



Přepětí v elektroenergetice

Svodiče přepětí

- **Přepětím** je každé napětí, které je vyšší než nejvyšší provozovací napětí dané soustavy bez zřetele na dobu jeho trvání.
- značně namáhá izolaci rozvodných zařízení, strojů a vedení
- Pokud v místě vzniku přepětí izolace vydrží, šíří se vzniklé přepětí dále po vedení a v izolačně nejslabším místě pak nastane přeskok nebo průraz
- Tím může dojít k poškození izolace a k poruše zařízení.

- Princip ochrany spočívá v tom, že k průrazu nebo přeskoku dojde na předem zvoleném, izolačně nejslabším místě, kde se přepětí svede bezpečně k zemi.



vnitřní



venkovní



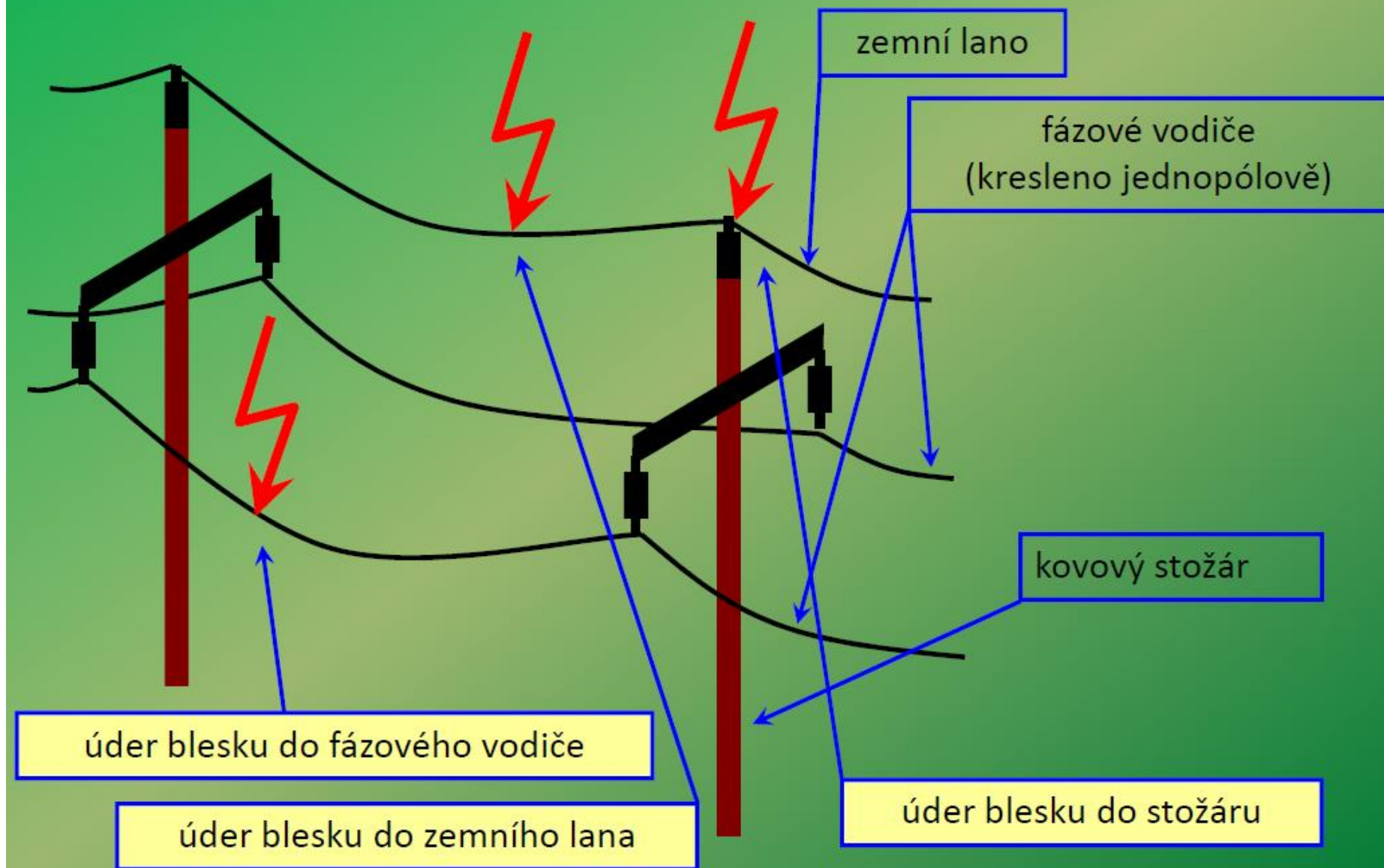
Rozdělení přepětí podle místa vzniku:

- ***Provozní přepětí*** - vznikají nejčastěji při určitých spínacích pochodech nebo poruchových stavech (po náhlé ztrátě zatížení sítě, vypínání transformátorů naprázdno, při zemním spojení) – možnost častého opakování
- ***Atmosférická přepětí*** - ohrožují vedení nejen po stránce elektrické, ale i mechanické (poškodí izolátory, přetaví vodiče, roztrhnou stožáry)

Vznik atmosférických přepětí:

- přímým zásahem blesku do vedení,
 - elektrostatickou indukcí ve vedení při výboji mezi mraky
 - zpětným přeskokem
-
- Trvají velmi krátkou dobu (asi do 100 mikrosekund). Přímým úderem mohou vzniknout přepětí velikosti až 500 kV.
 - Jednoduchým prostředkem proti vzniku atmosférických přepětí u vedení vn a vvn je používání *zemnicích lan*, které se uzemňují na každém sloupu

Přímý úder blesku do vedení



Přímý úder blesku do vedení

1. Úder blesku do fázového vodiče

- * je nejnebezpečnější a může způsobit značné škody
- * při předpokladu, že vlna se šíří oběma směry, je pro $Z_0=300 \Omega$ a $I_{\max}=30 \text{ kA} \Rightarrow U_{\max}=(Z_0/2)*I_{\max}=150*3*10^4=4,5 \text{ MV}$.

2. Úder blesku do zemního lana

- * zemní lano je uzemněno na stožárech a v těchto místech se část vlny svede do země (stožáry se chovají jako vodič s impedancí desítky ohmů), část vlny se odrazí a část projde.

3. Úder blesku do stožáru

- * na stožáru se objeví napětí proti zemi a napětí vůči fázovému vodiči
- * na některé fázi je celkové napěťové namáhání izolátoru dáno součtem okamžitých hodnot obou napětí a hrozí zapálení oblouku mezi stožárem a vodičem \Rightarrow zkrat na vedení.

Ochrany proti přepětí

1. Zemní lana

- * jsou natažena souběžně s fázovými vodiči a uzemněna na jednotlivých stožárech.
- * používají se vždy na venkovních vedení vvn, v některých případech i na vedení vn.
- * na vedení vn je v mnoha případech použito ve vzdálenosti několika kilometrů před rozvodnou výběhové zemní lano.
- * zemní lano zabrání přímému úderu blesku do fázového vodiče
- * přepětí na fázovém vodiči vznikne i při použití zemního lana, a to v důsledku elektromagnetické indukce
⇒ tato ochrana je sama nedostatečná
a musí být doplněna dalšími ochranami.

zemní lano

Působení zemního lana

fázový vodič

ochranná vzdálenost $S = 10 \cdot I^{2/3}$

čím vyšší proud,
tím menší je zóna B

ochranný úhel - α

zóna A – zemní lano chrání fázový vodič

zóna B – fázový vodič není chráněn

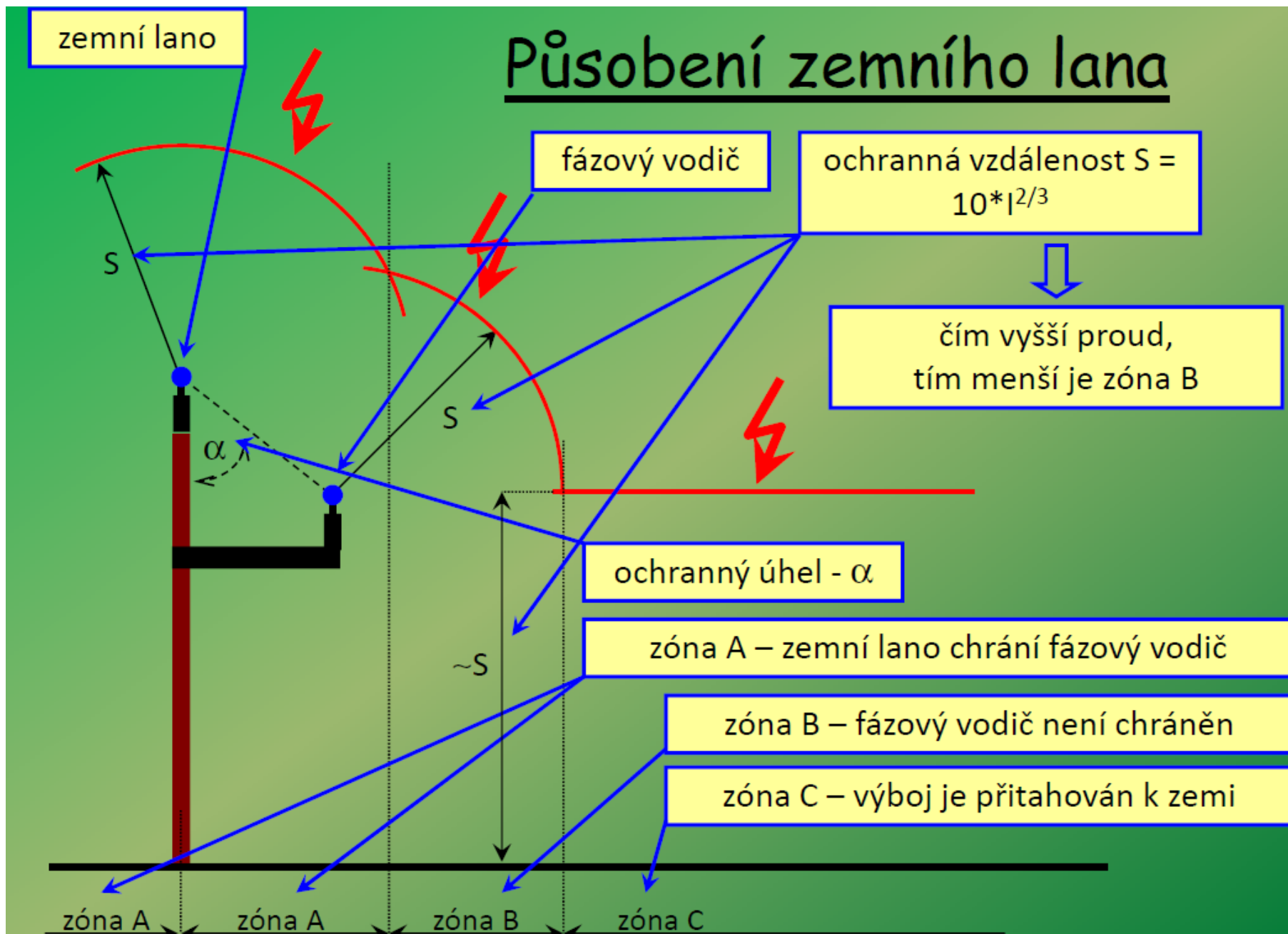
zóna C – výboj je přitahován k zemi

zóna A

zóna A

zóna B

zóna C



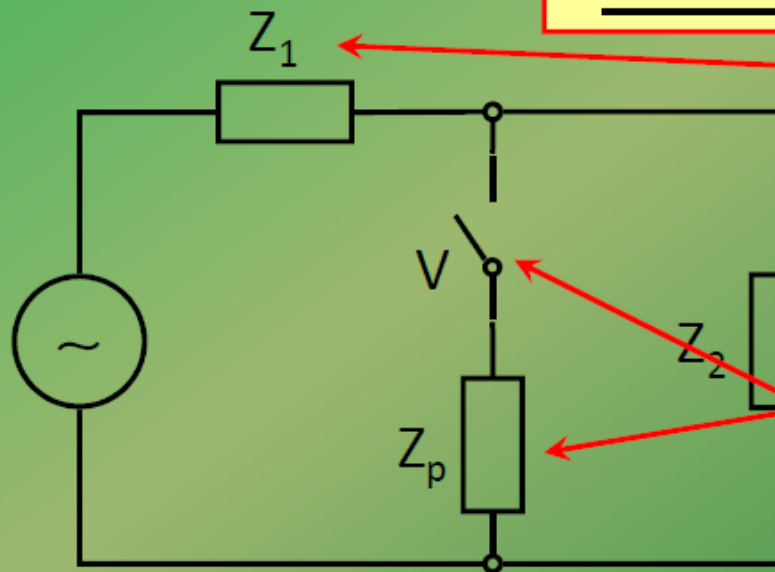
Svodiče přepětí

Svodiče přepětí jsou paralelně připojeny ke chráněnému zařízení a omezí velikost napětí.

Základní požadavek:

pokles impedance s rostoucím napětím.

Základní princip svodiče přepětí:



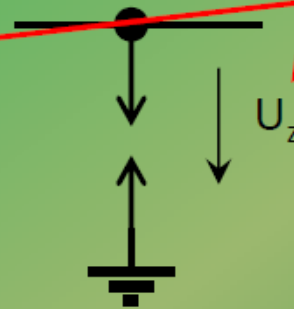
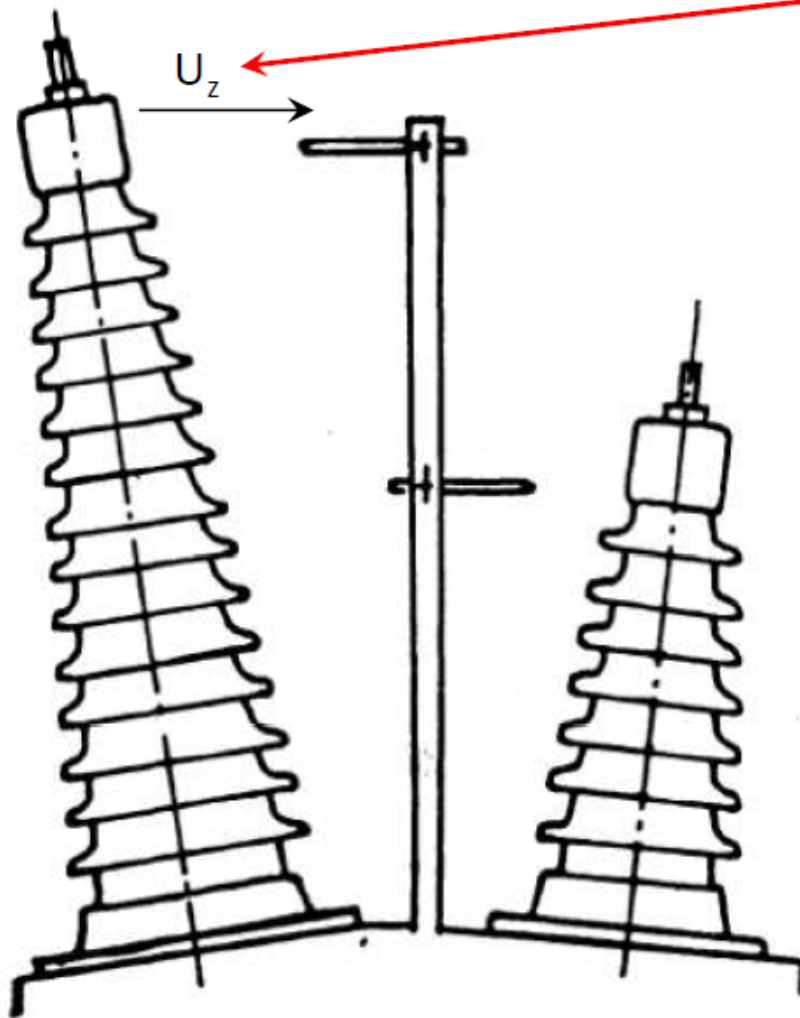
Z_1 – impedance zdroje

Z_2 – impedance chráněného zařízení

Z_p – impedance svodiče

V – vypínač

2. Ochranné (koordináční) jiskřiště



U_z – zapalovací
napětí

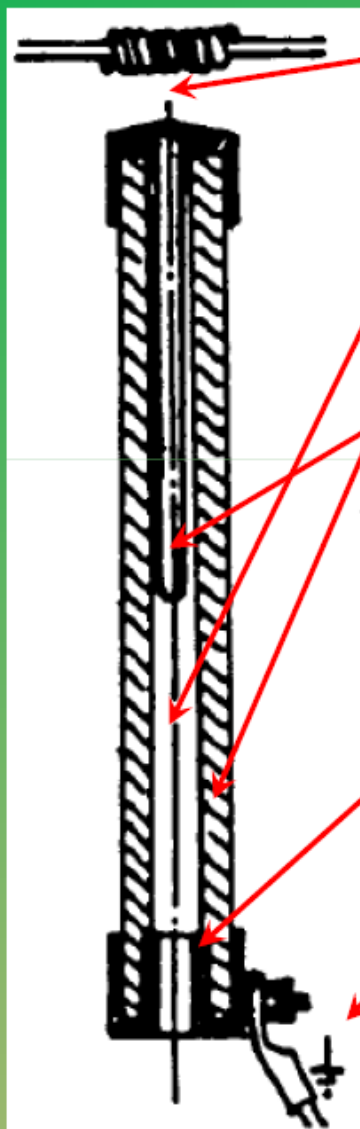
Normální stav: $U < U_z$
=> svod je zanedbatelný

Při přepětí: $U > U_z$
=> zapálí se oblouk
=> výboj je sveden do země

Nevýhody:

- následuje zkrat (oblouk trvale hoří), vypnutí - OZ nebo zkratová ochrana
- velmi malá přesnost

3. Trubková (Torokova) bleskojistka



Vnější jiskřiště

Tyčová elektroda

Vnitřní jiskřiště

Dutá elektroda

Plynotvorná trubka

Uzemnění

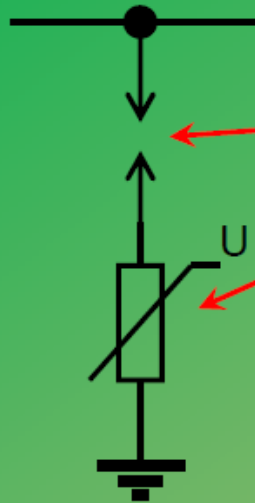
Princip a působení:

1. při přepětí se zapálí oblouk na vnějším jiskřišti.
2. zapálí se oblouk na vnitřním jiskřišti a výboj se svádí do země.
3. v trubce se působením tepla oblouku rychle uvolňují plyny => prudce roste tlak.
4. oblouk vnitřního jiskřiště se vyfoukne dutou elektrodou, obvod se přeručí.

Nevýhody:

- při malém proudu se oblouk nevyfoukne, při velkém proudu hrozí roztržení trubky.
- malá citlivost => dnes se již téměř nepoužívá

3. Ventilová bleskojistka



jiskřiště (zpravidla více jiskřišť do série)

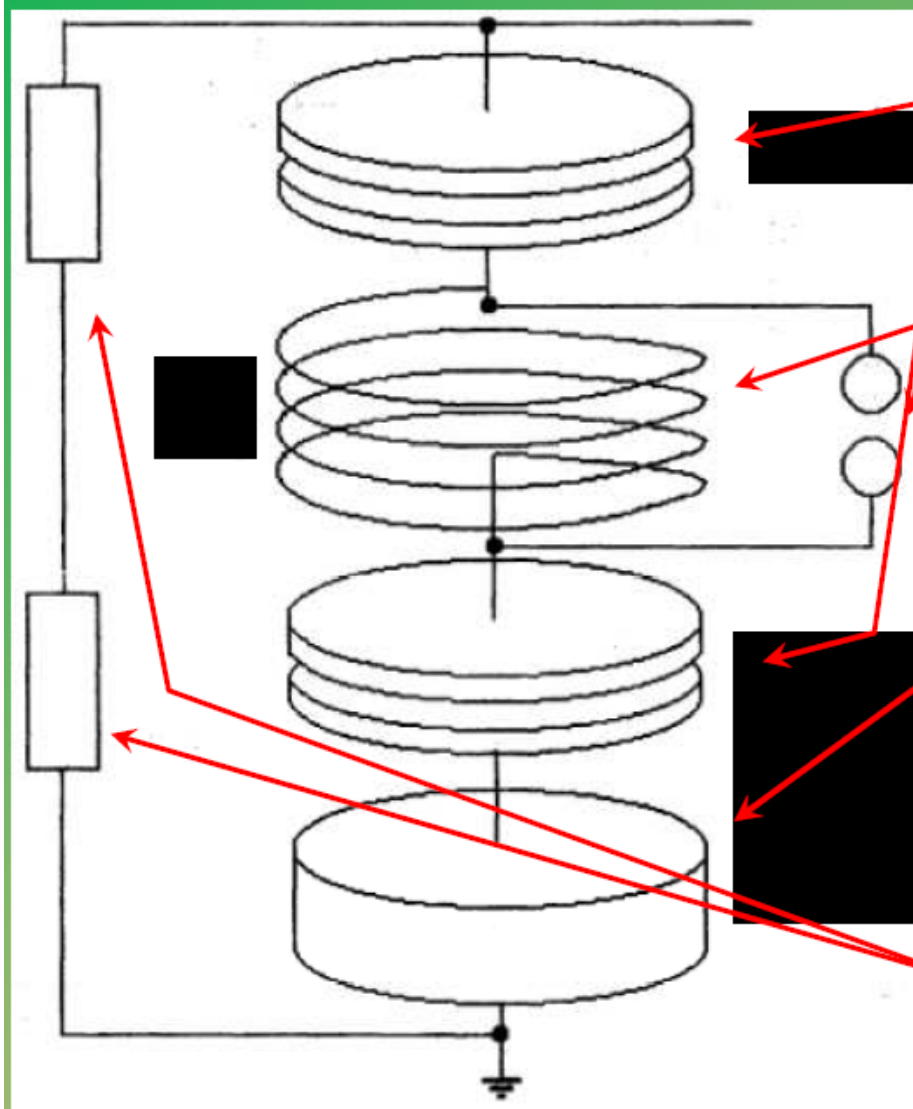
napěťově závislý rezistor (varistor) – SiC, ZnO

Při jmenovitém napětí by varistorem procházel svodový proud, který způsobí ztráty a zahřívání varistoru. Proto musí být v obvodu jiskřiště.

Základní princip:

- při vzniku přepětí se zapálí na jiskřišti výboj
- napětí na varistoru je velké => jeho odpor je malý a náboj je sveden do země
- přepětí postupně klesá => odpor varistoru se zvyšuje
- proud obvodem klesá a snižuje se napětí na oblouku, po určité době se oblouk přeruší

Konstrukce bleskojistky



Hlavní jiskřiště

Pomocné jiskřiště – umožňuje připojení a odpojení cívky

Cívka – umožňuje magnetické vyfouknutí oblouku hlavního jiskřiště

Omezovací odpor (varistor)

Stabilizační odpory – umožňují rovnoměrné hoření oblouku na více jiskřištích

Základní parametry

1. Jmenovité zapalovací napětí – je dáno jiskřištěm a určuje se podle napěťové vlny 1,2/50 μs
2. Zbytkové napětí – úbytek napětí vytvořený jmenovitým výbojovým proudem (impuls 8/20 μs)
3. Jmenovitý výbojový proud – jak velký proud je bleskojistka schopna svést. Normalizovaná řada od 1,5 do 40 kA.
4. Jmenovité napětí bleskojistky – napětí, na které může být bleskojistka trvale připojena a je to zároveň nejvyšší napětí, při kterém bleskojistka nesmí zapůsobit.

Parametry bleskojistky jsou dány:

- * rázovou napěťovou charakteristikou (impuls 1,2/50 μs)
- * závislostí zbytkového napětí na velikosti výbojového proudu (impuls 8/20 μs)

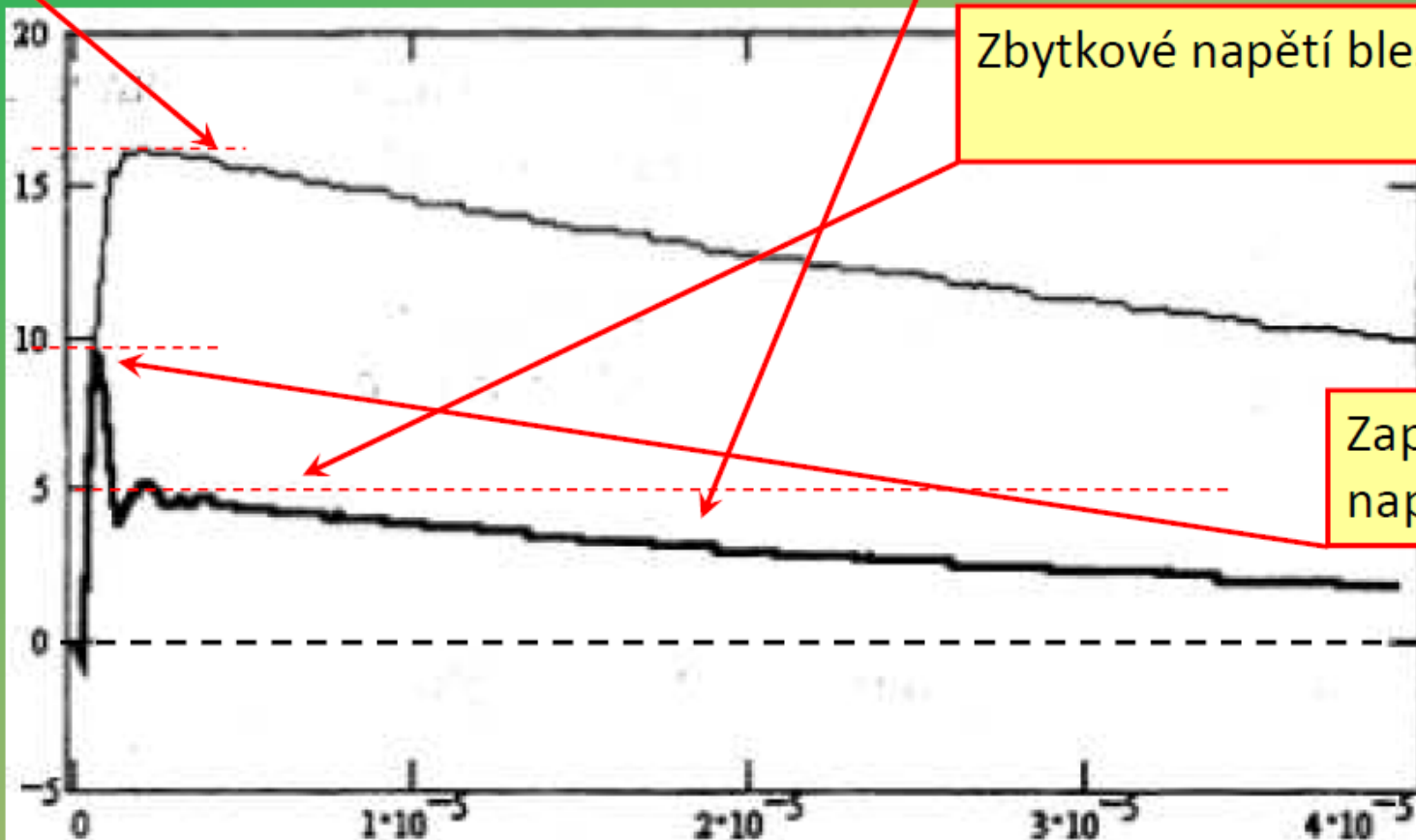
Působení bleskojistky

Rázový impuls 1,2/50 μ s,
 $U_{\max} = 17$ kV
(průběh napětí bez bleskojistky)

Působení bleskojistky

Zbytkové napětí bleskojistky - 5 kV

Zapalovací
napětí - 10 kV



4. Omezovač přepětí

Omezovač přepětí představuje nejmodernější technologii, která je založena na varistoru z ZnO (oxid zinečnatý).

Voltampérová charakteristika varistoru je dána vztahem:

$$I \approx U^\alpha$$

kde pro lineární rezistor je $\alpha=1$, pro SiC je $\alpha=2-6$ a pro ZnO je $\alpha=20-50$

Je-li v obvodu při jmenovitém napětí jmenovitý proud, pak při poklesu napětí o 1% klesne proud přibližně o	bleskojistka	- 4,9%
	omezovač	- 39,5%



Napěťová závislost varistoru je tak výrazná, že při jmenovitém napětí v soustavě je proud varistorem zanedbatelný a omezovač nemusí mít jiskřiště. Tím dojde k výraznému konstrukčnímu zjednodušení.

Základní parametry

1. Jmenovité napětí - U_r (kV) – je nejvyšší napětí, aby omezovač správně působil i v podmínkách dočasných přepětí.
2. Trvalé provozní napětí - U_c (kV) – nejvyšší napětí, které může být trvale připojeno na omezovač (s ohledem na tepelné namáhání). Je to asi 80 % jmenovitého napětí.
3. Jmenovitý výbojový proud (kA) - jak velký proud je omezovač schopen svést
4. Zbytkové napětí - úbytek napětí vytvořený jmenovitým výbojovým proudem (impuls 8/20 μ s)

Porovnání bleskojistky a omezovače přepětí:

1. Trvalé provozní napětí u omezovačů je nižší než zapalovací napětí bleskojistek => umožňuje snížení ochranné hladiny.
2. Omezovač může svádět i dočasná přepětí, která trvají řádově sekundy, což se využívá v soustavě vvn. V případě zapůsobení ventilové bleskojistky by došlo k tepelnému zničení.
3. Působení omezovače téměř nezávisí na strmosti napětí.
4. Omezovače jsou konstrukčně jednodušší a tím i spolehlivější.

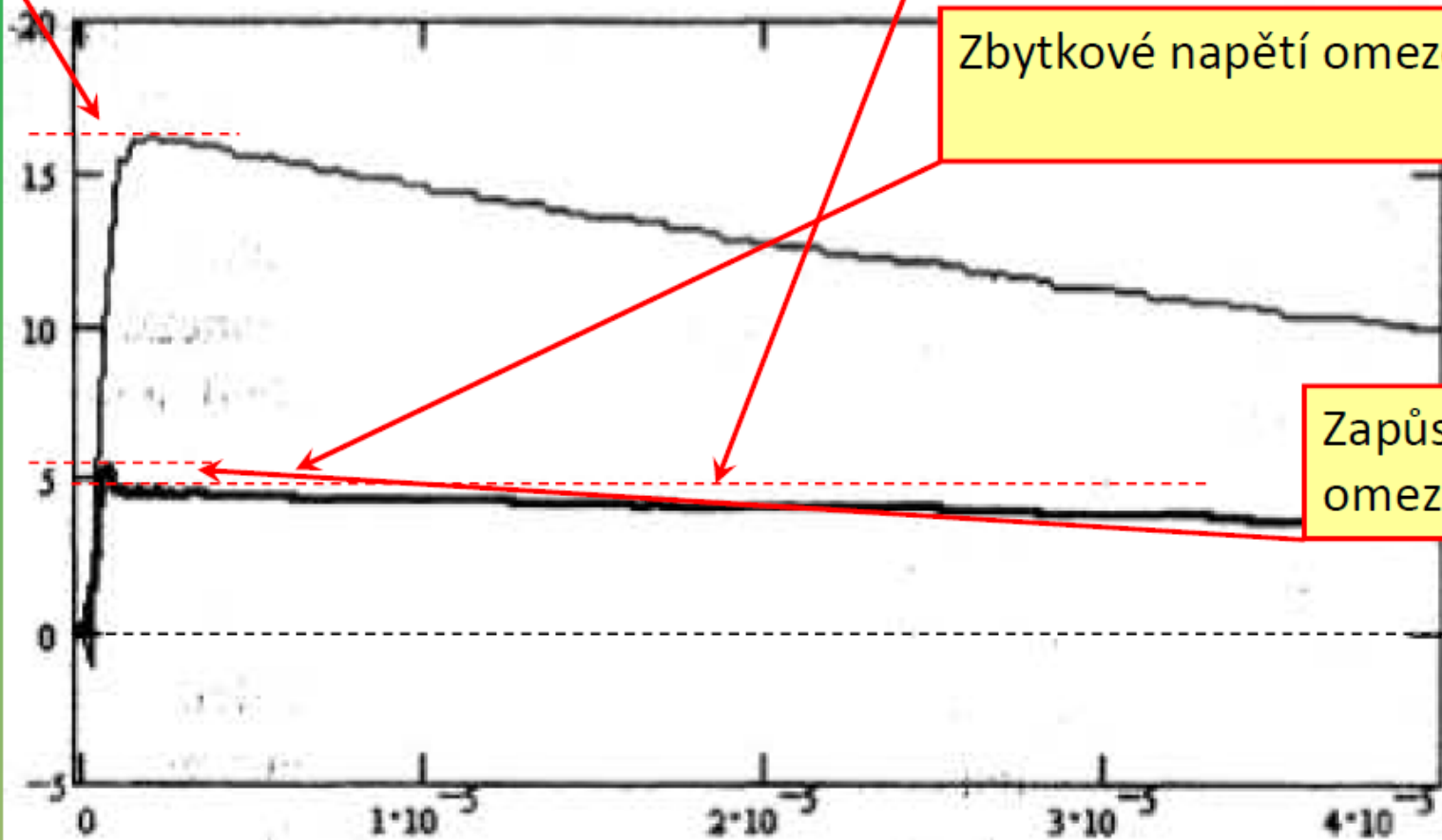
Působení omezovače

Rázový impuls 1,2/50 μ s,
 $U_{\max} = 17$ kV
(průběh napětí bez omezovače)

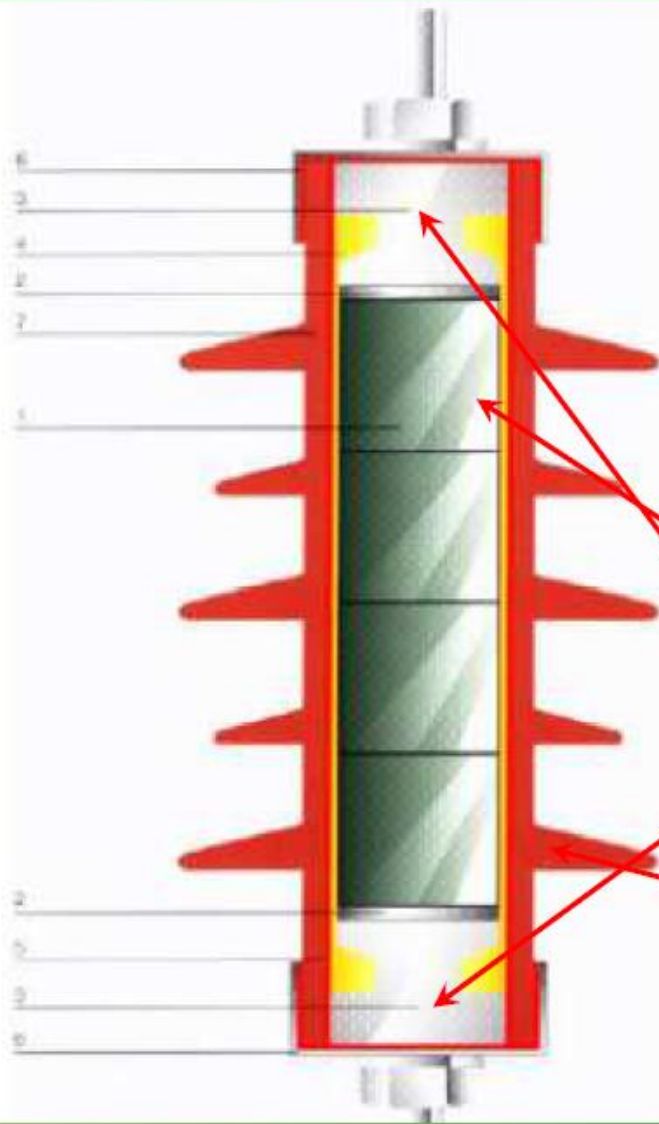
Působení omezovače

Zbytkové napětí omezovače - 5kV

Zapůsobení
omezovače



Příklad omezovače pro síť 22 kV



$$U_r = 30 \text{ kV}$$

$$U_c = 24 \text{ kV}$$

$$I = 10 \text{ kA}$$

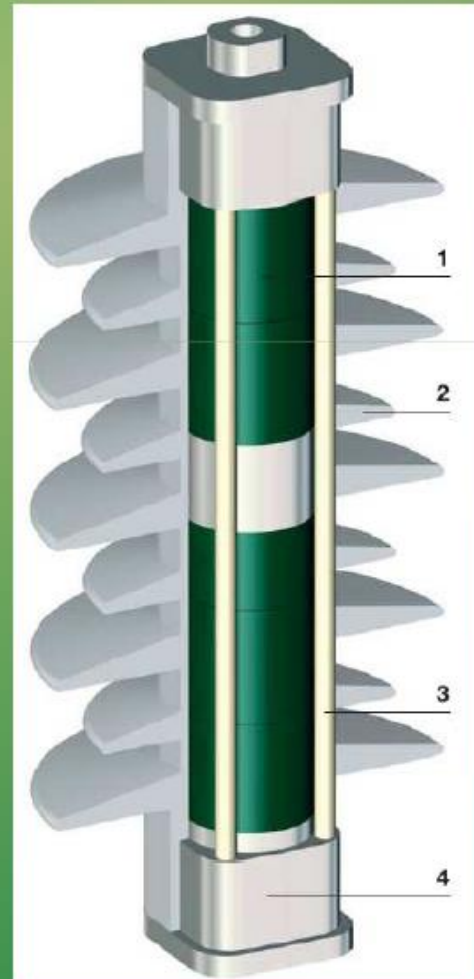
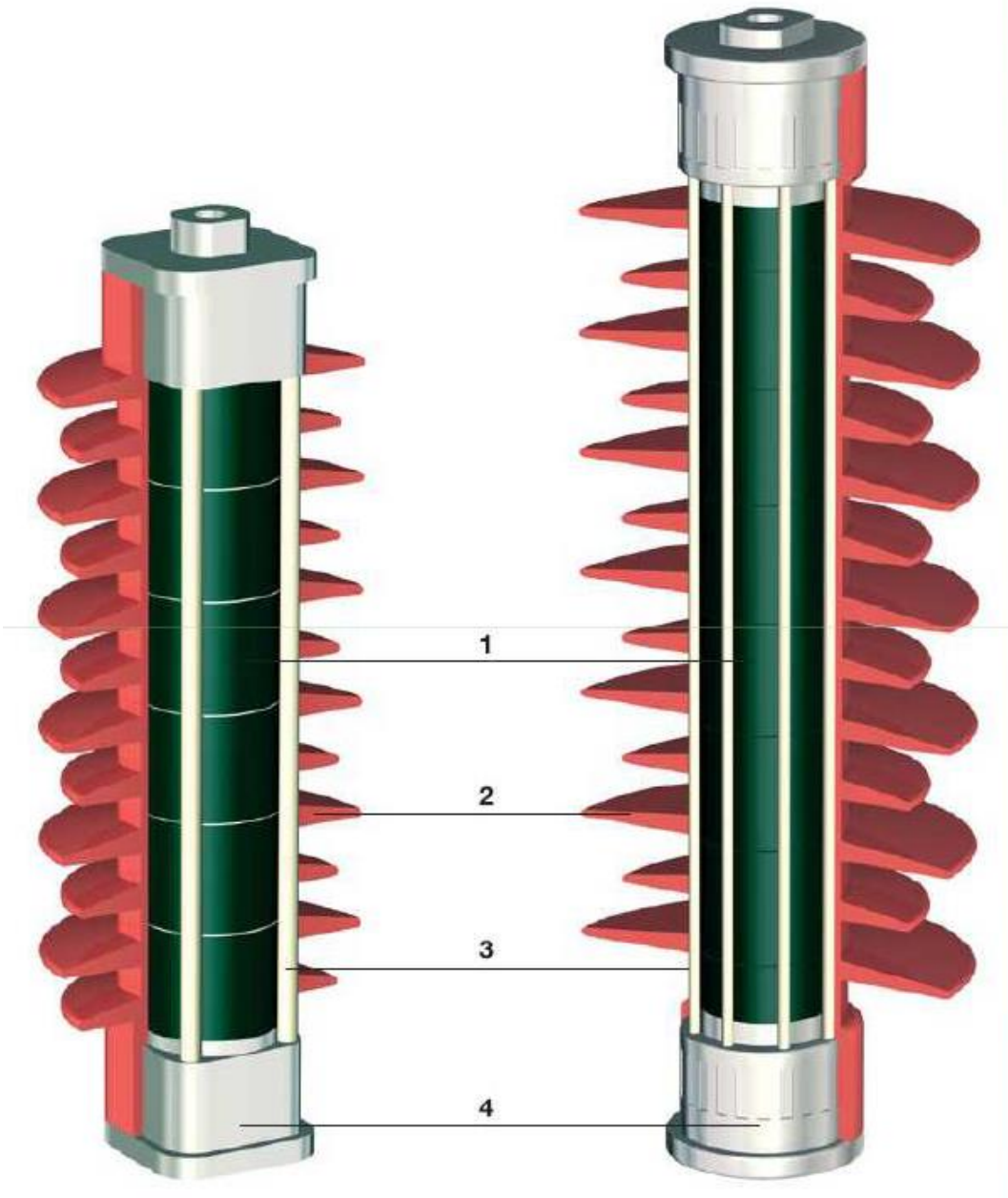
Zbytkové napětí:

$$I=5 \text{ kA} \Rightarrow U=73,8 \text{ kV}$$

$$I=10 \text{ kA} \Rightarrow U=80 \text{ kV}$$

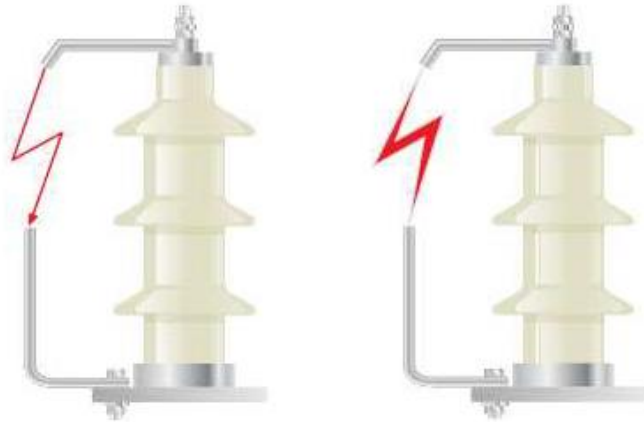
1. ZnO kotouče
2. Taliřové péro
3. Elektrody
4. Vlákny zesílený obal
5. Těsnící hmota
6. Uzávěry z nekorodující oceli
7. Polymerový obal odolný vůči plazivým proudům

Příklady omezovače vn



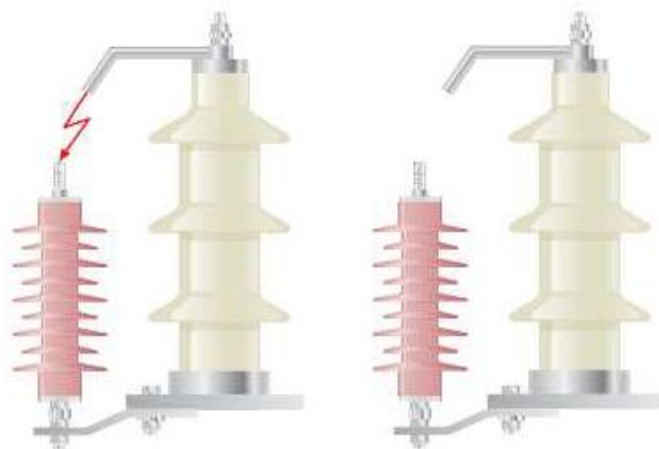
Bez CLX

Ochrana proti atmosférickým výbojům pomocí jiskřiště. V případě atmosférického přepětí může způsobit obloukový výboj na jiskřišti trvalé vypnutí vedení.



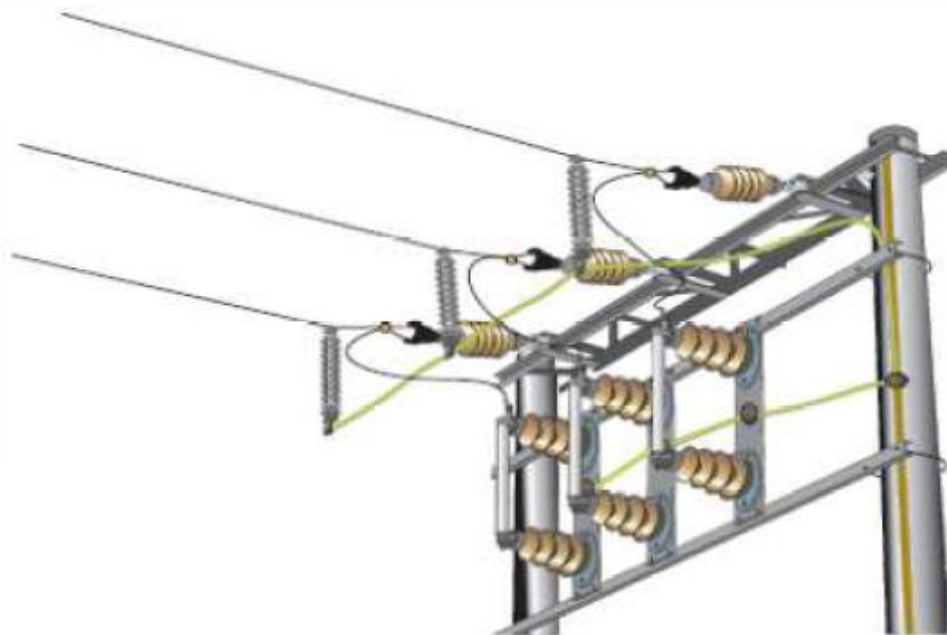
S CLX

ZnO omezovač (MORE) přeruší následný proud během první poloviny periody napětí síťového kmitočtu a zabrání tak výpadku vedení.

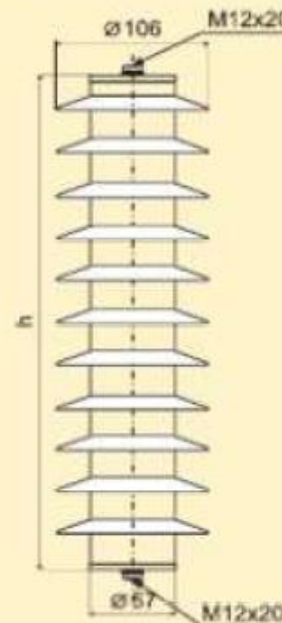


Příklad
omezovače vn -
pro venkovní
vedení

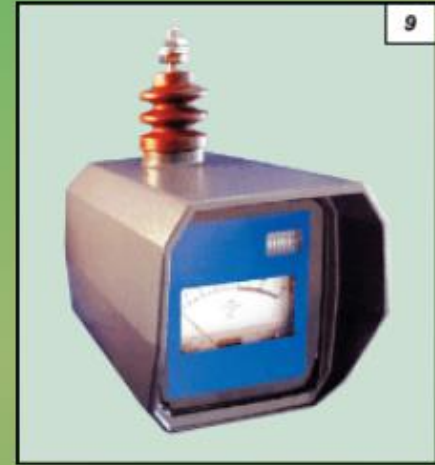




PSP +/-10



Označení		PSP 7/10	PSP 12/10	PSP 17/10	PSP 24/10	PSP 36/10	PSP 39/10
Trvalé provozní napětí	U_c	7 kV	12 kV	17 kV	24 kV	36 kV	39 kV
Jmenovité napětí	U_r	9 kV	15 kV	21 kV	30 kV	45 kV	48 kV
Jmenovitý výbojový proud	I_b	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA
Impulz vysokého proudu (4/10)		2 x 100 kA	2 x 100 kA	2 x 100 kA	2 x 100 kA	2 x 100 kA	2 x 100 kA
Dlouhý impulz proudu (2 ms)		4 x (5 x 250 A)	4 x (5 x 250 A)	4 x (5 x 250 A)	4 x (5 x 250 A)	4 x (5 x 250 A)	4 x (5 x 250 A)
Třída vybití vedení dle ČSN EN 60099-4		1	1	1	1	1	1
Zbytkové napětí při I_b	U_{res}	< 28,5 kV	< 47,5 kV	< 66,5 kV	< 95 kV	< 142,5 kV	< 152 kV
Výška	h	140 mm	190 mm	250 mm	295 mm	390 mm	410 mm
Povrchová dráha		280 mm	370 mm	510 mm	630 mm	810 mm	935 mm
Pracovní teplota	θ	-35 °C ÷ + 55 °C	-35 °C ÷ + 55 °C	-35 °C ÷ + 55 °C	-35 °C ÷ + 55 °C	-35 °C ÷ + 55 °C	-35 °C ÷ + 55 °C
Hmotnost	m	1,3 kg	1,9 kg	2,4 kg	3,1 kg	4,2 kg	4,5 kg
Katalogové číslo		91 002	91 005	91 007	91 011	91 013	91 015



Zdroje:

Literatura:

Ladislav VOŽENÍLEK, František LSTIBŮREK: Základy elektrotechniky II, SNTL, Praha, 1985, 2810,04-522-85

Ivan BANZET, Václav HONYS: Rozvod elektrické energie II, SNTL, Praha, 1985, 02-513-85

Materiály firmy DEHN + SOHNE