

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Problematika atmosférického přepětí

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Vít POKORNÝ**
Osobní číslo: **E11B0071P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Elektrotechnika a energetika**
Název tématu: **Problematika atmosférických přepětí**
Zadávající katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Zpracujte dostupné teoretické podklady o vzniku a parametrech atmosférických přepětí.
2. Popište principy šíření těchto jevů v rozvodech elektrické energie a jejich důsledky.
3. Uveďte přehled ochranných opatření proti tomuto typu přepětí (instalované ochranné prvky i zkoušky odolnosti zařízení v různých napěťových kategoriích).

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**
 Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**
 Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
 Seznam odborné literatury:

1. Burant J.: Blesk a přepětí
2. Jirků J., Popolanský, F.: Atmosférická přepětí v rozvodu elektrické energie
3. Saltek - Příručka pro projektování, montáže a revize
4. ČSN IEC 60-1, ČSN EN 61000-4-5

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Eva Müllerová, Ph.D.**
 Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2013**
 Termín odevzdání bakalářské práce: **9. června 2014**


 Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
 děkan




 Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
 vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce se zabývá problematikou atmosférického přepětí. První kapitola se zaměřuje na vznik, parametry a účinky atmosférického přepětí. Dále je popsáno šíření vln přepětí po vedení s odpovídajícími základními rovnicemi a ukázkami prostupu vln na rozhraních různých impedancí. Následující kapitola se zabývá zkouškami odolnosti zařízení, tvary a parametry rázových impulsů. Další část seznamuje se základními ochrannými opatřeními proti atmosférickému přepětí, týkající se převážně ochrany vnitřní části objektů. Poslední část práce je věnována konkrétním typům svodičů přepětí, jejich aplikacím na rozhraních zón bleskové ochrany a jejich vzájemné koordinaci.

Klíčová slova

Atmosférické přepětí, atmosférický výboj, blesk, ochrana před bleskem, homogenní vedení, rázový impulz, ochrana pospojováním, ochrana stíněním, zóny bleskové ochrany, svodič přepětí, jiskřiště, varistor, transil, trisil.

Abstract

The present bachelor thesis deals with the issue of the atmospheric surge. The first chapter is focused on the formation, parameters and effects of the atmospheric surge. Furthermore, it is described the propagation of surge waves in power lines with correspondent basic equations and the illustrations of transmission of waves at interfaces of different impedances. The following chapter deals with surge immunity tests, shapes and parameters of surges. The next part introduces basic protective measures against the atmospheric surge, mainly concerning the protection of the inner part of the objects. The last section of the work presents specific types of surge protective devices, its application on interfaces of the lightning protection zones and its mutual coordination.

Key words

Atmospheric surge, atmospheric discharge, lightning, lightning protection, transmission line, surge, bonding network, spatial shielding, lightning protection zone, surge protective device, spark gap, varistor, transil, trisil.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou/bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce. Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské/diplomové práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 28.5.2014

Vít Pokorný

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval paní Doc. Ing. Evě Müllerové, Ph.D. za vstřícnost, cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení mé bakalářské práce.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 VZNIK ATMOSFÉRICKÉHO PŘEPĚTÍ	11
1.1 VZNIK BOUŘKY A ATMOSFÉRICKÉHO VÝBOJE	11
1.1.1 Tepelná bouřka	11
1.1.2 Geografická bouřka	12
1.1.3 Frontální bouřka	12
1.2 DRUHY ATMOSFÉRICKÝCH VÝBOJŮ	12
1.3 ROZVOJ A PARAMETRY ATMOSFÉRICKÉHO VÝBOJE	13
1.4 ÚČINKY ATMOSFÉRICKÉHO VÝBOJE	14
2 ŠÍŘENÍ VLN PŘEPĚTÍ PO VEDENÍ	15
2.1 ZÁKLADNÍ ROVNICE JEDNOFÁZOVÉHO HOMOGENNÍHO VEDENÍ	15
2.2 IDEÁLNÍ HOMOGENNÍ VEDENÍ	16
2.3 PŘECHODNÉ JEVY V HOMOGENNÍM VEDENÍ	17
2.3.1 Přechod vln na rozhraní dvou vedení při impedancích $Z_1 < Z_2$	17
2.3.2 Odraz napěťové a proudové vlny při vedení naprázdno	19
2.3.3 Odraz napěťové a proudové vlny při vedení nakrátko	20
3 ZKOUŠKY ODOLNOSTI ZAŘÍZENÍ	21
3.1 RÁZOVÝ IMPULZ	21
3.1.1 Rázová vlna napětí	21
3.1.2 Rázová vlna proudu	22
4 OCHRANNÁ OPATŘENÍ PROTI ATMOSFÉRICKÉMU PŘEPĚTÍ	24
4.1 OCHRANA VENKOVNÍCH VEDENÍ	24
4.2 OCHRANA POSPOJOVÁNÍM	26
4.3 OCHRANA STÍNĚNÍM	27
4.4 ZÓNY BLESKOVÉ OCHRANY	28
4.4.1 Rozhraní LPZ 0 a LPZ 1	29
5 SVODIČE PŘEPĚTÍ	30
5.1 PARAMETRY SPD	31
5.2 SVODIČE TŘÍDY B	31
5.2.1 Jiskřiště a výkonovébleskojistky	32
5.3 SVODIČE TŘÍDY C	33
5.3.1 Varistory	34
5.3.2 Transil, supresorová dioda	35
5.3.3 Trisil	36
5.4 SVODIČE TŘÍDY D	37
5.5 KOORDINACE OCHRAN	38
5.5.1 Oddělovací impedance	39
ZÁVĚR	41
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	42
PŘÍLOHY	1
I. PŘÍKLADY VZDÁLENOSTÍ MEZI INSTALOVANÝMI SVODIČI	1
II. KATALOGOVÉ LISTY JEDNOTLIVÝCH TYPŮ SVODIČŮ	2

Seznam symbolů a zkratk

γ	Konstanta šíření [-]
Z_0	Vlnová impedance [Ω]
β	Konstanta tlumení [Np/km]
α	Konstanta fáze [rad/km]
v	Fázová rychlost [km/s]
L	Indukčnost vedení [H/km]
R	Elektrický odpor vedení [Ω /km]
C	Kapacita vedení [F/km]
G	Elektrická vodivost vedení (svod) [S/km]
ζ	Činitel odrazu [-]
I_{imp}	Maximální proud impulsu [kA]
I_n	Jmenovitý výbojový proud [kA]
I_{max}	Maximální výbojový proud [kA]
U_p	Ochranná úroveň [kV]
U_{res}	Zbytkové napětí [kV]
U_L	Úbytek napětí na indukčnosti L [V]
L_x	Hodnota indukčnosti L [H]
di/dt	Strmost proudu [-]
EMC.....	Electromagnetic compatibility (elektromagnetická kompatibilita)
nn	Nízké napětí
ZnO	Oxid zinečnatý
SiC	Karbid křemíku
LPZ	Lighting Protection Zone (zóna bleskové ochrany)
LEMP.....	Lightning Electromagnetic Pulse (bleskový elektromagnetický pulz)
SPD	Surge Protective Device (svodiče přepětí)
PE.....	Protective Earthing (ochranný vodič)
PEN.....	Protective Earthing Neutral (sloučení středního a ochranného vodiče)
RTO	Rázová oddělovací tlumivka

Úvod

Atmosférické přepětí je jev, proti kterému se již dlouhá léta lidé snaží chránit. Nicméně energie výboje je tak velká, že stále neexistuje způsob, jak tomuto jevu zabránit. Nebezpečí představuje převážně pro vedení, budovy, jejich vnitřní i vnější instalaci a pro všechny živé bytosti. Každoročně dochází k mnoha požárům, způsobených atmosférickými výboji. Účinky tohoto výboje jsou poté následovány výraznými materiálními škodami, v horších případech úrazy a ztrátami na životech lidí a zvířat. Riziko nehod se dá snížit použitím příslušných ochranných opatření.

Základem ochrany objektů je komplexní ochranný systém sestávající se z hromosvodné ochrany, uzemňovacího systému, vyrovnání potenciálů, stínění objektů a ochrany pracovních vodičů všech metalických rozvodů. Jeho správný návrh se vyznačuje specifickými postupy a zásadami, které musejí být dodrženy v průběhu realizace.

V dnešní neustále se rozvíjející době vzniká stále více nových přístrojů obsahujících mnoho integrovaných součástek s neobyčejnou citlivostí na vliv elektromagnetických polí. Z tohoto hlediska představuje atmosférický výboj také velmi výrazné nebezpečí. Zhroucení informačních a řídicích systémů může mít daleko horší následky než přímé škody na zařízení. Jednou z prevencí proti tomuto nebezpečí je použití svodičů přepětí s ochranou proti vysokofrekvenčnímu rušení. Náklady na svodiče přepětí bývají pouze zlomkem procenta pořizovací hodnoty chráněné techniky a nepatrnou částkou k možným škodám zaviněných výpadky a zničením technologického zařízení.

Cílem této práce je seznámit čtenáře se vznikem a parametry atmosférického výboje, dále s jeho možným šířením a převážně poté s případnou ochranou vnitřních částí budov pomocí svodičů přepětí.

1 Vznik atmosférického přepětí

Bouřky již od pradávna vyvolávají v lidech pocit nebezpečí a zároveň pro některé jsou ohromným nebeským představením. Zkoumáním bouřkových jevů se již od 17. století zabývá mnoho vědců. Především tedy ochranou před nejnebezpečnějším jevem bouřky a to bleskem, přesněji atmosférickým výbojem. Blesk patří mezi energeticky nejvýznamnější druhy přepětí.

1.1 Vznik bouřky a atmosférického výboje

Bouřky vznikají jako důsledek vzájemného působení mezi mraky nebo mezi částmi mraků a zemí. Jedná se o rozdíl mezi elektrickými náboji v oblacích. K pohybům oblak dochází vlivem vzestupného proudění vzduchu. Při vzestupném pohybu vzduchu dochází k jeho ochlazení a ke kondenzaci vodní páry. Tím roste kupovitý oblak. Zdola je stále nasáván další teplý a vlhký vzduch, který má za následek stálé stoupání vzduchu. Jakmile dosáhne výšky, kdy jeho teplota klesne pod nulu, část zkondenzované vody zmrzne a část zůstane ve formě přechlazené vody. Uvolňuje se další skupenské teplo, které pomáhá vzduchu dále stoupat, až do výšek kdy teplota klesne pod cca $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3] a všechna voda je již prakticky zmrzlá. Výsledkem tohoto procesu je vznik sněhových vloček nebo větších ledových útvarů, zvaných kroupy.

Led je látka, která se při zahřátí jedné strany a ochlazení druhé strany elektricky nabije. Studený konec se nabije kladně a teplejší záporně. V bouřkovém mraku ve výšce o teplotě cca od $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3] se vyskytuje přechlazená voda společně s různě velkými ledovými částicemi. Interakcí těchto ledových částic se poté menší a chladnější částice nabijí kladně, kdežto větší a teplejší záporně. Lehčí kladně nabitě částice poté stoupají vzhůru a těžší záporně nabitě klesají dolů. Tím se v horní části oblaku vytváří centrum kladného náboje a v dolní části oblaku centrum záporného náboje. Při dosažení určité elektrické intenzity se vytvoří elektrické napětí, což způsobuje tvorbu blesků.

Stoupání vzduchu může mít několik důvodů, podle kterých rozlišujeme druhy bouřek [1]:

1.1.1 Tepelná bouřka

Vzniká nejčastěji v létě vlivem ohřívání zemského povrchu sluncem nebo teplejším zemským povrchem. Teplý vzduch s menší hustotou poté stoupá vzhůru a nahrazuje ho studený vzduch. Nejčastěji se tyto bouřky vyskytují v období od května do září mezi 15. a 18.

hodinou [2].

1.1.2 Geografická bouřka

Nazývaná také orografická. Je to bouřka vznikající díky nerovnosti zemského povrchu. Vzdušné masy, proudící přes hřebeny hor, jsou vytlačovány vzhůru do vyšších a studenějších vrstev [1].

1.1.3 Frontální bouřka

Při příchodu studené fronty se rychlejší chladnější vzduch podsouvá pod teplý vzduch a vytlačuje ho směrem vzhůru. Rychlé stoupání teplého vzduchu přináší výrazný pokles teploty. Je to nejčastější druh bouřky.

1.2 Druhy atmosférických výbojů

Atmosférický výboj může vznikat mezi dvěma mraky nebo mezi mrakem a zemí. Pro nás má význam zejména druhý případ, kdy proti výboji mezi mrakem a zemí je třeba chránit objekty. Výboje se mohou šířit od mraku k zemi (sestupný blesk) nebo od země k mraku (vzestupný blesk). Dalším faktorem je polarita bouřkového mraku. Kombinací těchto možností dostáváme základní dělení výbojů [1] :

1. Negativní výboj mrak – zem.

Od mraku se k zemskému povrchu přenáší záporný náboj (obr. 1-1 a).

2. Negativní výboj zem – mrak.

Mrak je oproti zemskému povrchu nabitý záporně. Výboj tedy proudí od země k mraku a přenáší se tímto směrem kladný náboj (obr. 1-1 b).

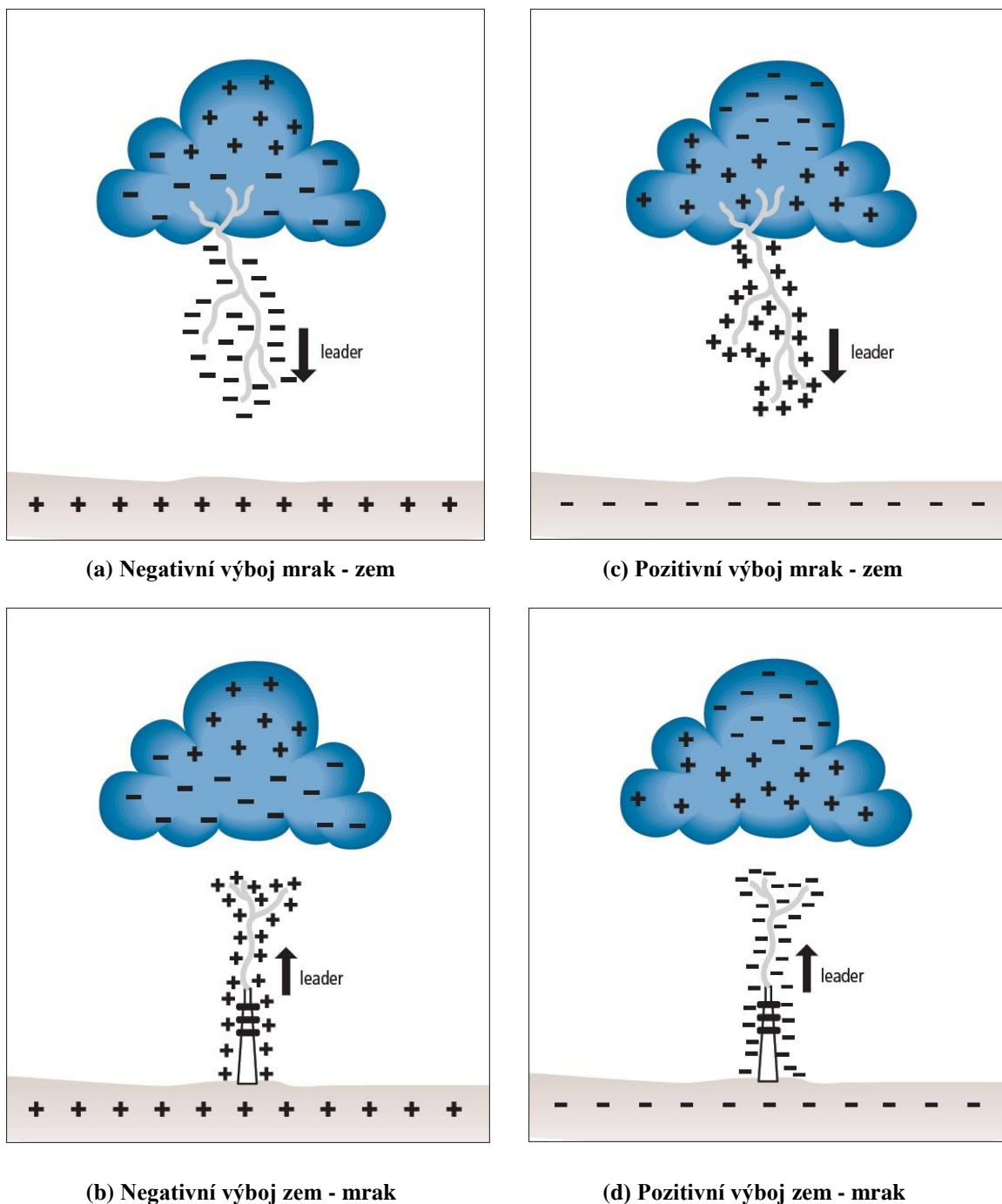
3. Pozitivní výboj mrak – zem.

Výboj přenáší směrem od mraku k zemi kladný náboj (obr. 1-1 c).

4. Pozitivní výboj zem – mrak.

Mrak je vzhledem k zemi nabitý kladně. Výboj postupuje od země k mraku se záporným nábojem (obr. 1-1 d).

Devadesát procent všech atmosférických výbojů představují negativní výboje mrak – zem. Vzestupný blesk je velmi vzácným jevem a mohou ho zapříčít velmi vysoké budovy (rádiové stožáry, telekomunikační věže,...) nebo horské vrcholy.



Obr. 1-1: Druhy výbojů [4]

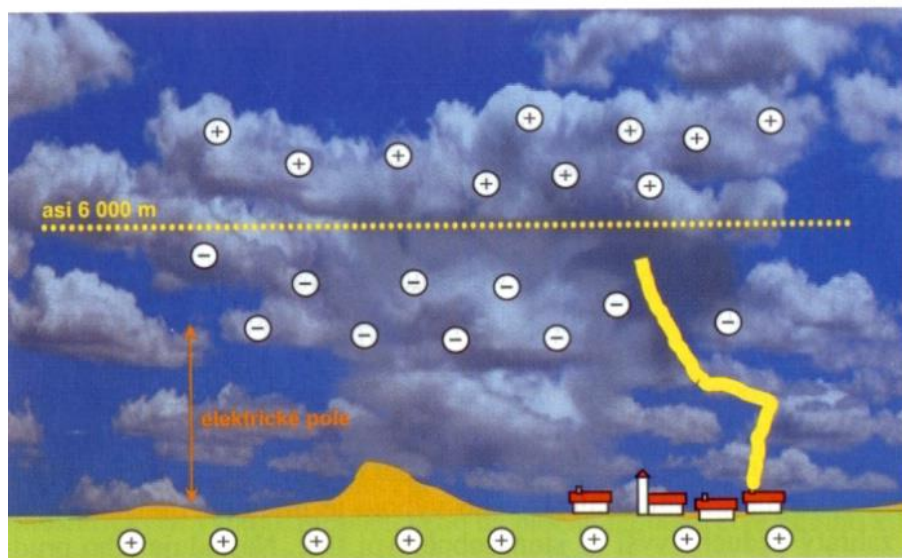
1.3 Rozvoj a parametry atmosférického výboje

Bouřkový mrak vzniká ve výšce mezi 2 až 5 km nad zemí s průměrem 5 až 11 km [1]. Při uvažování nejčastějšího případu, tedy negativní výboj mrak – zem, má mrak polarizaci takovou, že v horní části jsou sněhové vločky nesoucí kladný náboj a v dolní části jsou těžší kousky ledu nesoucí záporný náboj. Na zemském povrchu se vytvoří kladný zrcadlový náboj.

Soustavu lze připodobnit k obrovskému kondenzátoru složeného ze dvou opačně nabitých desek. Mezi deskami se tedy vytváří elektrické pole (obr. 1-2). Při dosažení intenzity elektrického pole přibližně 100 kV/m [5] začne vznikat atmosférický výboj.

V první fázi vzniku blesku se vytváří vůdčí výboj (leader), který dává vzniknout opticky patrnému kanálu o vysoké ionizaci, jímž poté po určitý okamžik protéká elektrický proud. Vůdčí výboj se pohybuje po asi 50 m, kdy vždy na několik mikrosekund zastavuje a „hledá“ nejvodivější dráhu pro svůj další rozvoj. Kanál postupuje rychlostí asi 1000 km/s [5]. Ve vzdálenosti několika desítek metrů od povrchu vychází od místa s vyšším gradientem intenzity elektrického pole (věž, strom, ...) vstříc vůdčímu výboji vstřícný výboj. Po jejich spojení se obvod uzavře, vznikne vodivý kanál mezi mrakem a zemí a proběhne po něm hlavní elektrický výboj a to většinou od země do mraku [1].

Průměr kanálu blesku může být několik milimetrů až centimetrů. Teplota uvnitř bleskového výboje stoupá až k hodnotám okolo 25 000 K. Napětí mezi bleskem a zemí dosahuje hodnot 100 milionů voltů a proud protékající kanálem 30 000 ampérů. Výkon blesku tedy vychází až na 3 miliardy Wattů, trvající ovšem pouze po dobu jedné tisíciný sekundy [5].



Obr. 1-2: Rozdělení náboje při negativním výboji mrak – zem [1]

1.4 Účinky atmosférického výboje

Atmosférický výboj má o mnoho více projevů, než jen elektrických. Nežádoucí účinky lze rozdělit na [1]:

- Tepelné
- Mechanické
- Elektrodynamické

- Elektrické průrazy
- Elektromagnetickou indukci

Nejzávažnější problém představují tepelné účinky. Při průchodu proudu atmosférického výboje materiálem o nenulové rezistivitě může dojít k poškození, popřípadě vznícení materiálu. Prudký nárůst teploty může mít také velmi negativní vliv na ne zcela vyschlé trámy budov nebo stromy. Při vysoké teplotě se začne odpařovat pára přítomná v dřevní hmotě, a jestliže nemá kam uniknout, pak její tlak působí velmi destruktivně na strukturu dřeva. Stejný problém může nastat ve zdivu nebo střešní krytině.

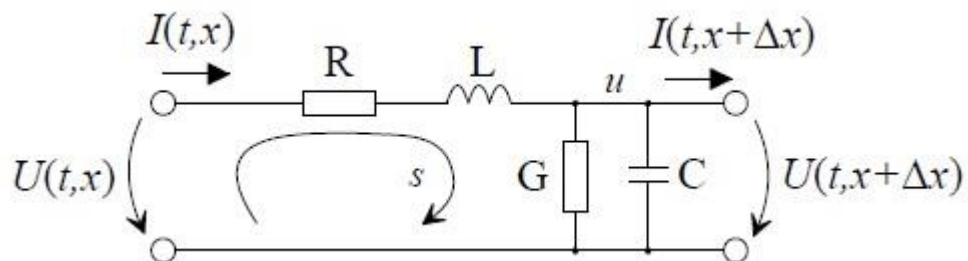
Další příčina mechanického poškození je způsobena elektrodynamickými silami, působícími na vodiče. Může docházet k uvolňování a vytrhávání svodičů přepětí ze svorek a úchytů [1]. Při přeskočení bleskového proudu na elektrické rozvody může mít poté proud destruktivní účinky i na další spotřebiče.

2 Šíření vln přepětí po vedení

Při řešení šíření vln přepětí po vedení je třeba počítat i s geometrickým uspořádáním soustavy. Napětí a proudy jsou tedy nejen funkcí času, ale též geometrických souřadnic. Pro řešení vln na dlouhém vedení uvažujeme vedení jako homogenní, tj. vedení s rozprostřenými parametry [6].

2.1 Základní rovnice jednofázového homogenního vedení

Homogenní vedení charakterizují čtyři parametry, udávané na jednotku délky: odpor R a indukčnost L tvořené dvojicí vodičů (podélné vlastnosti), kapacita C a vodivost (svod) G mezi vodiči (příčné parametry). Tyto parametry jsou uvažovány jako konstanty (obr. 2-1).



Obr. 2-1: Element homogenního vedení [7]

Řešením tohoto obvodu dostáváme telegrafní rovnice

$$-\frac{\partial u(t; x)}{\partial x} = Ri(t; x) + L \frac{\partial i(t; x)}{\partial t} \quad (2-1)$$

$$-\frac{\partial i(t; x)}{\partial x} = Gu(t; x) + C \frac{\partial u(t; x)}{\partial t}$$

Pomocí těchto rovnic můžeme řešit postupné vlny napětí $u = u(t; x)$ a proudu $i = i(t; x)$ v kterémkoliv místě a čase na vedení [6]. Postupné vlny se šíří v podobě hlavní vlny a odražené vlny.

Po úpravě rovnic pomocí symbolicko-komplexní metody dostáváme komplexní konstanty:

$$\gamma = \sqrt{(R + j\omega L) * (G + j\omega C)} \quad (2-2)$$

$$\mathbf{Z}_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \quad (2-3)$$

kde konstanta šíření γ a vlnová impedance \mathbf{Z}_0 jsou veličiny charakterizující vlastnosti homogenního vedení. Nazýváme je *provozními parametry homogenního vedení* [6].

Konstantu šíření dále můžeme vyjádřit pomocí konstanty tlumení β (udává tlumení obou postupných vln) a konstanty fáze α (udává posun mezi jednotlivými fázemi).

$$\gamma = \beta + j\alpha \quad (2-4)$$

2.2 Ideální homogenní vedení

Velmi často lze u homogenního vedení předpokládat $R = 0$ a $G = 0$. Takové vedení poté nazýváme *ideálním (bezeztrátovým) homogenním vedením*. Příkladem takového vedení je například venkovní vedení.

Konstanta tlumení a konstanta fáze se nám pro ideální případ rovnají.

$$\beta = 0 ; \alpha = \omega * \sqrt{LC} \quad (2-5)$$

Na vedení jsou tedy *netlumené postupné vlny*.

Po dosazení do vztahu (2-3) pro vlnovou impedanci dostáváme:

$$\mathbf{Z}_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (2-6)$$

Ze vztahu (2-5) můžeme vypočítat fázovou rychlost postupných vln

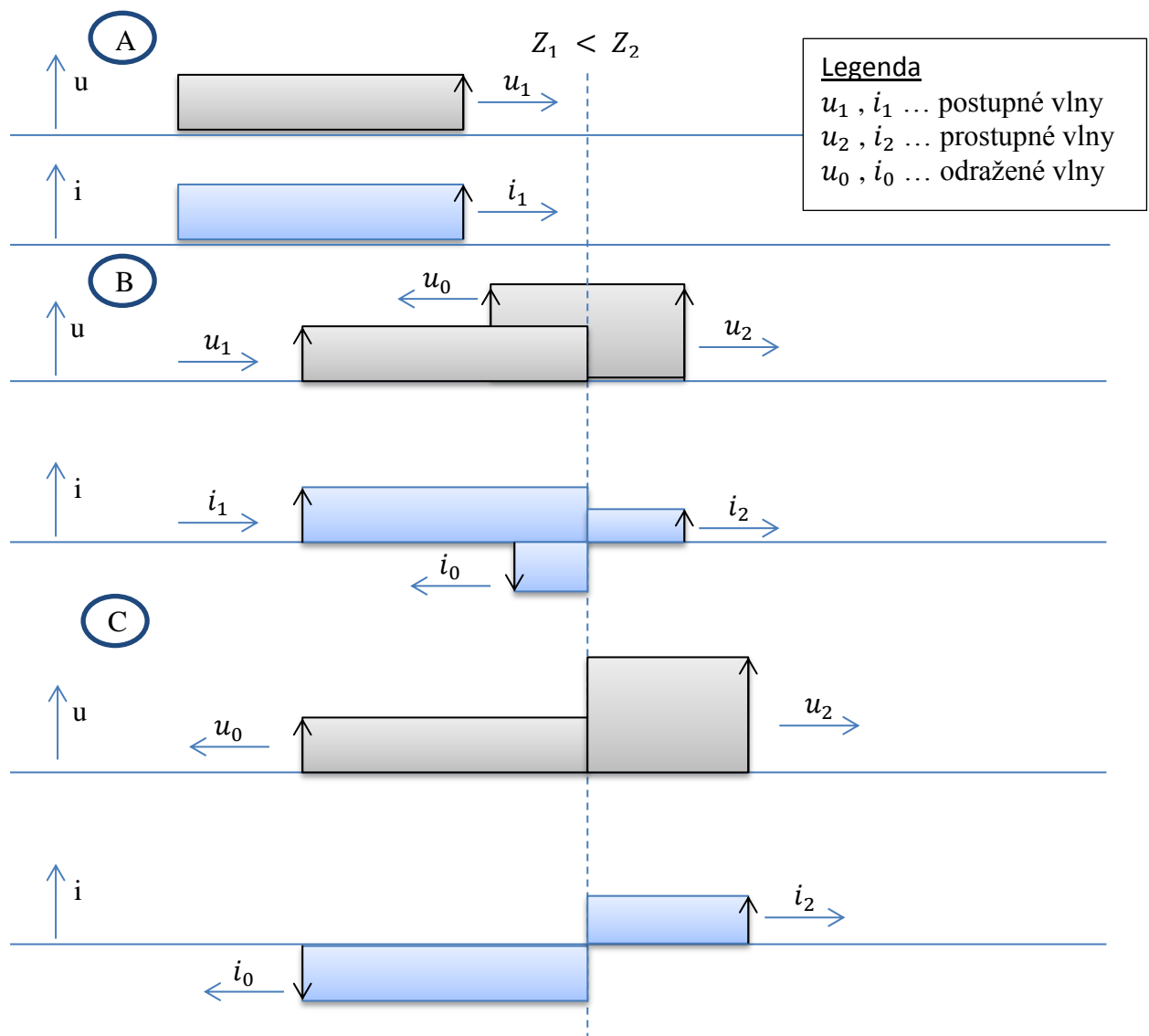
$$v = \frac{\omega}{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (2-7)$$

2.3 Přejchodné jevy v homogenním vedení

Při řešení přechodných jevů na vedení také působí postupné vlny v podobě hlavní a odražené, které se pohybují opačnými směry a vzájemně se skládají. Oproti ustáleným stavům působí tyto vlny jednorázově. Nazýváme je tedy *rázové vlny* (viz 3.1) napětí a proudu [6]. Dále bude rozebrán přestup a odraz vln na rozhraní různých vlnových impedancí [8]:

2.3.1 Přejchod vln na rozhraní dvou vedení při impedancích $Z_1 < Z_2$

Napěťová a proudová vlna se šíří po vedení s impedancí Z_1 k vedení s impedancí Z_2 (obr. 2-2). Příkladem může být spojení venkovního a kabelového vedení.



Obr. 2-2: Napěťová a proudová putovní vlna na rozhraní dvou impedancí

Na obr. 2-2 jsou vyznačeny u_1 a i_1 , jsou to postupné vlny vstupující na rozhraní dvou impedancí. Na tomto rozhraní část vln projde (u_2 , i_2) a část se odrazí a putuje zpět (u_0 , i_0).

Velikost vln stanovíme pomocí Kirchhoffových zákonů:

$$\begin{aligned}u_1 + u_0 - u_2 &= 0 \\i_1 - i_0 - i_2 &= 0\end{aligned}\tag{2-8}$$

Z Ohmova zákona:

$$\begin{aligned}u_1 &= i_1 * Z_1 \\u_0 &= i_0 * Z_1 \\u_2 &= i_2 * Z_2\end{aligned}\tag{2-9}$$

Po dosazení do rovnic (2-8)

$$\begin{aligned}\frac{u_1}{Z_1} - \frac{u_0}{Z_1} - \frac{u_2}{Z_2} &= 0 \\i_1 * Z_1 + i_0 * Z_1 - i_2 * Z_2 &= 0\end{aligned}\tag{2-10}$$

dostáváme velikosti prostupných vln

$$u_2 = u_1 * \frac{2 * Z_2}{Z_1 + Z_2}\tag{2-11}$$

$$i_2 = i_1 * \frac{2 * Z_1}{Z_1 + Z_2}\tag{2-12}$$

a velikosti odražených vln.

$$u_0 = u_1 * \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}\tag{2-13}$$

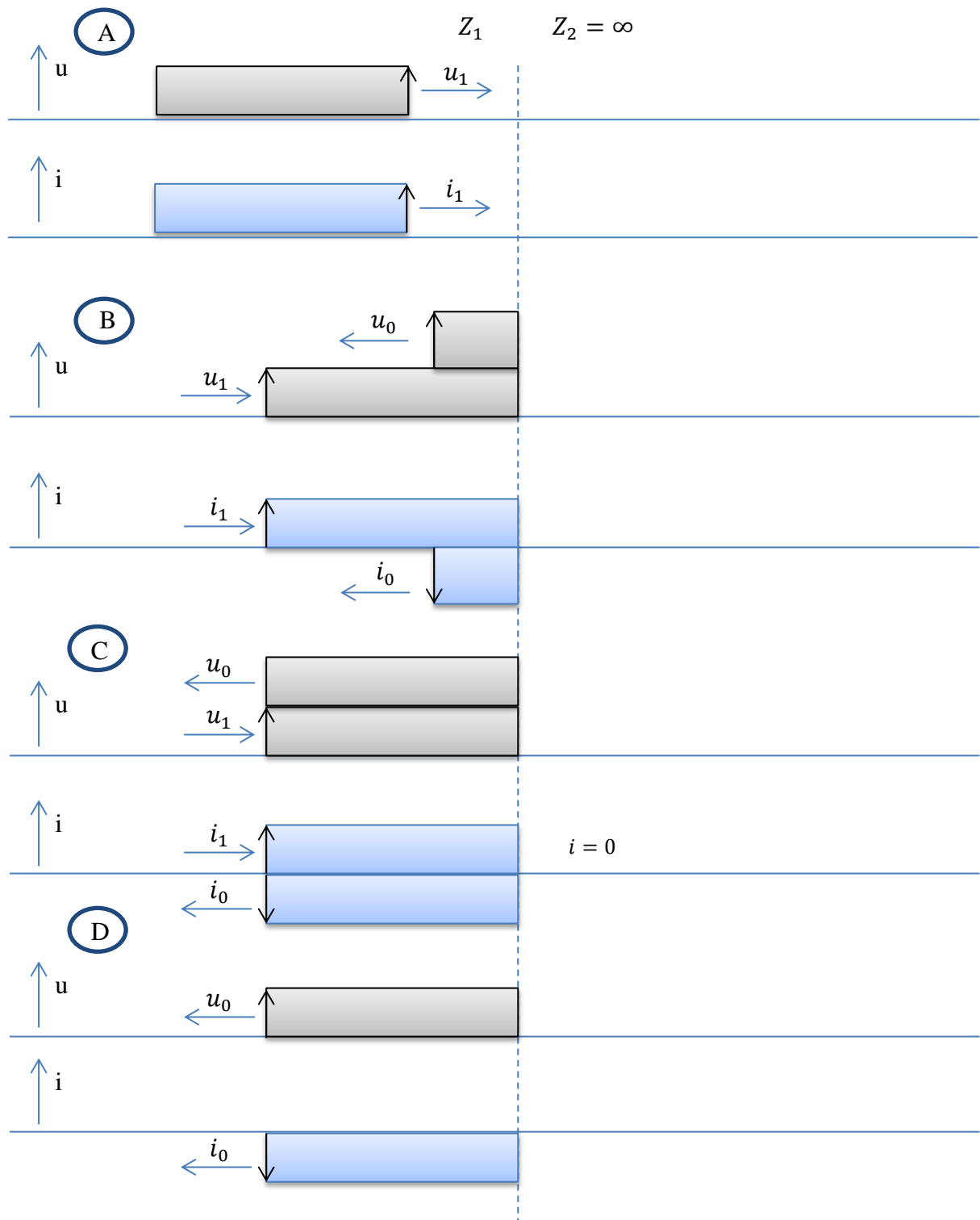
$$i_0 = -i_1 * \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}\tag{2-14}$$

Výraz

$$\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} = \zeta\tag{2-15}$$

nazýváme *činitel odrazu*. Udává nám, jak veliká je odražená vlna. Nabývá hodnot od nuly (nic se neodrazilo) do jedné (vše se odrazilo).

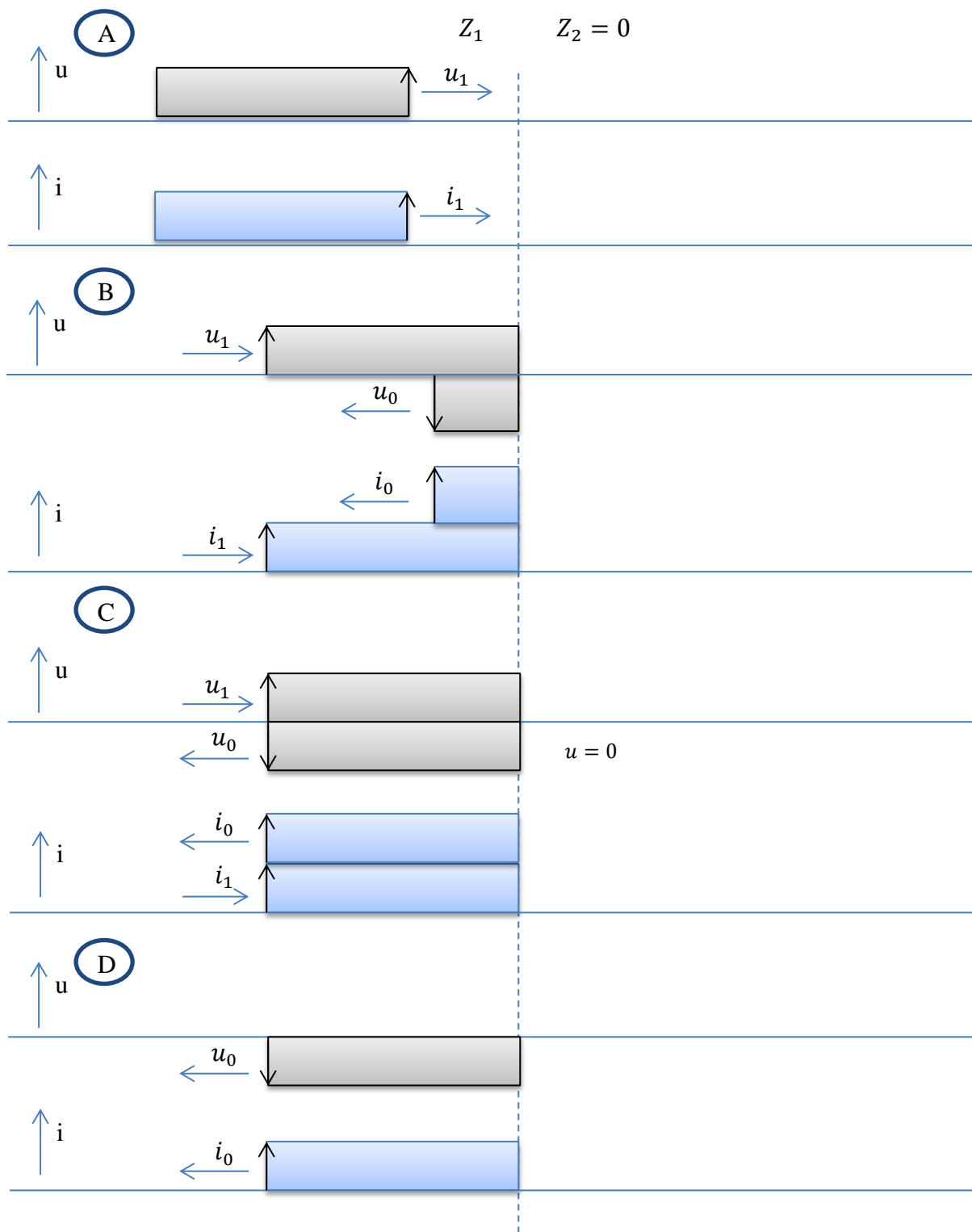
2.3.2 Odraz napěťové a proudové vlny při vedení naprázdno



Obr. 2-3: Odraz napěťové a proudové vlny od otevřeného konce vedení

Při vedení na konci rozpojeném je $Z_2 \Rightarrow \infty$ a činitel odrazu $\zeta = 1$. Z toho plyne, že $u_0 = u_1$ a $i_0 = -i_1$ [8].

2.3.3 Odraz napěťové a proudové vlny při vedení nakrátko



Obr. 2-4: Odraz napěťové a proudové vlny od konce vedení, spojeného nakrátko

Při vedení nakrátko je $Z_2 = 0$. Po dosazení do vztahu (2-15) nám vyjde činitel odrazu $\zeta = -1$, dostáváme tedy $u_0 = -u_1$ a $i_0 = i_1$ [8].

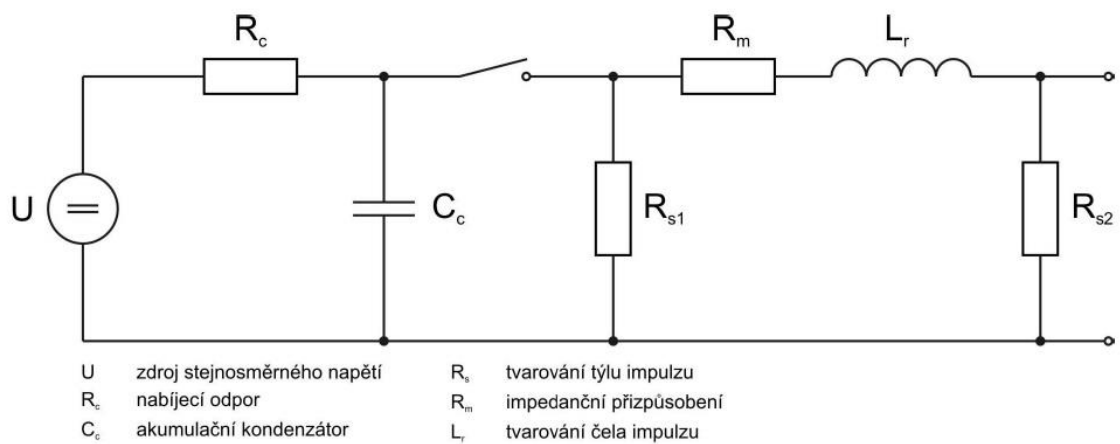
3 Zkoušky odolnosti zařízení

Je nezbytné ověřovat odolnost zařízení proti elektromagnetickým účinkům. Taková měření se nejčastěji provádějí podle standardizovaných postupů uvedených v příslušných normách elektromagnetické kompatibility (EMC). Při zkoušení zařízení proti atmosférickému výboji se používá zkoušek rázovými impulsy. Ty jsou různé pro vysokonapěťové přístroje a pro nízkonapěťové přístroje.

3.1 Rázový impuls

Zařízení musí odolávat přepětím způsobeným od spínacích a atmosférických přechodových jevů. Takové zkoušky se provádějí pomocí jednosměrných rázových impulsů. Přepětí se vyznačují značnými amplitudami a energií. Je tedy nutné vytvořit rázové impulsy simulující tato přepětí, kterými se testují zařízení před uvedením do provozu. Přístroj generující rázové impulsy se nazývá *generátor kombinované vlny*.

Tento generátor je určen pro generování napěťových a proudových impulsů, které mají dané doby nárůstu a poklesu. Zjednodušené schéma obvodu generátoru je na obrázku 3.1.



Obr. 3-1 Generátor kombinované vlny [11]

Hodnoty pro součástky R_{s1} , R_{s2} , R_m , L_r a C_0 jsou voleny tak, aby bylo možné generovat napětí rázového impulsu $1,2/50 \mu s$ (při chodu naprázdno) a proud rázového impulsu $8/20 \mu s$ (při chodu nakrátko) [9]. Tvary vln napětí a proudu se mění v závislosti na vstupní impedanci zkoušeného zařízení.

3.1.1 Rázová vlna napětí

Je jednosměrnou vlnou vzrůstající rychle bez výrazných kmitů na nejvyšší hodnotu a

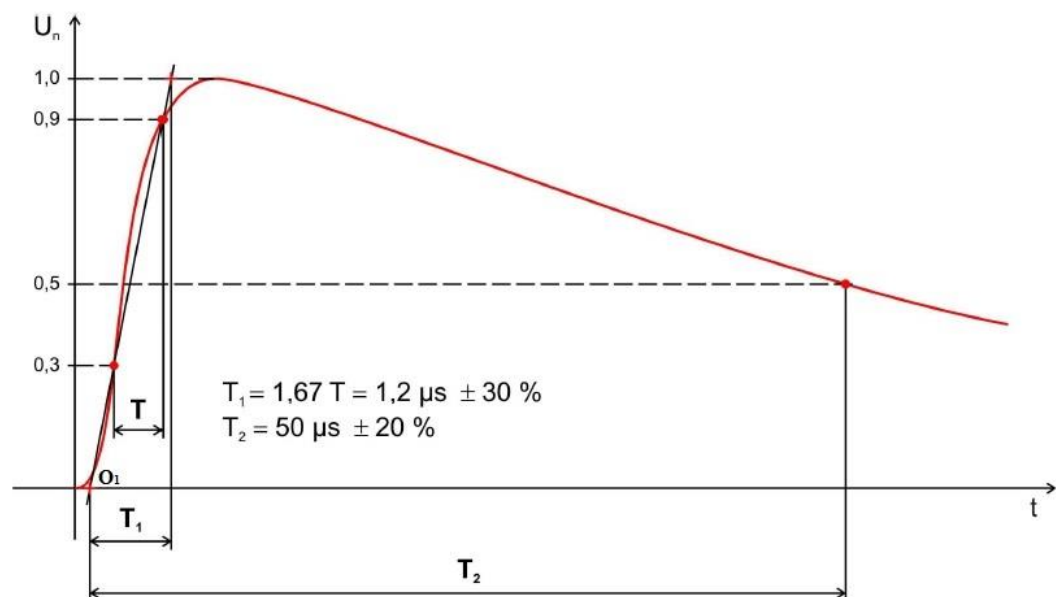
potom následuje pomalejší pokles k nule. Je charakterizována vrcholovou hodnotou U_{\max} (kV) a tvarem, který charakterizuje náběžná doba T_1 (μs) a doba na poloviční hodnotu T_2 (μs) [9].

Náběžná doba napěťového rázového impulsu T_1 je charakterizována jako: „virtuální parametr definovaný jako 1,67násobek intervalu T mezi okamžiky, kdy impuls dosahuje 30% a 90% vrcholové hodnoty“ [9].

Druhým údajem je doba na poloviční hodnotu T_2 , její definice zní: „časový interval mezi virtuálním počátkem O_1 a okamžikem, kdy napětí nebo proud poklesne na polovinu vrcholové hodnoty“ [9].

Při generování rázové vlny napětí 1,2/50 μs (obr. 3-2) se mohou výsledné tvary lišit od požadovaných průběhů. Je to dáno závislostí na výstupní impedanci generátoru a vstupní impedanci zkoušeného zařízení, jež se mohou měnit i během zkoušky odolnosti [10]. Proto jsou hodnoty T_1 a T_2 udávány v určité toleranci, pro které platí:

- $T_1 = 1,2\mu\text{s} \pm 30\%$
- $T_2 = 50\mu\text{s} \pm 20\%$



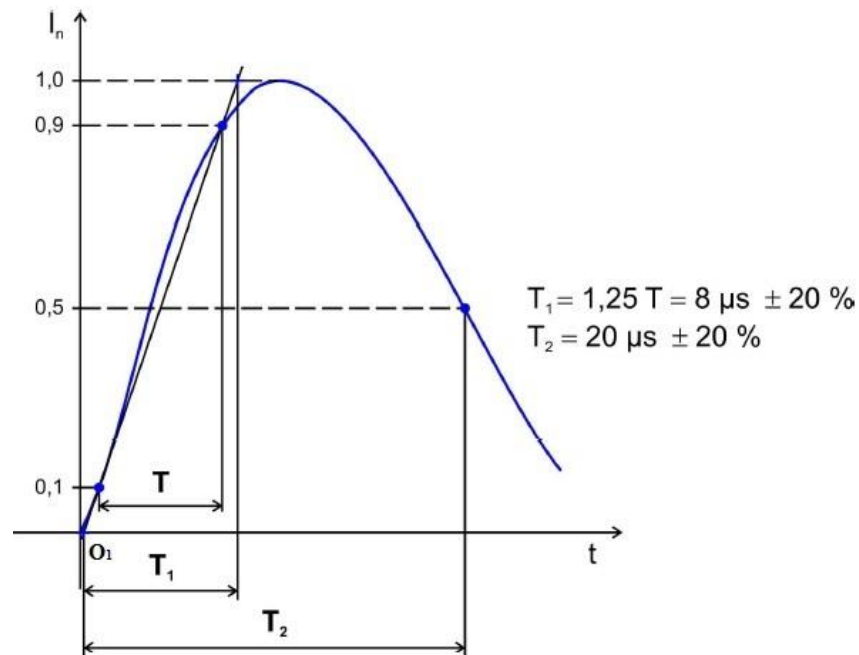
Obr. 3-2 Vlna napětí naprázdno (1,2/50 μs) [11]

3.1.2 Rázová vlna proudu

Má podobný tvar jako předchozí rázová vlna napětí. Liší se způsobem odečítání náběžné doby T_1 a hodnotami doby náběhu a doby na poloviční hodnotu T_2 . Je vytvářena generátorem kombinované vlny při chodu nakrátko.

Doba T_1 je charakterizována takto: „virtuální parametr definovaný jako 1,25násobek

intervalu T mezi okamžiky, kdy impuls dosahuje 10% a 90% vrcholové hodnoty“ (obr. 3-3) [9]. Údaj T_2 je určován podle stejné definice jako u napěťové vlny.

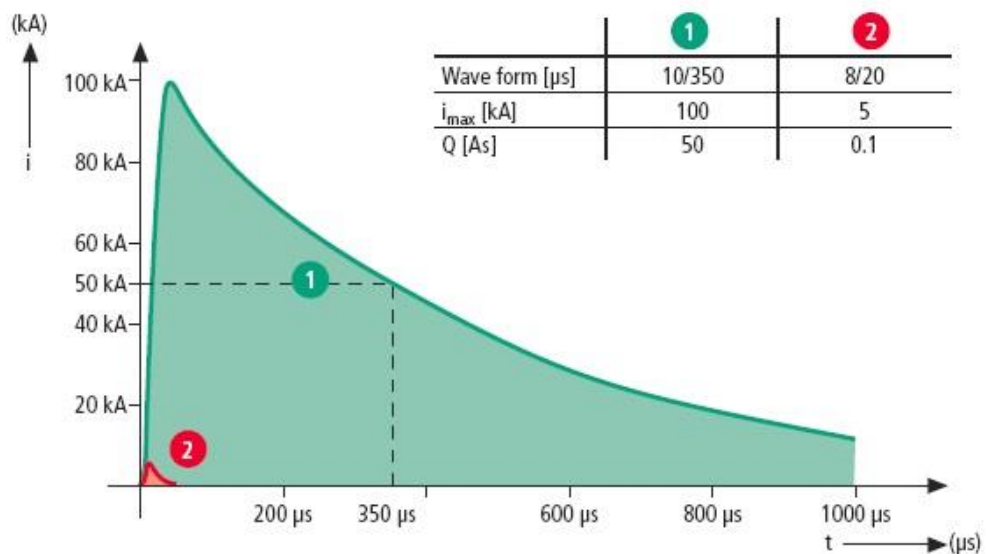


Obr. 3-3 Vlna proudu nakrátko (8/20 μ s) [11]

Při zkouškách svodičů přepětí jsou používány dva typy proudových vln [12]:

- 1) proudová vlna 10/350 μ s – simuluje přímý úder blesku,
- 2) proudová vlna 8/20 μ s – simuluje nepřímé údery blesku a spínací přepětí.

Při zkoušce vlnou 10/350 musí svodič svést daleko větší náboj, než při zkoušce vlnou 8/20 o stejné amplitudě. Na obrázku 3-4 můžeme vidět porovnání těchto vln s rozdílnými amplitudami a různými velikostmi elektrického náboje.



Obr. 3-4 Zkušební impulzní proudové vlny (10/350 μ s a 8/20 μ s) [13]

4 Ochranná opatření proti atmosférickému přepětí

Účelem ochranných opatření je vytvořit komplexní systém ochrany, který spolehlivě omezí nežádoucí účinky přepětí na dodávku elektřiny, lidi, zvířata a majetek nacházející se v dosahu jeho účinků. Takovýto systém může obsahovat speciální technické prvky, zařízení zkoušená k tomuto účelu a také celou řadu konstrukčních a stavebních opatření. Zkonstruovaný systém musí plnit především tyto funkce [1]:

- omezit možnost vzniku přepětí,
- snížit již vzniklá přepětí na přijatelnou úroveň.

Pro spolehlivost plnění těchto funkcí se prvky ochrany umísťují na místa v trase přenosu nežádoucích přepět'ových jevů:

- ve zdroji přepětí,
- v trase možného přenosu přepětí,
- v cílovém zařízení.

Nejoptimálnější je samozřejmě první případ, tedy zamezit přepětí již ve zdroji. Avšak atmosférický výboj, jakožto energeticky nejsilnější projev přepětí, nelze dosud omezit již v jeho vzniku. Musíme se tedy spokojit jen s postupným omezováním jeho účinků [1].

Jako ochrana v trase přenosu přepětí se rozumí chránění přenosové a distribuční soustavy a to převážně pomocí zemnicího lana, bleskojistek a omezovačů přepětí (viz kapitola 4.1).

Pokud se jedná o ochranu objektu, neboli tedy ochranu v cílovém zařízení, rozdělujeme základní ochranné principy do dvou kategorií:

- vnější,
- vnitřní.

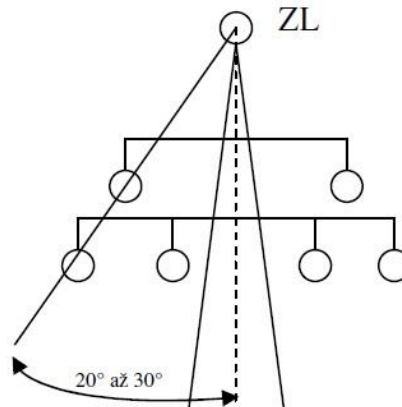
Při vnější ochraně řešíme hromosvodní a uzemňovací soustavy, kdežto u vnitřní ochrany se zabýváme převážně zabezpečením přístrojů a bezpečnosti osob. Mezi vnitřní ochrany patří obzvláště vyrovnání potenciálů, stínění a koordinace přepět'ových ochran. V této práci se budu převážně zabývat vnitřní ochranou před bleskem a přepětím.

4.1 Ochrana venkovních vedení

U přenosové a distribuční soustavy je třeba velmi dobře zajistit ochranu proti přímým a nepřímým úderům blesku. Jako základní prvek pro ochranu proti přímým úderům se zde používá zemnicí lano.

Zemnicí lano:

Je nejužitečnější ochranou proti atmosférickému přepětí. Statisticky udeří 30 až 40 blesků za rok na 100 km vedení, z nichž až 90% zachytí zemnicí lano. Kromě ochrany proti přímým úderům blesku je také používáno za účelem snížení přepětí indukovaného do vodičů (zvětšuje kapacitu vodičů vůči zemi). Umisťuje se nad elektrickou stanicí nebo nad fázovými vodiči vedení. Při jejich umístění nad vodiče je třeba dodržet tzv. ochranný úhel (obr. 4-1). Ten udává úhel mezi svislicí a přímkou procházející zemnicím lanem a chráněným vodičem. Pro účinnou ochranu by tento úhel měl být mezi 20 až 30 stupni [29].



Obr. 4-1: Ochranný úhel zemnicího lana [28]

Jako další ochranné prvky se na vedení používají svodiče přepětí. Ty zajišťují rychlé svedení nebezpečného napětí do země a zhášení případného oblouku. Dříve se používala ochranná jiskřiště, umístěvaná na izolátorech vedení nebo na průchodkách transformátorů. Mají však velký rozptyl zapalovacího napětí a je u nich nutné vypínat oblouk po zapálení, neboť při zaúčinkování vytvářejí zemní spojení nebo zkrat [30].

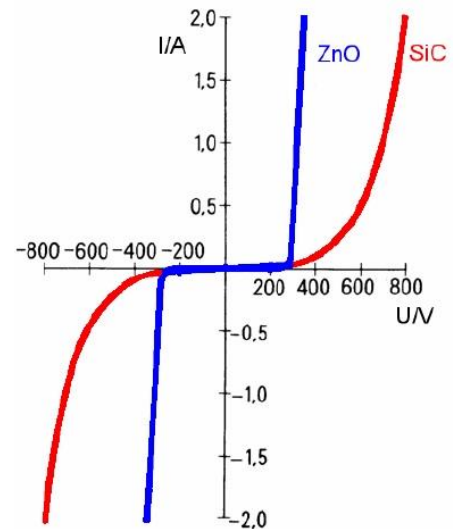
Nedostatky ochranných jiskřišť byly odstraněny zavedením vyfukovacích bleskojistek (Torokova trubice). Jde o svodič přepětí vytvořený uzavřeným jiskřištěm v trubici z materiálu, který při vysoké teplotě uvolňuje plyn. Ten poté pomáhá zhášet elektrický oblouk. Nevýhodou je krátká životnost a obtížná kontrola provozuschopného stavu [29].

Dalším pokrokem byly ventilové bleskojistky, které jsou dodnes využívány. Jde o sériové spojení jiskřiště a napětově závislého odporu z materiálu ZnO nebo dříve spíše SiC. Mezi jeho hlavní výhody patří zhášení následného proudu při průchodu proudu nulou, bezpečné uhašení oblouku a nezpůsobuje zkrat v síti [30].

Mezi dnes nejpoužívanější svodiče patří omezovače přepětí ZnO (obr. 4-2). Oproti ventilové bleskojistce nepotřebuje sériové jiskřiště. Odpor ze ZnO má oproti SiC téměř pravoúhlé koleno voltampérové charakteristiky (obr. 4-3). Do určité hodnoty napětí tedy nespádá téměř žádný proud, proto zde není potřeba jiskřiště [30].



Obr. 4-2: Omezovač přepětí jako součást vybavení sloupové transformovny [30]



Obr. 4-3: Voltampérová charakteristika omezovačů přepětí za použití různých materiálů [29]

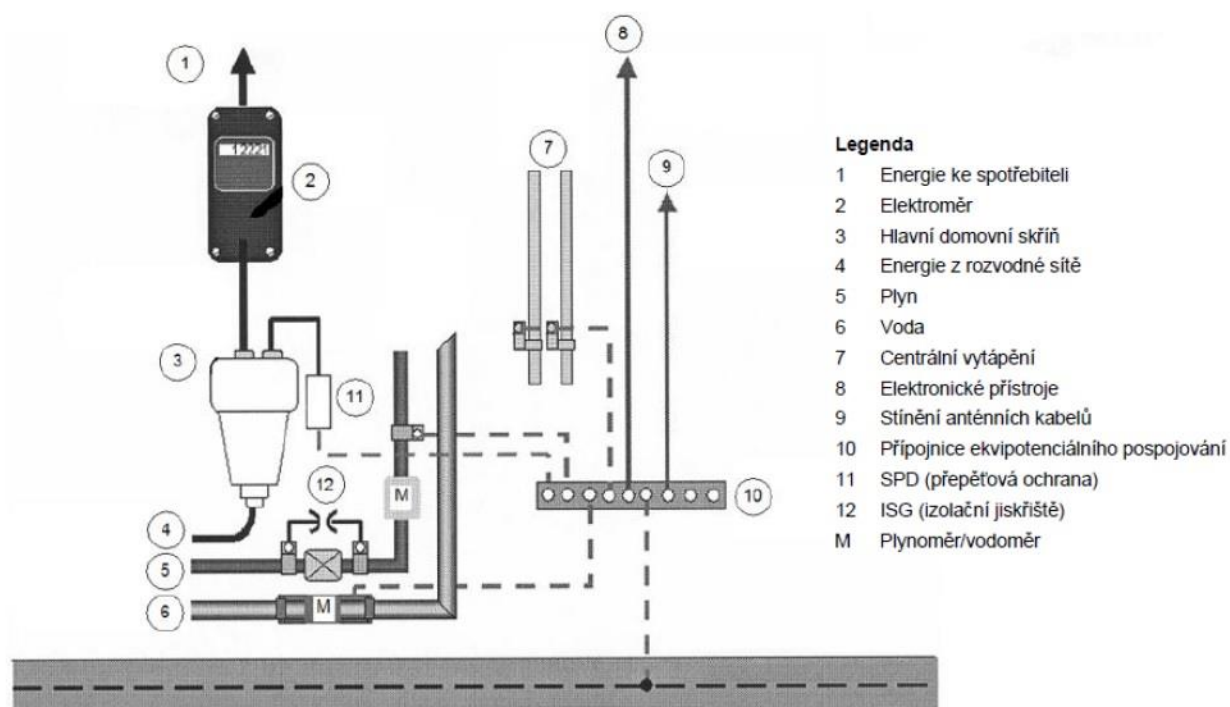
4.2 Ochrana pospojováním

Tato ochrana patří již mezi ochrany cílového zařízení, v tomto případě tedy vnitřní ochranu objektu. Jejím účelem je zabránit vzniku rozdílů potenciálů uvnitř budovy a předejít tak případnému ohrožení života a zamezit materiálním škodám. Vznik nadměrného rozdílu potenciálů je provázen jiskřením, ke kterému dochází například mezi jímacími vodiči nebo svody, kterými prochází bleskový proud. Tato jiskření ochrana pospojováním odstraňuje [1].

Základním principem je propojit soustavu vnější ochrany s veškerými:

- kovovými konstrukcemi objektu,
- instalacemi z kovu,
- vnějšími vodivými částmi,
- zařízeními připojenými k silovému rozvodu,
- zařízeními informační techniky.

Všechna tato propojení jsou poté svedena na jednu hlavní přípojnici soustavy, která je dále spojena se základovým zemničem. Hlavní přípojnice by se ideálně měla nacházet co nejbližší vnějšímu obvodu chráněného objektu. Optimální místo je zpravidla v blízkosti povrchu země, na vnitřní straně obvodové stěny objektu a v blízkosti hlavního rozváděče nízkého napětí (nn) nebo domovní přípojkové skříně [1].



Obr. 4-4: Příklad hlavního pospojování [14]

Průřezy vodičů pro hlavní pospojování jsou uvedeny v tabulce 4.1. První sloupec je pro hodnotu uzemnění svodičů bleskových proudů v přívodech nn, druhý sloupec pro uzemnění svodičů bleskových proudů v datových přívodech [12].

Tab. 4-1: Minimální požadované průřezy vodičů vedoucích bleskové proudy [12]

Materiál	Průřez vodiče mm ² – bleskové proudy	Průřez vodiče mm ² – částkové bleskové proudy
Cu	16	6
Al	25	10
Fe	50	16

4.3 Ochrana stíněním

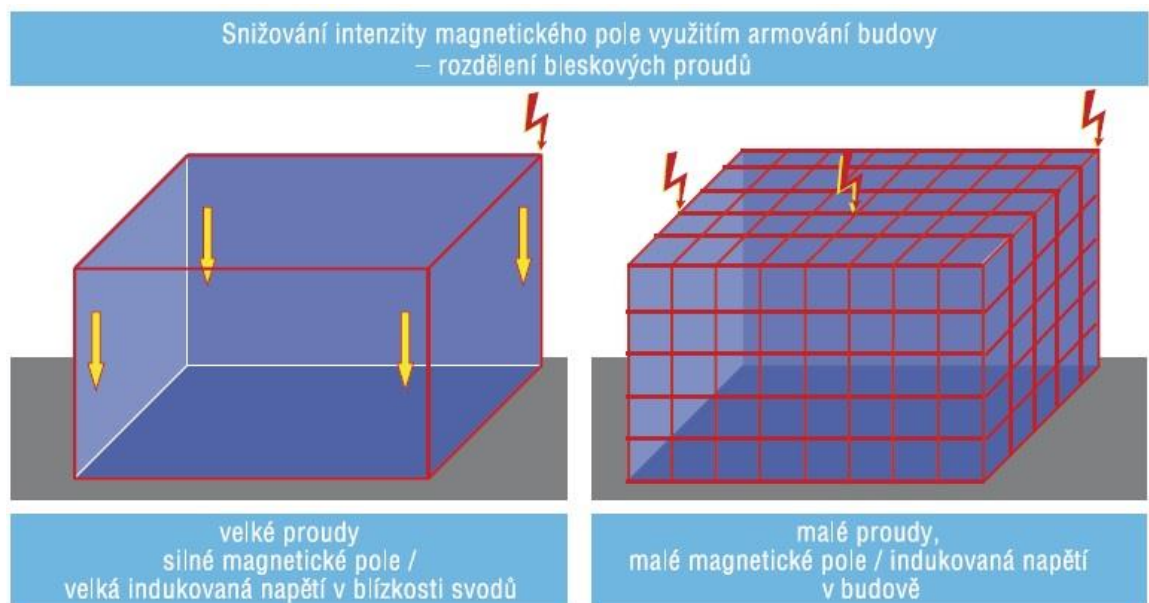
Při úderu výboje do stavebního objektu dochází k průtoku proudu jímací soustavou s vnějšími svody. Průtok proudu způsobí indukci silného elektromagnetického pole v blízkosti mezi vnějšími svody a vnitřními kabely. Jedinou ochranou před působením těchto indukčních vazeb je stínění.

Stínění je základním opatřením pro snižování intenzity elektromagnetického pole. Snižování intenzity docílíme pomocí vodivého obalu, vytvořeného kolem chráněného objektu (Faradayova klec). Prostředkem pro dosažení kvalitního stínění budovy nebo místnosti jsou

dané stavební kovové části budovy – kovové střechy, kovové fasády, ocelové armování v betonu, ocelové výztuže, kovové nosné konstrukce, kovové potrubní systémy. Vzájemným kvalitním pospojováním těchto prvků snížíme vliv elektromagnetického pole [15].

Veškeré prvky použité pro vytvoření stínění musí svým umístěním, provedením, průřezy a přípojevými body vyhovovat požadavkům norem [1].

Při vytvoření Faradayovy klece dojde k rozložení bleskového proudu na malé části, které budou procházet jednotlivými oky armování. Vzájemným působením polí z jednotlivých dílčích elektromagnetických polí se dosáhne značného utlumení celkového elektromagnetického pole (obr. 4.5) [15].



Obr. 4-5: Snižování intenzity elektromagnetického pole vytvořením Faradayovy klece [15]

4.4 Zóny bleskové ochrany

Ochrana před elektromagnetickými účinky blesku na chráněný objekt je založena na koncepci zón bleskové ochrany LPZ („Lighting Protection Zone“). Tyto zóny jsou rozděleny dle úrovně elektromagnetických pulzů (LEMP) a dle úrovně rušení. Jsou definovány takto [16]:

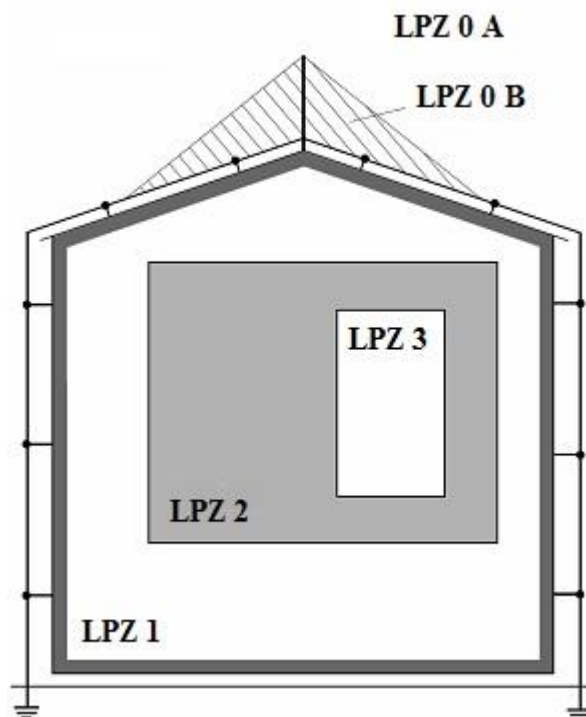
a) vnější:

- LPZ 0 - ohrožena netlumeným elektromagnetickým polem bleskového proudu a impulsními bleskovými proudy; dále se dělí na:
 - LPZ 0_A - ohrožena přímými údery blesku, impulsními bleskovými proudy a netlumeným elektromagnetickým polem;
 - LPZ 0_B - chráněna před přímými údery blesku; ohrožena dílčími

impulsními bleskovými proudy a netlumeným elektromagnetickým polem;

b) vnitřní (chráněny před přímými údery blesku):

- LPZ 1 - impulsní proudy jsou omezeny rozdělením bleskového proudu a přepětíovými ochranami umístěnými na rozhraní zón; elektromagnetické pole je tlumeno stíněním budov;
- LPZ 2 – zbylé elektromagnetické pole je tlumeno stíněním místností;
- LPZ 3 – další omezení zbylých bleskových proudů a elektromagnetických polí; například v jednotlivých zařízeních a přístrojích.



Obr. 4-6: Rozdělení zón bleskové ochrany [12]

Pokud nelze na rozhraní zón vyrovnat potenciály galvanickou vazbou, používají se zařízení ochrany před přepětím (svodiče).

4.4.1 Rozhraní LPZ 0 a LPZ 1

Jde o nejdůležitější rozhraní z hlediska účinnosti systému vnitřní ochrany před bleskem. Jedná se o rozhraní mezi vnější a vnitřní ochranou. Pro účinnou ochranu je třeba všechny tímto rozhraním procházející kovové části důkladně pospojovat a přivést na stejný potenciál. Pokud jsou vnější kovové části a vedení přivedeny na rozdílných místech, je nutné vytvořit více přípojníc na vyrovnání potenciálů [1].

Na tomto rozhraní se předpokládá, že 50% celkového bleskového proudu je svedeno

vnější uzemňovací soustavou do země a zbývajících 50% bleskového proudu protéká do vnitřní soustavy [1].

5 Svodiče přepětí

Tato zařízení se označují zkratkou SPD („Surge Protection Device“). Jejich účelem je vyrovnání potenciálů v případech, kdy nelze některé z vodivých částí propojit přímo s galvanickou vazbou. Při normálním provozním stavu se jejich činnost neprojevuje. Aktivovány jsou v případě nepřijatelného nárůstu amplitudy svorkového napětí [1].

Svodiče mají při pracovním napětí velmi velký odpor srovnatelný s odporem izolantu. Při zvýšení napětí nad hranici maximálního pracovního napětí jejich odpor prudce klesne a svodiče tak po dobu trvání přepětíového pulzu vytvoří galvanické pospojování pracovního vodiče s ekvipotenciální přípojnici. Vytvoří se krátkodobý řízený zkrat, který pomůže odvést nebezpečné přepětí od chráněného zařízení [12].

Pro rozvodny nn se člení přepětíové ochrany do 4 tříd A, B, C a D. Svodiče typu A jsou určeny pro venkovní vedení. Svodiče typu B, C a D jsou určeny postupně na rozhraní zón 0, 1, 2 a 3.

Dle normy [17] se uvádí pojem *kategorie přepětí* v rozvodech nn. Kategorie přepětí člení rozvody nn do čtyř kategorií a udává maximálně přípustné přepětí (tab. 5-1). Dodržení těchto hodnot zajišťují právě svodiče přepětí.

Tab. 5-1: Kategorie přepětí [17]

Kategorie	Popis části elektrického obvodu
IV	Pro třífázovou síť nn 3 x 230/400 V na přívodu do budovy, kde se jedná o začátek instalace, přepětí nemá překročit 6 kV .
III	Za hlavním rozvaděčem – zařízení pevné instalace, přepětí nemá překročit 4 kV .
II	Na vývodech z podružných rozvaděčů, což je zařízení určené pro připojení k pevné instalaci, přepětí nemá překročit 2,5 kV .
I	U speciálně chráněných zařízení (slaboproudých) přepětí nemá překročit 1,5 kV .

Zařízení ochrany před přepětím lze rozlišovat podle tvaru pracovní charakteristiky a to na zařízení [1]:

- spínající přepětí – mají velkou impedanci v klidovém stavu a reagují na přepětí náhlou změnou impedance na velmi nízkou úroveň (jiskřiště);
- omezující přepětí – vyznačují se také velkou impedancí v klidovém stavu, s výskytem přepětí však zmenšují svoji impedanci plynule na malou hodnotu

(varistory, supresorové diody);

- kombinovaná – využívá a kombinuje prvky z obou předchozích skupin.

5.1 Parametry SPD

Optimální využití ochran SPD vyžaduje zvážení mnoha elektrických, mechanických a bezpečnostních vlastností. Mezi nejdůležitější patří:

- Maximální proud impulsu – značí se I_{imp} a užívá se u vlny bleskového proudu tvaru 10/350 μ s. Udává hodnotu maximálního impulsního proudu, kterou je zařízení schopno opakovaně svést bez změny svých vlastností [18].
- Jmenovitý výbojový proud – značí se I_n . Je to vrcholová hodnota proudu zkušebního impulsu 8/20 μ s, kterou je zařízení schopno vydržet opakovaně a v relativně rychlém sledu [1].
- Maximální výbojový proud – značí se I_{max} . Udává maximální hodnotu rázového proudu, které musí zařízení snést jednorázově. Používá se zkušebního impulsu 8/20 μ s [18].
- Ochranná úroveň – značí se U_p . Představuje maximální hodnotu svorkového napětí svodiče v okamžiku aktivace impulsem předepsaného průběhu. Nesmí překročit hodnotu výdržného napětí chráněného zařízení [18].
- Zbytkové napětí – značí se U_{res} . Udává velikost napětí na svorkách zařízení ochrany před přepětím během činnosti. Hodnoty jsou dány dle kategorie přepětí (tab. 5-1) [1].

5.2 Svodiče třídy B

Svodiče třídy B nebo také značené SPD typ 1 jsou používány na rozhraní zón LPZ 0 a LPZ 1, patří mezi hrubé ochrany. Mají za úkol svádět část bleskového proudu do uzemňovací soustavy a zároveň srovnávat potenciál bleskového proudu mezi fázemi a vodičem PEN/PE. Jsou zkoušené bleskovým proudem 10/350 μ s. Energii tohoto impulsu bleskového proudu mohou bezpečně zvládnout jen jiskřiště, které jsou navíc pro rozvody nn doplněné účinným zhášením následných proudů [12].

Tyto svodiče musejí být schopny svést proud až 50 kA. Tato hodnota vychází z předpokladu, že z 99 % případů vrcholová hodnota proudu blesku nepřesáhne 200 kA, blesk se na hranicích zón 0 a 1 rozdělí (viz kap. 4.3.1) a do objektu vtéká tedy pouze 50% tohoto blesku. Při výpočtu svodové schopnosti na jeden pól je třeba dále vztah podělit počtem vodičů

v napájecí síti. Vychází vztah [19]:

$$I_{imp} = 0,5 * \frac{I_b}{n} \quad (5-1)$$

kde I_{imp} je svodová schopnost na pól, I_b je velikost blesku, n značí počet vodičů v napájecí síti. Zbytkové napětí za svodičem by mělo být podle normy [17] menší nebo rovno 4 kV.

Svodiče bývají doplňovány výkonovými varistory, které svádějí proud až 100 kA. Ty jsou však zkoušeny bleskovým proudem 8/20 μ s, což odpovídá cca 20-krát menší svedené energii (viz příloha B).

Obvykle se svodiče třídy B umísťují co nejbližší k přechodu přívodního kabelu z nechráněného do chráněného prostředí. Těmto místům nejvíce vyhovují buď přípojková skříň, obvykle umístěná na venkovní straně obvodové zdi objektu, nebo hlavní rozvaděč nn uvnitř objektu.

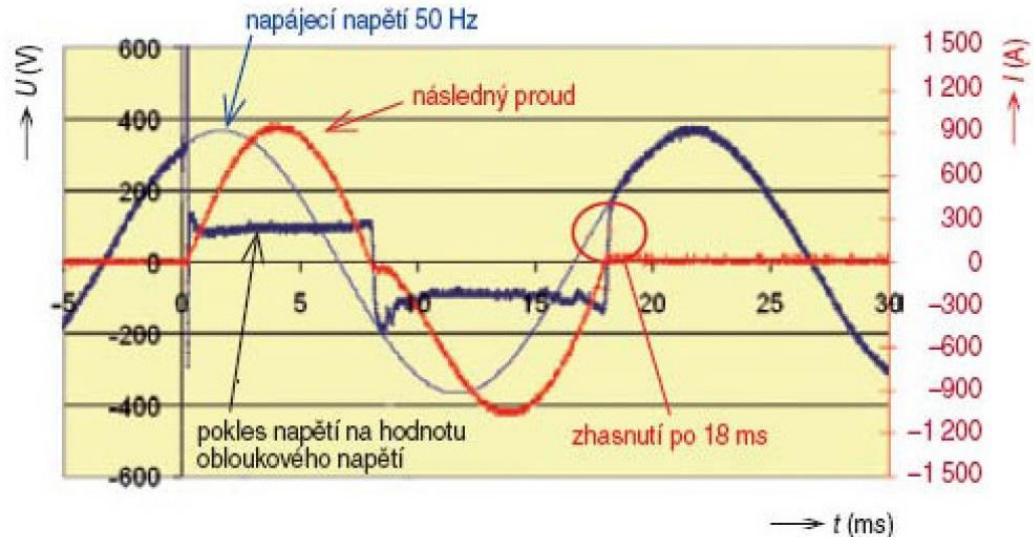
5.2.1 Jiskřiště a výkonové bleskojistky

Jiskřiště je napětově závislý nelineární prvek pracující na principu elektrického výboje v okolním prostředí. Jeho základní částí je komora se dvěma či více kovovými nebo uhlíkovými elektrodami. Vzdálenost mezi elektrodami a vlastnosti okolního prostředí určují hodnotu *zapalovacího napětí*. Pokud je napětí nižší než hodnota zapalovacího napětí, má jiskřiště vysokou impedanci blízkou nekonečnu, chová se tedy jako „rozpojené.“ Pokud však napětí překročí hodnotu zapalovacího napětí, dojde k ionizaci prostředí a k vytvoření elektrického výboje mezi elektrodami. Tím se impedance jiskřiště skokově sníží na hodnotu blízkou nule. Spolu s impedancí se také skokově sníží napětí na hodnotu *obloukového napětí*. Tento stav trvá do té doby, než proud jiskřištěm neklesne pod tzv. *kritickou nebo též přídržnou hodnotu*. Poté dojde k přerušení výboje mezi elektrodami a k obnovení původního stavu jiskřiště [20].

Nevýhodou jiskřiště je následný proud, který protéká svodičem i po odeznění přepětí a může dosáhnout hodnoty blízké zkratovému proudu. To je problém především u stejnosměrných obvodů, kde stejnosměrný proud neprotéká nulou a oblouk hoří trvale, dokud není zhasnut pomocí zhášecího obvodu (obr. 5-1) [21].

Další nevýhodou je výrazná deformace napájecího napětí, což má za následek výpadek následně zapojených přístrojů a nemožnost spolehlivé signalizace provozního stavu [21].

Jiskřiště se vyznačují relativně pomalou odezvou na vstupní přepětový impuls. Tato doba závisí na době ionizace prostoru mezi elektrodami, dosahuje hodnot okolo 100 ns [1].



Obr. 5-1: Průběh napětí a proudu jiskřiště [21]

V zásadě se rozlišují dva druhy jiskřišť: otevřené a zapouzďené. U otevřených jiskřišť hrozí riziko při výboji ve volném prostoru. Může dojít k požáru či ke zkratům na okolních živých částech. Proto je nutné dodržovat výrobcem uvedené bezpečnostní vzdálenosti pro umístění tohoto jiskřiště. Mnohem používanější jsou zapouzďená jiskřiště. Ty však musí být doplněny zhašecí komorou, což přináší vyšší ekonomické náklady [8].

Výkonové bleskojistky mají velmi podobné vlastnosti a principy jako jiskřiště, nicméně jsou testovány a vyráběny na nižší parametry bleskového výboje, proto nachází uplatnění spíše u slaboproudých rozvodů. V silových rozvodech se nevyužívají, zejména kvůli jejich omezené schopnosti zhašet následné proudy. Proto nejsou vhodné k ochraně fázových vodičů [1].

5.3 Svodiče třídy C

Svodiče třídy C, označovány též jako SPD typ 2, se používají na rozhraní zón LPZ 1 a LPZ 2, patří mezi střední ochrany. Na tomto rozhraní by se již neměli vyskytovat žádné podstatné dílčí části bleskových proudů. Není již tedy nutné uvažovat dělení bleskového proudu [1].

Jako konstrukční prvek se používají převážně varistory. Tyto svodiče jsou dimenzovány na přepět'ovou vlnu 8/20 μ s. Při zkoušení by měli odolávat svodovému proudu $I_n = 15$ kA a to opakovaně až 20-krát a jednorázovému maximálnímu proudu $I_{max} = 45$ kA [12]. Zbytkové napětí za svodičem by mělo být menší než 2,5 kV [17].

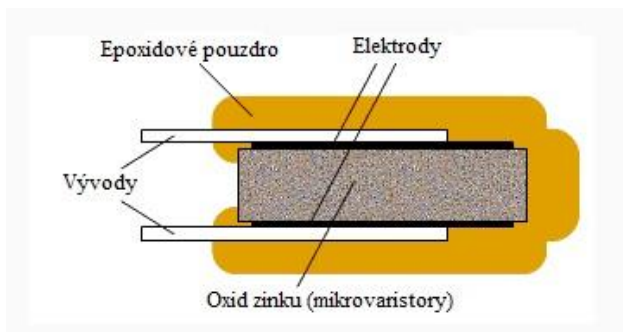
Svodiče třídy C se obvykle instalují do podružných rozvaděčů. Pokud se však v objektu

podružný rozvaděč nenachází, lze svodiče instalovat do hlavního rozvaděče vedle svodičů třídy B. Pro správnou koordinaci je mezi nimi nutno dodržet bezpečnostní vzdálenost 10 m pomocí kabelového vedení, což je v hlavním rozvaděči dosti obtížné. Proto druhou možností je použití rázové oddělovací tlumivky (RTO), která se zapojuje do série [12].

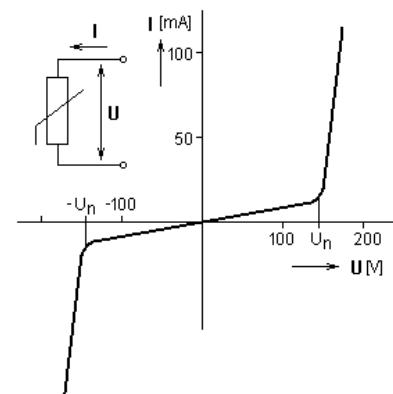
Příklad svodiče třídy C je uveden v příloze B.

5.3.1 Varistory

Varistor je napětově závislý nelineární prvek, vyrobený lisováním a spékáním práškové směsi složené z oxidů některých kovů. Přesto, že varistory fungují na jiném fyzikálním principu než jiskřiště, z elektrického hlediska je jejich funkce podobná jako u jiskřiště. Jádrem varistoru je tvořeno velkým množstvím „mikrovaristorů“, které jsou spolu řazeny sériově i paralelně (obr. 5-2). Elektrický odpor se mezi nimi mění v závislosti na velikosti přiloženého napětí. Pro malá napětí je jeho odpor značně velký, ale při větších napětích se jeho odpor samovolně zmenšuje. Chování varistoru reprezentuje jeho voltampérová charakteristika (obr. 5-3).



Obr. 5-2: Řez strukturou varistoru [22]



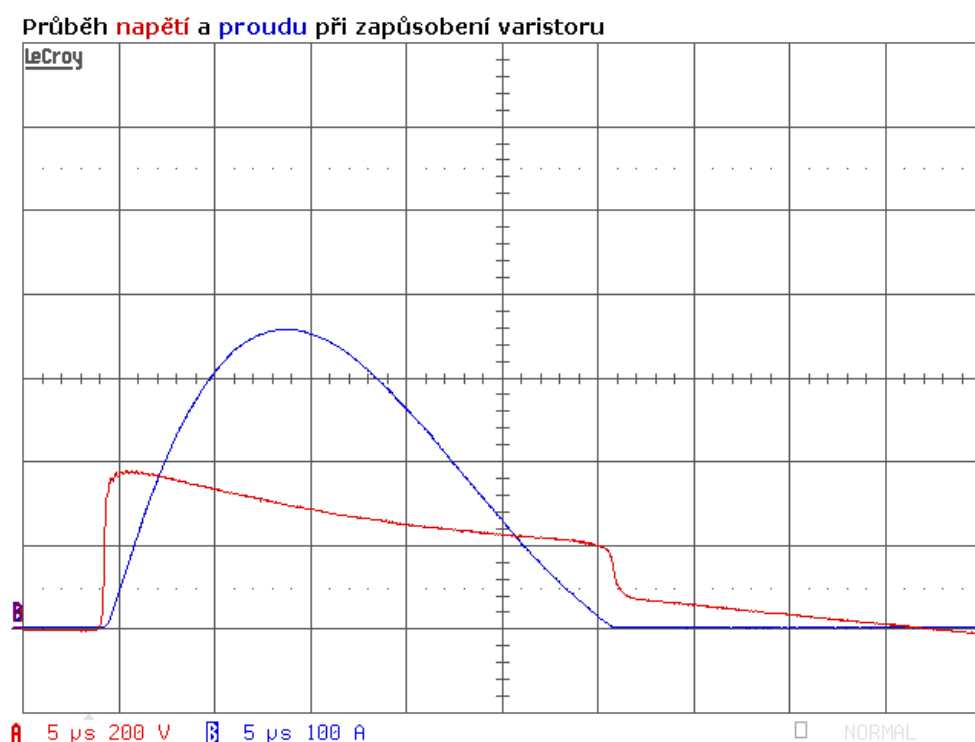
Obr. 5-3: Voltampérová charakteristika a schématická značka [22]

Varistor se vyznačuje spojitou odezvou na přepětový impuls a nevyvolává žádný následný proud z elektrické sítě. Další podstatnou výhodou je rychlost jeho aktivace, dosahuje hodnot okolo 25 ns [20].

Nevýhodou je, že nezkracuje dobu trvání přepětové vlny a oproti jiskřišti má podstatně menší svodovou schopnost. Dalším nevýhodným faktorem je životnost této součástky. Je zapříčiněna trvalým sváděním unikajícího proudu asi 0,2 mA při jmenovitém napětí a sváděním impulsního proudu při omezování přepětí. Protékající proud poškozuje vnitřní strukturu varistoru a postupně se tak zvětšuje unikající proud při jmenovitém napětí. Varistor se také průchodem proudu začne zahřívat. Zahřátí výrazně urychlí proces stárnutí. Aby

vlivem zahřívání nedošlo k destrukci varistoru nebo k jeho vzplanutí, musí být vybaven tepelným odpojovačem, tepelně spojeným s elektrodou varistoru. Ten zajistí jeho odpojení při dosažení nebezpečné teploty. Zároveň s ním je také spojen signalizační mechanismus, který zajišťuje optické nebo akustické kontroly stavu bezpečnostního prvku [23].

Na obrázku 5-4 je znázorněn průběh napětí a proudu po zapůsobení varistoru. Graf je rozdělen na 10 horizontálních (časových) a 8 vertikálních (napěťových a proudových) dílků. Na spodním řádku jsou dílkům přiřazena příslušná měřítka. Z grafu je patrná velikost a rychlost dosažení otevíracího napětí varistoru, následné omezení amplitudy impulsu napětí a zároveň je dokázáno, že varistor nezkracuje dobu trvání přepět'ové vlny. Graf dále ukazuje vznik následného impulsního proudu a jeho zánik při ukončení děje.



Obr. 5-4: Průběh napětí a proudu při zapůsobení varistoru

Varistory se mohou používat i ve stejnosměrných obvodech. Ve slaboproudých rozvodech se využívají u zařízení ochrany před přepětím s nižší mezní frekvencí. Použití u vysokorychlostních datových přenosů brání poměrně velká kapacita připojovacích elektrod [1]. V těchto případech se používají speciální polovodičové prvky tzv. transily nebo trisily [20].

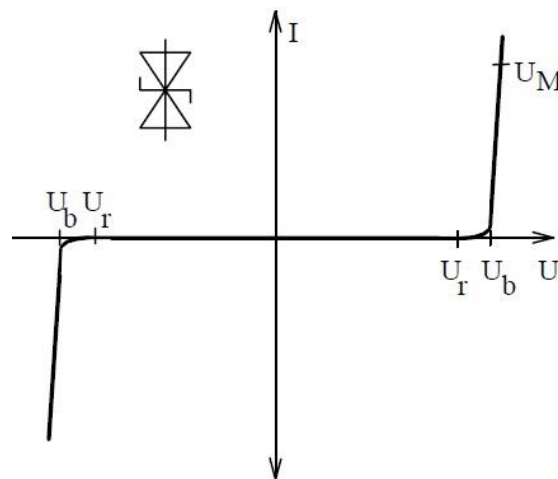
5.3.2 Transil, supresorová dioda

Transil je napěťově závislý polovodičový prvek s voltampérovou charakteristikou podobnou Zenerově diodě. Často se uvádí, že jde o tzv. antisériové zapojení Zenerových diod.

Transil chrání proti přepětí obou polarit [20].

Z voltampérové charakteristiky na obrázku 5-5 lze odvodit jeho vlastnosti. Dovolené pracovní napětí, při němž transilem protéká jen zanedbatelný proud, je označován U_r . Při překročení tohoto napětí na hodnotu U_b vzroste proud transilem na 1 mA a charakteristika si za tímto bodem udržuje téměř konstantní hodnotu. Maximální možný proud, který je schopna součástka vydržet, je dán typem a odpovídá špičkovému výkonu 600 W až 15 kW při době trvání pulzu 1 μ s [24].

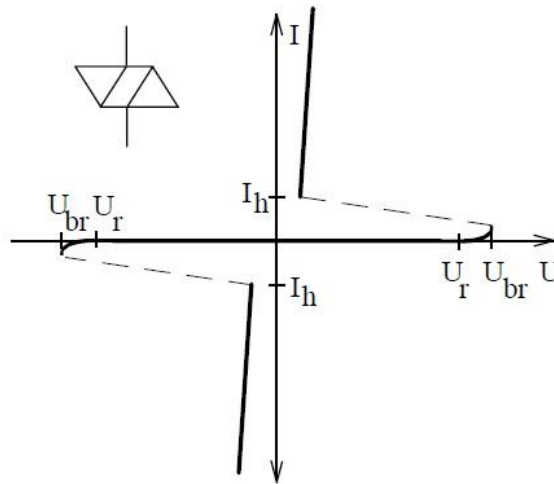
Používají se v zařízeních ochrany před přepětím rychlých datových přenosů, zejména díky jejich rychlým spínacím časům, které dosahují hodnot v řádu jednotek pikosekund. Pro své vlastnosti se nepoužívají obvykle samostatně, ale ve spojení s bleskojistkami nebo varistory [1].



Obr. 5-5: Voltampérová charakteristika transilu a schématická značka [24]

5.3.3 Trisil

Charakteristika trisilu je podobná triaku (obr. 5-6). Stejně jako transil chrání proti přepětí obou polarit. Je spínáný překročením blokovacího napětí U_{b0} až k hodnotě průrazného napětí U_{br} . Po překročení této hranice součástka sepne a tím se skokově změní velikost napětí a začne propouštět proud. Rozdíl oproti transilu je vypínání, které se uskuteční teprve při poklesu proudu pod hodnotu vratného proudu I_h . Vypínání musí být způsobeno jiným prvkem, který obvod rozezne (např. pojistka). Výhoda trisilů je v možnosti programování jejich průrazného napětí [20].



Obr. 5-6: Voltampérová charakteristika trisilu a schématická značka [24]

5.4 Svodiče třídy D

Jsou nazývány též jako SPD typ 3, využívají se na rozhraní zón LPZ 2 a LPZ 3. Jde o jemnou ochranu citlivých elektronických spotřebičů.

Základními ochrannými prvky jsou varistory, transily a jejich kombinace. Jsou zkoušeny kombinací napěťové vlny 1,2/50 μ s a vlny proudu 8/20 μ s. Měli by být schopné svést proud až 10 kA [12]. Dle normy [17] by zbytkové napětí za svodičem mělo být menší než 1,5 kV.

Z důvodu použití prvků s omezenou životností by měli být svodiče vybaveny signalizací provozuschopného stavu (viz příloha B). Výrobci také často tuto ochranu doplňují o odrušovací filtry pro omezení vysokofrekvenčního rušení.

Instalují se do zásuvkových okruhů, buď v jejich průběhu, nebo přímo před chráněné zařízení. Pro koordinaci se svodiči typu C by měla být dodržena bezpečnostní vzdálenost minimálně 5 metrů [12].



Obr. 5-7: SPD typ 3 s vysokofrekvenčním filtrem a signalizací [12]



Obr. 5-8: Zásuvkový adaptér s integrovanou přepěťovou ochranou [12]

5.5 Koordinace ochran

Kde jsou instalovány dva a více svodičů za sebou ve stejném obvodu, musí být tyto svodiče koordinovány tak, aby si mezi sebou rozdělily energii podle své energetické absorpční schopnosti [25].

Pro účinnou koordinaci musí být uvažovány charakteristiky jednotlivých svodičů (udávány dle výrobce), ohrožení v místě instalace a charakteristiky chráněného zařízení [25]. Pokud by například bylo instalováno jiskřiště hned vedle varistoru, veškeré přepětíové impulsy by sváděl rychlejší varistor a jiskřiště by neplnilo svoji funkci. Důsledkem by bylo nebezpečné přetížení varistoru. Proto je třeba dodržovat bezpečné zásady koordinace [1].

Koordinace mezi svodiči může být dosažena použitím jedné z těchto metod [25]:

- Koordinace závislostí napětí/proudu (bez oddělovacích prvků).

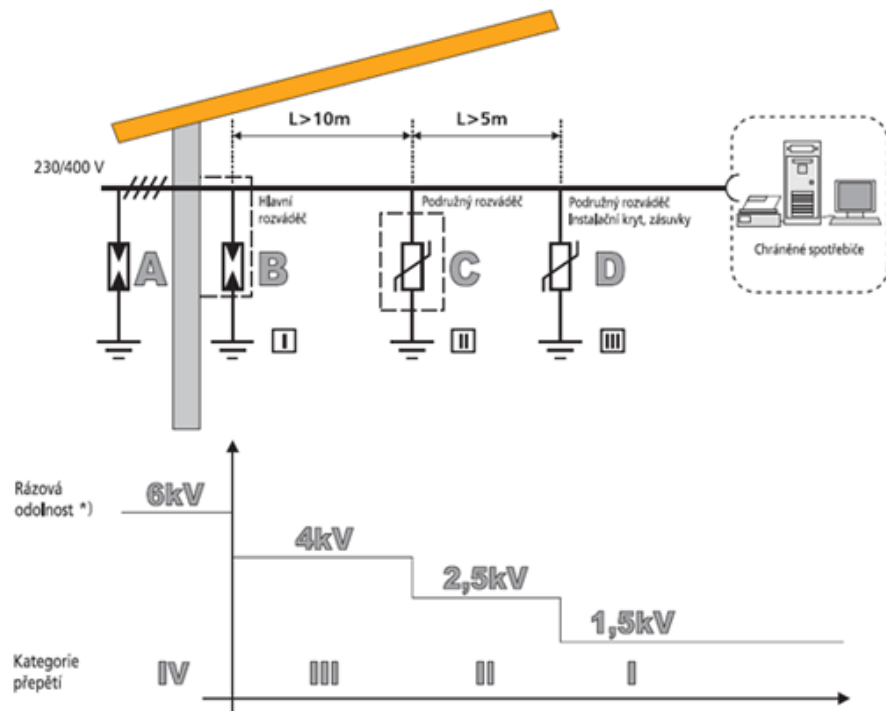
Tato metoda je založena na závislostech napětí a proudu. Je použitelná pro typy svodičů omezující napětí [25].

- Koordinace pomocí zvolených oddělovacích prvků.

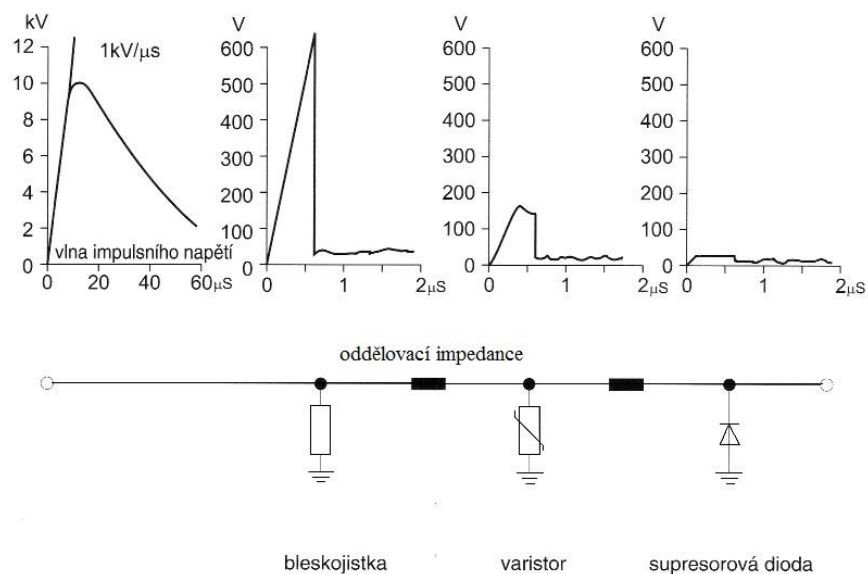
Zde se mohou použít speciální oddělovací impedance (viz. kapitola 5.5.1) s dostatečnou odolností proti přepětí. Oddělení také může být realizované použitím vlastní impedance kabelů mezi po sobě následujícími svodiči (příklady instalací svodičů s vyznačením minimálních délek mezi jednotlivými stupni jsou v příloze A) [25].

- Koordinace pomocí spouštěných svodičů (bez oddělovacích prvků).

Spolehlivosti koordinace svodičů může být také dosaženo použitím elektronického spouštění. Elektronický spouštěcí obvod však musí zajistit, že nebude překročena energetická výdržná odolnost následujících svodičů [25].



Obr. 5-9: Umístění svodičů a jejich omezení na příslušné kategorie přepětí [26]



Obr. 5-10: Postupný útlum energie přepět'ového pulsu [27]

5.5.1 Oddělovací impedance

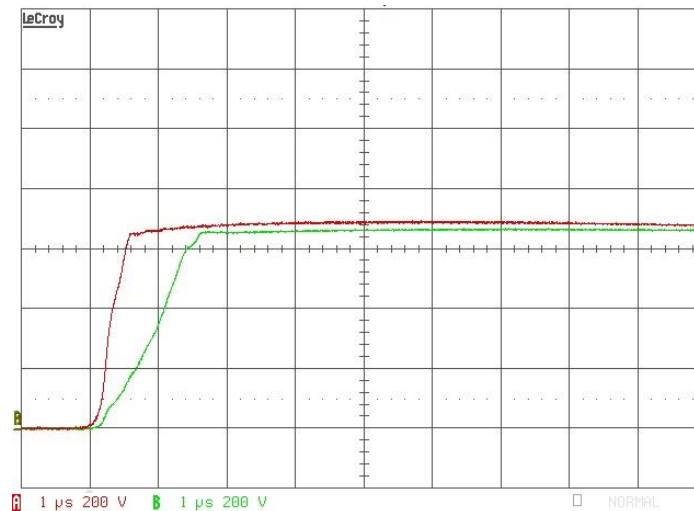
Jsou určeny pro zajištění koordinace svodičů přepětí v místech, kde nelze dodržet jejich minimální předepsanou vzdálenost. Omezují maximální hodnoty impulzních proudů a vytvářejí důležité časové zpoždění mezi svodiči.

Velikost úbytku napětí na indukčnosti je dána vzorcem [1]:

$$U_L = -L_x \frac{di}{dt} \tag{5-2}$$

kde U_L je úbytek napětí na indukčnosti L , L_x značí hodnotu indukčnosti L a poměr di/dt udává strmou proud.

Na obrázku 5-11 je graf ukazující rozdíl mezi nárůstem napětí na varistoru bez oddělovací impedance (červený průběh) a s připojenou oddělovací impedancí (zelený průběh). Z grafu je patrná větší strmota nárůstu napětí s připojenou impedancí.



Obr. 5-11: Působení varistoru na připojení oddělovací impedance

S pokročilým vývojem přepět'ových ochran již mnoho firem nabízí kombinované svodiče přepětí, které nevyžadují vzájemné oddělení pomocí impedancí. Nejčastěji se nachází kombinace mezi svodiči typu B+C (viz příloha B). Spolupráce mezi svodiči může být zajištěna například pomocí snížení ochranné úrovně jiskřiště oproti ochranné úrovni varistoru, tím dojde k zapálení jiskřiště dříve než varistoru.

Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabýval vznikem atmosférického přepětí, dále pak jeho šířením a ochranou vnitřní části objektů proti jeho účinkům. Převážně jsem se zaměřil na vlastnosti a charakteristiky svodičů přepětí, které jsou neustále vyvíjeny a zdokonalovány.

Princip vzniku, parametry a účinky atmosférického výboje jsou popsány v první kapitole. Jedná se o silný výboj, který je zapříčiněn termoelektrickými vlastnostmi ledu. Dále jsou zde popsány různé druhy výbojů, které jsou dány vzájemnou polaritou mezi mraky a zemským povrchem.

Šíření vln přepětí po vedení je řešeno v kapitole 2. Jako venkovní vedení je uvažováno homogenní vedení s rozprostřenými parametry. Je zde ukázka přechodu vln na rozhraní různých impedancí s následným matematickým odvozením velikosti prostupných a odražených vln.

Další část práce se již věnuje ochraně proti atmosférickému přepětí. Nejdříve jsou zmíněny zkoušky zařízení pomocí rázových vln o různých tvarech. Poté se zaměřením na vnitřní ochranu budov je práce rozdělena na hlavní principy ochrany (kapitola 4) a dále pak na popis svodičů přepětí (kapitola 5). Vnitřní ochrana vždy vychází převážně ze spolehlivého dodržení předpisů při ochraně pospojováním a stíněním. Až při bezpečném pospojování a stínění je možné rozdělit vnitřní části objektu na příslušné zóny a na rozhraních těchto zón instalovat svodiče přepětí. Svodiče je poté možné efektivně koordinovat a účinek atmosférického výboje je značně minimalizován.

Je však nutné konstatovat, že i při využití všech možných ochran a prostředků k eliminaci přepětí se nikdy nepodaří dosáhnout stoprocentní jistoty, že nedojde ke škodám. Je možné pouze výrazně snížit riziko škod u chráněných objektů. Je tedy vždy nutné zvážit poměr mezi investicí do ochranného systému a potřebnou mírou ochrany.

Pro zpracování bakalářské práce jsem se snažil využít co nejvíce důvěryhodných informačních zdrojů, avšak problematika je daleko rozsáhlejší, než je obsaženo v této práci. Pro kompletní zpracování ochrany by bylo zapotřebí mnoha stran textu a obrázků. Jako velmi zajímavou literaturu jsem při práci využil knihu [1], kterou mohu doporučit.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] BURANT, Jiří: *Blesk a přepětí. Systémová řešení ochran*. Praha: FCC Public, 2006. ISBN 80-86534-10-3.
- [2] www.kstst.sk online [Cit.: 7.3.2014] dostupné z: <http://www.kstst.sk/pages/vht/meteo/blesk.htm>.
- [3] www.infomet.cz online [Cit.: 7.3.2014] dostupné z: <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1307570519>.
- [4] DEHN + SOHNE: *lightning protection guide*. Vyd. 2. Neumarkt: DEHN + SOHNE, 2007. ISBN 3-00-015975-4.
- [5] SKŘEHOT, Petr: *Stručné základy teorie bouřek*, Meteorologická Operativní Rada, Praha, 2004.
- [6] MAYER, Daniel: *Úvod do teorie elektrických obvodů*. Praha: SNTL/ALFA, 1981. 04-505-81
- [7] KARBAN, Pavel: *Homogenní vedení s rozprostřenými parametry*. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~karban/teaching/te1/vlnynavedeni/vlnynavedeni.pdf>
- [8] HUDEC, Jaroslav: *Přepětí a elektromagnetická kompatibilita*. Hradec Králové: HAKEL, 1996. ISBN 80-902201-0-X
- [9] ČSN EN 61000-4-5 ed. 2, *Elektromagnetická kompatibilita (EMC) – Část 4-5: Zkušební a měřicí technika – Rázový impuls - Zkouška odolnosti*, Praha, ČNI, 2007
- [10] www.radio.feec.vutbr.cz online [Cit.: 3.4.2014] dostupné z: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/emc/index.php?src=node61>.
- [11] prezentace k předmětu EMC: *Rázový impuls „surge“*, Plzeň: ZČU
- [12] Katalog: SALTEK, *Příručka pro projektování, montáže a revize*, 2001
- [13] www.solacity.com online [Cit.: 3.4.2014] dostupné z: <http://www.solacity.com/surgearrestors.htm>.
- [14] SATINSKÝ, KUTÁČ: *Soubor předpisů pro ochranu před bleskem a přepětím*, Šenov: IRIS, 2006. ISBN 80-903540-6-8.
- [15] DEHNinfo č. 4/2003: *Ochrana před účinky elektromagnetického pole při přímém úderu blesku. Stínění budov, místností a vedení*.
- [16] www.odbornecasopisy.cz online [Cit.: 16.4.2014] dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26304.

- [17] ČSN EN 60664-1 ed. 2, *Koordinace izolace zařízení nízkého napětí - Část 1: Zásady, požadavky a zkoušky*, Praha, ČNI, 2008
- [18] Katalog: Ochrana proti přepětí – řada ABB OVR
- [19] www.odbornecasopisy.cz online [Cit.: 17.4.2014] dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=39871.
- [20] www.hw.cz online [Cit.: 17.4.2014] dostupné z: <http://www.hw.cz/navrh-obvodu/z-ceho-jsou-sestavovany-prepetove-ochrany.html>.
- [21] Katalog: ElektroPrůmysl.cz, *Elektroinstalační technika, Elektrozařízení pro prostředí s nebezpečím výbuchu*, březen 2014
- [22] www.brieselang.net online [Cit.: 22.4.2014] dostupné z: <http://www.brieselang.net/ueberspannungsschutz-varistor.php>
- [23] www.odbornecasopisy.cz online [Cit.: 22.4.2014] dostupné z: http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=26801.
- [24] brve.strojar.com online [Cit.: 23.4.2014] dostupné z: http://brve.strojar.com/data/Download/Skola/MEL/Soucastky_prepet_ochrany.pdf
- [25] ČSN EN 62305-4 ed. 2, *Ochrana před bleskem – Část 4: Elektrické a elektronické systémy ve stavbách*, Praha, ČNI, 2006
- [26] www.eatonelektrotechnika.cz online [Cit.: 22.4.2014] dostupné z: http://www.eatonelektrotechnika.cz/produkty-domovni_instalace-instalacni_jistici_pristroje-svodice_prepeti.
- [27] NOVÁK, Miroslav: *6. Přednáška ESY: Přepětíové ochrany elektrických zařízení a datových vedení*, Technická Univerzita v Liberci
- [28] Katalog: Hager, *Modulové přístroje, Svodiče bleskového proudu a přepětí*, staženo z: <http://www.ceha-kdc.cz/eshop/cat/15/15-18-092-11120.pdf>
- [29] Podklady z přednášek EE2, přednášející: Doc. Ing. Miloslava Tesařová Ph.D.
- [30] www.odbornecasopisy.cz online [Cit.: 25.4.2014] dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/download/elektro/2007/el050704.pdf>

Přílohy

I. Příklady vzdáleností mezi instalovanými svodiči

Instalace jednotlivých svodičů dle firmy Hager [28], kde oddělují ochrany B a C buď vzdáleností minimálně 10 metrů, nebo za použití omezovací impedance Z. Ochrany C a D nemusejí být nutně odděleny.

Kombinace svodičů	Hlavní rozvaděč	Min. délka vedení I1	Podružný rozvaděč č. 1	Min. délka vedení I2	Podružný rozvaděč č. 2	Chráněné spotřebiče
Svodič blesk. proudu (Hrubá ochrana) B + Svodič přepětí (Střední ochrana) C + Ochrana přístrojů (Jemná ochrana) D	B	min. 10 m	C D			Televizory HiFi přístroje Počítače
	B	min. 10 m	C	libovolná	D	
	B Z C	libovolná	D			
	B Z C D					
Svodič blesk. proudu (Hrubá ochrana) B + Svodič přepětí (Střední ochrana) C	B	min. 10 m	C			Pračky Sušičky Myčky nádobí Chladničky
	B Z C					
Svodič přepětí (Střední ochrana) C + Ochrana přístrojů (Jemná ochrana) D	C	libovolná	D			Televizory HiFi přístroje Počítače
	C D					
			C	libovolná	D	
			C D			
Svodič přepětí (Střední ochrana) C	C					Pračky Sušičky Myčky nádobí Chladničky
			C			
					C	
Min. odolnost izolace proti přepětí	6 kV	4 kV			1,5 kV	

Z Omezovací impedance SP936 nebo SP937

II. Katalogové listy jednotlivých typů svodičů

Jedná se o výrobky firmy SALTEK [12].

Svodič typu B (SPD typ 1)

Jde o svodič využívající jiskřiště, který je zkoušený jak proudovou vlnou 8/20 μ s tak proudovou vlnou 10/350 μ s. Je schopný svést proud 50 kA.

Svodiče bleskových proudů

FLP-A50-2,5

SPD typ 1 – svodič bleskových proudů
 vysokovýkonné jiskřiště

Určený k instalaci do rozvodů nn, na rozhraní zón LPZ 0A a LPZ 1, k ochraně proti účinkům přepětí při přímém i nepřímém úderu blesku v nejnáročnějších aplikacích v těžkém a chemickém průmyslu, elektrárnách apod.
 FLP-A50-2,5 je koordinován s SPD typu 2 – SLP-385 V
 i bez použití oddělovacích tlumivek.



Rozměry

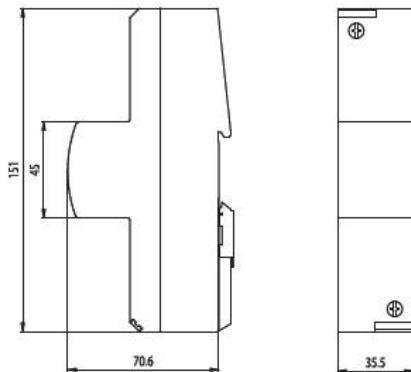
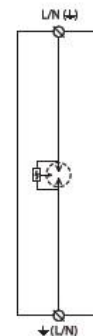


Schéma zapojení



Technické parametry

		FLP-A50-2,5
jmenovité napětí	U_n	400 V AC
maximální pracovní napětí	U_c	440 V AC
jmenovitý výbojový proud (8/20 μ s)	I_n	50 kA
bleskový impulsní proud (10/350 μ s)	I_{imp}	50 kA
napěťová ochranná hladina	U_p	2,5 kV
doba odezvy	t_a	100 ns
schopnost samostatně vypnout následný proud	I_{li}	50 kA
max. předjištění		250 A gL/gG
krytí		IP 20
rozsah pracovních teplot		- 40 °C ... + 80 °C
montáž		lišta DIN 35 mm
průřez připojených vodičů		
pevný min/max		ISO: 10/50 mm ² ; AWG: 8/1
slaněný min/max		ISO: 16/35 mm ² ; AWG: 6/2
signalizace poruchy		ne
dálková signalizace		ne
splňuje požadavky normy		ČSN EN 61643-11 + A11
objednávací číslo		8595090537526

Svodič typu C (SPD typ 2)

Tří fázový svodič využívající mezi fázemi a nulovým vodičem varistorové ochrany a mezi ochranným a nulovým vodičem jiskřiště. Je zkoušený pouze proudovou vlnou 8/20 μ s. Je schopený jednorázově svést proud 40 kA a opakovaně v rychlém sledu svádí proud 20 kA.

Přepětové ochrany

SLP-275 V/3+1 SLP-275 V/3S+1

SPD typ 2 – přepětová ochrana

vyjímatelné moduly, optická signalizace poruchy

Kombinace trojfázové varistorové přepětové ochrany a uzavřeného jiskřiště zapojených v módu 3+1. Určená k instalaci do rozvodů nn, především do podružných rozvaděčů. Slouží k ochraně rozvodů a zařízení proti účinkům indukovaného přepětí při úderu blesku a proti splínacímu přepětí. Vhodná do podružných rozvaděčů v objektech pro síť TT. Volitelně dálková signalizace stavu (S).



Rozměry

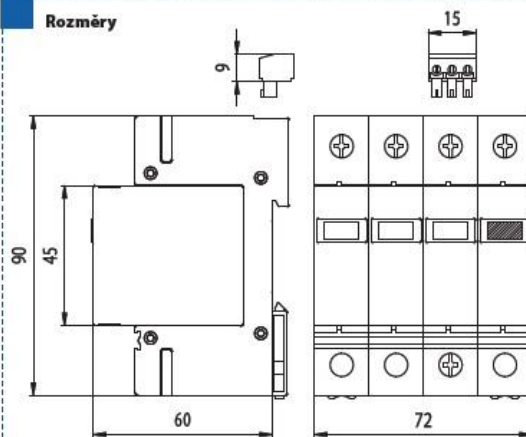
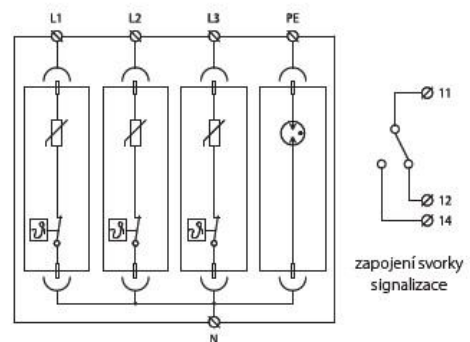


Schéma zapojení



Technické parametry

		L-N	N-PE
jmenovité napětí	U_n	230 V AC	—
maximální pracovní napětí	U_c	275 V AC	255 V AC
jmenovitý výbojový proud (8/20 μ s)/pól	I_n	20 kA	20 kA
maximální výbojový proud (8/20 μ s)/pól	I_{max}	40 kA	40 kA
napětová ochranná hladina @ $I = 5$ kA (8/20 μ s)	U_p	0,9 kV	—
napětová ochranná hladina	U_p	1,2 kV	1,5 kV
napětová ochranná hladina (mód L-PE)	U_p		1,5 kV
doba odezvy	t_a	25 ns	100 ns
schopnost samostatně vypnout následný proud	I_{li}	není následný proud	100 A
zkratová odolnost při max předjistiění		50 kA _{ms}	—
max. předjistiění		160 A gL/gG	—
krytí		IP 20	
rozsah pracovních teplot		-40 °C ... +80 °C	
montáž		lišta DIN 35 mm	
průřez připojených vodičů			
pevný min/max		ISO: 1/50 mm ² ; AWG: 17/1	
slaněný min/max		ISO: 1/35 mm ² ; AWG: 17/2	
signalizace poruchy		červeně zbarvení indikačního pole	ne
dálková signalizace – provedení S		bezpotenciálový přepínací kontakt	—
kontakty dálkové signalizace		250 V / 0,5 A AC, 250 V / 0,1 A DC	—
průřez vodičů dálkové signalizace		max. 1,5 mm ²	—
splňuje požadavky normy		CSN EN 61643-11 + A11	CSN EN 61643-11 + A11
objednac číslo	SLP-275 V/3+1	8595090519461	
	SLP-275 V/3S+1	8595090520023	

Svodič typu D (SPD typ 3)

Zásuvkový svodič určený k instalaci poblíž chráněného zařízení. Je vybaven optickou signalizací poruchy. Využívá ochrany pomocí jiskřiště a varistoru. Zkouší se proudovou vlnou 8/20 μ s a svádí přepětí o velikosti až 3 kA.

Přepětové ochrany

DA-275 PP1 TANGO

SPD typ 3 – zásuvka s přepětovou ochranou

optická signalizace poruchy

Zásuvka integrovaná s přepětovou ochranou určená k ochraně všech druhů elektrických a elektronických zařízení nn proti pulsnímu přepětí. Osazuje se do elektroinstalačních krabic nebo žlabů s minimální hloubkou 40 mm.



Rozměry

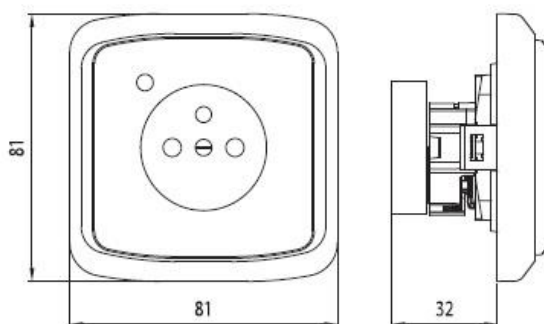
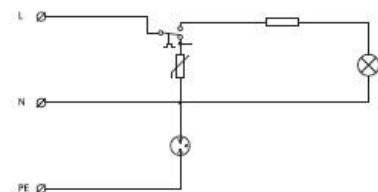


Schéma zapojení



Technické parametry

		DA-275 PP1 TANGO
jmenovité napětí	U_n	230 V AC
maximální pracovní napětí	U_c	275 V AC
jmenovitý výbojový proud (8/20 μ s) L-N, L(N)-PE	I_n	3,0 kA, 3,0 kA
zkušební napětí L-N, L(N)-PE	U_{oc}	6 kV, 6 kV
napětová ochranná hladina L-N, L(N)-PE	U_p	1,0 kV, 1,5 kV
doba odezvy L-N, L(N)-PE	t_3	25 ns, 100 ns
zkratová odolnost při maximálním předjištění		6 kA _{ISM}
maximální předjištění		16 A gL/gG nebo C16 A
TOV 5 s L-N		335 V
TOV 5 s L-PE		400 V
TOV 200 ms L-PE		1430 V
krytí		IP 20
rozsah pracovních teplot		-25 °C ... + 40 °C
montáž		instalační krabice
signalizace poruchy		optická signalizace
dálková signalizace		není
splňuje požadavky normy		ČSN EN 61643-11 + A11

typ	objednací číslo
DA-275 PP1 TANGO béžová	8595090529750
DA-275 PP1 TANGO bílá	8595090506508
DA-275 PP1 TANGO bordó	8595090506515
DA-275 PP1 TANGO šedá	8595090529767

Kombinovaný svodič typu B+C (SPD 1+2)

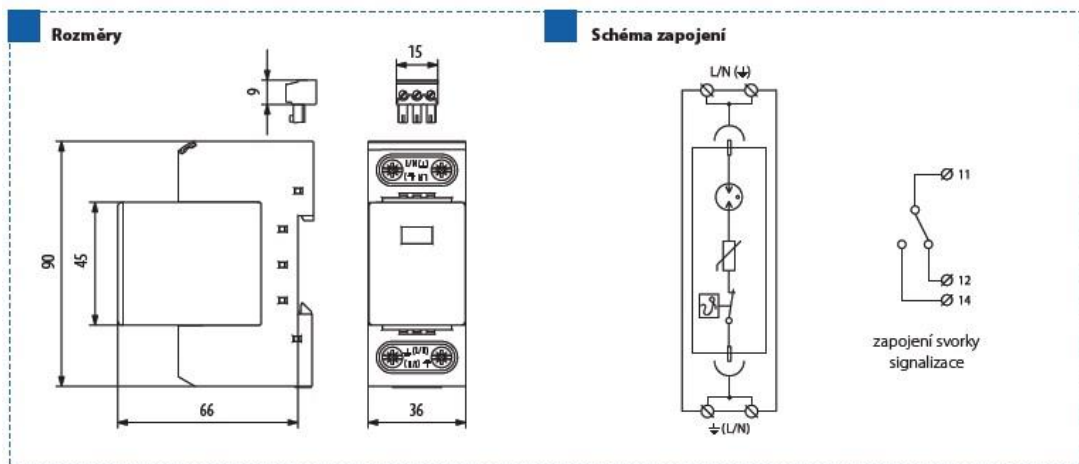
Jedná se o jednofázový svodič využívající sériové kombinace jiskřiště s varistorem. Je schopen svést bleskový proud o amplitudě 25 kA při vlně 10/350 μ s a jednorázový výbojový proud 60 kA při vlně 8/20 μ s. Další výhodou je že nezpůsobuje následný proud.

Svodiče bleskových proudů

FLP-B+C MAXI VS

SPD typ 1 a typ 2 – kombinovaný svodič typ 1 a 2
optická signalizace poruchy

Velmi výkonný svodič bleskových proudů pro instalaci do rozvodů nn, na rozhraní zón LPZ 0_A–LPZ 1 a vyšších, k ochraně proti účinkům přepětí při přímém i nepřímém úderu blesku. Má široké možnosti uplatnění, vhodný pro rodinné domy, administrativní a průmyslové objekty, popř. do podružných rozvaděčů rozlehlých objektů. Dálková signalizace stavu (S).
Patentovaná technologie.



Technické parametry		FLP-B+C MAXI VS
jmenovité napětí	U_n	230 V AC
maximální pracovní napětí	U_c	260 V AC
jmenovitý výbojový proud (8/20 μ s)	I_n	30 kA
maximální výbojový proud (8/20 μ s)	I_{max}	60 kA
bleskový impulsní proud (10/350 μ s)	I_{imp}	25 kA
napětová ochranná hladina	U_p	1,5 kV
doba odezvy	t_a	100 ns
schopnost samostatně vypnout následný proud	I_{fl}	není následný proud
zkratová odolnost při maximálním předjistiění		50 kA _{rms}
maximální předjistiění		250 A gL/gG
maximální předjistiění pro "V" zapojení		125 A gL/gG
krytí (průřez připojených vodičů ≥ 10 mm ²)		IP 20
rozsah pracovních teplot		-40 °C ... +80 °C
montáž		lišta DIN 35 mm
průřez připojených vodičů		
pevný min/max		ISO: 2,5/50 mm ² ; AWG: 13/1
slaněný min/max		ISO: 2,5/35 mm ² ; AWG: 13/2
signalizace poruchy		červené zbarvení indikačního pole
dálková signalizace		bezpotenciálový přepínací kontakt
kontakty dálkové signalizace		250 V / 0,5 A AC, 250 V / 0,1 A DC
průřez vodičů dálkové signalizace		max. 1,5 mm ²
splňuje požadavky normy		CSN EN 61643-11 + A11
objednávací číslo		8595090535331