



VanCo

Fyzikální pohled na ochranu antén, anténní a telekomunikační elektroniky před účinky přepětí



Ing. Zdeněk
Mack
Vanco.cz

Proč ochrana

odolnost elektrických prvků je konečná

energie ke zničení elektrických prvků [J]

10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6
vf diody														
integrované obvody														
vf tranzistory														
výkonové tranzistory														
výkonové diody														
kondenzátory														
rezistory														
cívky														
elektronky														
přístroje														
počítače														
												transformátory		



+ nabité krystalky

vertikální proudění v
mraku

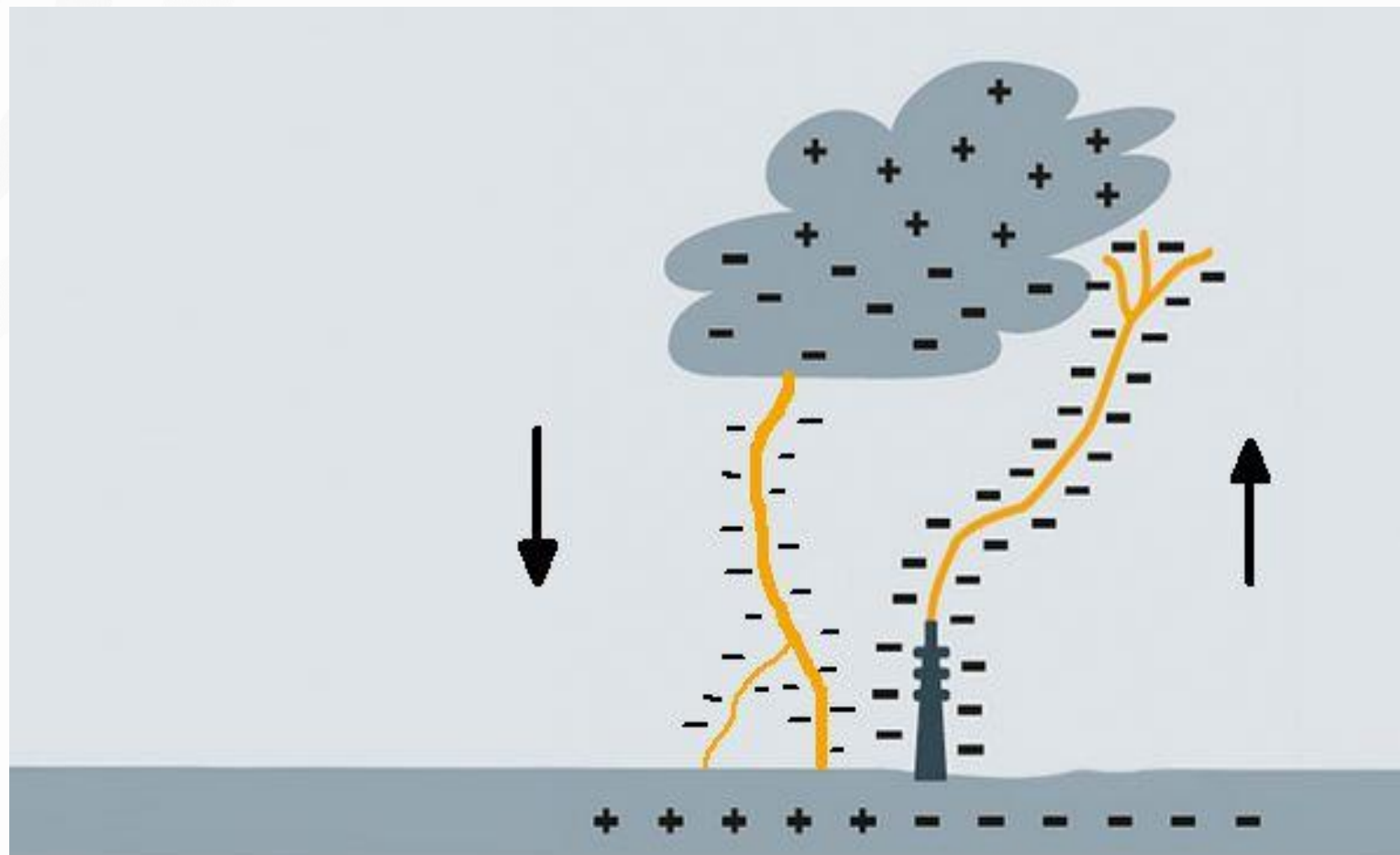
- kapky a kroupy

Tvorba kanálu
vyhledávacím
Výbojem 100 až 300 km/h

plazmový kanál řádu 1cm
A řádu přes 10^4 K

Indukce na povrchu
Vytváří opačný náboj

Jak vzniká blesk ?

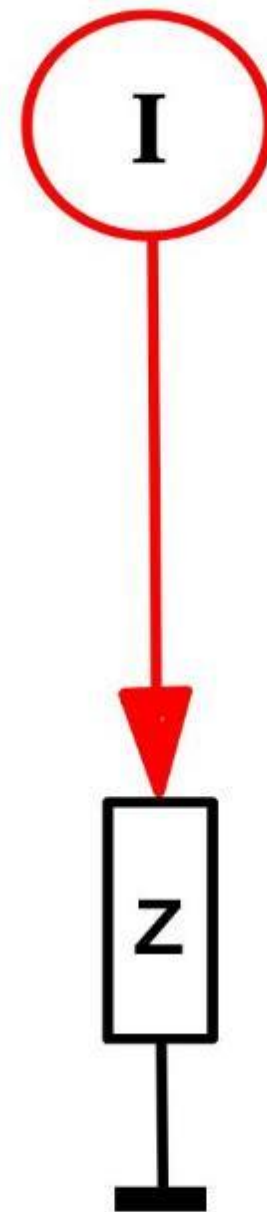


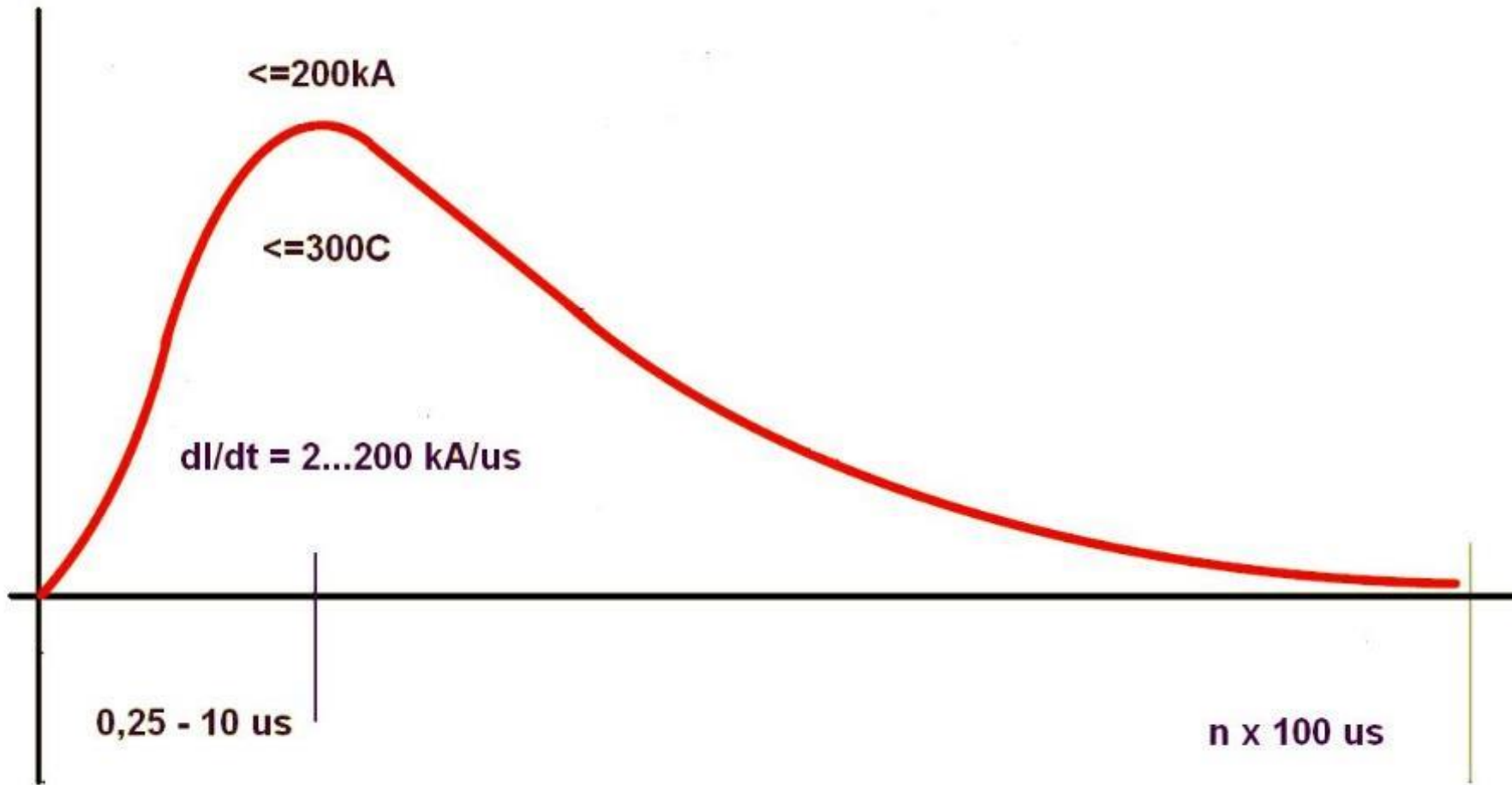


Blesk je zdroj
proudu

$$100 \text{ kA} \times 1 \ \Omega = 100 \text{ kV}$$

$$(U = R \times I \text{ nebo } u = Z \times i)$$





$$Q = \int i\ dt \leq 300\ \text{C}$$

$$dt \leq 10\ \text{MJ}$$

$$W = Z \int i$$

1) Blesk je pohyb elektrického náboje prostorem
(tedy elektrický proud) $1\text{C} / 1\text{s} = \text{A}$

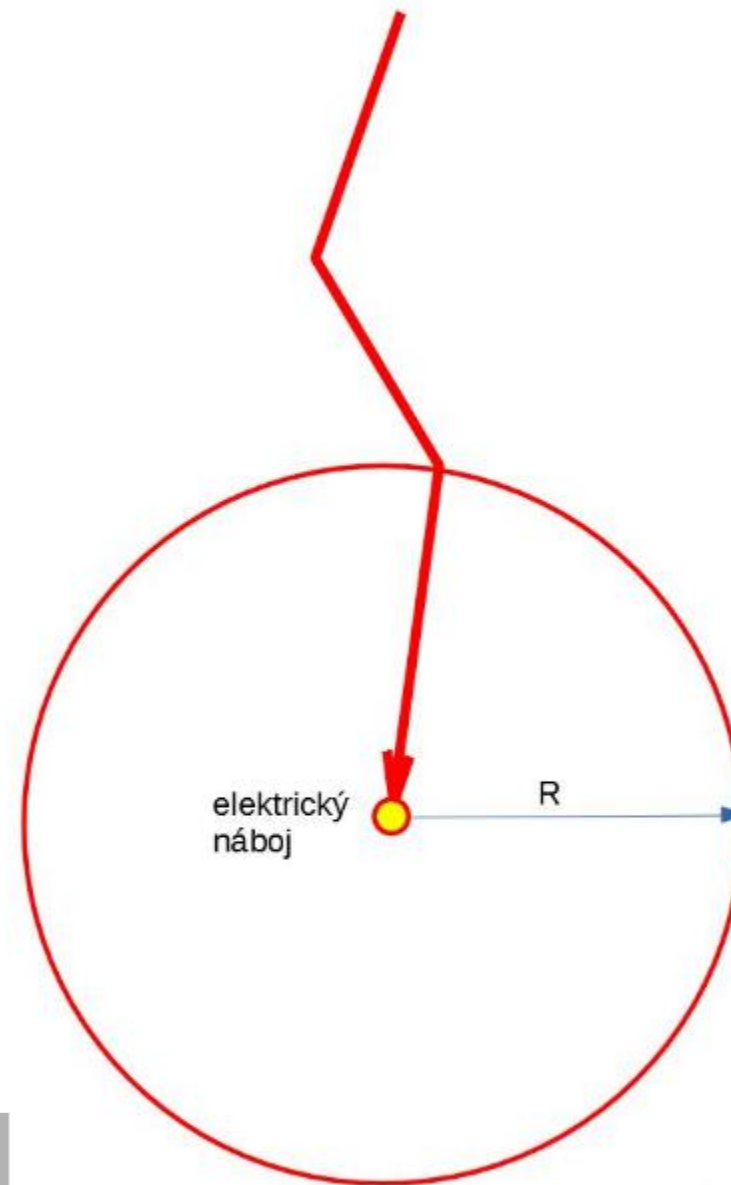
2) Kolem elektrického náboje je elektrické pole

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon R^2} \quad [\text{V/m}] \text{ dtto } [\text{N/C}]$$

Pevnost suchého vzduchu:
první cm 30kV , další cm 10kV (tedy 1 MV/m)

$$R = 10 \cdot I^{0,65} \quad [\text{m}, \text{kA}]$$

I	[kA]	0,5	5	10	100	150	200
R	[m]	6	28	45	200	260	313



Bezpečná
vzdálenost

El. proud → magn. Pole
 Proměnné magn. pole → el. proud

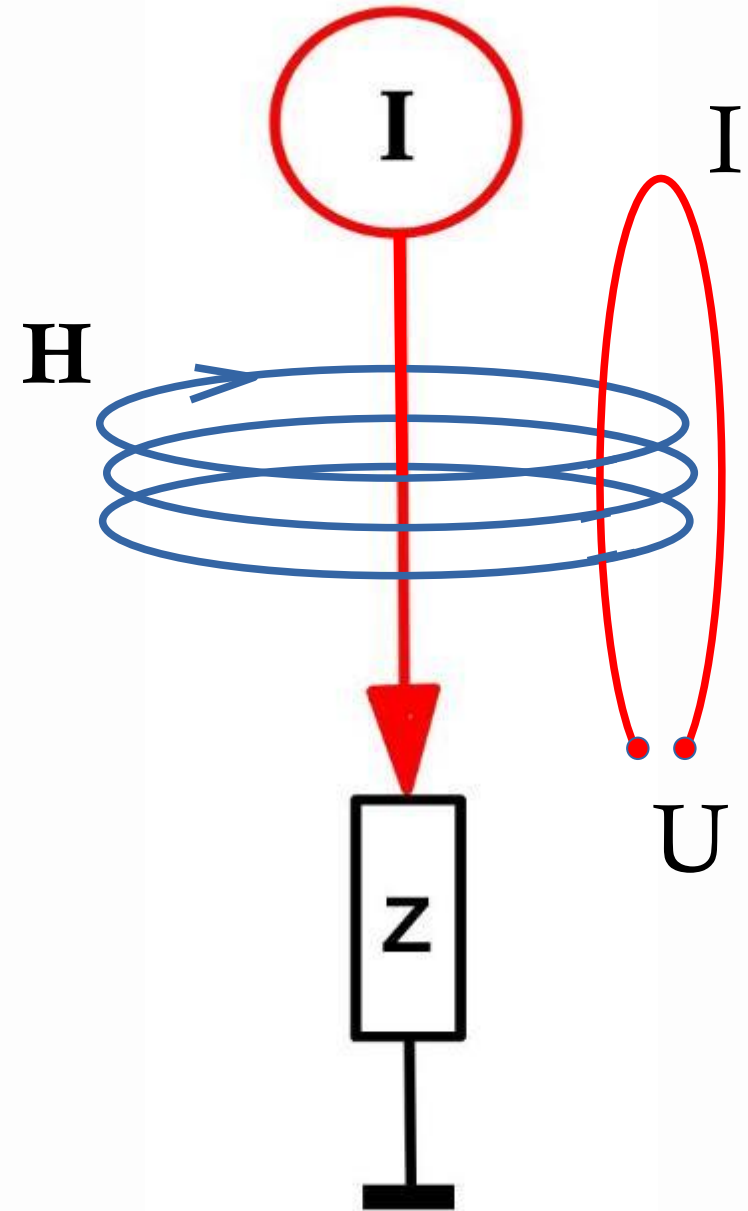
$$I = \int H \, dl$$

(Amperův zákon)

$$d\Phi / dt = \int E \, dl$$

[Wb] dtto [Vs] dtto [Tm] [V]
 Faradayův indukční zákon

$$d/dt \int \int \mu H \, dS = \int E \, dl$$





ochrana -vnější -vnitřní

- Zachycení zásahu blesku (jímací soustava), bezpečné přivedení bleskového proudu a svedení a rozprostření do zemnicí soustavy
- Nejen přímý zásah působí škody → ochrana drahé technologie před přepětím – náklady, výpadky (přepěťová ochrana, vyrovnání potenciálu), lidská činnost (statická el., spínané zdroje..)





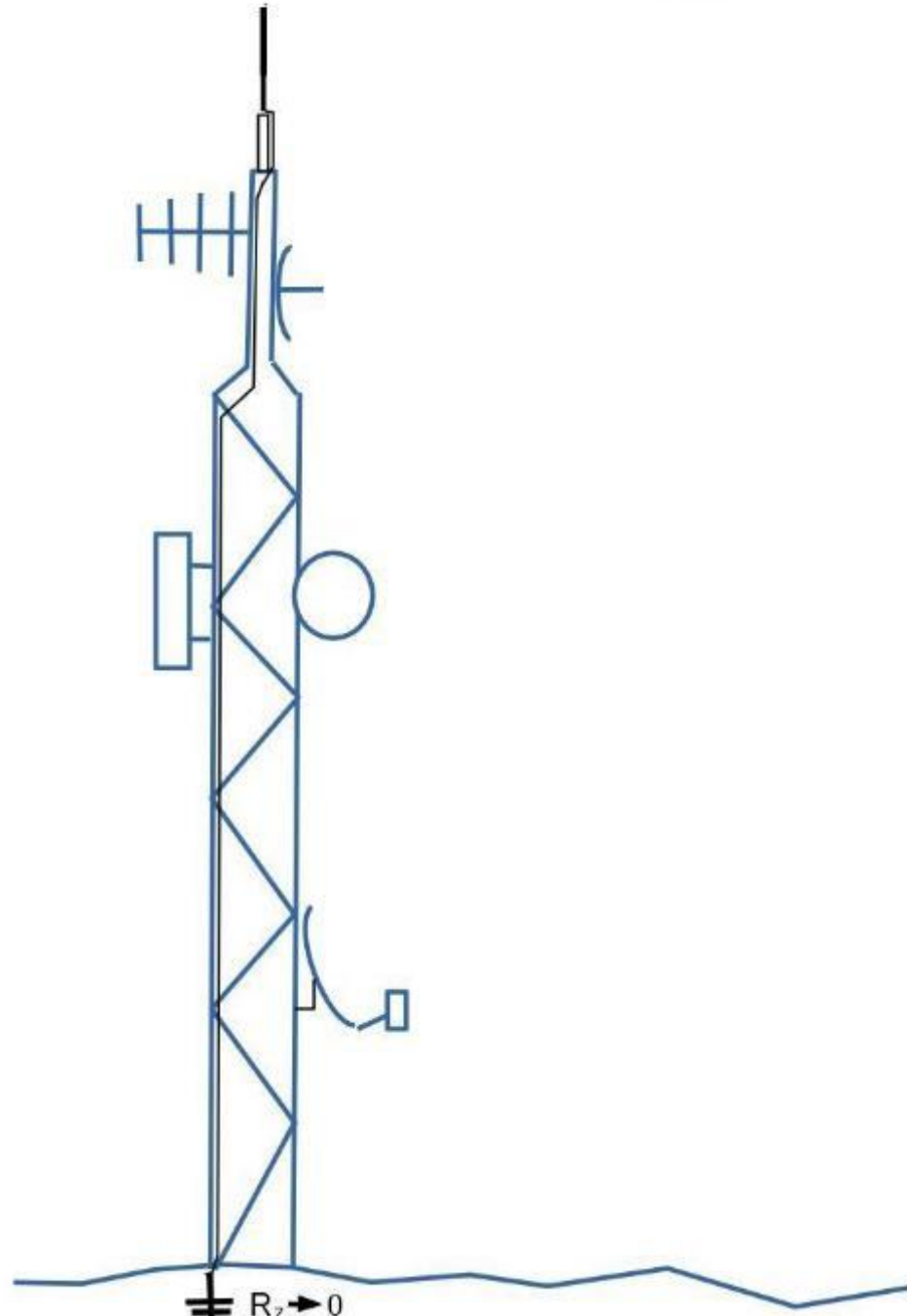
VanCo

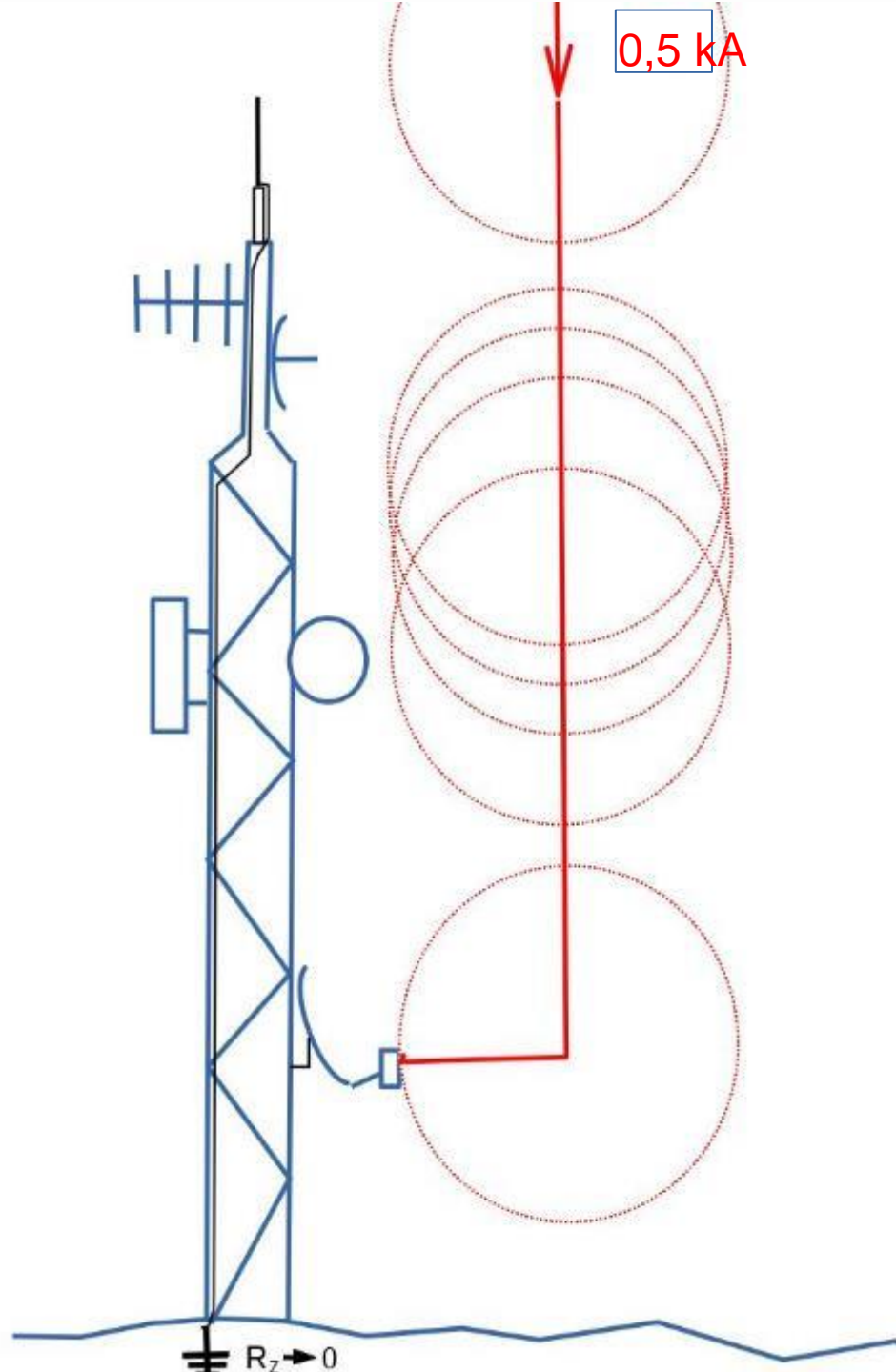
vnější ochrana

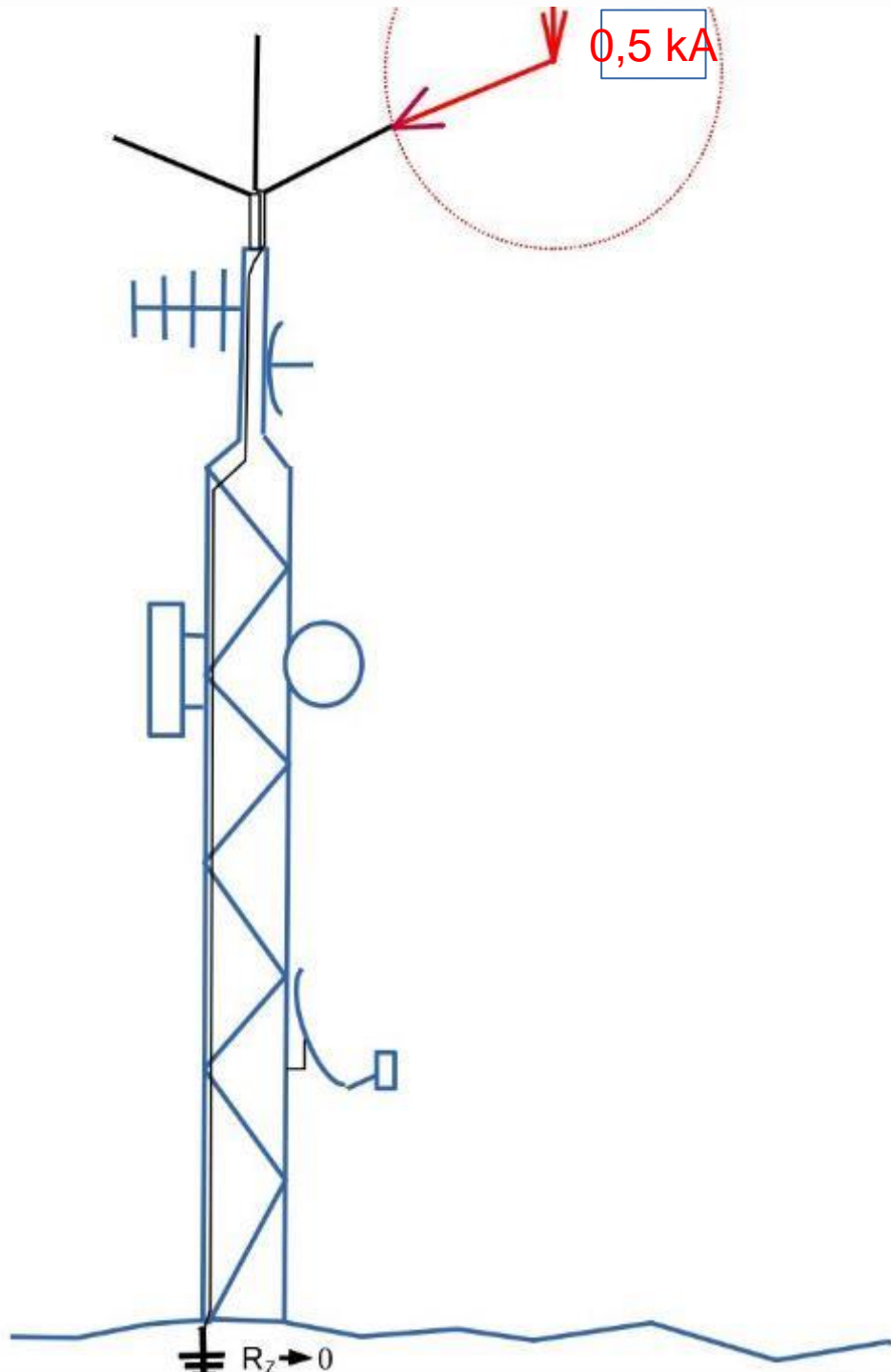


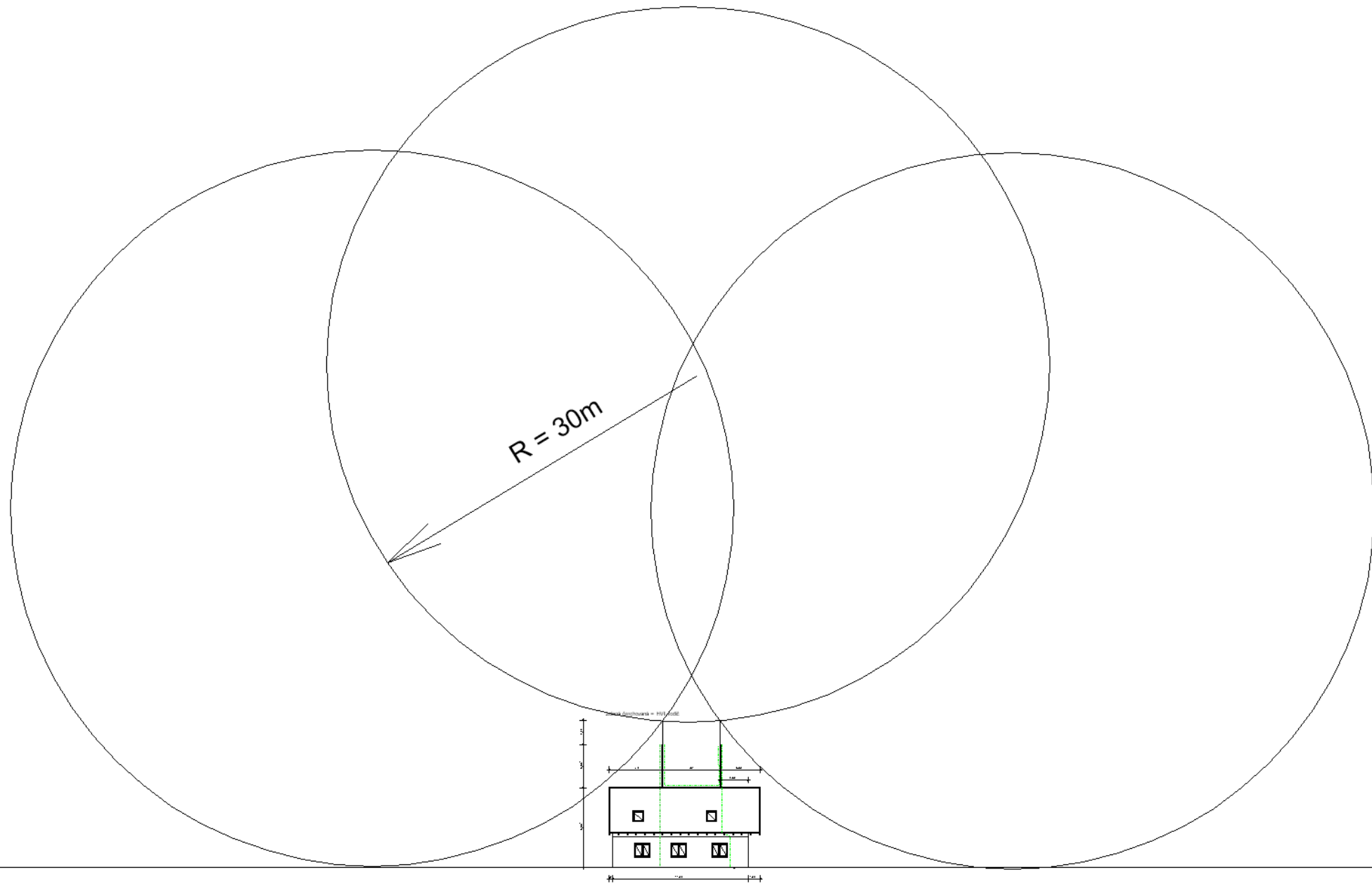
VanCo

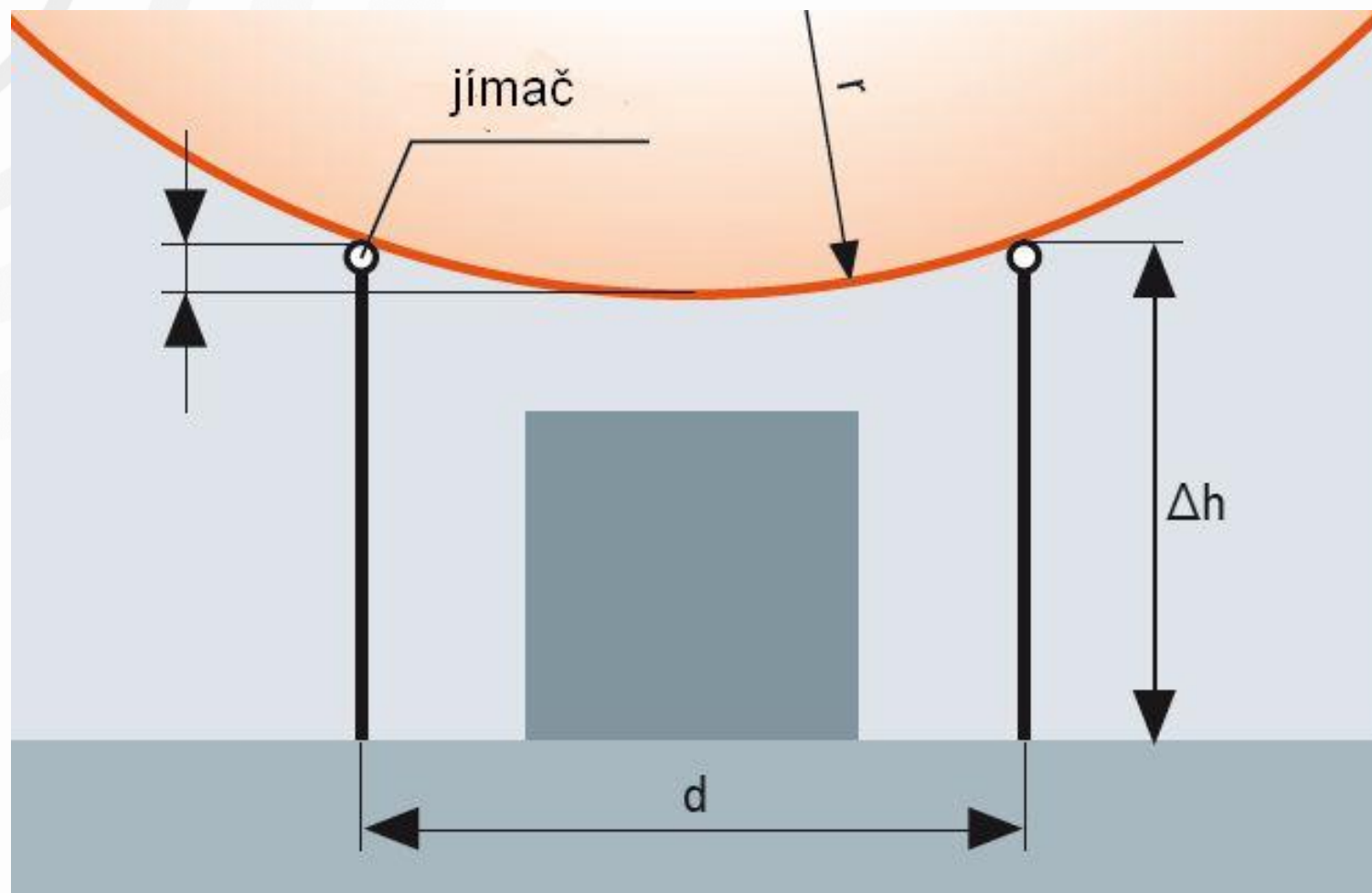
▼ 0,5 kA 1 kA











Třídy ochrany LPS

Třída – radius koule – pro zachycení blesku s proudem alespoň – dimenzován pro proudy a náboje

I	20 m	3 kA
	200 kA , 300 C	
II	30 m	5 kA
	150 kA , 225 C	
III	45 m	10 kA
I –	100 kA , 150 C	
IV	60 m	16 kA
	100 kA , 150 C	
II -		
sklady,		
III –		
IV -		

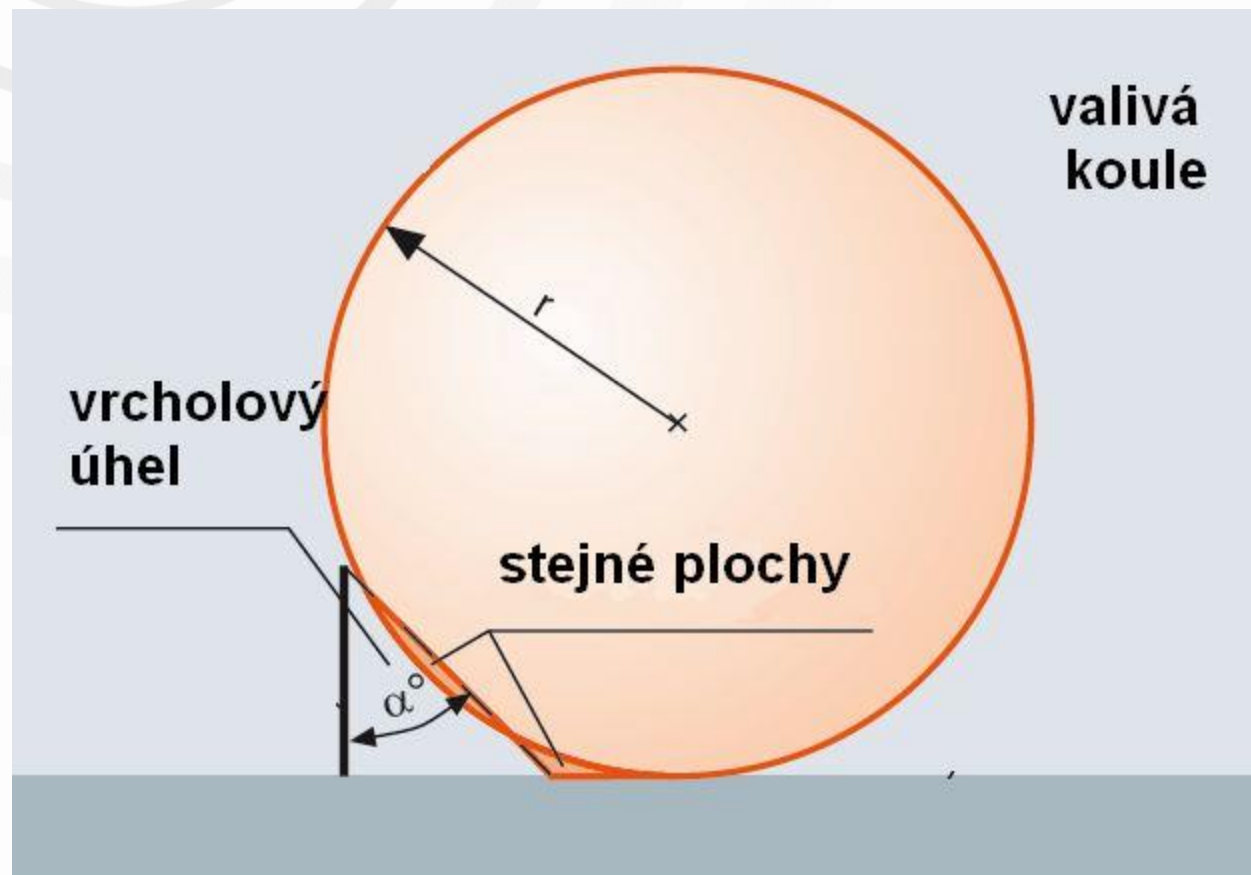
nemocnice, budovy s nebezpečím výbuchu, náročnou nebo výrobou, energetické zdroje, elektrárny, plynárny, vodárny, automobilky,

banky, stanice mobilních operátorů, řídicí věže letiště, výpočetní centra

supermarkety, muzea, katedrály, prostory s nebezpečím požáru, výškové stavby nad 100m, pracoviště hasičů, policie, spediční akvaparky, školy, rodinná domy s nadstandardní výbavou

rodinné domy, administrativní budovy, obytné budovy, zemědělské stavby

budovy stojící v ochranném prostoru jiných objektů bez vlastního hromosvodu, obyčejné sklady, stavby a haly bez výskytu osob a vnitřního vybavení, zemědělské stavby



**valivá koule
versus
vrcholový
úhel**

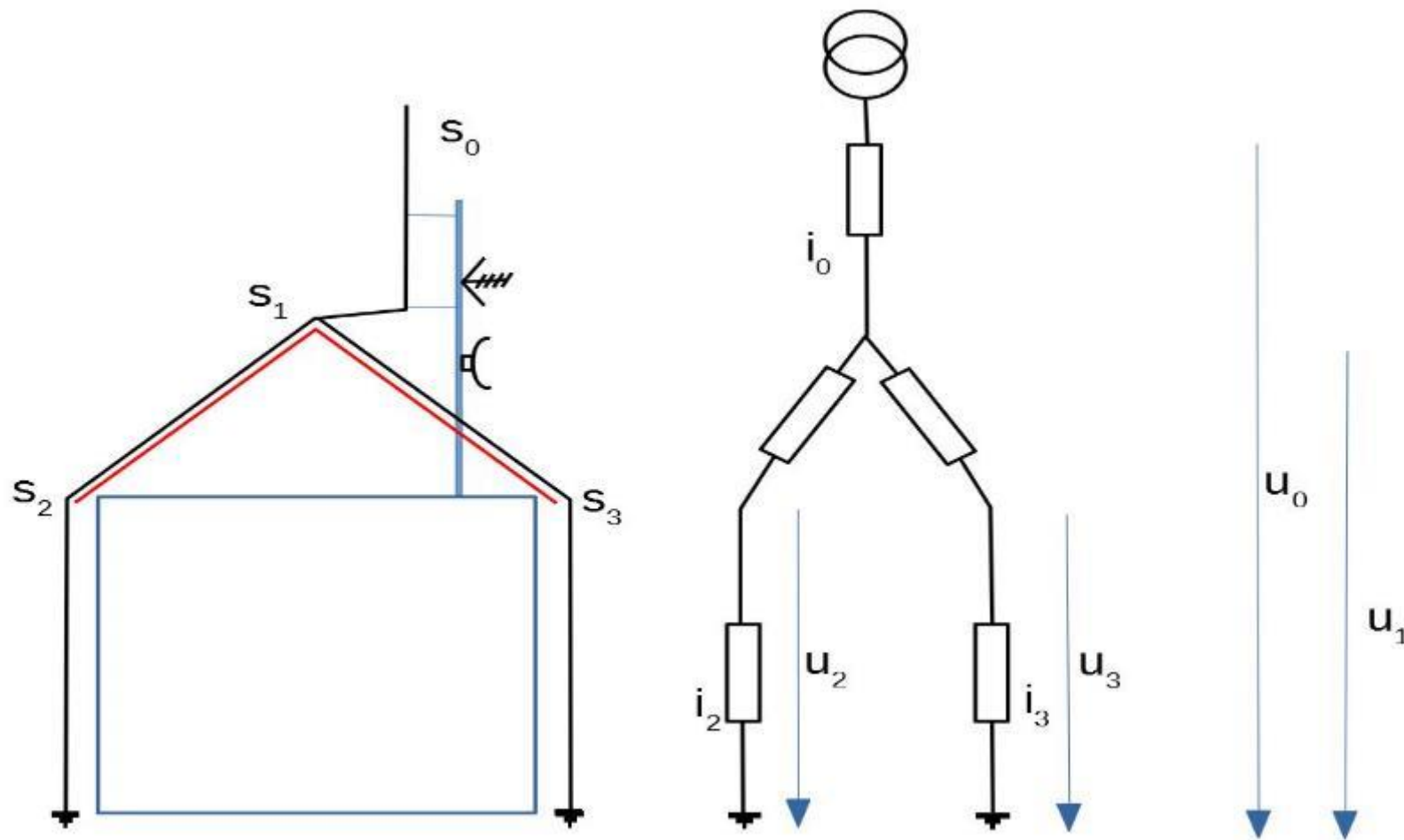
bezpečná vzdálenost

$$U = R \cdot I$$

$$U = Z \cdot I$$

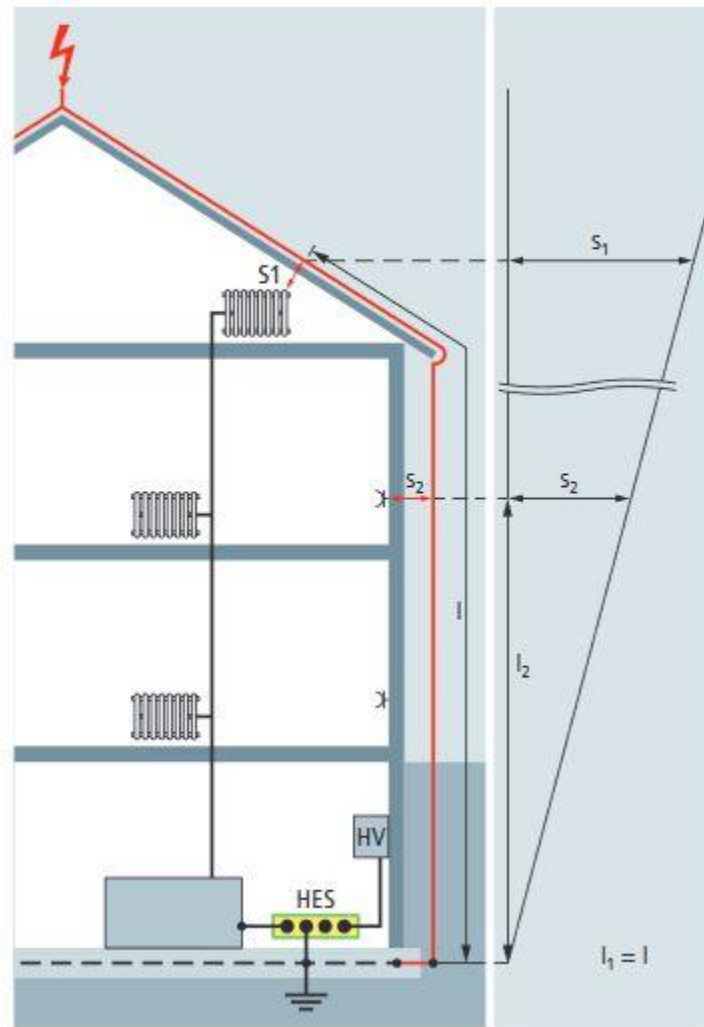
$$\sum i = 0$$

$$\sum u = 0$$





bezpečná vzdálenost



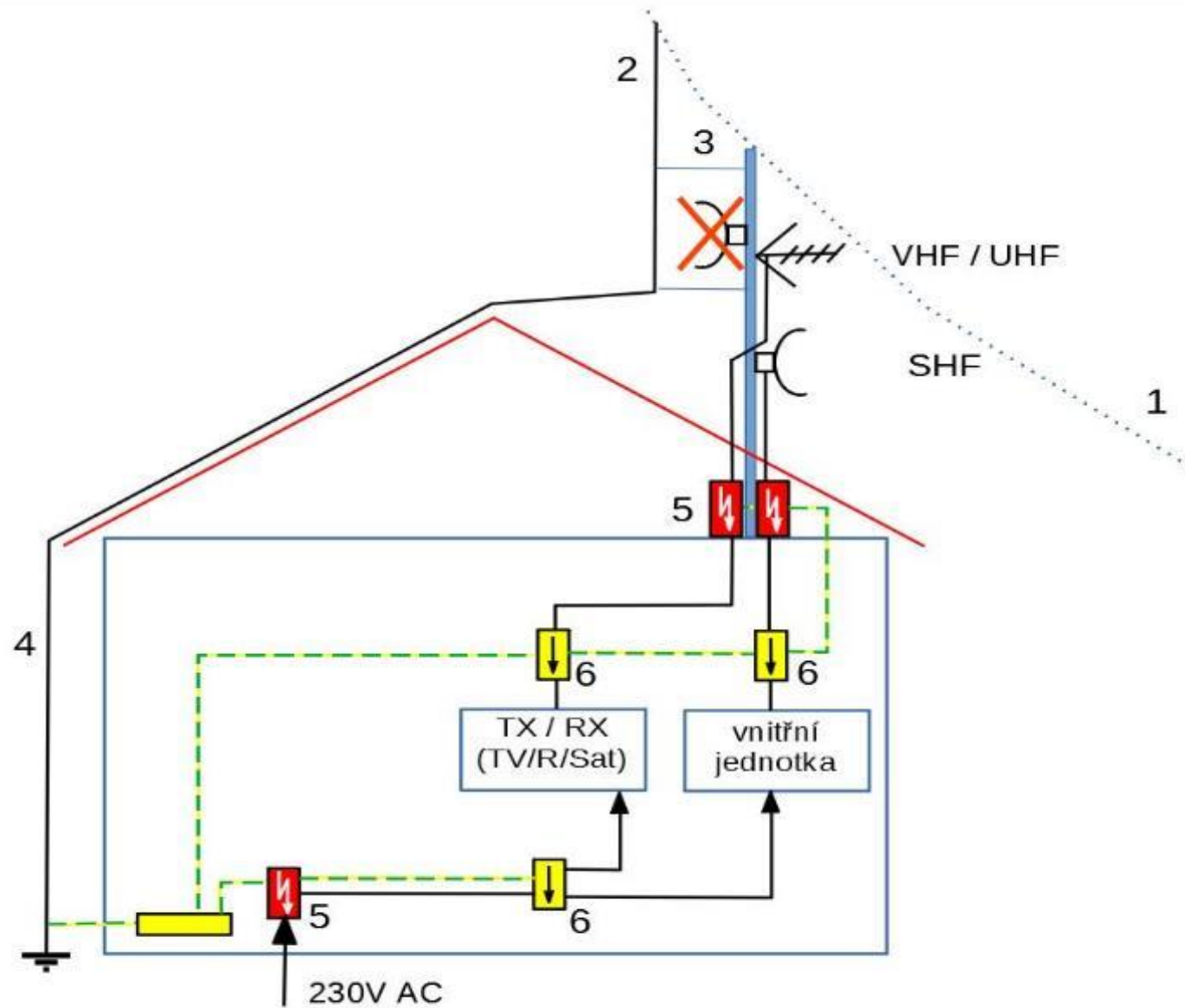


**vnější
ochrana
antén**

**oddálený
hromosvod**



- 1 – valivá koule
- 2 – jímač
- 3 – izolační držák
- 4 – svod
- 5 – svodič bleskových proudů
- 6 – přepětová ochrana





VanCo

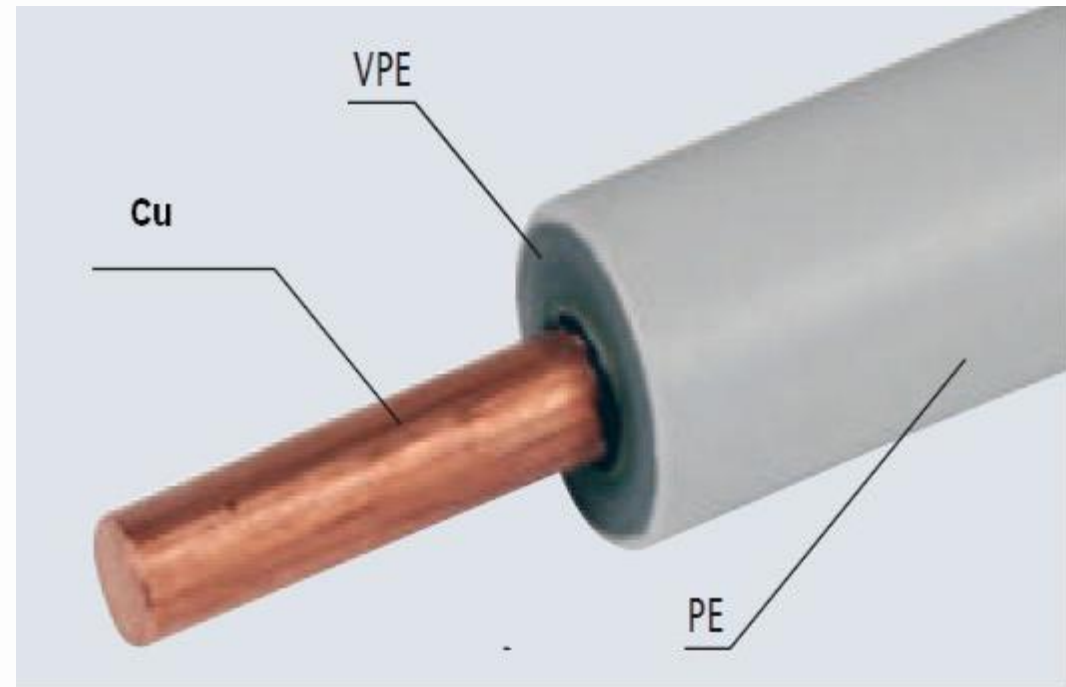
definované fyzikální parametry a tím i funkce a spolehlivost

Jak zmenšit bezpečnou vzdálenost ?

Využijeme materiál, která má definované fyzikální parametry a tím i funkci a spolehlivost:

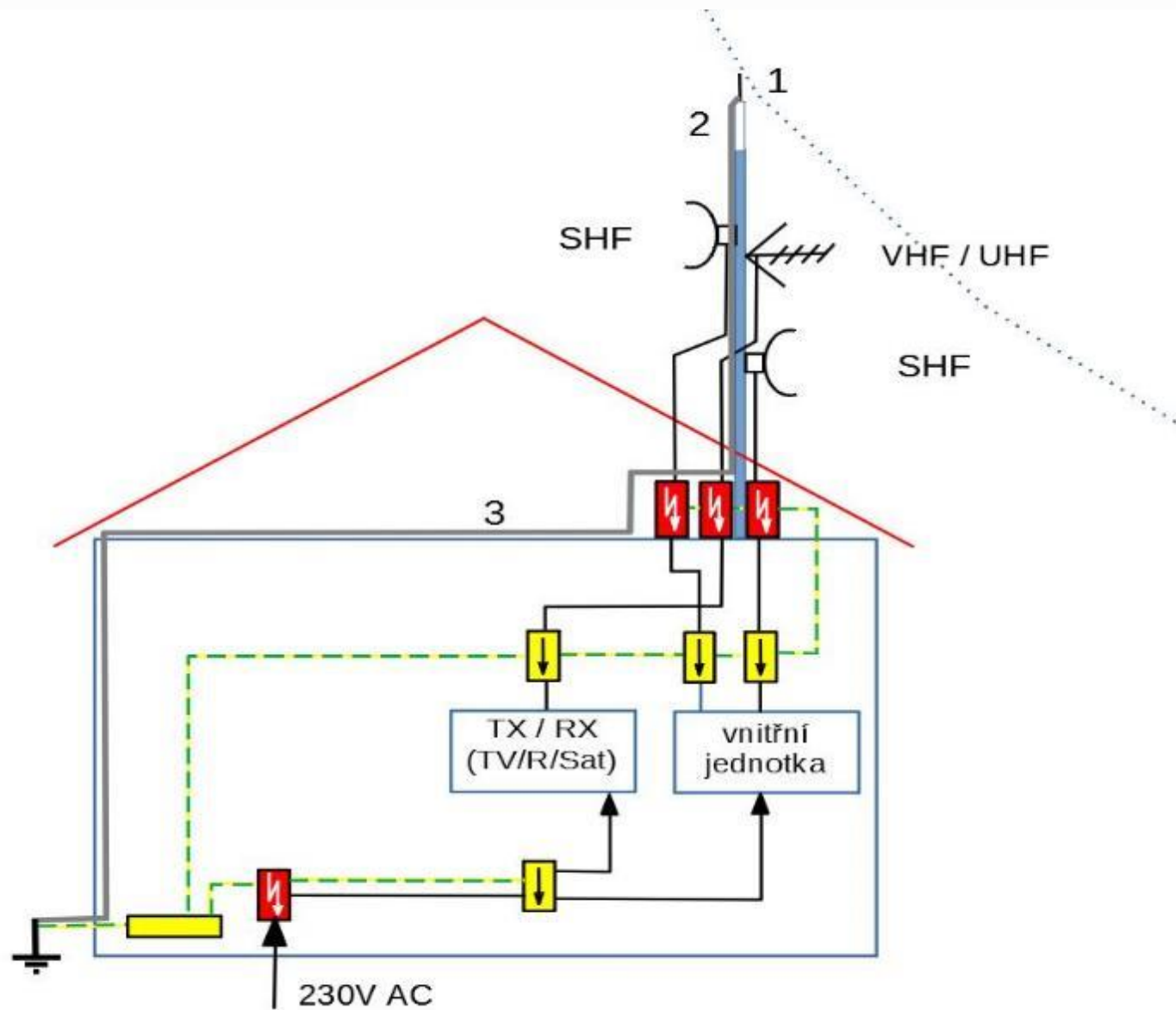
Vzduch: první cm 30kV, další cm 10kV (1 000 kV/m)

Teflon, Polystyren, PE 20 000 kV/m, Olej 28 000 kV/m



Izolovaný hromosvod

- 1 – jímač
- 2 – izolační
držák
- 3 – HVI vodič

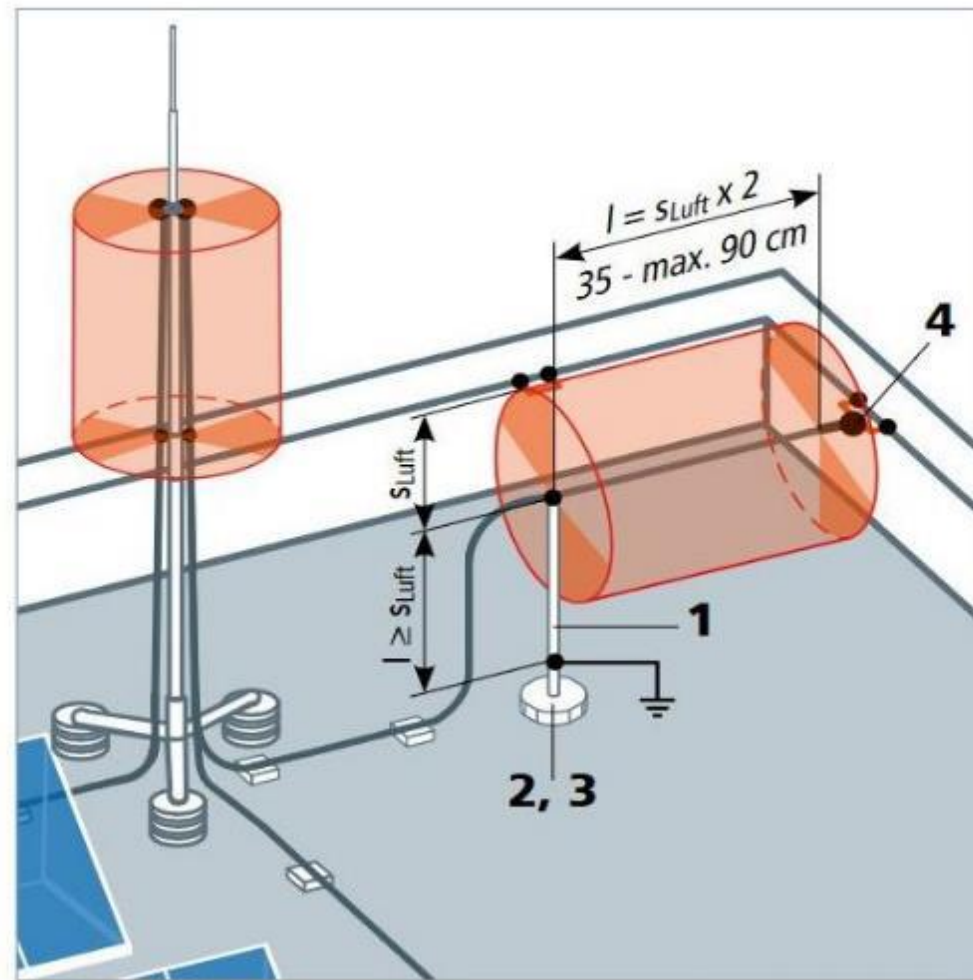
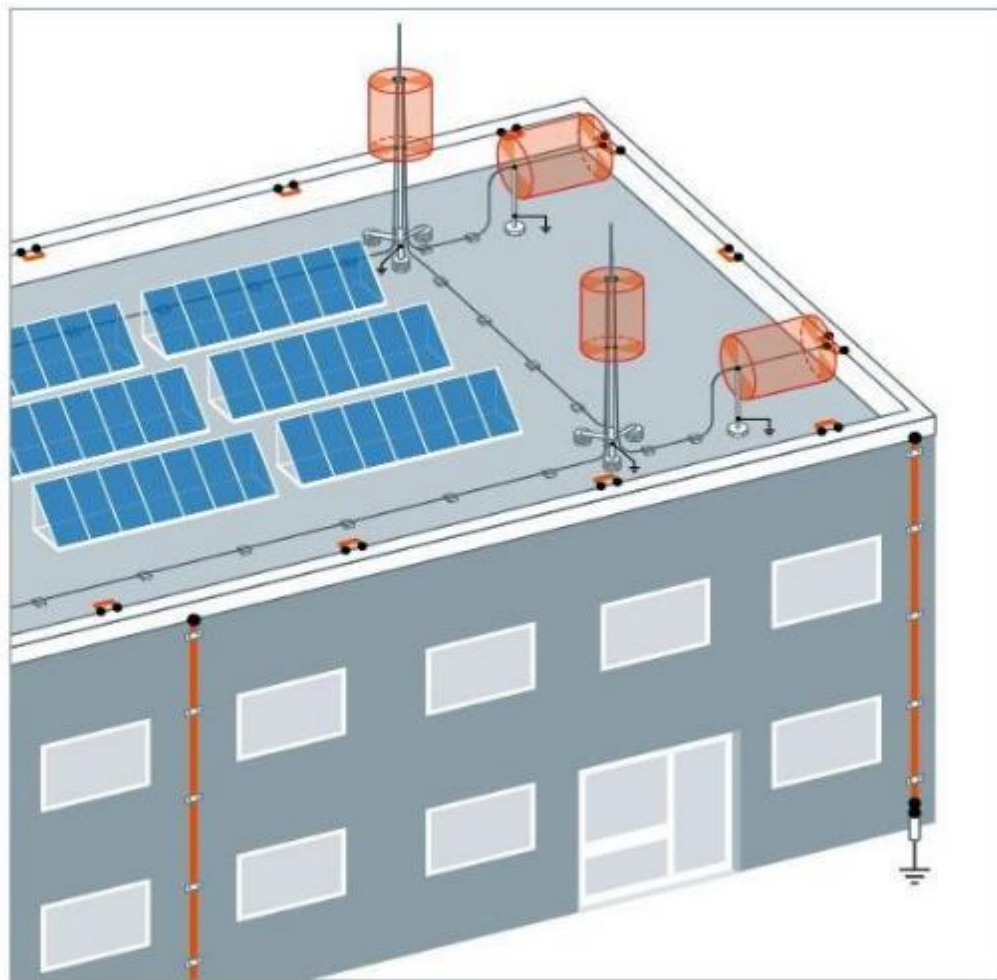




**HVI kabel až do země.
Správné, ale drahé :-)**



Jako ochránit antény a neinstalovat drahý HVI kabel až k zemi





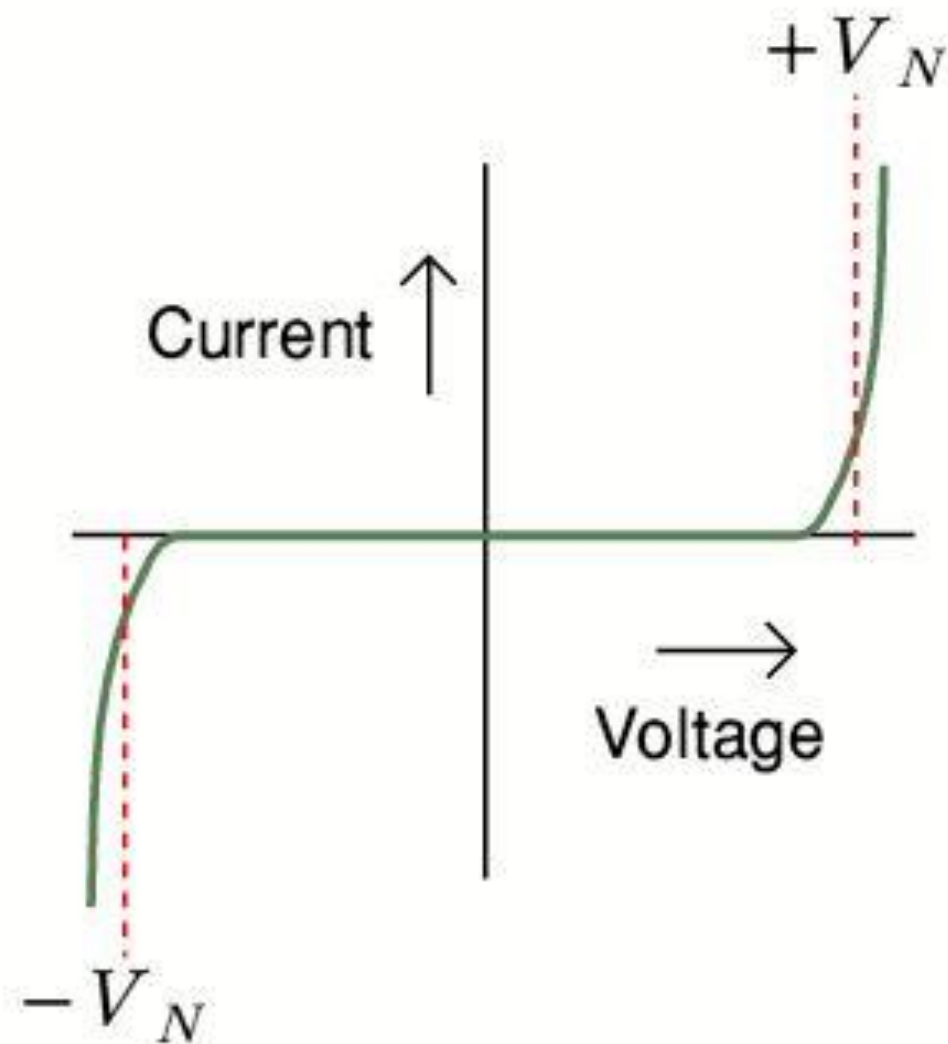
VanCo

Vnitřní ochrana



Použít nelineární prvky ,
které během ns až μ s zkratují přepětí

(jiskřiště, varistory, TVS diody a jejich kombinace)



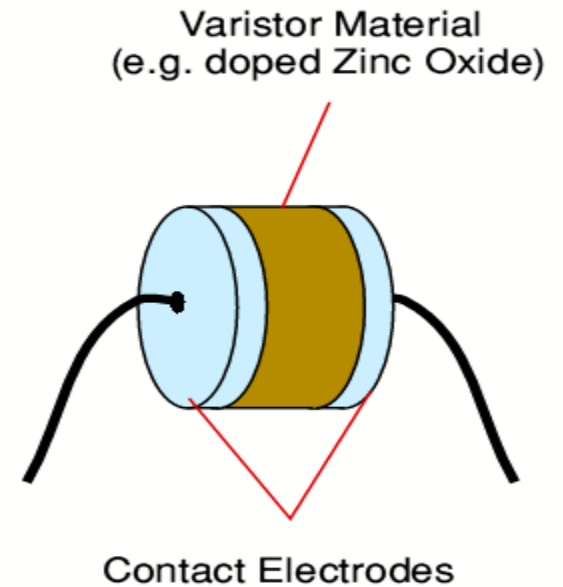
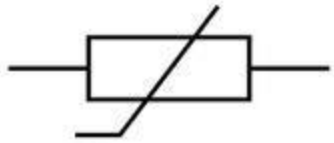


Plynová bleskojistka v miniaturním provedení je součástí mnoha ochranných prvků. Její působení se dá popsat jako spínač, který při překročení spínacího napětí automaticky změní svůj odpor z hodnoty $> 10\text{G}\Omega$ v nezapáleném stavu na hodnotu $< 0.1\ \Omega$ v zapáleném stavu. Tím dojde ke zkratování přivedeného přepětí. Spínací napětí je závislé na rychlosti nárůstu napěťové špičky du/dt . Čím vyšší hodnota du/dt , tím vyšší spínací napětí. Hodnota spínacího napětí v katalogích je měřena při určité hodnotě du/dt , většinou $1\text{kV}/\mu\text{s}$.

plynová bleskojistka



Varistor



pasivní součástka, materiál ZnO, stárnou, dokáží absorbovat vyšší energie než TVS diody

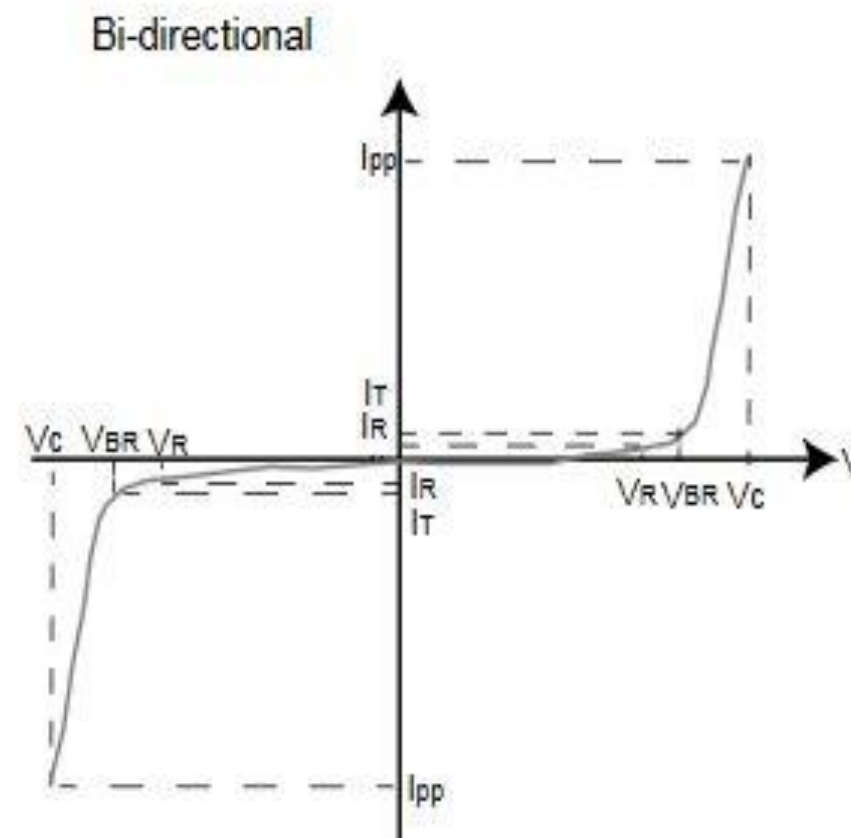
TVS dioda



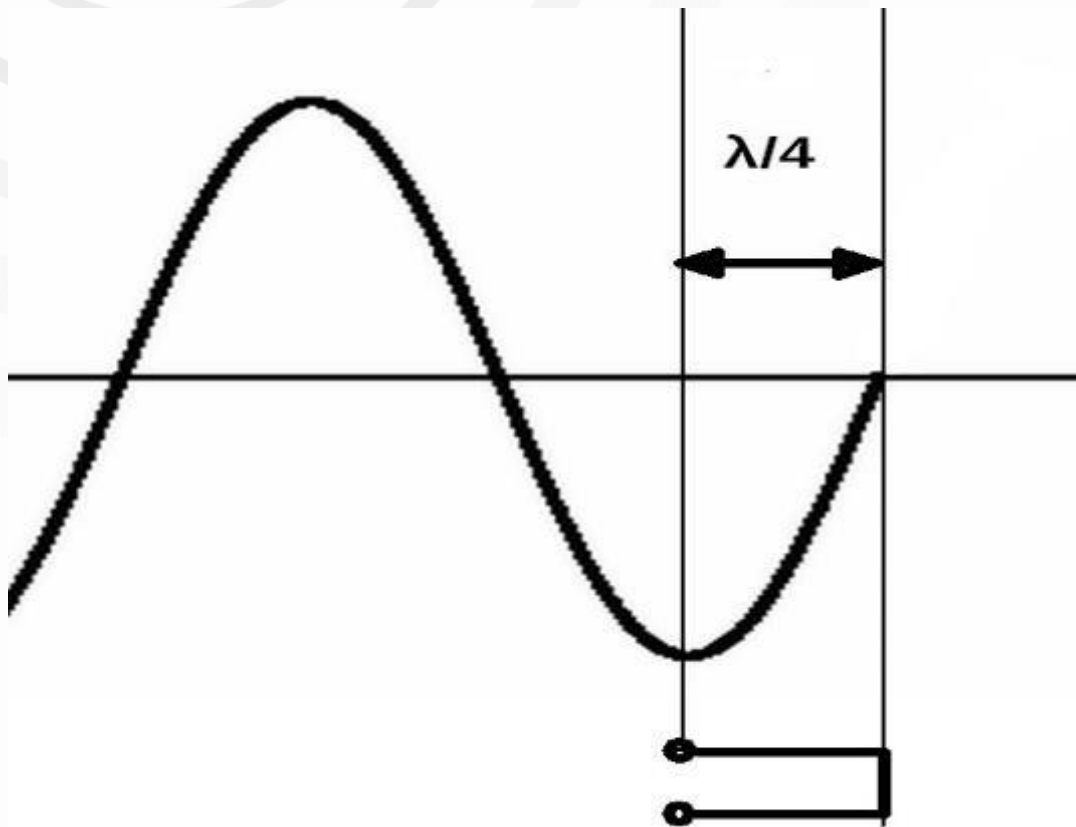
TVS Dioda

(transient voltage supresor – krátkodobý potlačovač napětí)
podobná charakteristika jako varistor,
Dokáže absorbovat méně energie než varistor
a také omezovací napětí nižší

- doba náběhu ns až 100-ky μ s
- spínací napětí V až kV

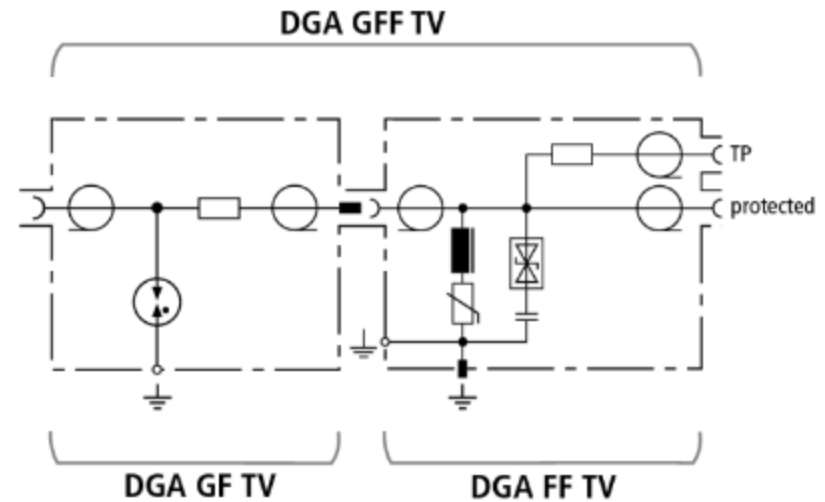


Svodič bleskových proudů s vedením $\lambda/4$ nakrátko



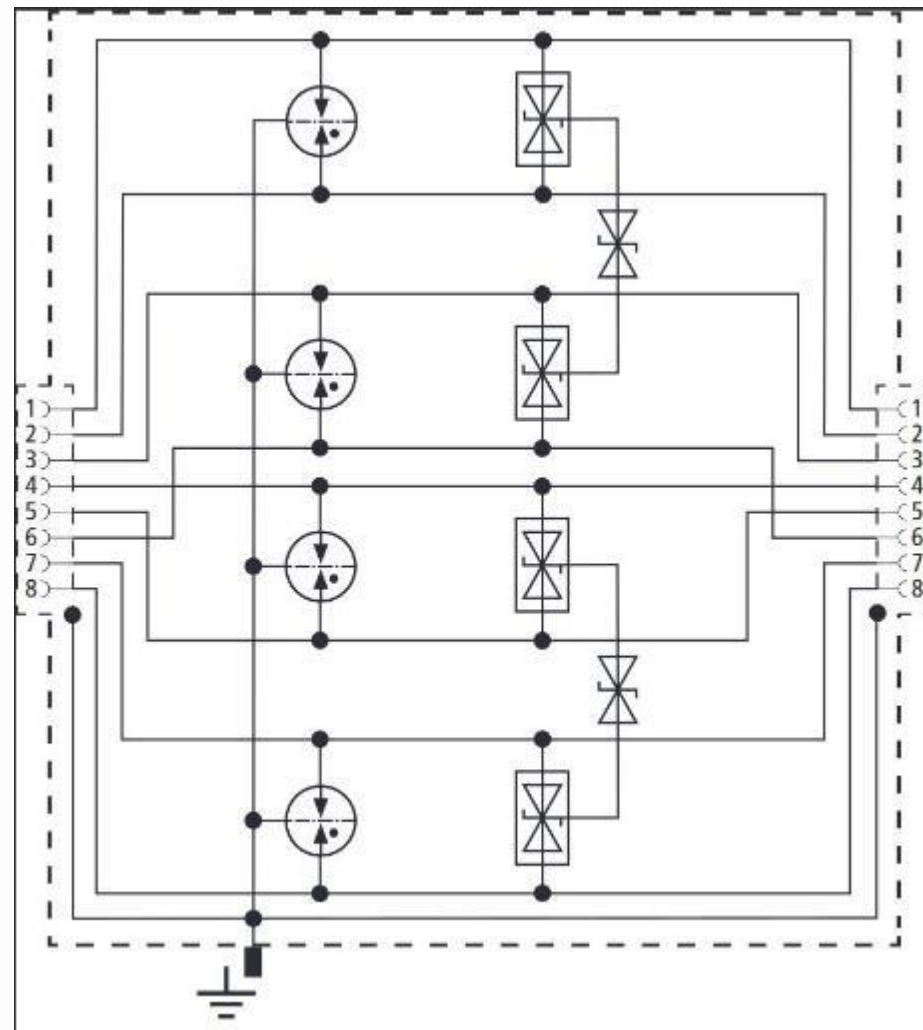


ochrana pro koaxiální kabely

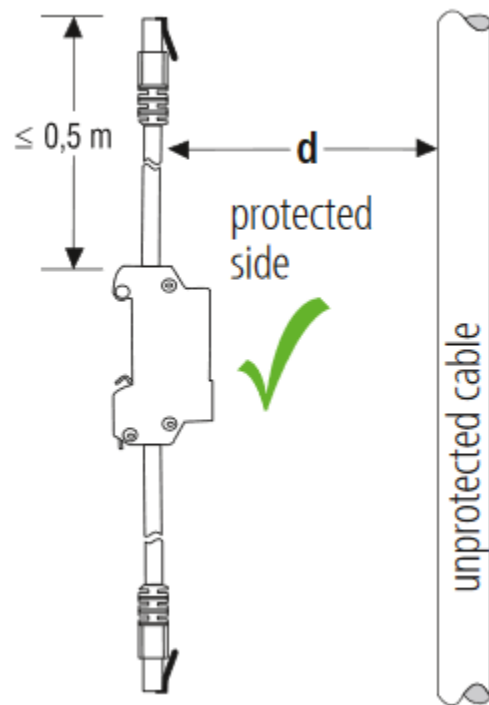
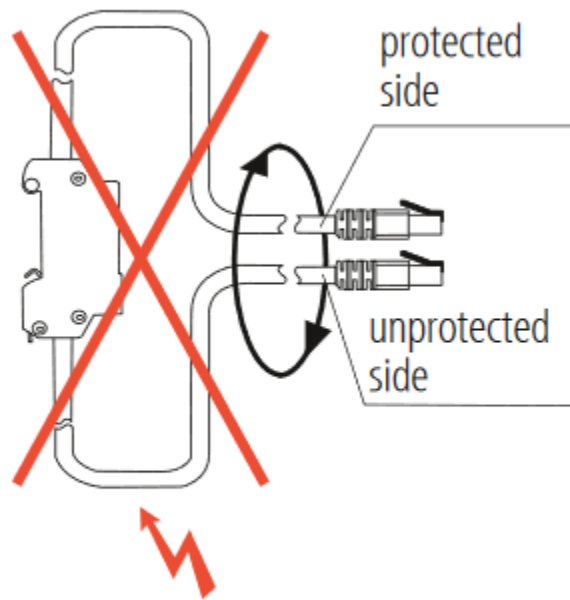


svodič bleskových proudů + přepětová ochrana

ochrana pro ethernet

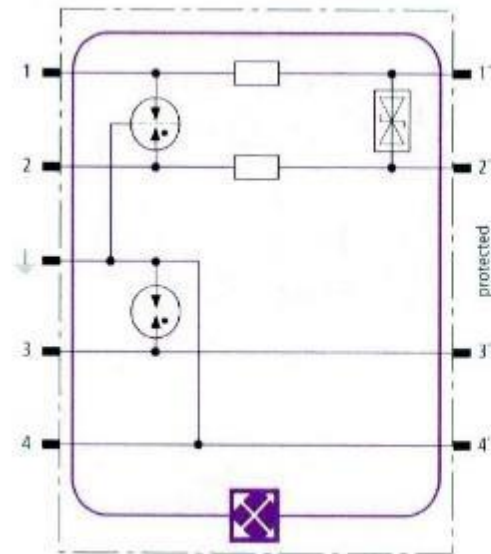


svodič bleskových proudů + přepětová ochrana

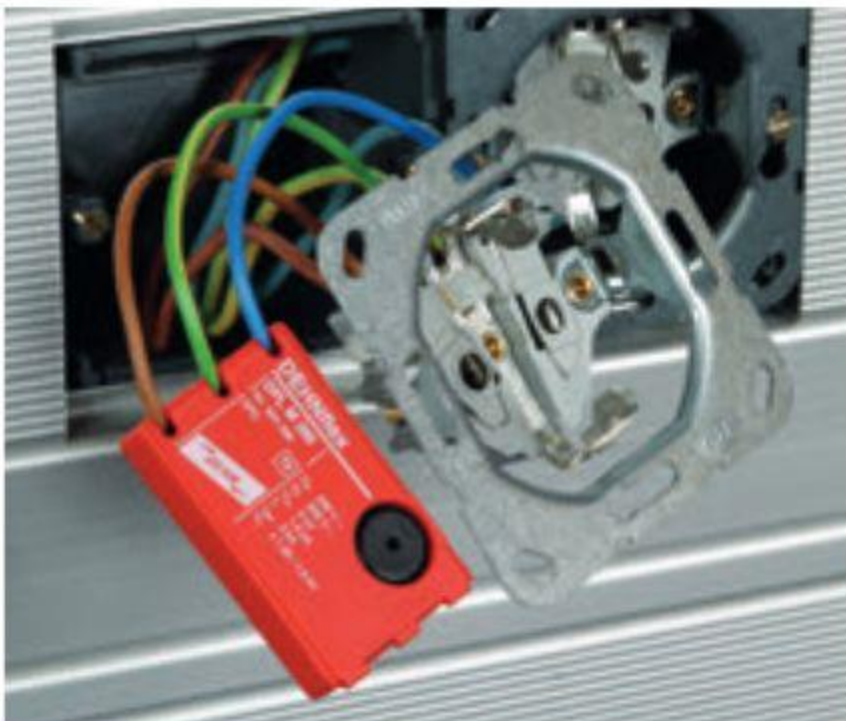




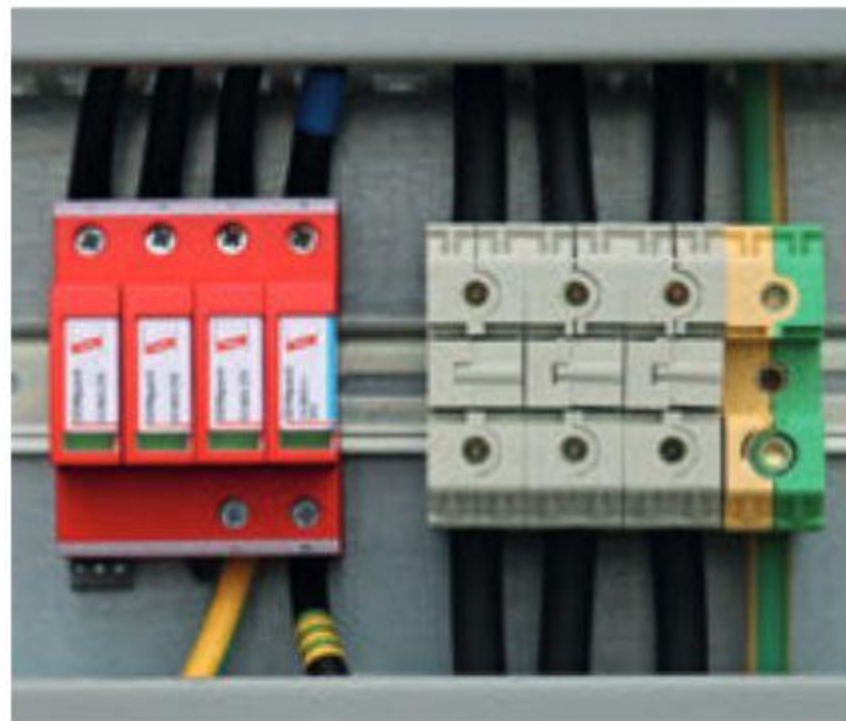
Ochrana DSL



ochrana napájení



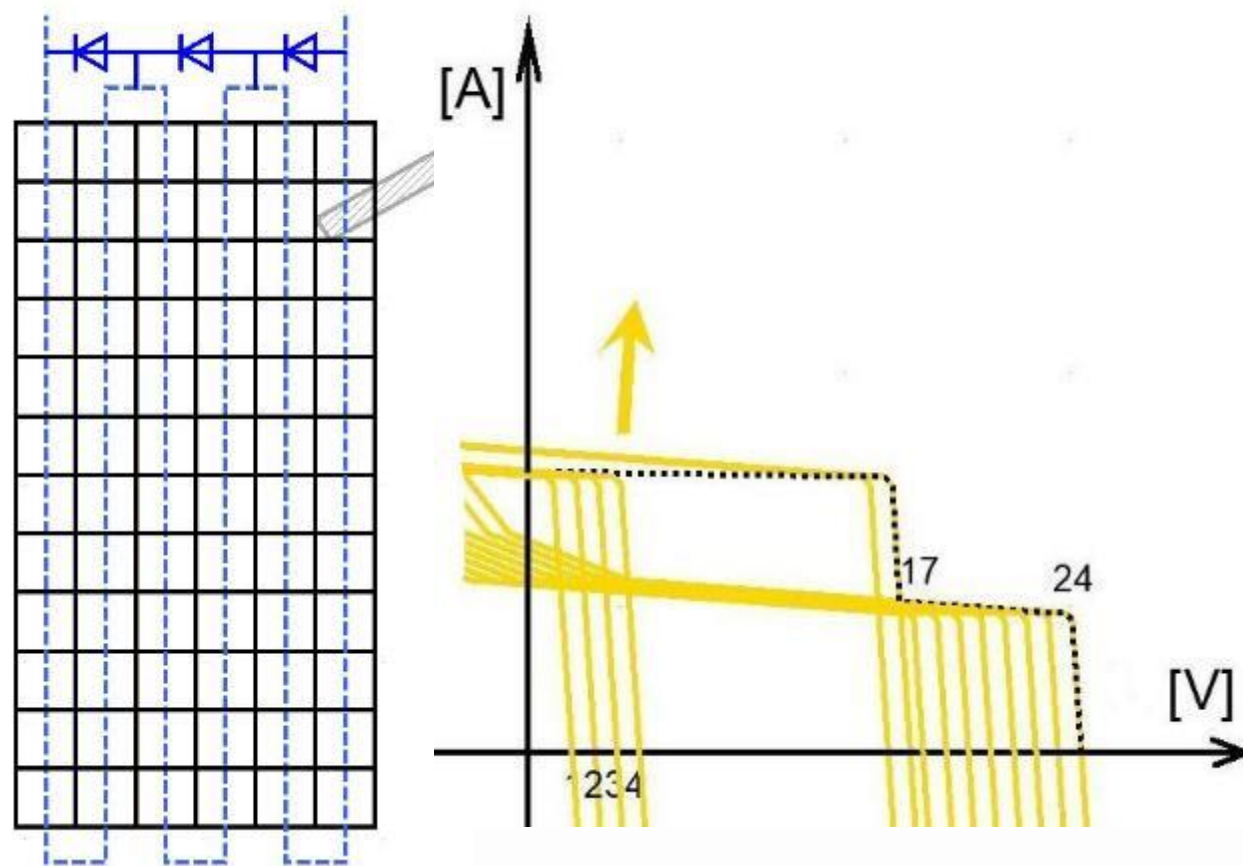
DEHNflex M



DEHNguard M H

Ochrana fotovoltaiky

- vnější ochrana velmi podobná, jako ochrana antén, ale má svá specifika – zastínění jímačem !!!

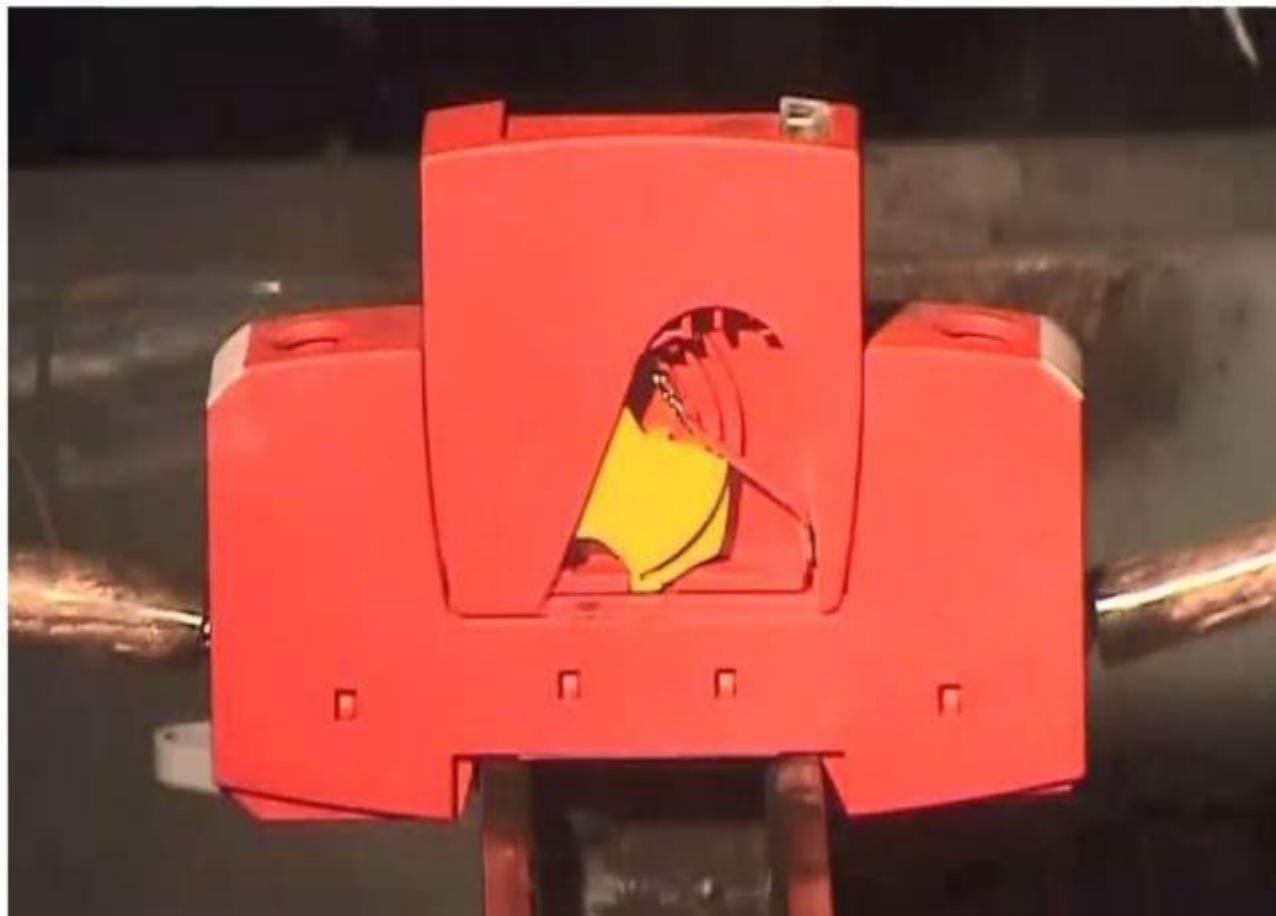




Specifika vnitřní ochrany

- chráníme velké DC proudy a napětí
- DC elektircký oblouk nezhasne snadno !!!!

Svodič přepětí DEHNguard® M YPV SCI
Odpínání - 1000 V DC / 50 A -





děkuji za pozornost



Zdroje a použitá literatura: Dehn+Söhne, Blitzplaner, 3. vydání, Dehn + Söhne: Katalogy,
prof. Svačina: Elektromagnetická kompatibilita, VUT Brno, prof. Mazánek: přednášky EMC, ČVUT Praha, prof. Kulhánek: přednášky fyzika, ČVUT Praha