini, B. S. Chaudhary, Sushil Kumar



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

6

6



# Badania terenowe



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

7

7



# Badania terenowe

- Pomiary wykonane metodą Wennera dla czterech rozstawów a: a = 3m, a = 6m, a = 9m, a = 15m

Y ↑

94.2	66.3	68.3	75.0	83.3	109.8
77.4	60.2	58.0	51.6	106.1	128.3
75.2	60.3	52.9	41.8	123.4	163.8
80.8	51.4	52.5	52.1	109.9	105.7
104.5	44.0	60.1	60.4	112.2	129.1
79.3	43.1	67.1	63.1	108.0	131.1
90.4	66.1	66.8	63.7	147.0	176.0
80.6	93.3	63.2	60.2	93.1	107.0
81.9	74.8	46.2	44.6	120.4	163.3
68.3	56.4	44.1	44.4	163.3	247.0
66.4	50.4	48.2	49.2	117.0	160.6
68.0	55.8	46.5	53.8	187.6	128.2

→ X

a = 3m

48.1	42.3	59.0
43.3	40.9	57.5
38.5	44.5	58.6
41.5	51.7	63.1
41.2	44.9	62.6
35.8	48.0	71.6
36.5	42.8	63.1
34.7	49.6	60.3
32.4	49.4	49.8
31.8	44.4	48.3
31.6	43.7	41.1
36.3	44.8	40.3

a = 6m

51.3	69.0
53.9	63.8
55.1	67.4
54.3	76.3
52.5	72.9
49.4	63.4
44.2	60.3
48.0	58.4
49.5	55.5
50.3	53.2
47.3	49.1
46.9	47.5

a = 9m

49.1
48.8
49.5
48.1
50.6
52.0
50.6
49.6
53.3
53.5
52.1
54.2

a = 15m



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

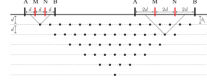
8

8

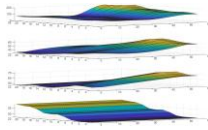
## Odwzorowanie przestrzennej struktury gruntu

Stworzenie szkieletu modelu 3D. Rozmiar 12x54x15. 12 rzędów pomiarowych. Różna liczba kolumn. Wykorzystanie wspólnej wielokrotności do równego rozmieszczenia w tablicy. Trzecia współrzędna to wysokość.

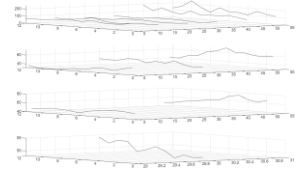
Odwzorowanie wartości pomiaru  $\rho$  jako punktu będącym środkiem geometrycznym pomiarów metodą Wennera



Uzupełnianie i wygładzanie. Interpolacja gładka w osi X (kolumn). Brzoگی wypełnione najbliższą wartością. Wygładzenie wzdłuż osi Y. Zastosowanie filtru Gaussa.



Przepisanie wartości do tablic z danymi rezystywności. Pionowe „linie” pomiarowe wynikające z badań terenowych. Reszta pozycji NaN.



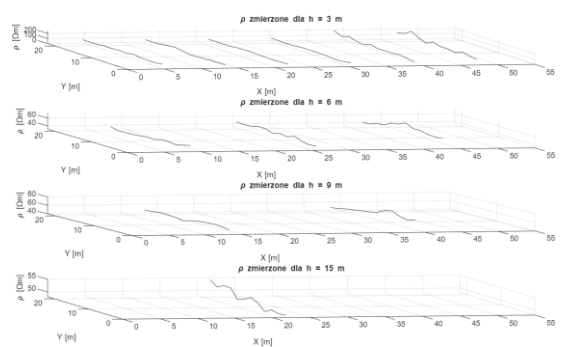
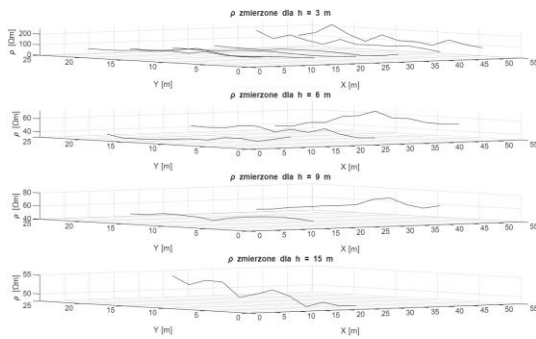
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

9

9

## Odwzorowanie przestrzennej struktury gruntu

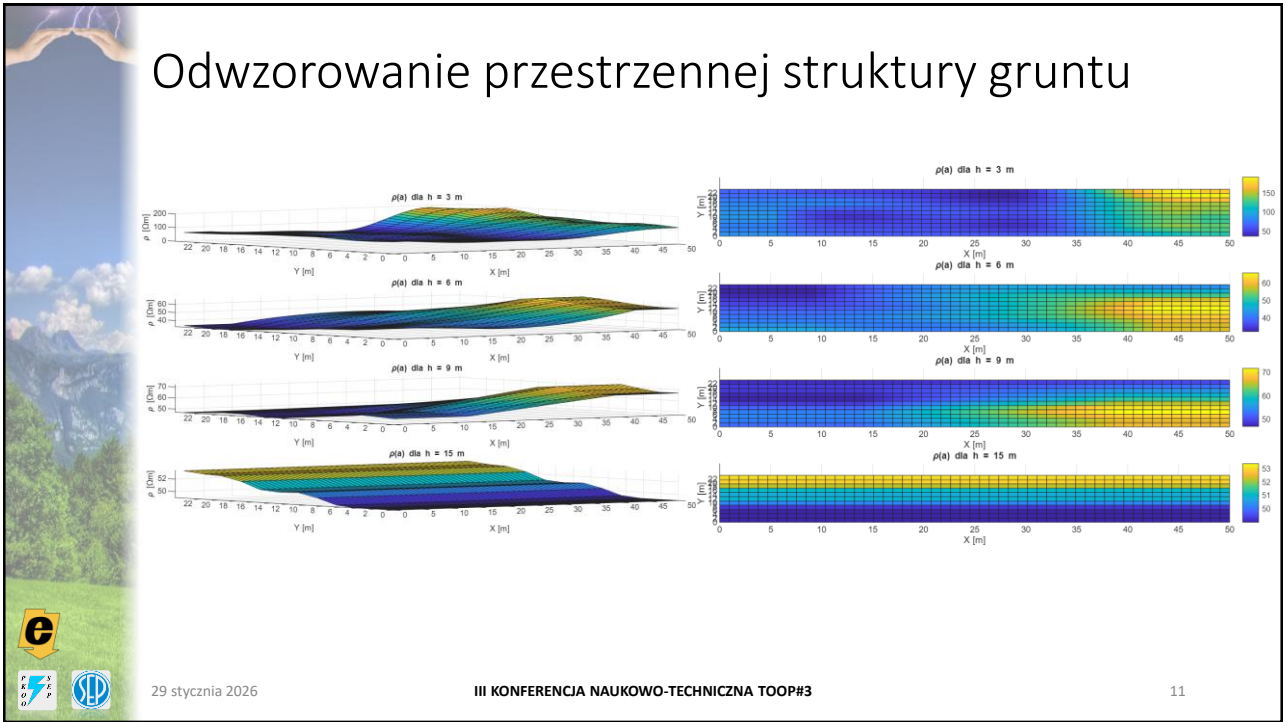


29 stycznia 2026

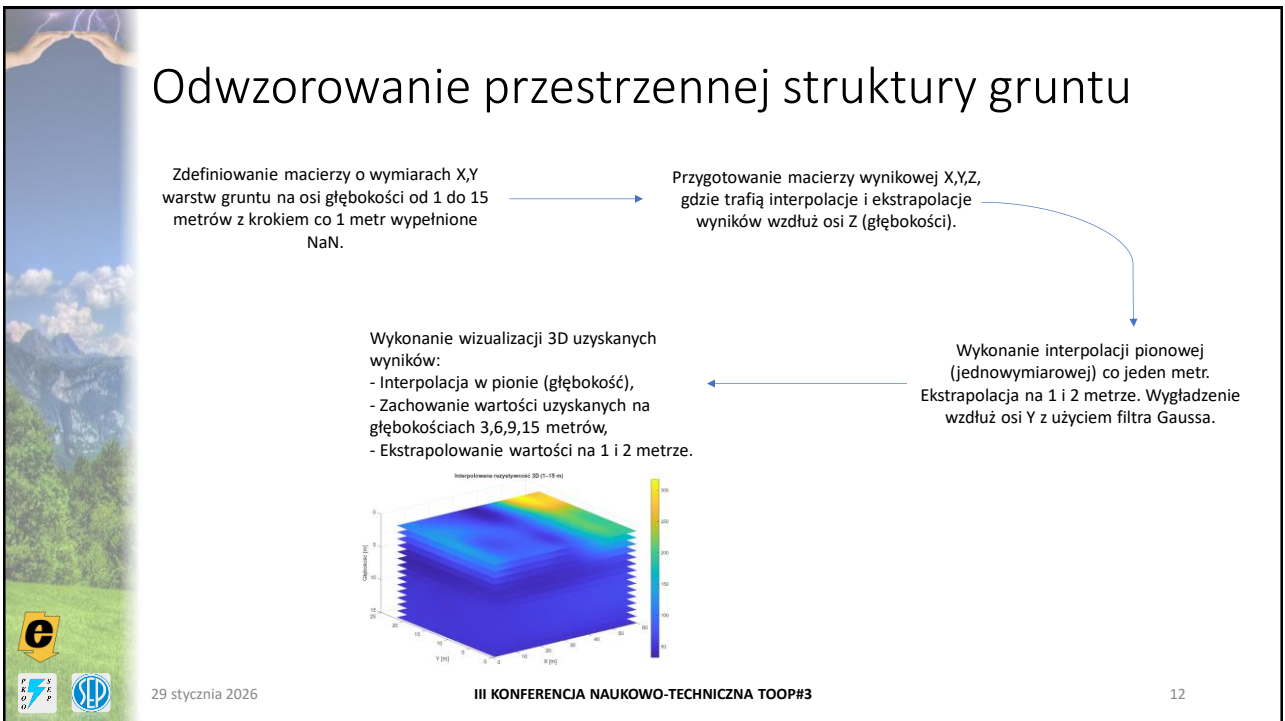
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

10

10

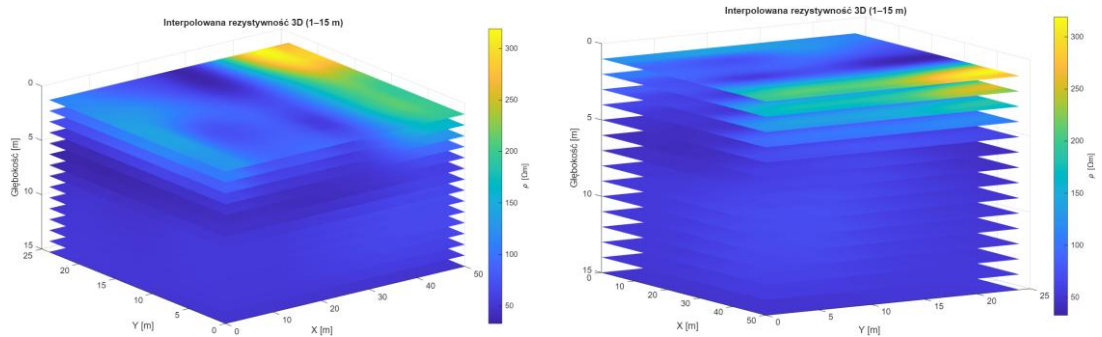


11



12

## Odwzorowanie przestrzennej struktury gruntu



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

13

13

## Podsumowanie

- Wykonano pełnowymiarowe mapowanie gruntu obejmujące teren całej działki wykorzystując metodę Wennera pomiaru  $\rho$ ,
- Dokonano odwzorowania poszczególnych warstw gruntu metodą interpolacji wielomianowej trzeciego rzędu,
- Nieznane warstwy gruntu na 1 i 2 metrze są odwzorowane ekstrapolacją algorytmem KNN (algorytm k – najbliższych sąsiadów),
- Wykonano rzut bryły 3D zmapowanego terenu.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

14

14



## Co dalej?

- Stworzenie pełnowymiarowego modelu 3D gruntu, tworząc jednolitą strukturę prostopadłościenną,
- Implementacja utworzonego modelu 3D do środowiska symulacyjnego Ansys,
- Symulacje z użyciem uziomów prostych w opracowanej wcześniej topologii gruntu, mające na celu wyznaczenie rezystancji uziemienia,
- Porównanie uzyskanych wyników z obliczeniami analitycznymi dla jednorodnej struktury gruntu.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

15





**POLSKI KOMITET OCHRONY ODGROMOWEJ**  
Stowarzyszenie Elektryków Polskich

ul. Świętokrzyska 14A, 00-950 Warszawa, tel. (0-22) 556 43 09

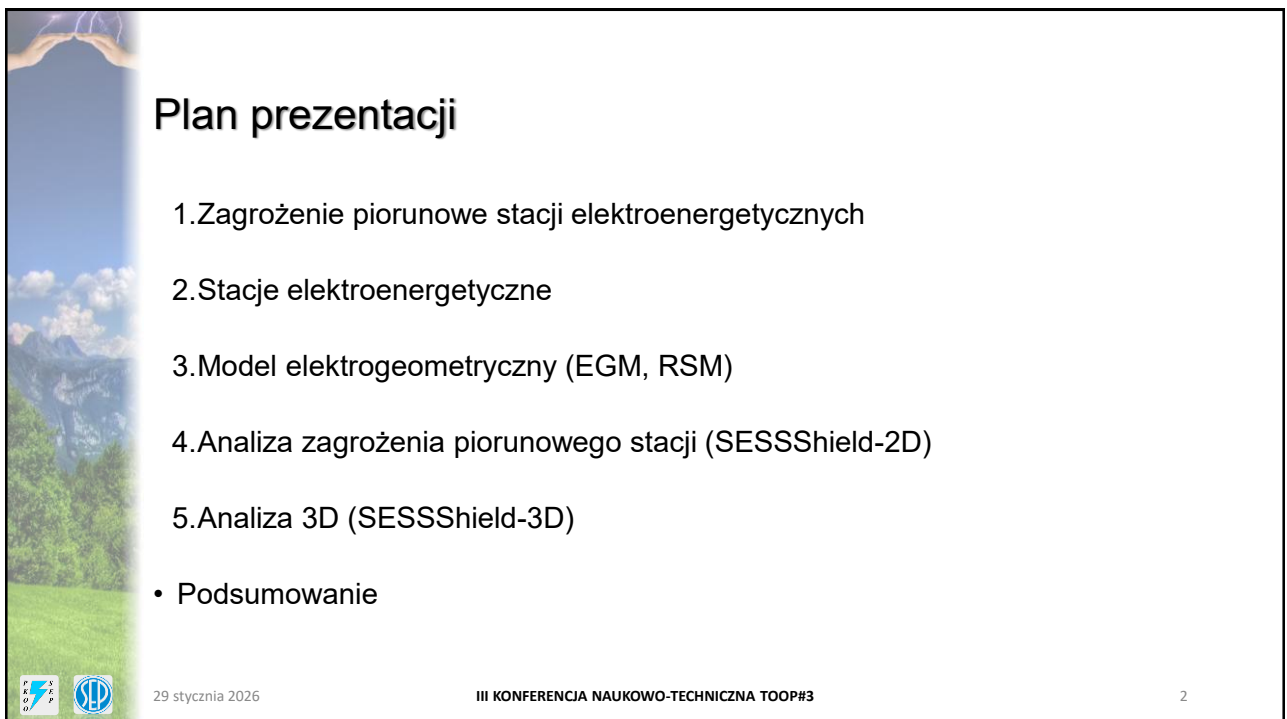


# Modelowanie komputerowe i analiza systemów ochrony odgromowej stacji elektroenergetycznych

Robert Ziemia  
Politechnika Rzeszowska





1



## Plan prezentacji

1. Zagrożenie piorunowe stacji elektroenergetycznych
2. Stacje elektroenergetyczne
3. Model elektroteometryczny (EGM, RSM)
4. Analiza zagrożenia piorunowego stacji (SESSShield-2D)
5. Analiza 3D (SESSShield-3D)

- Podsumowanie

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

2

2

## Zagrożenie piorunowe stacji elektroenergetycznych

- Zagrożenie przy bezpośrednim uderzeniu w urządzenia stacyjne
- Zagrożenie przepięciami dochodzącymi z linii



[https://www.edf.fr/sites/groupe/files/Lot%203/CHERCHEURS/EMTP-RV/emtp-rv\\_brochure.pdf](https://www.edf.fr/sites/groupe/files/Lot%203/CHERCHEURS/EMTP-RV/emtp-rv_brochure.pdf)

29 stycznia 2026

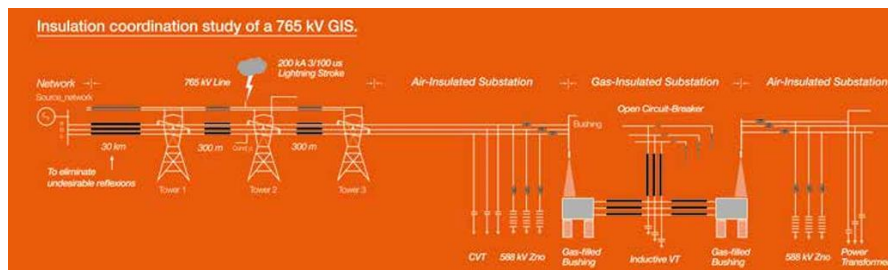
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

3

3

## Zagrożenie piorunowe stacji elektroenergetycznych

- Zagrożenie przepięciami dochodzącymi z linii



[https://www.edf.fr/sites/groupe/files/Lot%203/CHERCHEURS/EMTP-RV/emtp-rv\\_brochure.pdf](https://www.edf.fr/sites/groupe/files/Lot%203/CHERCHEURS/EMTP-RV/emtp-rv_brochure.pdf)

29 stycznia 2026

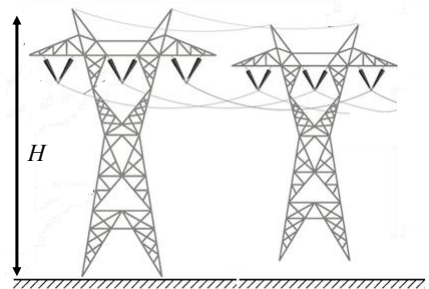
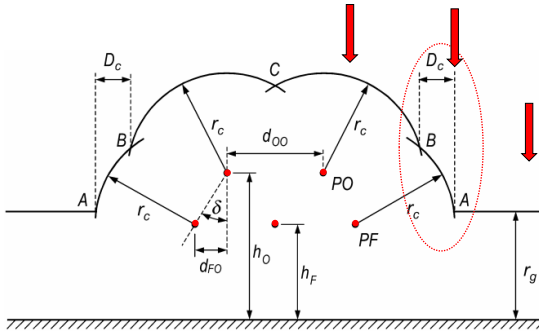
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

4

4



## Model elektroteometryczny EGM (promień decyzji)



$$r_c = A \cdot I^b$$

$$r_g = 0,9 \cdot r_c$$

np.  $r_c = 10 \cdot I^{0,65}$   
 $r_c = 8 \cdot I^{0,65}$   
 $r_c = 9,4 \cdot I^{0,75}$   
 $r_c = 3,3 \cdot I^{0,78}$

Uwzględnienie wysokości  $H$  obiektu:  
 $r_c = 0,84 \cdot I^{0,74} H^{0,6}$  - dla słupa  
 $r_c = 0,67 \cdot I^{0,74} H^{0,6}$  - dla przewodu



29 stycznia 2026

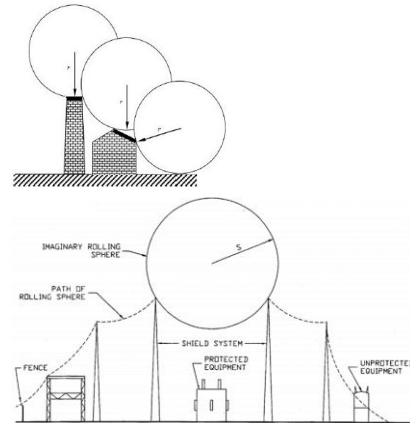
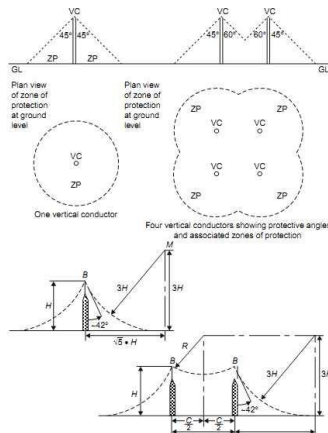
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

7

7

## Strefy osłonowe masztów i przewodów ochronnych

Metody: kąta osłonowego i tocznej kuli (RSM)




29 stycznia 2026

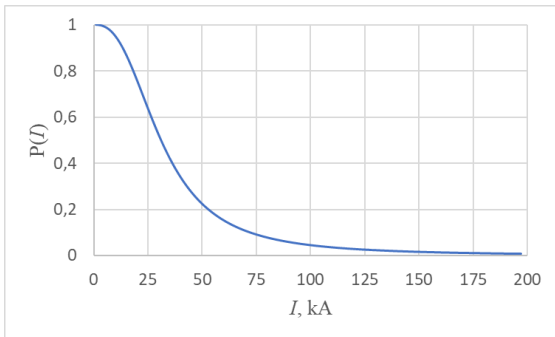
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

8

8



## Rozkład prawdopodobieństwa wartości szczytowych prądu piorunowego



$$P(I) = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{31(24)}\right)^{2,6}}$$


31 (24) kA – mediana wartości szczytowej prądu piorunowego

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

9

9



## Obliczenia w SESShield 2D (3D) – oparte na RSM i EGM

Głównym celem obliczeń jest analiza skuteczności ochrony stacji poprzez wykrywanie jej braku powodowanej dwoma zjawiskami:

- Piorun przechwycony przez maszty lub przewody odgromowe, ale powodujący przekroczenie wytrzymałości elektrycznej izolatorów (Backflash -przeskok odwrotny).
- Uderzenie pioruna bezpośrednio w urządzenie czynne (Shielding Failure – nieskuteczność ochrony).
- Standardy: IEC 62305;  
IEEE Std 998 Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

10

10

## Obliczenia w SESShield 2D

SFR (ang. Shielding Failure Rate) - zawodność działania ochronnego przewodów odgromowych określana jako liczbę uderzeń pioruna w przewód fazowy linii w ciągu roku.

$$SFR = 2N_g L \int_{I_{min}}^{I_{max}} D_c(I) f(I) dI$$

SFFOR (ang. Shielding Failure FlashOver Rate) - liczbę przeskoków na izolacji linii powstających w wyniku zawodności przewodów odgromowych

$$SFFOR = 2N_g L \int_{I_c}^{I_{max}} D_c(I) f(I) dI$$

gdzie  $I_c = \frac{2 \cdot CFO}{Z_{surge}}$  - krytyczna wartość prądu przy której następuje przeskok

$CFO$  - krytyczne napięcie przeskoku

$Z_{surge}$  - impedancja udarowa przewodu w warunkach ulotu



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

11

11

## Obliczenia w SESShield 2D – metoda RSM

Metoda toczącej się kuli (RSM) – klasy ochronności dla obiektów budowlanych PN EN 62305

LPL	Rolling Sphere Radius (m)	Peak Current $I_p$ (kA)	Percentage Strikes $> I_p$ (Interception Efficiency)
I	20.0	2.9	99.0
II	30.0	5.4	97.0
III	45.0	10.1	91.0
IV	60.0	15.7	84.0

Dla stacji elektroenergetycznych nie ma ustalonego poziomu ochrony. Maksymalny prąd udarowy, który może zostać wytrzymywany (minimalny prąd udarowy, który zostanie przechwycony), jest określany przez wartości BIL/CFO.

Promień kuli oblicza się następnie za pomocą równania  $r_c = 8 \cdot I^{0.65}$ , a jego zgodność z poziomami BIL izolatora przedstawiono w poniższej tabeli. Promienie kuli są mniejsze, ponieważ równanie stosowane w stacjach elektroenergetycznych jest bardziej konserwatywne (o 20%).

LPL	Basic Impulse Level (kV)	Rolling Sphere Radius (m)	Peak Current $I_p$ (kA)	Percentage Strikes $> I_p$ (Interception Efficiency)
I	395.0	15.98	2.9	99.0
II	750.0	24.20	5.4	97.0
III	1364.0	35.70	10.1	91.0
IV	2140.0	47.90	15.7	84.0



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

12

12

## Obliczenia w SESShield 2D – EGM

Empiryczna zależność na promień decyzji podana wzorem:  $r_c = 10 \cdot I^{0.65}$      $r_c = 8 \cdot I^{0.65}$

W równaniu na promień decyzji wprowadzono współczynnik  $k$ , który uwzględnia różne odległości uderzenia do masztów, przewodów ekranowych i do ziemi (Standardy IEEE)

$$r_c = 8 \cdot k \cdot I^{0.65} \quad k = 1, 2 \text{ dla masztów}$$

$k = 1$  dla przewodów odgromowych i powierzchni gruntu

Warianty zależności na promień decyzji (możliwe do użycia w SESShield)

Name	Electrogeometric Relation
IEEE	$d_s = 8I_p^{0.65}$
Whitehead	$d_s = 9.4I_p^{0.65}$
Love	$d_s = 10I_p^{0.65}$
Mousa	$d_s = 8kI_p^{0.65}$



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

13

13

## Analiza stacji elektroenergetycznych

Oszacowanie optymalnej wysokości systemu ochrony w oparciu o charakterystykę urządzeń stacji elektroenergetycznej, które mają być chronione, oraz sprawdzenie, czy urządzenia są prawidłowo osłonięte w przypadku uderzenia pioruna na terenie stacji.

**Dane do obliczeń:**

**Napięcie międzyfazowe** - do wyznaczenia najwyższego napięcia izolatorów (obliczenia prądu krytycznego).

**Wymiary stacji** - do wyznaczenia prawdopodobieństwa szkody piorunowej (obszaru, gęstość wyładowań).

**BIL** - poziom wytrzymałości udarowej izolacji (lub długość łańcucha izolatorów przewodów fazowych i szyn zbiorczych zainstalowanych w stacji).

**Parametry przewodów** - do określania impedancji udarowej urządzeń.

Napięcie wytrzymywane urządzeń w analizie stacji elektroenergetycznej definiuje prąd krytyczny (najwyższy poziom napięcia, jaki może być bezpiecznie wytrzymywany przez urządzenie).



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

14

14

## Analiza stacji elektroenergetycznych

Możliwe jest wyliczenie wytrzymałości napięciowej na podstawie wprowadzonych wartości geometrycznych i elektrycznych, jeśli uzna się, że najwyższy poziom napięcia występuje w izolatorach podtrzymujących przewody szyny zbiorczej. Możliwe jest obliczenie wartości wytrzymałościowej, określając długość izolatora i charakterystykę przewodów (także wiązkowych).

**Przykładowe zależności wykorzystywane w obliczeniach:**

### Promień równoważny wiązki

$$R_{eq} = \sqrt[N]{r_{11}r_{12}r_{13}\dots r_{1n}}$$

$r_{11}$  to promień przewodu;

$r_{1n}$  odległość między przewodami 1 i  $n$ ;

$N$  - liczba przewodników w wiązce

### Napięcie przeskoku na izolatorze $V$

$$V = (400 + 710/t^{0.75})L$$

$t$  - czas do przebicia

$L$  - długość izolatora

### Efekt korony - wpływa na impedancję udarową przewodów

$$Z_{nn} = 60 \sqrt{\ln\left(\frac{2h}{r}\right) \ln\left(\frac{2h}{R_c}\right)}$$

$Z_{nn}$  - impedancja udarowa wiązki przewodów

$h$  - wysokość wiązki przewodów

$r$  - promień równoważny wiązki przewodników

$R_c$  - efektywny promień wiązki wynikający z efektu korony

wyznaczany z zależności:

$$R_c \ln\left(\frac{2h}{R_c} - 1\right) = \frac{V}{E_0}$$

$E_0$  - krytyczne natężenia pola elektrycznego



29 stycznia 2026

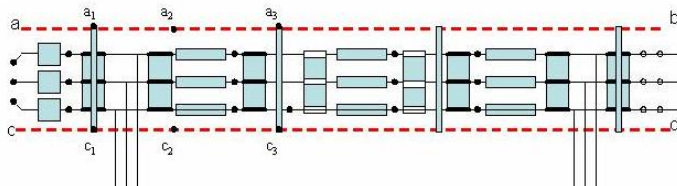
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

15

15

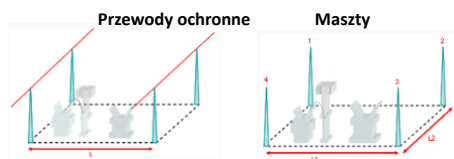
## Odwzorowanie urządzeń stacyjnych w SESShield 2D

Optymalizacja lokalizacji i konfiguracji masztów i przewodów odgromowych w celu ochrony przed bezpośrednim uderzeniem pioruna: przewodów pod napięciem, szyn zbiorczych i urządzeń.

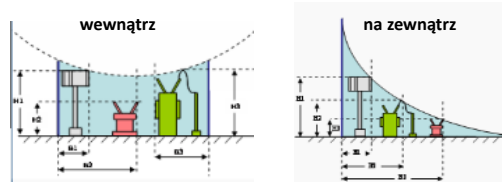


Pole podstacji z zainstalowanymi przewodami ochronnymi (przerwane czerwone linie) i masztami (punkty a1,..., an i c1,..., cn).

### Elementy ochronne



### Urządzenia stacyjne względem elementów ochronnych



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

16

16

# Wyniki obliczeń SESShield 2D

Probability of each stroke current < critical current: 9.311%

Yearly expected number of low amplitude strokes in substation area: 8.849E-04  
(A low amplitude stroke has amplitude < critical current)

-----  
 EXPOSURE OF EQUIPMENT OUTSIDE AREA: Rectangle Masts  
 -----

Limit of the Protective Zone: 29.021 m  
 Effective shielding condition:  $B_n < B_{max}$

Id	Hn(m)	Bn(m)	Bmax(m)	Comment
1	16.000	10.500	1.215	Not Shielded
2	8.000	1.750	7.794	Shielded
3	3.000	5.000	15.457	Shielded

NOTE: Bmax IS THE MAX. PERMISSIBLE HORIZONTAL SEPARATION FROM THE OUTERMOST ROW OF MASTS FOR AN EQUIPMENT POINT AT THE SPECIFIED HEIGHT

-----  
 EXPOSURE OF EQUIPMENT WITHIN AREA: Rectangle Masts  
 -----

Minimum Protective Height (Hmin): 12.866 m  
 Effective shielding condition:  $B_n < B_{max} - or - H_n < H_{min}$

Id	Hn(m)	Bn(m)	Bmax(m)	Comment
1	16.000	2.250	1.215	Not Shielded
2	14.000	6.750	2.478	Not Shielded
3	12.000	9.000	3.964	Shielded

29 stycznia 2026 III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3 17

Raport z wynikami obliczeń dotyczący wybranych danych dotyczących wyładowań atmosferycznych oraz konfiguracji podstacji i urządzeń, a także obliczony stan ekranowania monitorowanego sprzętu w podstacji.

17

# SESShield 3D

## Wizualizacja 3D urządzeń stacyjnych

## Algorytm obliczeń

```

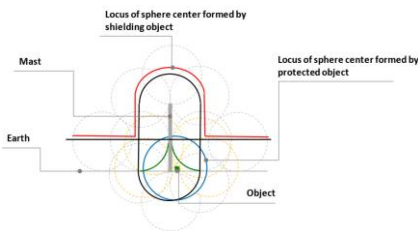
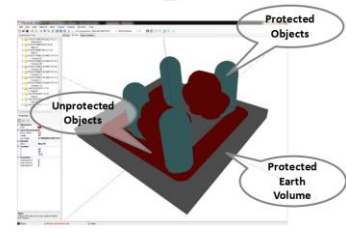
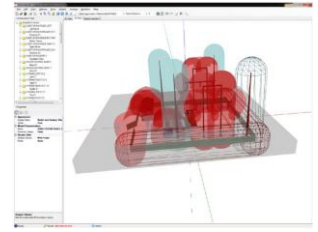
    graph TD
      A([SESShield-3D Project Development Cycle]) --> B[Identify the equipment, facilities, etc. that require protection]
      B --> C[Create a 3D model of objects representing the equipment to protect]
      C --> D[Select the analysis method]
      D --> E[Design the protection system]
      E --> F{3D model fully protects?}
      F -- No --> E
      F -- Yes --> G([End SESShield-3D Project Development Cycle])
    
```

29 stycznia 2026 III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3 18

18

# SESShield 3D

Wizualizacja 3D urządzeń stacyjnych, stref ochronnych oraz wskazanie stref niechronionych

Wizualizacja wyników analizy za pomocą kombinacji trybu przezroczystego i trybu szkieletowego.

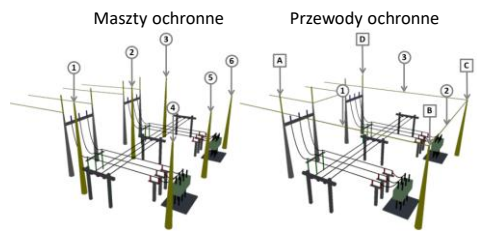
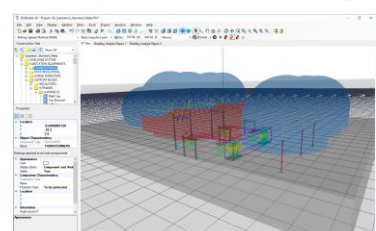
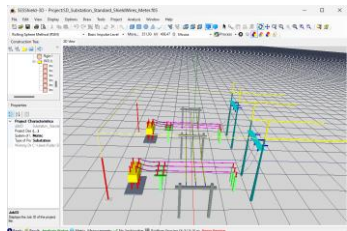
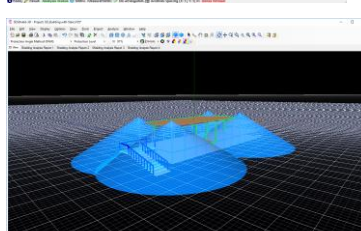
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

19

# SESShield 3D

Definiowanie układu obliczeniowego i wizualizacja wyników

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

20



# SESShield 3D – parametry i zależności obliczeniowe

$$I = \frac{2.2 * BIL}{Z_s}$$

$$Z_s = 60 \sqrt{\ln\left(\frac{2h}{R_c}\right) \times \ln\left(\frac{2h}{r}\right)}$$

$$S = 8 * k * I^{0.65}$$

$$N_g = kT^a$$

$$X_g = N_g A$$

$$P(I) = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{I_m}\right)^\alpha}$$

$$SFR = - \int_0^{+\infty} dP(I)/dI \times N_g \times A(I)dI$$



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

21

21



# SESShield 3D – parametry i zależności obliczeniowe

**Shielding System Positioning Methods**  
Provides access to shielding positioning methods supported by the program

**Process**  
Starts Shielding analysis and/or Shielding Failure analysis

**Lightning Parameters**  
Indicates how the lightning interception surfaces are defined

**Electrogeometric Models**  
Provides access to the Electrogeometric Models supported by the program

The screenshot shows the software interface with the following menu items highlighted:

- Shielding System Positioning Methods: Rolling Sphere Method (RSM), Protection Angle Method (PAM), Eriksson Electrogeometric Model (Eriksson-EGM), Standard Collection Volume Method (CVM-S), Mesh Method (MM)
- Lightning Parameters: Basic Impulse Level, Protection Level, Stroke Current, Strike Distance, Basic Imp. Use Level
- Electrogeometric Models: IEEE, Whitehead, Love
- Process: Shielding Analysis, Shielding Failure Analysis, Both



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

22

22

## SESShield 3D – raport wyników obliczeń

```

=====
SUBSTATION CHARACTERISTICS
=====

Type of system:                DC
Phase-to-phase voltage:       69.000 kV

Basic Impulse Level:          350.000 kV
Mid-span height:              10.100 m
Outside diameter of conductors: 25.400 mm
Number of conductors in the bundle: 1

Dimension of the Substation:   60.0 x 66.0 m

Type of Protection:           Shield Wires
Distance Between Two Shield Wires: 15.240 m

=====
INTERMEDIATE CALCULATION
=====

Maximum permissible insulator voltage: 350.000 kV
Equivalent bundle radius:          0.000 m

Corona radius
  Calculated value:                0.037 m
  Number of iterations used:       3

Effective surge impedance:        408.632 Ohms
Critical stroke current:          1.884 kA
Critical striking distance:       12.077 m

=====
SHIELDING FAILURE RATE
=====
Substation Area:                 3960.00 m^2

Probability for a stroke current less than 1.884 kA is 0.134%
The probability that there will be one failure per year is 1 per 0.0025 %

```



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

23

23

## Podsumowanie

- Podejście do projektowania środków ochrony odgromowej rozszerzone o parametry elektryczne urządzeń stacyjnych
- Pozwala na oszacowanie zagrożenia stacji elektroenergetycznych, tym samym optymalizację środków ochronnych – dobór konfiguracji masztów i przewodów odgromowych
- Narzędzia 3D pozwalają na wizualizację stref ochronnych środków ochrony



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

24

24

# Harmonizacja w Ukrainie standardów z ochrony odgromowej – wdrożenie, projektowanie, instalacja.



Inż. Ievgen Baranyk, Ukraiński Komitet Ochrony Odgromowej





1

Блис      кав      ка

## Od czasów starożytnych

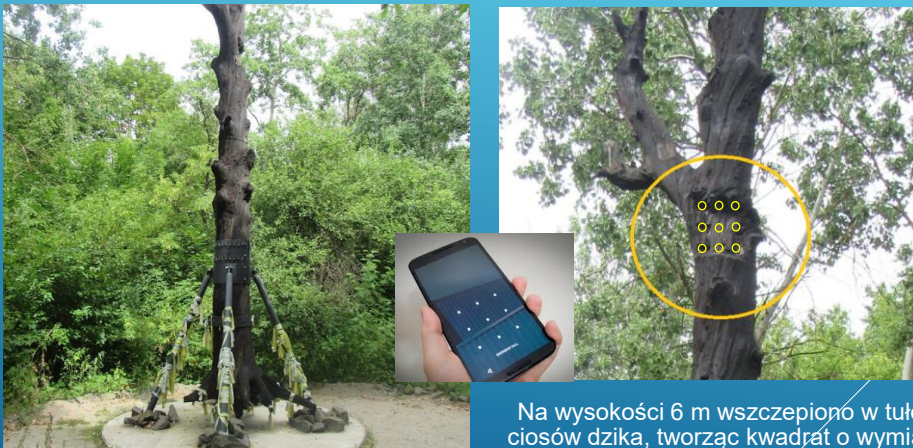



**Czwartek**

2

## Dąb był totemem starożytnych ludów zamieszkujących terytorium Ukrainy

Dąb rytualny został odkryty w 1975 roku u ujścia Desny podczas prac budowlanych. Według naukowców, żadne inne drzewo rytualne na świecie nie przetrwało tak dobrze i nie jest tak dobrze zachowane. Nazwano go Dębem Perun.



Dąb rytualny w skansenie pod Kijowem

Na wysokości 6 m wszczepiono w tułów 9 ciosów dzika, tworząc kwadrat o wymiarach trzy na trzy ciosy.

3

## Pierwsze kroki w kierunku harmonizacji norm ochrony odgromowej na rzecz przywrócenia niepodległości Ukrainy

Wraz z pojawieniem się na rynku ukraińskim zagranicznych producentów komponentów LPS, powstała luka między normami ochrony odgromowej odziedziczonymi po ZSRR a normami serii IEC 62305. Nowo utworzony Narodowy Komitet Ukrainy w IEC okazał się dogodną strukturą do uzyskania zgody IEC na tłumaczenie tej normy. Zebrano fundusze na opłacenie usług tłumaczeniowych i wkrótce projekt krajowej normy IEC 62305-3 został przekazany do Ministerstwa Budownictwa Ukrainy.



W tym czasie Krajowy Komitet Normalizacyjny i komitety techniczne znajdowały się jeszcze w fazie restrukturyzacji, a opracowany norma IEC 62305-3 dotyczyła właśnie ochrony budynków. **Jednak pewna pani przeglądająca projekt normy na korytarzu Ministerstwa odpowiedziała: „Nic, niech norma pozostanie taka, jaka jest”.**

4

## Współpraca z TC 22 w celu włączenia TC 315 w prace nad normami ochrony odgromowej

Kiedy w TC 315 utworzono grupę, która stała się podstawą podkomitetu PC2 „Zastosowanie systemów ochrony odgromowej”, konieczne stało się uzgodnienie otrzymania odpowiedniego kodu grupy według klasy:

- 91.120.01 „Ochrona zewnętrzna i wewnętrzna budynków w ogólności”;
- 91.120.40 „Ochrona odgromowa”.

Kody te zostały przypisane do TC 22 „Kompatybilność elektromagnetyczna i odporność urządzeń radioelektronicznych, elektronicznych i elektrycznych”.

Chociaż „lustrzanym” komitetem dla TC 22 jest Komitet Techniczny Kompatybilności Elektromagnetycznej (EMC) IEC TC 77, kod 91.120.40 również należał do tego TC, chociaż w IEC normy te są obsługiwane przez TC81 Ochrona odgromowa.



5

## Współpraca z TC 22 w celu włączenia TC 315 w prace nad normami ochrony odgromowej

Niemniej jednak, dobre relacje między naukowcami i ekspertami w dziedzinie ochrony odgromowej pozwoliły na osiągnięcie porozumienia między dwoma komitetami Ukrainy w następujących kwestiach:

- Komitet TC 315 otrzymuje kod 91.120.40 „Ochrona odgromowa” i będzie opracowywał normy dotyczące ochrony budynków i budowli;
- Komitet TC 22 będzie nadal zajmował się kompatybilnością elektromagnetyczną (EMC) i ochroną odgromową innych obiektów;
- Przedstawiciel TC 22 w IEC TC81 i w CLC/TC 81X (status O-memer) będzie również udzielał wsparcia informacyjnego Komitetowi TC 315.

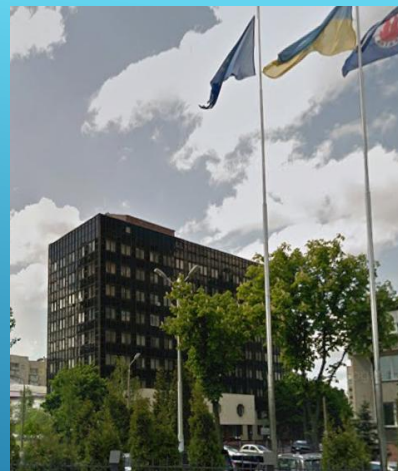


6

## Ustawa Ukrainy „O normalizacji”. Utworzenie Krajowej Organizacji Normalizacyjnej (UAS).

Ustawa Ukrainy „O normalizacji”, która weszła w życie 3 stycznia 2015 r., stworzyła warunki do dostosowania krajowego systemu normalizacji do norm i zasad międzynarodowych i europejskich, a także do wdrożenia Układu o stowarzyszeniu między Ukrainą z jednej strony a Unią Europejską z drugiej strony.

Zgodnie z zarządzeniem Gabinetu Ministrów Ukrainy z dnia 26.11.2014 r. nr 1163 „W sprawie definicji przedsiębiorstwa państwowego pełniącego funkcje krajowej jednostki normalizacyjnej”, funkcje Krajowej Organizacji Normalizacyjnej (UAS) pełni przedsiębiorstwo państwowe „Ukraińskie Naukowo-Badawcze Centrum Szkoleniowe ds. Normalizacji, Certyfikacji i Problemów Jakości” (dalej „UkrNDNC”).



Do 2024 r. UAS przeprowadziła szeroko zakrojone i owocne prace nad tworzeniem komitetów normalizacyjnych oraz udziałem ich przedstawicieli w międzynarodowych i regionalnych komitetach normalizacyjnych. W ramach programu TWINNING przedstawiciele jednostek normalizacyjnych z krajów europejskich przyjechali do Kijowa, aby podzielić się swoim doświadczeniem. Udzielili oni pomocy w rewizji norm serii „Krajowa Normalizacja”.

7

## UAS w poprzednich latach i po schwytaniu przez rabusiów

W kolejnych latach pandemia, a później atak koronawirusa, spowolniły pracę naszego TC 315.

Od 2024 roku, po zmianach w kierownictwie, UAS przekształcił się w mechanizm wypompowywania forsy. Z powodu braku funduszy spadły pensje pracowników etatowych, a doświadczeni eksperci standaryzacyjni odeszli z organizacji. TC 315 odczuł te zmiany z powodu załamania komunikacji z UAS. Decyzje organizacyjne podejmowane przez TC nie są sformalizowane poleceniami UAS przez miesiące, nie ma odpowiedzi na pisma z TC, a telefony UAS nie odpowiadają.



8

## Harmonizacja norm ochrony odgromowej, rok po roku. 2019

W tym okresie, dzięki wsparciu finansowemu operatora głównych sieci elektrycznych „Ukrenergo”, TC 315 opracował, stosując metodę identycznego tłumaczenia:



- DSTU EN 62561-1:2019 Elementy instalacji odgromowej (LPSC). Arkusz 1. Wymagania dotyczące elementów przyłączeniowych (EN 62561-1:2017, IDT; IEC 62561-1:2017, IDT);



- DSTU EN IEC 62561-2:2019 Elementy instalacji odgromowej (LPSC). Arkusz 2. Wymagania dotyczące przewodów i uziomów (EN IEC 62561-2:2018, IDT; IEC 62561-2:2018, IDT).

Jednakże najważniejszym osiągnięciem tegorocznej sesji TC 315 było przyjęcie normy DSTU IEC EN 62305-3 Ochrona odgromowa. Arkusz 3. Uszkodzenia fizyczne budynków (konstrukcji) i zagrożenie życia.

Aby zebrać fundusze na opłacenie obowiązkowych usług odbioru UAS, z inicjatywy TC 315 zorganizowano we Lwowie konferencję z ochrony odgromowej.



*Dawny Dom Niepełnosprawnych, zbudowany na rozkaz cesarza Franciszka Józefa dla weteranów armii austriackiej*

9

## Harmonizacja norm ochrony odgromowej, rok po roku. 2022

Eksperti z TC 315 opracowali normę DSTU IEC EN 62305 – Arkusze 1, 2 i 4, którą pod koniec roku przedłożyli do zatwierdzenia w UAS. Brak funduszy, abym zapłacić do UAS, uniemożliwił przyjęcie tych norm.

Jednakże przyjęto normę DSTU EN IEC 62858:2022 „Gęstość wyładowań atmosferycznych w oparciu o system lokalizacji wyładowań atmosferycznych”, opracowanej za metodą identycznej translacji w TC 315. Postanowienia ogólne. (EN IEC 62858:2019, IDT; IEC 62858:2019, MOD), co pozwoliło naszym projektantom na wykorzystanie informacji o gęstości wyładowań atmosferycznych na podstawie danych z segmentu ukraińskiego *global Earth Networks Total Lightning Network (ENTLN)*.

*Ukraine utilizes its own segment of the global Earth Networks Total Lightning Network (ENTLN), known as the Ukrainian Total Lightning Network (UTLN), with 12 sensors detecting cloud-to-ground (CG) and in-cloud (IC) flashes across the country, integrating with global networks like the World Wide Lightning Location Network (WWLLN).*

Przy wsparciu finansowym „OBO Bettermann Ukraine LLC”, został przyjęty za metodą translacji DSTU IEC TS 62561-8:2022 Elementy systemu ochrony odgromowej (LPSC). Arkusz 8. Wymagania dotyczące elementów izolowanego LPS.



10

## Harmonizacja norm ochrony odgromowej, rok po roku. 2023 - 2025

Wraz z początkiem zbrojnej agresji rozzji, ryzyko piorunów „utonęły” w ryzykach wojny, a nasze próby znalezienia funduszy na przyjęcie przez UAS opracowanych norm spotkały się z odpowiedzią – „nie na czas”. Będziemy mogli wykorzystać tłumaczenia dostępne w TC 315 do opracowania nowych wydań (Ed. 3.0) tych arkuszy normy IEC EN 62305.

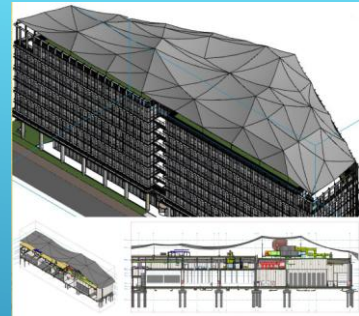


Jak wspomniano wcześniej, komunikacja z UAS nie uległa poprawie. Komitety techniczne musiały poświęcić dużo czasu i zasobów na wypełnianie licznych raportów na prośbę UAS. Wyglądało na to, że tamci utracili swoje archiwum i teraz starają się je odzyskać z naszą pomocą. Ponadto napływały żądania opłacenia nowych usług UAS, w tym szkoleń dla kierownictwa TC, a także przeprowadzenia każdej z planowanych prac nad normami.

11

## Plany TC 315 na rok 2026

- Krajowy program normalizacyjny na rok 2026 obejmuje:
- opracowanie normy DSTU IEC EN 62305-3, Ed. 3.0 – z wykorzystaniem identycznej metody tłumaczenia. Dzięki udziałowi ekspertów z nowych członków TC 315, pierwsza wersja tłumaczenia jest już gotowa.
  - przyjęcie normy DSTU IEC 62793 Ochrona odgromowa. Systemy ostrzegania przed burzami (EN IEC 62793:2020) z wykorzystaniem metody przedruku. Ta metoda będzie wiązać się z mniejszymi wydatkami na usługi UAS.



12

## Oficjalne przyjęcie DSTU IEC/EN i ich rzeczywiste postrzeganie na rynku ochrony odgromowej w Ukrainie

W pewnym roku audytorzy z UE odwiedzili Ukrainę, aby zbadać gotowość do zawarcia umowy ACAA. W tym celu UAS powołał grupę ekspertów spośród członków TC. Autor niniejszego raportu miał okazję być wśród osób, które odpowiedziały na pytania europejskich audytorów. Zagraniczni goście byli zadowoleni z wyników, a nasi eksperci otrzymali podziękowania od UAS.

Kolejnym problemem jest to, w jakim stopniu przy projektowaniu systemów ochrony odgromowej, ich instalowaniu, produkcji podzespołów i konserwacji zainstalowanych systemów brane są pod uwagę normy zharmonizowane.



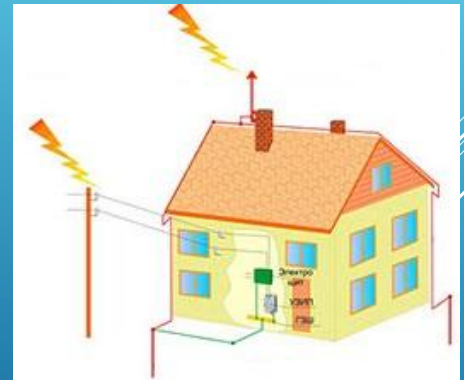
13

## Kto szkoli ukraińskich projektantów?

Szkoleniem i certyfikacją kwalifikacji projektantów zajmuje się monopolista – Cech Projektantów, który uzyskał część uprawnień przysługujących organizacjom samoregulującym. Ustawa Ukrainy „O organizacjach samoregulacyjnych”, w przygotowaniu której uczestniczył również autor niniejszego raportu, od 2020 roku leży odłogiem w Radzie Najwyższej Ukrainy.



Certyfikaty ukraińskich projektantów wskazują na: ochronę budynków przed hałasem i ochronę przed piorunami. Najwyraźniej Cech nie dostrzega dużej różnicy, a szkolenie z ochrony odgromowej polega na obejrzeniu nagrania wideo z webinarium jednego z ukraińskich producentów komponentów.



14

### Producenci komponentów LPS w Ukrainie i zgodność z wymaganiami serii IEC 62561

Obecnie w Ukrainie produkuje się jedynie takie komponenty LPS, jak uchwyty i złącza przewodów, elektrody uziemiające oraz zwody. W wielu przypadkach kwestia potwierdzenia zgodności komponentów LPS z wymaganiami serii norm IEC 62561 pozostaje otwarta, których wszystkie 8 arkusze zostały przyjęte w Ukrainie (1, 2 i 8 w identycznym tłumaczeniu, pozostałe metodą rozpoznania). Problem tkwi w braku laboratoriów badawczych w Ukrainie certyfikowanych zgodnie z wymogami UE.

Jesienią 2023 roku, w celu znalezienia możliwości dostarczenia Ukrainie niezbędnego sprzętu badawczego, autor niniejszego raportu został wysłany do BRNA w celu wzięcia udziału w serii spotkań «Kontakt-kontrakt series of organised B2B meetings».



Wyniki kilku spotkań były takie same: **„Przyjdźcie do naszego laboratorium ze swoimi produktami. Nie mamy zamiaru tworzyć dla nas konkurencji w zakresie przeprowadzania testów w Ukrainie”.**

15

### Stowarzyszenia publiczne przedsiębiorstw zajmujących się ochroną odgromową.

Powstawanie stowarzyszeń społecznych w dziedzinie ochrony odgromowej wpisuje się w proces odbudowy społeczeństwa obywatelskiego w Ukrainie, na gruzach systemu totalitarnego. Ukraiński Komitet Ochrony Odgromowej powstał w ramach stowarzyszenia społecznego „Naukowo-Techniczny Związek Energetyków i Elektryków Ukrainy” (UKZB GO „NTSEU”). Ponieważ w skład komitetu wchodzi wyłącznie osoby fizyczne, nie ma materialnych podstaw do efektywnej działalności. Dlatego też podpisana w Rzeszowie podczas konferencji ICLP umowa o współpracy z PKOO jest dla nas bardzo przydatna.



**Przedsiębiorstwa zajmujące się projektowaniem, instalacją i konserwacją instalacji odgromowych w Ukrainie nie zdołały dotychczas zjednoczyć się w bardziej skutecznej organizacji pozarządowej, która mogłaby wpłynąć na rynek zabezpieczeń odgromowych.**

16

## Jak zachęcić przedsiębiorstwa do udziału w harmonizacji norm

Działalność ta została zainicjowana poprzez TC 315. Dzięki szczegółowej prezentacji Mareka Łobody ubiegłego roku na TOOP#2, dotyczącej planów IEC TC81, odbyło się webinarium dla firm zajmujących się projektowaniem, instalacją i konserwacją instalacji odgromowych. Przedstawiono ważne informacje dotyczące spodziewanych zmian w normach IEC. Ponadto udział w tym webinarium wiązał się z opłatą, co zwróciło uwagę na potrzebę wsparcia finansowego procesów normalizacyjnych.

Oprócz uzupełnienia składu TC 315 o członków bezpośrednio zaangażowanych w pracę nad systemami OO, na platformie Telegram uruchomiono grupę „Club LPS”, gdzie wciąż trwa ożywiona dyskusja na temat problemów technicznych i organizacyjnych, w szczególności:

- braków w szkoleniu projektantów;
- niskiej jakości projektów;
- błędnych rozwiązań technicznych, które nie spełniają wymagań norm;
- niewystarczające zrozumienie potrzeby zapewnienia odporności LPS na korozję, zgodnie z wymaganiami norm.

***Moje wystąpienie kończy się ilustrowanym spisem niektórych tematów tych dyskusji.***



*Zły producent jest bratem złego instalatora.*

17

## Krótki przegląd przykładów dyskusji na „LPS Club” Telegram na temat rozwiązań technicznych dotyczących LPS i ich zgodności z wymaganiami normy IEC 62305

### Zastosowanie instalacji odgromowych z efektem ESE zgodnie z normą NF C 17-102.

W Ukrainie rolę przepisów europejskich pełnią Przepisy budowlane stanu (DBN). Zgodnie z ukraińską ustawą „O normalizacji”, normy (DSTU) określone w tych DBN są obowiązkowe. Norma DSTU IEC EN 62305 (wszystkie 4 arkusze) jest wymieniona w DBN - 56, który dotyczy systemów ochrony przeciwpożarowej. Wspomniana norma francuska nie jest tu wymieniona. W związku z tym zgodność z wymaganiami DSTU IEC EN 62305 jest obowiązkowa.



W 2019 roku UAS otrzymał od Międzypaństwowej Rady Normalizacyjnej, Metrologii i Certyfikacji wniosek o przyjęcie opracowanej na Białorusi międzypaństwowej normy GOST „Ochrona odgromowa. Ochrona budynków i terenów otwartych przed wyładowaniami atmosferycznymi za pomocą piorunochronów (odgromników) z emisją strumieniową” (BY. 1.004-2017). Z powodu negatywnej opinii ekspertów TC 22 i TC 315, Ukraina odrzuciła ten wniosek, ponieważ taki GOST jest sprzeczny z normą DSTU IEC EN 62305. Następnie, po zajęciu przez Rosję Krymu i części naszych wschodnich terytoriów, Ukraina opuściła Radę Międzypaństwową.

18

## Krótki przegląd przykładów dyskusji na „LPS Club” Telegram na temat rozwiązań technicznych dotyczących LPS i ich zgodności z wymaganiami normy IEC 62305

### Zastosowanie instalacji odgromowych z efektem ESE zgodnie z normą NF C 17-102.

Zwolennicy systemów ESE nie poddali się. W Ukrainie, oprócz norm państwowych (DSTU), ustawa „O normalizacji” przewiduje możliwość istnienia norm organizacji dobrowolnie stosowanych (SOU). Wykorzystując ten przepis, niewielka grupa obywateli utworzyła stowarzyszenie społeczne „Działalność Regulacyjna i Rozwój” (NGA RAD), które w 2021 roku przyjęło SOU „Systemy ochrony odgromowej z wyprzedzającą emisją strumienia”, powtarzając przepisy NF C 17-102. Ten precedens stwarza lukę prawną dla projektantów, którzy, naruszając przepisy DBN, dotyczące ochrony przeciwpożarowej, projektują LPS na urządzeniach ESE.



19

## Krótki przegląd przykładów dyskusji na „LPS Club” Telegram na temat rozwiązań technicznych dotyczących LPS i ich zgodności z wymaganiami normy IEC 62305

### Konieczność ochrony odgromowej instalacji fotowoltaicznych.

Zniszczenie systemów energetycznych przez rozryski agresora zmusza konsumentów do budowy niezależnych źródeł energii elektrycznej, wśród których ważne miejsce zajmuje fotowoltaika, której rozwój jest wspierany przez państwo. Tu ponownie widać lukę między przyjęciem DSTU IEC EN a ich rzeczywistą implementacją w codziennej praktyce. Dlatego dyskusje na platformie „LPS Club” nie uwzględniają wyników oceny ryzyka zgodnie z normą IEC 60364-4-44, lecz ograniczają się do rozważań ogólnych. Przecież normy te są przyjmowane w Ukrainie metodą rozpoznania – bez tłumaczenia, w języku oryginalnym.



**Praktyka wyłaniania zwycięzcy w przetargu, gdzie głównym (a często jedynym) kryterium jest cena projektu, nie pozostawia projektantom możliwości zakupu norm i czasu na ich lekturę.**

20

### Krótki przegląd przykładów dyskusji na „LPS Club” Telegram na temat rozwiązań technicznych dotyczących LPS i ich zgodności z wymaganiami normy IEC 62305

#### Stosowanie biednarki zamiast przewodów okrągłych na rufie z dachówki ceramicznej.



Typowym rozwiązaniem jest użycie okrągłego przewodu o średnicy  $\varnothing 8$  mm, więc możliwość wykorzystania dla tego biednarki wydaje się wątpliwa.

Dodatkowo mogą wystąpić trudności ze znalezieniem odpowiednich uchwytów.



21

### Krótki przegląd przykładów dyskusji na „LPS Club” Telegram na temat rozwiązań technicznych dotyczących LPS i ich zgodności z wymaganiami normy IEC 62305

#### Układanie przewodów odprowadzających w rurach PCV.



Normy nie uwzględniają tego wymogu, a dodatkowo pojawia się problem z mocowaniem przewodów z maksymalnym odstępem 1 m. Normy nie wymagają również umieszczania złączy probierczych w puszkach przyłączeniowych. Wątpliwości te potęguje fakt, że instalacja została przeprowadzona niedbale (w rzeczywistości w puszcze nie ma żadnego złącza).



22

## Krótki przegląd przykładów dyskusji na platformie Telegram na temat rozwiązań technicznych dotyczących LPS i ich zgodności z wymaganiami normy IEC 62305

### Układanie przewodów odprowadzających w rurach PCV.



Dodatkowym problemem jest to, że niektórzy dostawcy rur PCV do LPS **pozycjonują je jako środek ochrony przewodów uziemiających przed napięciem dotykowym.** To stwierdzenie nie wytrzymuje krytyki w świetle wymagań normy DSTU IEC TS 62561-8:2022 „Elementy instalacji odgromowej (LPSC). Arkusz 8. Wymagania dotyczące elementów do izolowanych LPS”. Norma ta została przetłumaczona i obowiązuje w Ukrainie. Problemem jest brak odpowiedniej kontroli technicznej na rynku ochrony odgromowej.

Próbki rur z polipropylenu poddano działaniu impulsu o napięciu 100 kV w postaci 1,2/50 bez przebiecia.

Testy przeprowadzono w hali wysokiego napięcia instytutu «Mołnija»



Рисунок 1 – Зразки труби поліпропіленової NA1501 20/12

Rura z polipropylenu ze ścianą boczną o grubości 3 mm.

23

## Krótki przegląd przykładów dyskusji na „LPS Club” Telegram na temat rozwiązań technicznych dotyczących LPS i ich zgodności z wymaganiami normy IEC 62305

### Brak prawidłowego zabezpieczenia antykorozyjnego wejścia do systemu uziemienia.



Dla członków „LPS Club” przeprowadzono webinarium na podstawie artykułu „Podstawowe błędy przy projektowaniu i budowie uziomów fundamentowych”, [Zielenkiewicz M.](#), [Maksimowicz T.](#)

24

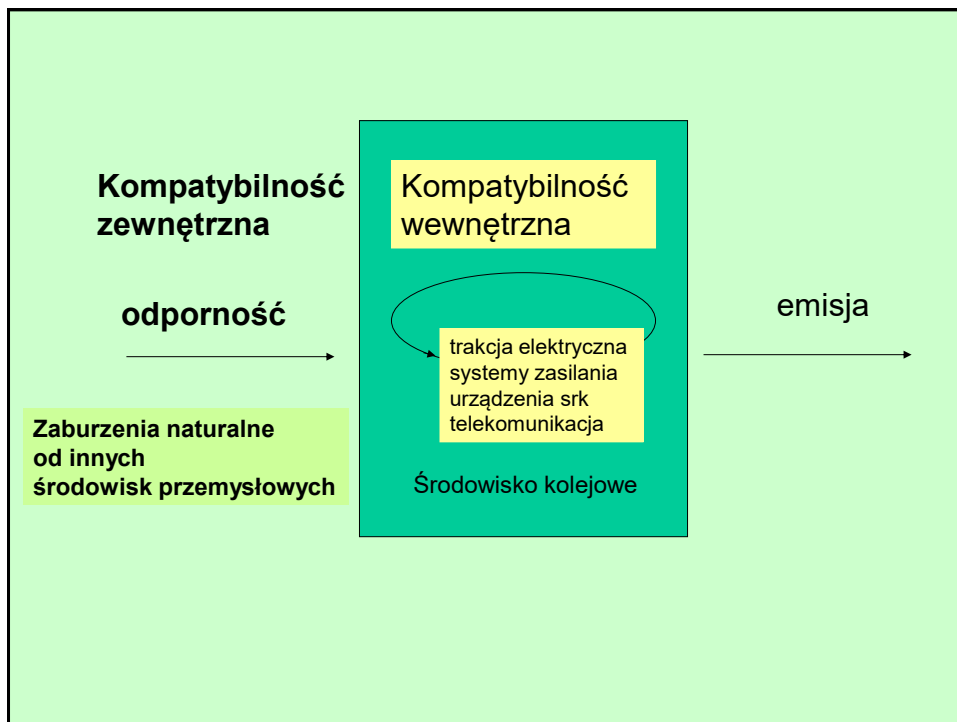


**Raport zakończony.  
Dziękuję za uwagę!**

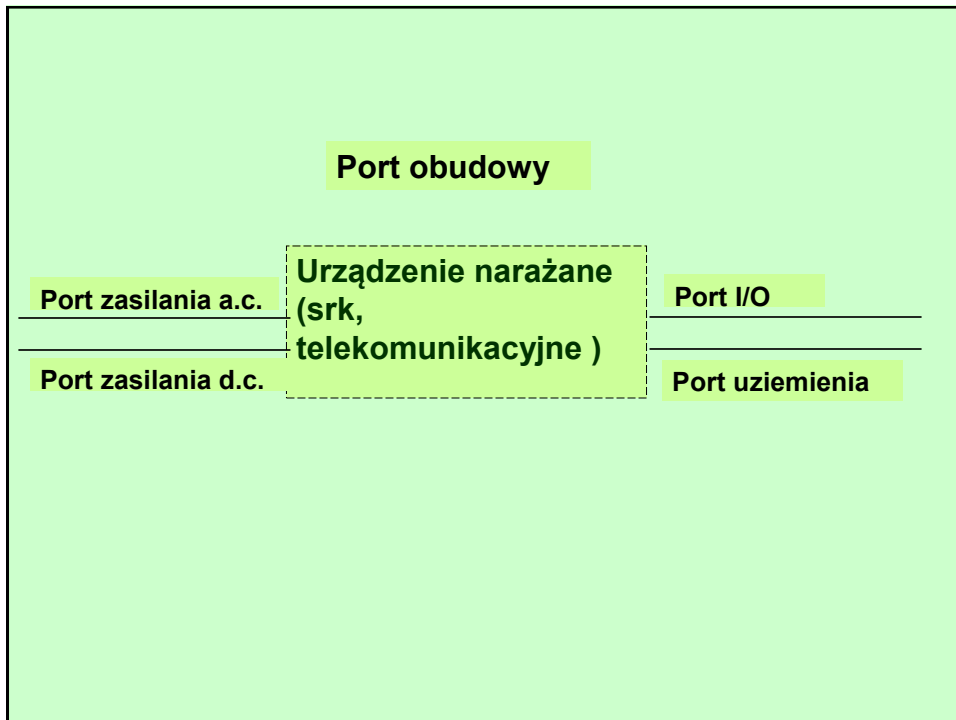
# PROBLEMY KOMPATYBILNOŚCI ELEKTROMAGNETYCZNEJ W POLSKIM KOLEJNICTWIE

dr inż. Zofia WRÓBEL  
PKP Polskie Linie Kolejowe SA  
Zakład Linii Kolejowych  
w Rzeszowie

1



2



3

### Charakterystyka kolejowego środowiska w obszarze EMC

Środowisko kolejowe w zakresie EMC charakteryzuje:

- znaczna rozległość obszarowa,
- sąsiedztwo wielokilometrowe kabli zasilających, sygnałowych, sterujących, telekomunikacyjnych itp.,
- współistnienie obwodów, urządzeń wysokonapięciowych i niskonapięciowych,
- złożoność i wzajemne powiązanie podsystemów,
- stosowanie urządzeń różnych generacji,
- różnorodność systemów zasilania i ich konfiguracji,
- przenoszenie energii zasilającej do pociągów w ruchu przez zestyki ślizgowe,
- niesymetria obciążenia w poszczególnych fazach,
- zmienne i równoczesne generowanie zaburzeń od wielu źródeł.

4

### Opracowane tematy:

**1. Generatory udarów - wykonanie pomiarów i modelowania narażeń przepięciowych dla udarów:**

- udar kombinowany: napięciowy 1,2 / 50  $\mu$ s i prądowy 8 / 20  $\mu$ s (pomiarzy wykonano w Instytucie Kolejnictwa),
- udar kombinowany: napięciowy 10 / 700  $\mu$ s i 5 / 320  $\mu$ s (pomiarzy wykonano w Instytucie Kolejnictwa),
- udar 5 / 50 ns (pomiarzy udaru 5 / 50 ns wykonano w Movares - BT ZWUS, dodatkowo wykonano pomiarzy udarów napięciowy 1,2 / 50  $\mu$ s i prądowy 8 / 20  $\mu$ s oraz wybranych ochronników produkcji BT ZWUS).

**2. Ochronniki - wykonanie pomiarów i wybór adekwatnych fizycznie matematycznych modeli ochronników i ich elementów:**

(pomiarzy wykonano w Instytucie Kolejnictwa),

- warystory,
- diody,
- dławiki,
- odgromniki gazowe,
- wybrane układy ochronników.

**3. Wykonanie pomiarów narażeń w układach rzeczywistych.**

5

**4. Linia potrzeb nietrakcyjnych (LPN) - modelowanie elementów linii potrzeb nietrakcyjnych w programach EMTP- ATP i LtSpice - wykonano:**

- model linii potrzeb nietrakcyjnych,
- model ochronnika (odgromnik zaworowy),
- model izolatora,
- uproszczony model transformatora.

**5. Sieć trakcyjna - modelowanie elementów sieci trakcyjnej przy wymuszeniu piorunowym** (korzystanie z wykonanych przez Instytut Kolejnictwa prac dotyczących pomiarów dla uszynień indywidualnych i grupowych, korzystanie z wyników prac wykonanych na zlecenie PKP PLK S. A. – pomiarzy sieci trakcyjnej w terenie i na torze w Żmigrodzie) **i zwarcia-** (korzystanie z materiałów z firmy Elcho) **opracowano modele elementów :**

- sieci trakcyjnej dla uszynień grupowych i indywidualnych:
- modele elementów: sieć trakcyjna, sieć szynowa, kabel, słup, izolator, ochronnik warystorowy, odgromnik różkowy, iskiernik i zwiernik do ochrony uszynień grupowych, podstacja trakcyjna, pojazd szynowy.

**6. Porównanie wyników pomiarów z wynikami symulacji narażeń przepięciowych sieci trakcyjnej, wybranych ochronników i odgromników różkowych.**

6

**7. Kable - opracowano:**

- model kabla wielożyłowego oraz przeprowadzono analizę zagrożenia przepięciowego miedzianych kabli wielożyłowych,
- zaproponowano zastępowanie kabli miedzianych światłowodami do transmisji w sygnalizacjach przejazdowych.

**8. Analiza ryzyka uszkodzeń urządzeń srk i sieci trakcyjnej wg normy PN EN 62305:**

Za zgodą PKP PLK Zakładu Linii Kolejowych w Rzeszowie, na podstawie udostępnionych, wykonanych na zlecenie zakładu wyników lokalizacji uderzeń, wykonano analizę ryzyka dla dwóch rzeczywistych obiektów, w pobliżu których wystąpiły przepięcia pochodzenia atmosferycznego powodując uszkodzenia. W wyniku analizy ryzyka zaproponowano:

- doposażenie obiektów w elementy ochrony przepięciowej w obwodach sygnalizacji przejazdowych doprowadzanych z terenu do nastawni dysponującej, którymi przedostały się przepięcia- uwagi zgłoszono do Zakładu Linii Kolejowych w Rzeszowie,
  - sposób zabezpieczenia układów zasilających samoczynną blokadę liniową od strony linii potrzeb nietrakcyjnych i kabli łączących poszczególne odstępy blokady liniowej.
- o obecnie jest prowadzona analiza trzeciego obiektu zawierającego 22 przejazdy kolejowe, na terenie którego zostanie zainstalowana sieć trakcyjna.

7

**9. Napięcia indukowane w linii LPN i sieciach trakcyjnych.**

analizy wykonywano w pakiecie LIOV oceniając narażenia urządzeń srk, sieci trakcyjnych i linii potrzeb nietrakcyjnych na uszkodzenia powodowane napięciami indukowanymi.

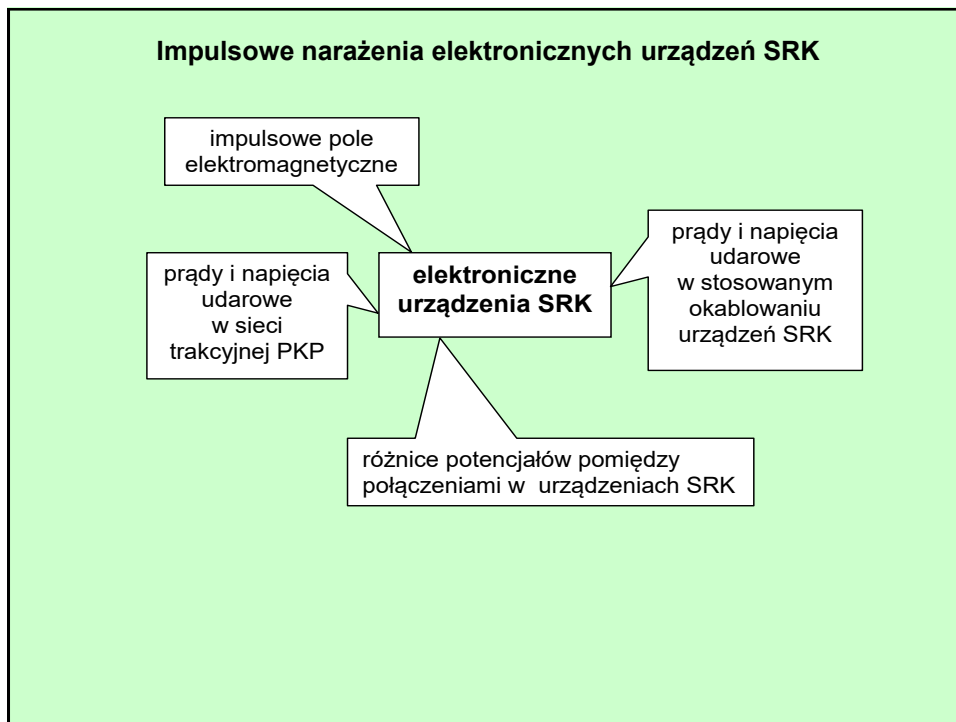
**10. Badania poziomów zaburzeń radioelektrycznych i impulsowych zaburzeń elektromagnetycznych w energetycznej sieci niskiego napięcia**

(uczestniczenie w pomiarach na zlecenie PKP i Instytutu Kolejnictwa - na torze badawczym w Żmigrodzie). Wybrane materiały zamieszczono w publikacjach.

**11. Zastosowanie sieci neuronowych - Model generatora udaru kombinowanego (napięciowy 1,2 / 50  $\mu$ s i prądowy 8 / 20  $\mu$ s).**

**12. Zastosowanie odnawialnych źródeł energii w układach zasilania urządzeń kolejowych i ich ochrona przepięciowa.**

8



9

### Pomiar parametrów udaru napięciowego 1,2/50 $\mu$ s i 10/700 $\mu$ s oraz prądowego 8/20 $\mu$ s i 5/320 $\mu$ s

w Laboratorium Badań Urządzeń Sterowania Transportu Szynowego Firmy Movares Polska spółka z o.o. w Katowicach, która współpracowała z BT ZWUS

Generator Schafner NSG 2050 i oscyloskop Tektronix TDS 3052B

10

### Stanowisko pomiarowe w Laboratorium Kompatybilności przy Centrum Naukowo - Technicznym Kolejnictwa w Warszawie

**generator uderu kombinowanego**

Parametr	Jednostka	Wartości montażowe	Wartości dla modelu v	Wartości dla modelu v-c	Wartości z lit. [2]	Wartości z lit. [8]	Wartości z lit. [9]
$C_g$	F	12	12.25	12	5.93	5.75	5.75
$L_m$	H	20	22.7	9.1	10.9	9.7	11
$R_1$	$\Omega$	0.8	0.61	1.302	0.814	0.78	0.78
$R_2$	$\Omega$	15	6.81	7.8	20.2	21	21
$R_m$	$\Omega$	25	25	30	26.1	26	26
$Z_1$	$\Omega$	1.94	1.977	1.994	2.04	1.93	2.03
		-8.9E-17			-0.13	-0.05	-0.14

Typ generatora: Haefely PC6-288.1 i filtru: Haefely FP 20/3-3.2

**kondensator sprzęgający**

**system rejestracji**

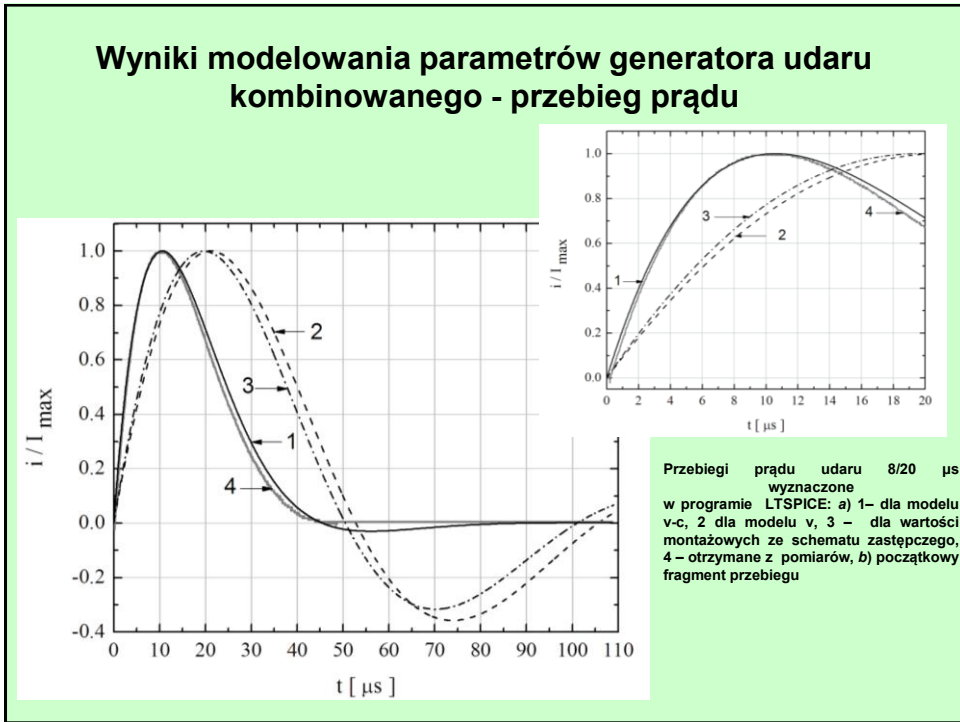
**obciążenie**

11

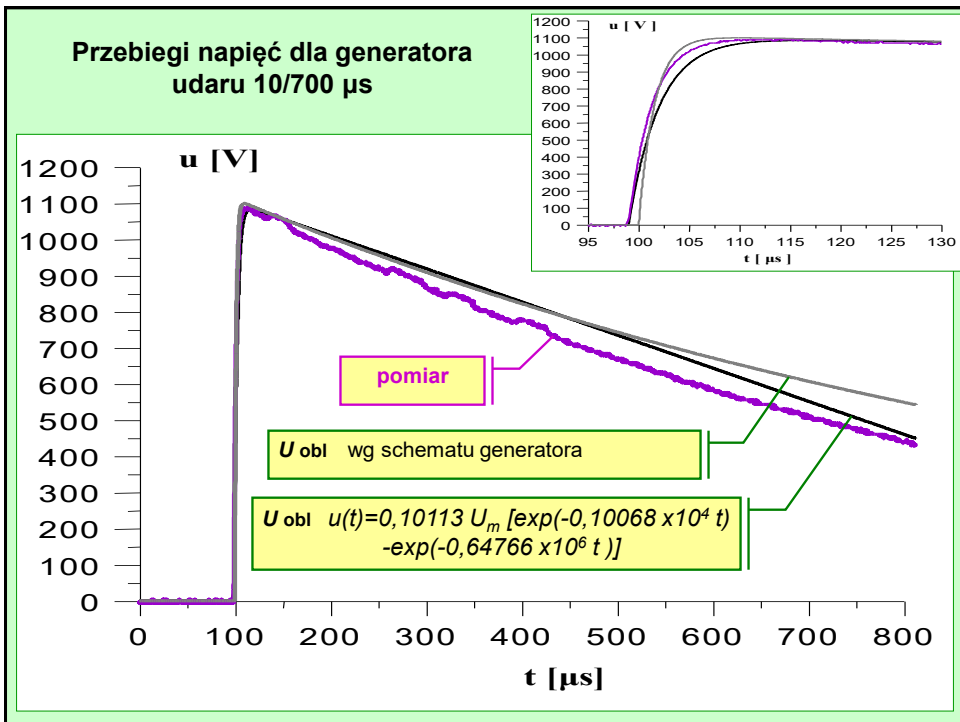
### Wyniki modelowania parametrów generatora uderu kombinowanego - przebieg napięcia

Przebiegi napięcia uderu 1,2/50  $\mu$ s wyznaczone w programie LTSPICE: a) 1- dla modelu v-c, 2 dla modelu v, 3 - dla wartości montażowych ze schematu zastępczego, 4 - otrzymane z pomiarów, b) początkowy fragment przebiegu

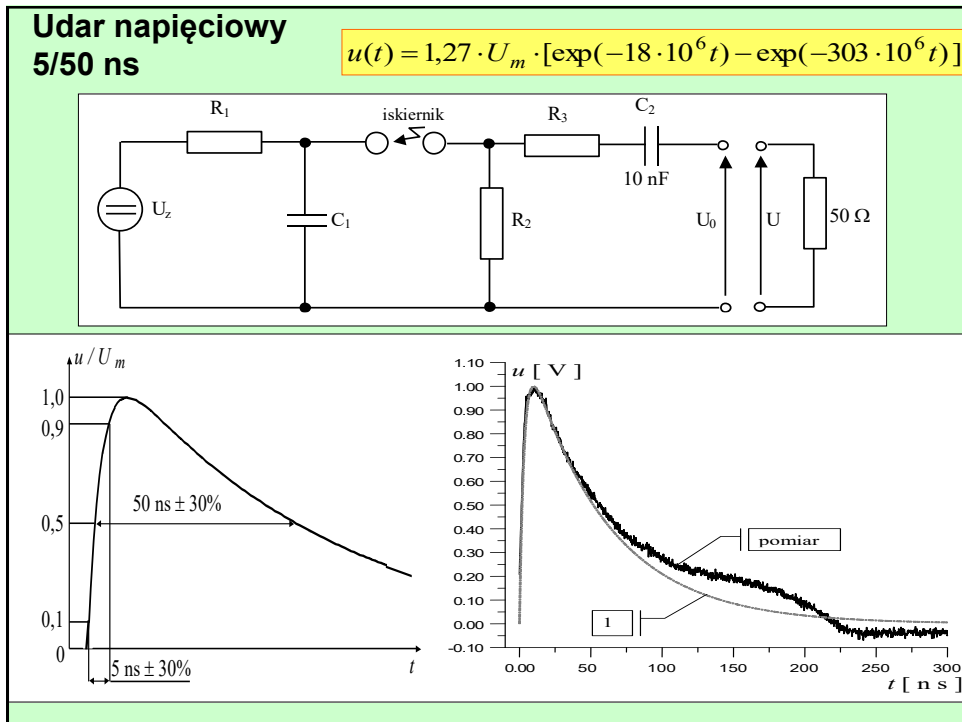
12



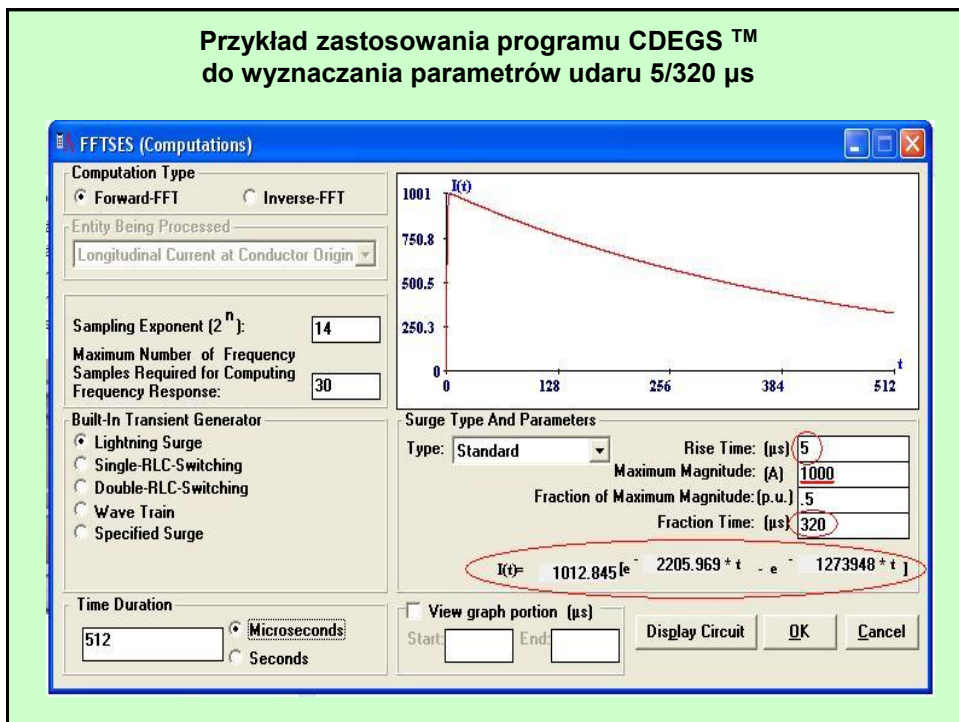
13



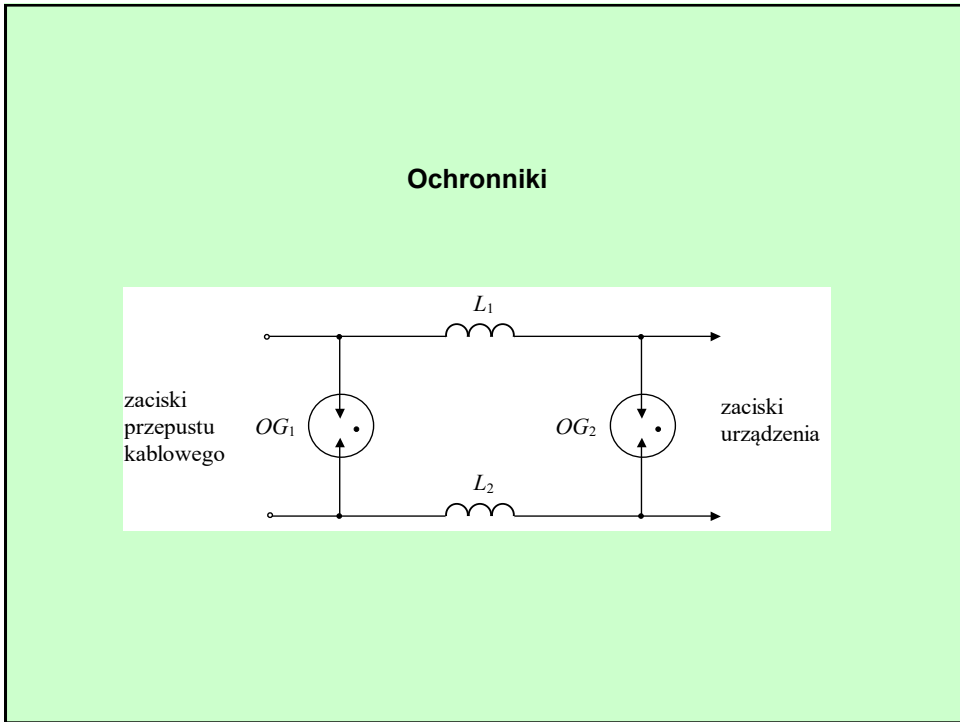
14



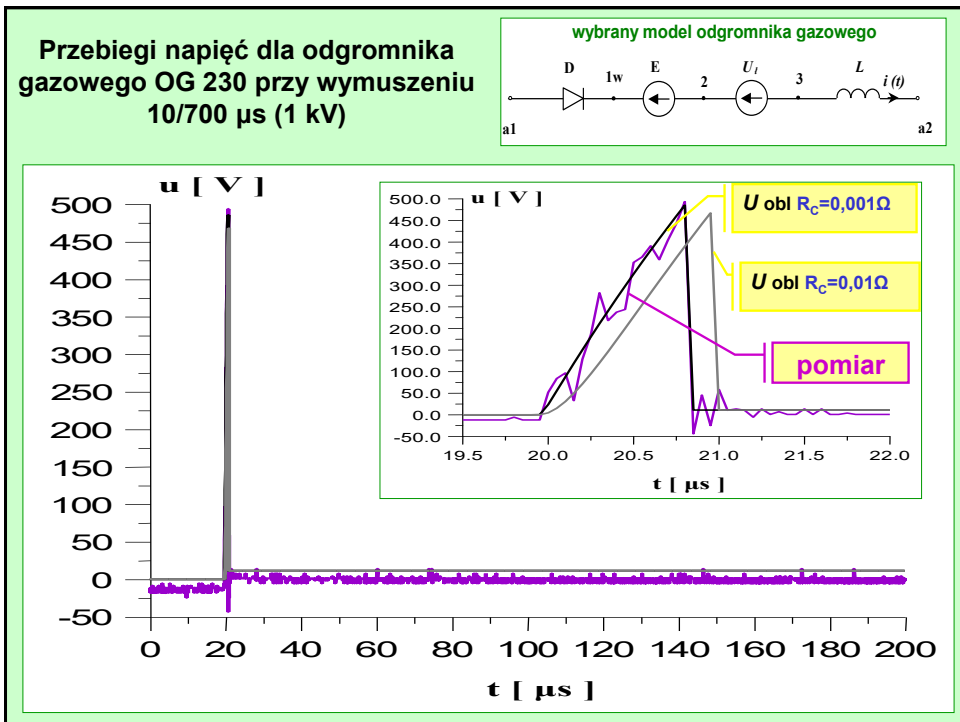
15



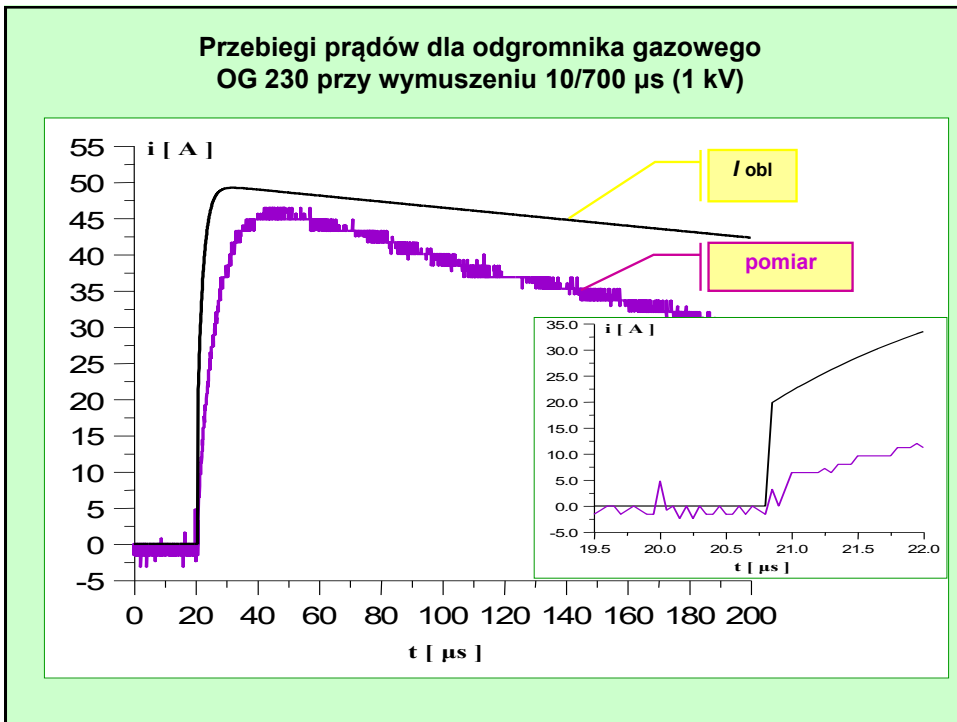
16



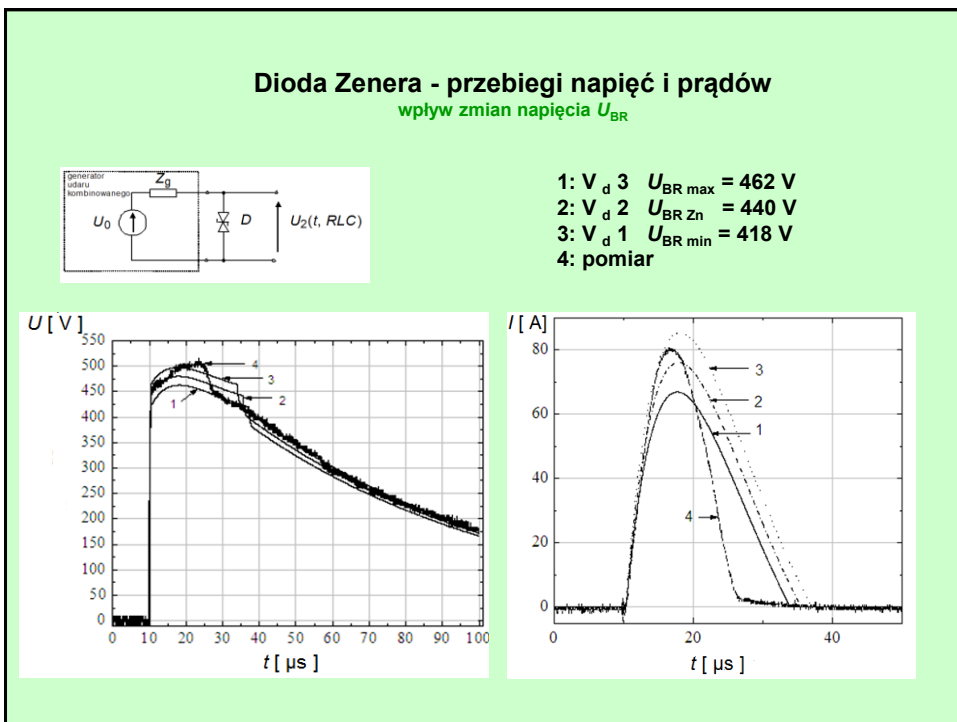
17



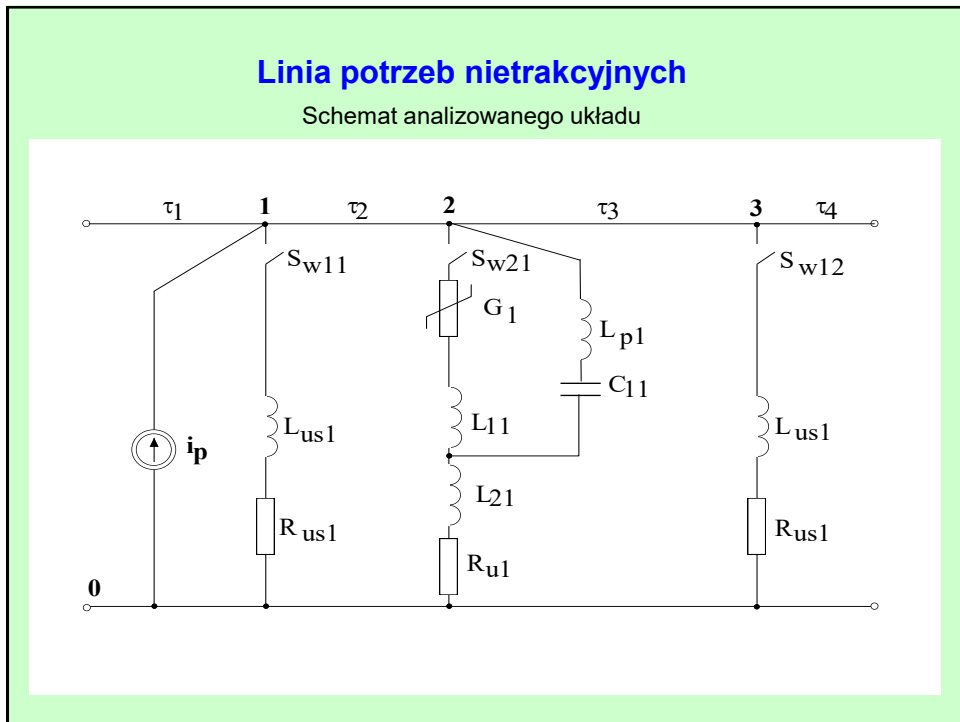
18



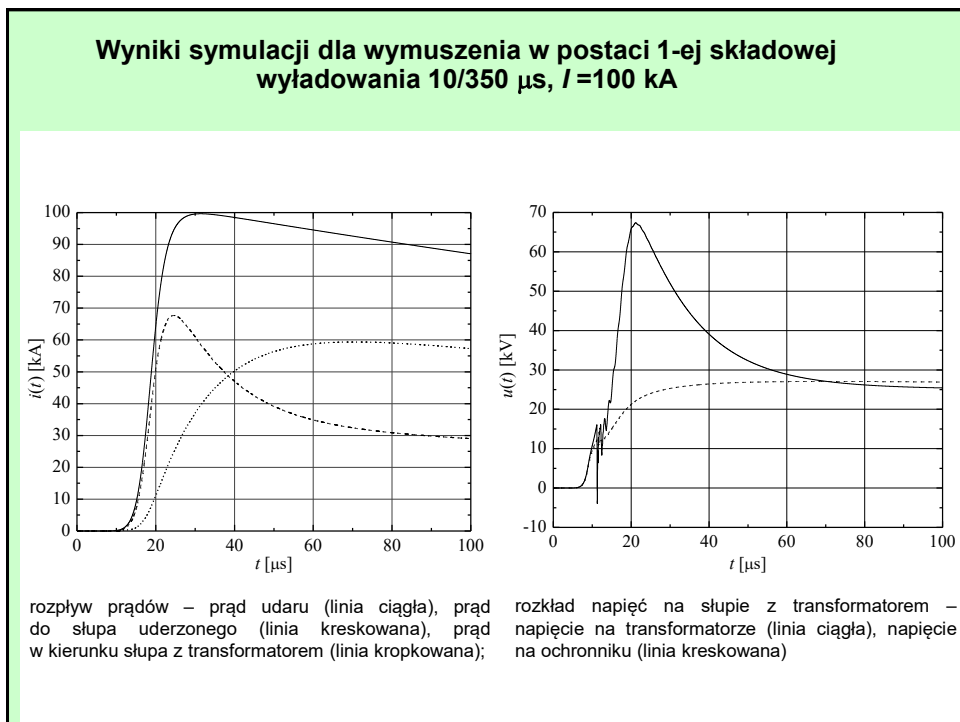
19



20

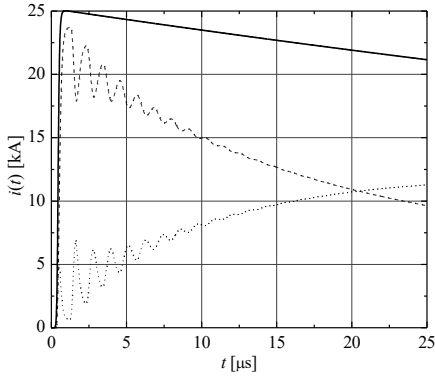


21

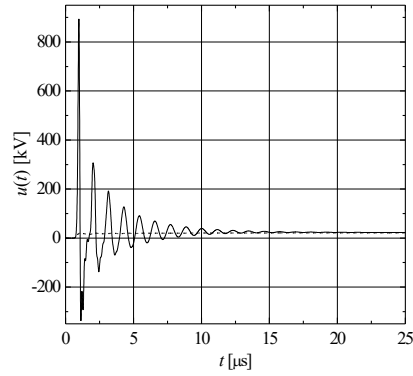


22

### Wyniki symulacji dla wymuszenia w postaci kolejowej wyładowania 0,25/100 $\mu$ s, $I = 25$ kA



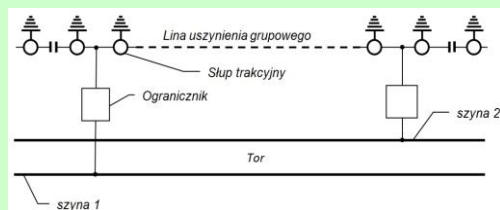
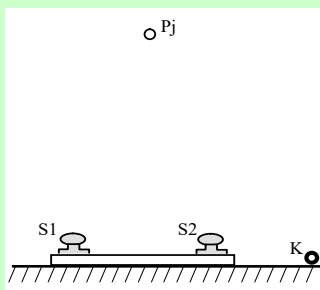
rozpływy prądów – prąd udaru (linia ciągła), prąd do słupa uderzonego (linia kreskowana), prąd w kierunku słupa z transformatorem (linia kropkowana)



rozkład napięć na słupie z transformatorem – napięcie na transformatorze (linia ciągła), napięcie na ochronniku (linia kreskowana)

23

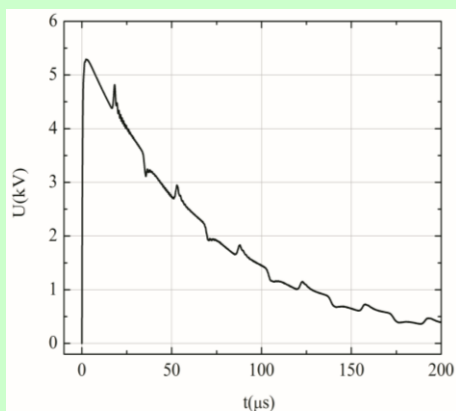
### Sieci trakcyjne



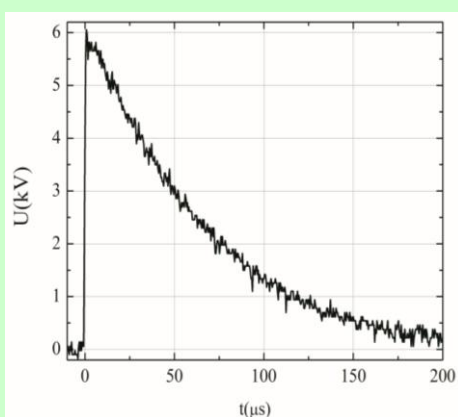
24

**Przebiegi impulsu napięciowego 1,2/50  $\mu$ s z generatora udaru kombinowanego:**

a)



b)

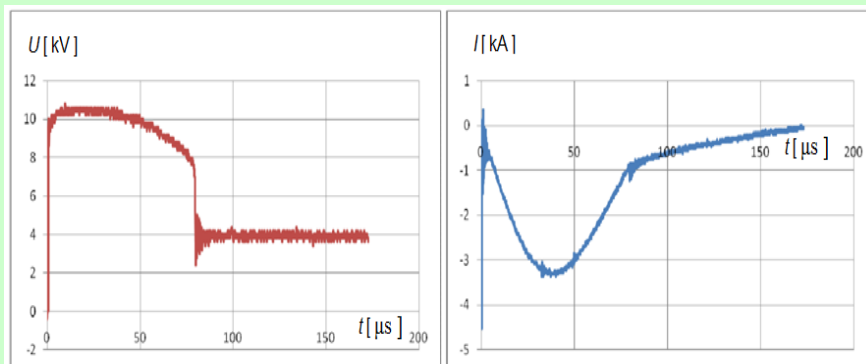


a) wyznaczony w programie LTspice dla napięcia udaru 5,9 kV i obciążenia sieci trakcyjnej 120  $\Omega$  , b) przebieg z pomiaru

25

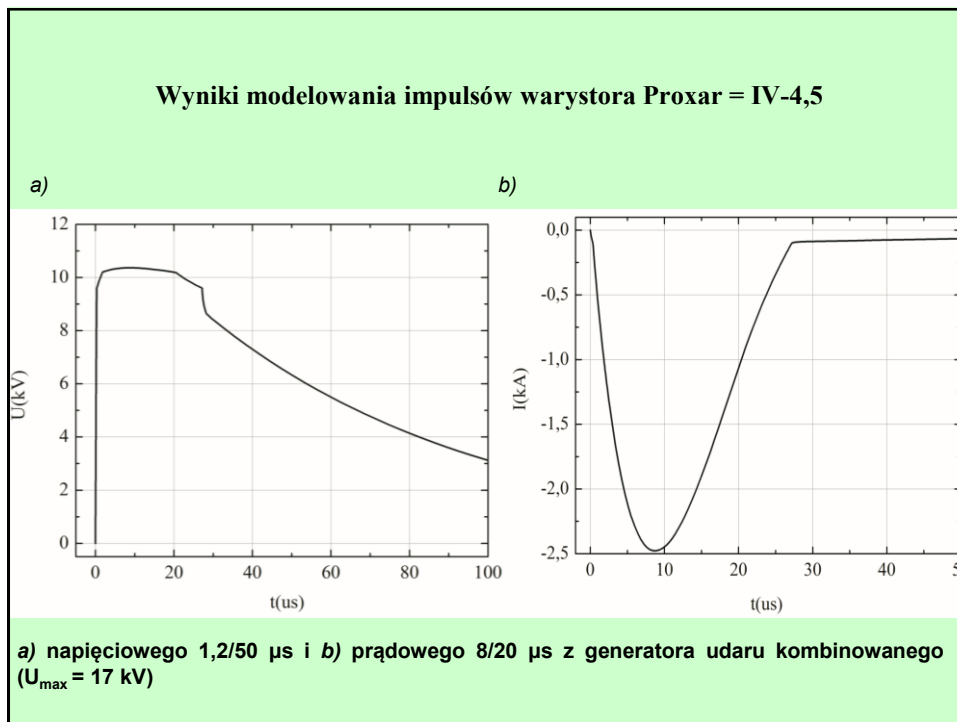
a)

**Model warystora Proxar  $\Rightarrow$ IV-4,5 wyniki pomiarów.**

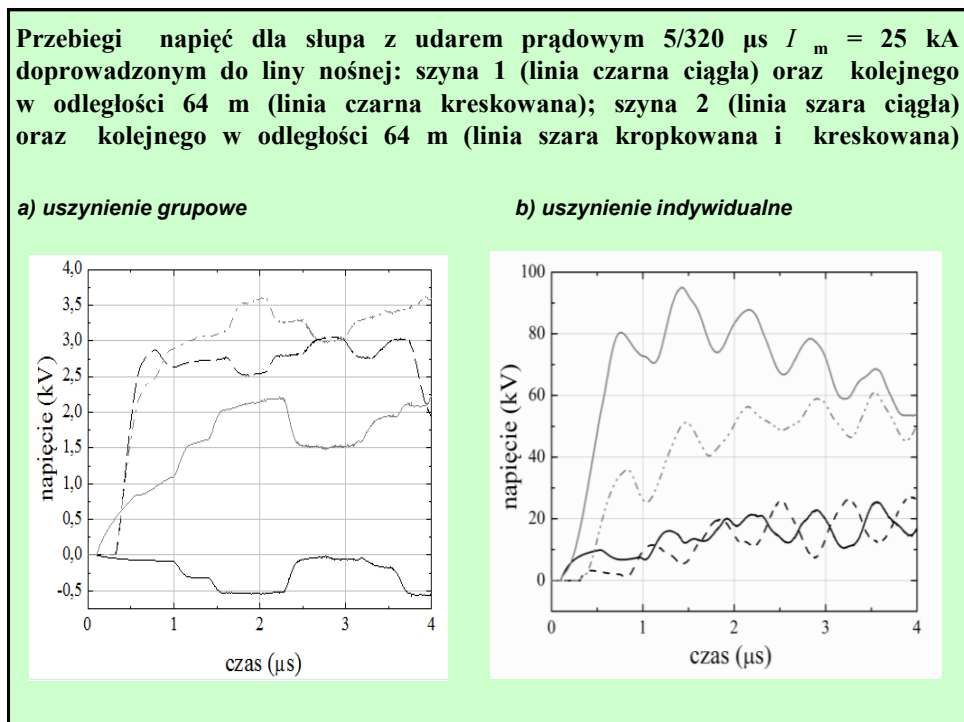


Wybrane dla analizowanego warystora wyniki pomiarów przebiegów impulsów: a) napięciowego i b) prądowego z generatora dla napięcia ładowania 17 kV

26

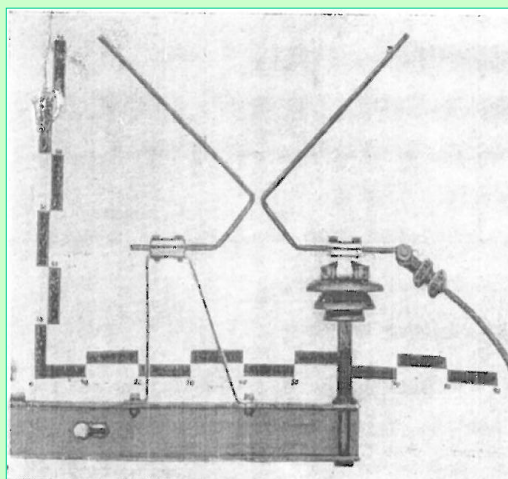


27



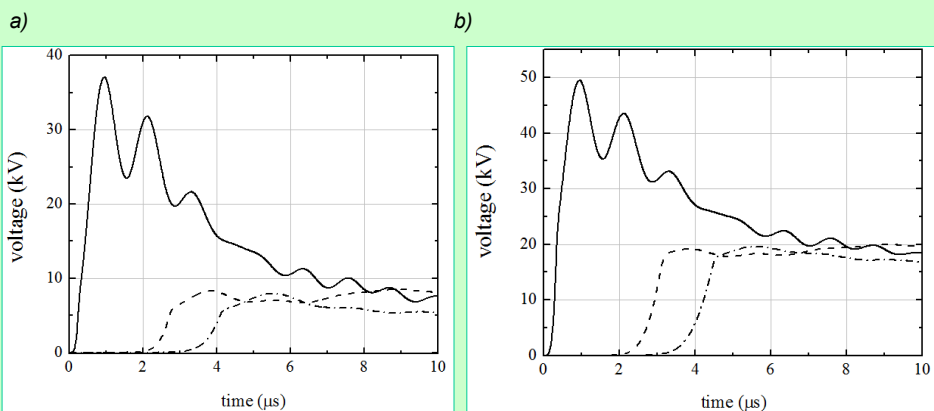
28

### Odgromniki różkowe



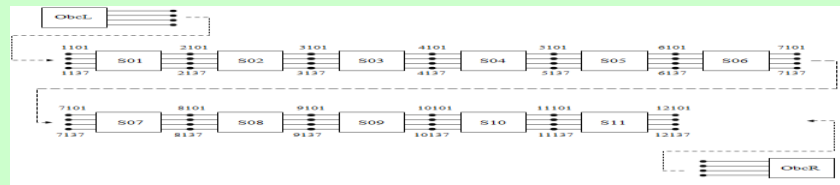
29

**Przebiegi napięć dla trzech kolejnych słupów z zainstalowanymi odgromnikami różkowymi dla: a)  $U_{\max} = 10$  kV i b)  $U_{\max} = 31,9$  kV. Prąd udaru 25 kA i kształcie 5/320  $\mu$ s do słupa 2 z zainstalowanym odgromnikiem różkowym**

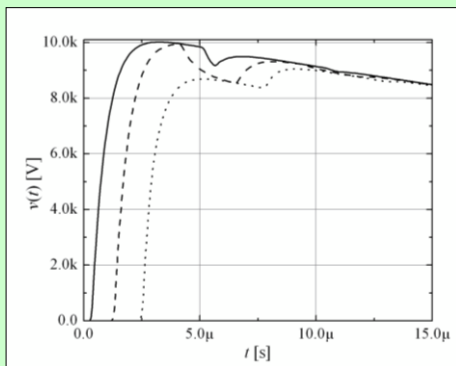


30

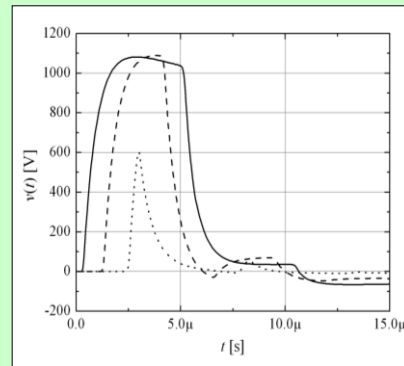
### Przykładowe wyniki modelowania:



a)



b)



a) w przewodzie (G); b) w przewodzie (R) węzeł 2 – linia ciągła, węzeł 5 – linia kreskowa, węzeł 11 – linia kropkowa)

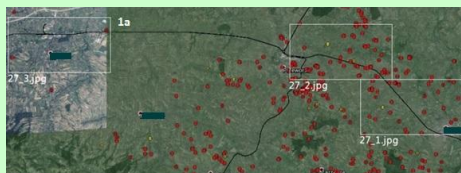
31

## Wnioski

1. **Możliwe jest zastosowanie sprawdzonych procedur w modelowaniu i symulacji pracy elementów ochrony przepięciowej i ochronników przy pobudzeniach udarowych .**
2. **Wykorzystanie wybranych narzędzi obliczeń i odpowiednich opisów właściwości elementów ochronnych oraz wymuszeń udarowych może być stosowane w projektowaniu różnorodnych układów ochrony przepięciowej.**

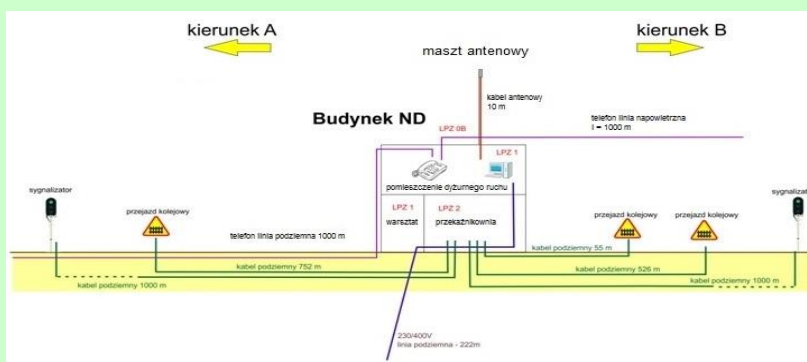
32

## Analizy ryzyka uszkodzeń urządzeń srk i sieci trakcyjnej wg normy PN EN 62305



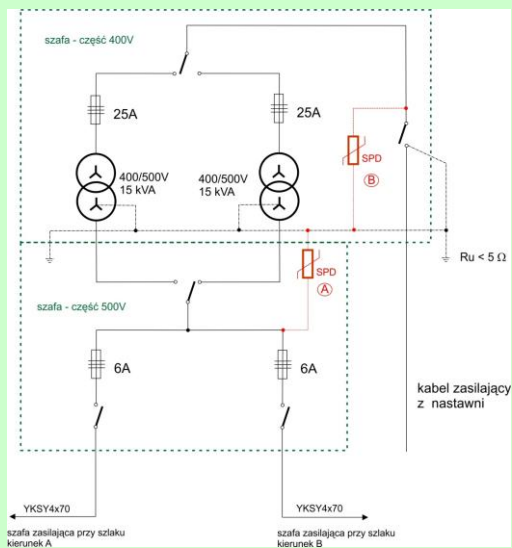
33

## Przyjęty do analizy ogólny schemat obiektu



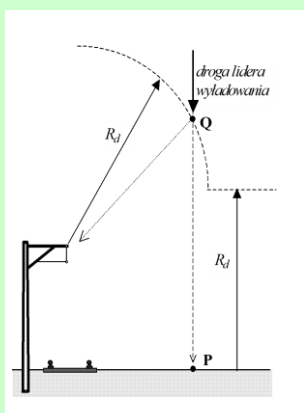
34

### Proponowany sposób zabezpieczenia układu zasilania samoczynnej blokady liniowej

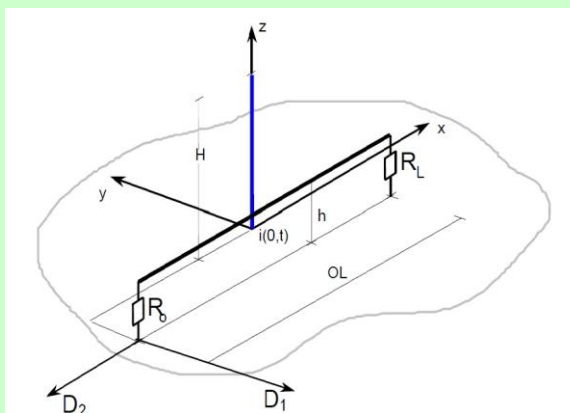


35

### Interpretacja graficzna modelu elektrogeometrycznego w odniesieniu do sieci trakcyjnej



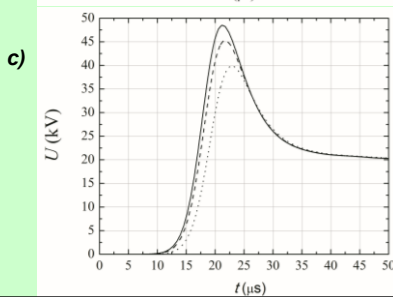
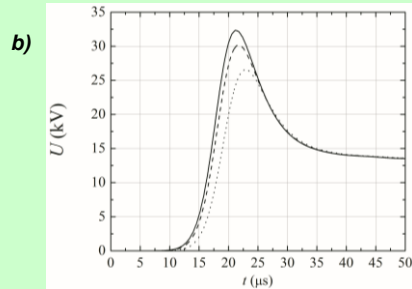
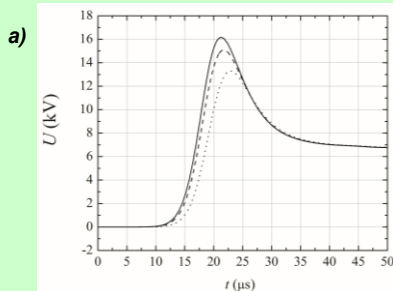
### Układ kanału wyładowania – linia transmisyjna w pakiecie LIOV [1]



### Układ kanału wyładowania – linia transmisyjna w pakiecie LIOV [1]

36

**Napięcia indukowane w różnych punktach linii dla odległości 500 m kanału pioruna od osi linii i wartości prądu: a) 50 kA, b) 100 kA, c)150kA**

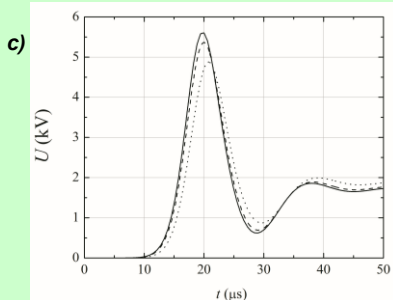
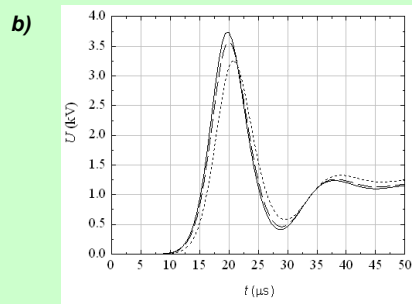


W obowiązującej normie PN-EN 62305-2, promień oddziaływania zwiększono z 500 m do 2000 m.

37

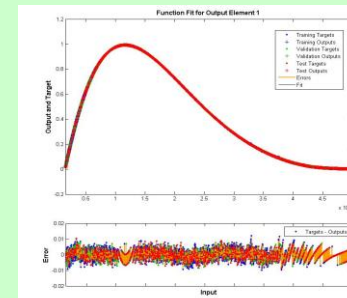
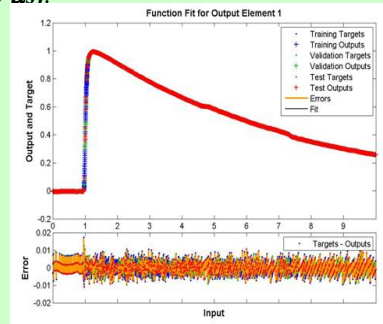
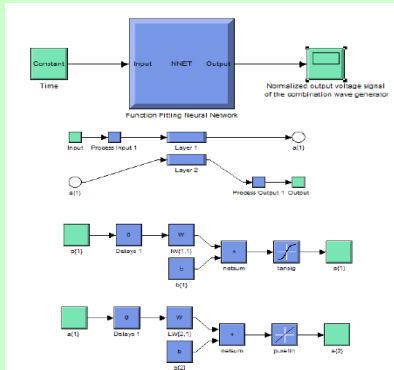
**Napięcia indukowane w różnych punktach linii dla odległości 2000 m kanału pioruna od osi linii i wartości prądu: a) 50 kA, b) 100 kA, c)150kA**

a)



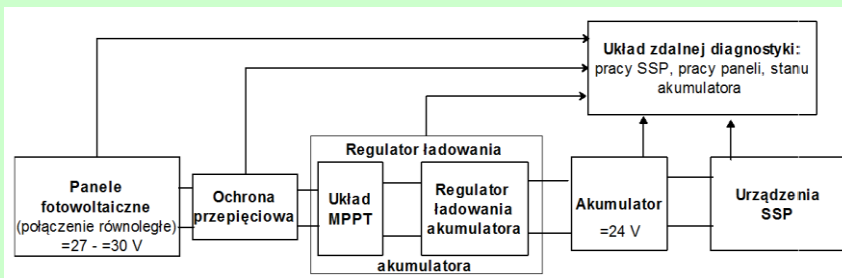
38

### Zastosowanie sieci neuronowych - Model generatora udaru kombinowanego (napięciowego 1,2 / 50 $\mu$ s i prądowego 8 / 20 $\mu$ s).



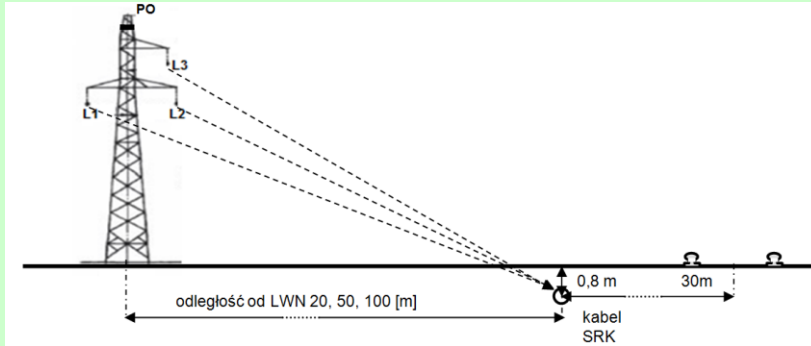
39

### Zastosowanie odnawialnych źródeł energii w układach zasilania urządzeń kolejowych i ich ochrona przepięciowa.



40

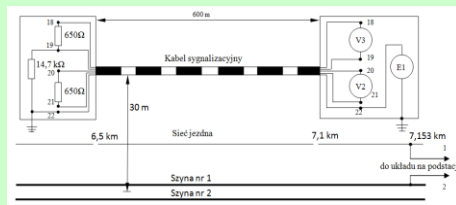
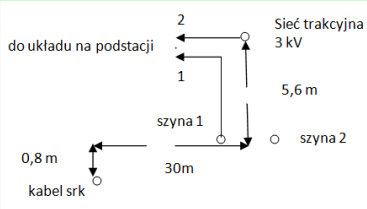
### Przekrój poprzeczny zakłóconej linii kablowej



Konstrukcje linii napowietrznych WN są tak projektowane, że dopuszczalne wartości natężenia pól dla składowych E/H nie przekraczają wartości odpowiednio 10 kV (E) i 60 A/m (H) pod przewodami linii w środku przęsła (miejsce największego zwisu). Pomimo to wartości napięć indukowanych w metalowych obiektach liniowych (rurociągi, kable) przebiegających w pewnej odległości wzdłuż linii mogą osiągać wartości zagrażające porażeniom lub przyłączonych do nich urządzeń niskonapięciowym. Przykładowo operatorzy sieci gazowych stawiają wymagania aby wykonywać analizy oddziaływania dla rurociągów przebiegających w odległości do 1 km od linii pomimo, że wartości natężeń składowych pola elektromagnetycznego w takiej odległości od osi linii są bardzo małe (znacznie poniżej dopuszczalnych wartości).

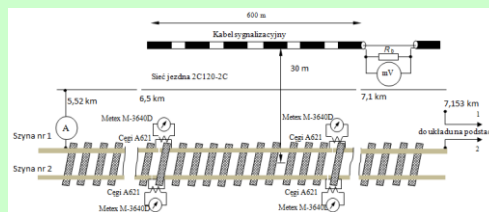
41

### Oddziaływanie składowej przemiennej sieci trakcyjnej na kable sygnalizacyjne



Przyjęty do analizy schemat poprzeczny zastępczego odcinka kabla uwzględniający oddziaływanie sieci trakcyjnej

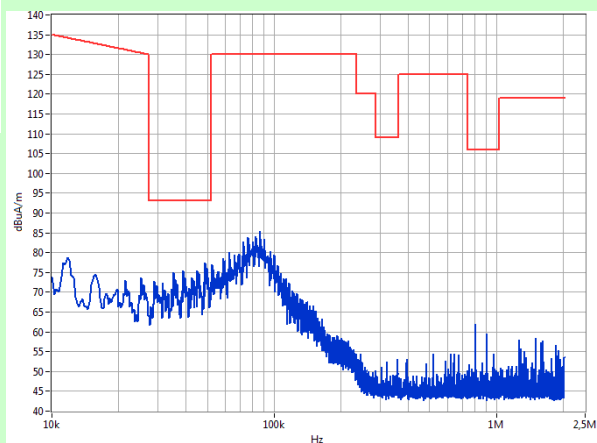
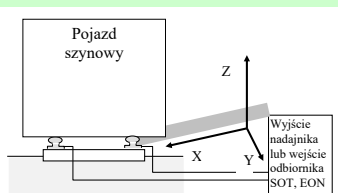
Przyjęty do analizy schemat do pomiaru napięć w kablu sygnalizacyjnym



Przyjęty do analizy schemat do pomiaru prądu w kablu sygnalizacyjnym

42

### Oddziaływanie pojazdu szynowego w płaszczyznach X, Y, Z układu współrzędnych odniesienia



.Natężenie pola magnetycznego generowanego przez lokomotywę w płaszczyźnie X

43

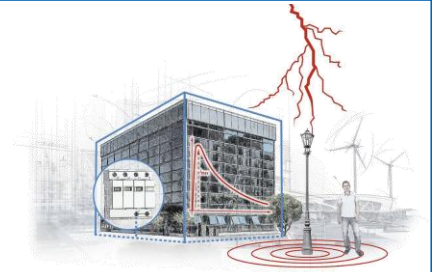
## Wnioski

1. Istnieją obiekty, o przekroczonym dopuszczalnym poziomie zakłóceń radioelektrycznych oraz takie, w których poziom ten jest niższy od dopuszczalnego.
2. W związku z występowaniem zakłóceń impulsowych o dużej energii, należy stosować układy zabezpieczające.
3. Tematyka kompatybilności elektromagnetycznej powinna być przedmiotem ciągłych badań i analiz.

44

**Dziękuję za uwagę**

## Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen



# Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech

Andreas Kaluza



1

## Treść

**Konieczność stosowania ochrony odgromowej**

- Wzorcowe przepisy budowlane § 46
- Instalacje odgromowe: Obiekty budowlane, w których ze względu na pokobienie, rodzaj konstrukcji lub przezroczenie istnieje ryzyko uderzenia pioruna lub które mogą ponieść poważne konsekwencje w wyniku uderzenia pioruna, należy wyposażyć w instalacje odgromowe. Złote Wzorcowe przepisy budowlane - MBO - § 46:46(2) 1.
- na podstawie tego powstały przepisy parafistowe, np. wytyczne dotyczące wieżowców, rozporządzenie dotyczące miejsc ogromochrony
- nieparafistowe: przepisy ubezpieczeniowe

VDE

**Komisja VDE ds. ochrony odgromowej i badań piorunów (VDE ABB)**

VDE

**Inne stowarzyszenia i organizacje**

VDE

Uszerpnij przez VDE specjalistę ochrony odgromowej

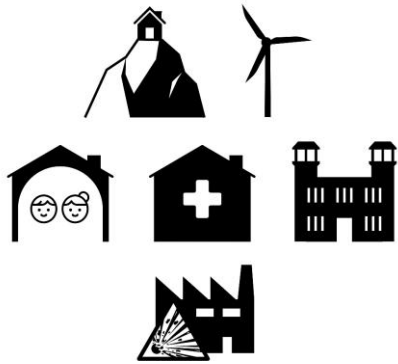
**Specjalista ds. ochrony odgromowej z certyfikatem VDE**

VDE

2

Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

## Konieczność stosowania ochrony odgromowej



- **Wzorcowe przepisy budowlane § 46 Instalacje odgromowe:** Obiekty budowlane, w których ze względu na położenie, rodzaj konstrukcji lub przeznaczenie istnieje ryzyko uderzenia pioruna lub które mogą ponieść poważne konsekwencje w wyniku uderzenia pioruna, należy wyposażyć w trwałe instalacje odgromowe. Źródło: Wzorcowe przepisy budowlane – MBO – listopad 2022 r.
  - na podstawie tego powstały przepisy państwowe, np. wytyczne dotyczące wieżowców, rozporządzenie dotyczące miejsc zgromadzeń
- niepaństwowe: przepisy **ubezpieczycieli**

3



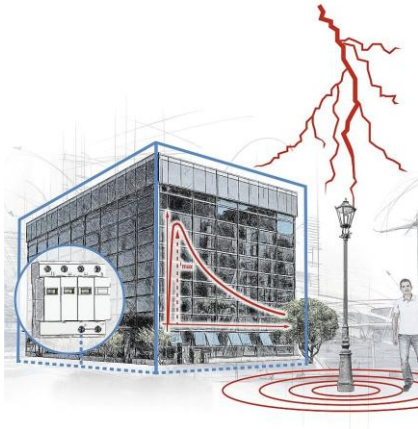
## Komisja VDE ds. ochrony odgromowej i badań piorunów (VDE ABB)

Zdjęcie: VDE

4

Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

## Komisja VDE ds. ochrony odgromowej i badań piorunów (VDE ABB)



Zdjęcie: VDE

- łączy niemieckojęzycznych ekspertów
  - w dziedzinie **ochrony odgromowej, ochrony przed przepięciami i badań nad piorunami**
  - z dziedziny **nauki i praktyki, użytkowników, projektantów, instalatorów, rzeczoznawców i producentów**.
- Założona **w 1885 roku** przez Wenera von Siemens, Ferdinanda von Helmholtza, Roberta Kirchhoffa, Maxa Toeplera i innych.
- Od 1984 r. **komitet techniczny VDE**

29.01.2026

© VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyladowaniami atmosferycznymi

Działania w zakresie ochrony odgromowej w Niemczech

**VDE**

5

5

## Fakty, fakty, fakty – VDE w liczbach

>**3500** norm i standardów

>**2000** pracowników

>**100 000** ekspertów i członków pracujących społecznie, w tym 1500 przedsiębiorstw

>**1600** wydarzeń rocznie z udziałem >70 000 uczestników

>**60** lokalizacji na całym świecie

>**175** projektów badawczych i wspierających

>**100** nagród i wyróżnień

>**100 000** egzaminów rocznie



© VDE

29.01.2026

© VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyladowaniami atmosferycznymi

Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech

**VDE**

6

6

Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

**Rola VDE ABB**



Zdjęcie: VDE

VDE ABB

- systematycznie **identyfikuje** istotne kwestie i aktualne trendy, a następnie opracowuje
- **opracowuje** możliwe do wdrożenia rozwiązania w oparciu o podstawy techniczno-naukowe,
- **komunikuje** wyniki pracy za pośrednictwem członków sieci VDE ds. ochrony odgromowej (multiplikatorzy): sponsorów, firm zajmujących się ochroną odgromową, producentów, naukowców,
- **promuje** otwartą wymianę wiedzy fachowej.

7

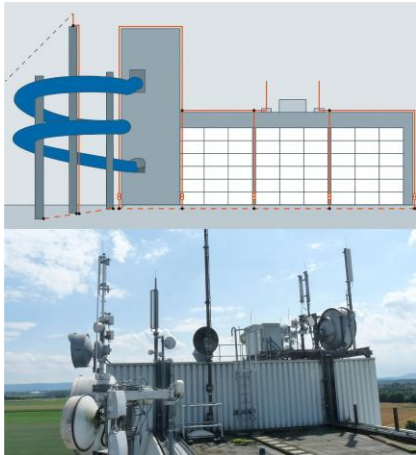
**Zadania i cele**

<b>Zadanie ogólne</b>	<b>Promowanie i rozpowszechnianie wiedzy na temat wyładowań atmosferycznych, ich skutków i środków ochronnych</b>
<b>Badania</b>	Promowanie <b>badania nad piorunami</b> , analiza <b>wypadków</b> spowodowanych <b>piorunami</b> (VABULA)
<b>Informacje specjalistyczne</b>	przekazywanie informacji za pośrednictwem strony internetowej, aplikacji, broszur, konferencji specjalistycznych; Serwis <b>danych dotyczących wyładowań atmosferycznych</b> VDE
<b>Wymiana wiedzy</b>	<b>w sieci VDE Ochrona odgromowa</b> z udziałem sponsorów, stowarzyszeń, uczelni wyższych, organów władzy
<b>Doskonalenie zawodowe</b>	na <b>certyfikowanego specjalistę ds. ochrony odgromowej VDE</b> z certyfikatem

8

Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

## Zawsze należy mieć na uwadze konkretne zastosowanie



Ochrona odgromowa dla zastosowań oznacza:

- Aplikacja musi być **chroniona jako system**, a nie tylko poszczególne komponenty
- Sama ochrona odgromowa często nie wystarcza – konieczna jest dodatkowa **ochrona przeciwprzepięciowa**
- Wdrożenie **wszystkich odpowiednich norm** musi być skoordynowane.

Zdjęcie: VDE, Sven Bonhagen

29.01.2026

© VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyładowaniami atmosferycznymi

Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech

**VDE**

9

9

## VDE ABB – sieć VDE Ochrona odgromowa

**Uczelnie wyższe:** partnerzy w badaniach nad piorunami

**Specjaliści ds. ochrony odgromowej z certyfikatem VDE**



**Stowarzyszenia**, np. wspólne publikacje VDB (D), OVE (A) Electrosuisse (CH), SEP (PL)

**Komisje normalizacyjne** krajowe i międzynarodowe

Kształcenie ustawiczne: współpraca z **instytucjami edukacyjnymi**, VdS „EMV Sachkundiger”

**Grupy robocze ds. ochrony odgromowej** w stowarzyszeniu VDE

29.01.2026

© VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyładowaniami atmosferycznymi

Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech

**VDE**

10

10

Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

## VDE ABB promuje aktywne, specjalistyczne nawiązywanie kontaktów



Zdjęcie: VDE

W sieci VDE Blitzschutz istnieją

- tematyczne **gremia ekspertów** (stałe + tymczasowe)
- **Wydarzenia**: konferencje branżowe, warsztaty, seminaria
- **Publikacje** + strony internetowe
- **Biuletyn**



11

## Gromadzenie, pogłębianie i wymiana wiedzy – komisje ekspertów VDE

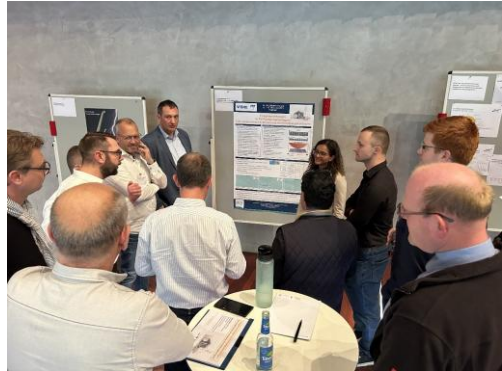


12

Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

## Wydarzenia VDE służą wymianie doświadczeń, doskonaleniu zawodowemu i pozycjonowaniu nowych tematów.

np. konferencja VDE poświęcona ochronie odgromowej



29.01.2026 © VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyładowaniami atmosferycznymi Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech



13

13

## Informacje VDE dotyczące ochrony odgromowej dostarczają konkretnych rozwiązań i zaleceń dotyczących postępowania.

**VDE Information Blitzschutz**

**Isolierte Fangeinrichtung**

Was ist beim Blitzschutz einblitzsicher und einblitzsicherer Einrichtungen auf Gebäudedächern zu beachten? Eine isolierte Fangeinrichtung erhöht die mechanische und elektrische Festigkeit, die eine isolierte Fangeinrichtung ist ein Gebäude isolieren, vor dem Blitzschutz und verhindert dadurch Blitzschäden in der Installation im Gebäude.

**Schutzblech, Nebenanlagen**

Das Schutzblech ist ein wesentlicher Bestandteil der Fangeinrichtung. Es schützt die Fangeinrichtung vor mechanischen Beschädigungen und vor Blitzeinschlägen. Die Nebenanlagen sind die elektrischen Verbindungen zwischen den Fangeinrichtungen und dem Blitzschutzsystem.

**Hochspannungsbreiter, isolierte Leitungen**

Die Hochspannungsbreiter sind die elektrischen Verbindungen zwischen den Fangeinrichtungen und dem Blitzschutzsystem. Sie sind isoliert und schützen vor Blitzeinschlägen.

**Wann reicht mehr ganz, Netzblech**

Das Netzblech ist ein wesentlicher Bestandteil der Fangeinrichtung. Es schützt die Fangeinrichtung vor mechanischen Beschädigungen und vor Blitzeinschlägen.

**Wann reicht mehr ganz, Netzblech**

Das Netzblech ist ein wesentlicher Bestandteil der Fangeinrichtung. Es schützt die Fangeinrichtung vor mechanischen Beschädigungen und vor Blitzeinschlägen.

[www.vde.com/blitzschutz-fangeinrichtungen](http://www.vde.com/blitzschutz-fangeinrichtungen)

**VDE**

**VDE Information Blitzschutz**

**Absturzsicherungen auf Dächern mit Blitzschutzsystem**

**1 Einführung**

Zum Schutz von Personen auf Dächern vor Absturz werden z. B. Geländer oder Stützsysteme installiert. Diese Absturzsicherungen sind mechanisch belastbar, die in Blitzschutzsysteme integriert werden müssen. Diese VDE Information Blitzschutz zeigt die Anforderungen an die Absturzsicherungen, die in Blitzschutzsysteme integriert werden müssen.

**1.1 Anforderungen an die Absturzsicherungen**

Die Absturzsicherungen müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

- 1.1.1 Sie müssen die mechanische Belastung durch Blitzeinschläge aushalten können.
- 1.1.2 Sie müssen die elektrische Belastung durch Blitzeinschläge aushalten können.
- 1.1.3 Sie müssen die elektrische Belastung durch Blitzeinschläge aushalten können.
- 1.1.4 Sie müssen die elektrische Belastung durch Blitzeinschläge aushalten können.

**1.2 Anforderungen an die Absturzsicherungen**

Die Absturzsicherungen müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

- 1.2.1 Sie müssen die mechanische Belastung durch Blitzeinschläge aushalten können.
- 1.2.2 Sie müssen die elektrische Belastung durch Blitzeinschläge aushalten können.
- 1.2.3 Sie müssen die elektrische Belastung durch Blitzeinschläge aushalten können.
- 1.2.4 Sie müssen die elektrische Belastung durch Blitzeinschläge aushalten können.

**1.3 Anforderungen an die Absturzsicherungen**

Die Absturzsicherungen müssen die folgenden Anforderungen erfüllen:

- 1.3.1 Sie müssen die mechanische Belastung durch Blitzeinschläge aushalten können.
- 1.3.2 Sie müssen die elektrische Belastung durch Blitzeinschläge aushalten können.
- 1.3.3 Sie müssen die elektrische Belastung durch Blitzeinschläge aushalten können.
- 1.3.4 Sie müssen die elektrische Belastung durch Blitzeinschläge aushalten können.

[www.vde.com/blitzschutz-absturzsicherungen](http://www.vde.com/blitzschutz-absturzsicherungen)

**VDE**

29.01.2026 © VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyładowaniami atmosferycznymi Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech



14

14

Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

## Biuletyn VDE poświęcony ochronie odgromowej zawiera informacje na temat aktualnych zagadnień i trendów technologicznych



29.01.2026

© VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyladowaniami atmosferycznymi

Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech

**VDE**

15

15

## VDE ABB wspiera młodych specjalistów



VDE

▪ Nagroda VDE ABB dla młodych talentów za wybitne prace dyplomowe

▪ w planach: nowa komisja internetowa **Młodzi profesjonaliści w dziedzinie ochrony odgromowej**

29.01.2026

© VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyladowaniami atmosferycznymi

Działania w zakresie ochrony odgromowej w Niemczech

**VDE**

16

16

Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

## Jesteśmy Komitetem ds. Ochrony od Gromów i Badań nad Gromami (VDE ABB)

Przewodniczący	Pozostali członkowie
 <p>Prof. dr inż. <b>Michael Rock</b> Uniwersytet Techniczny w Ilmenau</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Christian Braun</b>, PESA Blitzschutz GmbH, Reichertshofen</li> <li>▪ Dipl.-Ing. (FH) <b>Jochen Fulda</b>, TÜV Technische Überwachung Hessen</li> <li>▪ Prof. dr inż. <b>Alexander Kern</b>, Uniwersytet Techniczny w Akwizgranie</li> <li>▪ Dr inż. <b>Gernot Finis</b>, Phoenix Contact GmbH &amp; Co. KG</li> <li>▪ Dipl.-Ing. <b>Johann Pröpster</b>, J. Pröpster GmbH</li> <li>▪ <b>Reinhard Schüngel</b></li> <li>▪ Dipl.-Ing. <b>Gabriele Schwebel-Juch</b>, Schwebel Juch GbR</li> <li>▪ Dipl.-Ing. <b>Reinhard Soboll</b>, Federalne Centrum Technologii Elektrycznej i Informatycznej e.V.</li> <li>▪ <b>Christian Termin</b>, BlitzschutzTechnik Termin, Oberkrämer</li> <li>▪ Dipl.-Ing. <b>Reyno Thormählen</b>, Hans Thormählen GmbH &amp; Co. KG</li> <li>▪ Dipl.-Ing. <b>Jürgen Wettingfeld</b>, W. Wettingfeld GmbH &amp; Co.KG</li> </ul>
 <p>Dr inż. <b>Ralph Bocke</b> DEHN SE</p>	
 <p>Dr <b>Martin Hieber</b> VDE e.V.</p>	

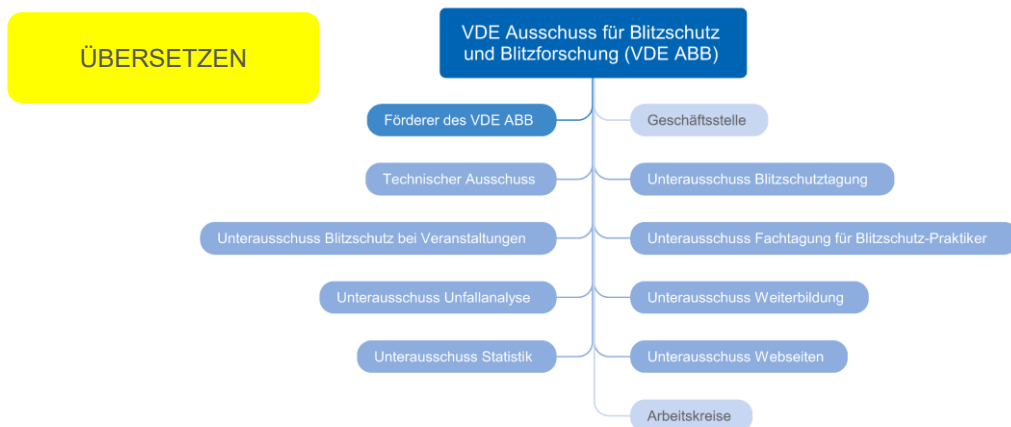
29.01.2026 © VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyladowaniami atmosferycznymi Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech



17

17

## VDE ABB – więcej niż komisja



29.01.2026 © VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyladowaniami atmosferycznymi Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech



18

18

## Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

### Inne stowarzyszenia i organizacje



29.01.2026

© VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyładowaniami atmosferycznymi Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech

19

19

### Komitec normalizacyjny ds. ochrony odgromowej DKE



- DKE odpowiada za normy elektrotechniczne, jest wspierana przez VDE i DIN
- Współpraca w zakresie międzynarodowej normalizacji
- Wydanie niemieckiej wersji norm dotyczących ochrony odgromowej
- Opracowywanie krajowych dodatków

[www.dke.de](http://www.dke.de)

29.01.2026

© VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyładowaniami atmosferycznymi Działania w zakresie ochrony odgromowej w Niemczech

20

20

## Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

**Związek Niemieckich Firm Ochrony Odgromowej e.V.**

- Związek zawodowy firm zajmujących się ochroną odgromową
  - 182 przedsiębiorstwa członkowskie (styczeń 2026 r.)
- Reprezentacja interesów członków
- Szkolenia i doskonalenie zawodowe
  - poprzez organizację wydarzeń i seminariów

<https://blitzschutz.eu/>

29.01.2026

© VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyładowaniami atmosferycznymi

Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech

**VDE**

21

21

**RAL Gütegemeinschaft für Blitzschutzsysteme e.V.  
(Stowarzyszenie na rzecz jakości systemów ochrony odgromowej)**

- Opracowanie norm jakości dla systemów ochrony odgromowej wraz z odpowiednimi testami
- Stowarzyszenie projektantów, instalatorów i kontrolerów systemów ochrony odgromowej
  - 18 członków (styczeń 2026 r.)

<https://ral.blitzschutz.com/index.htm>

29.01.2026

© VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyładowaniami atmosferycznymi

Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech


**VDE**

22

22


Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

## Ogólne Stowarzyszenie Niemieckiego Sektora Ubezpieczeniowego (GDV)



**GDV** Gesamtverband  
der Versicherer


- tworzy publikacje dla ubezpieczycieli i ubezpieczonych zawierające wytyczne dotyczące ochrony odgromowej
  - np. VdS 3145 Instalacje fotowoltaiczne
- VdS Schadenverhütung (należąca do GDV)
  - Certyfikacja specjalnie przeszkolonych osób jako „ekspertów ds. kompatybilności elektromagnetycznej”



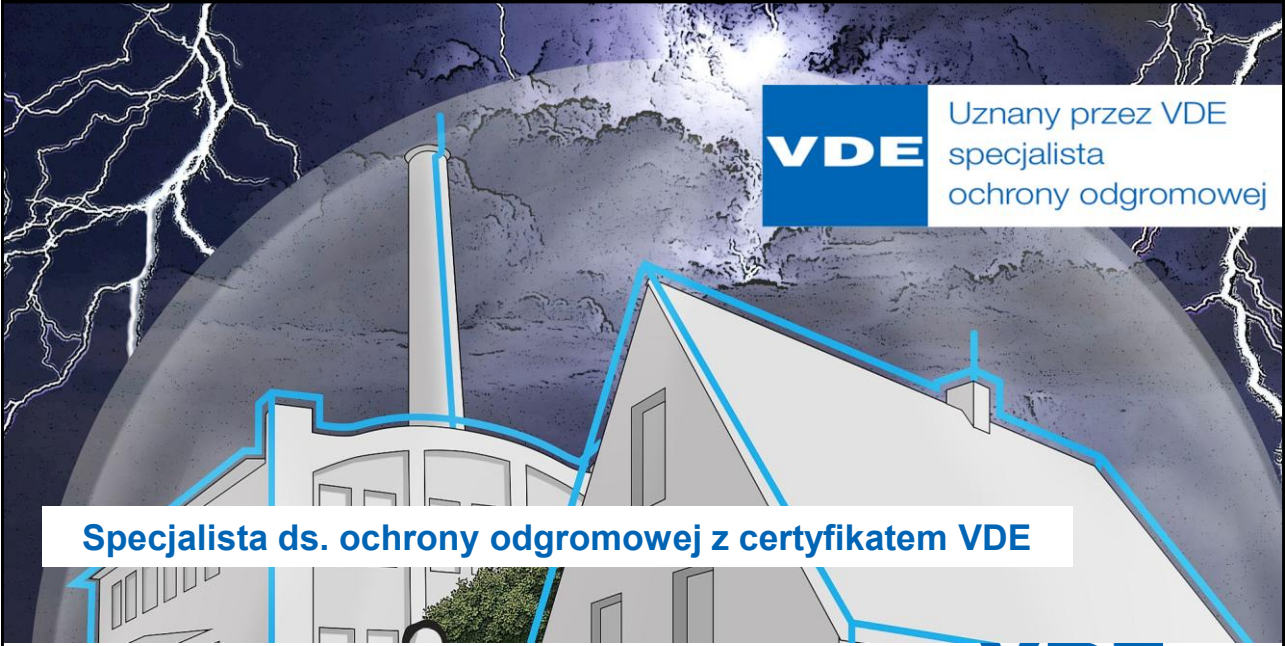
[www.vds.de/emv](http://www.vds.de/emv)


29.01.2026 © VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyładowaniami atmosferycznymi

Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech



23






Uznany przez VDE  
specjalista  
ochrony odgromowej

Specjalista ds. ochrony odgromowej z certyfikatem VDE

29.01.2026 © VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyładowaniami atmosferycznymi

Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech



24

Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

## Doskonalenie zawodowe z VDE ABB



- SeminaRIA dotyczące ochrony odgromowej od lat 80.
- Treści seminariów opracowane przez ekspertów VDE ABB we współpracy z prelegentami
- 3 rodzaje seminariów:
  - Seminarium podstawowe, seminarium zaawansowane, seminarium aktualizacyjne
- Współpraca z instytucjami edukacyjnymi



29.01.2026

© VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyładowaniami atmosferycznymi

Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech

25

25

## Kwalifikacje – doskonalenie zawodowe w czterech specjalizacjach



Ochrona przed wyładowaniami atmosferycznymi i ochrona przed przepięciami

Ochrona odgromowa dla instalacji Ex

Zewnętrzna ochrona odgromowa

Ochrona odgromowa dla imprez



29.01.2026

© VDE e.V. – Komisja ds. ochrony odgromowej i badań nad wyładowaniami atmosferycznymi

Działania związane z ochroną odgromową w Niemczech

26

26

Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

## Uznanie udziału w seminarium przez VDE – Specjalista ds. ochrony odgromowej z certyfikatem VDE



Uznany przez VDE  
specjalista  
ochrony odgromowej

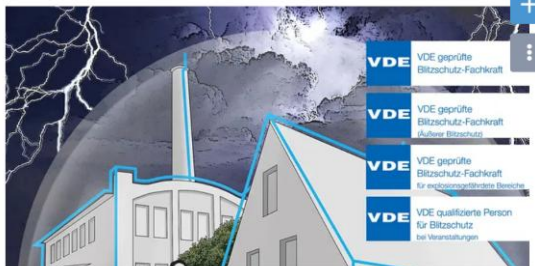


28

## Publiczny rejestr specjalistów ds. ochrony odgromowej z certyfikatem VDE



BLITZSCHUTZ UND BLITZFORSCHUNG



Name	Kontakt	Blitz- und Überspannungsschutz	Außerer Blitzschutz	EX-Bereiche
Abumaleq, M.	z	DE 90989	DE 90989	z
Altrms, A.	z	DE 49688	DE 49688	DE 49688
Albert, J.	WTB Elektro GmbH	z	z	z
Alic, S.	Arcadis Germany GmbH sum@nic.arcadis.com 01737493198	DE 64293	DE 64293	z
Altenberger, S.	stefan@119-icloud.com +436641354245	AT 5730	AT 5730	z
André, P.	z	z	z	z
Anhalt, M.	DB Engineering & Consulting GmbH	DE 90099	DE 90099	z
Antrams				
Aydogdu				
Bierloch, P.	Sommer Baustatik GmbH office_sommer.baustatik.de	DE 41812	DE 41812	z

[www.vde.com/blitzschutz-fachkraefte](http://www.vde.com/blitzschutz-fachkraefte)



29

Präsentationsvorlage inklusive Hinweisen

**Inne szkolenia**

**Specjalista ds. ochrony odgromowej z certyfikatem VDB**

Kwalifikacje w zakresie:

- budowa / montaż systemów ochrony odgromowej
- Kontrola systemów ochrony odgromowej
- Projektowanie systemów ochrony odgromowej
- Ochrona odgromowa w obszarach zagrożonych wybuchem



**Specjalista TÜV ds. ochrony odgromowej**



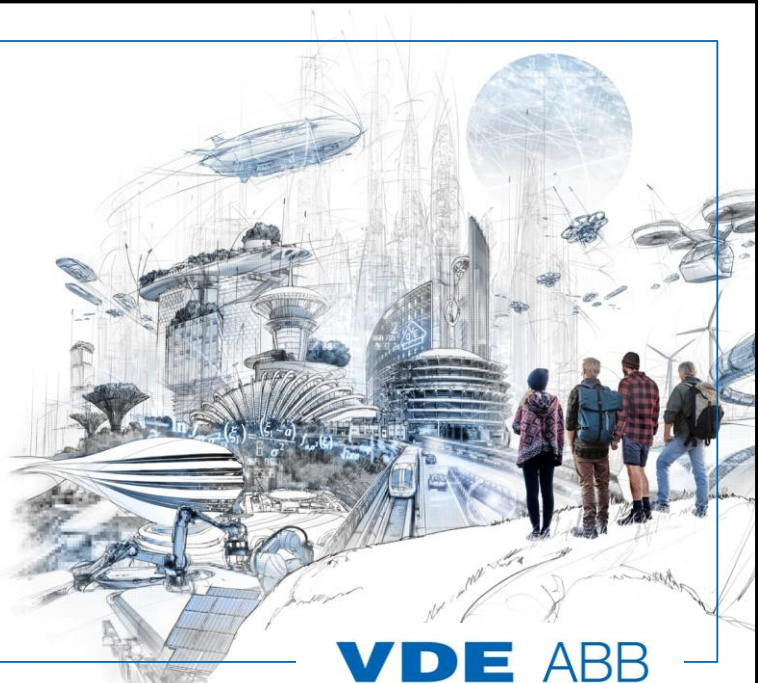
30

**Dziękujemy za uwagę!**

Kształtujemy przyszłość e-dialną.  
Dołącz do nas.

**Osoba kontaktowa:**

Komisja ds. ochrony odgromowej i badań piorunów VDE (VDE ABB)  
Biuro  
Telefon: +49 69 6308-324  
blitzschutz@vde.com  
www.vde.com/blitzschutz



31

**P** **S**  
**K** **E**  
**O** **P**  
**O**

**POLSKI KOMITET OCHRONY ODGROMOWEJ**  
Stowarzyszenie Elektryków Polskich

ul. Świętokrzyska 14A, 00-950 Warszawa, tel. (0-22) 556 43 09

**SEP**

# Ochrona odgromowa wielkopowierzchniowych obiektów budowlanych

Prelegent: Tadeusz Masłowski

**TOOP #3**

1

**EL-SUN**  
KONSTRUKCJE

**ENGINEERING**

## EL-SUN W GRONIE FIRM WSPIERAJĄCYCH PKOO

SYSTEMY FOTOWOLTAICZNE


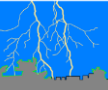

SYSTEMY ODGROMOWE

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

2

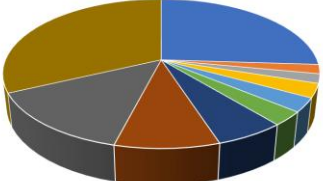
2

## DLACZEGO CHRONIMY OBIEKTY BUDOWLANE PRZED WYŁADOWANIAM I ATMOSFERYCZNYMI

Statystyka uszkodzeń instalacji PV w Niemczech wg liczby zdarzeń (dane z 2010 r.)

Przebiecia	26 %
Pozar/Ogień	2 %
Kradziej	2 %
Błędy ludzkie	3 %
Złośliwość	3 %
Kuna	3 %
Błędy techniczne	6 %
Wichura	9 %
Nacisk śniegu	14 %
Pozostałe	32 %





- Przebiecia
- Pozar/Ogień
- Kradziej
- Błędy ludzkie
- Złośliwość
- Kuna
- Błędy techniczne
- Wichura
- Nacisk śniegu

EN 62305-1:-2011, Tablica 5 - Prawdopodobieństwa dla granic parametrów prądu pioruna

Prawdopodobieństwo, że parametry prądu pioruna	LPL			
	I	II	III	IV
- są mniejsze niż maksymalne wartości wg Tablicy 3	0,99	0,98	0,95	0,95
- są większe niż minimalne wartości wg Tablicy 4	0,99	0,97	0,91	0,84




Środki ochrony podane w IEC 62305-3 i IEC 62305-4 są skuteczne w przypadku piorunów, których parametry prądowe mieszczą się w zakresie określonym przez przyjęte do projektowania LPL. Dlatego zakłada się, że skuteczność środka ochrony jest równa prawdopodobieństwu, z jakim parametry prądu pioruna mieszczą się w takim zakresie. Dla parametrów przekraczających ten zakres pozostaje resztkowe ryzyko uszkodzeń.

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3



3

## OBIEKTY BUDOWLANE WIELKOPOWIERZCHNIOWE - WŁAŚCIWOŚCI

Statystyka uszkodzeń instalacji PV w Niemczech wg liczby zdarzeń (dane z 2010 r.)

- duże rozpiętości konstrukcyjne z ograniczeniem podpór pośrednich,
- konstrukcje stalowe wysokiej wytrzymałości,
- dźwigary z drewna klejonego warstwowo,
- elementy konstrukcyjne żelbetowe i sprężone takie jak belki dachowe, słupy i płyty,
- elementy konstrukcyjne łukowe i liniowe inspirowane rozwiązaniami mostowymi,
- hale membranowe,
- konstrukcje pneumatyczne,
- ściany elewacyjne systemowe, warstwowe.

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

4

4



## OBIEKTY WIELKOPOWIERZCHNIOWE ISTNIEJĄCE I PROJEKTOWANE

### INNA SPECYFIKA – WSPÓLNY CEL PROJEKTOWANIA OCHRONY ODGROMOWEJ





#### ISTNIEJĄCE



Wiele istniejących tego typu obiektów przechodzi w trakcie użytkowania zmiany budowlane i instalacyjne, które najczęściej skutkują potrzebą dostosowania istniejących instalacji odgromowych do wymogów norm obowiązujących w okresie tych zmian. Zakres takich przebudów może skutkować całkowitą lub częściową wymianą instalacji odgromowych na dachu oraz zmianami dotyczącymi pozostałych elementów instalacji odgromowej: przewodów odprowadzających i uziemień.

#### PROJEKTOWANE



Projekty wykonywane w zespołach wielobranżowych lub oddzielnych jednostkach projektowych koordynujących wzajemnie swoje działania w czasie wykonywania kompletnego zadania projektowego. W projektach budowlanych instalacji odgromowych projektant powinien dokonać koordynacji z innymi branżami tak, aby projekty wykonawcze i później wykonawstwo nie generowało dodatkowych kosztów wykraczających poza zakres określony w jego opracowaniu.

W KAŻDYM PRZYPADKU PROJEKTOWYM LPS NIEZBĘDNE SĄ WIZJE LOKALNE I INWENTARYZACJE BUDOWLANE NA OBIEKCIE

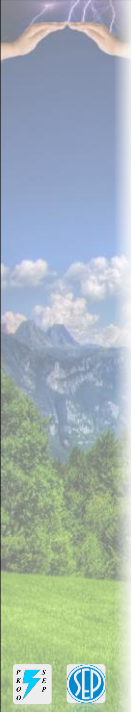



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3



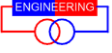
5

5





## ŹRÓDŁA WYTYCZNYCH I ZAŁOŻEŃ DLA OCHRONY ODGROMOWEJ

### OBIEKTU BUDOWLANEGO

1. Obowiązujące normy i przepisy
2. Standardy inwestora.
3. Dokumentacja architektoniczno-budowlana, w tym instalacyjna obiektu.
4. Dokumentacja eksploatacyjna obiektu.
5. Decyzje administracyjne.
6. Uzgodnienia międzybranżowe, w tym z branżą konstrukcyjną.
7. Uzgodnienia z operatorami sieci komórkowych i innymi związanymi podmiotami.
8. Uzgodnienia z rzeczoznawcą ds. ppoż.
9. Uzgodnienia z Konserwatorem Zabytków.
10. Środowisko, stężenia czynników mających wpływ na korozję.
11. Palność pokrycia dachowego.
12. Wytrzymałość konstrukcyjna dachu.
13. Strefy wybuchowe.
14. Gwarancje dotyczące żywotności instalacji odgromowej.
15. Możliwości ekonomiczne inwestora.





29 stycznia 2026



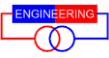
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3


6


6





## PODSTAWY PRAWNE





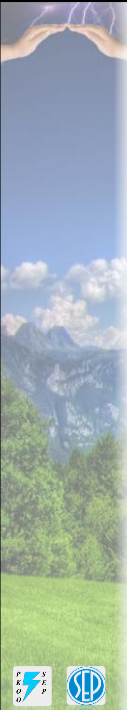
Nr normy	Tytuł normy
PN-EN 62305-1:2011 - wersja angielska	Ochrona odgromowa - Część 1: Zasady ogólne
PN-EN 62305-1:2011 - wersja polska	Ochrona odgromowa - Część 1: Zasady ogólne
PN-EN 62305-2:2012 - wersja angielska	Ochrona odgromowa - Część 2: Zarządzanie ryzykiem
PN-EN 62305-3:2011 - wersja angielska	Ochrona odgromowa - Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia
PN-EN 62305-3:2011 - wersja polska	Ochrona odgromowa - Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia
PN-EN 62305-4:2011 - wersja angielska	Ochrona odgromowa - Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach
PN-EN 62305-4:2011 - wersja polska	Ochrona odgromowa - Część 4: Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach


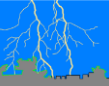
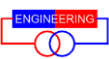
29 stycznia 2026

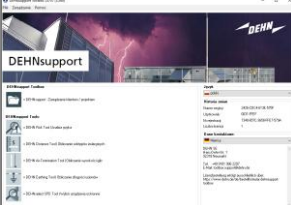
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

7





## USTALENIE KLASY OCHRONY ODGROMOWEJ DLA OBIEKTU BUDOWLANEGO



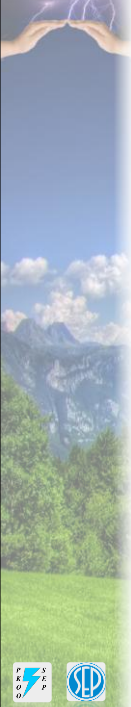
Klasa LPS	Wymiary oczka siatki zwodów [m]	Promień toczonej kuli [m]
I	5 x 5	20
II	10 x 10	30
III	15 x 15	45
IV	20 x 20	60

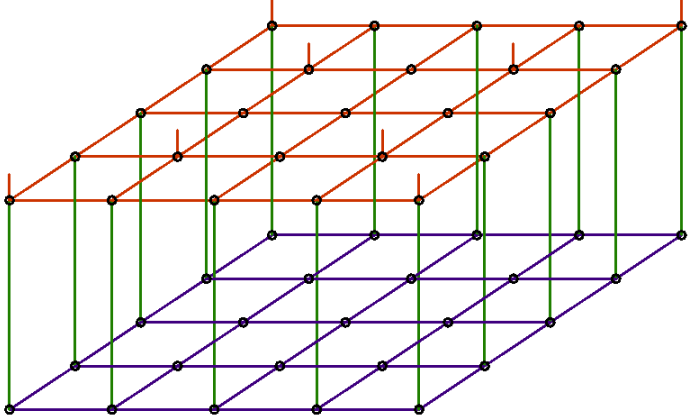
29 stycznia 2026



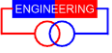
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3


8



### MODEL INSTALACJI ODGROMOWEJ





29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

9

9



### MONTAŻ KONSTRUKCJI STALOWEJ HALI PRZEMYSŁOWEJ









29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

10

źródło: <https://glob-stal.pl/hale-stalowe>

10



MONTAŻ POŁACI DACHOWEJ NA KONSTRUKCJI STALOWEJ

źródło: <https://glob-stal.pl/hale-stalowe>

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

11







11



DUŻA WIATA MAGAZYJOWA W KONSTRUKCJI STALOWEJ

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

12







12



**DUŻA HALA PRZEMYSŁOWA W KONSTRUKCJI STALOWEJ**






29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

13

13



**MONTAŻ FUNDAMENTÓW I SŁUPÓW ŻELBETOWYCH**






źródło: monachinotechnology

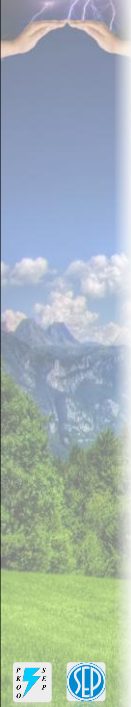
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3




14

14





### MATERIAŁY METALOWE W INSTALACJACH ODGROMOWYCH I ICH WZAJEMNE ODDZIAŁYWANIA ELEKTROCHEMICZNE



  

Ukształtowanie	Material	S [mm <sup>2</sup> ]
Linki	Miedź	50
	Aluminium	
	Stop aluminium	
	Stal nierdzewna	
Lita okrągła	Miedź	50
	Miedź ocynkowana	
	Aluminium	
	Stop aluminium	
	Stal ocynkowana na gorąco	
	Stal pokryta miedzią	
	Stal nierdzewna	
Lita taśma	Miedź	50
	Aluminium	
	Stop aluminium	
	Stal ocynkowana na gorąco	
	Stal pokryta miedzią	

Material	AL.	Pb	Cu	Zn	Inox	FeZn
AL.	+	+	-	+	+	+
Pb	+	+	+	+	+	+
Cu	-	+	+	-	+	-
Zn	+	+	-	+	+	+
Inox	+	+	+	+	+	+
FeZn	+	+	-	+	+	+

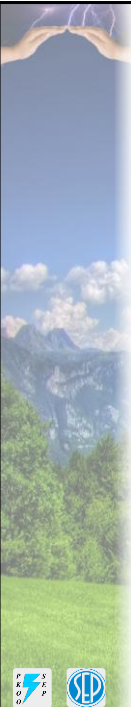



29 stycznia 2026




III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

17

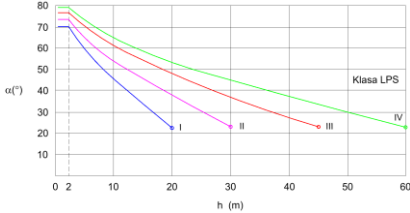
17



### METODY WYMIAROWANIA STREF OCHRONNYCH ZA POMOCĄ TOCZONEJ KULI I KĄTA OCHRONNEGO



Graph showing protection angle  $\alpha$  (degrees) vs height  $h$  (m) for LPS classes I, II, III, and IV. The angle decreases as height increases.

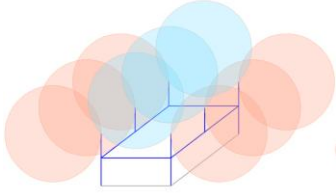
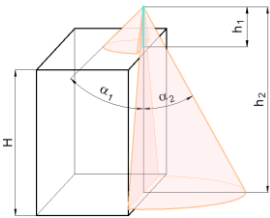


Diagram illustrating the protection zone of a lightning rod using the rolling sphere method.



  



Klasa LPS	Wymiary oczka siatki zwodów [m]	Promień toczonej kuli [m]
I	5 x 5	20
II	10 x 10	30
III	15 x 15	45
IV	20 x 20	60

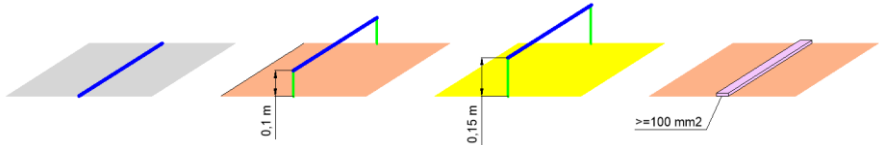
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

18


18

### WYMIAROWANIA UCHWYTÓW ZWODÓW ODGROMOWYCH



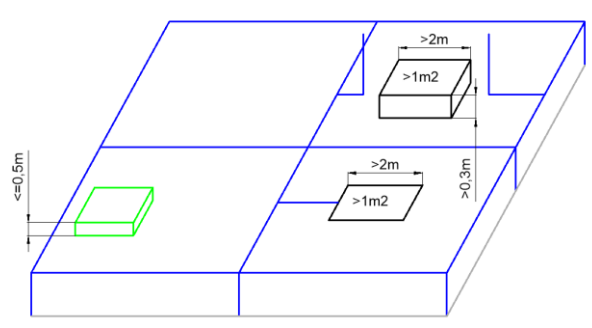
Rodzaj przewodu odgromowego	Rodzaj podłoża	Wysokość uchwytów między przewodem a podłożem
Zwody	Dach wykonany z materiału niepalnego	0,00 m
	Dach wykonany ze strzechy (bez stalowych prętów montażowych)	0,15 m
	Dach wykonany z innych materiałów palnych	0,10 m
Przewody odprowadzające	Ściana wykonana z materiału niepalnego	0,00 m
	Ściana wykonana z materiału łatwopalnego	> 0,10 m
	Ściana z materiału łatwopalnego - brak możliwości zapewnienia odstępu między przewodem a ścianą - zastosowanie przewodu stalowego lub równoważnego termicznie o przekroju	$\geq 100 \text{ mm}^2$





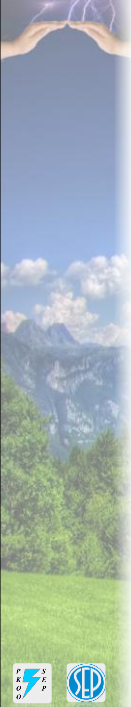
29 stycznia 2026
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3
19

### OCHRONA ODGROMOWA ŚWIETLIKÓW I NADBUDÓWEK NA DACHU


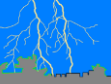



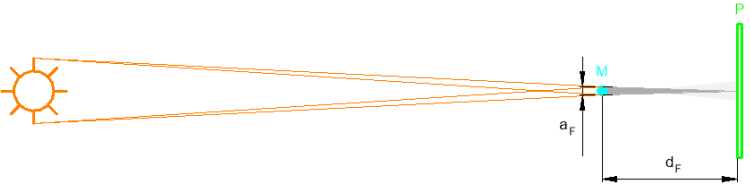



29 stycznia 2026
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3
20




### STREFY CIENIA OD MASZTÓW ODGROMOWYCH NA PANELACH FOTOWOLTAICZNYCH



M maszt instalacji odgromowej  
 P panel instalacji fotowoltaicznej  
 ☐ strefa półcienia  
 ■ strefa cienia

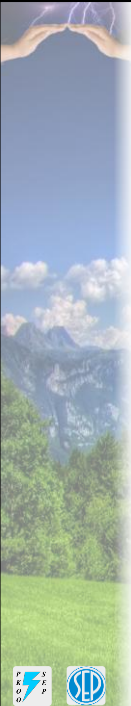


29 stycznia 2026


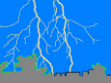

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

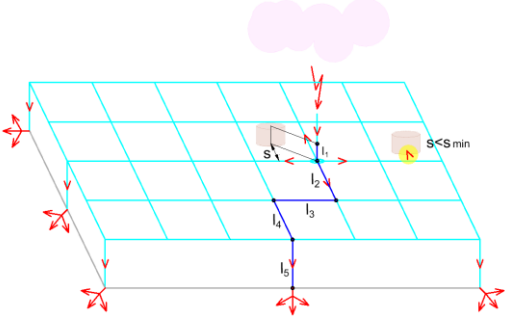
21

21

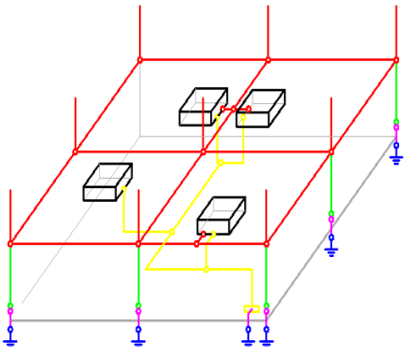



### ODSTĘPY SEPARACYJNE



$$s = \frac{k_i}{k_m} (k_{c1}l_1 + k_{c2}l_2 + \dots + k_{cn}l_n)$$






29 stycznia 2026

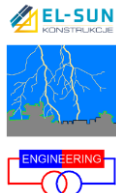
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

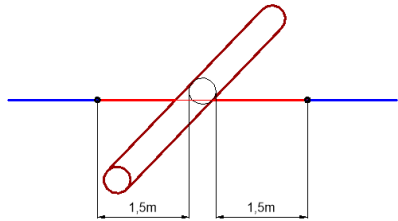
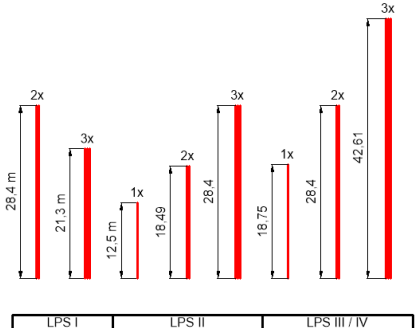
22



22



### PRZEWODY WYSOKONAIĘCIOWE STOSOWANE W INSTALACJACH ODGROMOWYCH







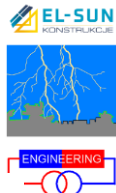
29 stycznia 2026

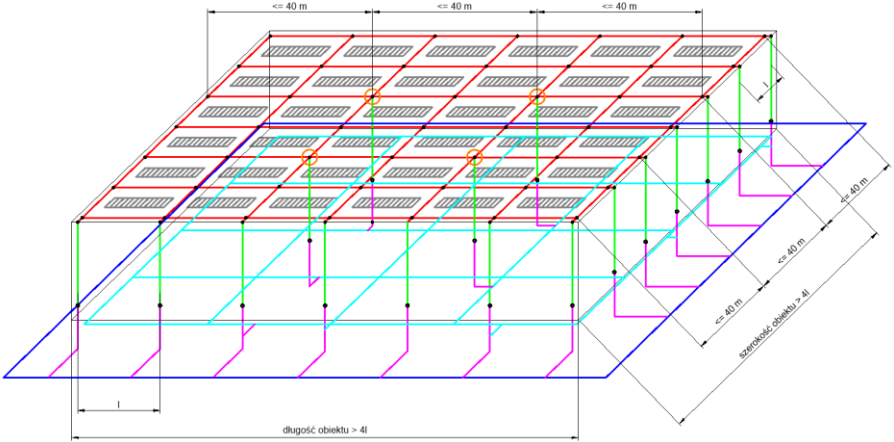
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3



23



### POŁĄCZENIA Z INSTALACJĄ UZIEMIEN WĘWĘTRZNYCH





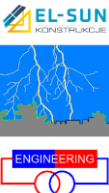
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

24



### GRUBOŚCI POŁĄCZI DACHOWYCH Z BLACHY DLA ZAPOBIEŻENIA PRZEBICIA, PRZETOPIONIA LUB PRZEGRZANIA POD WPŁYWEM ODDZIAŁYWANIA PIORUNA





Klasa LPS	Materiał	Grubość powłoki [mm]	
		zapobiega przebiciu	nie zapobiega przetopieniu, punktowemu przegrzaniu lub zapłonowi
I do IV	Stal ocynkowana	4	2
	Stal nierdzewna	4	
	Tytan	5	0,5
	Miedź	5	
	Cynk	7	0,65




29 stycznia 2026

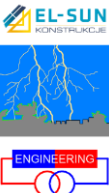
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

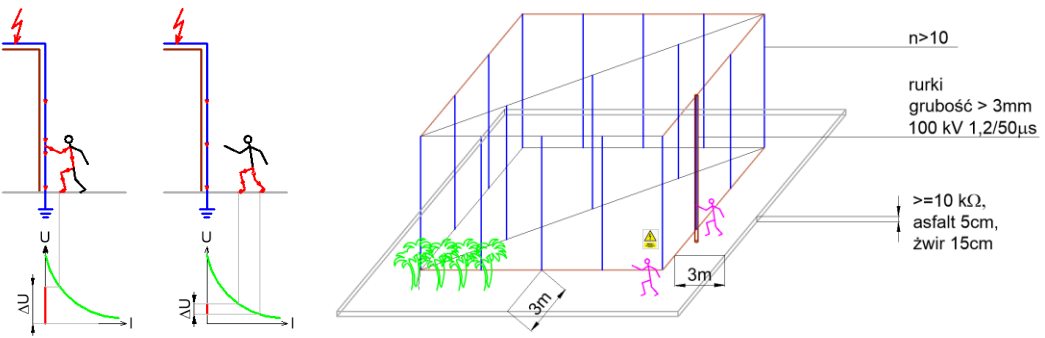
25


25



### OCHRONA PRZED NAPIĘCIEM PORAZENIOWYM DOTYKOWYM I KROKOWYM W OBIEKTACH WIELKOPOWIERZCHNIOWYCH










29 stycznia 2026


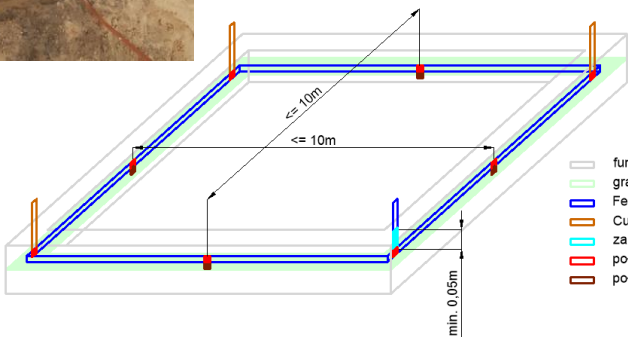
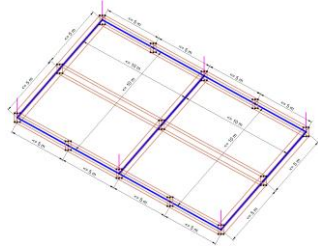
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

26


26

## UZIEMIENIA FUNDAMENTOWE

- ▭ fundament budynku
- ▭ granica chudego betonu - fundament
- ▭ FeZn - bednarka układana 'na sztorc' powyżej chudego betonu
- ▭ Cu, Inox
- ▭ zabezpieczenie antykorozyjne
- ▭ połączenie spawane egzotermiczne
- ▭ połączenie śrubowe ze zbrojeniem ławy fundamentowej



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

27

27





## DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!

Tadeusz Masłowski

tel. kom. +48 500 296 620

tadeusz.maslowski@gmail.com



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

28

28



## Ograniczniki przepięć T1 oparte na technologii iskiernika grafitowego wyzwalanego



1

Phoenix Contact w Polsce

**1994 – Start produkcji, 2002 – oddział handlowy**

### Phoenix Contact Wrocław

- Biuro handlowe i wsparcie techniczne
- Magazyn lokalny 850m<sup>2</sup>
- Zatrudnienie: 65

### Phoenix Contact Wielkopolska

- 3 zakłady produkcyjne
  - Nowy Tomyśl, Tarnobrzeg, Rzeszów
- Powierzchnia hal ponad +40tyś m<sup>2</sup>
- Zatrudnienie: 3600+



2

Nowa generacja SPD T1

## Agenda

- > Nowa technologia iskierników – przegląd techniczny
- > Możliwości i porównania dostępnych rozwiązań

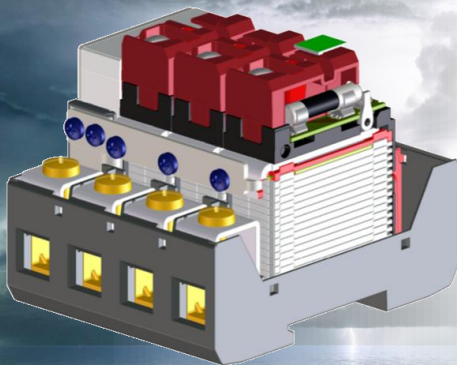


3 R. Gruszka / Modele T1 / 29.01.2025 / PKOO



3

## Ewolucja technologii iskierników Phoenix Contact



4



5



6

## Wyróżniający się ogranicznik przepięć



Wygodny montażu



Zapewniający bardzo dobrą ochronę



Nie zużywający się



Oferuje najwyższą wydajność



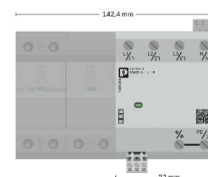
Zapewnia najlepszą dostępność aplikacji

7

Nowa technologia iskiernika grafitowego

### Wygodny w montażu zajmujący mało miejsca

- Technologia iskierników węglowych umożliwia tworzenie kompaktowych ograniczników przepięć (szerokość 72 mm)
- Przetestowana **wytrzymałość na agresywne warunki** testem Kesternicha (DIN 50018) - przyspieszone badanie korozyjne symulujące kwaśne deszcze i **zanieczyszczenia przemysłowe**
- Iskiernik węglowy z wyzwaniem nie powoduje prądu upływu, **dopuszczalna jest instalacja w obszarze przedlicznikowym**



8 R. Gruszka / Modele T1 / 28.01.2025 / PKOO



8

Nowa technologia iskiernika grafitowego

# Przykładowe aplikacje

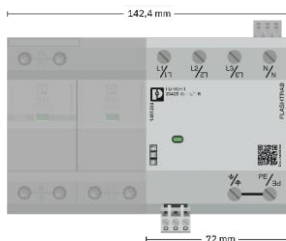
## Przykładowe aplikacje LPL I - IV



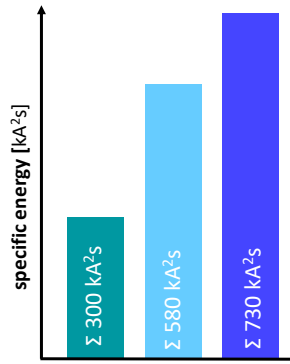
Instalacje budynkowe i przemysłowe



Kompaktowy lekki ogranicznik przepięć z możliwościami modeli wagi ciężkiej +



Aplikacje telekomunikacyjne



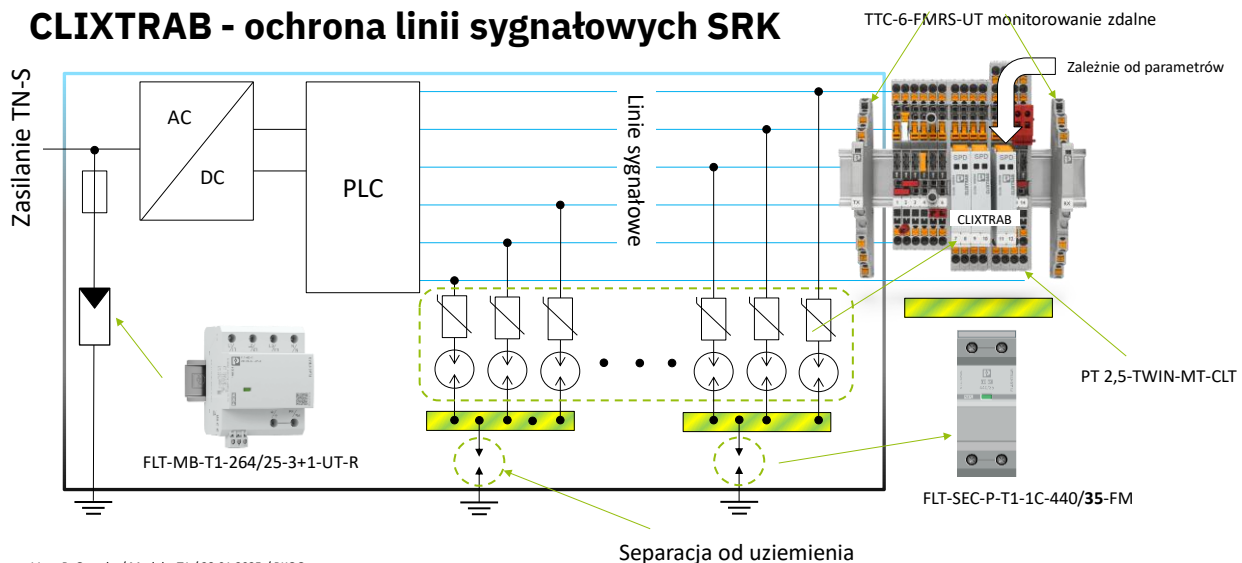
10 R. Gruszka / Modele T1 / 28.01.2025 / PKOO



10

SPD w obwodach CCS DB - Ochrona przed przepięciami dla linii dużych prędkości zasilanych AC

## CLIXTRAB - ochrona linii sygnałowych SRK



11 R. Gruszka / Modele T1 / 28.01.2025 / PKOO

11

## Wyróżniający się ogranicznik przepięć



Wygodny montażu



Zapewniający bardzo dobrą ochronę



Nie zużywający się



Oferuje najwyższą wydajność



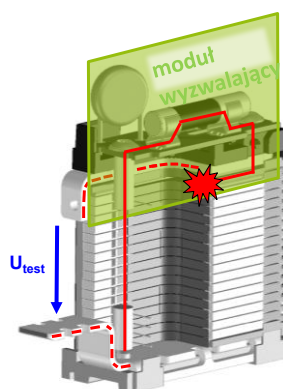
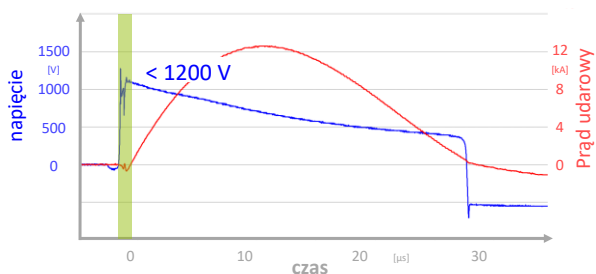
Zapewnia najlepszą dostępność aplikacji

12

Testy kwalifikacyjne ograniczników prądu piorunowego opartych na iskierniku

## Doskonała ochrona przed przepięciami Zachowanie podczas działania

- Zachowanie zapłonu przy 12,5 kA impuls prądu udarowego (8/20)  $\mu$ s



Ważnym elementem do osiągnięcia lepszej skuteczności ochrony jest wykorzystanie połączenia iskiernika zbudowanego z węglowych płytek z szczeliną powietrzną, w połączeniu z serią kondensatorów i modułem wyzwalającym. Moduł wyzwalający składa się z MOV i GDT w połączeniu z bezpiecznikiem odcinającym układ w przypadku przeciężenia.

13 R. Gruszka / Modele T1 / 29.01.2025 / PKOO

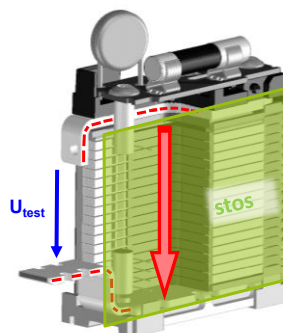
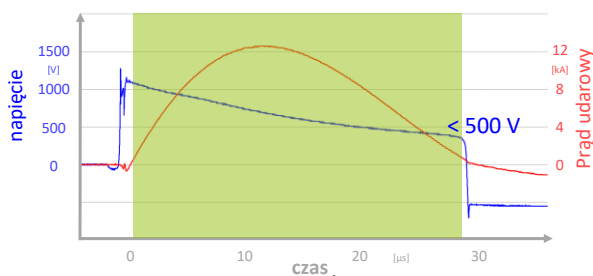
13

Badania kwalifikacyjne ograniczników prądu piorunowego opartych na iskiernikach

## Doskonała ochrona przed przepięciami

### Ograniczenie napięcia

- Ograniczenie napięcia przy 12,5 kA impulsu prądu udarowego (8/20)  $\mu$ s



Moduł wyzwalający zapala się szybko przy niskim przepięciu, inicjując zapłon pierwszej szczeliny powietrznej, a następnie całego stosu. Na rysunku widać, że faza zapłonu trwa ok. 1  $\mu$ s. Po niej napięcie resztkowe szybko spada poniżej 1000 V, a następnie obniża się do wartości < 500 V przy impulsie.

14 R. Gruszka / Modele T1 / 29.01.2025 / PKOO

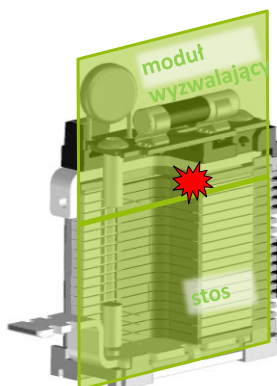
14

Badania kwalifikacyjne ograniczników prądu piorunowego opartych na iskierniku

## Doskonała ochrona przed przepięciami

### Parametry i ich wartości

- W przypadku wystąpienia przepięcia moduł wyzwalający reaguje szybko i ogranicza napięcie dla wszystkich rodzajów przebiegów impulsowych do wartości  $\leq 1,5$  kV.
- Równoległe zapala się stos wielowęglowy. Prowadzi to do dalszego ograniczenia przepięcia do napięcia resztkowego  $\leq 500$  V.
- Zgodnie z normą IEC 61643-11 takie działanie zapewnia poziom ochrony  $U_p \leq 1,5$  kV.
- Uwaga: Napięcia resztkowe  $\leq 500$  V nie mogą być osiągnięte przy użyciu technologii opartych na warystorach.



#### Najważniejsze wnioski

Osiągnięta charakterystyka jest **lepsza** od wszystkich ograniczników prądu piorunowego opartych na warystorach.

15 R. Gruszka / Modele T1 / 29.01.2025 / PKOO

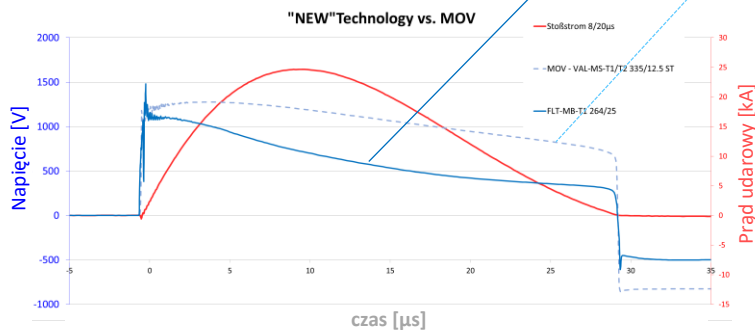
15

Testy kwalifikacyjne ograniczników prądu piorunowego opartych na iskierniku

## Doskonała ochrona przed przepięciami

### Porównanie z ogranicznikiem przepięć T1 opartym na MOV

- Ograniczenie obciążenia elektrycznego przy 25 kA impulsu prądu udarowego (8/20)  $\mu$ s



16 R. Gruszka / Modele T1 / 29.01.2025 / PKOO

#### Najważniejsze wnioski

Charakterystyka napięcia resztkowego, a tym samym **skuteczność ochrony** nowego iskiernika, **przewyższa** ograniczniki przepięć T1 oparte o warystory.

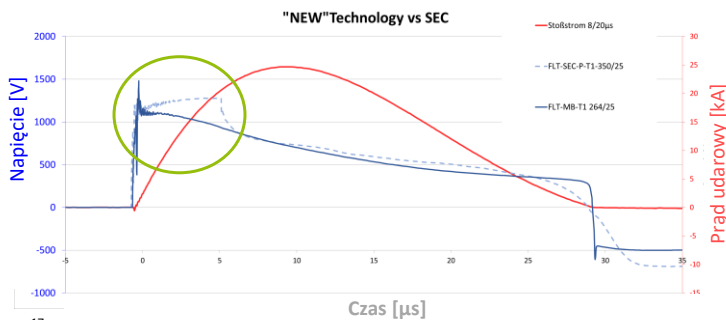
16

Badania kwalifikacyjne ograniczników prądu piorunowego opartych na iskierniku

## Doskonała ochrona przed przepięciami

### Porównanie z FLT-SEC

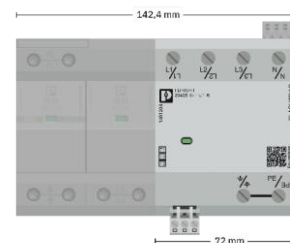
- W przypadku wystąpienia przepięcia wyzwalacz nowego iskiernika reaguje szybko i natychmiast ogranicza przepięcia do  $\leq 1,5$  kV. Dalej następuje dalsze ograniczenie napięcia.
- Porównanie z ogranicznikiem prądu piorunowego FLT-SEC-PLUS pokazuje poprawę wydajności. Nowy model generuje wyższe napięcie przeciwnie na końcu impulsu prądu udarowego. Prowadzi to do wysokiej wydajności.



17

#### Najważniejsze wnioski

Skuteczność ochrony nowej technologii iskiernika jest **lepsz**a w porównaniu z FLT-SEC-PLUS.



17

## Wyróżniający się ogranicznik przepięć



Wygodny montażu



Zapewniający bardzo dobrą ochronę



Nie zużywający się



Oferuje najwyższą wydajność



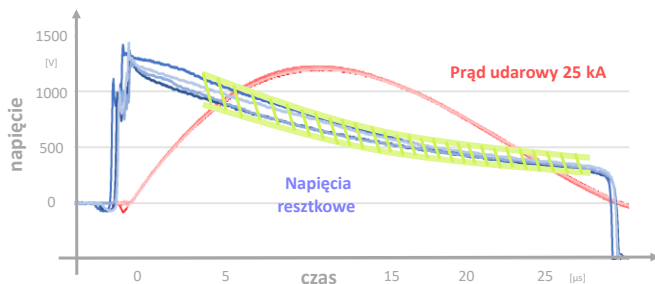
Zapewnia najlepszą dostępność aplikacji

18

Testy kwalifikacyjne ograniczników prądu piorunowego opartych na iskierniku

## Technologia odporna na zużycie Degradacja po wielokrotnym obciążeniu

- Zmiana napięcia resztkowego iskiernika po zastosowaniu impulsu lub wielokrotnego impulsu jako wskaźnik starzenia się jego wewnętrznych części.



### Najważniejsze wnioski

**Brak** efektów **starzenia** podczas i po wielokrotnym obciążeniu impulsowym.

19 Gruszka / Modele T1 / 29.01.2025 / PKOO

19

## Wyróżniający się ogranicznik przepięć



Wygodny montażu



Zapewniający bardzo dobrą ochronę



Nie zużywający się



Oferuje najwyższą wydajność



Zapewnia najlepszą dostępność aplikacji

20

Testy kwalifikacyjne ograniczników prądu piorunowego opartych na iskierniku

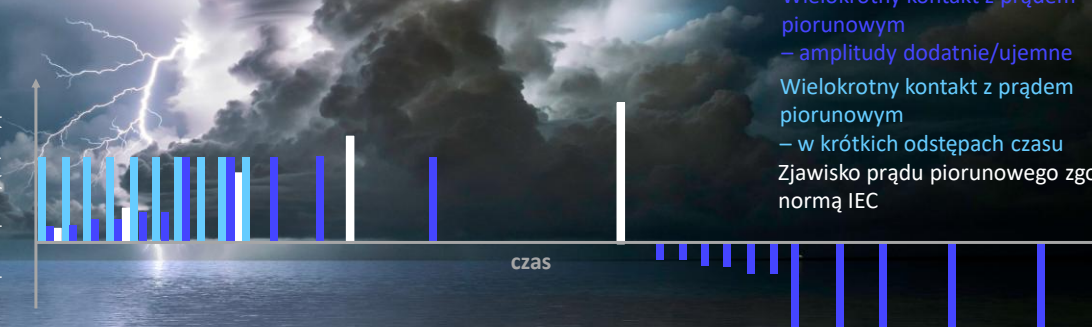
## Wydajność rozładowania w przypadku wyładowań atmosferycznych



- Urządzenie SPD było poddawane działaniu różnych prądów piorunowych w celu oceny wydajności i ograniczeń nowej technologii.

zdarzenie związane z prądem piorunowym

impuls amplitudy (10/350)  $\mu$ s



Wielokrotny kontakt z prądem piorunowym  
– amplitudy dodatnie/ujemne  
Wielokrotny kontakt z prądem piorunowym  
– w krótkich odstępach czasu  
Zjawisko prądu piorunowego zgodne z normą IEC

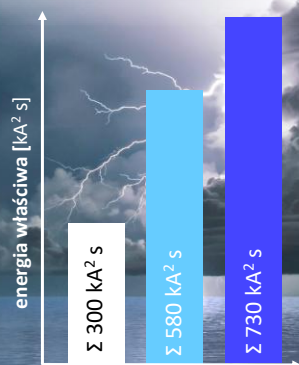
R. Gruszka / Modele T1 / 29.01.2025 / PKOO

21

Testy kwalifikacyjne ograniczników prądu piorunowego opartych na iskierniku

## Wydajność rozładowania w przypadku wyładowań atmosferycznych

- Energia właściwa jako miara zdolności rozładowania prądu piorunowego w nowych iskiernikach



Wielokrotny kontakt z prądem piorunowym  
– amplitudy dodatnie/ujemne  
Wielokrotny kontakt z prądem piorunowym  
– w krótkich odstępach czasu  
Zjawisko prądu piorunowego zgodnie z normą IEC

**Wydajność rozładowania prądów piorunowych znacznie przewyższa wymagania normy IEC 61643-11**

22 R. Gruszka / Modele T1 / 29.01.2025 / PKOO

22

## Wyróżniający się ogranicznik przepięć



Wygodny montażu



Zapewniający bardzo dobrą ochronę



Nie zużywający się



Oferuje najwyższą wydajność



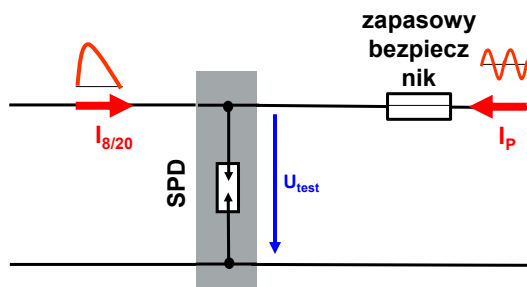
Zapewnia najlepszą dostępność aplikacji

23

Badania kwalifikacyjne ograniczników opartych na iskierniku

## Zachowanie operacyjne – przykład testów

- Konfiguracja testowa do testów klasy I i II zgodnie z normą IEC EN 6164, rozdział 8.3.4.3



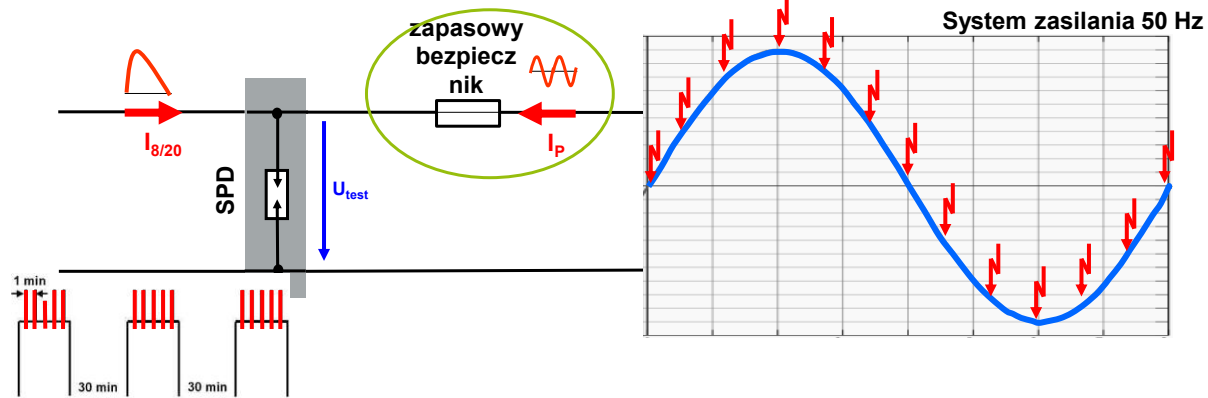
24 R. Gruszka / Modele T1 / 29.01.2025 / PKOO

24

Badania kwalifikacyjne ograniczników prądu piorunowego opartych na iskierniku

## Zachowanie operacyjne - przykład testów

- Synchronizacja impulsów prądu udarowego  $i_{8/20}$  określonymi kątami fazowymi napięcia prądu przemiennego 50 Hz



25 R. Gruszka / Modele T1 / 29.01.2025 / PKOO

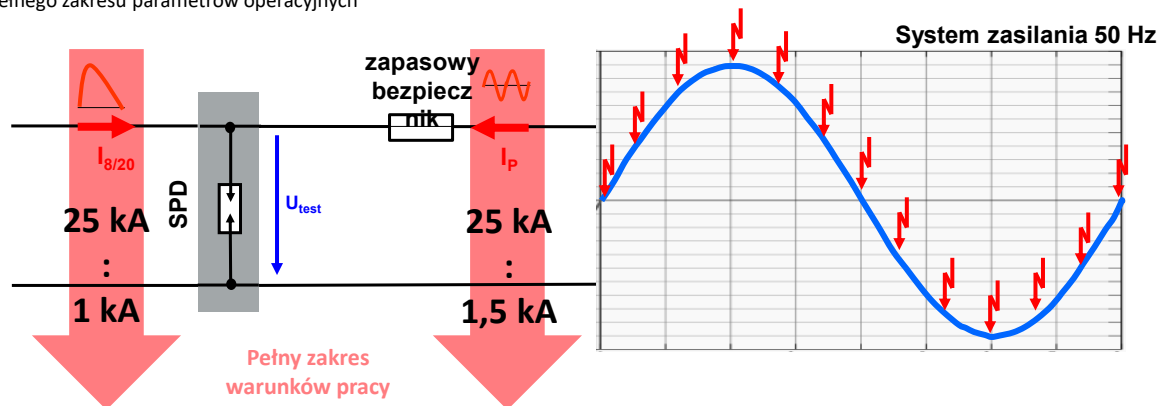
25

Testy kwalifikacyjne ograniczników prądu piorunowego opartych na iskierniku

## Zachowanie operacyjne – przykład testów

### Warunki testowe – szeroki zakres testowanych impulsów

- Testy kwalifikacyjne zgodnie z procedurą IEC/EN 61643-11 z wykorzystaniem pełnego zakresu parametrów operacyjnych



26 R. Gruszka / Modele T1 / 29.01.2025 / PKOO

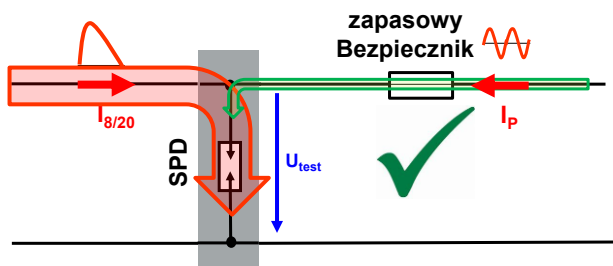
26

Badania kwalifikacyjne ograniczników prądu piorunowego opartych na iskierniku

## Zachowanie operacyjne – wysoka dostępność systemu

### IEC/EN 61643-11, rozdział 8.3.4.3

- Nie wykryto przepływu prądu następczego (zielony). Nawet najmniejsze bezpieczniki zapasowe (16 A gG) nie wyzwalają się.



- Brak obciążenia dla wewnętrznych części iskiernika spowodowanego prądami następczymi

27 R. Gruszka / Modele T1 / 29.01.2025 / PKOO

#### Najważniejsze wnioski

Technologia iskiernika gwarantująca **najwyższą dostępność** systemów zasilania.

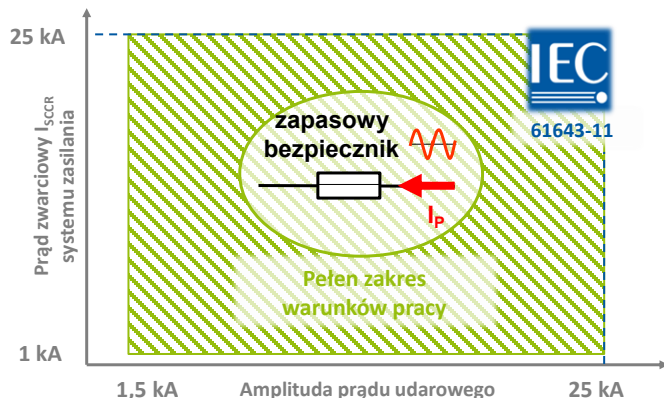
27

Testy kwalifikacyjne ograniczników prądu piorunowego opartych na iskierniku

## Zachowanie podczas działania

### Warunki testowe

- Testy kwalifikacyjne zgodnie z procedurą IEC/EN 61643-11 wykorzystaniem pełnego zakresu parametrów operacyjnych.



z

### Najważniejsze informacje

**Pełny zakres testów** wykraczający poza wymagania normy IEC 61643-11.

Większość dostępnych obecnie **technologii** **nie spełnia** tak zaawansowanych wymagań testowych, zwłaszcza w przypadku **najmniejszych prądów testowych**.

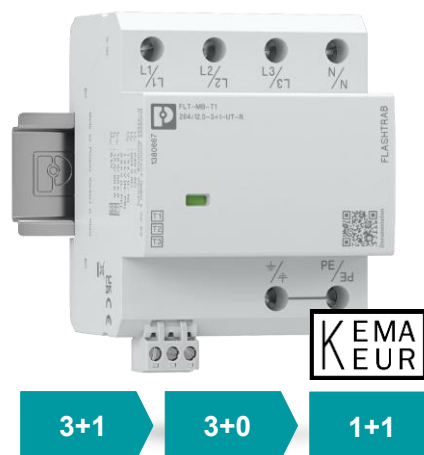
28

FLASHTRAB Monoblock Typ 1 + Typ 2 + Typ 3 SPD

## FLT-MB-T1...12.5 kA $I_{imp}$

- T1+T2+T3 SPD according to IEC/EN 61643-11
- 240/415 V AC power systems
- $U_c = 264$  V AC
- $I_{imp} = 12.5 / 50$  kA (10/350  $\mu$ s)
- $I_n = 12.5$  kA / 50 kA (8/20  $\mu$ s)
- $I_{SCCR} = 50$  kA
- $U_p \leq 1.5$  kV (L-N)  
 $\leq 1.5$  kV (N-PE)  
 $\leq 2.5$  kV (L-PE)
- Max. backup fuse 315 A gG

29 R. Gruszka / Modele T1 / 28.01.2025 / PKOO

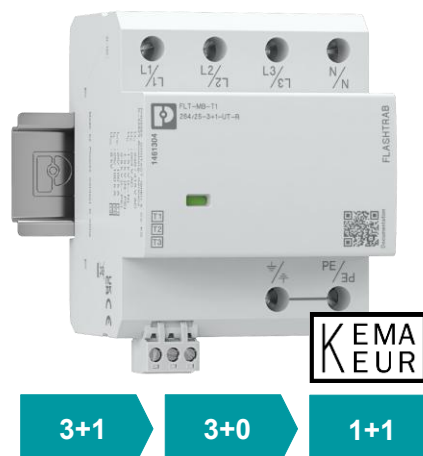


29

FLASHTRAB Monoblock Typ 1 + Typ 2 + Typ 3 SPD

## FLT-MB-T1...25 kA $I_{imp}$

- T1+T2+T3 SPD according to IEC/EN 61643-11
- 240/415 V AC power systems
- $U_c = 264$  V AC
- $I_{imp} = 25 / 100$  kA (10/350  $\mu$ s)
- $I_n = 25$  kA / 100 kA (8/20  $\mu$ s)
- $I_{SCCR} = 50$  kA
- $U_p \leq 1.5$  kV (L-N)  
 $\leq 1.5$  kV (N-PE)  
 $\leq 2.5$  kV (L-PE)
- Max. backup fuse 315 A gG



30 R. Gruszka / Modele T1 / 28.01.2025 / PKOO

30

Informacje kontaktowe

## W przypadku dodatkowych pytań



PHOENIX CONTACT Sp. z o.o.  
ul. Bierutowa 57-59  
Budynki nr 3/A  
PL 51-317 Wrocław  
NIP: 897-14-11-342

mgr inż.  
Radosław Gruszka  
Menadżer Produktu / Product Manager  
rgruszka@phoenixcontact.pl  
Telefon: +48 71-39 80 429  
Telekom: +48 532 950 339



**Menadżer produktu**  
**Ochrona przed przepięciami**  
**Zasilacze, moduły UPS, wyłączniki zabezpieczające**

Radosław Gruszka  
rgruszka@phoenixcontact.com



31 R. Gruszka / Modele T1 / 28.01.2025 / PKOO



31



32



The banner features a dark, stormy sky with lightning bolts striking a landscape. In the background, there are silhouettes of a power transmission tower and a nuclear reactor cooling tower. A small airplane is visible in the upper right corner of the sky. The text is overlaid in yellow and white.

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

**TOOP#3 ♦ 29 stycznia 2026 r.**



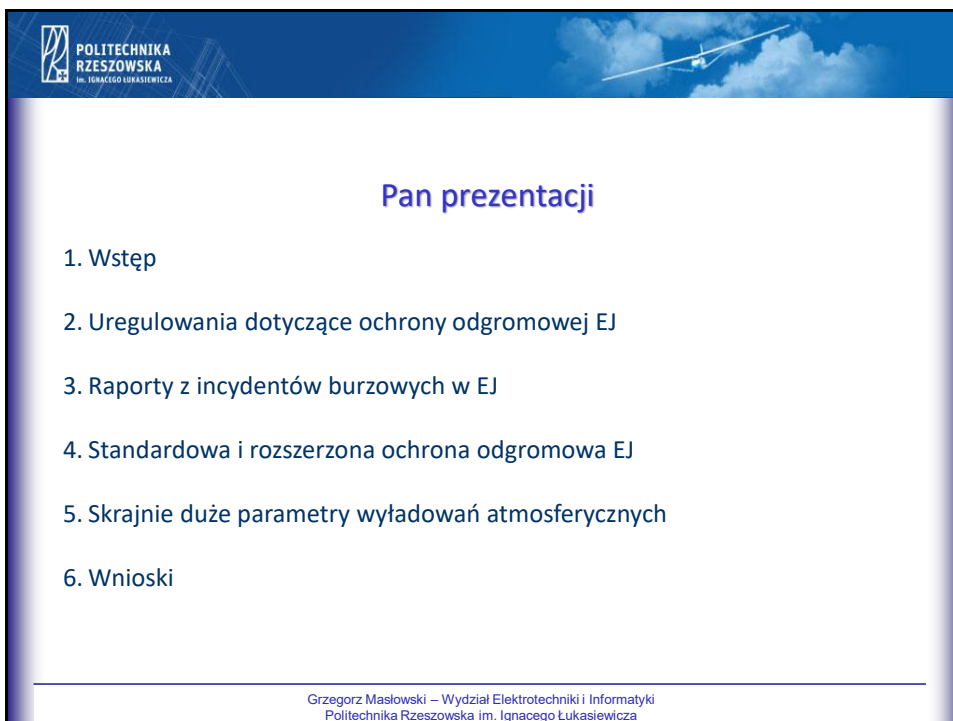
**Skrajne parametry wyładowań atmosferycznych  
a ochrona odgromowa elektrowni jądrowych**

Grzegorz Masłowski  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

**P K O O S E P**  **POLSKI KOMITET OCHRONY ODGROMOWEJ  
Stowarzyszenie Elektryków Polskich**

ul. Świętokrzyska 14 A, 00-950 Warszawa, tel. 0-22-556 43 09

1



The slide has a white background with a blue header and footer. The header contains the Politechnika Rzeszowska logo and name. The main content is a list of six items. The footer contains the speaker's name and affiliation.

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

**Pan prezentacji**

1. Wstęp
2. Uregulowania dotyczące ochrony odgromowej EJ
3. Raporty z incydentów burzowych w EJ
4. Standardowa i rozszerzona ochrona odgromowa EJ
5. Skrajnie duże parametry wyładowań atmosferycznych
6. Wnioski

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

2

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

## Wstęp

- ❑ Ochrona odgromowa w elektrowniach jądrowych jest bardzo ważnym elementem szeroko rozumianej **ochrony fizycznej obiektów jądrowych** i jest istotna ze względu na powszechne stosowanie w nich cyfrowych i analogowych systemów elektronicznych, które mogą być zniszczone przez **impulsy napięciowe i prądowe dużych mocy** pochodzenia atmosferycznego lub też generować fałszywe alarmy bezpieczeństwa wpływające na pracę reaktora [1].
- ❑ Pioruny mogą być także przyczyną **groźnych pożarów** niszczących kluczowy sprzęt i utrudniających realizację procedur związanych z zapewnieniem w elektrowni bezpieczeństwa jądrowego.
- ❑ Z dostępnych raportów wynika, iż dotychczas zarejestrowane skutki oddziaływań piorunów dotyczyły głównie **wadliwego działania aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki zabezpieczeniowej**, co powodowało w niektórych wypadkach nawet automatyczne wyłączenie reaktora (np. **Diablo Canyon Power Plant** w Kalifornii – 22.09.1999r., **Elektrownia Jądrowa Równe** w Ukrainie – 18.08.2000r.).
- ❑ Ochronę odgromowej EJ należy rozpatrywać także w kontekście **zmian klimatycznych**, gdyż cały cykl życia nowoczesnych elektrowni wynosić będzie blisko **100 lat** (projektowanie, budowa, uruchamianie, użytkowanie i rozwój oraz zamykanie). Wzrost globalnego ocieplenia może doprowadzić bowiem do częstszych i poważniejszych burz z piorunami.

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

3


**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA


## Międzynarodowa skala zdarzeń jądrowych i radiologicznych - INES

Level	Description	Example Incident
7	Wielka awaria	EJ w Czarnobylu, ZSRR, 1986 EJ Fukushima I, Japonia, 2011
6	Poważna awaria	Zakład Przetwórstwa Paliwa Jądrowego w Kysztymie, ZSRR, 1957
5	Awaria z rozległymi skutkami	Pożar w EJ w Windscale, Wielka Brytania, 1957 EJ Three Mile Island, USA, 1979
4	Awaria z lokalnymi skutkami	Zakłady Przeróbki Paliwa Windscale, Wielka Brytania, 1973 EJ Saint Laurent, Francja, 1980
3	Poważny incydent	EJ Vandellòs, Hiszpania, 1989
2	Incydent	EJ Forsmark, Szwecja, 2006
1	Anomalia	
0	Bez znaczenia dla bezpieczeństwa	

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

4

 POLITECHNIKA RZESZOWSKA im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA





## Katastrofy w elektrowniach jądrowych

- ❑ **1979** - Wypadek jądrowy na poziomie **5** w skali INES w Pensylwanii w elektrowni jądrowej **Three Mile Island poziom** . Częściowe stopienie rdzenia w drugim reaktorze TMI-2 na skutek braku sygnalizacji o wadliwym zadziałaniu zaworu odpowiedzialnego za wyrównywanie ciśnienia w układzie chłodzenia – **przyczyna techniczna**
- ❑ **1986** – Wypadek jądrowy na poziomie **7** w skali INES w Czarnobylskiej Elektrowni Jądrowej. Stopienie się rdzenia reaktora i eksplozja wodoru i tlenu, która wysadziła pokrywę ochronną reaktora i zniszczyła budynek czwartego bloku. - **błędy konstrukcyjne reaktora oraz ogólny brak kultury bezpieczeństwa**
- ❑ **2011** – Seria wypadków jądrowych sklasyfikowanych łącznie na poziomie **7** w skali INES w elektrowni jądrowej Fukushima Nr 1 w Japonii, do których doszło w 2011 roku w wyniku tsunami spowodowanego przez trzęsienie ziemi u wybrzeży Honsiu – **groźne zjawiska atmosferyczne**

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

5

 POLITECHNIKA RZESZOWSKA im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



## Uregulowania w zakresie ochrony odgromowej w USA

- ❑ W USA głównym standardem dotyczącym ochrony odgromowej jest dokument **ANSI/NFPA 780 Standard for the Installation of Lightning Protection Systems**  
**ANSI - American National Standards Institute**  
**NFPA - National Fire Protection Association**  
(Krajowe Stowarzyszenie Ochrony Przeciwpowarowej)
- ❑ **W standardzie ANSI/NFPA 780** zawarty jest zapis:  
**A-1-1.2 Urządzenia, których głównym celem jest wytwarzanie energii elektrycznej, są wyłączone z niniejszego standardu w odniesieniu do wytwarzania, przesyłu i dystrybucji energii. Większość przedsiębiorstw elektroenergetycznych posiada normy obejmujące ochronę swoich obiektów i sprzętu.**  
*Instalacje niezwiązane bezpośrednio z tymi funkcjami oraz konstrukcje, w których znajdują się takie instalacje, mogą być chronione przed piorunami zgodnie z postanowieniami niniejszej normy.*

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

6





## U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) (Amerykański Urząd Dozoru Jądrowego)

- ❑ Przepisy związane z bezpieczeństwem EJ w USA, w tym również zasady ochrony przed groźnymi zjawiskami atmosferycznymi zatwierdza **Amerykański Urząd Dozoru Jądrowego NRC** (Nuclear Regulatory Commission).
- ❑ Na zlecenie **NRC** zostały opracowane przez **Oak Ridge National Laboratory (ORNL)** już ponad 20 lat temu wytyczne techniczne dotyczące systemów ochrony odgromowej w elektrowniach jądrowych.
- ❑ Ostatecznie rekomendowano wówczas **4 normy IEEE** w celu rozwiązania problemów związanych z ochroną odgromową elektrowni jądrowych. Ponadto w rekomendacji uwzględniono także kilka innych norm mających zastosowanie w ochronie odgromowej i przepięciowej.

---

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza



7





Najważniejsze standardy dotyczące ochrony odgromowej	Stosowność
<b>IEEE Std. 665-1995 (R2001)</b>	Podstawowy standard dotyczący ochrony odgromowej w elektrowniach jądrowych. Skupia się na <b>bezpośrednich skutkach uderzeń piorunów</b> i w dużej mierze opiera się na normie <b>ANSI/NFPA 780</b> , Instalacja systemów ochrony odgromowej. Norma ANSI/NFPA 780 jest powszechnie akceptowaną normą ochrony odgromowej większości typów konstrukcji, ale wyklucza ona elektrownie.
<b>IEEE Std. 666-1991</b>	Uziemienie i ochrona przeciwprzepięciowa transformatorów, rozdzielnic i silników.
<b>IEEE Std. 1050-1996</b>	Obejmuje komponenty niezbędne do zapobiegania uszkodzeniom aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki (AKPIA), które mogą być spowodowane wtórnymi skutkami uderzeń piorunów.
IEEE Std. 1100-1999	Opisuje możliwe konflikty pomiędzy potrzebami uziemienia systemów (AKPIA), a potrzebami uziemienia innych systemów elektronicznych (balance-of-plant equipment).
<b>IEEE Std. C62.23-1995 (R2001)</b>	Konsoliduje wiele praktyk stosowanych w branży elektroenergetycznej, istniejące normy/przewodniki, definicje i odniesienia techniczne w zakresie ochrony przeciwprzepięciowej elektrowni.
IEEE Std. C62.41-1991 (R1995)	Zawiera ogólne wskazówki dotyczące wyboru urządzeń przeciwprzepięciowych

8






Wszystkie standardy wykorzystywane w ochronie EJ przed wyładowaniami atmosferycznymi

IEEE Std. 80-2000	IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding (ANSI)
IEEE Std. 81-1983	IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System (ANSI)
IEEE Std. 81.2-1991	IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems
IEEE Std. 142-1991	IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems (IEEE Green Book)
IEEE Std. 367-1987	IEEE Recommended Practice for Determining the Electric Power Station Ground Potential Rise and Induced Voltage from a Power Fault (ANSI)
IEEE Std. 487-2000	IEEE Recommended Practice for the Protection of Wire-Line Communication Facilities Serving Electric Power Stations (ANSI)
IEEE Std. 665-1995 (reaffirmed 2001)	IEEE Guide for Generating Station Grounding
IEEE Std. 666-1991	IEEE Design Guide for Electric Power Service Systems for Generating Stations
IEEE Std. 1050-1996	IEEE Guide for Instrumentation and Control Equipment Grounding in Generating Stations (ANSI)

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

9






Wszystkie standardy wykorzystywane w ochronie EJ przed wyładowaniami atmosferycznymi

IEEE Std. 1100-1999	IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Sensitive Electronic Equipment (IEEE Emerald Book) [ANSI]
IEEE Std. C37.101-1993	IEEE Guide for Generator Ground Protection (ANSI)
IEEE Std. C57.13.3-1983	IEEE Guide for the Grounding of Instrument Transformer Secondary Circuits and Cases (ANSI)
IEEE Std. C62.23-1995	IEEE Application Guide for Surge Protection of Electric Generating Plants (ANSI)
IEEE Std. C62.92-1987 (reaffirmed 1993)	IEEE Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems, Part I-Introduction (ANSI)
IEEE Std. C62.41-1991 (R1995)	IEEE Recommended Practice on Surge Voltages in Low-Voltage AC Power Circuits
NFPA 780-2001	Installation of Lightning Protection Systems

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

10

 POLITECHNIKA RZESZOWSKA im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA





## U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC)

- Przewodnik **0 RG 1.204** został wydany w listopadzie 2005 r. w celu zatwierdzenia metod ochrony odgromowej EJ opisanych w normach:
  - IEEE Std. 665–1995 (R2001)
  - IEEE Std. 666–1991
  - IEEE Std. 1050–1996
  - IEEE Std. C62.23–1995 (2017)
- Normy IEEE1050, 666 i C62.23 zostały zrewidowane odpowiednio w 2004, 2007 i 2017 roku.
- Przewodnik **1 RG 1.204** został wydany **7 lutego 2024 roku** i aktualizuje poprzednie wydanie rekomendując metody ochrony, z pewnymi wyjaśnieniami, zawarte w 4 normach:
  - IEEE Std. 665–1995 (R2001)
  - IEEE Std. 666–2007
  - IEEE Std. 1050–2004
  - IEEE Std. C62.23–2017

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

11

 POLITECHNIKA RZESZOWSKA im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA




## U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC)


- Regulatory Guide (RG), 1.204**, "Guidelines for Lightning Protection for Production and Utilization Facilities."- [NRC–2023–0089]  
*(Wytyczne dotyczące ochrony odgromowej **obiektów produkcyjnych i użytkowych**. Dotyczy również EJ – **Część 52, „Licencje, certyfikaty i zatwierdzenia dla elektrowni jądrowych”**)*
- Ponadto RG 1.204 uznaje także normy:
  - **ANSI/NFPA 780** Krajowego Stowarzyszenia Ochrony Przeciwpożarowej oraz
  - **Normę 96A Underwriters Laboratories (UL)**, „Wymagania instalacyjne dla systemów ochrony przed piorunami” wiodącej firmy zajmującej się **bezpieczeństwem produktów**

jako przydatne odniesienia do wykazania zgodności z obowiązującymi przepisami NRC dotyczącymi odpowiedniej ochrony odgromowej systemów, konstrukcji i komponentów związanych z bezpieczeństwem elektrowni jądrowych.

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

12

 POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



## U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC)

- ❑ **ANSI/NFPA 780** (NRC rekomenduje **Załącznik B** „Zasady ochrony przed piorunami” i **Załącznik D** „Inspekcja i konserwacja systemów ochrony przed piorunami”, gdyż zawierają przydatne informacje na temat praktyk testowania i konserwacji, do których licencjodawcy i wnioskodawcy mogą chcieć się odwołać przy opracowywaniu własnych praktyk testowania i konserwacji.
- ❑ **NRC** wzięta również pod uwagę **IAEA Safety Requirements and Safety Guide (IAEA = Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej MAEA)** zgodnie z Commission’s International Policy Statement oraz Management Directive and Handbook.
- ❑ **Przewodnik RG 1.204** jest też zgodny z ogólnymi zasadami **IAEA Specific Safety Guide No. SSG-34, “Design of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants”**, wydane w marcu 2016 r., który zawiera wytyczne dotyczące ochrony odgromowej wewnętrznych i zewnętrznych systemów i komponentów ważnych dla bezpiecznej eksploatacji elektrowni.

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

13

 POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



## U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC)

- ❑ **Odniesienia w RG 1.204 do innych standardów**

IEEE Std. 80-2013 IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding (ANSI)  
IEEE Std. 81-2012 IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System (ANSI)  
IEEE Std. 142-2007 IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems (IEEE Green Book)  
IEEE Std. 367-2012 IEEE Recommended Practice for Determining the Electric Power Station Ground Potential Rise and Induced Voltage from a Power Fault (ANSI)  
IEEE Std. 487-2015 IEEE Standard for the Electrical Protection of Communications Facilities Serving Electric Supply Locations – General Considerations (ANSI)  
IEEE Std. 1100-2005 IEEE Recommended Practice for Powering and Grounding Electronic Equipment (IEEE Emerald Book) (ANSI)  
IEEE Std. C37.101-2006 IEEE Guide for Generator Ground Protection (ANSI)  
IEEE Std. C57.13.3-2014 IEEE Guide for the Grounding of Instrument Transformer Secondary Circuits and Cases (ANSI)  
IEEE Std. C62.92.1-2016 IEEE Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems, Part I-Introduction (ANSI)  
IEEE Std. C62.92.2-2017 IEEE Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems, Part II - Synchronous Generator Systems (ANSI)  
IEEE Std. C62.92.3-2012 IEEE Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Utility Systems, Part III-Generator Auxiliary Systems (ANSI)  
IEEE Std. C62.41.1-2002 IEEE Guide on the Surge Environment in Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits (ANSI)  
IEEE Std. C62.41.2-2002 IEEE Recommended Practice on Characterization of Surges in Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits (ANSI)  
IEEE Std. C62.45-2002 IEEE Recommended Practice on Surge Testing for Equipment Connected to Low-Voltage (1000 V and Less) AC Power Circuits (ANSI)

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

14



## Raporty NRC i EDF dotyczące oddziaływań piorunowych na elektrownie jądrowe

- ❑ Raport NRC za okres **1980-1991** wykazał **174 przypadki** nieprawidłowych zadań systemów amerykańskich EJ wynikających z oddziaływań wyładowań atmosferycznych [2-3].
- ❑ Jeden z głównych wniosków z przeprowadzonych analiz wskazywał, że zagrożenia ze strony linii elektroenergetycznych dochodzących do EJ można pominąć z uwagi na stosowane nadmiarowe zabezpieczenia przeciwprzepięciowe. Obserwowano w trakcie burzy poważne uszkodzenia linii napowietrznych, które nie miały wpływu na funkcjonowanie EJ.
- ❑ W rezultacie stwierdzono, że główne zagrożenie **stanowią wyładowania atmosferyczne trafiające lokalnie w teren EJ**, na skutek których dochodzi do wzrostu potencjału ziemi (GPR) przenoszącego się na systemy pracujące na terenie elektrowni.
- ❑ Ponadto w raporcie stwierdzono, iż przepięcia powstające na skutek lokalnych wyładowań atmosferycznych nie stanowią istotnego zagrożenia dla bezpieczeństwa EJ.

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

15





## Raporty NRC

- ❑ Kolejny raport obejmował okres **1990-2000** i został wykonany przez **Oak Ridge National Laboratory (ORNL)** na zlecenie NRC [4].
- ❑ W raporcie znalazło się **30 uszkodzeń** wynikających z oddziaływania piorunów, które miały miejsce w 19 elektrowniach jądrowych, w tym **11 razy** doszło do wyłączenia reaktora, a **9 razy** zostały uruchomione agregaty diesla na skutek zaniku napięcia.
- ❑ Brak jednoznacznych wniosków dlaczego wystąpiły takie rozbieżności w dwóch kolejnych raportach obejmujących kolejne dwie dekady (systemy analogowe versus cyfrowe?).
- ❑ ONRL po sporządzonym raporcie zostało zaangażowane w przygotowanie zasad projektowania i wdrażania ochrony odgromowej elektrowni jądrowych.

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

16

 POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA





### Raport EDF (Électricité de France)

- ❑ W ciągu **30 lat** pracy na terenie Francji **19** elektrowni jądrowych odnotowano **51 zdarzeń**, podczas których uszkodzeniu uległy systemy elektryczne i elektroniczne [4].
- ❑ Wyładowania bezpośrednie w obiekty elektrowni (łącznie **2000 budynków i 58 reaktorów**) oraz w urządzenia usługowe dochodzące do tych obiektów lub też wyładowania w pobliżu tych urządzeń spowodowały wadliwą pracę urządzeń w **226 przypadkach**.
- ❑ Nie odnotowano ani jednego incydentu z udziałem personelu związanego z **napięciami krokowymi i dotykowymi** powstającymi podczas wyładowań atmosferycznych (bardzo skuteczna ekwiptencjalizacja na terenie EJ). Ryzyko związane z tym zagrożeniem uznano więc za pomijalne.
- ❑ Nie odnotowano również **żadnych uszkodzeń fizycznych** budynków na terenie EJ oraz pożarów wywołanych uderzeniami piorunów. Solidna konstrukcja obiektów i nadmiarowa zewnętrzna ochrona odgromowa. W rezultacie ryzyko związane z tym zagrożeniem również uznano za nieistotne.

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

17

 POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA





### Specyfika ochrony odgromowej elektrowni jądrowych

- ❑ Kluczowe zasady powinny być zgodne z fundamentalną koncepcją zapewnienia bezpieczeństwa elektrowni jądrowych poprzez tzw. „**ochronę w głąb**” (prewencja, nadzór, minimalizację skutków):
  - 1) *Wszystkie elementy metalowe przeznaczone do przewodzenia prądu i znajdujące się na zewnątrz budynku należy zabezpieczyć wyższymi uziemionymi konstrukcjami.*
  - 2) *Wszystkie elementy metalowe i nie przeznaczone do przewodzenia prądu, należy uziemić*
  - 3) *Wszystkie elementy metalowe przeznaczone do przewodzenia prądu i znajdujące się wewnątrz budynku należy zabezpieczyć przed przepięciami.*
  - 4) *Wrażliwe systemy elektroniczne powinny mieć taką odporność, aby były one odporne na wszystkie zaburzenia elektromagnetyczne, które przenikną pomimo zastosowania barier 1–3, w tym przepięcia przenoszone przez okablowanie strukturalne.*

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

18





## Specyfika ochrony odgromowej elektrowni jądrowych

- ❑ Wytyczne zawarte w normach IEEE Std. 665-1995; IEEE Std. 666-2007; IEEE Std.1050-2004 i IEEE C62.23-2017 zapewniają NRC akceptowalne podejście do spełniania wymogów regulacyjnych w zakresie odpowiedniej ochrony odgromowej **w obiektach produkcyjnych i użytkowych**, w tym w elektrowniach jądrowych.
- ❑ LPS powinien być skontrolowany po jego instalacji, a następnie okresowo przez cały okres eksploatacji. Ponadto LPS powinien być kontrolowany za każdym razem, gdy dokonywane są jakiegokolwiek **zmiany lub naprawy** chronionej konstrukcji, a także **po każdym odnotowanym bezpośrednim wyładowaniu piorunowym w obiekt**.
- ❑ LPS powinien być wizualnie kontrolowany co najmniej **raz w roku**, natomiast co **6 miesięcy** na obszarze gdzie występują **poważne zmiany klimatyczne** lub po **ekstremalnych zmianach temperatury** otoczenia. Zaleca się również przeprowadzenie dogłębnej kontroli LPS co **3–5 lat** w celu oceny skutków starzenia.

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

19






## Ograniczenia metody opartej na zarządzaniu ryzykiem

- ❑ Aktualnie tylko norma **IEC 62305-2** przedstawia znormalizowaną ocenę ryzyka wynikającego z oddziaływania wyładowań atmosferycznych.
- ❑ Stosowane w normie IEC 62305-2 podejście do szacowania ryzyka posiada istotne ograniczenia z punktu widzenia potrzeb elektrowni jądrowych.
- ❑ Ograniczeniem jest brak możliwości kompleksowego szacowania ryzyka dla wielu obiektów łącznie. Rezultatem szacowania jest ryzyko uszkodzenia w konkretnym budynku.
- ❑ Istnieje **konieczność opracowania procedury szacowania ryzyka bardziej zaawansowanej, która byłaby adekwatna dla obiektów jądrowych!!!**

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

20



**CIGRE - największe na świecie międzynarodowe stowarzyszenie zrzeszające ekspertów zajmujących się zagadnieniami dotyczącymi wytwarzania, przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej.**

**CIGRE Study Committee C4**  
**PROPOSAL FOR THE CREATION OF A NEW WORKING GROUP**

WG <sup>1</sup> N° C4.43	Name of Convener: Takatoshi Shindo (Japan)
Technical Issues # 10	Strategic Directions # 2.3

The WG applies to distribution networks (4): No

Title of the Group: Lightning problems and lightning risk management for nuclear power plants

Scope, deliverables and proposed time schedule of the Group:

**Background:**

Lightning protection is an important concern for the design of power generation plants. Such concerns are particularly important in the case of nuclear power plants, where every effort must be made to minimize the risk of any accidents. Several factors should be considered concerning national lightning protection for power generation plants.

Firstly power generation plants should be protected from mechanical damage, fire and/or explosion due to direct lightning flashes to structures. Direct lightning flashes to structures can cause injury to human beings and appropriate protection measures are needed. Because over-voltages are generated by lightning flashes to structures, lines connected to the structures and the area nearby may be affected and, therefore, special care is necessary for the insulation design of the electrical systems. Furthermore, modern power generation plants use highly sophisticated control systems and sensors to operate the plants securely and effectively. This is done using numerous ICTs (Information and Communication Technologies); such systems are generally vulnerable to over-voltages induced by lightning and so must be protected from such over-voltages.

To establish a national lightning protection design for power generation plants, in addition to the factors mentioned above, the cost for implementation must be taken into consideration. The concept of lightning risk management, therefore, must be introduced. The IEC has already published international standards on lightning protection design for structures as IEC 62305 series and several MTs (Maintenance Teams) have been working to improve the standards. However, there is almost no international consensus on how to design lightning protection using the concept of lightning risk management for power generation plants, especially for nuclear power plants. From the considerations above, it is beneficial for society to investigate the latest knowledge on this problem and summarize it.

**Scope:**

1. Review the lightning protection design schemes for structures from the viewpoint of avoiding physical damage and over-voltages that could generate flashover at electric apparatus and lines and investigate the applicability of these schemes to nuclear power plants.
2. Investigate lightning protection design practices of nuclear power plants available in the world.
3. Propose a guideline on lightning protection design for nuclear power plants based on the concept of lightning risk management.

**Deliverables:** Report to be published in Electra or technical brochure with summary in Electra  
**Time Schedule:** start: January 2017 Final report: 2020

**Comments from Chairmen of SCs concerned:**

**Approval by Technical Committee Chairman:** *M. Walec*  
**Date:** 17/02/2016



(1) Joint Working Group (JWG) - (2) See attached table 1 - (3) See attached table 2 (4) Delete as appropriate

**Draft TBs expected in Q4 2024, to be reviewed by SC C4:**

- WG C4.36 Winter Lightning - Parameters and Engineering Consequences for Wind Turbines
- **WG C4.43 Lightning problems and lightning risk management for nuclear power plants**
- WG C4.44 EMC for Large Photovoltaic Systems
- WG C4.47 Power System Resilience
- WG C4.57 Guidelines for the Estimation of Overhead Distribution Line Lightning Performance and its Application to Lightning Protection Design
- WG C4.60 Generic EMT-Type Modelling of IBR for Long Term Planning Studies
- JWG B5/C4.61 Impact of Low Inertia Network on Protection and Control
- JWG C4/C2.62/IEEE Review of Phasor Measurement Unit Applications
- JWG A1/C4.66 'Guide on the Assessment, Specification and Design of Synchronous Condensers for Power Systems with Predominance of Low or Zero Inertia Generators'
- JWG B2/C4.76 Lightning & Grounding Considerations for Overhead Line Rebuilding and Refurbishing Projects, AC and DC

Grzegorz Maslowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
 Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

21






## Nowe podejście do ochrony odgromowej elektrowni jądrowych

- ❑ Zgodnie z **uregulowaniami francuskimi** w obszarze energetyki jądrowej przyjmuje się obecnie, iż wyładowania atmosferyczne są związane z **zagrożeniami klimatycznymi** i nie mogą mieć wpływu na funkcjonowanie krytycznych systemów EJ (system ochrony reaktora, aktywacji procedur bezpieczeństwa; automatycznego sterowania, zabezpieczeń prewencyjnych; przetwarzania danych w sterowniach; łączności alarmowej, monitorowania promieniowania) [4].
- ❑ Takie podejście wymusza między innymi analizę zmian parametrów (**głównie parametru  $N_{sg}$** ) wyładowań atmosferycznych wraz z przewidywaną ewolucją klimatu w perspektywie czasowej **najbliższych 100 lat**.
- ❑ Aktualnie nie ma ogólnego konsensusu co do tego jak średni wzrost temperatury wpłynie na częstotliwość wyładowań atmosferycznych. Ocenia się, że ilość wyładowań doziemnych na kilometr kwadratowy w ciągu roku nie powinna wzrosnąć więcej niż **o 50%** przy wzroście średniej temperatury o **4° C**.

Grzegorz Maslowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
 Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

22





## Specyfika ochrony odgromowej elektrowni jądrowych

- Podczas projektowania ochrony odgromowej elektrowni jądrowej stosuje się dwa typy ochrony:
  1. **Standardową ochronę** zgodnie z IEC 62305 wynikającą z oszacowania ryzyka (min. LPL IV) (obiekty nie związane bezpośrednio z wytwarzaniem energii, np. budynki administracyjne) i **ochronę na poziomie LPL 1** obiektów nuklearnych
  2. **Ochronę rozszerzoną** w stosunku do tzw. **jądra elektrowni**, czyli konstrukcji i systemów odpowiedzialnych za prawidłowe funkcjonowanie reaktora, które muszą działać nawet gdy pozostała część elektrowni ulegnie awarii.

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

23

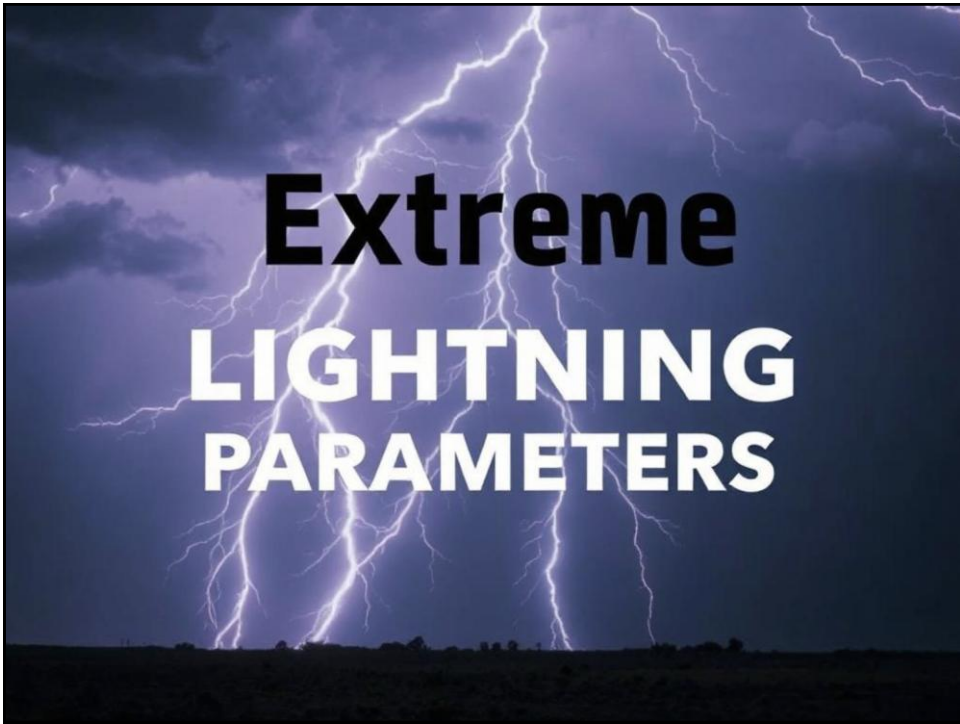


## Parametry przyjmowane przy ochronie rozszerzonej:

- Podczas projektowania **ochrony odgromowej rozszerzonej** elektrowni jądrowej proponuje się przyjąć następujące skrajne parametry wyładowań atmosferycznych:
  - 300 kA** - wartość szczytowa prądu wyładowania głównego (LPL 1 – **200 kA**)
  - 700 C** - całkowity ładunek elektryczny wyładowania (LPL 1 - **300 C**)
  - 45 MJ/Ω** - energia właściwa wyładowania (LPL1 – **10 MJ/Ω**)

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

24



25

 POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

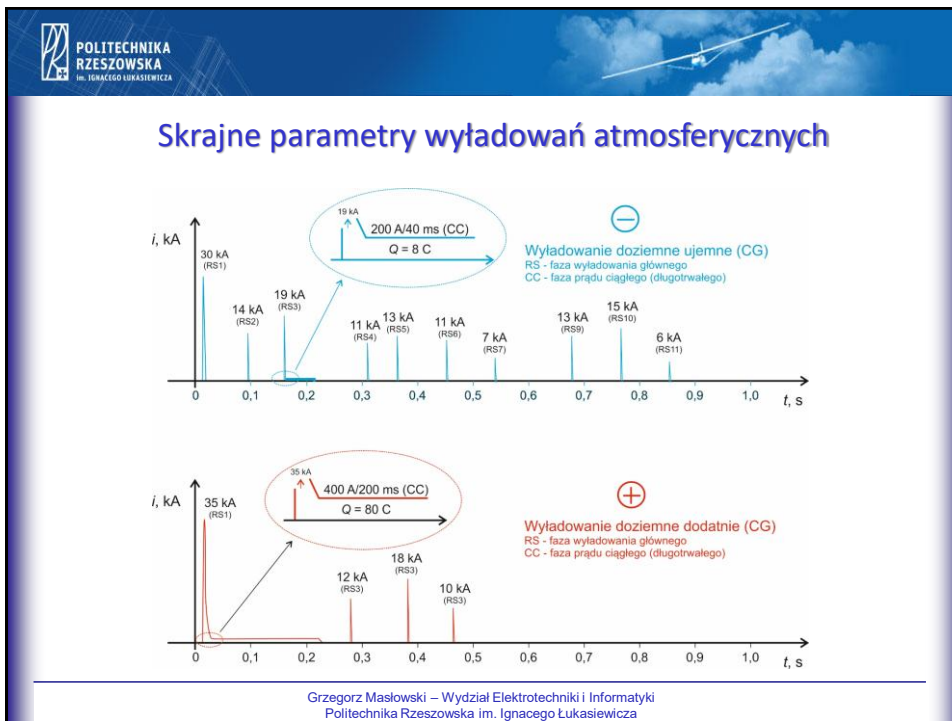


### Skrajne parametry wyładowań atmosferycznych

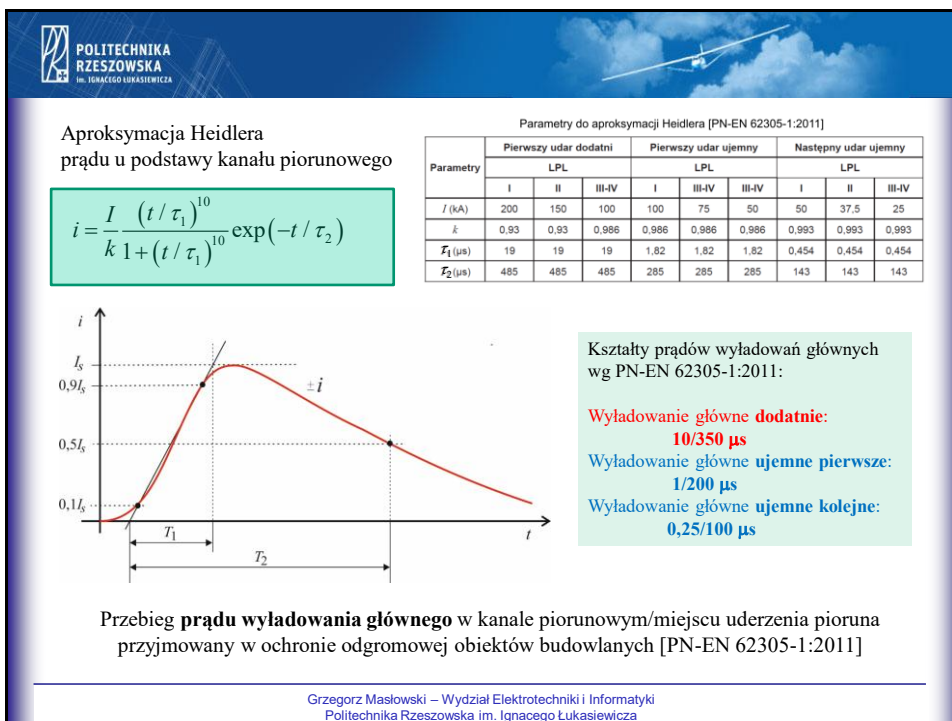


Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

26



27



28

**Parametry wyładowań doziemnych istotne w ochronie odgromowej**

Parametry istotne z punktu widzenia oddziaływania wyładowania atmosferycznego	
Wyładowania atmosferyczne bezpośrednie <sup>(*)</sup>	Wyładowania atmosferyczne pobliskie
1. Maksymalne i minimalne wartości szczytowe wyładowań głównych: $I_{pmax} = 200 \text{ kA}, I_{pmin} = 3 \text{ kA}$	1. Maksymalne wartości szczytowe wyładowań głównych
2. Energia właściwa: $E/R = \int i^2 dt$ $(10^4 \text{ kJ}/\Omega)$	2. Stromość narastania czoła fali prądowej wyładowania głównego
3. Przenoszony ładunek elektryczny: $Q$ - wyładowanie dodatnie: 100 C - prąd długotrwały: 200 C - całkowity ładunek: 300 C	3. <b>Prędkość rozchodzenia się fali prądowej wyładowania głównego w kanale piorunowym:</b> $v_{RS} < c$ $\frac{1}{3}c < v_{RS} < \frac{1}{2}c \quad I_s = \frac{2\pi\epsilon_0 c^2 r}{v} E$
4. Stromość narastania czoła fali prądowej wyładowania głównego: $S_{max} = (di/dt)_{max} = 300 \text{ kA}/\mu\text{s}$ (kolejne wyładowanie główne ujemne)	4. Odległość od kanału piorunowego i jego parametry geometryczne

<sup>(\*)</sup> Podane w tabeli wartości odnoszą się do pierwszego poziomu ochrony odgromowej LPL 1

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
 Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza


29

**Skrajne parametry wyładowań atmosferycznych**

- ❑ Największa zmierzona bezpośrednio wartość szczytowa prądu ujemnego wyładowania głównego wynosiła około **150 kA** [5-7].
- ❑ Znacznie większe wartości szczytowe prądów są szacowane na podstawie zmierzonego pola elektromagnetycznego. Przykładowo w pracy [8] wyznaczono na podstawie 12 mln wyładowań ujemnych zarejestrowanych przez systemy LLS w Kanadzie maksymalne prądy z przedziału **-537 kA a -598 kA (?)**.
- ❑ W pracy [9] oszacowano na podstawie 1,46 mln wyładowań atmosferycznych zarejestrowanych przez systemy LLS, że prądy 52 ujemnych i 12 dodatnich wyładowań doziemnych przekraczały **400 kA**, a wyznaczone na podstawie zmierzonego pola elektromagnetycznego maksymalne wartości wynosiły **-957 kA i +580 kA (?)**.

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
 Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

30



## Skrajne parametry wyładowań atmosferycznych

### Jakie są fizyczne ograniczenia maksymalnych i minimalnych prądów piorunowych?

Cooray V., Rakov V., On the upper limits of peak current of first return strokes in negative lightning flashes, Atmospheric Research, 117 (2012), 12–17.

- ❑ Na podstawie dostępnych danych pomiarowych ustalono, że istnieje korelacja pomiędzy ładunkiem neutralizowanym w ciągu pierwszych **100 μs** wyładowania głównego (czas potrzebny na dotarcie czoła wyładowania do centrum ładunku w chmurze), a wartością szczytową prądu wyładowania głównego [10]:


$$I_{\max} = 19,6 \cdot Q^{0,78}$$

gdzie  $I_{\max}$  jest prądem w kA, a  $Q$  neutralizowanym ładunkiem w kulombach

---

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

31



## Skrajne parametry wyładowań atmosferycznych

### Jakie są fizyczne ograniczenia maksymalnych i minimalnych prądów piorunowych?

- ❑ Dalsze rozważania pozwoliły sformułować dwie kolejne relacje pomiędzy wartością szczytową prądu wyładowania głównego i napięciem pomiędzy chmurą i ziemią oraz wartością szczytową prądu wyładowania głównego i polem elektrycznym pozwalającym na rozwój lidera skokowego od chmury w kierunku ziemi

$$I_{\max} = 10^{-6} \cdot U^{0,967}$$

$$I_{\max} = k \cdot E^{0,967}$$

gdzie  $I_{\max}$  jest prądem w kA,  $U$  napięciem w woltach  $E$  polem elektrycznym w kV/m  
( $k = 2.44$  dla wysokości kanału  $H = 4$  km,  $3.03$  dla  $H = 5$  km i  $3.61$  dla  $H = 6$  km)

---

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

32

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

## Skrajne parametry wyładowań atmosferycznych

- ❑ Górna granica prądu wyładowania atmosferycznego zależy zatem od wysokości kanału piorunowego oraz górnej granicy pola elektrycznego generowanego w warunkach burzowych, które wynosi w centrum ładunku ujemnego chmury burzowej około **150 kV/m**.
- ❑ Poniżej chmury burzowej pole nie może więc przekraczać **150 kV/m** (maksymalne pole jakie zmierzono na poziomie ziemi nad zbiornikiem wodnym wynosiło **130 kV/m**). Pole elektryczne w pobliżu ziemi jest częściowo zredukowane przez zjawisko wyładowań koronowych i lidersy oddolne. Dlatego też największe prądy piorunowe powinno się obserwować nad oceanami, co potwierdzają rejestracje.
- ❑ Centrum ładunku ujemnego znajduje się w chmurze burzowej na poziomie izotermy – **10 °C**, czyli na wysokości około **4 km w klimacie umiarkowanym** i na wysokości około **6 km w klimacie tropikalnym**.
- ❑ Wszystkie powyższe rozważania dotyczą wyłącznie **wyładowań doziemnych ujemnych**.

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

33

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



## Skrajne parametry wyładowań atmosferycznych

$a - k = 2.44$  dla  $H = 4$  km  
 $b - k = 3.03$  dla  $H = 5$  km  
 $c - k = 3.61$  dla  $H = 6$  km

Prąd szczytowy wyładowania głównego ujemnego w funkcji pola elektrycznego tła i napięcia pomiędzy chmurą i ziemią [10]

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

34



## Skrajne parametry wyładowań atmosferycznych

- ❑ Z przeprowadzonej analizy wynika, iż maksymalne wartości prądów szczytowych wyładowań ujemnych w klimacie umiarkowanym ( $H = 4 \text{ km}$ ,  $k = 2,44$ ) mogą osiągać wartości ok. **300 kA**, natomiast w tropikach ( $H = 6 \text{ km}$ ,  $k = 3,61$ ) wartości z przedziału **450 – 500 kA**.
- ❑ Tak duże wartości są jednak mało prawdopodobne nad lądem z uwagi na częściową neutralizację pola elektrycznego tła pod chmurą burzową przez wyładowania koronowe inicjowane z różnych ostrych elementów znajdujących się na ziemi oraz lidery oddolne.
- ❑ Dużo większe prądy piorunowe od powyższych wyznaczone na podstawie rejestracji pola elektrycznego w systemach LLS mogą wynikać z niedokładności oszacowania miejsca uderzenia pioruna, prędkości propagacji udaru wyładowania głównego oraz ograniczeń samego modelu matematycznego

$$I_s = \frac{2\pi\epsilon_0 c^2 r}{v} E \quad \text{na podstawie modelu TL [Uman i McLain, 1969]}$$

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

35






## Skrajne parametry wyładowań atmosferycznych

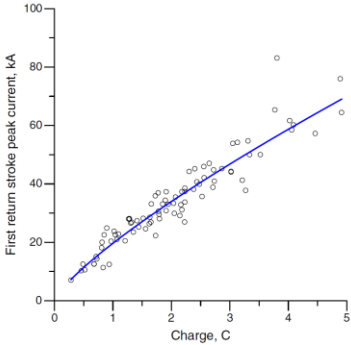
- ❑ Oprócz wartości maksymalnych prądów piorunowych w ochronie odgromowej ważną rolę odgrywają również wartości **minimalne tych prądów** w związku ze sposobem wyznaczania stref ochronnych **metodą toczącej się kuli**. Im mniejszy prąd bowiem zostanie przyjęty, tym mniejszy promień toczącej się kuli, co w sposób istotny wpływa na konfigurację zwodów urządzenia piorunochronnego.
- ❑ Na podstawie badań iskry długiej oszacowano minimalną gęstość liniową ładunku elektrycznego **50  $\mu\text{C}/\text{m}$** , która zapewnia rozwój lidera ujemnego [11].
- ❑ Bezpośrednio zmierzone prądy minimalne wyładowań doziemnych ujemnych nie były nigdy mniejsze **niż 5 kA**

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

36

## Skrajne parametry wyładowań atmosferycznych



Wartość szczytowa prądu wyładowania głównego ujemnego w funkcji ładunku neutralizowanego przez to wyładowanie wzdłuż kanału piorunowego w ciągu pierwszych 100  $\mu$ s [12].

- ❑ Przyjmując gęstość liniową ładunku elektrycznego  $50 \mu\text{C/m}$  i ekstrapolując dostępne dane eksperymentalne można oszacować możliwy minimalny prąd z zakresu **1,5 – 3,0 kA**.

$$I_{\min} = 16,0 \cdot Q$$

- ❑ Promień toczącej się kuli

$$r = 10 \cdot I^{0,65}$$

$r = 10 \cdot 3,0^{0,65} \approx 20 \text{ m}$

$r = 10 \cdot 1,5^{0,65} \approx 13 \text{ m}$

Grzegorz Maslowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

37





## Nowy System Monitorowania Wyładowań Atmosferycznych w Rzeszowie

- ❑ Konieczne są dalsze bezpośrednie rejestracje parametrów wyładowań atmosferycznych.
- ❑ W dniu **20 marca 2025 roku** uruchomiony został nowy System Monitorowania Wyładowań Atmosferycznych służący do rejestracji prądu piorunowego na **najwyższym wieżowcu mieszkalnym w Polsce „Olszynki Park”** w Rzeszowie, którego wysokość wynosi **220,67 m**.



Grzegorz Maslowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

38

 POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA


## Nowy System Monitorowania Wylądowań Atmosferycznych w Rzeszowie



- ❑ System Monitorowania Wylądowań Atmosferycznych przeznaczony jest do rejestracji parametrów **bezpośrednich wylądowań piorunowych** w obiekt i jest integralną częścią **Obserwatorium Piorunowego** działającego od wielu lat na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej.
- ❑ Możliwość jednoczesnego zapisu obrazu, pola EM, jak również prądu piorunowego na wieżowcu sprawia, iż cały rzeszowski system rejestracji jest unikalny i może służyć do badania skomplikowanej natury wylądowań atmosferycznych.



Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

39

 POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA



Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

40

The diagram illustrates the system architecture for lightning detection. At the top, a lightning cloud is shown with a lightning bolt striking a ground plane. The system components and their interactions are as follows:

- TRIGGERING**: A central function that initiates data capture from the High-Speed Camera, LF-MF Electric Field Antenna, and VLF Electric Field Antenna.
- HIGH-SPEED CAMERA**: Captures video of the lightning strike, with data sent to the CPU Unit for **VIDEO RECORDING**.
- LF-MF ELECTRIC FIELD ANTENNA**: Detects lightning strikes, providing **TRIGGERING** signals to the CPU Unit.
- VLF ELECTRIC FIELD ANTENNA**: Records lightning strikes, providing **SLOW EF RECORDING** data to the CPU Unit.
- LINET SYSTEMS**: Used for **LIGHTNING POSITIONING**, providing data to the CPU Unit.
- CPU UNIT**: The central processing hub for **DATA ACQUISITION & ANALYSIS**.
- GPS ANTENNA**: Provides a **TIME REFERENCE** to the CPU Unit.
- DATA STORAGE**: Receives data from the CPU Unit for **DATA ACQUISITION**.

Two photographs on the right show the physical installation of the antennas and cameras on a building roof.

Grzegorz Maslowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

41

### Obserwatorium stacjonarne Politechniki Rzeszowskiej

The photographs show the internal components of the observation station:

- Left photo:** Shows the control room with an **electric field meter**, **high-speed video camera**, **photo camera**, **CPU control unit & ADC**, and an **oscilloscope**.
- Right photo (b):** Shows the camera's field of view through a **roof skylight**, reflecting off a **mirror** and passing through **glass**. It also shows **power & signal cables** connected to the **high-speed camera**.

Grzegorz Maslowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

42

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
IM. IGNACEGO LUKASIEWICZA

## Obserwatorium stacjonarne Politechniki Rzeszowskiej



Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

43

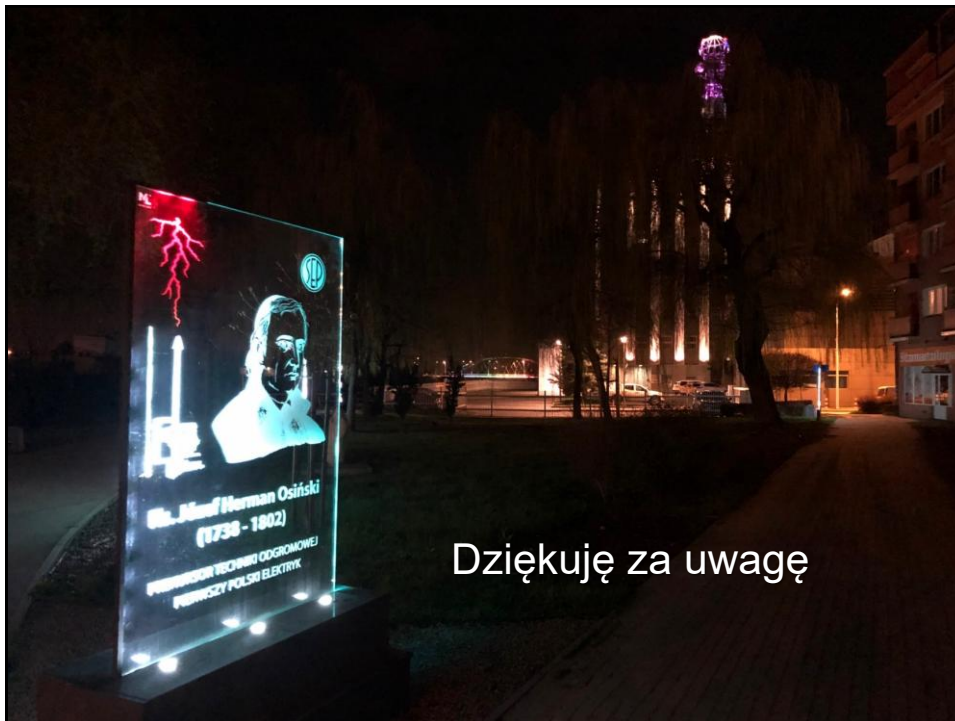
**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
IM. IGNACEGO LUKASIEWICZA

## Wnioski

- ❑ Optymalna ochrona odgromowa elektrowni jądrowej i dużych wrażliwych obiektów przemysłowych  **nadal stanowi wyzwanie techniczne i naukowe**, wymagające ciągłego doskonalenia metod oraz badania natury oddziaływań piorunowych, jak również rozwijania kompleksowych zasad ochrony odgromowej.
- ❑ W kolejnych dekadach rozwój metod ochrony odgromowej wymusza będzie dalsze badania wyładowań atmosferycznych pod kątem:
  - ✓ rejestracji i analizy parametrów (**zwłaszcza ekstremalnych**) wyładowań odgórnych i oddolnych,
  - ✓ zmiany intensywności i parametrów wyładowań atmosferycznych wywołanych **zmianami klimatycznymi**,
  - ✓ **rozwój algorytmów** zaimplementowanych w systemach lokalizacji wyładowań atmosferycznych (**detekcja wyładowań oddolnych**, zwiększenie dokładności lokalizacji, efektywniejsze rozróżnianie różnych typów wyładowań m.in. **CG i IC**),
  - ✓ **doskonalenie metod szacowania ryzyka strat** wywołanych piorunami dla kompleksu obiektów powiązanych funkcjonalnie z uwzględnieniem zagadnień **EMC**.

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

44



Dziękuję za uwagę

45

 POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

Literatura 

1. Masłowski G., "Wybrane zagadnienia ochrony odgromowej elektrowni jądrowych", Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 100 NR 11/2024
2. R. A. Kisner, J. B. Wiigen, P. D. Ewing, K. Korsah, and M. R. Moore, „A Technical basis for guidance on lightning protection for nuclear power plants”, Fourth American Nuclear Society International Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Controls and Human-Machine Interface Technologies (NPIC&HMIT 2004), Columbus, Ohio, September, 2004.
3. Rourke, Chris, "A Review of Lightning-Related Operating Events at Nuclear Power Plants," IEEE Transactions on Energy Conversion, 1994, 9(3), pp. 636–641.
4. Duquerry, P., and C. Trouilloud. "Evolution of lightning protection of nuclear power plants: An overview of EDF's experience." Proc. CIGRE Session 2018 (2018).
5. Berger, K., Anderson, R.B., Kroninger, H., 1975. Parameters of lightning flashes. Electra 41, 23–37.
6. Takami, J., Okabe, S., 2007. Observational results of lightning current on transmission towers. IEEE Trans. Power Deliv. 22 (No. 1), 547–556.
7. Visacro, S., Soares Jr., A., Schroeder, M.A.O., Cherchiglia, L.C.L., José de Sousa, V., 2004. Statistical analysis of lightning current parameters: measurements at Morro do Cachimbo Station. J. Geophys. Res 109, D01105. doi:10.1029/2003jd003662.
8. Kochtubajda, B., Burrows, W.R., Power, B.E., 2008. Large Current Lightning Flashes in Canada: 1999–2006, 20th International Lightning Detection Conference, Tucson, Arizona.
9. Lyons, W.A., 1996. Sprite observations above the U.S. High Plains in relations to their parent thunderstorm systems. J. Geophys. Res. 101, 29641–29652.
10. Cooray V., Rakov V., On the upper limits of peak current of first return strokes in negative lightning flashes, Atmospheric Research, 117 (2012), 12–17.
11. Les Renardières Group, 1981. Negative discharges in long air gaps. Electra 74, 67–216.
12. Cooray, V., Rakov, V., Theethayi, N., 2007. The lightning striking distance — revisited. J. Electrostat. 65, 296 306.

Grzegorz Masłowski – Wydział Elektrotechniki i Informatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

46

**P  
K  
O  
O**



**S  
E  
P**

**POLSKI KOMITET OCHRONY ODGROMOWEJ**

Stowarzyszenie Elektryków Polskich

ul. Świętokrzyska 14A, 00-950 Warszawa, tel. (0-22) 556 43 09





**Instytut Geofizyki  
Polskiej Akademii Nauk**

**Globalny obwód elektryczny Ziemi.**

**Eksperymentalne metody obliczeniowe i pomiarowe prądu  
jonosfera-ziemia**

Marek Kubicki (Instytut Geofizyki PAN)  
Konrad Sobolewski (Politechnika Warszawska)



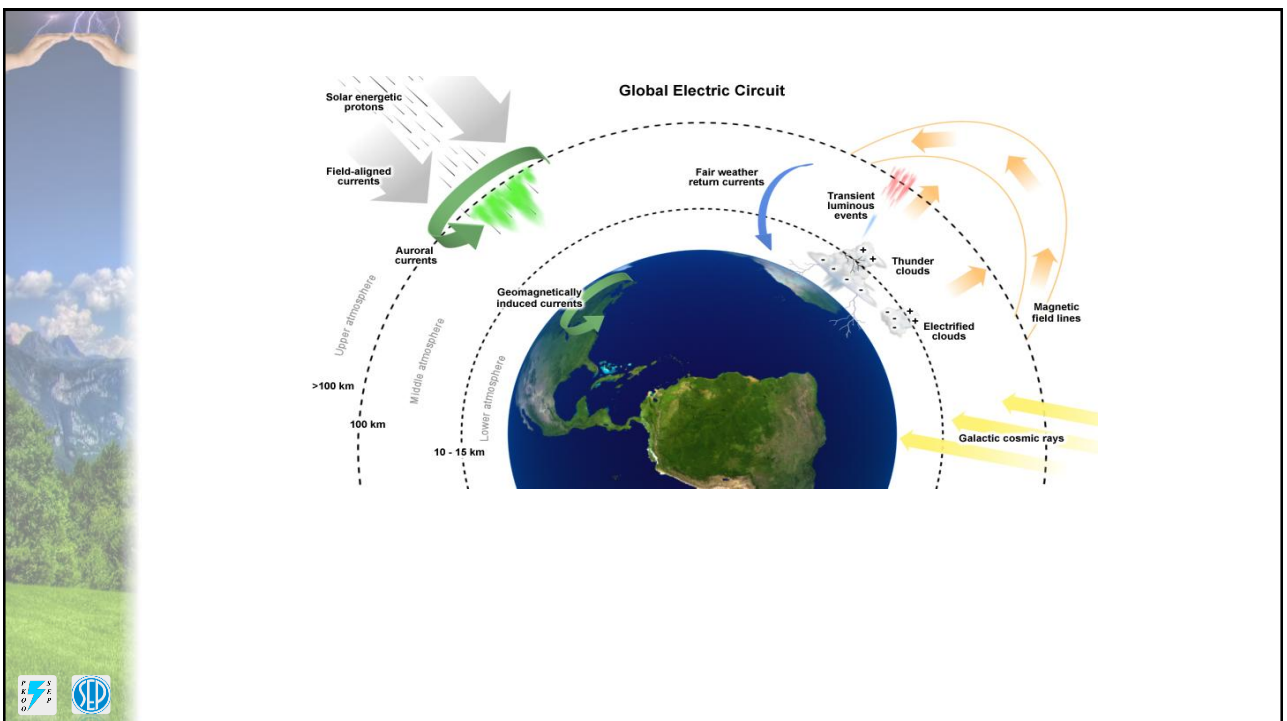
**Polskie Towarzystwo Geofizyczne**

ul. Podleśna 61, 01-673 Warszawa tel. 22 66 94 164

**Oddział Fizyki Wnętrza Ziemi I Przestrzeni Okołoziemskiej**



1



2

## Global Electric Circuit

**Ionosphere**

$I \sim 1\text{kA}$

$10^5-10^6 \Omega$

(1% Earth's Surface)

$10^4-10^5 \Omega$

**Earth**

$V \sim 200 \text{ kV}$

$\sim 200 \Omega$


(99% Earth's Surface)

- Global thunderstorms charge ionosphere and current returns to ground through fair weather conduction
- Fair weather electric field 100-300 V/m measured on the surface
- Circuit looks simple but shows complex variations with latitude, longitude, magnetospheric & ionospheric processes, also pollution and **climate change**


3

3


Part I:  
Electrified cloud (Ns, St) generator



Part I:  
Magnetospheric generator




Part II - Thunderstorm generator



4

4

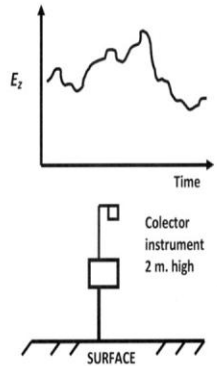




### Components of Electric Field $E_z$

$\Sigma$


1. Global **thunderstorm** generator
2. **Magneto-ionospheric** generator
3. **Convective** generator in PBL
4. **Meteorological and aerosol** influences

$=$



5



### Part I: Magnetospheric generator

Convection electric potential in the high-latitude ionosphere derived from SuperDARN HF radar observations of the circulating plasma.  
*S.G. Shepherd, JGR 2007*


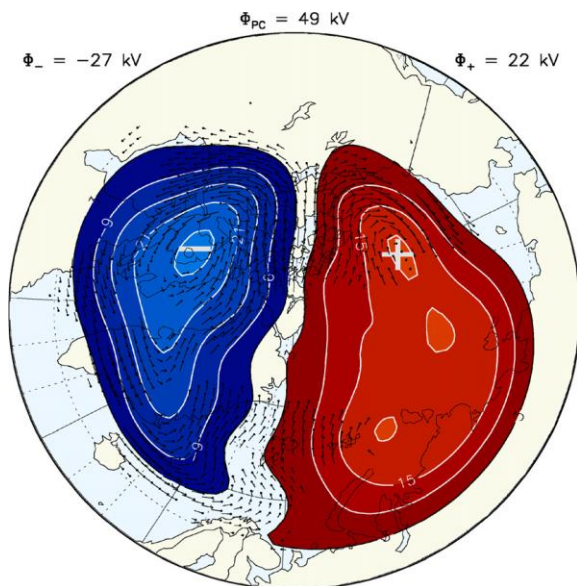


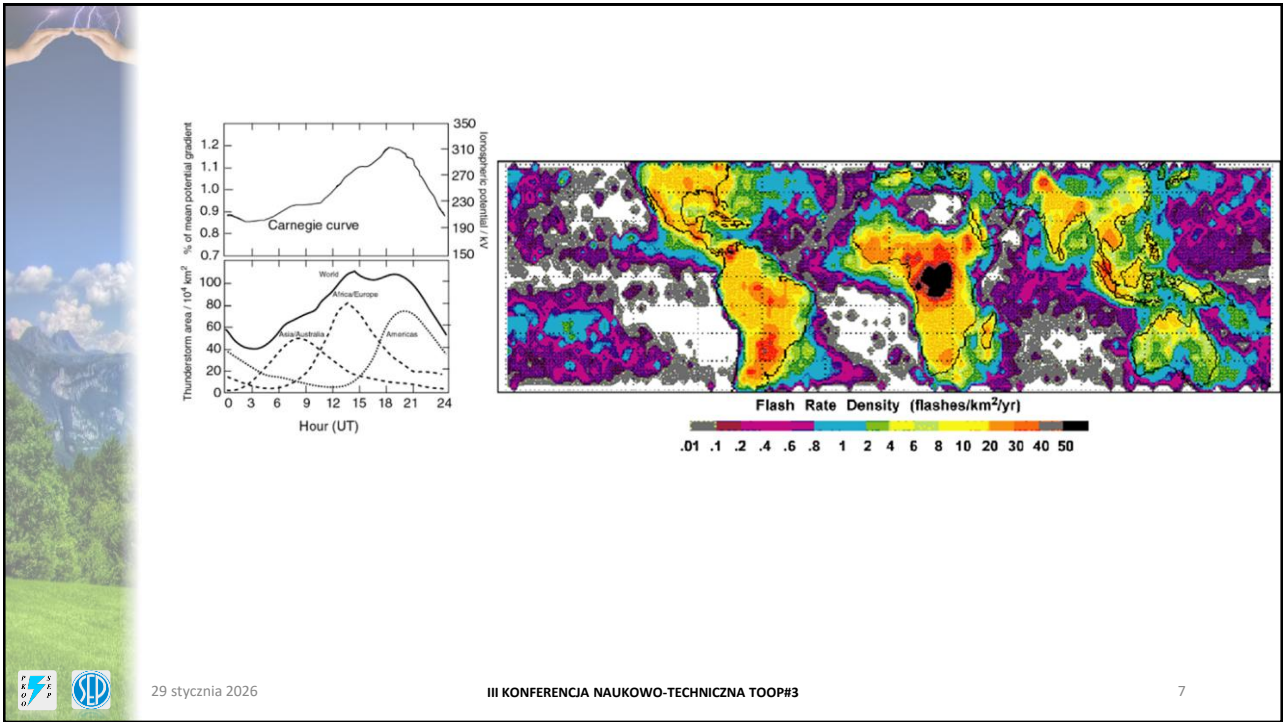


Foto. Polish Polar Station Hornsund

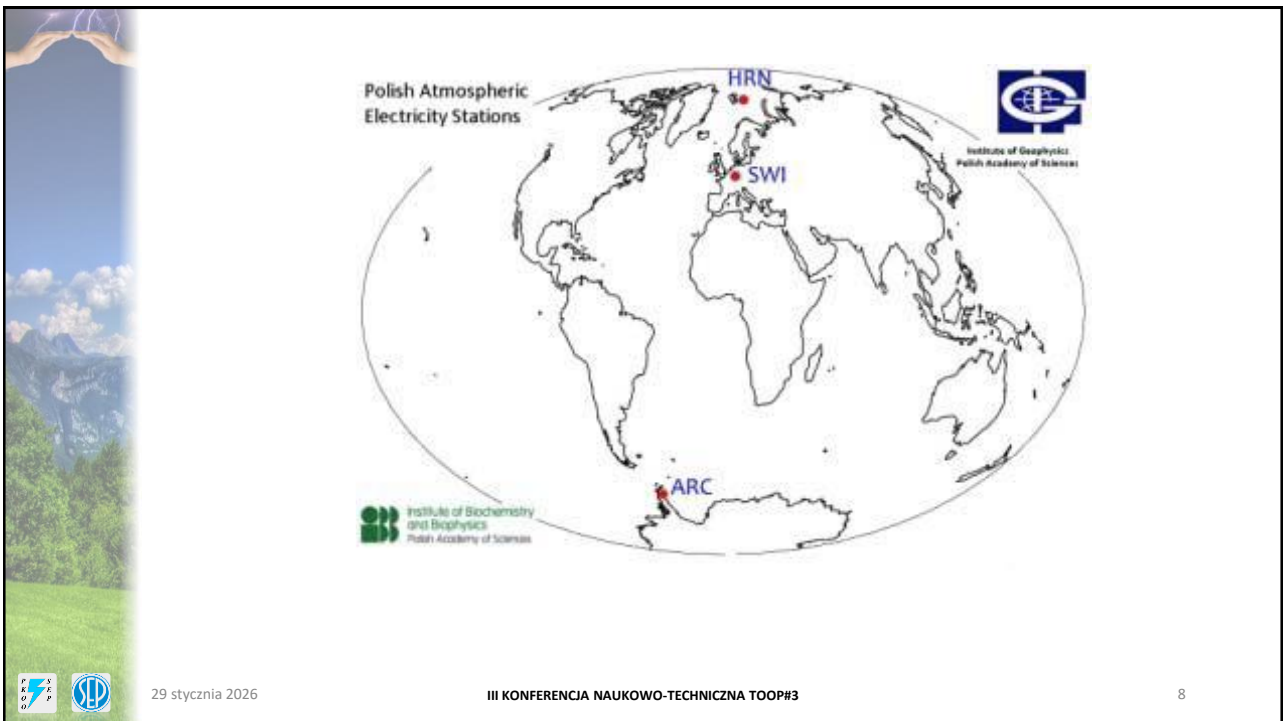



6



7



8



# Prądy w atmosferze

## Prąd przewodzenia

## Prąd przesunięcia

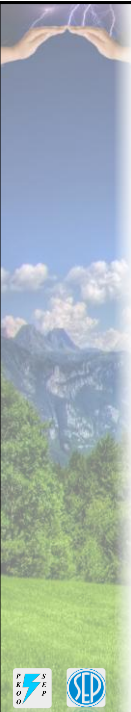

## Prąd konwekcyjny

29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

9

9

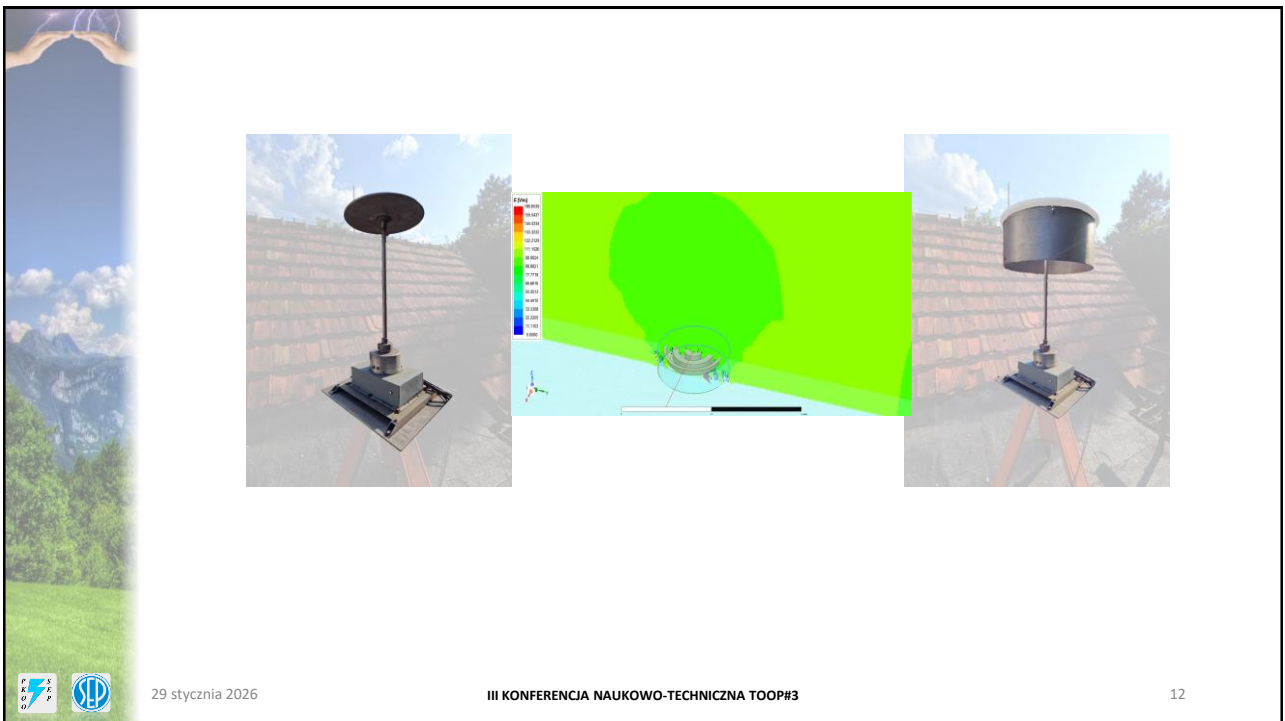
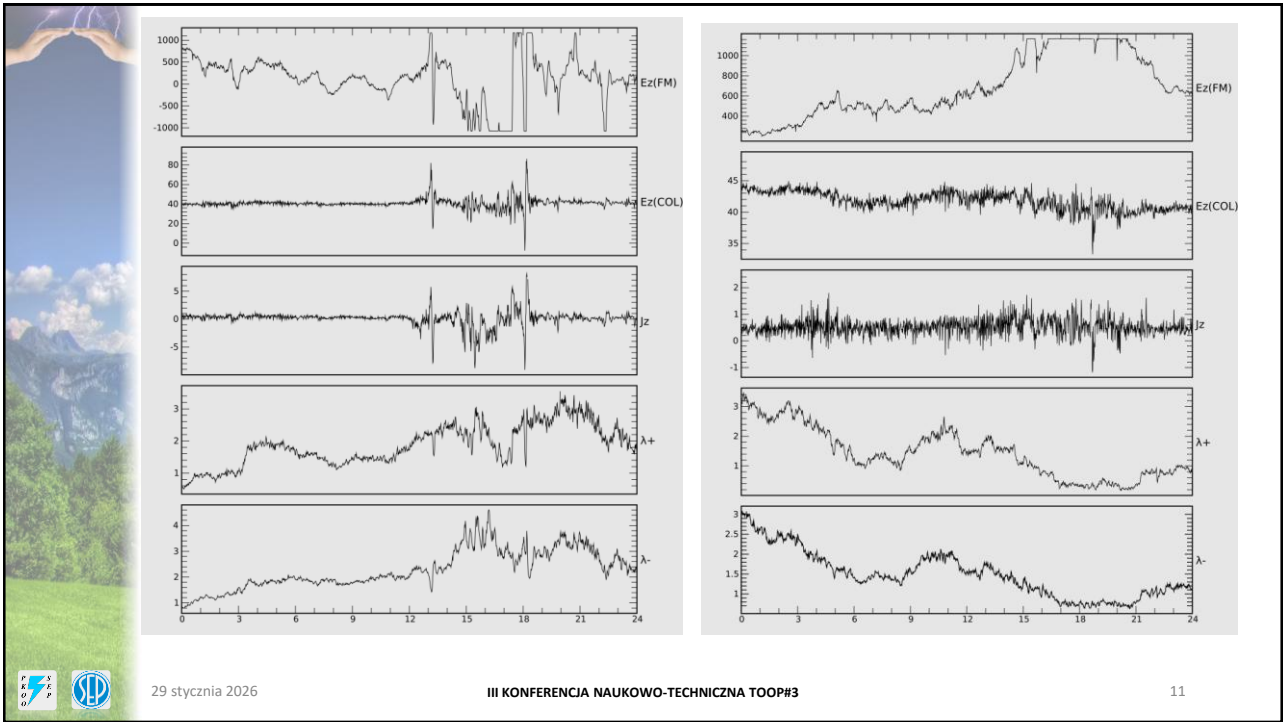
Sensor do pomiaru prądu jonosfera-ziemia używany w Obserwatorium Geofizycznym w Świdrze. Metalowa powierzchnia o średnicy 1 m. Wielkość mierzonego prądu 2-10 pA.

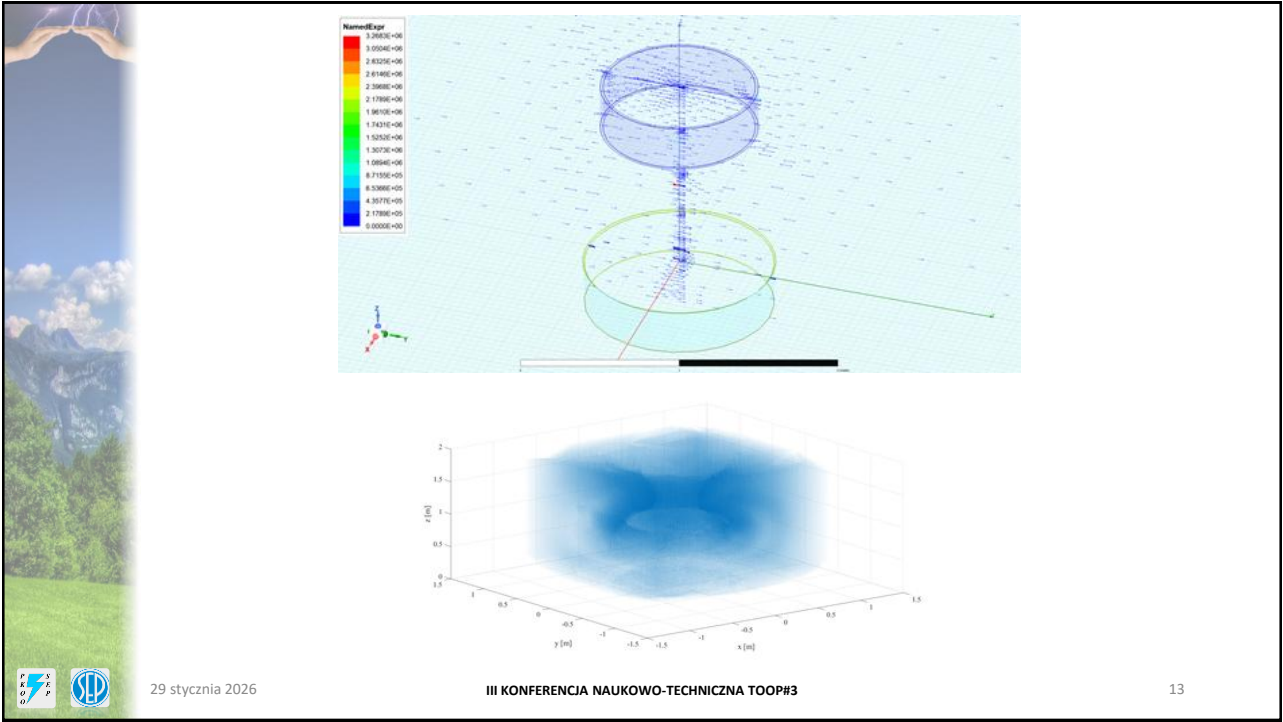
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

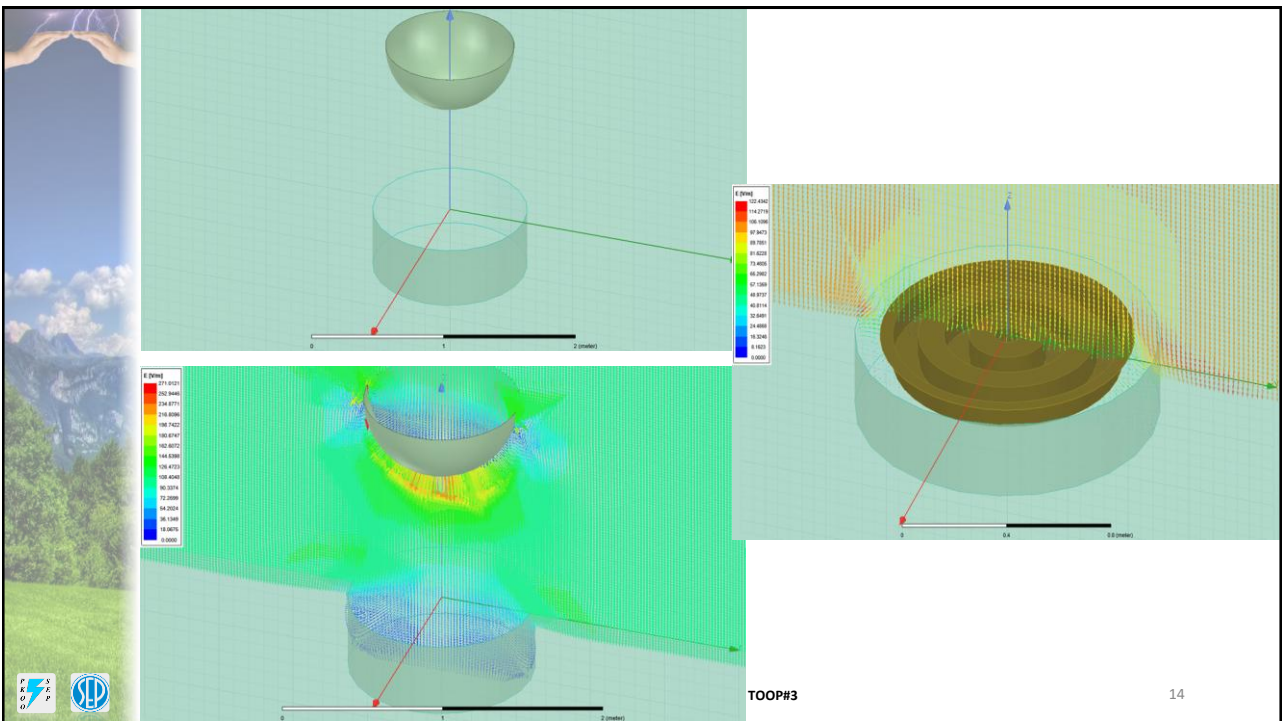
10

10

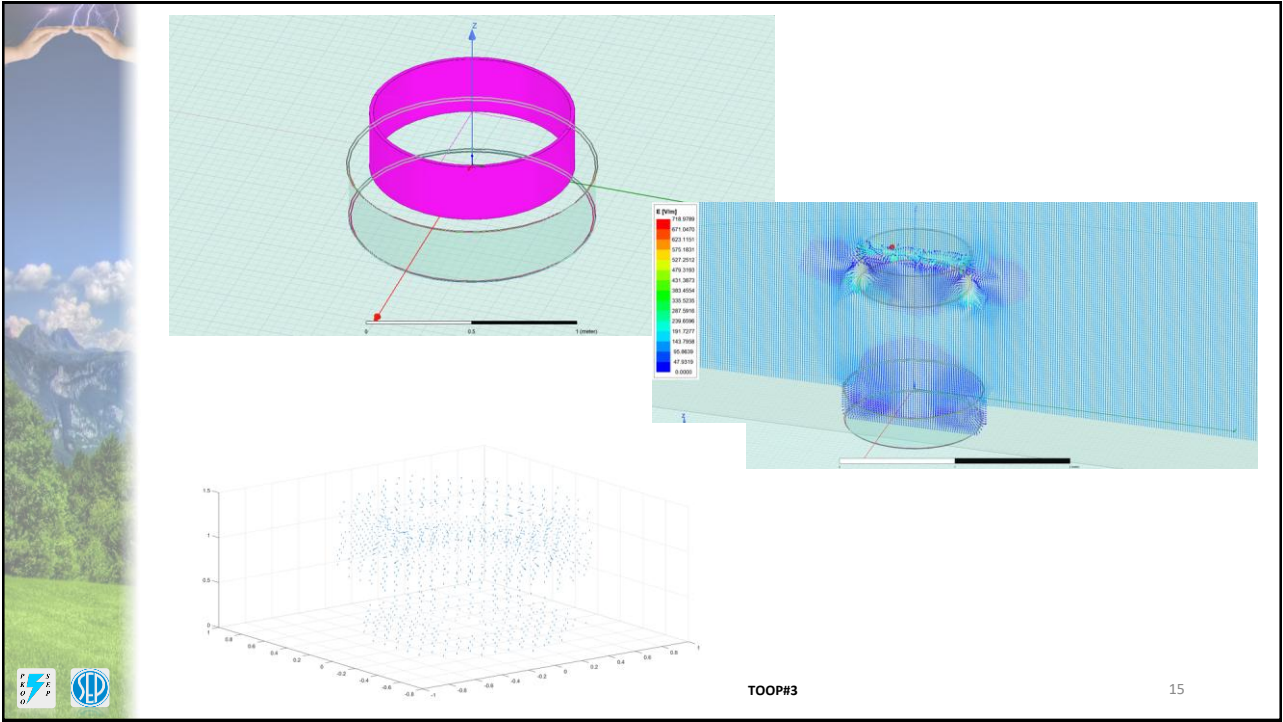




13



14



TOOP#3

15

15

**Faculty of Electrical Engineering**  
Wrocław University of Technology

**Institute of Geodesy and Photogrammetry**  
Polish Academy of Sciences

**ICLP 2022 SOUTH AFRICA**

**Simulation of the atmospheric electric field and current structure for sensors with different geometry in relation to the electric current measured in the external circuit**

*Dr Piotr S. Nowak*  
Faculty of Electrical Engineering, Wrocław University of Technology  
Katedra Inżynierii i Techniki

*Dr Piotr S. Nowak*  
Institute of Geodesy and Photogrammetry, Polish Academy of Sciences  
Instytut Inżynierii i Techniki

**1. INTRODUCTION**

The present research field encompasses an essential aspect of safety with various applications, i.e. lightning protection. The measurements are subject to the International Electrotechnical Commission (IEC) standards. The results are used to assess the lightning risk in the region, and to optimize the lightning protection system, e.g. by lightning protection.

The present research assesses the measurement of electric field through a sensor.

Various sensor geometries and their geometrical parameters are considered in the present work. The main results are:

- Analysis of the electric field distribution.
- Analysis of the current structure.
- Analysis of the current structure.

**2. BASIC RULES**

In the present research, the atmospheric electric field is simulated using the method of images. The results are used to assess the lightning risk in the region, and to optimize the lightning protection system, e.g. by lightning protection.

The present research assesses the measurement of electric field through a sensor.

Various sensor geometries and their geometrical parameters are considered in the present work. The main results are:

- Analysis of the electric field distribution.
- Analysis of the current structure.
- Analysis of the current structure.

**3. THE COLLECTIVE RESPONSE OF THE SENSOR**

The system of the present research is considered in detail. The knowledge of the electric field allows to obtain the field of electric current.

The results of the present research are shown in the following figures.

The results of the present research are shown in the following figures.

The results of the present research are shown in the following figures.

**4. RESULTS DISCUSSION**

The present research assesses the measurement of electric field through a sensor. The main results are:

- Analysis of the electric field distribution.
- Analysis of the current structure.
- Analysis of the current structure.

**5. CONCLUSIONS**

The present research assesses the measurement of electric field through a sensor. The main results are:

- Analysis of the electric field distribution.
- Analysis of the current structure.
- Analysis of the current structure.

**ACKNOWLEDGMENT**

The work was supported by the Institute of Geodesy and Photogrammetry, Polish Academy of Sciences.

**36 INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIGHTNING PROTECTION**  
**2 – 7 OCTOBER 2022. CAPE TOWN**

29 stycznia 2026

16

16





**Article**  
**Simulation Analysis of Sensors with Different Geometry Used in Measurements of Atmospheric Electricity<sup>†</sup>**  
**Konrad Sobolewski<sup>1,✉</sup> and Marek Kubicki<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of Electrical Engineering, Warsaw University of Technology, 00-661 Warszawa, Poland  
<sup>2</sup> Institute of Geography, Polish Academy of Sciences, 01-432 Warszawa, Poland; [mkubicki@igf.edu.pl](mailto:mkubicki@igf.edu.pl)  
<sup>✉</sup> Correspondence: [konrad.sobolewski@pwr.edu.pl](mailto:konrad.sobolewski@pwr.edu.pl)  
<sup>†</sup> This paper is a highly modified and revised version of our article published in the 2022 36th International Conference on Lightning Protection (ICLP), Cape Town, South Africa, 2-7 October 2022; pp. 1-6.



Citation: Sobolewski, K.; Kubicki, M. Simulation Analysis of Sensors with Different Geometry Used in Measurements of Atmospheric Electricity. *Sensors* **2023**, *23*, 9027. <https://doi.org/10.3390/s23099027>

Academic Editors: Waheed Akhthab, Abdulrahman Alswaied and Mario De Oliveira

Received: 26 October 2022  
 Revised: 20 November 2022  
 Accepted: 2 December 2022  
 Published: 5 December 2022

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

29 stycznia 2026




17





**Article**  
**Simulation Analysis of Sensors with Different Geometry Used in Measurements of Atmospheric Electricity<sup>†</sup>**  
**Konrad Sobolewski<sup>1,✉</sup> and Marek Kubicki<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Faculty of Electrical Engineering, Warsaw University of Technology, 00-661 Warszawa, Poland  
<sup>2</sup> Institute of Geography, Polish Academy of Sciences, 01-432 Warszawa, Poland; [mkubicki@igf.edu.pl](mailto:mkubicki@igf.edu.pl)  
<sup>✉</sup> Correspondence: [konrad.sobolewski@pwr.edu.pl](mailto:konrad.sobolewski@pwr.edu.pl)  
<sup>†</sup> This paper is a highly modified and revised version of our article published in the 2022 36th International Conference on Lightning Protection (ICLP), Cape Town, South Africa, 2-7 October 2022; pp. 1-6.



Citation: Sobolewski, K.; Kubicki, M. Simulation Analysis of Sensors with Different Geometry Used in Measurements of Atmospheric Electricity. *Sensors* **2023**, *23*, 9027. <https://doi.org/10.3390/s23099027>

Academic Editors: Waheed Akhthab, Abdulrahman Alswaied and Mario De Oliveira

Received: 26 October 2022  
 Revised: 20 November 2022  
 Accepted: 2 December 2022  
 Published: 5 December 2022

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

25




18






Wstępny raport dotyczący eksperymentalnego pomiaru prądu jonosfera-ziemia w ramach badań geofizycznych Globalnego Obwodu Elektrycznego Ziemi przy wykorzystaniu nieczynnej napowietrznej linii elektroenergetycznej NN Polskich Sieci Elektroenergetycznych S.A.


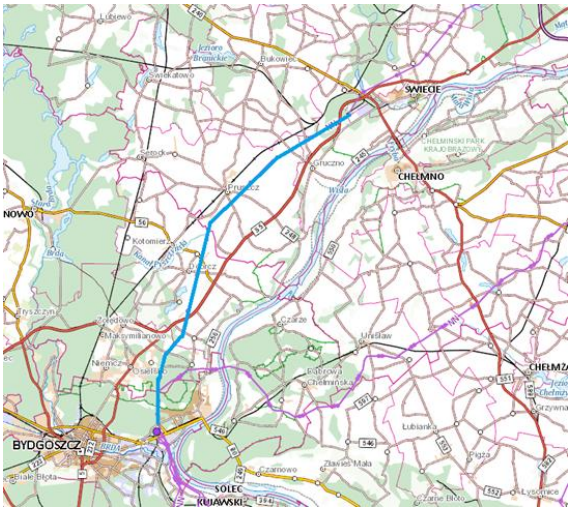
Dr Marek Kubicki, Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk, Warszawa  
Dr inż. Konrad Sobolewski, Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny  
Mgr inż. Mateusz Piątek, Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A

Data utworzenia raportu: 23.01.2025


Spis treści	
1. Opis Eksperymentu.....	2
1.1. Podstawy teoretyczne.....	2
1.2. Globalny Obwód Elektryczny Ziemi.....	3
1.3. Metody pomiarowe.....	4
1.4. Modelowanie rozkładu ziemskiego pola elektrycznego w konfiguracji eksperymentu.....	5
2. Charakterystyka miejsca pomiarowego.....	7
3. Lista aparatury.....	9
4. Otrzymane wyniki i dyskusja.....	10
5. Podsumowanie.....	19
6. Plan dalszych działań.....	20
6.1. Planowane przez IGF PAN.....	20
6.2. Konsultacje z wybranym działem PSE oraz możliwość inspekcji linii.....	20
7. Podziękowania.....	20


29 stycznia 2026
19

19

Rys.7 Wybrany do eksperymentu odcinek nieczynnej linii NN o długości 35,43 km relacji Jasinec-Pelplin, od stacji Jasinec do stanowiska nr 78 (linia niebieska).


29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

20

20

E. Williams

Current from atmosphere  $\sim 2 \text{ pA/m}^2$

HV Line

line drop to equipment

Capacitance of line

$$C \approx \frac{2\pi\epsilon_0 L}{\ln(2H/b)}$$

SCHEMATIC FOR AIR-EARTH CURRENT

29 st

21

21

M. Kubicki

EQUIVALENT CIRCUIT FOR AIR-EARTH CURRENT (2)

HV LINE

Q → CHARGE

S → LINEAR CHARGE DENSITY

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0 R} \cdot S$$

R → DISTANCE FROM LINE

INDUCES

C-L-E

$I = \frac{dQ}{dt}$

Q = S \* A (AREA)

R-in → INTERNAL RESISTANCE OF AM.

EARTH

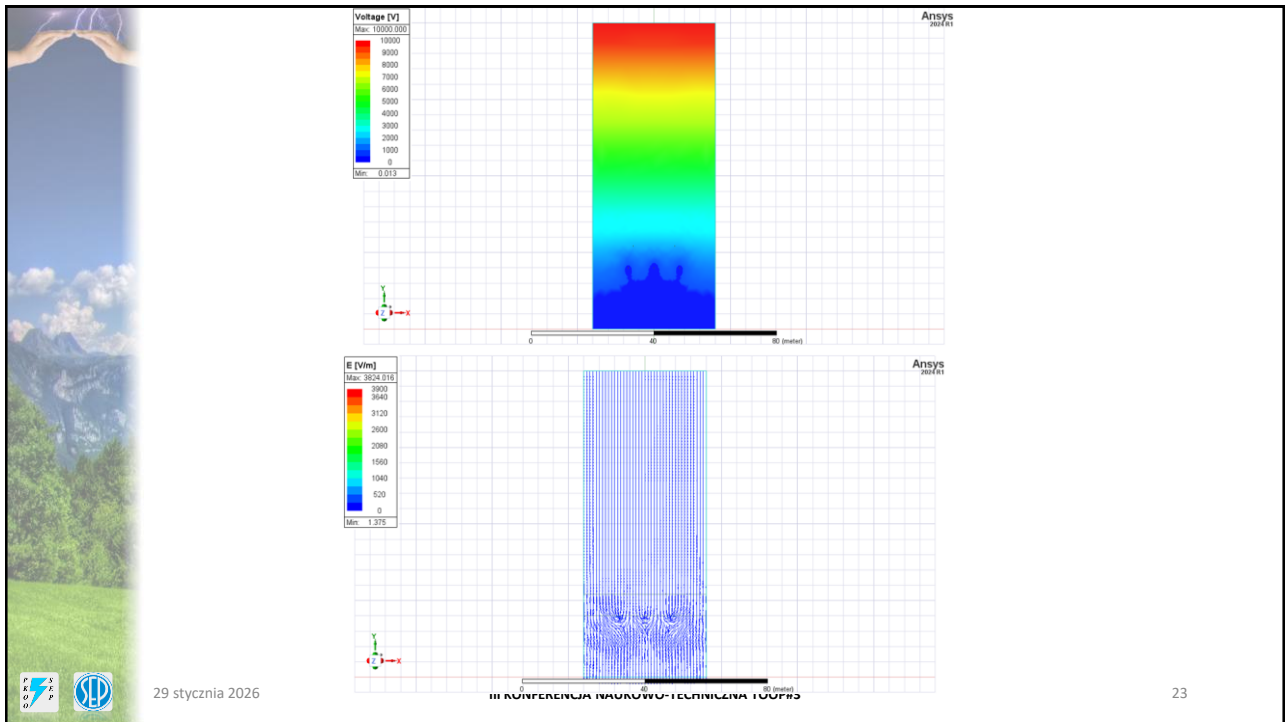
Cel: wyznaczenie globalnego „prawdziwego” prądu przewodzenia

29 stycznia 2026

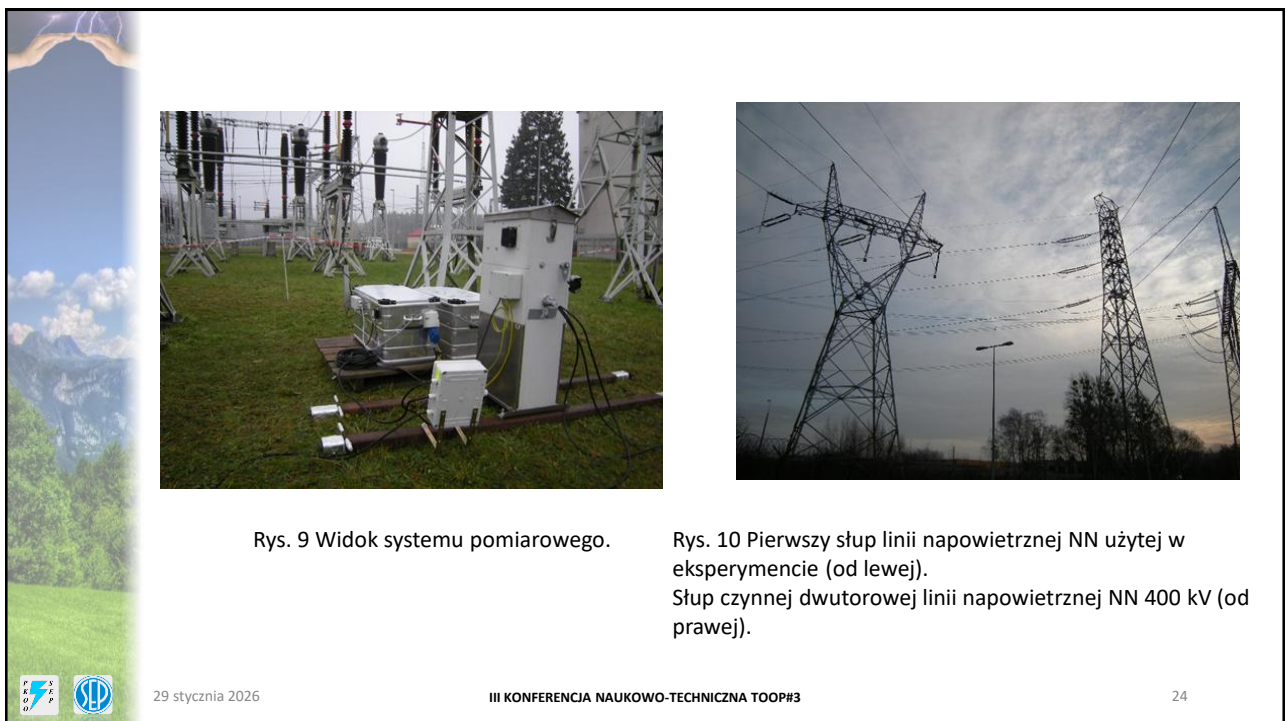
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

22

22



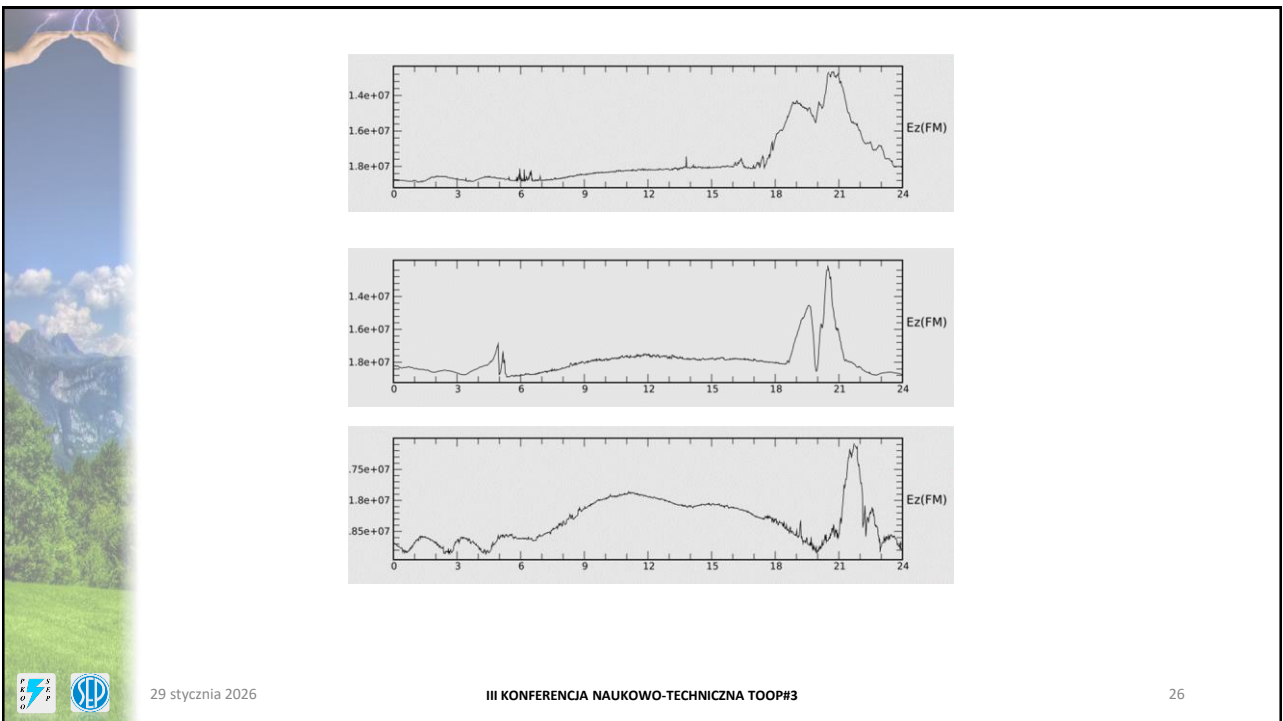
23



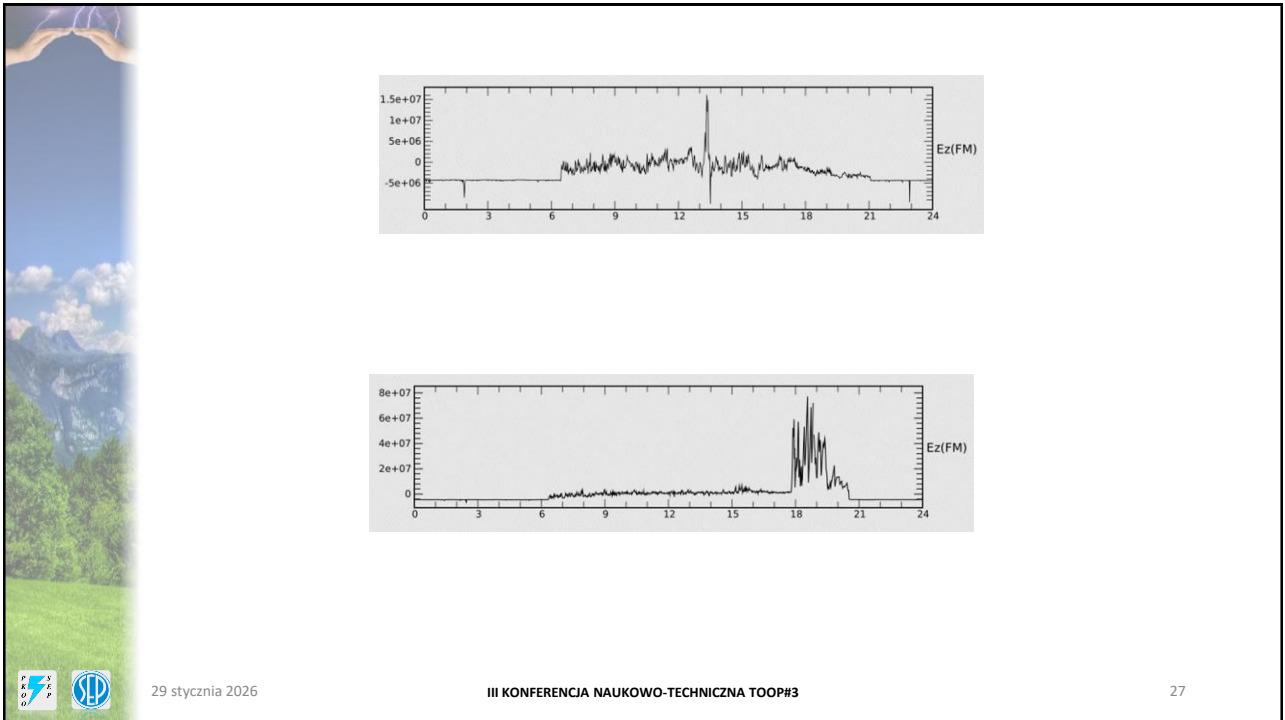
24



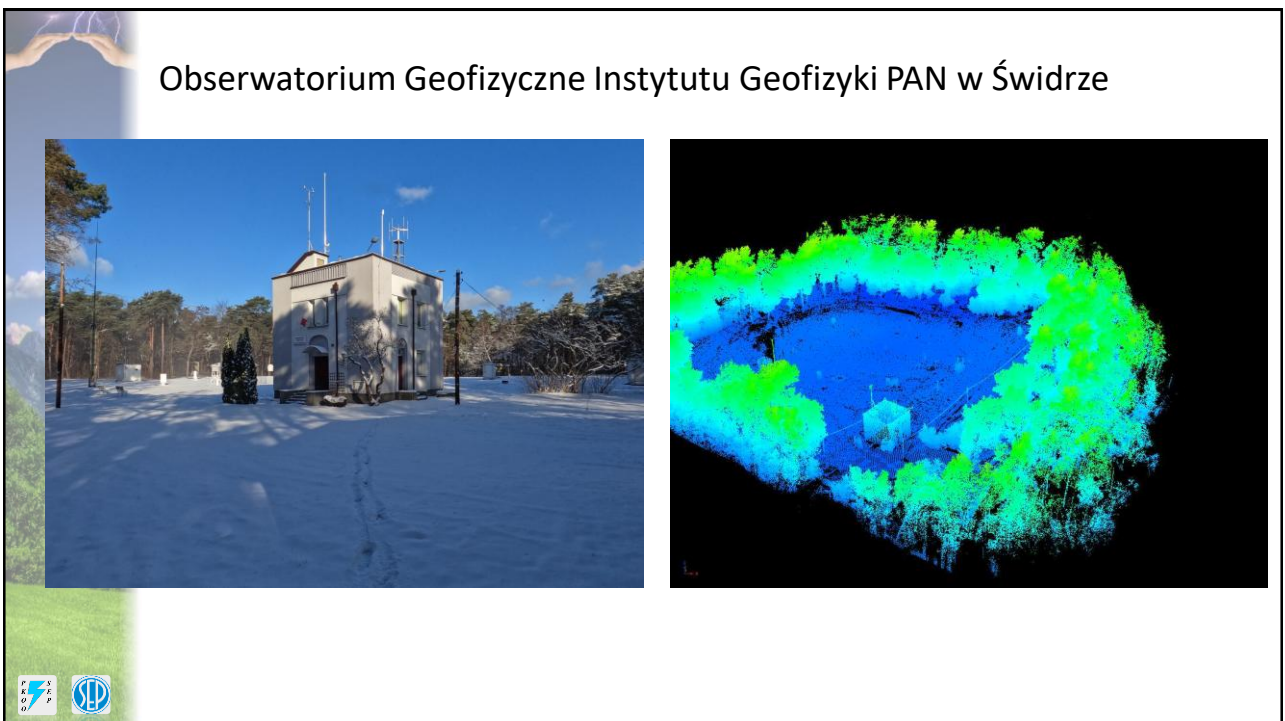
25



26



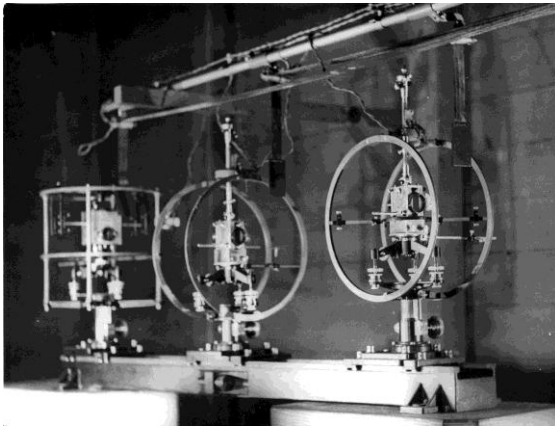
27



28





### Geophysical Observatory at Swider



Magnetometry do pomiaru ziemskiego pola magnetycznego.  
Zestaw do pomiaru 3-składowych zainstalowany w 1910 roku

Dziękuję za uwagę.  
Zapraszam do Obserwatorium  
Geofizycznego w Świdrze



**Yellow / Line**

**Ochrona przeciwprzepięciowa  
instalacji teletechnicznych i antenowych**

**Sylwester Jęzak, DEHN Polska**  
[sylwester.jezak@dehn.pl](mailto:sylwester.jezak@dehn.pl)

© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 1

1



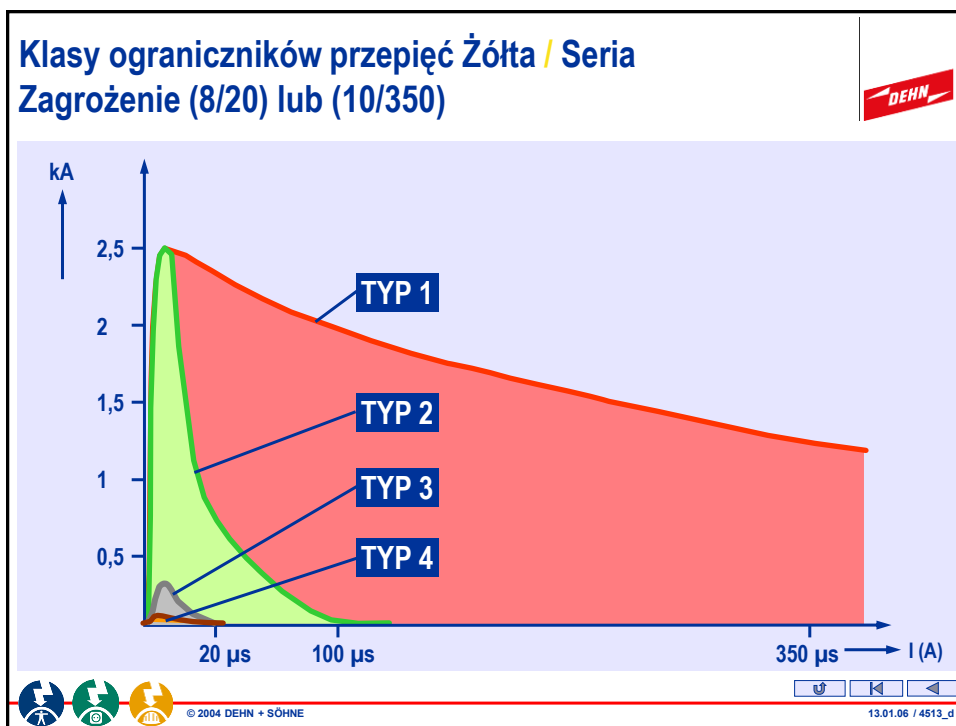
**Ochrona przepięciowa. Kompleksowość.**

Burza idzie!  
Wyjmij wtyczkę  
od telewizora!













© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 1

2



3


### Yellow/Line Przegląd produktów

 Ograniczniki na szynę DIN z wymiennymi modułami	 Ograniczniki do telekomunikacji i transmisji danych
 Ograniczniki w formie złączek na szynę DIN	 Ograniczniki dla obiektów budowlanych
 Kompaktowe ograniczniki na szynę DIN	 Ograniczniki dla współosiowych systemów transmisji danych
 Ograniczniki do technologii LSA	 Ograniczniki do złączy D-SUB
 Ograniczniki przykręcane do urządzeń polowych	 Podłączenie ekranu i obudowy

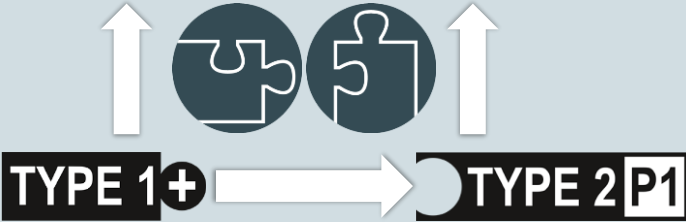
© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 4

4

**Yellow/Line klasy SPD**  
Znaczenie symboli przy klasie SPD



**Odporność na wyładowania**



**TYPE 1+** → **TYPE 2 P1**

Może zostać sparowany z innym ogranicznikiem w celu zapewnienia koordynacji


Może być skoordynowany z innym ogranicznikiem











Klasa odporności Urządzenia chronionego (EN 61000-4-5)

© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

5

**Yellow/Line**  
Przegląd produktów




















 <b>Ograniczniki na szynę DIN z wymiennymi modułami</b>	<b>Ograniczniki do telekomunikacji i transmisji danych</b> 
 <b>Ograniczniki w formie złączek na szynę DIN</b>	<b>Ograniczniki dla obiektów budowlanych</b> 
 <b>Kompaktowe ograniczniki na szynę DIN</b>	<b>Ograniczniki dla współosiowych systemów transmisji danych</b> 
 <b>Ograniczniki do technologii LSA</b>	<b>Ograniczniki do złączy D-SUB</b> 
 <b>Ograniczniki przykręcane do urządzeń polowych</b>	<b>Podłączenie ekranu i obudowy</b> 

© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

6

**Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE**

























Magistrale i systemy automatyki									
Interfejs/sygnal	Montaż	Ex	Podłączenie	Chronione żyły	LifeCheck	Klasa ogranicznika	Ogranicznik	Numer katalogowy	Strona
						TYPE			
0-20 mA, 4-20 mA (również z HART)			zaciski śrubowe	4	●	1		920 324 + 920 300	190
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 224 + 920 300	199
			zaciski sprężynowe	2		2		919 921	212
			zaciski sprężynowe	2		3		919 988	217
			przewody / zaciski	2		2		929 921	295
4-20 mA (również z HART) wg zalecenia NAMUR NE 21 lub wg PN-EN 61000-4-5, napięcie obwodu 1 kV żyła-ziemia			zaciski śrubowe	4	●	1		920 344 + 920 300	191
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 244 + 920 300	198
			zaciski sprężynowe	2		2		919 941	213
			zaciski śrubowe	4		2		918 407	222
			przewody / zaciski	2		2		929 941	298
			LSA	20		1		907 401 + 907 498 + 907 442	234

© 2002 DEHN + SÖHNE Sylwester Jęzak

7

**Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE**


























Magistrale i systemy automatyki									
Interfejs/sygnal	Montaż	Ex	Podłączenie	Chronione żyły	LifeCheck	Klasa ogranicznika	Ogranicznik	Numer katalogowy	Strona
						TYPE			
BLN (Building Level Network)			zaciski śrubowe	4	●	1		920 342 + 920 300	191
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 242 + 920 300	198
			zaciski śrubowe	4	●	1		920 345 + 920 300	191
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 245 + 920 300	198
CAN-Bus (tylko przewód danych)			zaciski śrubowe	4	●	1		920 370 + 920 300	194
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 270 + 920 300	200
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216
			LSA	20		1		907 401 + 907 498 + 907 465	234
C-Bus (Honeywell)			zaciski śrubowe	4	●	1		920 370 + 920 300	194
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 270 + 920 300	200
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216

© 2002 DEHN + SÖHNE Sylwester Jęzak

8

**Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE**



Magistrale i systemy automatyki									
Interfejs/sygnal	Montaż	Ex	Podłączenie	Chronione żyły	LifeCheck	Klasa ogranicznika	Ogranicznik	Numer katalogowy	Strona
						TYPE			
Control Net			BNC	1		2		929 010	268
			BNC	1		2		909 710 / 711	271
Data Highway Plus			zaciski śrubowe	4	●	1		920 342 + 920 300	191
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 242 + 920 300	198
			zaciski sprężynowe	2		2		919 940	213
Delta Net Peer Bus			zaciski śrubowe	4	●	1		920 370 + 920 300	194
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 270 + 920 300	200
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216
Device Net (tylko przewód danych)			zaciski śrubowe	4	●	1		920 370 + 920 300	194
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 270 + 920 300	200
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216

© 2002 DEHN + SÖHNE Sylwester Jęzak

9

**Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE**




Magistrale i systemy automatyki									
Interfejs/sygnal	Montaż	Ex	Podłączenie	Chronione żyły	LifeCheck	Klasa ogranicznika	Ogranicznik	Numer katalogowy	Strona
						TYPE			
Dupline			zaciski śrubowe	4	●	1		920 243 + 920 300	203
E-Bus (Honeywell)			zaciski śrubowe	4	●	1		920 345 + 920 300	191
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 245 + 920 300	198
EIB			zaciski śrubowe	4	●	1		920 310 + 920 300	189
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 211 + 920 300	202
			przewody	2		2		925 001	293
			LSA	20		1		907 401	234

© 2002 DEHN + SÖHNE Sylwester Jęzak

10

**Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE**













Magistrale i systemy automatyki									
Interfejs/sygnal	Montaż	Ex	Podłączenie	Chronione żyły	LifeCheck	Klasa ogranicznika	Ogranicznik	Numer katalogowy	Strona
						TYPE			
ELA / DSO Dźwiękowe Systemy Ostrzegawcze			zaciski śrubowe	4	●	1		920 327 + 920 300	190
			zaciski sprężynowe	2		2		919 923	212
(instalacje głośnikowe)			LSA	20		1		907 401	234
								+ 907 498 + 907 445	
ET 200			zaciski śrubowe	4	●	1		920 370 + 920 300	194
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 270 + 920 300	200
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216

© 2002 DEHN + SÖHNE Sylwester Jęzak

11

**Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE**















Magistrale i systemy automatyki									
Interfejs/sygnal	Montaż	Ex	Podłączenie	Chronione żyły	LifeCheck	Klasa ogranicznika	Ogranicznik	Numer katalogowy	Strona
						TYPE			
M-Bus			zaciski śrubowe	4	●	1		920 345 + 920 300	191
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 245 + 920 300	198
			zaciski sprężynowe	2		2		919 942	214
			LSA	20		1		907 401	234
								+ 907 498 + 907 443	
MODBUS			zaciski śrubowe	4	●	1		920 370 + 920 300	194
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 270 + 920 300	200
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216
			LSA	20		1		907 401	234
								+ 907 498 + 907 465	

© 2002 DEHN + SÖHNE Sylwester Jęzak

14

**Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE**























Magistrale i systemy automatyki									
Interfejs/sygnal	Montaż	Ex	Podłączenie	Chronione żyły	LifeCheck	Klasa ogranicznika	Ogranicznik	Numer katalogowy	Strona
						TYPE			
			zaciski śrubowe	4	●	1		920 370 + 920 300	194
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 270 + 920 300	200
			Sub-D 9-stykowe	4		4		924 017	282
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216
			LSA	20		1		907 401 + 907 498 + 907 465	234
			zaciski śrubowe	4	●	1		920 344 + 920 300	191
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 244 + 920 300	198
			zaciski sprężynowe	2		2		919 941	213
			przewody / zaciski	2		2		929 941	298
			LSA	20		1		907 401 + 907 498 + 907 442	234

© 2002 DEHN + SÖHNE Sylwester Jęzak

15


**Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE**

























Magistrale i systemy automatyki									
Interfejs/sygnal	Montaż	Ex	Podłączenie	Chronione żyły	LifeCheck	Klasa ogranicznika	Ogranicznik	Numer katalogowy	Strona
						TYPE			
			zaciski śrubowe	4	●	1		920 370 + 920 300	194
			zaciski śrubowe	2	●	2		920 538 + 920 301	316
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 270 + 920 300	200
			zaciski śrubowe	5		2		918 401	223
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216
			LSA	20		1		907 401 + 907 498 + 907 442	234
			przewody	2	●	2		929 971	309
			zaciski śrubowe	4	●	1		920 370 + 920 300	194
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 270 + 920 300	200
			zaciski śrubowe	5		2		918 401	223
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216
			Sub-D 15-stykowe	6		2		924 051	287
			Sub-D 15-stykowe	6		4		924 016	284
			LSA	20		1		907 401 + 907 498 + 907 465	234

17

**Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE**



Magistrale i systemy automatyki									
Interfejs/sygnal	Montaż	Ex	Podłączenie	Chronione żyły	LifeCheck	Klasa ogranicznika	Ogranicznik	Numer katalogowy	Strona
						TYPE			
S-Bus			zaciski śrubowe	4	●	1		920 370 + 920 300	194
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 270 + 920 300	200
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216
SafetyBUS p			zaciski śrubowe	4	●	1		920 370 + 920 300	194
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 270 + 920 300	200
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216
SDLC			zaciski śrubowe	4	●	1		920 370 + 920 300	194
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 270 + 920 300	200
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216
SDLS			RJ45, zaciski śrubowe	4		2		918 410	259
			LSA	20		1		907 401 + 907 498 + 907 470	234

© 2002 DEHN + SÖHNE Sylwester Jęzak

18

**Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE**



Magistrale i systemy automatyki									
Interfejs/sygnal	Montaż	Ex	Podłączenie	Chronione żyły	LifeCheck	Klasa ogranicznika	Ogranicznik	Numer katalogowy	Strona
						TYPE			
Securilan-LON-Bus (Technologia LONWORKS Standard Bus oparta na Echelon)			zaciski śrubowe	4	●	1		920 340 + 920 300	191
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 240 + 920 300	198
			zaciski sprężynowe	2		2		919 970	216
SIGMASYS (systemy p-poż. produkcji Siemens)			zaciski śrubowe	4	●	1		920 345 + 920 300	191
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 245 + 920 300	198
			zaciski śrubowe	4	●	1		920 325 + 920 300	190
			zaciski śrubowe	2	●	1		920 225 + 920 300	199
			LSA	20		1		907 401 + 907 498 + 907 423	234

© 2002 DEHN + SÖHNE Sylwester Jęzak

19

**Ograniczniki serii żółtej.  
Obwody sterownicze**

*Yellow / Line*



**Ograniczniki na prąd pioruna i przepięcia indukowane**



BLITZDUCTOR® XT

**Ograniczniki kombinowane**



DEHNpipe

Do zastosowań W strefach Ex



**Dostępne dla różnych napięć**



DEHNvario

**Condition Monitoring with LifeCheck®**



DEHNconnect



**BLITZDUCTOR® XT**



BLITZDUCTOR® XT

**actiVsense®**



925 001

BUSsector



**Ochrona różnych interfejsów**



FS

**Funkcja „fail-safe”**

© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

21

**Ograniczniki serii żółtej.  
Sieci informatyczne**

*Yellow / Line*



**Ograniczniki Przepięć**



Enclosure for NET-Protector

**Power over Ethernet**



DEHNpatch

**Instalacja w Obudowach 19”**



DEHNpatch

**Funkcja „fail-safe”**

**CAT 6/  
CLASS E<sub>A</sub>**



NET-Protector

**10 Gigabit Ethernet**



DEHNprotector

© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

22

22


**Ograniczniki serii żółtej. Telekomunikacja** **Yellow / Line** 

 DEHNbox	 DEHNRapid® LSA	<b>Ograniczniki kombinowane</b>	 DEHNRapid® LSA
<b>Odporność na prąd pioruna</b>	 BLITZDUCTOR® VT		 DEHNprotector
	 BLITZDUCTOR® XT	 DEHNlink	<b>Obudowa z wyrównaniem potencjału</b>
 DEHNlink	 DSM	<b>Ograniczanie przepięć</b>	

© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 23

23

**Ograniczniki serii żółtej. Ochrona instalacji antenowych** **Yellow / Line** 

 DEHNgate	 DEHNprotector	<b>Ograniczniki kombinowane</b>	 DEHNgate	<b>Wersje dopasowane do rodzaju wtyczki</b>
<b>Odporność na prąd pioruna</b>	 DEHNgate		<b>Dopasowane pod konkretne zastosowanie</b>	
	 DEHNgate	 DEHNgate	<b>Wygoda w zastosowaniu</b>	 UGKF
 DEHNgate				

© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 24

24

## Ograniczniki przepięć z wymiennym modulem BLITZDUCTOR® XT – sprawdzanie ogranicznika



### Sprawdzanie ogranicznika

#### LifeCheck®

- Monitorowanie stanu ogranicznika
- Wczesne wykrycie przegrzania i przeciążenia ogranicznika pod wpływem przepięć
- Bezobsługowy
- Wbudowany w moduł ochrony BLITZDUCTOR® XT
- Bezdotykowe sprawdzanie dzięki technologii RFID
- Obwód pomiarowy galwanicznie odseparowany od chronionego obwodu




© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

25

## Ograniczniki przepięć z wymiennym modulem BLITZDUCTOR® XT – kontrola ograniczników



### Testery ograniczników

#### M1+ / M3+


- Bieżąca kontrola stanu ograniczników
- Przenośne urządzenie ze wskazaniem stanu ogranicznika
- Czujnik LifeCheck® zapinany na moduł
- Obwód pomiarowy elektrycznie odseparowany
- Nie ma konieczności wyjmowania modułu do sprawdzenia
- Test trwa kilka sekund
- Możliwość zebrania i analizy wyników na komputerze PC (M3+)




© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

26

## Ograniczniki przepięć z wymiennym modułem BLITZDUCTOR® XT – sprawdzanie ograniczników




### Sprawdzanie stanu ograniczników

#### DEHNrecord SCM XT / MCM XT

- Sprawdzanie stanu ograniczników
- Monitoring do 10 ograniczników
- Minimalna ilość przewodów
- Informacja o uszkodzeniu za pośrednictwem interfejsu / RS 485

#### Opcjonalnie:


- Monitoring do 150 ograniczników poprzez ich pogrupowanie (MCM)



© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 27

27

## Ograniczniki przepięć do stref Ex BLITZDUCTOR® XT Ex (i)



### Sprawdzanie stanu



#### Do zastosowania w strefach Ex

- Sprawdzanie stanu zapewnia maksymalne bezpieczeństwo i dyspozycyjność
- Bezdotykowa technologia pomiarowa RFID
- Obwód pomiarowy galwanicznie odseparowany

#### Akcesoria

#### TW DRC MCM EX

- Pozwala na zapewnienie minimalnego odstępu między obwodami iskrobezpiecznymi i pozostałymi ( $\leq 50$  mm).

© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 28

28

## Kontrola ograniczników DEHNrecord SCM XT / MCM XT




---

### DEHNrecord DRC SCM XT




### DEHNrecord DRC MCM XT




© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 29


29

## Kontrola ograniczników DEHNrecord SCM XT / MCM XT

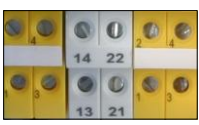



- Wskazanie poprzez diodę LED
  - Styk zmiany stanu (SCM: przerwanie styku / MCM: przerwanie styku + zwarcie styku)
- Komunikacja za pomocą interfejsu RS 485 (tylko MCM)
- Monitorng online (MCM only)






DRC SCM XT







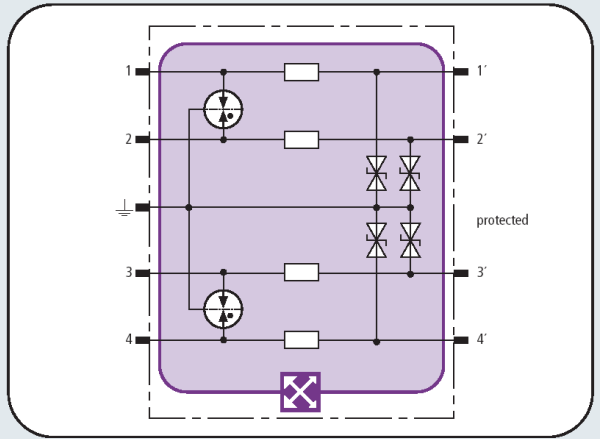
DRC MCM XT



© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 30

30

**Nowe ograniczniki z LifeCheck, dla 2 par**  
**Blitzductor XT ML4 ... o numerach kat. 920 xxx**



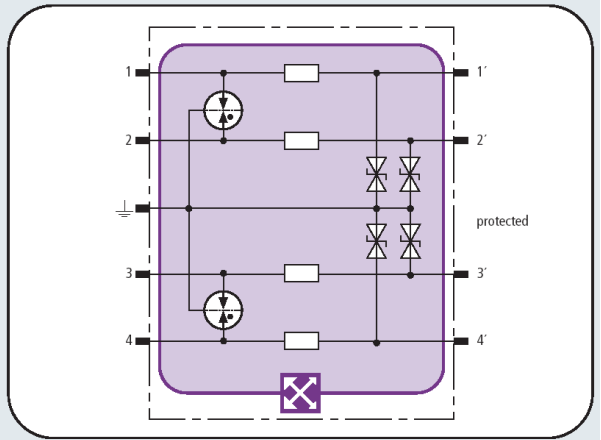




Max. 1000 3200  
 U<sub>c</sub> 6 kV 10 kA  
 U<sub>p</sub> 2,5 kV  
 I<sub>pn</sub> 0,5 kA  
 1000 V/1 s  
 CE

© 2004 DEHN + SÖHNE

31

**Nowy ogranicznik z LifeCheck dla 2 par**  
**Blitzductor XT ML4 BD HF 24, nr kat. 920 375 + 920 300**  
**do ochrony łączy: HDSL, ISDN S<sub>2m</sub>/U<sub>2m</sub>, Datex-P**



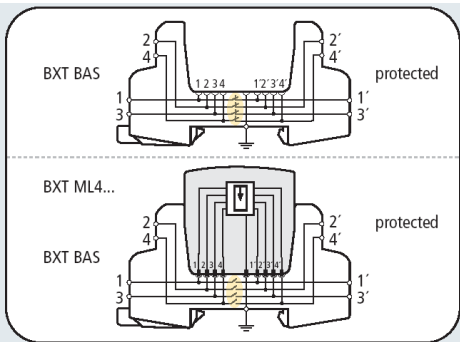




Max. 1000 3200  
 U<sub>c</sub> 6 kV 10 kA  
 U<sub>p</sub> 2,5 kV  
 I<sub>pn</sub> 0,5 kA  
 1000 V/1 s  
 CE

© 2004 DEHN + SÖHNE

32


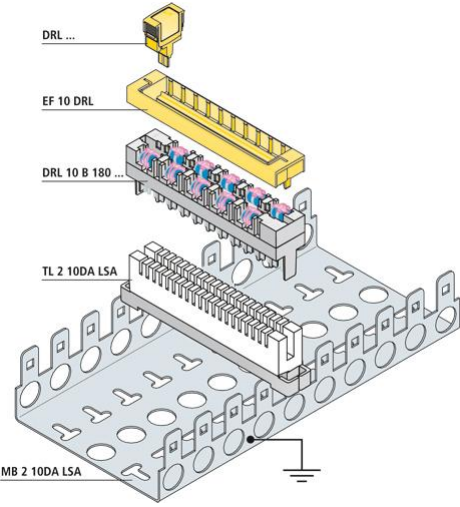

**Nowy ogranicznik z LifeCheck dla 2 par**  
**Blitzductor XT ML4 BD HF 24, nr kat. 920 375 + 920 300**  
**do ochrony łączy: HDSL, ISDN S<sub>2m</sub>/U<sub>2m</sub>, Datex-P**

© 2004 DEHN + SÖHNE

33

**Ograniczniki DEHNrapid® LSA: Typ 1, Typ 2,**  
**skoordynowane ze sobą, montowane w jednej listwie**

© 2002 DEHN + SÖHNE

35

DEHN

DRL 10 B 180 FSD

fail-safe  
hellrosa

fail-safe  
dunkellila

ok

replace neu

© 2002 DEHN + SÖHNE

36


DEHN

DEHNRapid® LSA  
Ograniczniki przepięć i obudowy

© 2002 DEHN + SÖHNE


37


## Ograniczniki do telekomunikacji i transmisji danych DEHNpatch




- Ograniczniki do sieci Ethernet mocowane na szynie DIN
- Z uziemionymi wtyczkami RJ45 (zgodnie z klasą E do 250 MHz)
- Z uziemioną końcówką kablową (zgodnie z Kat 6 do 250 MHz)
- Power over Ethernet (PoE+ zgodnie z IEEE 802.3at) do 57 V

**TYPE 2 P1**





**PoE+**




© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

38

38

## Ograniczniki do telekomunikacji i transmisji danych Zastosowania



- Ochrona przed przepięciami w sieciach Ethernet i telekomunikacyjnych
- Łatwe doposażenie
- Instalacja w obudowach 19", lub na szynie DIN
- Ochrona Switch'y, HUB'ów, systemów telekomunikacji i kamer IP
- Dopuszczenia w zależności od typu: UL, CSA, GOST



© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

39

39

Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE							
							
SYSTEMY ANTENOWE, SZEROKOPASMOWE, NADAWCZO-ODBIORCZE, VIDEO							
Interfejs / Sygnał	Zalecane urządzenia ochronne	Podłączenie	Prądy probiercze na żyłę 8/20 μs 10/350 μs	Żyły chronione	Kody koordynacji	Pozostałe cechy	Str.
<b>AMPS, NADAC</b> (824 – 894 MHz)	DGA G BNC	BNC	5 kA 1 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA AG BNC	BNC	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA G N	złącze N	5 kA 1 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA AG N	złącze N	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA LG 7 16	złącze 7/16	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
						niska intermodulacja	58
<b>DCS 1800 B162</b> (1710 – 1880 MHz)	DGA L4 7 16 B	złącze 7/16	80 kA 40 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, bez zasil.	58
	DGA L4 N B	złącze N	50 kA 40 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, bez zasil.	58
	DGA G BNC	BNC	5 kA 1 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA G N	złącze N	5 kA 1 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA AG N	złącze N	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA LG 7 16	złącze 7/16	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC,	58
					niska intermodulacja	58	
	DGA L4 7 16 B	złącze 7/16	80 kA 40 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, bez zasil.	58
	DGA L4 N B	złącze N	50 kA 40 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, bez zasil.	58

40


Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE							
							
<b>GPS</b> (1565 – 1585 MHz)	DGA G BNC	BNC	5 kA 1 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA G N	złącze N	5 kA 1 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA AG N	złącze N	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA LG 7 16	złącze 7/16	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC,	58
						niska intermodulacja	58
		DGA L4 7 16 B	złącze 7/16	80 kA 40 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, bez zasil.
<b>GSM 900, GSMR</b> (876 – 960 MHz)	DGA L4 N B	złącze N	50 kA 40 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, bez zasil.	58
	DGA G BNC	BNC	5 kA 1 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA AG BNC	BNC	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA G N	złącze N	5 kA 1 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA AG N	złącze N	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA LG 7 16	złącze 7/16	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC,	58
					niska intermodulacja	58	
	DGA L4 7 16 B	złącze 7/16	80 kA 40 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, bez zasil.	58
	DGA L4 N B	złącze N	50 kA 40 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, bez zasil.	58
<b>PCS 1900</b> (1850 – 1990 MHz)	DGA G BNC	BNC	5 kA 1 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA G N	złącze N	5 kA 1 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA AG N	złącze N	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA LG 7 16	złącze 7/16	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC,	58
						niska intermodulacja	58
		DGA L4 7 16 B	złącze 7/16	80 kA 40 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, bez zasil.
<b>TETRA, NMT 450</b> (380 – 512 MHz)	DGA L4 N B	złącze N	50 kA 40 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, bez zasil.	58
	DGA G BNC	BNC	5 kA 1 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA AG BNC	BNC	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA G N	złącze N	5 kA 1 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA AG N	złącze N	20 kA 5 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58
	DGA LG 7 16 S	złącze 7/16	50 kA 25 kA	1		adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58

41

**Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE**




<b>TV</b>	DGA FF TV TV PRO	złącze F złącze IEC	1,5 kA 2,5 kA	1 1		zintegrowane wyjście pomiarowe ogranicznik hybrydowy	56 83	
<b>UMTS</b>	DGA G BNC	BNC	5 kA	1 kA	1	adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58	
	DGA G N	złącze N	5 kA	1 kA	1	adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58	
	DGA AG N	złącze N	20 kA	5 kA	1	adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC	58	
	DGA LG 7 16	złącze 7/16	20 kA	5 kA	1	adapter gniazdo/wtyk, zasil. DC, niska intermodulacja	58	
<b>Video</b> (twisted pair)	DGA L4 7 16 B	złącze 7/16	80 kA	40 kA	1	adapter gniazdo/wtyk, bez zasil.	58	
	DGA L4 N B	złącze N	50 kA	40 kA	1	adapter gniazdo/wtyk, bez zasil.	58	
<b>Video</b> (twisted pair)	BCT MOD BD HF 5 + BCT BAS	śrubowe	20 kA	2,5 kA	2	XX / 1	na szynę, 2-częściowy	28
	BCT MOD MD HF 5 + BCT BAS	śrubowe	10 kA		2	X / 1	na szynę, 2-częściowy	29
	MM DS D HFD 8	przewody	5 kA		2		do zabudowy w urządzeniach	74
<b>Video (koax)</b>	UGKF BNC	BNC	2,5 kA		1		adapter gniazdo/wtyk	63




© 2002 DEHN + SÖHNE

42

**Obszerne tabele doboru podają właściwy dobór ograniczników przepięć i znajdują się w katalogu produktów UE**




<b>Power over Ethernet</b> (POE)	Plug-in patch cord 3 m	RJ45	8	2,5 kA	48 V	DEHNpatch	929 100	206
	Plug-in patch cord 5 m	RJ45	8	2,5 kA	48 V	DEHNpatch	929 110	206
<b>Voice over IP</b> (VOIP)	Plug-in patch cord 3 m	RJ45	8	2,5 kA	48 V	DEHNpatch	929 100	206
	Plug-in patch cord 5 m	RJ45	8	2,5 kA	48 V	DEHNpatch	929 110	206
<b>WLAN (2.4 GHz band)</b>	coax plug-in adapter, for dc supply	BNC	1	5 kA	DC – 4 GHz	DEHNgate	929 042	227
	coax plug-in adapter, for dc supply	N-Connector	1	5 kA	DC – 5.8 GHz	DEHNgate	929 044	227
<b>WLAN (5 GHz band)</b>	coax plug-in adapter, for dc supply	N-Connector	1	5 kA	DC – 5.8 GHz	DEHNgate	929 044	227
<b>G.703 / G.704</b>	LSA terminal block, type series 2	insulation piercing connecting devices	2	10 kA	180 V	DPL	907 214	195
	in enclosure EG NET PRO 19"	RJ45, RJ45	8 x 8	100 A	30 V	NET-Protector	929 037	201
	Plug-in patch cord 3 m	RJ45	8	2,5 kA	48 V	DEHNpatch	929 100	206
	Plug-in patch cord 5 m	RJ45	8	2,5 kA	48 V	DEHNpatch	929 110	206




© 2002 DEHN + SÖHNE

43



### Ograniczniki na kable współosiowe DEHNgate – G / AG / L...





- Ogranicznik na prąd pioruna i przepięcia
- W wersji z gniazdem SMA, BNC, N, lub UHF
- Wersje z wymiennym iskiernikiem gazowym
- DGA LG / L4 w wersji dla anten ćwierćfalowych




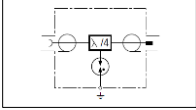
**DGA G**

**DGA AG**

**DGA L4 / LG**

© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

44

44

### Ogranicznik na kabel współosiowy DEHNgate – DGA ... TV



- Kombinowane ograniczniki do montażu na szynie DIN lub na ścianie
- Z połączeniem typu F w systemach 75  $\Omega$
- Zintegrowane wyjście pomiarowe
- Do ochrony systemów satelitarnych i szerokopasmowych






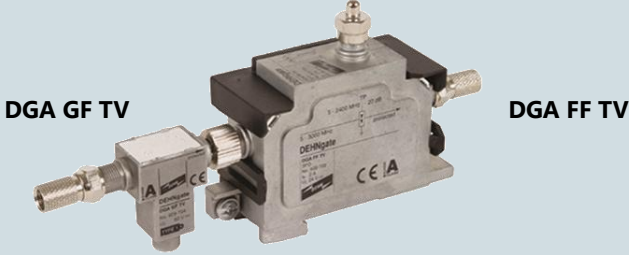


© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

45

45

Ograniczniki na kable współosiowe  
DEHNgate – DGA GFF TV

DGA GF TV      DGA FF TV

Ogranicznik na prąd pioruna **TYPE 1+** + Ogranicznik przepięć **TYPE 3 P1**

= Ogranicznik kombinowany **TYPE 1+ TYPE 3 P1**

© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 46

46

Ograniczniki na kable współosiowe  
DEHNgate – DGA GFF TV - przykład




© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 47

47

### Ograniczniki na kable współosiowe DEHNgate - DGA FF5 TV - ochrona 5-kanalowa







© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016
48

48


### Ograniczniki na kable współosiowe DEHNgate – G / AG / L...




- Ogranicznik na prąd pioruna i przepięcia
- W wersji z gniazdem SMA, BNC, N, lub UHF
- Wersje z wymiennym iskiernikiem gazowym
- DGA LG / L4 w wersji dla anten ćwierćfalowych



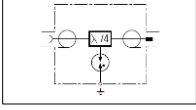
**DGA G**



**DGA AG**



**DGA L4 / LG**



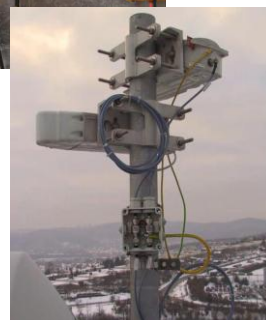
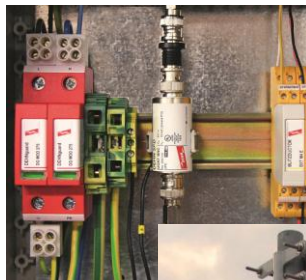
© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016
49

49

## Ograniczniki dla współosiowych systemów transmisji danych: DEHNgate – zastosowania



- Ogranicznik na prąd pioruna i przepięcia w systemach współosiowych
- Możliwość dopasowania do wielu systemów dzięki różnym rodzajom wtyczek
- Ochrona systemów monitoringu, przesyłu danych anten
- Zatwierdzenia w zależności od wersji: GOST, CSA, UL



© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

50

50

## Ograniczniki dla współosiowych systemów transmisji danych: DEHNgate – zastosowania



### DEHNgate Ogranicznik przepięć

Do systemów telekomunikacji bezprzewodowej (np. GSM lub UMTS), z zabudowanym na stałe lub wymiennym zamkniętym iskrownikiem oraz ćwierćfalowe ( $\lambda/4$ ). Typy z nieznaczną intermodulacją nadają się również do systemów wielopasmowych. Do stosowania pomiędzy strefami 0 – 1, zgodnie ze strefową Koncepcją Ochrony Odgromowej.

Bliższe dane zamieszczono w instrukcji montażowej nr 1419.

Zastosowanie	929 042	929 043	929 044	929 045	929 046	929 047	929 048	929 049
TETRA, NMT 450 (380–512 MHz)	X	X	X	X	—	X	—	—
AMPS, NADAC (824–894 MHz)	X	X	X	X	X	—	X	X
GSM 900, GSMR (876–906 MHz)	X	X	X	X	X	—	X	X
GPS (1565–1585 MHz)	X	—	X	X	X	—	X	X
DCS 1800 B162 (1710–1880 MHz)	X	—	X	X	X	—	X	X
PCS 1900 (1850–1990 MHz)	X	—	X	X	X	—	X	X
UMTS (1885–2200 MHz)	X	—	X	X	X	—	X	X

© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

51

51




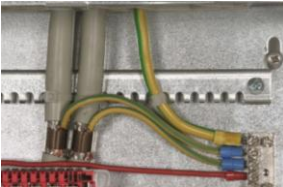
Ograniczniki dla współosiowych systemów transmisji danych: DEHNgate – zastosowania										
DGA ...		G BNC	AG BNC	G N	AG N	LG 7 16	L4 7 16 S	L4 7 16 B	L4 N B	
Art.-Nr		929 042	929 043	929 044	929 045	929 046	929 047	929 048	929 049	
Największe trwale napięcie pracy (zasilanie)	$U_c$	48 V--					0 V--			
Prąd znamionowy (zasilanie)	$I_N$	3,5 A		6 A		13 A		0 A		
Znam. prąd wyladowniczy (8/20)	$I_{kn}$	5 kA	20 kA	5 kA	20 kA		50 kA	80 kA	50 kA	
Piorun. prąd udarowy (10/350)	$I_{imp}$	1 kA	5 kA	1 kA	5 kA		25 kA	40 kA	40 kA	
Maks. prąd wyladowniczy (8/20)	$I_{max}$	10 kA	30 kA	10 kA	30 kA	30 kA	50 kA	80 kA	50 kA	
Udarokombinowany	$U_{oc}$	4 kV								
Poziomy ochrony przy $U_{oc}$	$U_p$	$\leq 750$ V	$\leq 850$ V	$\leq 750$ V	$\leq 870$ V	$\leq 850$ V	$\leq 8$ V			
Zakres częstotliwości		DC – 4 GHz	DC – 1 GHz	DC – 5,8 GHz	DC – 2,5 GHz	DC 806 MHz – 2,2 GHz	380 MHz – 512 MHz	890 MHz – 2,2 GHz		
Maks. moc obciążenia	$P_T$	25 W	150 W	25 W	150 W	500 W	3 kW	1,7 kW	500 W	
Tłumienność odbicia	$a_R$	$\geq 20$ dB								
Tłumienność wtrącona	$a_E$	$< 0,2$ dB	$< 0,1$ dB	$< 0,2$ dB		$< 0,15$ dB		$< 0,1$ dB	$< 0,15$ dB	
Impedancja falowa	$Z$	50 $\Omega$								
Zakres temperatur pracy	$\theta$	$-40^\circ$ C ... $+85^\circ$ C								
Zbadana kategoria wg IEC 61643-21:2000		C2								
Stopień ochrony		IP 20			IP 65					
Intermodulacja		—				Typ. -150 dBc @ 2*43 dBm	—	Typ. -150 dBc @ 2*43 dBm		
Wymienny iskiernik		—	tak	—	tak	tak	—			
Złącze wtyk/gniazdo		BNC		N		7 / 16		N		
Możliwość uziemienia korpus o średnicy $\phi$ śrubę uziemiaczącą		12,6 mm	15,8 mm		—		—			
		—		tak		tak				
Material obudowy		Mosiądz, uszlachetniony powierzchniowo warstwą trójmetalową								

52

### Akcesoria dla bloków zacisków Podłączenie ekranu

- Zaciski uziemiające do uziemienia ekranów kabli
- Systemy zaczepe, lub na szynę DIN
- Szybkie, łatwe w montażu z maksymalną powierzchnią styku
- Testowane prądem pioruna 10 kA (10/350  $\mu$ s)
- Różnorodność typów

**Constant force spring of type SA KRF ...**







© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016


53

## Obudowy

- Aluminiowe obudowy do zastosowania zewnętrznego
- Stopień ochrony IP65
- Wbudowana szyna DIN
- Pojemność do 5 modułów
- Wersja dla ograniczników Ex (i)
- Zestaw do montażu na ścianie





### Aluminium enclosure Type ALGA 5 ...




© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 54

54

## Zastosowanie w wielu branżach



- Telekomunikacja / Telefonia Komórkowa / TV-Sat
- Inżynieria procesowa
- Systemy bezpieczeństwa
- Systemy sterowania ruchem
- Elektrownie wiatrowe
- Fotowoltaika
- Sieci Smart-Grid

© 2015 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016 55

55



56





**POLSKI KOMITET OCHRONY ODGROMOWEJ**  
Stowarzyszenie Elektryków Polskich



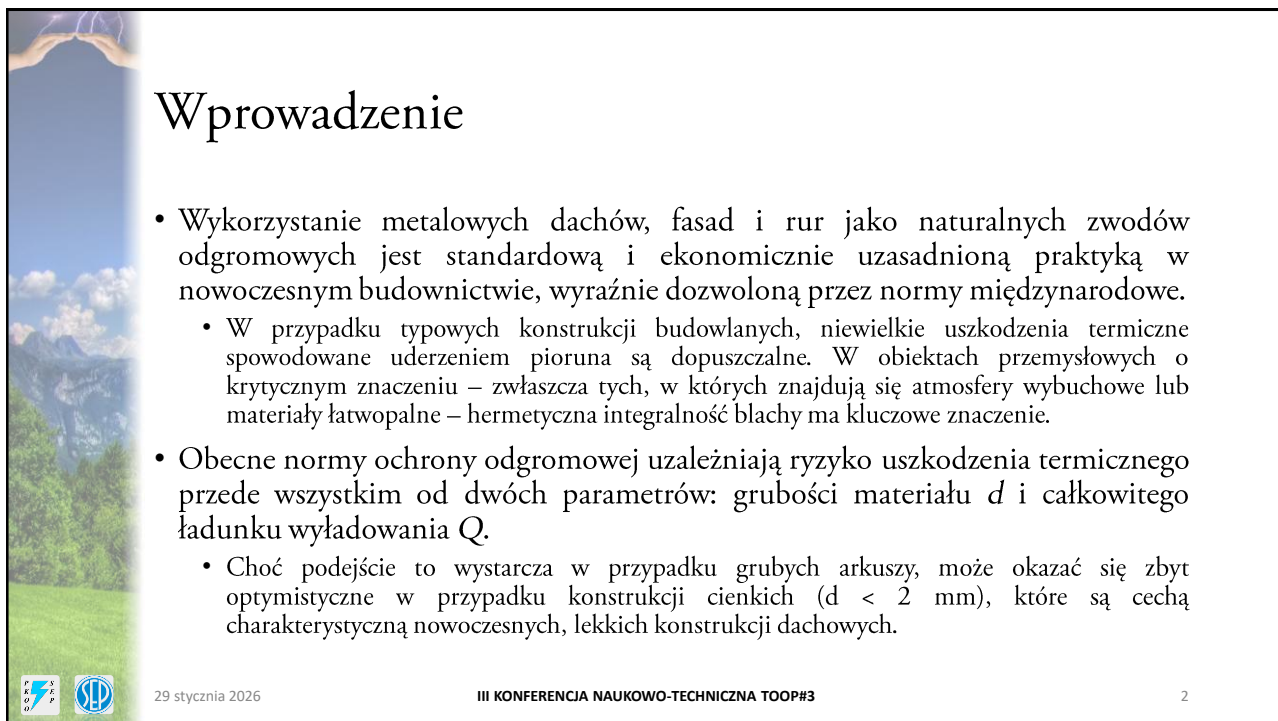
ul. Świętokrzyska 14A, 00-950 Warszawa, tel. (0-22) 556 43 09

## Krytyczna rola prądu długotrwałego i promienia kanału wyładowania atmosferycznego w ocenie prawdopodobieństwa perforacji blachy dachowej

*dr inż. Konrad Sobolewski, dr inż. Piotr Strużewski*


**TOOP #3**

1



## Wprowadzenie

- Wykorzystanie metalowych dachów, fasad i rur jako naturalnych zwodów odgromowych jest standardową i ekonomicznie uzasadnioną praktyką w nowoczesnym budownictwie, wyraźnie dozwoloną przez normy międzynarodowe.
  - W przypadku typowych konstrukcji budowlanych, niewielkie uszkodzenia termiczne spowodowane uderzeniem pioruna są dopuszczalne. W obiektach przemysłowych o krytycznym znaczeniu – zwłaszcza tych, w których znajdują się atmosfery wybuchowe lub materiały łatwopalne – hermetyczna integralność blachy ma kluczowe znaczenie.
- Obecne normy ochrony odgromowej uzależniają ryzyko uszkodzenia termicznego przede wszystkim od dwóch parametrów: grubości materiału  $d$  i całkowitego ładunku wyładowania  $Q$ .
  - Choć podejście to wystarcza w przypadku grubych arkuszy, może okazać się zbyt optymistyczne w przypadku konstrukcji cienkich ( $d < 2$  mm), które są cechą charakterystyczną nowoczesnych, lekkich konstrukcji dachowych.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

2

2

## W czym tkwi problem

- Jedną z najczęstszych wątpliwości na etapie projektowania instalacji odgromowej jest określenie, czy blacha pokrycia dachowego może być wykorzystana jako naturalny zwód.
  - Duża energia pioruna skupiona na niewielkim obszarze blachy uderzonej wyładowaniem prowadzi do znacznego wzrostu temperatury, w zależności od właściwości materiału i parametrów prądu wyładowania.
- W przypadku budynków przemysłowych, warstwa blachy może mieć bezpośredni kontakt z warstwą izolacji lub z atmosferą zawierającą stężenia wybuchowe wewnątrz analizowanego obiektu.
  - Jeśli wzrost temperatury przekroczy próg zapłonu tej warstwy lub wywoła wybuch gazu, może to mieć katastrofalne skutki zarówno dla obiektu wraz z wyposażeniem, jego otoczenia oraz środowiska naturalnego.



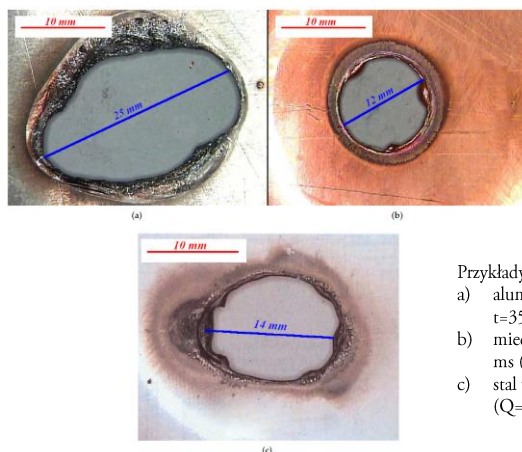
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

3

3

## W czym tkwi problem



Przykłady skutków wypalenia dziur w blasze ( $d=0,5\text{ mm}$ ):

- aluminium w wyniku działania prądu o natężeniu  $I=200\text{ A}$  przez czas  $t=350\text{ ms}$  ( $Q=70\text{ C}$ ),
- miedź w wyniku działania prądu o natężeniu  $I=200\text{ A}$  przez czas  $t=180\text{ ms}$  ( $Q=36\text{ C}$ )
- stal w wyniku działania prądu o natężeniu  $I=200\text{ A}$  przez czas  $t=100\text{ ms}$  ( $Q=20\text{ C}$ )



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

4

Sowa, A. Thermal impact of lightning currents. Pr. Nauk. Politech. Białostockiej Elektr. 2011, 11, 123–132.

4

## Obliczenia analityczne

- Pierwszym krokiem w ocenie wykonalności wykorzystania metalowego pokrycia dachowego do ochrony odgromowej jest wyprowadzenie wzorów, które pozwolą określić stopień wzrostu temperatury w miejscu uderzenia pioruna, na powierzchni uderzonej przez piorun, na powierzchni przeciwległej oraz w przekroju poprzecznym materiału.
- Gdy piorun uderza w pokrycie dachowe wykonane z blachy, energia uwalnia się na zewnętrznej granicy z otaczającym powietrzem i w objętości blachy w wyniku strat rezystancyjnych określanych jako ciepło Joule'a.
  - Wnikanie ciepła do blachy uderzonej piorunem powoduje wzrost temperatury ( $T_{Bl}$ ) w punkcie zdefiniowanym jako punkt położony na dolnej stronie przeciwległej do miejsca uderzenia pioruna.



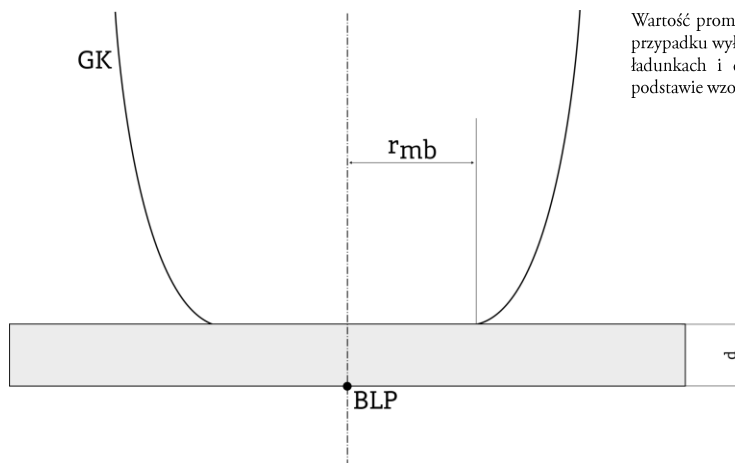
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

5

5

## Obliczenia analityczne



Wartość promienia ( $r_{mb}$ ) wyraża się w milimetrach, a w przypadku wyładowań atmosferycznych o normatywnych ładunkach i czasach trwania można ją oszacować na podstawie wzorów:

$$i_R = \frac{Q_{50\%}}{\tau_{50\%}}$$

$$r_{mb} = k_{mb} \cdot \sqrt{i_R}$$



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

6

6

## Obliczenia analityczne

Stal		Miedź		Aluminium		Stal		Miedź		Aluminium	
$k_{mb-}$	$k_{mb+}$	$k_{mb-}$	$k_{mb+}$	$k_{mb-}$	$k_{mb+}$	$r_{mbo-}$	$r_{mbo+}$	$r_{mbo-}$	$r_{mbo+}$	$r_{mbo-}$	$r_{mbo+}$
0,15	0,16	0,09	0,1	0,11	0,14	3,6	4,9	2,2	3,1	2,6	4,3

Wartości współczynnika  $k_{mb}$  wyznaczone dla stali, miedzi i aluminium dla obu biegunów pioruna

Wartości promienia wyładowania ( $r_{mbo}$ ) (mm) wyznaczone dla stali, miedzi i aluminium dla obu biegunów wyładowania.

- Podane w tabeli (lewa) współczynniki empiryczne ( $k_{mb}$ ) opierają się na teorii hydrodynamicznej wyładowań elektrycznych.
- Wyniki obliczeń wartości parametrów  $r_{mbo}$  według wzoru z poprzedniego slajdu przedstawiono w tabeli (prawa).



29 stycznia 2026

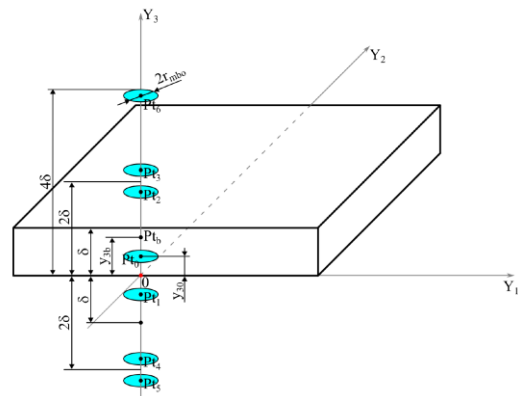
III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

7

7

## Obliczenia przyrostu temperatury w punkcie

- Do przeprowadzenia wyprowadzenia zastosowano metodę źródeł wirtualnych (sumowanie po poszczególnych źródłach temperatury wirtualnej (nsp)) dla blachy o skończonej grubości.
- Dokładne wyprowadzenie w naszym artykule:
  - Sobolewski, K.; Strużewski, P. *The Three-Dimensional Analytical Modeling of Lightning-Induced Heat Diffusion: The Critical Roles of the Continuing Current and Lightning Channel Radius in Structural Damage*. Applied Science 2026, 16, 452. <https://doi.org/10.3390/app16010452>.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

8

8

## Obliczenia przyrostu temperatury w punkcie

- W rezultacie ustalono parę pochodnych wzorów, które zapisano następująco:

$$\Delta T^{VI} = \Delta T_{BLP} = \begin{cases} \Delta T_{BLP}^I, & t \leq \tau, \\ \Delta T_{BLP}^{II}, & t > \tau. \end{cases}$$

$$\Delta T_{BLP}^I = \frac{2U'Q}{\pi r_{mbo}^2 K_0 \tau} \sum_{n_{sp}=-\infty}^{\infty} \int_0^{r_{mbo}} \frac{r}{\sqrt{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}} \left(1 - \frac{r^2}{r_{mbo}^2}\right) \cdot \left[1 - \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}{4a_0 t}}\right)\right] dr$$

$$\Delta T_{BLP}^{II} = \frac{2U'Q}{\pi r_{mbo}^2 K_0 \tau} \sum_{n_{sp}=-\infty}^{\infty} \int_0^{r_{mbo}} \frac{r}{\sqrt{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}} \left(1 - \frac{r^2}{r_{mbo}^2}\right) \cdot \left[\operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}{4a_0(t - \tau)}}\right) - \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}{4a_0 t}}\right)\right] dr$$



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

9

9

## Obliczenia przyrostu temperatury w punkcie

- W rezultacie ustalono parę pochodnych wzorów, które zapisano następująco:

$$\Delta T^{VI} = \Delta T_{BLP} = \begin{cases} \Delta T_{BLP}^I, & t \leq \tau, \\ \Delta T_{BLP}^{II}, & t > \tau. \end{cases}$$

$$\Delta T_{BLP}^I = \frac{2U'Q}{\pi r_{mbo}^2 K_0 \tau} \sum_{n_{sp}=-\infty}^{\infty} \int_0^{r_{mbo}} \frac{r}{\sqrt{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}} \left(1 - \frac{r^2}{r_{mbo}^2}\right) \cdot \left[1 - \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}{4a_0 t}}\right)\right] dr$$

$$= \frac{2U'Q}{\pi r_{mbo}^2 K_0 \tau} \sum_{n_{sp}=-\infty}^{\infty} \int_0^{r_{mbo}} \frac{r}{\sqrt{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}} \left(1 - \frac{r^2}{r_{mbo}^2}\right) \cdot \left[\operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}{4a_0(t - \tau)}}\right) - \operatorname{erf}\left(\sqrt{\frac{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}{4a_0 t}}\right)\right] dr$$

- $\Delta T^I$  ( $t \leq \tau$ ) opisuje wzrost temperatury podczas przepływu prądu.
- Funkcja  $1 - \operatorname{erf}(\dots)$  (tj.  $\operatorname{erfc}$ ) jest charakterystyczna dla ciągłego dostarczania ciepła.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

10

10

## Obliczenia przyrostu temperatury w punkcie

- W rezultacie ustalono parę pochodnych wzorów, które zapisano następująco:

$$\Delta T^{VI} = \Delta T_{BLP} = \begin{cases} \Delta T_{BLP}^I, & t \leq \tau, \\ \Delta T_{BLP}^{II}, & t > \tau. \end{cases}$$

$$\Delta T_{BLP}^I = \frac{2U'Q}{\pi r_{mbo}^2 K_0 \tau} \sum_{n_{sp}=-\infty}^{\infty} \int_0^{r_{mbo}} \frac{r}{\sqrt{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}} \cdot \left[ 1 - \operatorname{erf} \left( \sqrt{\frac{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}{4a_0 t}} \right) \right] dr$$

$$\Delta T_{BLP}^{II} = \frac{2U'Q}{\pi r_{mbo}^2 K_0 \tau} \sum_{n_{sp}=-\infty}^{\infty} \int_0^{r_{mbo}} \frac{r}{\sqrt{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}} \left( 1 - \frac{r^2}{r_{mbo}^2} \right) \cdot \left[ \operatorname{erf} \left( \sqrt{\frac{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}{4a_0(t - \tau)}} \right) - \operatorname{erf} \left( \sqrt{\frac{(\delta - 2n\delta)^2 + r^2}{4a_0 t}} \right) \right] dr$$

- $\Delta T^{II}$  ( $t > \tau$ ) opisuje relaksację termiczną po usunięciu źródła.
- Różnica między dwiema funkcjami erf reprezentuje superpozycję „źródło włączone od  $t = 0$ ” minus „źródło włączone od  $t = \tau$ ”



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

11

11

## Uogólnienie obliczeń do postaci przestrzennej

- Wzór z powyższej sekcji opisuje temperaturę tylko wzdłuż osi symetrii ( $R = 0$ ). Z praktycznego punktu widzenia warto zauważyć, że problem jest osiowosymetryczny.
  - Aby uzyskać wartość w odległości  $R$  od środka, należało uwzględnić w całce odległość od każdego elementu pierścienia źródła ciepła do punktu pomiaru. Wymaga to całkowania numerycznego po kącie  $\theta$ , co sprowadza się do uśrednienia po obwodzie źródła. W tym i następnym punkcie rozwiązanie pozaosiowe jest obliczane przy użyciu twierdzenia cosinusów w całce. Jest to uogólnienie oryginalnego wzoru dla współrzędnych cylindrycznych ( $r, z$ ).
- Aby obliczyć temperaturę wewnątrz materiału na dowolnej głębokości ( $z$ ), gdzie  $z = 0$  to powierzchnia trafiona piorunem, a  $z = \delta$  to powierzchnia przeciwną (spód), tę stałą odległość należy zastąpić zmienną.
  - Zamiast  $(\delta - 2n\delta)$ , wzór przyjmie formę  $(z - 2n\delta)$ .



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

12

12

## Uogólnienie obliczeń do postaci przestrzennej

- Rozkład temperatury  $\Delta T(r, z, t)$  w blasze o grubości  $\delta$ , w promieniu  $r$  od osi miejsca trafienia pioruna i na głębokości  $z$  (gdzie  $z=0$  to powierzchnia trafiona, a  $z=\delta$  to powierzchnia przeciwna), jest podany wzorem:

$$\Delta T(r, z, t) = \frac{2U'Q}{\pi^2 r_{mbo}^2 K_0 \tau} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \int_0^{r_{mbo}} \rho \left(1 - \frac{\rho^2}{r_{mbo}^2}\right) \cdot \mathcal{J}(r, z, \rho, n, t) d\rho$$

- gdzie  $\rho$  to gęstość materiału, a  $J$  to całka kątowna uśredniająca obwód źródła ciepła:

$$\mathcal{J}(r, z, \rho, n, t) = \int_0^\pi \frac{\Psi(t, d_n)}{d_n(r, z, \rho, \varphi)} d\varphi$$



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

13

13

## Uogólnienie obliczeń do postaci przestrzennej

- Efektywna odległość geometryczna  $d_n$  jest zdefiniowana jako odległość od elementu źródłowego do punktu obserwacji, z uwzględnieniem metody odbicia (dla  $n$ -tego widocznego źródła) i geometrii cylindrycznej (z prawa cosinusów):

$$d_n(r, z, \rho, \varphi) = \sqrt{(z - 2n\delta)^2 + r^2 + \rho^2 - 2r\rho \cos \varphi}$$

- Druga, zwana funkcją czasu ( $\Psi$ ), jest zdefiniowana jako funkcja opisująca ewolucję temperatury w czasie (analogicznie do wzoru źródłowego), w zależności od fazy rozładowania:

$$\Psi(t, d_n) = \begin{cases} 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{d_n}{\sqrt{4a_0 t}}\right) & \text{for } t \leq \tau \\ \operatorname{erf}\left(\frac{d_n}{\sqrt{4a_0(t-\tau)}}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{d_n}{\sqrt{4a_0 t}}\right) & \text{for } t > \tau \end{cases}$$



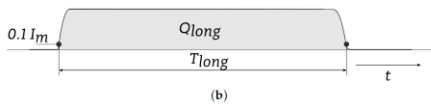
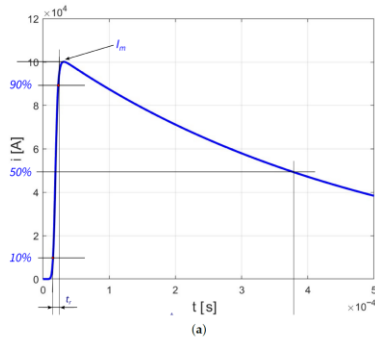
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

14

14

## Źródło ładunku



- Chociaż składowa krótkotrwała jest często wykorzystywana do oceny skutków prądów piorunowych, składowa długotrwała prądu piorunowego (prąd ciągły) jest bardziej istotna w określaniu wzrostu temperatury.
- Dowód tego stwierdzenia przedstawiono w treści artykułu.



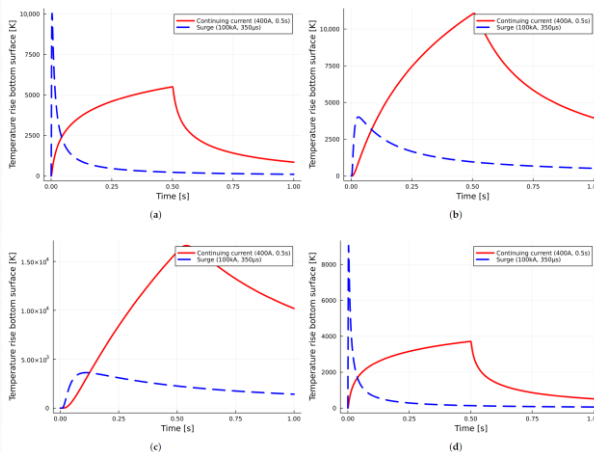
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

15

15

## Udar krótki vs udar długotrwały



- Przykładowe porównanie przyrostów temperatury dla dwóch składowych prądu piorunowego i analizowanych materiałów o grubości  $d = 1 \text{ mm}$ :
- blacha aluminiowa,
  - blacha ze stali niskowęglowej,
  - blacha ze stali nierdzewnej,
  - blacha miedziana.



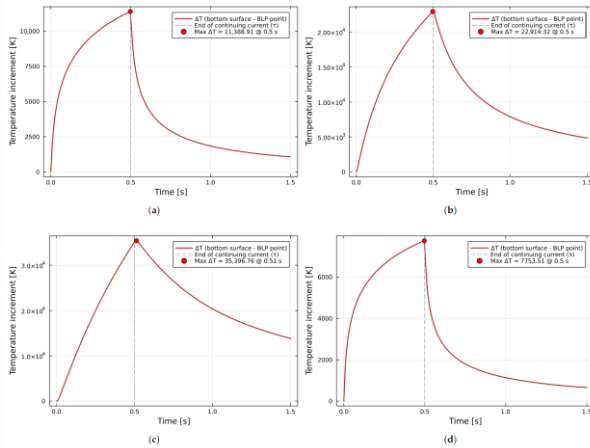
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

16

16

## Przyrosty w punkcie BLP – $d=0,5\text{ mm}$



Wyniki analizy punktowej – przyrost temperatury obserwowany w punkcie BLP ( $d=0,5\text{ mm}$ ):

- (a) aluminium,  
(b) stal niskowęglowa,  
(c) stal nierdzewna,  
(d) miedź.



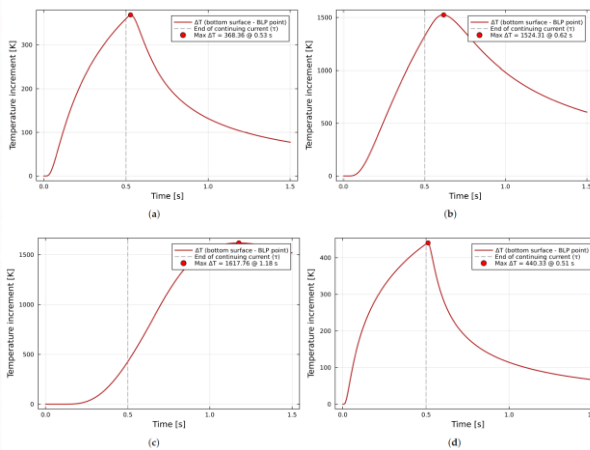
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

17

17

## Przyrosty w punkcie BLP – $d=t'$



Wyniki analizy 1D – przyrost temperatury obserwowany w punkcie BLP dla grubości blachy zgodnych z minimalnymi wymaganiami:

- (a) aluminium ( $d=7\text{ mm}$ ),  
(b) stal niskowęglowa ( $d=4\text{ mm}$ ),  
(c) stal nierdzewna ( $d=4\text{ mm}$ ),  
(d) miedź ( $d=5\text{ mm}$ ).



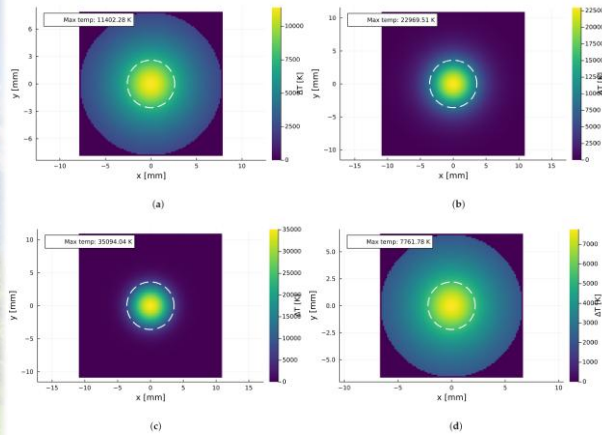
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

18

18

## Rozkład temperatury na powierzchni – $d=0,5\text{ mm}$



Wyniki rozkładu ciepła obserwowanego na dolnej powierzchni dla grubości blachy zgodnych z typowym wymiarem  $d=0,5\text{ mm}$ :

- aluminium,
- stal niskowęglowa,
- stal nierdzewna,
- miedź.



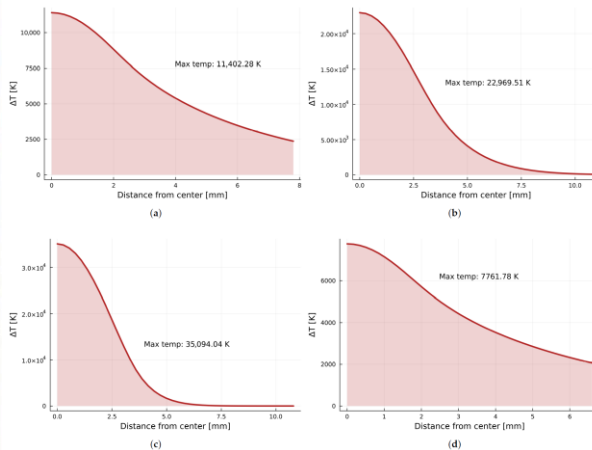
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

19

19

## Rozkład temperatury na powierzchni – $d=0,5\text{ mm}$



Wyniki profili termicznych obserwowanych na dolnej powierzchni dla grubości blach zgodnych z typowym wymiarem  $d=0,5\text{ mm}$ :

- aluminium,
- stal niskowęglowa,
- stal nierdzewna,
- miedź.



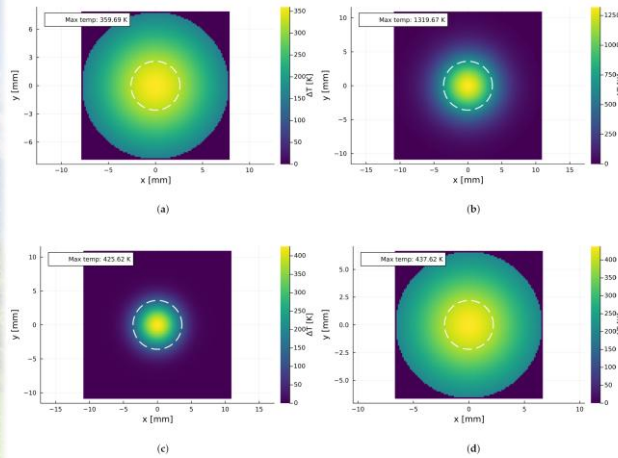
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

20

20

## Rozkład temperatury na powierzchni – $d=t'$



Wyniki rozkładu wzrostu temperatury na dolnej powierzchni dla grubości blachy spełniających minimalne wymagania:

- (a) aluminium ( $d = 7$  mm),
- (b) stal niskowęglowa ( $d = 4$  mm),
- (c) stal nierdzewna ( $d = 4$  mm),
- (d) miedź ( $d = 5$  mm).



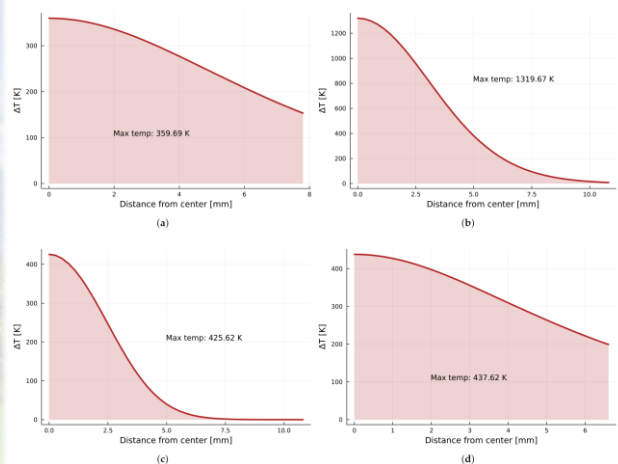
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

21

21

## Rozkład temperatury na powierzchni – $d=t'$



Wyniki profili wzrostu temperatury na dolnej powierzchni dla grubości blach zgodnych z minimalnymi wymaganiami:

- (a) aluminium ( $d = 7$  mm),
- (b) stal niskowęglowa ( $d = 4$  mm),
- (c) stal nierdzewna ( $d = 4$  mm),
- (d) miedź ( $d = 5$  mm).



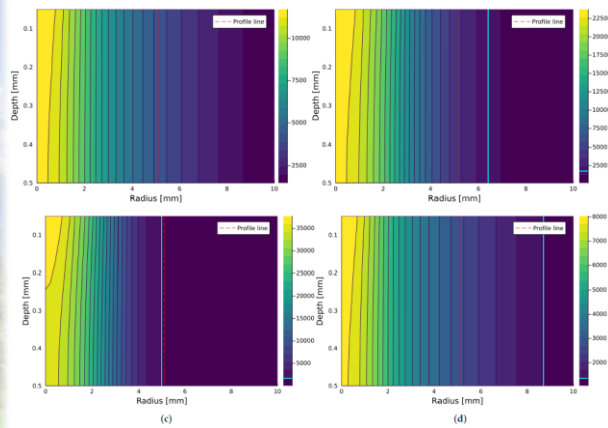
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

22

22

## Rozkład temperatury w przekroju – $d=0,5\text{ mm}$



Wyniki rozkładu ciepła obserwowane w grubościach blach zgodnych z typowym wymiarem  $d = 0,5\text{ mm}$  (skala temperatur podana w stopniach Kelvina):

- (a) aluminium,
- (b) stal niskowęglowa,
- (c) stal nierdzewna,
- (d) miedź.



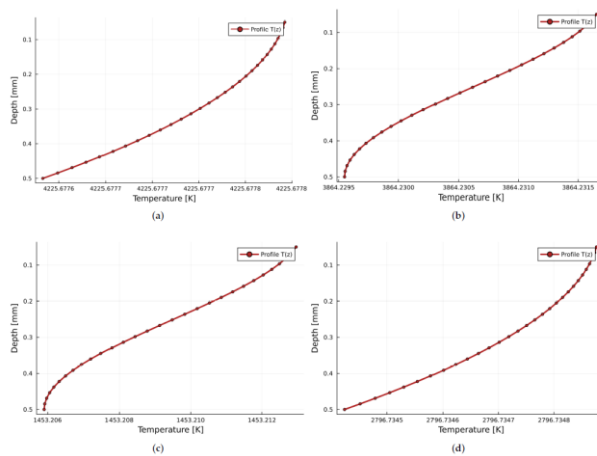
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

23

23

## Rozkład temperatury w przekroju – $d=0,5\text{ mm}$



Wyniki profili termicznych zaobserwowane dla grubości blach zgodnych z typowym wymiarem  $d=0,5\text{ mm}$ :

- (a) aluminium,
- (b) stal niskowęglowa,
- (c) stal nierdzewna,
- (d) miedź.



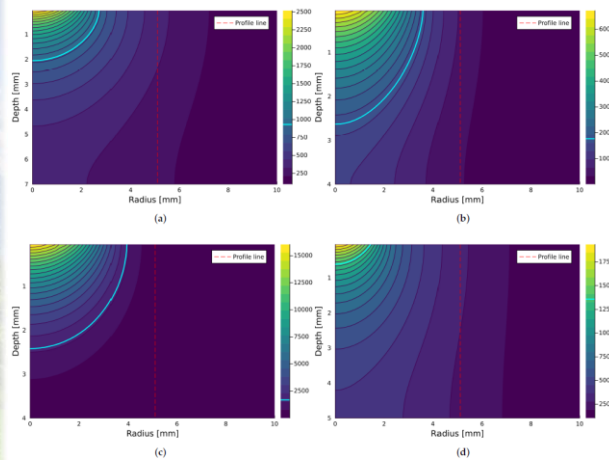
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

24

24

## Rozkład temperatury w przekroju – $d=t'$



Wyniki rozkładu ciepła zaobserwowane dla grubości blach zgodnych z minimalnymi wymaganiami (skala temperatur podana w stopniach Kelvina):

- (a) aluminium ( $d=7$  mm),
- (b) stal niskowęglowa ( $d=4$  mm),
- (c) stal nierdzewna ( $d=4$  mm),
- (d) miedź ( $d=5$  mm).



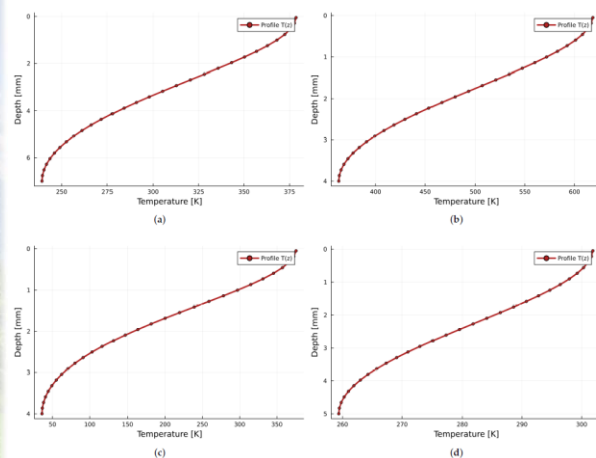
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

25

25

## Rozkład temperatury w przekroju – $d=t'$



Wyniki dla profili termicznych zaobserwowanych dla grubości blach zgodnych z minimalnymi wymaganiami:

- (a) aluminium ( $d=7$  mm),
- (b) stal niskowęglowa ( $d=4$  mm),
- (c) stal nierdzewna ( $d=4$  mm),
- (d) miedź ( $d=5$  mm).



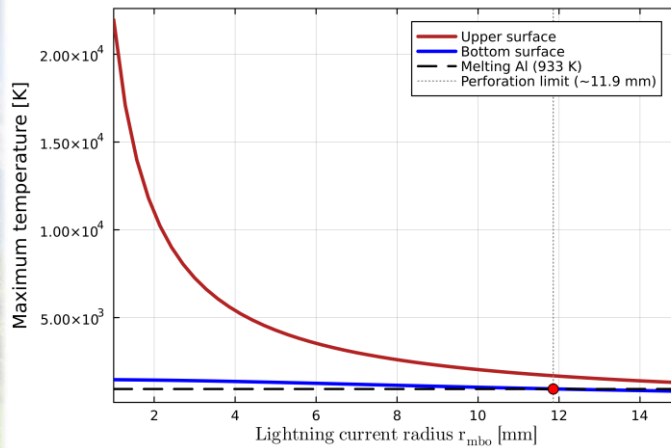
29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

26

26

## Znaczenie promienia kanału wyładowania



Zależność między maksymalną temperaturą a założoną wartością promienia kanału piorunowego ( $r_{mbo}$ ).



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

27

27

## Zależność perforacji od promienia kanału

Material	Electric Charge, C	$r_{mbo}$ Limit, mm
Aluminum $d = 7$ mm	200	11.9
	150	7.9
	100	-
Low-carbon steel $d = 4$ mm	200	9.6
	150	7.9
	100	5.3
Stainless steel $d = 4$ mm	200	3.3
	150	2.1
	100	-
Copper $d = 5$ mm	200	6.4
	150	1.0
	100	-

The designation "—" means no perforation, regardless of the assumed value of  $r_{mbo}$ .

Podsumowanie ryzyka perforacji blachy przy danym ładunku elektrycznym, w zależności od promienia kanału wyładowania ( $r_{mbo}$ ).



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

28

28

## Wnioski i podsumowanie

- Możliwe jest przeprowadzenie badań elektrotermicznych w zakresie badania przyrostów termicznych blach stanowiących pokrycie dachowe, stosowane jako naturalny zwód.
- Podczas prowadzenia tego typu badań należy zwrócić szczególną uwagę na dobór materiałów, a także metodę i parametry stosowane do obliczeń.
- Górna powierzchnia arkusza jest realnie narażona na wytopienie materiału w przypadku uderzenia pioruna.
- Dolna powierzchnia blachy jest realnie narażona na wzrost temperatury powyżej temperatur topnienia tylko w przypadku najcieńszych blach.
- W trakcie prac nad kolejną edycją normy IEC 62305 powinna zostać rozważona aktualizacja w zakresie oceny możliwości wykorzystania blachy jako naturalnego zwołu.



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

29

29

## Wnioski i podsumowanie

- W szczególności minimalna grubość blachy wymagana do spełnienia wymogów ochrony odgromowej w zakresie przyjęcia wyładowania atmosferycznego powinna być bardziej realistyczna, na przykład poprzez wprowadzenie łatwego w użyciu wzoru określającego oczekiwaną wartość temperatury na dolnej powierzchni blachy lub poprzez przygotowanie dodatkowej procedury weryfikacyjnej.
- Ponieważ promień kanału pioruna jest parametrem zmiennym, którego nie można kontrolować, normy inżynierskie powinny przyjąć konserwatywne podejście, definiując minimalny promień odniesienia (np. odpowiadający najwyższej oczekiwanej gęstości prądu), aby zagwarantować właściwe marginesy bezpieczeństwa.
- Należy kontynuować badania w formie symulacji i testów laboratoryjnych, aby korelacja współczynników z rzeczywistymi parametrami była bardziej realistyczna.




29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

30

30



Dziękuję za uwagę

**Minimum normy czy maksimum fizyki –  
co dziś powinno decydować o projekcie  
ochrony odgromowej?**



29 stycznia 2026

III KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA TOOP#3

31

**Kontakt do organizatora konferencji:**

Polski Komitet Ochrony Odgromowej SEP

00-950 Warszawa, ul. Świętokrzyska 14

tel. (0-22) 556 43 09

**Przewodniczący PKOO SEP:**

dr inż. Konrad Sobolewski - [Konrad.Sobolewski@pw.edu.pl](mailto:Konrad.Sobolewski@pw.edu.pl)

**Sekretarz PKOO SEP:**

mgr inż. Jerzy Ustarbowski - [Jerzy.Ustarbowski@bud-el.pl](mailto:Jerzy.Ustarbowski@bud-el.pl)