



Magyar Mérnöki Kamara
ELEKTROTECHNIKAI TAGOZAT
Villámvédelmi vizsgára felkészítő tanfolyam 2021



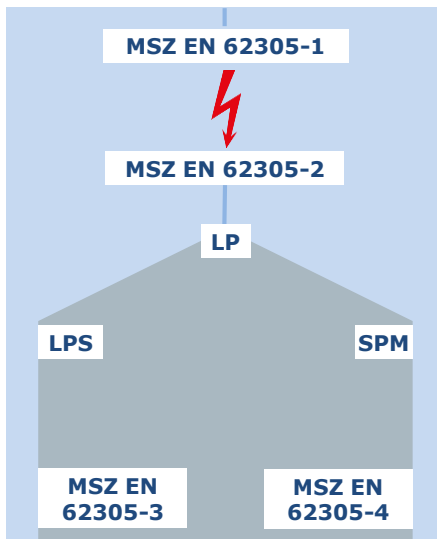
Villámvédelem az MSZ EN 62305 alapján

1

**MSZ EN 62305-1 Általános
alapelvek**

2

Összefüggés az MSZ EN 62305:2011 különböző lapjai között



Villámvesélyeztetés

Kockázat

Villámvédelem
(LP: **L**ightning **P**rotection)

Villámvédelmi rendszer
(LPS: **L**ightning **P**rotection **S**ystem)

Védelmi intézkedések a villám
elektromágneses villámimpulzusa
ellen (LEMP: Lightning
Electromagnetic Impulse) (SPM:
Surge **P**rotection **M**asures)

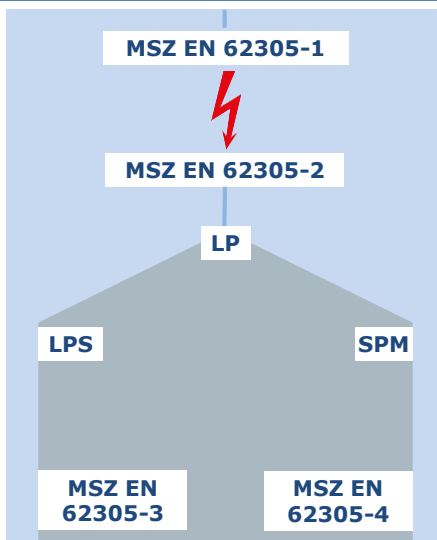
Védelmi intézkedések

Villámvédelem

3

3

Összefüggés az MSZ EN 62305:2011 különböző lapjai között



3 Fogalmak

3.1.39 Villámvédelem

LP

Teljes rendszer építmények védelmére, beleértve az építmények belső rendszereit, és beltartalmát is, valamint a személyek védelmét a villámcsapás hatásai ellen.

3.1.40 Villámvédelmi rendszer

LPS

Teljes rendszer építmények közvetlen villámcsapás okozta fizikai károsodás elleni védelmére.

MEGJEGYZÉS: Ez a külső és a belső villámvédelmi intézkedésekből áll.

3.1.51 Védelmi intézkedések LEMP ellen

SPM

Intézkedések a LEMP következtében az elektronikus és elektromos rendszerek kiesése kockázatának csökkentésére

MEGJEGYZÉS: Ez a védelmi rendszer része a teljes villámvédelemnek.

Villámvédelem

4

4

Új fogalmak

MSZ EN 62305-1:2011

Villámvédelmi szint, LPL [en: lightning protection level]

A villámparaméterek értékeinek olyan csoportjához rendelt szám, amely akkora valószínűséghez tartozik, amelynél a vonatkozó legnagyobb és legkisebb tervezési értékeket az általában előforduló villámparaméterek nem lépik túl.

MEGJEGYZÉS: A villámvédelmi szint a villámparamétereknek megfelelő védelmi intézkedések tervezéséhez szükségesek.

Villámvédelmi zóna LPZ [en: lightning protection zone]

Az a zóna, amelyben a villám elektromágneses erőtere meghatározott.

MEGJEGYZÉS: Az LPZ-zóna határai nem szükségszerűen esnek egybe a fizikai határokkal (pl. falak, padló és mennyezet).

22.12.08 / S6011_c

5

Változások - az MSZ EN 62305-1:2011 Fontos fogalmak

MSZ EN 62305-1:2011

Villámvédelem alatt minden intézkedés összességét értjük melyek a villám- és túlfeszültség-védelmet szolgálják. Csak a teljeskörű villámvédelem (LP), amely külső villámvédelemből (LPS) és LEMP elleni védelmi intézkedésekből (SPM) áll, tud hatékony védelmet nyújtani, az összehangolt védelmi rendszer révén.

3.51 az elektromágneses villámimpulzus LEMP elleni védelmi rendszer, SPM [en: surge protection measures] (korábban: LPMS – LEMP protection measures system)

Intézkedések a villamos és elektronikus rendszerek LEMP következtében történő kiesése kockázatának csökkentésére.

MEGJEGYZÉS: Ezen védelmi intézkedések részei a teljes LP villámvédelemnek.

6

Fontos fogalmak

MSZ EN 62305-1:2011

3.49 villámvédelmi potenciálkiegyenlítés EB [en: lightning equipotential bonding]
Különálló fémrészek összekötése a villámvédelmi rendszerrel közvetlen vezetőképes csatlakozással vagy túlfeszültség-védelmi eszközön keresztül abból a célból, hogy csökkentsük a villámáram által okozott potenciálkülönbséget.

Új fogalmak

MSZ EN 62305-1:2011

Fizikai károsodás [en: physical damage]

A villám mechanikai, hő-, vegyi vagy robbantó hatásai következtében az építményben (vagy a benne lévő javakban) bekövetkezett károsodás.

Élőlények sérülése [en: injury of living beings]

A villám által előidézett érintési vagy lépésfeszültség miatt az emberek vagy állatok sérülése, ideértve az élet elvesztését is.

Villamos és elektronikus rendszerek meghibásodása [en: failure of electrical and electronic systems]

A villamos és elektronikus rendszerekben keletkezett tartós károsodás a villám elektromágneses impulzusa miatt.

Lökőhullám [en: surge]

A LEMP által előidézett tranziens hullám, amely túlfeszültség és/vagy túláram formájában jelentkezik.

MEGJEGYZÉS: A LEMP által előidézett lökőhullámok származhatnak villám(rész)áramoktól, a létesítményben lévő hurkokban fellépő induktív hatásoktól és a túlfeszültség-védelmi eszközök (SPD) által átengedett impulzustól.

Villámvédelem – 1. lap: Általános alapelv

MSZ EN 62305-1:2011

Bevezetés

Protection measures considered in IEC 62305 are proved to be effective in risk reduction. Az IEC 62305 szabványban lévő védelmi intézkedések bizonyítottan hatékonyak a kockázatok csökkentésére.

Következtetés:
Minden további védelmi intézkedés, amely az IEC 62305 szabványban nem szerepel, a szabvánnyal nem konform, és ezért nem jelképezi a technika általánosan elismert szabályait!

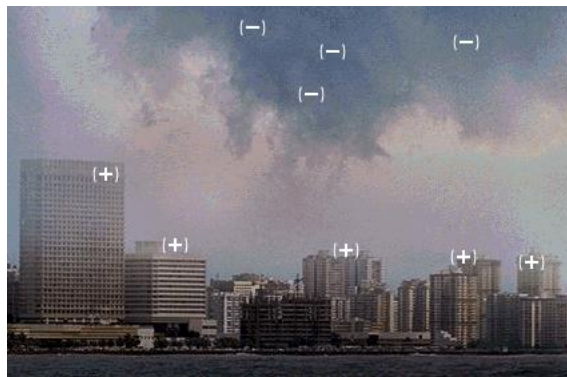
ESE – Early Streaming Effect

Villámvédelem

9

9

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930_a

10

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

11

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

12

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

13

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

14

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

15

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

16

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

17

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

18

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

19

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930_k

20

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

21

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

22

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

23

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

24

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

25

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

26

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

27

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

28

Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

29

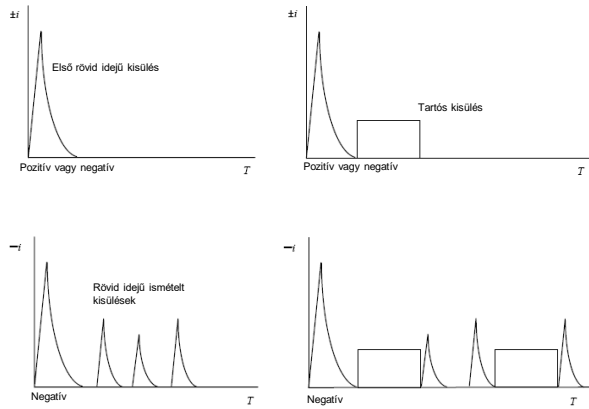
Villámkisülés keletkezése



23.12.02 / S2930

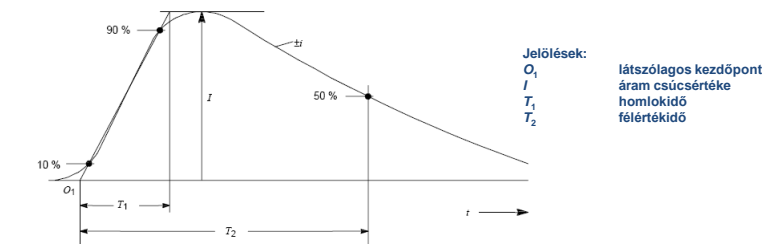
30

Rövid idejű és tartós kisülések

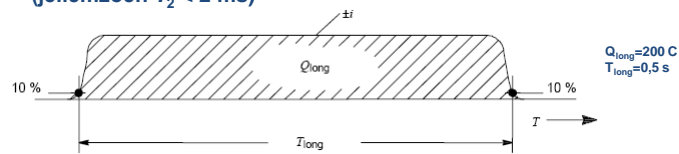


31

Rövid idejű és tartós kisülés paramétere



A rövid idejű kisülés paramétereinek meghatározása
(jellemzően $T_2 < 2 \text{ ms}$)



A tartós kisülés paramétereinek meghatározása
(jellemzően $2 \text{ ms} < T_{\text{long}} < 1 \text{ s}$)

32

Villámparaméterek maximális értéke az LPL villámvédelmi szintnek megfelelően

Rövid idejű első kisülés paraméterei	Villámvédelmi szint, LPL		
	I	II	III-IV
Villámáram I (kA)	200	150	100
Fajl. energia W/R (MJ/Ω)	10	5,6	2,5
Töltés Q _{rövid} (C)	100	75	50
Időparaméter T ₁ /T ₂ (μs/μs)	10/350		

30.10.06 / S6006_a

33

Villámparaméterek maximális értéke az LPL villámvédelmi szintnek megfelelően

Tartós kisülés paraméterei	Villámvédelmi szint, LPL		
	I	II	III-IV
Töltés Q _{long} (C)	200	150	100
Időparaméter T _{long} (s)	0,5	0,5	0,5

Lit.: DIN EN 62305-1 (VDE 0185-305-1):2006-10, Tab. 5

30.10.06 / S6006_a

34

Villámparaméterek maximális értéke az LPL villámvédelmi szintnek megfelelően

Pozitív rövid idejű első kisülés			LPL			
Villámparaméter	Jelölés	Egység	I	II	III	IV
Áramcsúcs	I	kA	200	150	100	
A rövid idejű kisülés töltése	Q_{short}	C	100	75	50	
Fajlagos energia	W/R	MJ/ Ω	10	5,6	2,5	
Időparaméterek	T_1/T_2	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	10/350			
Pozitív rövid idejű ismételt kisülés			LPL			
Villámparaméter	Jelölés	Egység	I	II	III	IV
Áramcsúcs	I	kA	50	37,5	25	
Átlagos meredekség	dI/dt	kA/ μs	200	150	100	
Időparaméterek	T_1/T_2	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	0,25/100			
Tartós kisülés			LPL			
Villámparaméter	Jelölés	Egység	I	II	III	IV
A tartós kisülés töltése	Q_{long}	C	200	150	100	
Időparaméterek	T_{long}	s	0,5			
Villám			LPL			
Villámparaméter	Jelölés	Egység	I	II	III	IV
A villámcsapás töltése	Q_{flash}	C	300	225	150	

35

Negatív rövid idejű első kisülés

Negatív rövid idejű első kisülés, mint a belső rendszerek elektromágneses zavarforrása:

Pozitív rövid idejű első kisülés			LPL			
Villámparaméter	Jelölés	Egység	I	II	III	IV
Áramcsúcs	I	kA	200	150	100	
Átlagos meredekség	dI/dt	kA/ μs	20	15	10	
Időparaméterek	T_1/T_2	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	10/350			
Negatív rövid idejű első kisülés			LPL			
Villámparaméter	Jelölés	Egység	I	II	III	IV
Áramcsúcs	I	kA	100	75	50	
Átlagos meredekség	dI/dt	kA/ μs	100	75	50	
Időparaméterek	T_1/T_2	$\mu\text{s}/\mu\text{s}$	1/200			

36

Az építményre jellemző kockázat meghatározása



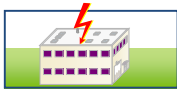
37

A károsodás forrása

MSZ EN 62305-2: 2012

A villámáram maga a legfőbb kárforrás.

A villám becsapási pontjától függően a következő kárforrásokat különböztetjük meg:



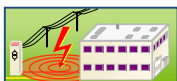
S1: építményt érő villámcsapás;



S2: építmény környezetét érő villámcsapás;



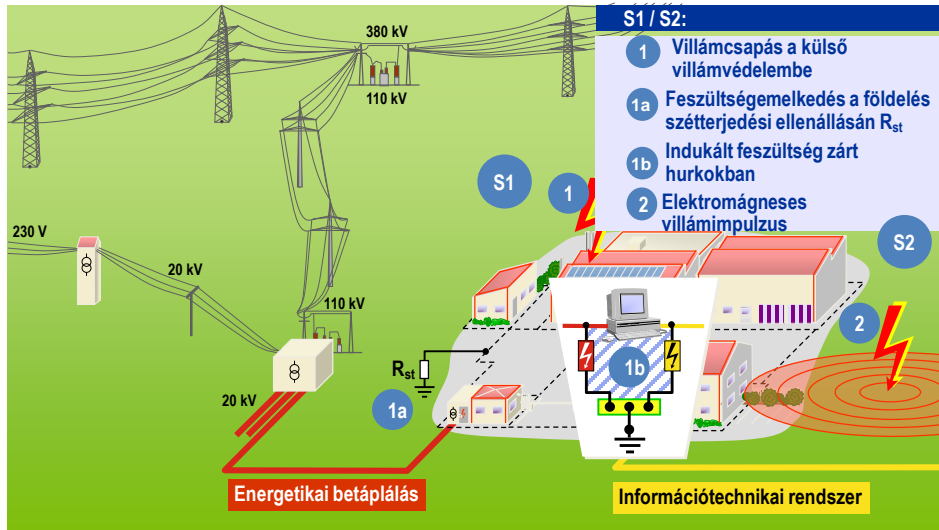
S3: csatlakozóvezetéket érő villámcsapás;



S4: csatlakozóvezeték környezetét érő villámcsapás.

38

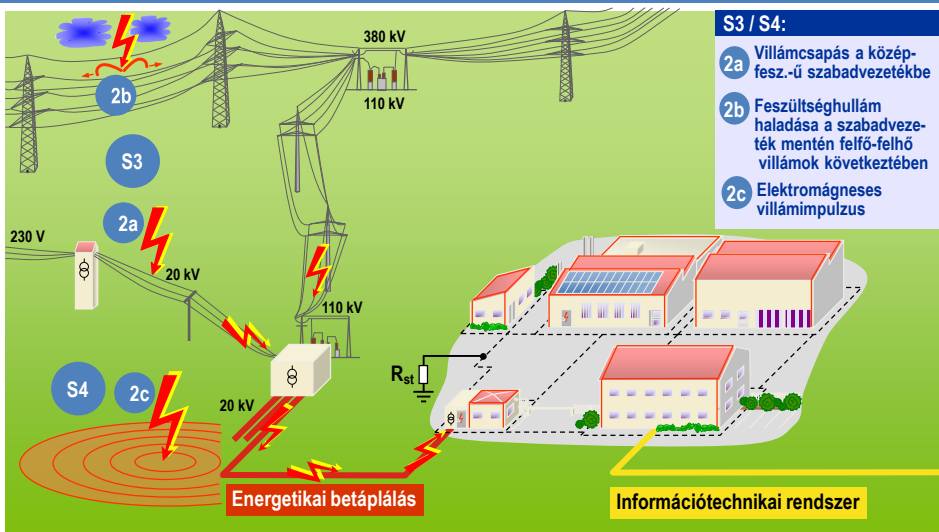
Túlfeszültség okai villámkisülést követően



29.11.06 / S4575_a

39

Túlfeszültség okai villámkisülést követően

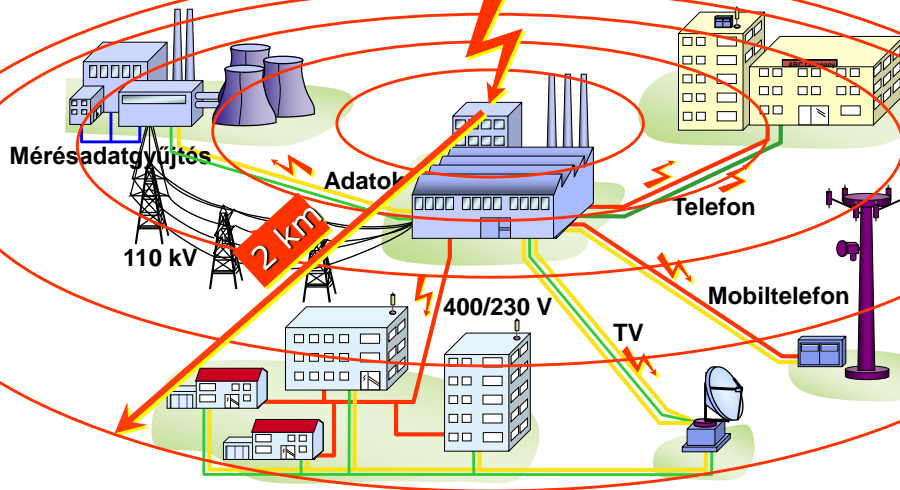


29.11.06 / S4575_b

40

Veszélyeztetés villámcsapás következtében

kb. 2.100.000 villámcsapás Németországban évente*



26.03.08 / S1320

41

A károsodás típusai

MSZ EN 62305-2: 2012

Károsodások, amelyek villámcsapás következtében előfordulhatnak:



D1: élőlények sérülése
érintési- és lépésfeszültség következtében



D2: fizikai károsodás
(tűz, robbanás, mechanikai roncsolódás, vegyi anyagok felszabadulása) a villámáram hatásainak következtében a szikraképződést is beleértve



D3: villamos és elektronikus rendszerek meghibásodása villám elektromágneses impulzusa (LEMP) következtében



42

A veszteség típusai

MSZ EN 62305-2: 2012

Minden károsodás típus önmagában vagy más típusokkal kombinálva, különböző veszteség típusokat okozhat egy védendő objektumon. A lehetségesen fellépő veszteség típusok az objektum jellemzőitől is függnek.



A szabványban a következő veszteség típusokat vesszük figyelembe:



L1: emberi élet elvesztése;



L2: közszolgáltatás kiesése;



L3: kulturális örökség elvesztése;

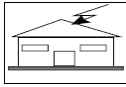
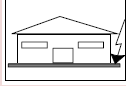
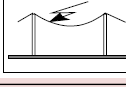
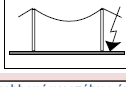


L4: gazdasági érték elvesztése (építmény és a benne lévő javak, csatlakozóvezeték és tevékenység megszűnése).

Az L1, L2 és L3 veszteség típusok társadalmi értékek elvesztéseként, az L4-es típus pedig tisztán gazdasági veszteségként fogható fel.

43

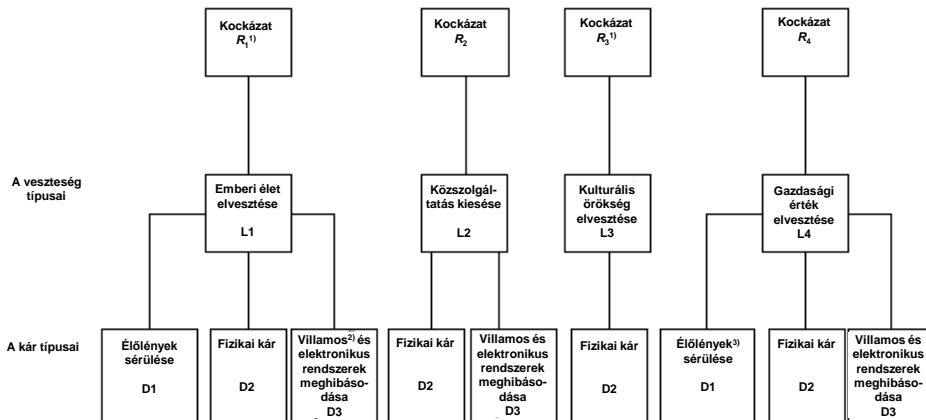
Az építményben keletkező károsodások és veszteségek

Becsapási pont		A kár forrása	A kár fajtája	A veszteség fajtája
Építmény		S1	D1 D2 D3	L1, L4** L1, L2, L3, L4 L1*, L2, L4
Az építmény közelében		S2	D3	L1*, L2, L4
Az építményhez csatlakozó vezeték		S3	D1 D2 D3	L1, L4** L1, L2, L3, L4 L1*, L2, L4
A csatlakozó vezeték közelében		S4	D3	L1*, L2, L4

* Csak robbanásveszélyes építmények és kórházak vagy más olyan építmények esetén, ahol a belső rendszerek meghibásodása azonnal emberi életet veszélyeztet. ** Csak olyan építmények esetén, ahol állatok pusztulhatnak el.

44

A különböző típusú károsodásokból származó veszteségek típusai és a hozzá tartozó kockázatok



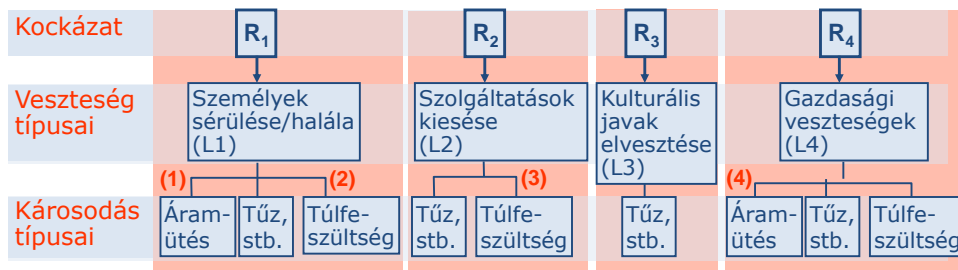
¹⁾ Csak építmények esetén.

²⁾ Csak kórházak és olyan építmények esetén, ahol a belső rendszerek meghibásodása közvetlen életveszélyt okoz.

³⁾ Csak olyan esetekben, ahol állatok pusztulhatnak el.

45

Kárfajták és kockázati összetevők



(1) Ha az érintési- és lépésfeszültségek emberi életet veszélyeztetnek (pl. stadion),

(2) Ha a túlfeszültségek közvetlenül veszélyeztetnek emberi életet (pl. kórházak),

(3) Ha a túlfeszültségek közvetlenül szolgáltatásokat veszélyeztetnek (pl. érzékeny elektronikus berendezésekben),

(4) Ha az érintési- és lépésfeszültségek állatokat veszélyeztetnek (pl. mezőgazdaság).

46

Villámvédelem szükségessége

Annak megállapítására, hogy az objektum villámvédelmére szükség van-e, az IEC 62305-2-ben szereplő eljárással kockázatelemzést kell végezni. A következő kockázatokat kell figyelembe venni, az 5.3. szakaszban leírt veszteségek fajtáinak megfelelően:

- R_1 : emberi élet elvesztésének kockázata;
- R_2 : közszolgáltatás kiesésének kockázata;
- R_3 : kulturális örökség elvesztésének kockázata.

Villámvédelemre akkor van szükség, ha az R kockázat (R_1 -től R_3 -ig) nagyobb, mint az elviselhető R_T kockázat

$$R > R_T$$

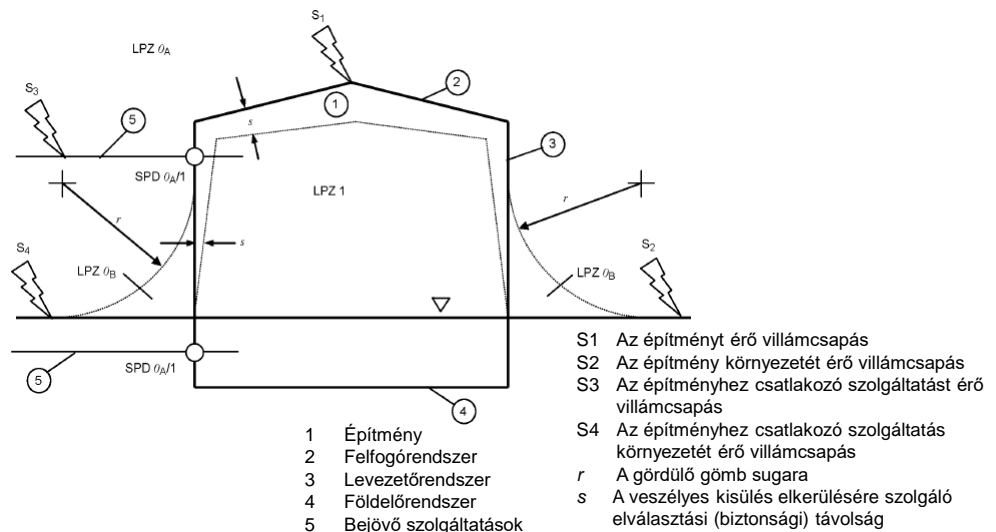
Ebben az esetben védelmi intézkedéseket kell hozni annak érdekében, hogy az R kockázat (R_1 -től R_3 -ig) az elviselhető R_T szintre csökkenjen le

$$R \leq R_T$$

Ha a védendő objektumban egynél több fajta veszteség keletkezhet, akkor az $R \leq R_T$ feltételnek mindegyik fajta veszteségre teljesülnie kell (L1, L2 és L3)

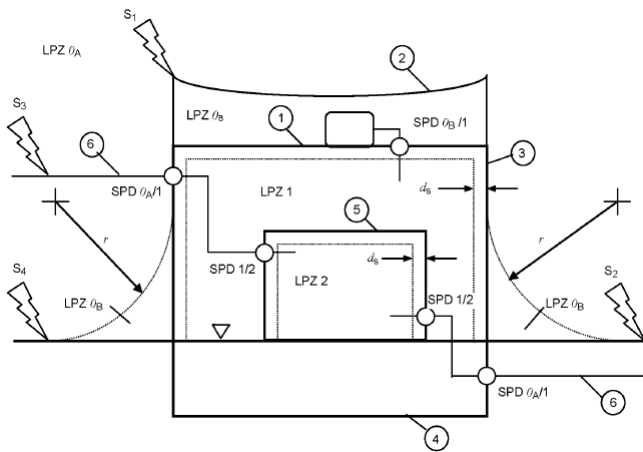
47

Villámvédelmi rendszer (LPS) által meghatározott villámvédelmi zónák



48

A villám elektromágneses impulzusa (LEMP) elleni védelmi intézkedések által meghatározott LPZ zónák



- 1 Építmény
- 2 Felfogórendszer
- 3 Levezetőrendszer
- 4 Földelőrendszer
- 5 Helyiség (LPZ2) árnyékolása
- 6 Bejövő szolgáltatások

- S1 Az építményt érő villámcsapás
 - S2 Az építmény környezetét érő villámcsapás
 - S3 Az építményhez csatlakozó szolgáltatást érő villámcsapás
 - S4 Az építményhez csatlakozó szolgáltatás környezetét érő villámcsapás
- r A gördülő gómb sugara
 d_s Védőtávolság a túl nagy mágneses erőter ellen

49

Villámvédelmi zónák

LPZ 0_A az a zóna, ahol az igénybevételt a közvetlen villámcsapás és a teljes elektromágneses villámimpulzus okozza. A belső rendszerek a villám teljes vagy rész- áramimpulzusának ki lehetnek téve;

LPZ 0_B az a zóna, amely közvetlen villámcsapás ellen védett, de amelyben az elektromágneses villámimpulzus által okozott teljes igénybevétel megjelenik. A belső rendszerek a villám rész-áramimpulzusának lehetnek kitéve;

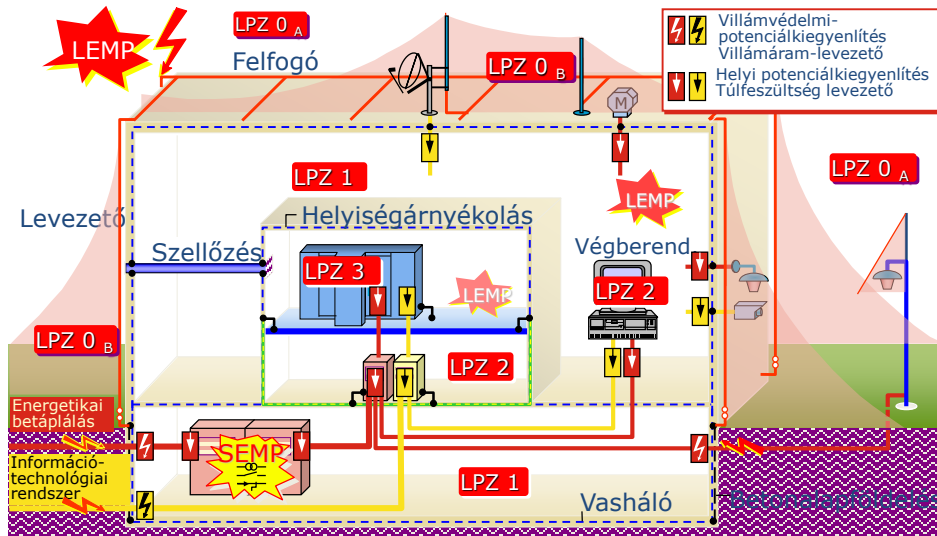
LPZ 1 az a zóna, amelyben az áramimpulzust az árammegosztás és a határon elhelyezett túlfeszültség-védelmi eszközök korlátozzák. A térbeli árnyékolás csillapíthatja a villám elektromágneses terét.

LPZ 2, ..., n az a zóna, amelyben az áramimpulzust az árammegosztás és a határon elhelyezett járulékos túlfeszültség-védelmi eszközök tovább korlátozhatják. Kiegészítő térbeli árnyékolás alkalmazható a villám elektromágneses terének további csillapítására.

1. MEGJEGYZÉS: Általában minél nagyobb a villámvédelmi zóna sorszáma, annál kisebbek az elektromágneses környezet paraméterei.

50

LEMP zónakoncepció az EN 62305 szerint



10.10.06 / S6078_a

51

Villámparaméterek legkisebb értékei és a vonatkozó gördülő gömb sugara

Kritérium	Kritérium		Villámvédelmi szint (LPL)			
	Jelölés	Mértékegység	I	II	III	IV
Legkisebb csúcsáram	I	kA	3	5	10	16
Gördülő gömb sugara	r	m	20	30	45	60

A villámvédelmi rendszer védelmi hatékonysága a legkisebb értékű villámparaméterektől és az ezekhez tartozó gördülő gömb sugarától függ. A közvetlen villámcsapástól védett területek geometriai határát a gördülőgömb módszerrel lehet meghatározni.

A villamos-geometriai modellt követve, a gördülő gömb r sugara (az orientációs távolság) a rövid idejű első kisülés áramának csúcsértékével függ össze. Egy IEEE munkabizottsági jelentésben[5] a következő összefüggés szerepel:

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

ahol

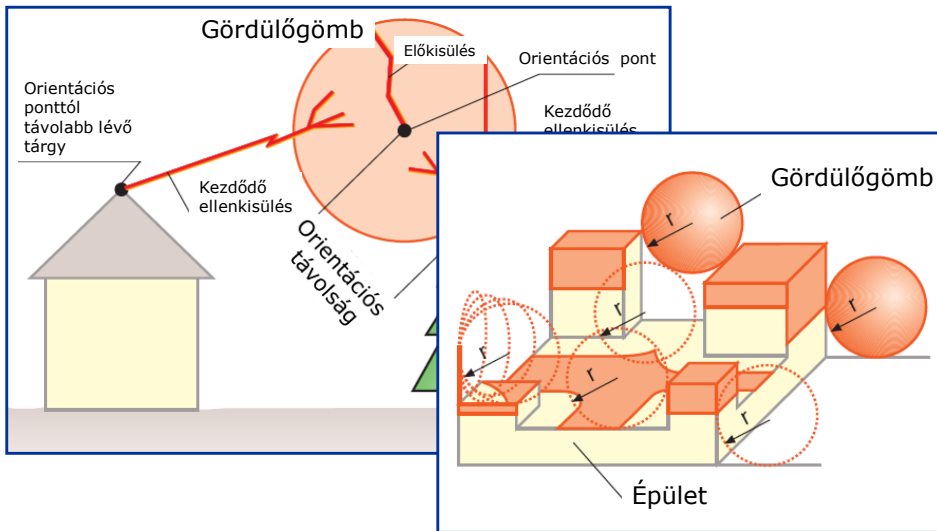
r a gördülő gömb sugara (m);

I az áram csúcsértéke (kA).

Adott r gördülőgömb-sugár esetén feltételezhető, hogy az ehhez tartozó legkisebb I csúcsértéknél nagyobb csúcsértékű összes villámot a természetes vagy külön erre a célra létesített felfogók felfognak.

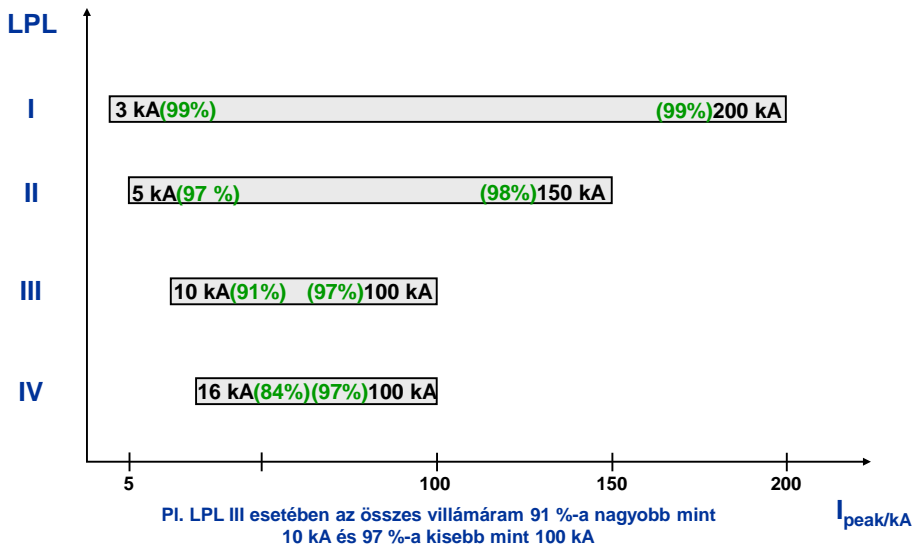
52

Geometriai - elektromos modell (elektro-geometriai modell) Gördülőgömbös szerkesztés



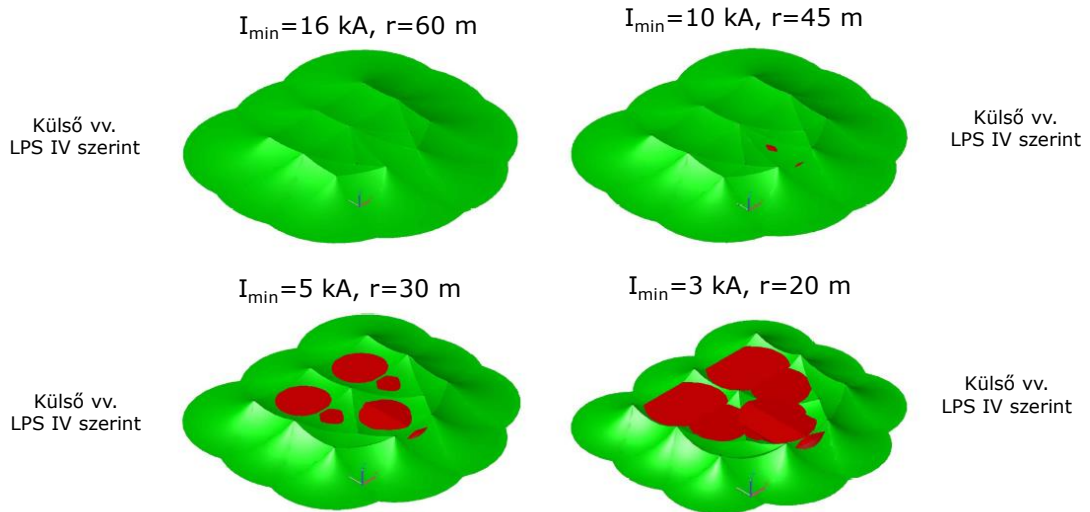
53

Villámparaméter határértékek valószínűségi értékei



54

Gördülőgömbös szerkesztés - Villámparaméter határértékek valószínűségi értékei



2021. február 3.

55

55

A villám lehetséges káros hatásai

- Hőhatás
 - Ohmos melegedés
 - Talpponti melegedés
- Mechanikai hatások
 - Mágneses kölcsönhatás - Elektrodinamikuss erők
 - Akusztikus nyomáshullám által okozott károsodás
 - Kombinált hatások
- Másodlagos kisülés

56

Ohmos melegedés

Az áram hatására a vezetõben keletkezõ pillanatnyi teljesítmény, amely hõvé alakul át, a következõ összefüggéssel fejezhetõ ki:

$$P(t) = i^2 R$$

A teljes villámimpulzus által létrehozott hõenergia tehát a villámvédelmi rendszer vizsgált elemének a villám útjába esõ ohmos ellenállása és a villámimpulzus fajlagos energiájának a szorzata. Ezt az energiát Joule-ban (J) vagy Wattsekundumban (W·s) lehet kifejezni.

$$W = R \cdot \int i^2 \cdot dt$$

A villámkísülés során a villámimpulzus nagy fajlagos energiájú fázisa túl rövid ideig tart ahhoz, hogy a vezetõben keletkezett hõ jelentõs mértékben szétterjedjen. Emiatt a jelenség adiabatikusnak tekinthetõ.

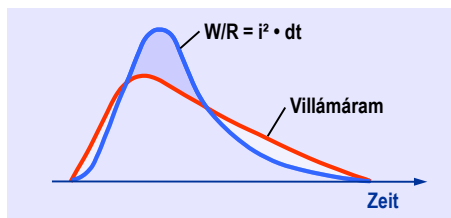
A villámvédelmi rendszer vezetõinek hõmérséklete a következõképpen számítható:

$$\theta - \theta_0 = \frac{1}{\alpha} \left[\exp \left(\frac{W}{R} \cdot \frac{\alpha \cdot \rho_0}{q^2 \cdot \gamma \cdot C_w} \right) - 1 \right]$$

$\theta - \theta_0$ a vezetõk hõmérséklet-növekedése (K);
 α az ellenállás hõmérsékleti együtthatója (1/K);
 W/R az áramimpulzus fajlagos energiája (J/Ω);
 ρ_0 a vezetõ ohmos fajlagos ellenállása környezeti hõmérsékleten (Ωm);
 q a vezetõ keresztmetszete (m²);
 γ tömegsűrűség (kg/m³);
 C_w fajhõ (J/kgK);
 θ_s olvadási hõmérséklet (°C).

57

Ohmos melegedés - Fajlagos energia W/R

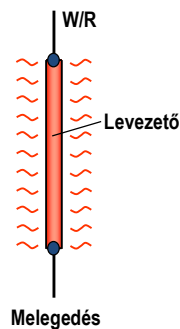


$$W/R = i^2 \cdot dt$$

Védelmi osztály	Fajlagos energia W/R
I	10 MJ/Ω
II	5,6 MJ/Ω
III / IV	2,5 MJ/Ω

Fajlagos energia W/R:

- A villámáram négyzetének és a lefutási időnek a szorzata $W/R = i^2 \cdot dt$
- Mértékadó a vezeték melegedése szempontjából



01.04.03 / 2492

58

Különböző keresztmetszetű vezetők melegedése a W/R függvényében

Keresztmetszet mm ²	Anyag											
	Alumínium			Lágyacél			Réz			Rozsdamentes acél*		
	W/R MJ/Ω			W/R MJ/Ω			W/R MJ/Ω			W/R MJ/Ω		
	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	564	-	-	-	-	-	169	542	-	-	-	-
16	146	454	-	1120	-	-	56	143	309	-	-	-
25	52	132	283	211	913	-	22	51	98	940	-	-
50 (átm: 8 mm)	12	28	52	37	96	211	5	12	22	190	460	940
100 (átm: 11,4 mm)	3	7	12	9	20	37	1	3	5	45	100	190

*Ausztenites, nem mágnesezhető.

Forrás: MSZ EN 62305-1:2011, Table D.3

59

Talpponti melegedés – a villám töltése

A talpponti melegedésből származó sérülések a villámvédelmi rendszer mindazon elemein megfigyelhetők, amelyeken kisülés alakulhat ki, pl. felfogó rendszerek, szikraközök stb.

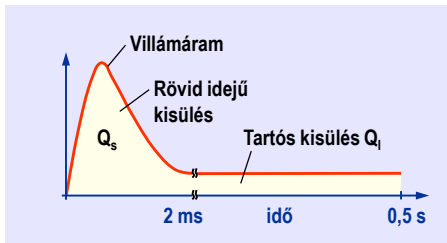
A talppontban megolvadás és anyagfogyás léphet fel. A valóságban a kisülés talppontjában a kisülésből származó nagymértékű hőenergia-bevitel történik, és a nagy áramsűrűségek miatt nagy az ohmos melegedés is. A hőenergia legnagyobb része a fém felszínén, vagy ahhoz nagyon közel keletkezik. **A talppont közvetlen közelében több hőenergia keletkezik, mint amennyit a fém el tud vezetni**, ez egyrészt sugárzás révén távozik, másrészt megolvasztja és elpárologtatja a fémeket. A jelenség mértéke az áram csúcsértékétől és időtartamától függ.

Feltételezésünk szerint a talppontba bevitt W energia az anód/katódosés $u_{a,c}$ feszültségének és a villám Q töltésének a szorzata:

$$W = \int u_{a,c} i dt = u_{a,c} \int i dt = u_{a,c} Q$$

60

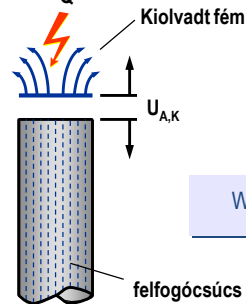
Villámáram Q töltése



Védelmi osztály	Rövid idejű Kisülés Q_s ($t < 2$ ms)	Tartós kisülés Q_i ($t = 0,5$ s)
I	100 As	200 As
II	75 As	150 As
III / IV	50 As	100 As

Töltés Q:

- A villámáram és a lefutási idő szorzata ($Q = \int i \cdot dt$)
- Mértékadó a becsapási talppontban felszabaduló energiára



$$W = Q \cdot U_{A,K}$$

Példa: $W = 100 \text{ As} \cdot 30 \text{ V} = 3000 \text{ Ws}$

01.04.03 / 2491

61

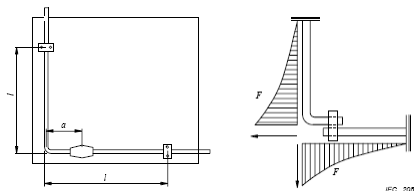
Mágneses kölcsönhatás - Elektrodinamikus erők

Az elektrodinamikus erők a felfogó-levezetőelrendezés töréseit igyekeznek kiegyenesíteni, a vezetőt kihúzni a szorítókötésből ill. igyekeznek kitépni a vezetőt a rögzítési pontjából.

Mágneses erők két árammal átjárt vezető között jönnek létre, vagy egyetlen vezető esetén akkor, ha abban iránytörés van, vagy hurkot alkot.

Ha az áramkörben áram folyik, akkor az áramkör különböző pontjain kialakuló elektrodinamikus erők csúcsértéke a villámáram csúcsértékétől és az áramkör geometriájától függ. Ezeknek az erőknek a mechanikai hatása azonban nemcsak az áram csúcsértékétől, hanem az áramimpulzus alakjától, időtartamtól, valamint a berendezés geometriai elrendezésétől függ.

A villámvédelmi rendszerekben jellemző az olyan elrendezés, ahol a vezetők 90 °C-os szöget zárnak be egymással, és a sarok közelében egy szorító helyezkedik el.



Fajlagos energia W/R:

A villámáram négyzetének és a lefutási időnek a szorzata $W/R = i^2 \cdot dt$ mértékadó az elektrodinamikus erők szempontjából

62

Elektrodinamikusan erők hatásai

A fellépő erő szempontjából az elektrodinamikusan erő pillanatértéke ($F(t)$) a pillanatnyi áram négyzetével ($I(t)^2$) arányos.

A villámvédelmi rendszer mechanikai szerkezetét érő igénybevétel szempontjából – amely a villámvédelmi rendszer szerkezetére jellemző rugalmas deformáció ($\delta(t)$) és rugalmassági modulus (k) szorzatával fejezhető ki – két hatást kell figyelembe venni. **A villámvédelmi rendszer szerkezetének mechanikai sajátfrekvenciája (amely a villámvédelmi rendszer szerkezetének rugalmas viselkedésével kapcsolatos) és maradandó alakváltozása (amely a képlékeny viselkedésével kapcsolatos) a két legfontosabb paraméter.** Ezen kívül sok esetben még a szerkezeten belül fellépő súrlódási erők is fontos szerepet játszanak.

63

A villámvédelmi rendszer elemekre vonatkozó szabványsorozat

MSZ EN 62561-1:2017, Villámvédelmi berendezés elemei (LPSC). 1. rész: Az összekötő elemek követelményei (IEC 62561-1:2012, módosítva).

MSZ EN 62561-2:2012, Villámvédelmi berendezés elemei (LPSC). 2. rész: A vezetők és a földelők követelményei (IEC 62561-2:2012, módosítva)

MSZ EN 62561-3:2018, Villámvédelmi berendezés elemei (LPSC). 3. rész: Az összecsatoló szikraközök követelményei (IEC 62561-3:2012, módosítva)

MSZ EN 62561-4:2018, Villámvédelmi rendszer elemei (LPSC). 4. rész: Vezetőtartók követelményei (IEC 62561-4:2010, módosítva)

MSZ EN 62561-5:2018, Villámvédelmi berendezés elemei (LPSC). 5. rész: A földelők ellenőrző aknáinak és tömitéseinek követelményei (IEC 62561-5:2011, módosítva)

MSZ EN 62561-6:2012, Villámvédelmi berendezés elemei (LPSC). 6. rész: Villámcsapás-számlálók (LSC) követelményei (IEC 62561-6:2011, módosítva)

MSZ EN 62561-7:2012, Villámvédelmi berendezés elemei (LPC). 7. rész: Földelésjavító anyagok követelményei (IEC 62561-7:2011, módosítva)

64

A villámvédelmi rendszer elemeire vonatkozó szabványsorozat

IEC 62561-8:2018, Villámvédelmi berendezés elemei (LPSC). 8. rész: Requirements for components for isolated LPS – Követelmények a szigetelt villámvédelmi rendszer elemeire

65

A villámvédelmi rendszer elemeire vonatkozó szabványsorozat

Visszavonva 2015.03.16 hatállyal:

MSZ EN 50164-1:2009, Villámvédelmi berendezés elemei. 1. rész: Összekötő elemek követelményei

MSZ EN 50164-2:2009, Villámvédelmi berendezés elemei. 2. rész: A vezetők és a földelők követelményei

MSZ EN 50164-3:2009, Villámvédelmi berendezés elemei. 3. rész: Az összecsatoló szikraközök követelményei

MSZ EN 50164-4:2009, Villámvédelmi berendezés elemei. 4. rész: Vezetőtartók követelményei

MSZ EN 50164-5:2009, Villámvédelmi berendezés elemei. 5. rész: A földelők ellenőrzési aknáinak és a földelők tömítéseinek követelményei

66

Összekötő elemek vizsgálata

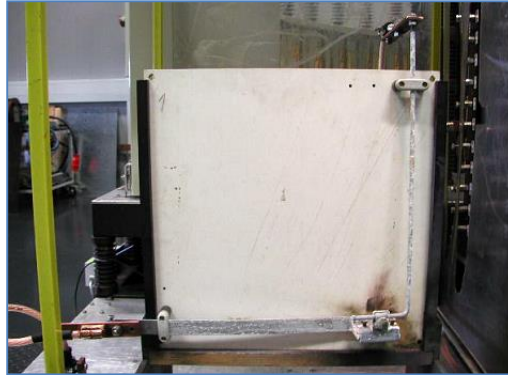
MSZ EN 62561-1:2017

- Szerelés szigetelőlapra
- Villámáram terhelés 50kA / 100kA

Osztály	I_{imp} $\pm 10\%$ kA	W/R $\pm 35\%$ kJ/ Ω	T_1	t_d
H	100	2500	≤ 50	≤ 2
N	50	630	≤ 50	≤ 2

- Szigetelt villámvédelem esetén:

Classification	I_{imp} kA $\pm 10\%$	W/R kJ/ Ω $\pm 35\%$
N	50	625
H	100	2 500
H ₁	150	5 600
H ₂	200	10 000



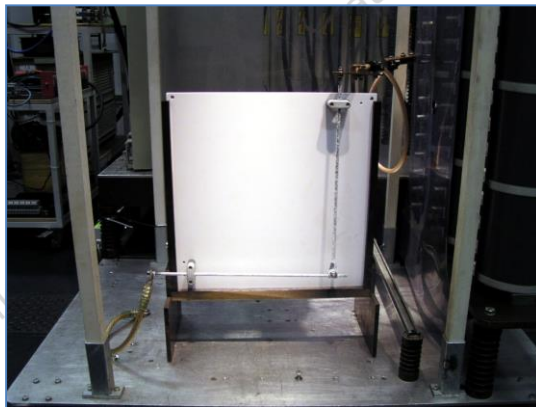
Forrás: IEC 62561-8:2018, Table 2

18.02.2011 / 5884_m

67

Összekötő elemek vizsgálata az MSZ EN 62561-1 alapján

- Villámáram 100 kA (10/350 μ s) a H vizsgálati osztálynak megfelelően
- Meghúzási nyomaték 25 Nm (gyártói adatok alapján)



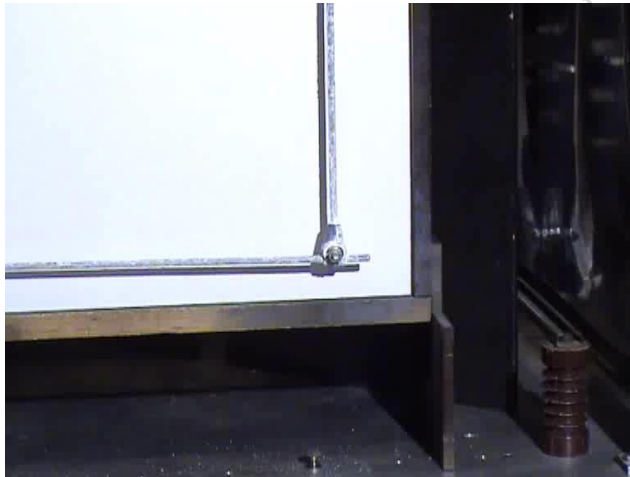
A vizsgálat sikeres

DRK - MM

18.02.2011 / 5884_n

68

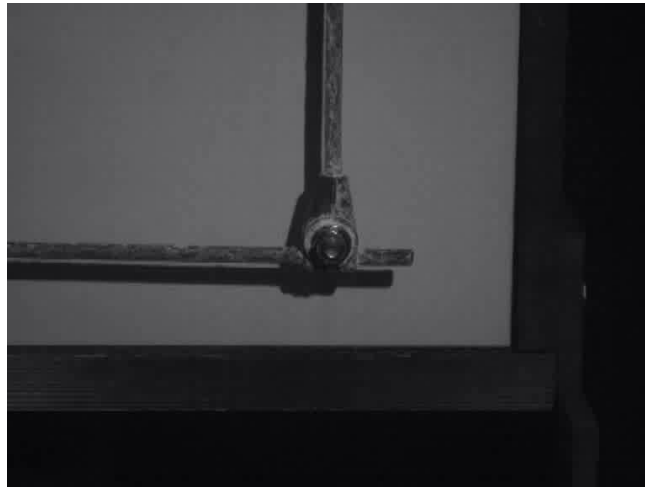
Összekötő elemek vizsgálata az MSZ EN 62561-1 alapján - Videofelvétel



18.02.2011 / 5884. o

69

Összekötő elemek vizsgálata az MSZ EN 62561-1 alapján – Nagysebességű videofelvétel

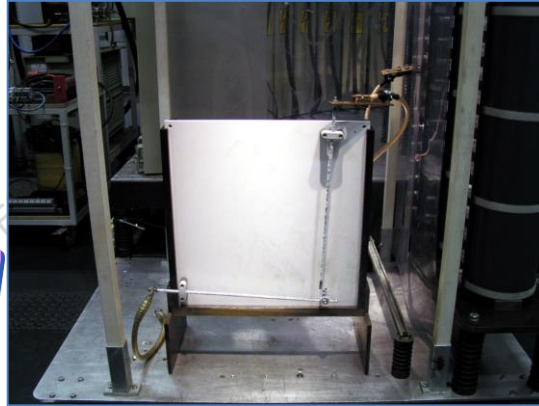


18.02.2011 / 5884. p

70

Összekötő elemek vizsgálata az MSZ EN 62561-1 alapján

- Villámáram 100 kA (10/350 μ s) a H vizsgálati osztálynak megfelelően
- Meghúzási nyomaték **csak** 10 Nm (nem a gyártói adatoknak megfelelően)

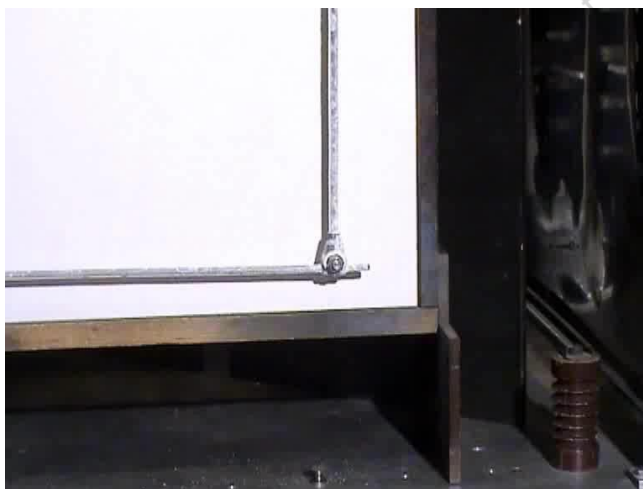


A vizsgálat sikertelen

18.02.2011 / 5884_q

71

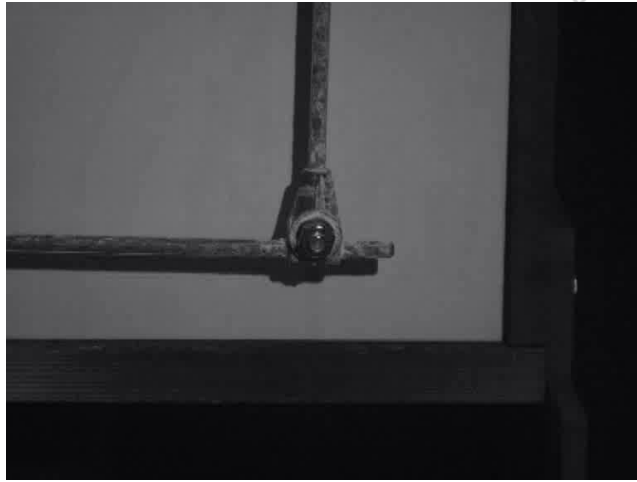
Összekötő elemek vizsgálata az MSZ EN 62561-1 alapján - Videofelvétel



18.02.2011 / 5884_r

72

Összekötő elemek vizsgálata az MSZ EN 62561-1 alapján – Nagysebességű videofelvétel



18.02.2011 / 5884_s

73

Követelmények az összekötő elemekkel szemben

MSZ EN 62561-1:2017



Összekötőelem definíciója:

Építőelem vezetékek egymás közötti összekötésére vagy vezetékek és fém konstrukciók összekötésére. Ez tartalmazza az áthidaló elemeket és a tágulási elemeket is.

18.02.2011 / 5884_a

74

Összekötő elemek bevizsgálása

MSZ EN 62561-1:2017

- A vizsgálati kombinációk kiválasztása
- A vizsgálati mintadarabok előkészítése
- Mesterséges öregítés
- Villamos vizsgálat
- Kiértékelés

18.02.2011 / 5884_b

75

Összekötő elemek bevizsgálása Vizsgálati mintadarabok előkészítése

MSZ EN 62561-1:2017

- A mintadarabok előszerelése
- A megfelelő meghúzási nyomatékok beállítása
- Átmeneti ellenállás mérése



Villámvédelem

76

76

Összekötő elemek bevizsgálása Mesterséges öregítés

MSZ EN 62561-1:2017



- Sós köd kezelés
3 nap

18.02.2011 / 5884_e

77

Összekötő elemek bevizsgálása Mesterséges öregítés

MSZ EN 62561-1:2017



- Kezelés nedves kénes
atmoszférában
7 nap

18.02.2011 / 5884_f

78

Összekötő elemek bevizsgálása Mesterséges öregítés



18.02.2011 / 5886_g

79

Összekötő elemek bevizsgálása Mesterséges öregítés



18.02.2011 / 5886_h

80

Összekötő elemek bevizsgálása Mesterséges öregítés Kezelés kénes atmoszférában



18.02.2011 / 5886_j

81

Összekötő elemek bevizsgálása Mesterséges öregítés Kezelés kénes atmoszférában



18.02.2011 / 5886_k

82

Összekötő elemek bevizsgálása Kiértékelés

MSZ EN 62561-1:2017

- Optikai vizsgálat



- Az átmeneti ellenállás vizsgálata

$\leq 1 \text{ m}\Omega$ ill. $< 2,5 \text{ m}\Omega$ (rozsdamentes acél)



- A csavarlazítási nyomaték mérése

$0,25 \times M_{\text{meghúzás}} < M_{\text{lazítás}} < 1,5 \times M_{\text{meghúzás}}$

- Vizsgálati jegyzőkönyv készítése



18.02.2011 / 5884 t