

knižnice elektro

eDP

edice dílenská příručka
svazek 19

David Klimša

Vnější a vnitřní ochrana před bleskem

DP



www.iisel.com

Internetový Informační Systém pro Elektrotechniku

iisel®



David Klimša

VNĚJŠÍ A VNITŘNÍ OCHRANA PŘED BLESKEM

Text k inzerátu na první straně obálky:

Firma Finder patří svojí více než padesátiletou tradicí k nejvýznamnějším světovým výrobcům reléové techniky. Výraznou pozici zaujímá zejména v oblastech relé pro měření a regulaci a pro řízení technologických procesů, v dodávkách vazebních členů, časových relé, kontrolních a měřicích relé, elektronických elektroměrů a instalačních přístrojů.

Kontakt:

Finder CZ, s. r. o., Hostivařská 92/6, 102 00 Praha 10
tel.: 286 889 504, fax: 286 889 505
finder.cz@findernet.com
www.findernet.com



**Aktuální ceny, informace na
www.emas.cz**

CENTRUM NÁKUPU ELEKTROINSTALAČNÍHO MATERIÁLU

EMAS ELEKTROMATERIÁL a. s.

Průběžná 84, 100 00 Praha 10 - Strašnice

Tel.: 274 780 888, 274 810 471,

274 813 352, mobil: 739 995 602

Fax: 274 779 979 E-mail: info@emas.cz

Hlavní sklad – Praha 10, Strašnice

Průběžná 84, 100 00 Praha 10 - Strašnice

Tel.: 274 780 888, 274 810 471,

274 813 352, 739 995 602

Fax: 274 779 979

E-mail: info@emas.cz

Internet: www.emas.cz

po, út, st 7 – 16, čt 7 – 17, pá 7 – 15

Prodejní sklad – Praha 6, Sedlec

Kamýcká 234

160 00 Praha 6 - Sedlec

Tel: 233 322 382

Mobil: 602 231 630, Fax: 233 322 516

po, út, st 7 – 16, čt 7 – 17, pá 7 – 15

sobotní prodej 8 – 12

Prodejní sklad – Praha 9- Libeň

(vedle Sazka arény)

Drahobejlova 26, Praha 9

Tel.: 284 819 595, Fax: 284 819 754

Mobil: 724 747 491

po, út, st 7 – 16, čt 7 – 17, pá 7 – 15

Prodejna – Letňany

Tupolevova 515

199 00 Praha 9 - Letňany

Tel.: 286 922 052

po, út, st, pá 8 – 11:15, 12 – 17

čt 12:30 – 17

Prodejní sklad – Mladá Boleslav

Na Celně - Boživodská ulice, areál ROIN

Tel./fax: 326 335 793

Mobil: 606 616 542

po, út, st 7 – 16, čt 7 – 17

pá 7 – 15

Od konce roku 2009 nás naleznete
v areálu vedle plynárny – Štěfánikova ul.

jsme dlouholetým dodavatelem systému

CABLOFIL®

DRÁTOVÉ KABELOVÉ LÁVKY

Nabízíme Vám
kompletní sortiment
elektroinstalačního materiálu

Vnější a vnitřní ochrana před bleskem

Tato příručka je odezvou na informační boom související s nástupem řady ČSN EN 62305 do praxe.

Ve snaze udělat vše co NEJ jsme zahlceni informacemi do takových podrobností, že se z lesa stal prales, v němž jsme se dokonale ztratili.

Příručka prochází návrhem hromosvodu od střechy po zem a návrhem vnitřního systému ochrany před přepětím. Předkládá pravidla z norem srozumitelnějším způsobem. Je to komentář podaný způsobem, který by měl elektrotechnikovi osvětlit mnohá úskalí normy, doplněný praktickými informacemi důležitými pro návrh a montáž.

Pro úspěšný návrh hromosvodu a ochran před přepětím je důležité pochopit logiku celého systému. Nelze vymyslet žádný univerzální postup, podle kterého by se dal celý systém navrhnout. Systém ochrany nebude nikdy navrhovat počítač, který bychom nakrmili odpověďmi na spoustu otázek. Každý dobrý systém bude navržen člověkem, který ví, co je jeho cílem, ví, jak věci fungují a dokáže si představit, co se při úderu blesku děje.

Norma pro realizaci každé části systému ochrany nabízí několik variant. Žádná z nich není univerzálně platná pro každou situaci. Každá cesta má svá pro a proti. Jen člověk s jasným cílem, který navíc chápe, proč jsou věci, jak jsou, dokáže vymyslet něco, co bude fungovat, co bude mít smysl, nebude to dražší než je třeba a nestane se to hlavní ozdobou stavby.

Příručka je rozdělena na dvě části.

První část pojednává o blesku a dějích na jeho cestě do země. Dále také o výpočtu rizika, ale hlavně o vnějším LPS neboli o jimačích, svodech, uzemnění a pospojování. Vše z norem ČSN EN 62305-1 až 3.

Druhá část se zabývá ČSN EN 62305-4 a doplňuje mnoho praktických informací souvisejících s instalací vnitřního systému, hlavně svodičů přepětí.

Praxe začíná v odpovědích na základní otázky:

Co a kde mám dát? Čím to připojím? Kde a jaké budou pojistky? Jak daleko, vysoko nebo hluboko mají být umístěna všechna zařízení a jejich části? Čím mohu upevnit to či ono?

To jsou základy.

Bylo by samozřejmě pěkné, kdybyste dokázali popsat tvar vlny impulzů blesku a věděli, kolik voltů je mezi mrakem a zemí a všelijak naopak a podobně, ale chybou by bylo, kdybyste přitom nevěděli, jaký vodič použít tady nebo tam. Volty at' si jsou tam, kde jim to příroda dovolí, jen at' se k tomu dokážeme správně postavit. A o tom je celá tato příručka.

Příručka předpokládá, že čtenář má základní znalosti jak teoretické elektrotechniky, tak i příslušných norem. Jejím účelem totiž není opisovat text norem, ale podat vysvětlení jejich ustanovení a doplnit je dalšími informacemi, které autor pokládá za důležité.

Kniha je určena projektantům, montérům i provozovatelům (včetně revizních techniků) vnějších i vnitřních ochran před bleskem. Je též vhodná jako základní literatura pro vzdělávání elektrotechniků na odborných středních i vysokých školách i pro přípravu elektrotechniků ke zkouškám a přezkoušení jejich odborné způsobilosti.

Poznámka autora

Pokusím se být co nejstručnější a budu podávat věci bez zbytečného vysvětlování důvodů a zabíhání do podrobností. Většina pravidel bude jen komentováním ČSN ve srozumitelné formě. Pokud budu potřebovat připojit nějaký osobní komentář, napíši jej kurzívou. Tyto komentáře však lze bez ztráty na užitku přeskočit.

Obsah

ČÁST PRVNÍ: VNĚJŠÍ SYSTÉM OCHRANY PŘED BLESKEM

1.	NÁZVOSLOVÍ	7
2.	PROTI ČEMU SE BRÁNÍME STAVBOU HROMOSVODU	9
2.1	Jiskření	9
2.2	Proud	9
2.3	Elektromagnetické pole	9
2.4	Napětí	10
2.5	Dynamické účinky	10
3.	VÝPOČET RIZIKA A STANOVENÍ TŘÍDY LPS	11
4.	VNĚJŠÍ LPS	13
4.1	Typ hromosvodu	13
4.1.1	Izolovaný (oddálený) hromosvod	13
4.1.2	Hromosvod upevněný na stavbě	13
4.2	Jímací soustava	16
4.2.1	Metoda valící se koule	16
4.2.2	Metoda ochranného úhlu	17
4.2.3	Metoda mřížové sítě	19
4.2.4	Další požadavky	22
4.2.5	Náhodné jímáče	23
4.2.6	Ochrana střešních nadstaveb	26
4.3	Svody	29
4.4	Uzemnění	35
5.	MATERIÁLY	43
5.1	(Ne)snášelnost materiálů	44
6.	VNITŘNÍ SYSTÉM OCHRANY PŘED BLESKEM (VNITŘNÍ LPS)	45
6.1	Ekvipotenciální pospojování proti blesku (EB)	45
6.2	Elektrická izolace vnějšího LPS	52
7.	ÚDRŽBA A REVIZE	59
8.	LPS V PŘÍPADECH STAVEB S PROSTORY S NEBEZPEČÍM VÝBUCHU	61
8.1	Názvosloví	61
8.2	Zásady	61
8.2.1	Základní požadavky	61
8.2.2	Stavby, kde se vyskytují tuhé výbušniny	61
8.2.3	Stavby s nebezpečnými prostory	62

ČÁST DRUHÁ: VNITŘNÍ SYSTÉM OCHRANY PŘED BLESKEM		
9.	PROTI ČEMU SE BRÁNÍME INSTALACÍ VNITŘNÍHO LPS	65
10.	TYPY SPD	69
11.	ZÓNY BLESKOVÉ OCHRANY LPZ A UMÍSTĚNÍ SPD	71
12.	UZEMNĚNÍ A POSPOJOVÁNÍ	79
13.	MAGNETICKÉ STÍNĚNÍ A TRASY VEDENÍ	81
14.	KOORDINOVANÁ OCHRANA SPD	83
14.1	Koordinace SPD	83
14.2	Montáž SPD	85
14.2.1	Schéma zapojení	85
14.2.2	Umístění v rozváděči	92
14.2.3	Jištění před SPD	93
14.2.4	Parametry SPD	95
14.2.5	Připojovací a zemnicí vodiče	99
15.	KONTROLY A REVIZE	103
16.	NEJČASTĚJŠÍ CHYBY PŘI INSTALACI KOORDINOVANÉ OCHRANY SPD	105
17.	UMÍSTĚNÍ SVODIČŮ BLESKOVÝCH PROUDŮ TYPU 1 V DISTRIBUČNÍCH SÍTÍCH NN	107
18.	VNĚJŠÍ A VNITŘNÍ LPS VE STÁVAJÍCÍCH OBJEKTECH	107
19.	ZÁVĚR	107
	LITERATURA	108
Příloha 1	Příklad zprávy o revizi vnější ochrany před bleskem	109
Příloha 2	Příklad zprávy o revizi vnitřního systému ochrany proti přepětí	112
Příloha 3	Praktická pomůcka: Ochrana před bleskem podle souboru ČSN EN 62305	115
Příloha 4	Praktická pomůcka: Přibližné hodnoty odporu zemničů podle jejich rozměru a charakteru půdy	117

HROMOSVOD

(dle ČSN EN 62305-3)

1. NÁZVOSLOVÍ

V ČSN EN 62305-3 je užitá řada zkratk.

Některé z nich jsou si docela podobné, takže se většině čtenářů stane, že začne číst normu, dokonale se poplete, pak se vrátí k názvosloví a normu čte znovu od začátku.

Proto doporučuji zapamatovat si alespoň tyto nejpoužívanější:

- LPS – systém ochrany před bleskem:
 - vnější LPS – jímače, svody, uzemnění,
 - vnitřní LPS – ekvipotenciální pospojování (EB), magnetické a prostorové stínění atd.,
 - izolovaný LPS – podle dnes již neplatné ČSN 34 1390 „oddálený hromosvod“,
 - neizolovaný LPS – jímací soustava a svody upevněné na stavbě,
 - třída LPS I, II, III a IV – třída spolehlivosti (kvality),
 - hladina LPL I, II, III a IV – hladina ochrany před bleskem (třída LPS I $\approx$ hladina LPL I),
- LPZ 0, 1, 2 a 3 – zóna ochrany před bleskem, ve které je dodržena hladina přepětí a elektromagnetického pole,
- dostatečná vzdálenost s – vzdálenost vnějšího LPS od vodivých částí stavby nebo zařízení, nebo mezi vodivými částmi, na nichž je při úderu blesku rozdílný potenciál,
- bezpečný odstup $d_{S/1}$ a $d_{S/2}$ – vzdálenost elektronických systémů od stínění na hranicích zón LPZ,
- SPD typ 1 – svodič bleskových proudů,
- SPD typ 2 a 3 – svodič přepětí,
- LEMP – elektromagnetický impulz vyvolaný bleskem,
- SEMP – elektromagnetický impulz vyvolaný spínáním,
- LPMS – kompletní systém ochranných opatření pro vnitřní systém ochrany před LEMP.

Ostatní zkratky jsou uvedeny přímo v ČSN EN 62305-3.



elektrotechnika v praxi

ODBORNÝ ELEKTROTECHNICKÝ ČASOPIS



Redakce Elektrotechnika v praxi

Korunní 32, 709 00 Ostrava

tel.: 596 634 738, tel./fax: 596 625 421, e-mail: casopis@bael.cz

www.bael.cz

2. PROTI ČEMU SE BRÁNÍME STAVBOU HROMOSVODU

Pokud chápete, co se děje při úderu blesku, můžete se jeho následkům bránit na základě logického úsudku. Pokud ne, nezbude než se modlit.

2.1 Jiskření

Blesk samotný je elektrický výboj dosahující **vysokých teplot**.

Nevím přesně kolik, ale to není podstatné. Stačí, když vím, že je to hodně.

Při úderu do stavby nebo do jímace hrozí vznícení okolních materiálů. K zajiskření může dojít také mezi částmi s rozdílným napětím proti zemi.

Vysvětlím dále v kapitole 2.4.

2.2 Proud

Proud blesku může dosahovat stovek kA.

Opět není podstatné, zda těchto hodnot dosáhne každý nebo např. každý desátý blesk. Prostě to tak je.

Průchodem proudu vodiči nebo částí stavby dochází k jejich **zahřívání**. Kolem proudových cest se dále vytváří **elektromagnetické pole** a vzniká úbytek **napětí**.

2.3 Elektromagnetické pole

Problém je v tom, že proud blesku je sice stejnosměrný, ale má prudký počáteční nárůst a navíc se nejedná o jeden impulz, ale jde jich několik za sebou.

Opět nezávážné podrobnosti přímo v ČSN EN 62305-1.

Z elektrotechniky střední školy připomenou, že proud vyvolá magnetické pole. Změna velikosti proudu vyvolá změnu velikosti magnetického pole. Změna velikosti magnetického pole vyvolá ve smyčce napětí a při uzavření smyčky proud. Velikost napětí je úměrná ploše smyčky a rychlosti změny magnetického pole. Takže logicky: čím blíže bude smyčka proudové cestě nebo čím bude větší, tím hůř.

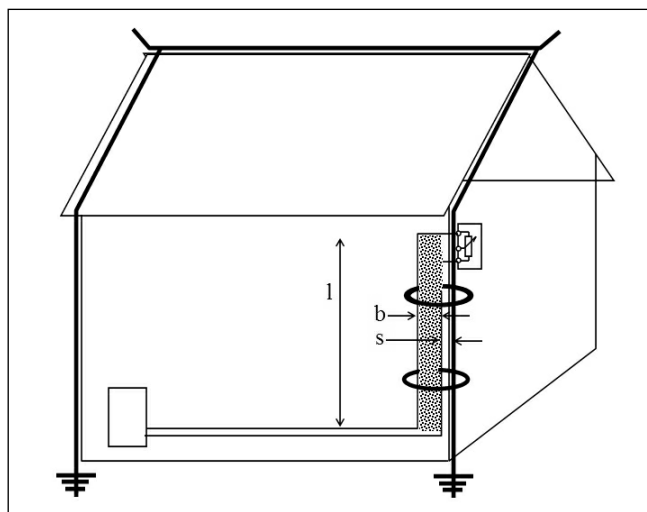
Příklad je uveden na obr. 1, kde:

$l = 10 \text{ m}$,

$s = 1 \text{ m}$,

$b = 3 \text{ mm}$.

V tomto případě se při proudu ve svodu 100 kA bude indukovat napětí 600 V.



Obr. 1 Napětí naindukované proudem ve svodu

2.4 Napětí

Na vodiči, kterým prochází proud, se vytvoří úbytek napětí. Stačí. Jen abych to zkomplikoval: vzhledem k tomu, že proud blesku nemá konstantní velikost, ale jedná se o pulzy, jeho chování a účinky jsou obdobné jako u střídavého proudu vysoké frekvence. Proto neplatí jen jednoduchý Ohmův zákon, ale záleží také na délce a tvaru vodiče. To ovlivní jeho výslednou indukčnost při zdánlivé frekvenci blesku a tím i velikost proudu při daném napětí. Neboli: pokud budou dva podobně dlouhé vodiče ze stejného materiálu, neznamená to, že se proud rozdělí na dvě poloviny, ale například jedním vodičem poteče 90 % a druhým jen 10 % proudu, a to jen proto, že se blesku nelíbí jeho tvar.

Tím také končí naše iluze a představy o rozdělení bleskového proudu. Nádherná je jen jistota, že v praxi bude při skutečném úderu blesku všechno jinak, než jsme „teoreticky“ předpokládali.

Pokud jsou dvě proudové cesty blízko sebe, může rozdílný proud a tím i rozdílné napětí proti zemi způsobit přeskok proudu z jedné cesty na jinou. To je ono výše zmíněné zajiskření mezi částmi stavby.

2.5 Dynamické účinky

Proud, elektromagnetické pole a teplota způsobují rozpínání. Jednotlivé proudové cesty se mohou odpuzovat nebo naopak přitahovat. Vodič protékáný proudem má také snahu se narovnat, stejně jako požární hadice. V každém případě, ať je příčina jakákoliv, náhodné i strojené části namáhané bleskem se všelijak škubou, křiví, narovnávají atd.

Pak se nemůžete divit, že při úderu blesku létá i to, co by létat nemělo.

Proto, pokud ČSN EN 62305-3 stanoví, že nějaká část hromosvodu bude tak a tak velká, masivní nebo dimenzovaná, je nutné toto pravidlo dodržet a doufat, že to bude stačit.

Střílet od pasu a udělat si to po svém je dost krátkozraké.

Občas používám výraz „proudová cesta“ místo „vodič“. Je to proto, že bleskový proud si klidně dovolí téci mimo cesty, které jste mu určili a běží po čemkoliv vodivém i zdánlivě nevodivém. Proto se mi o kusu zdi nebo o nějaké konstrukci nechce mluvit jako o vodiči.

Závěr z poznání nepřítele je ten, že víme JAK, ale nevíme přesně KDE a KOLIK. Proto musím touto cestou ocenit firmy a lidi, kteří se výzkumem blesku do hloubky zabývají a vyvodili určitá pravidla, která budou dobrou zbraní proti většině výše popsanych nešvarů. Z naší strany to chce jednak uvědomit si a také respektovat taková pravidla.

V dalších částech se pokusím popsat hromosvod od návrhu po realizaci, od střechy až po zem. V podstatě to bude obsah norem řady ČSN EN 62305 podaný řečí běžného smrtelníka. Je trochu nespravedlivé, když se skupiny lidí za cenu velkých nákladů, náročných pokusů a času dopachtí k pravidlům boje proti blesku, tak my je pouze milostivě převezmeme – ale takový už je život. Tímto chci říct: děkuji.

3. VÝPOČET RIZIKA A STANOVENÍ TŘÍDY LPS

Smyslem výpočtu rizika je vytvořit hromosvod dostatečně kvalitní pro dané podmínky. Již dříve existovalo Doporučení EŠČ předkládající výpočet, na jehož konci byl výsledek – třída LPS (*dnešními slovy*). ČSN EN 62305-2 předkládá výpočet rizika, které se porovná se stanoveným limitem. Pokud je vypočítané riziko menší než limitní hodnota, hromosvod je dostatečně kvalitní pro dané podmínky.

Bleskem můžeme být poškozeni v několika směrech:

- újma na zdraví nebo na životě,
- ztráta služeb (plynárenský podnik, energetika, TV signál apod.),
- ztráta na kulturním dědictví (kostely, památky),
- finanční ztráta.

První tři zmíněná rizika se **musí** před stavbou hromosvodu vyhodnotit. Finanční ztrátu vyhodnotit můžeme.

Škodit může úder do stavby a v jejím okolí, úder do připojených vedení a jejich okolí a rovněž do staveb sousedících a jejich okolí.

Samotný výpočet je založen na správné volbě možností, které ČSN EN 62305-2 předkládá. Volby se týkají rozměrů stavby, okolí, staveb a vedení připojených k oceňované stavbě, množství lidí nacházejících se uvnitř a vně stavby, provedení vnějšího a vnitřního LPS, nasazení protipožárních opatření atd.

Existuje několik programů řešících tento výpočet. Postup výpočtu (*správně: ocenění rizika*) spočívá v označení těch nabídek, které odpovídají skutečnosti. Musíte se například vyjádřit k materiálu podlah. Je vám nabídnut beton, mramor, keramika, mozaika, koberec, linoleum, dřevo. Vy označíte materiál použitý na podlahy ve stavbě. Program po provedení výběru z nabídky přepočítá výsledné riziko a srovná je se stanoveným limitem. Stejně to funguje u určení všech dalších charakteristik (vlastností) stavby. Pokud se do limitu nevejdete, je nutné některá opatření nebo podmínky změnit. Zdanlivým paradoxem je, že **třída LPS není výsledkem**, ale pouze jedním z mnoha vstupních zadání. Pokud však vypočítané riziko nevychází, můžete v zadání zvolit přísnější třídu LPS nebo zlepšit jiné opatření, které povede ke snížení rizika.

Norma opravdu nepředepisuje, že nemocnice musí být v LPS I a koží chlívek stačí v LPS IV. Pokud se rozhodnu nemocnici provést v LPS IV a rizika mi vyjdou, pak mi v tom nic nebrání. Rovněž např. horší hromosvod, ale více hasicích přístrojů může mít za následek stejný počet mrtvých jako pouze lépe provedený hromosvod.

Celý výpočet má logiku a používáním sami uvidíte, jaká opatření ovlivňují jaká rizika. Faktem je, že samotnému postupu nemusíte rozumět, a přesto se můžete za pomoci některého počítačového programu snadno dopracovat k cíli.

Celý postup je obsažen v ČSN EN 62305-2 na několika desítkách stran. Je to v podstatě velké množství hodnot a koeficientů, které se různě sčítají, násobí, porovnávají atd. Vzhledem k rozsahu této příručky není možné jednoduše popsat tento výpočet a stejně tak si nedovedu představit, že by jej někdo prováděl pomocí tužky a papíru.

Norma dále předkládá poměrně jednoduchý postup výpočtu ekonomických ztrát. Smyslem je, aby hromosvod nebyl dražší než chráněný objekt. Celou záležitost je ale možné vidět z několika pohledů.

Pokud bude 100 stejných domů a shoří zrovna ten můj, pak mi bude malou útěchou, že v průměru je to OK.

Jiný pohled na věc bude mít majitel jednoho domu, který je mu vším a jiné to bude z pohledu nadnárodní firmy, pro niž je jeden objekt pouze částí celkového majetku.

Zjednodušeně lze vidět třídu LPS jako různé druhy oblečení. Žádné oblečení nás úplně neochrání před zimou nebo deštěm. Proto nosíme jeden typ oblečení v zimě, jiný při mírném počasí a jiný v létě. Někomu nezbude, než se i v zimě choulit v nevhodném oblečení a jiný si může dovolit kvalitní oděv.

Bylo by rozumné, aby třída LPS odpovídala důležitosti a citlivosti stavby a lidí na ní závislých. Proto doporučuji řídit se tabulkou 1, jak ji předkládají některé publikace.