

Ochrana před bleskem a přepětím

Protection against lightning and
overvoltage

Martin Horák

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta Technologická

Vložit oficiální zadání diplomové/bakalářské práce

Zde bych rád poděkoval panu Ing. Jiřímu Kindlovi, vedoucímu mé bakalářské práce, za odborné vedení, podnětné rady a čas, který mi při psaní této práce věnoval.

Také chci poděkovat mé rodině za neutuchající podporu během celé doby mého studia.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 05. 06. 2005

.....

jméno diplomanta

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá ochranou technických prostředků pro ochranu majetku před bleskem a přepětím. V práci jsou uvedeny legislativní podmínky pro použití přepětiových ochran. Je zde vysvětlen vznik přepětí, včetně jeho napětiových úrovní, časových průběhů a také způsoby pronikání přepětí do elektrických systémů. Dále jsou v práci uvedeny hlavní zásady komplexní ochrany před přepětím, používané komponenty a požadavky na jejich nasazení v elektrických obvodech. V závěru je proveden aplikační návrh konkrétních přepětiových ochran pro uvedené schéma systému EZS.

This bachelor thesis deals with protection of technical devices protecting possession from lightning and overvoltage. Work includes legislative conditions for using overvoltage protection, explains overvoltage creation, overvoltage levels, time flows and possibilities how overvoltage can enter to electrical systems. Further work states general guides for complex protection from overvoltage, components in use and requirements for set into electrical network. At the close is application project of specific overvoltage protection for stated scheme of alarm system.

OBSAH

ÚVOD.....	7
1 OCHRANA PŘED BLESKEM A PŘEPĚTÍM V LEGISLATIVĚ.....	9
1.1 NORMY SOUVISEJÍCÍ S OCHRANOU PŘED PŘEPĚTÍM A S VYSOKOFREKVENČNÍM ODRUŠENÍM	10
1.1.1 Vybrané české normy týkající se přepětí	10
1.1.2 Vybrané mezinárodní normy týkající se přepětí	12
2 OBECNĚ O PŘEPĚTÍ	14
2.1 DEFINICE PŘEPĚTÍ	14
2.2 DRUHY PŘEPĚTÍ	14
2.3 VZNIK PULZNÍHO PŘEPĚTÍ	14
2.3.1 Atmosférická přepětí (LEMP≡lightning electromagnetic pulse)	15
2.3.2 Spínací přepětí (SEMP≡switching electromagnetic pulse).....	17
2.3.3 Elektrostatický výboj (ESD≡electrostatic discharge)	18
2.3.4 Nukleární výbuch (NEMP≡nuclear electromagnetic pulse)	18
2.4 DRUHY VAZEB (PRONIKÁNÍ) PŘEPĚTÍ.....	18
2.4.1 Galvanická vazba.....	19
2.4.2 Kapacitní vazba	19
2.4.3 Induktivní vazba	20
2.5 NAPĚŤOVÉ ÚROVNĚ A ČASOVÉ PRŮBĚHY U PŘEPĚTÍ	21
2.5.1 Termíny, pojmy a definice	21
2.5.2 Normalizované zkušební proudové impulsy	23
2.5.3 Průběh a parametry bleskových napětí a proudů.....	24
2.5.4 Trvání přepětí	25
2.6 NEBEZPEČÍ PŘEPĚTÍ A JEHO NÁSLEDKY	25
3 HLAVNÍ ZÁSADY KOMPLEXNÍ OCHRANY	29
3.1 HLAVNÍ ZÁSADY OCHRANY PŘED PŘEPĚTÍM.....	29
3.2 KOMPONENTY PRO PŘEPĚŤOVOU OCHRANU	30
3.2.1 Jiskřiště.....	30
3.2.2 Plynem plněné bleskojistky	31
3.2.3 Varistory	31
3.2.4 Supresorové diody	32
3.3 POŽADAVKY NA ZAPOJENÍ PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN V ELEKTRICKÝCH OBVODECH	32

3.4	OBECNÉ ROZDĚLENÍ BLESKOVÉHO PROUDU PŘI ZÁSAHU OBJEKTU A PRINCIP OCHRANY ROZVODU SÍTĚ NN POMOCÍ KASKÁDNÍ TŘÍSTUPŇOVÉ OCHRANY	33
3.5	ROZDĚLENÍ CHRÁNĚNÉHO PROSTORU DO ZÓN BLESKOVÉ OCHRANY	35
3.6	TECHNICKÉ NORMY VZTAHUJÍCÍ SE K INSTALACI PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN	37
3.7	OCHRANA PŘED VYSOKOFREKVENČNÍM RUŠENÍM	39
3.8	OCHRANA PROTI VÝPADKŮM NAPÁJENÍ	40
3.8.1	Ochrana proti výpadkům napájení pomocí UPS	40
4	APLIKAČNÍ NÁVRH PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN	44
4.1	OCHRANA NAPÁJENÍ ÚSTŘEDNY EZS PŘED PŘEPĚTÍM	46
4.2	OCHRANA VYSÍLAČE PŘED PŘEPĚTÍM Z ANTÉNNÍHO SVODU	47
4.3	PŘEPĚŤOVÁ OCHRANA LINEK A OSTATNÍCH PRVKŮ	48
4.3.1	Přepěťová ochrana telefonní linky	48
4.3.2	Přepěťová ochrana pro ovládání ústředny EZS	49
4.3.3	Přepěťová ochrana pro čidla a kontakty	49
4.3.4	Přepěťová ochrana pro napájení kamerového systému	50
4.4	PŘEPĚŤOVÁ OCHRANA SIGNÁLOVÉ TRASY KAMERA ↔ VIDEO	50
	ZÁVĚR	52
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	53
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	54
	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
	SEZNAM TABULEK	56

ÚVOD

Pulzní přepětí – fenomén začátku 21. století, fenomén, o kterém odborníci již dávno vědí, laici jej teprve objevují. Řada zdánlivě nevysvětlitelných poruch elektronických systémů, telekomunikačních zařízení, počítačů, zbloudění a chyb programů, ztrát důležitých dat je způsobena vlivem vysokofrekvenčního rušení a pulzního přepětí na citlivé elektronické obvody. Moderní elektronické systémy s integrovanými obvody s velmi vysokou integrací jsou neobyčejně citlivé na elektromagnetické rušení.

Často se objevují nebezpečné krátké pulzy vysokého napětí o hodnotách několika set až několika tisíc voltů. Během bouřky mohou tyto pulzy dosáhnout velikosti až několik desítek tisíc voltů a při přímém zásahu blesku do budovy nebo do vedení i více než sto tisíc voltů. Tímto přepětím jsou ohrožena všechna zařízení připojená do napájecích zásuvek, k telefonním linkám, počítačové síti, anténním svodům i k rozvodům kabelové televize. Během bouřky jsou ohrožena i zařízení a sítě uvnitř budovy, protože energie blesku se přenáší vysokofrekvenčním elektromagnetickým zářením a indukuje přepětí i do všech vodičů uvnitř budovy stejně, jako se do pokojové antény dostává signál VKV a TV signál. Nebezpečné přepětí se tak může šířit až do vzdálenosti 2 km od místa úderu blesku.

V současné době jsou velmi četná přepětí, která vznikají průmyslovou činností. Jedná se o přechodové jevy zapínání a vypínání velkých zátěží, zejména induktivních (transformátory nebo elektrické motory), při zkratech v rozvodné síti apod. Přepětíové pulzy (špičky) dosahují úrovně několika set až tisíc voltů. Vznikají i při spínání elektrických spotřebičů běžných v každé domácnosti a kanceláři (jako jsou mrazící boxy, zářivky, vysavače, mixéry, varné konvice apod.). Škodit může dokonce i mlýnek na kávu, jak prokázala měření firem zabývajících se problematikou EMC. Neviditelné a běžnými prostředky neměřitelné pulzy trvají pouze několik miliontin nebo tisícín sekundy, ale mohou způsobit zničení především elektronických zařízení, někdy dokonce i zkrat a následný požár. Účinky vysokofrekvenčního rušení a pulzního přepětí mohou vést ke zhroucení informačních a řídicích systémů.

Škody a ztráty vzniklé v souvislosti s působením pulzního přepětí stále narůstají. Následné ztráty způsobené výpadky výroby, ztrátou dat a informací bývají ještě vyšší než přímé škody na zařízení. Platíme tak za rozšíření špičkové techniky, rostoucí počet počítačů a počítačových sítí a masové aplikace mikroprocesorů v technických zařízeních a

spotřebičích. Porucha počítačové sítě banky v důsledku pulzního přepětí může vést až k jejímu bankrotu.

Nebezpečné je také skryté působení pulzního přepětí. Elektronické obvody jsou trvale namáhány působením relativně malých přepětíových pulzů. Ty nemohou zařízení přímo zničit, ale jejich vlivem jsou elektronické obvody opakovaně přetěžovány, až v důsledku jejich únavy dojde ke zdánlivě nevysvětlitelné poruše. Působením pulzního přepětí elektronické součástky „korodují“ a jejich životnost se výrazně zkracuje.

Úroveň současné techniky umožňuje kvalitní ochranu elektronických a elektrických zařízení proti účinkům nebezpečného pulzního přepětí. Tímto prostředkem jsou přepětíové ochrany. Zařízení lze chránit nejen proti destrukčnímu účinku pulzu s velkou energií, ale i proti účinkům vysokofrekvenčního rušení. Nechráněné elektrické rozvody, počítačové a datové sítě představují vždy značné riziko pro jejich uživatele. Instalace přepětíových ochran je především prevencí proti možným škodám. Náklady na přepětíové ochrany bývají pouze zlomkem procenta pořizovací hodnoty chráněné techniky a nepatrnou částkou k možným škodám zaviněných výpadky a zničením technologického zařízení.

1 OCHRANA PŘED BLESKEM A PŘEPĚTÍM V LEGISLATIVĚ

Přijetím zákona č. 22/1997 Sb. a nařízení vlády o elektromagnetické kompatibilitě č. 169/1997 Sb. se přesunul problém odolnosti elektronických systémů z roviny pouze technické i do roviny legislativní. Každý výrobce, resp. dovozce musí zajistit ze zákona dostatečnou odolnost dodávaného výrobku (např. řídicího systému) a jeho funkčnost i za přítomnosti rušivých signálů. Meze odolnosti i meze rušení, stejně jako způsoby měření, jsou popsány v harmonizovaných normách, jejichž seznam je přílohou nařízení vlády č. 169/1997 Sb. Správné nasazení svodičů přepětí a odrušovacích filtrů vyžaduje nejenom určité znalosti, ale i zkušenosti. Zanedbání této problematiky pak znamená nejenom riziko náhlého kolapsu systému, případně i jeho zničení, ale v případě větších škod i možnost soudního postihu pro dodavatele výrobku, který nezajistil shodu s normami dle nařízení vlády č. 169/1997 Sb. a zákona č. 22/1997 Sb., resp. pro dodavatele napájecích a datových rozvodů, který je neošetřil podle platných norem.

Přístroje (včetně instalací) musí být dle nařízení provedeny tak, aby pokud jsou řádně udržovány a využívány k účelům pro které jsou určeny, měly odpovídající odolnost vůči elektromagnetickému rušení, která jim umožňuje provoz v souladu se zamýšleným účelem. Dodavatel musí zajistit, aby instalace byla ve shodě s těmito požadavky, a přejímá odpovědnost za shodu instalace s aplikovatelnými požadavky nařízení vlády při jejím uvedení do provozu. Dodavatel řídicího systému (např. EZS, EPS, počítačové sítě) je ve smyslu zákona a nařízení vlády výrobcem nového systému a je odpovědný za jeho konstrukci, technické řešení, montáž a stavbu i za jeho funkčnost v prostředí, ve kterém je realizován. Dodavatel musí zvážit rizika rušivých vlivů (přímý i nepřímý úder blesku, indukované a spínací přepětí, vysokofrekvenční rušení po vedení i vzduchem) a realizovat opatření, která tato rizika anulují, nebo alespoň omezí na minimální nebezpečí, které lze považovat za přijatelné při užívání výrobku vzhledem k odpovídající vysoké úrovni ochrany oprávněného zájmu odběratele.

1.1 Normy související s ochranou před přepětím a s vysokofrekvenčním odrušením

V České republice se postupně přijímají v rámci harmonizace s EU také normy týkající se EMC. Mezi tyto normy patří i normy týkající se přepětí, které rozčleňují elektrická nařízení do tříd podle odolnosti a doporučují ochranu před přepětím v jednotlivých případech i všeobecně. Zatímco třídy odolnosti jsou určeny přesně, technické řešení ochrany před přepětím určené není. Norma popisující technické řešení by rychle zastarala a neumožňovala by technické inovace. Technické řešení ochran tedy vychází z požadavků normy na úroveň omezení přepětí, z požadavků investora a projektanta na odolnost zařízení a požadovanou úroveň bezpečnosti a z ekonomických možností investora.

1.1.1 Vybrané české normy týkající se přepětí

ČSN 33 2000-1 Základní ustanovení pro elektrická zařízení

Z této normy vyplývá plná odpovědnost projektanta a zřizovatele za správný a spolehlivý provoz elektrického zařízení a jeho povinnost zajistit přiměřenou ochranu před přepětím.

Norma přímo ukládá povinnost provozovatele chránit zařízení a rozvody proti přepětí.

ČSN 34 1390 Předpisy pro ochranu budov před bleskem

Tato norma obsahuje několik doporučení vztahujících se k vnitřní ochraně před bleskem. Důležité jsou údaje o pospojování, resp. oddálení kovových konstrukcí od jímacích vedení a svodů. Kvalitní vnější ochrana před bleskem samozřejmě přispívá ke snížení ohrožení elektronických zařízení uvnitř budovy a dnes již nic nebrání jejímu zkvalitnění a doplnění o vnitřní ochranu podle IEC 1024-1 a 1312-1. Pro odhad ohrožení elektronických zařízení v budovách je vhodné doporučení ČES 34.01.95 k ČSN 34 1390, vypracované na základě materiálů IEC-TC 81 k normě IEC 1662. Může být velice důležitým argumentem pro zřízení ochrany.

ČSN 33 2000-4-41 Elektrická zařízení. Bezpečnost. Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Principy pro hlavní a doplňkové pospojování uvádí článek 413.1.2 „Pospojování“. Průřezy ochranných vodičů a vodičů pospojování pro sítě TN, TT a IT uvádí články 413.1.3 až 413.1.6.

ČSN 33 2000-5-54 Výběr a stavba elektrických zařízení. Uzemnění a ochranné vodiče

Uvádí se základní zásady pro zřizování uzemnění, využití náhodných a strojených zemničů a pospojování. V článku 542.N5.6 Uzemnění svodičů přepětí se přímo uvádí: Pracovní uzemnění svodičů přepětí se spojuje s ochranným uzemněním zařízení, která jsou svodičem přepětí chráněna.

ČSN 33 0420-1 Koordinace izolace elektrického zařízení nízkého napětí

(Ekvivalent IEC 664-1980, IEC 664A-1981) je velmi důležitým argumentem pro zdůvodnění zapojování ochran před přepětím a rovněž podkladem pro návrh tzv. kaskádové ochrany před přepětím (tj. koordinace požadovanou v IEC 1312-1) v sítích nn.

ČSN 33 4010 Ochrana sdělovacích vedení a zařízení před přepětím a nadproudem atmosférického původu

Určuje minimální požadavky na jistící soupravy na konci vnějších sdělovacích vedení. Slouží jako orientační návod pro nutnost nasazení přepětiových ochran. S ohledem na důležitost provozu chráněného zařízení nebo objektu se doporučuje kvalitnější ochrana (v souladu s IEC 1312-1).

ČSN 33 2160 Předpisy pro ochranu sdělovacích vedení a zařízení před nebezpečnými vlivy třífázových vedení vn, vvn a zvn

Slouží jako podklad pro výpočet nebezpečných vlivů (přepětí) na sdělovacích vedeních zavedených do elektrických stanic nebo v souběhu se silovými vedeními vn až zvn, a jako podklad pro zřízení ochrany při překročení dovolených mezí nebezpečných vlivů.

ČSN 334000 Požadavky na odolnost oznamovacích zařízení před přepětím a nadproudem**ČSN 354870 Ventilové bleskojistky na střídavé napětí**

ČSN 380810 Použití ochran před přepětím v silových zařízeních

ČSN 33 2030 Ochrana před nebezpečnými účinky statické elektřiny

ČSN 33 2130 Elektrotechnické předpisy pro vnitřní elektrické rozvody

ČSN 34 2300 Předpisy pro vnitřní rozvody sdělovacích vedení

1.1.2 Vybrané mezinárodní normy týkající se přepětí

IEC 1024-1 Ochrana budov před bleskem – Obecné zásady

Tato norma definuje některé důležité pojmy:

Vnější ochrana před bleskem – klasická hromosvodní ochrana, norma ovšem požaduje její vyvedení dovnitř budovy pro potřeby potenciálního vyrovnání na ekvipotenciální přípojnicí.

Vnitřní ochrana před bleskem – soubor opatření uvnitř budovy k zabránění nekontrolovanému vzniku přeskoků a průrazů (včetně uvnitř připojených elektrických zařízení).

Potenciálové vyrovnání – součást vnitřní ochrany před bleskem, zahrnující jednak přímé pospojování „neživých“ kovových částí, jednak připojení „živých“ vodičů přes svodiče přepětí. Stejně jako vodiče a svorky i svodiče přepětí v hlavním potenciálovém vyrovnání (v suterénu nebo přízemí budovy na ekvipotenciální přípojnicí) musí být podle této normy dimenzovány na parametry části bleskového proudu, tj. musí být zkoušeny vlnou 10/350 μ s.

IEC 1312-1 Ochrana před elektromagnetickým impulzem způsobeným bleskem (LEMP)

Určuje obecné zásady. Je to nejdůležitější opora pro zřizování vnitřní ochrany před bleskem a přepětím obecně. Opírá se o parametry bleskového výboje definovaného v IEC 1024-1 (uvažuje i následné výboje v kanálu blesku) a zavádí další důležitý pojem – zóny bleskové ochrany. Ty umožňují rozčlenění prostoru s chráněnými zařízeními na oblasti s různými nároky na ochranu před LEMP a určují místa ochranného pospojování (vyrovnání potenciálů) na rozhraní zón. Na všech rozhraních zón bleskové ochrany se musí ošetřit veškeré průniky kovových konstrukcí (včetně elektrických vedení).

IEC 364, oddíl 534 Elektrické instalace v budovách. Zařízení pro ochranu před přepětím

Upravuje předpisově nasazení přepětových ochran v různých silových instalacích (TN-S, TN-C, IT, TT) a definuje požadavky na kvalitu přepětových ochran. Z této normy mj. vyplývá, že přepětové ochrany musí být instalovány tak, že při poruše (a samozřejmě též činnosti) ochrany nesmí dojít k významnému nebezpečí exploze nebo požáru. Přepětové ochrany musí mít vnější nebo zabudované vnitřní ochranné zařízení proti přílišnému zahřátí pouzder.

IEC 1000-4-5 Požadavky na odolnost vůči impulznímu přepětí

Stanovuje metodiku zkoušení a vyhodnocování výsledků, umožňující na základě úrovně zkoušek charakterizovat odolnost zařízení před přepětím nejen atmosférického původu.

IEC 61643-1 Přepětové ochrany připojené k rozvodům nízkého napětí

Popisuje požadavky a zkušební metody svodičů rozdělených tříd I, II a III, což odpovídá našemu rozdělení na 1., 2. a 3. stupeň.

IEC 61000 Elektromagnetická kompatibilita***IEC 61312 Ochrana před elektromagnetickými impulzy vyvolanými bleskem******IEC 61662 Analýza rizika škod způsobených bleskem***

2 OBECNĚ O PŘEPĚTÍ

2.1 Definice přepětí

ČSN 13 4000 a ČSN 33 4010 definuje přepětí jako napětí, které je vyšší než nejvyšší provozovací napětí. Rozumí se tím nejvyšší provozovací napětí elektrického obvodu (na vedení, na svorkách zařízení apod.).

2.2 Druhy přepětí

Rozeznáváme tyto druhy přepětí:

- **Pulzní přepětí** (označujeme tak jakékoliv přechodové napětí trvající maximálně jednotky ms, jehož amplituda překročí maximální hodnotu pracovního napětí).
- **Příčné přepětí** (přepětí mezi pracovními vodiči; L-N u napájení nn).
- **Podélné přepětí** (přepětí mezi pracovním vodičem a zemí).
- **Dočasné přepětí** (přepětí při průmyslovém kmitočtu o relativně dlouhém trvání).
- **Přechodné přepětí** (přepětí krátkého trvání nepřesahující několik tisícín sekundy, kmitavé nebo nekmitavé, obvykle silně tlumené).
- **Spínací přepětí** (přechodné přepětí v kterémkoliv místě sítě způsobené specifickou spínací činností nebo poruchou).
- **Atmosférické přepětí** (přechodné přepětí vzniklé v kterémkoliv bodě sítě v důsledku atmosférického výboje).
- **Funkční přepětí** (úmyslně způsobené přepětí nutné pro funkci zařízení).
- **Provozní přepětí** (přechodně zvýšené napětí způsobené obvykle náhlou změnou stavu sítě; např. při provozních spínáních, zemních spojeních, rezonančních podmínkách apod.).

2.3 Vznik pulzního přepětí

Pulzní přepětí vzniká přirozenou cestou – při úderu blesku, nebo při elektrostatickém výboji, při spínacích jevech a také při nukleárním výbuchu. Toto přepětí patří mezi nejvýraznější a nejškodlivější projevy elektromagnetické interference (rušivých vlivů) a

ohrožuje zvláště elektronické zařízení s hustou integrací polovodičových součástí. Trvá krátkou dobu (řádově nanosekundy až milisekundy).

Je nutné si uvědomit, že vliv indukce a vazeb se projevuje i na vedeních uvnitř budov, pouze je nepatrně zeslaben zdivem a paradoxně někdy i lokálně zesílen nedokonale pospojovanou armaturou železobetonových budov. Všude tam, kde na radiových a televizních přijímačích můžeme přijímat signál na vnitřní pokojovou anténu, může se indukovat přepětí od vzdáleného úderu blesku.

Četná přepětí vznikají průmyslovou činností. Jedná se o přechodové jevy při zapínání a vypínání velkých, zejména induktivních zátěží (transformátory, velké motory, indukční ohřevy, při zkratech v rozvodné síti apod.).

Zdrojem přepětí zejména v datových kabelech může být i indukce (přeslech) při souběhu se silovými kabely – zejména pokud v silových rozvodech dochází k častému spínání energetických spotřebičů.

2.3.1 Atmosférická přepětí (LEMP=lightning electromagnetic pulse)

Přímý úder blesku

Blesk je v podstatě elektrický výboj mezi elektricky nabitým mrakem a zemí (zemní blesky), mezi dvěma a více mraky navzájem, nebo mezi jednotlivými částmi jednoho mraku (mračné blesky). Pouze nepatrná část výbojů se uskutečňuje mezi mraky a zemí. Blesky vznikají v bouřkových buňkách, které dosahují průměru až několika kilometrů. Každá bouřková buňka je aktivní nejvýše po dobu 30 minut a generuje průměrně 2 až 3 blesky za minutu. Dosahuje výšky až 10km, přičemž dolní hranice mraků leží většinou ve výšce jednoho až dvou kilometrů. Ve středu bouřkové buňky existuje silný vzestupný proud, který způsobuje oddělení pozitivních a negativních nábojů. Pozitivní náboj se většinou váže na krystalky ledu v horní části buňky, zatímco negativní náboj je většinou vázán na vodní kapky v její dolní části. V blízkosti země dochází k nabíjení bouřkových buněk pozitivním nábojem v důsledku sráživých výbojů především z lesních porostů. Kromě bouřkových buněk vznikajících za letních veder se tvoří bouřkové buňky také ve frontální oblačnosti v důsledku pohybu velkých vzduchových mas. Četnost bouřek souvisí s ročním obdobím. V letních měsících červenci a v srpnu je v průměru pětikrát více bouřek než v zimních měsících. Vznik letních bouřek je podporován ohřevem krajiny sluncem. Na

podzim dodává potřebnou energii pro vznik bouřek nad mořem teplá voda v blízkosti pobřeží.

Podle IEC 1312-1:1995 lze bleskový výboj charakterizovat pěti základními parametry.

Tabulka I. Základní parametry bleskového výboje

Parametr	Měrná jednotka	Rozsah
Vrcholová hodnota bleskového proudu I_{imp}	kA	1 až 400kA
Celkový bleskový náboj Q_f	C	max 300C
Impulsní náboj bleskového proudu Q_s	C	max 100C
Specifická energie W/R	MJ/ Ω	max 10MJ/ Ω
Strmost bleskového proudu di/dt	kA/ μ s	max 200kA/ μ s

Dalším důležitým parametrem, který je uváděn při klasifikaci bouřkové činnosti je tzv. intenzita bouřkové činnosti, neboli četnost úderů blesku na km^2/rok . V našich zeměpisných šířkách, se pohybuje od 2 - 8 úderů/ km^2/rok , v subtropické až tropické oblasti je to od 30 do 70 úderů/ km^2/rok .

Výboj blesku je charakterizován vysokými amplitudami proudu dosahujícími hodnot i vyšších než 400kA. Průměrné hodnoty v podmínkách ČR dosahují 30 až 50kA. Udeří-li blesk přímo do objektu, zvýší se ve zlomku sekundy potenciál krytů a ochranných vodičů veškeré elektroinstalace propojené se základovým uzemněním. Tím začne protékat destruktivní vysoký vyrovnávací proud z uzemněných částí přístrojů do napájení datových a silových systémů. Současně se mohou ve velkých smyčkách vedení, která nejsou spojena se systémem vyrovnávání potenciálů, indukovat vysoká napětí.

Nepřímý úder blesku

I když blesk neuhodí přímo do objektu, vedení nebo zařízení, může vzniknout pulzní přepětí galvanickou vazbou přes uzemnění, resp. kapacitní a induktivní vazbou na vedeních vzdálených od výboje blesku až 2 km. Postupující přepětíový impuls se dostane rychlostí světla do transformační stanice a dále do rozvodů sítí nn. Díky vysoké rychlosti šíření se stává, že přístroje a zařízení jsou zničena dříve, než následný hrom zaregistrujeme. Elektromagnetické impulsy ze vzdáleného úderu se obvykle šíří přes distribuční nebo telefonní vedení k ohroženému elektronickému zařízení. Jsou v porovnání s přímým úderem blesku relativně častější, mnohdy více než desetkrát za rok, dle regionu a podnebí. Rovněž tak vniknutí bleskového proudu do země v blízkosti budovy vede ke zvýšení potenciálu, který může zapříčinit značné škody.

Výboje typu „mrak-mrak“

I když blesk neudeří do země, nýbrž proběhne výboj mezi mraky, vyvolá zrcadlový náboj na povrchu země a indukuje napětí na rozvodech silových a datových vedení.

2.3.2 Spínací přepětí (SEMP≡switching electromagnetic pulse)

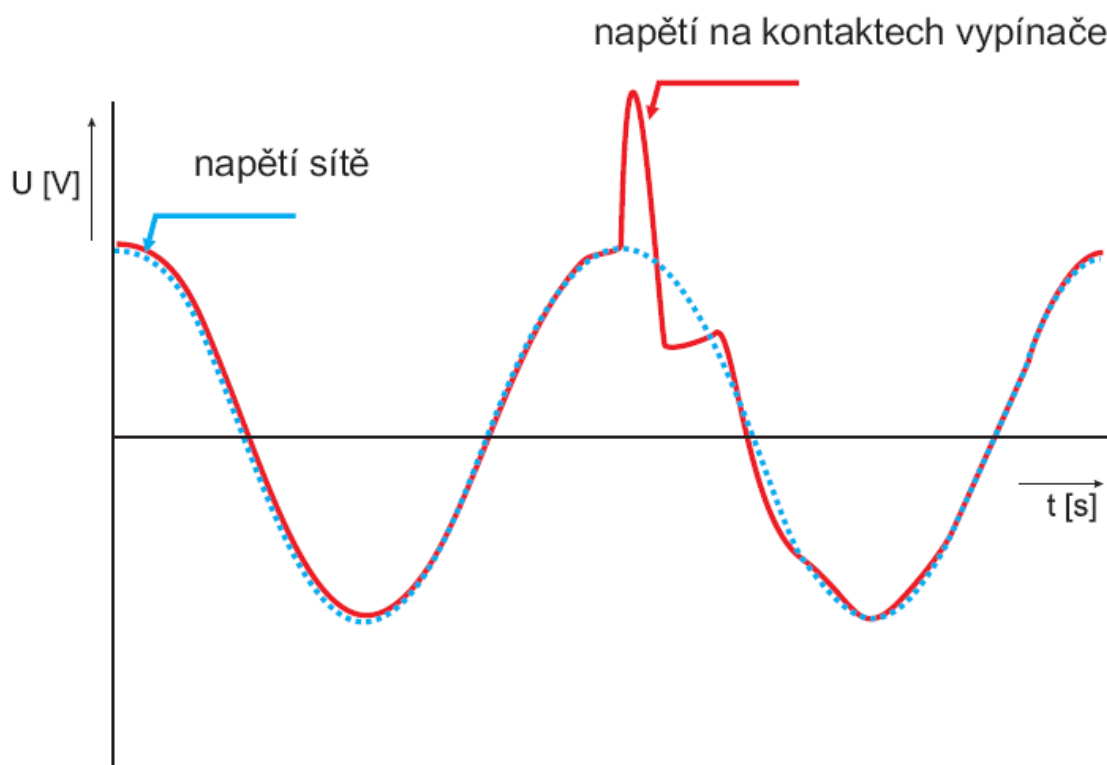
Elektrický obvod, na kterém lze přechodový děj demonstrovat, je obvykle určen indukčností zdroje, kapacitou vedení a kontaktů jednotlivého spínače. Spínací pochody se vyskytují na elektrických vedeních např. při zapínání a vypínání jakéhokoli spotřebiče induktivního nebo kapacitního charakteru. Nejhorším nebo největším zdrojem přepětí na jednotlivých zařízeních je přerušované zemní spojení v rozvodech sítí nn.

Spínání v síti nn

Ke vzniku přechodových přepětí dochází při zapínání, vypínání, připojování a odpojování induktivních a kapacitních zátěží a také při zkratech v napájecí síti.

Spínání a přepínání v sítích vn a vvn

Spínací přepětí ze sítě vn a vnn se parazitními kapacitními a indukčními vazbami přenáší do rozvodů nn s dopady obdobnými jako u vzdálených úderů blesku.



Obr. 1. Časový průběh spínacího přepětí

2.3.3 Elektrostatický výboj (ESD≡electrostatic discharge)

Tento typ výboje vzniká při mechanickém tření dvou izolantů (v technologii, při pohybu osob po nevhodné podlaze apod.) a působí lokálně. Dá se mu předcházet vhodnou úpravou materiálů, vodivými povlaky, ionizací apod.

2.3.4 Nukleární výbuch (NEMP≡nuclear electromagnetic pulse)

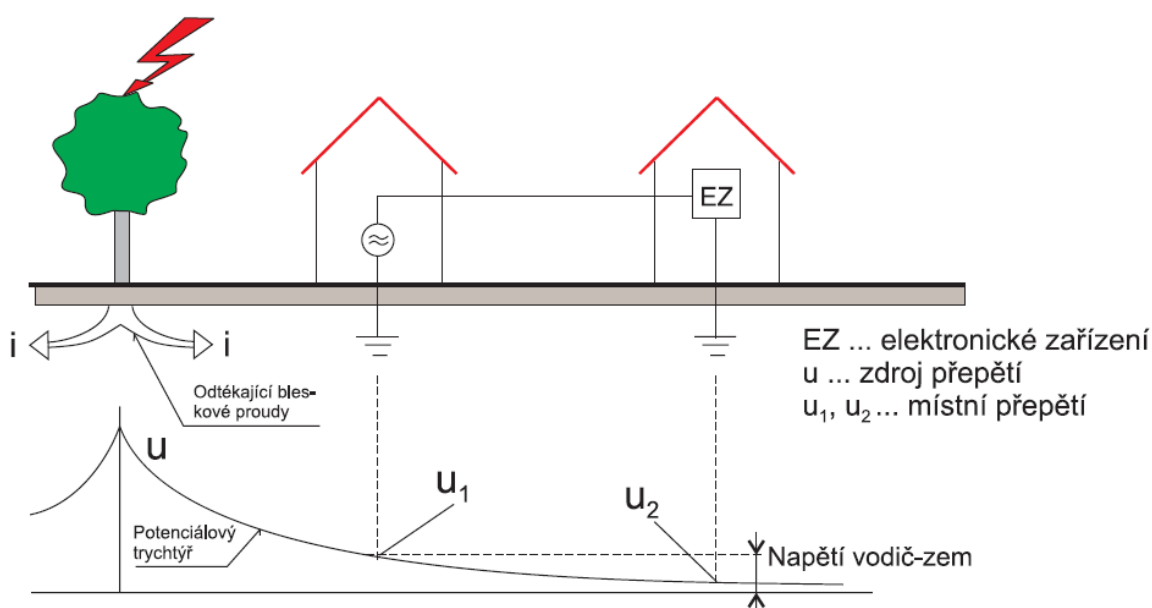
Tento elektromagnetický impuls už nemusí být pouze nevyhnutelným účinkem nukleárního výbuchu. Dá se spíše předpokládat, že bude ve vážném případě použit cílevědomě a se zničujícím úspěchem proti jakémukoliv druhu elektroniky.

2.4 Druhy vazeb (pronikání) přepětí

Rušivé energie (např. v podobě napětí, proudů, polí) mohou pronikat do stavebního objektu cestami různých vazeb, přičemž důležitou roli zde sehrává kabeláž a její prostorové rozložení. Dále uvedu tři nejdůležitější mechanismy vazeb.

2.4.1 Galvanická vazba

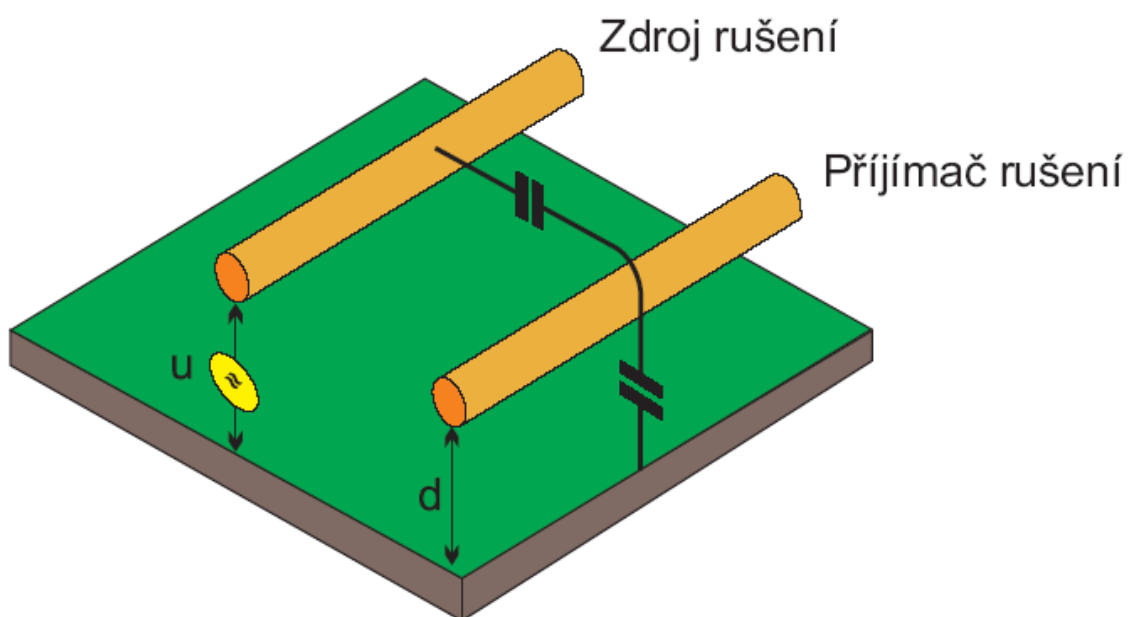
Při blízkých a přímých úderech blesku do bleskosvodů stavebních objektů se mj. projevuje přepětí v důsledku galvanické vazby. Galvanická vazba je dána tím, že zemní potenciály podél stavebního objektu mají různou velikost. Opatřeními pro vyrovnaní potenciálu (zemniče, ochranné propojení atd.) se dosahuje určitého zploštění potenciálového trychtýře, které má za následek zmenšení rozdílů potenciálů vzhledem k jeho středu – místu úderu. V důsledku impedancí vyrovnávacích vedení a nezanedbatelné impedance země nemohou však nikdy být eliminovány beze zbytku.



Obr. 2. Schéma galvanické vazby

2.4.2 Kapacitní vazba

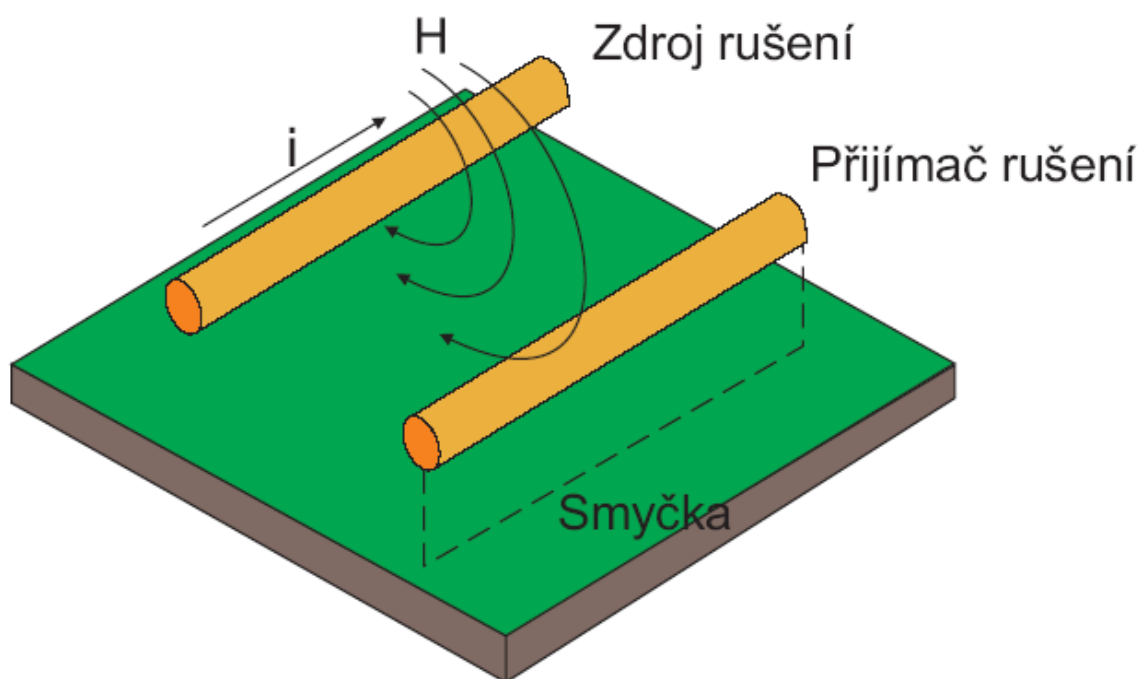
Mezi zdrojem rušení a přijímačem rušení vždy existuje kapacitní vazba (parazitní vazba). Čím vyšší je strmost čela rušivého napětíového impulsu, tím silnější je jeho rušivý účinek.



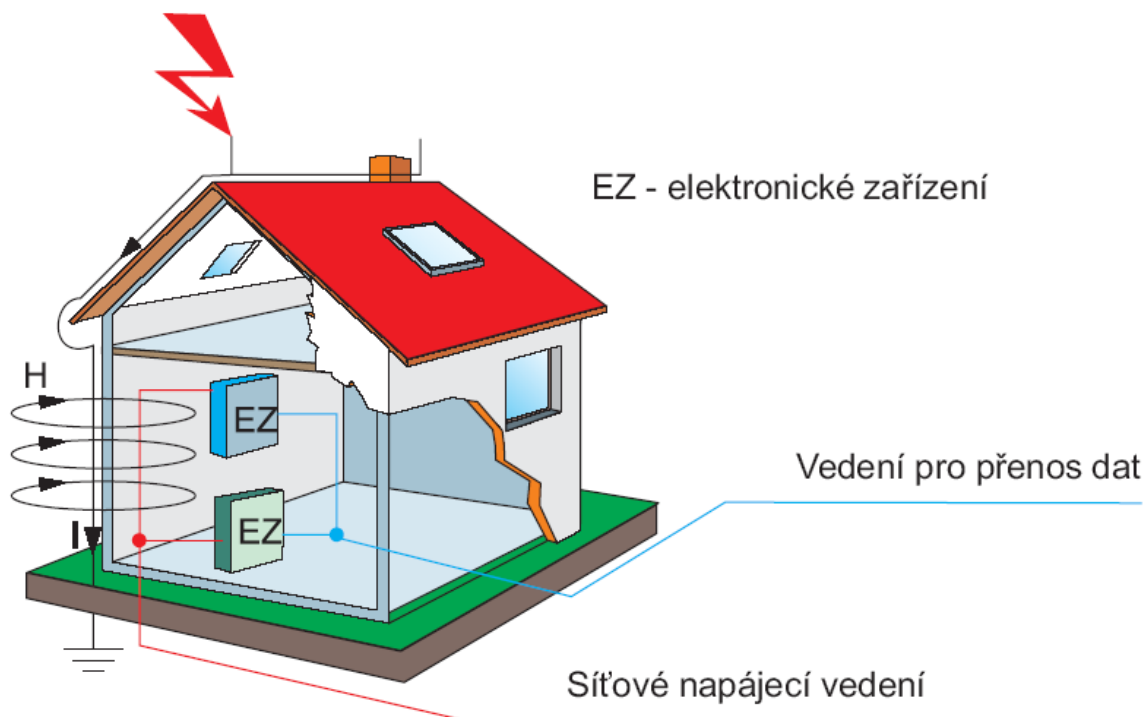
Obr. 3. Schéma kapacitní vazby

2.4.3 Induktivní vazba

Mezi zdrojem rušení a přijímačem rušení vždy existuje indukativní vazba (magnetické pole). Čím větší je strmost čela rušivého proudového impulsu, který magnetické pole vyvolává, tím větší je rušivý signál.



Obr. 4. Schéma indukativní vazby



Obr. 5. Příklad induktivní vazby

2.5 Napět'ové úrovně a časové průběhy u přepětí

2.5.1 Termíny, pojmy a definice

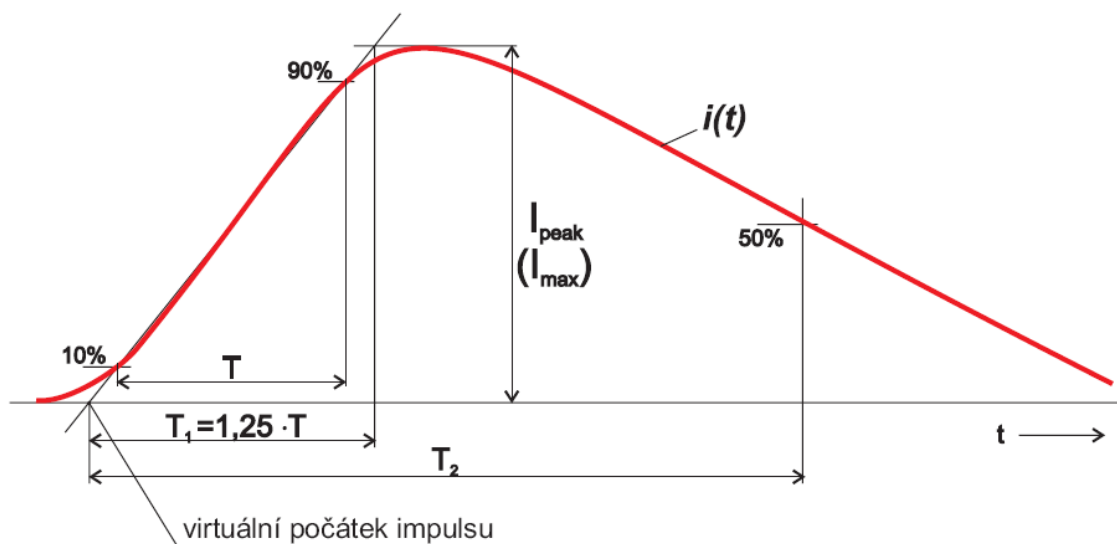
Přepětí je jakékoli napětí, které svou vrcholovou hodnotou přesahuje odpovídající vrcholovou hodnotu největšího pracovního napětí rozvodu sítě nn. Přepětí je zpravidla náhodný jev, který se liší místem svého výskytu a časovým průběhem. Jeho parametry nejsou určovány pouze jeho příčinou (úder blesku, spínání v silnoprůdné síti atd.), ale rovněž i elektrickými vlastnostmi vedení (vlnový odpor, zakončovací impedance, vybíjecí schopnost, dielektrická pevnost izolace apod.). V posledních letech byla znormalizována řada proudových a napět'ových průběhů pro různá použití. Tyto průběhy umožňují provádění testů na přístrojích a konstrukčních prvcích za stejných podmínek.

Definice nejdůležitějších parametrů nejvíce používaných normalizovaných průběhů (podle IEC 61 643-1, IEC 60-1 a ČSN 61 000-4-5):

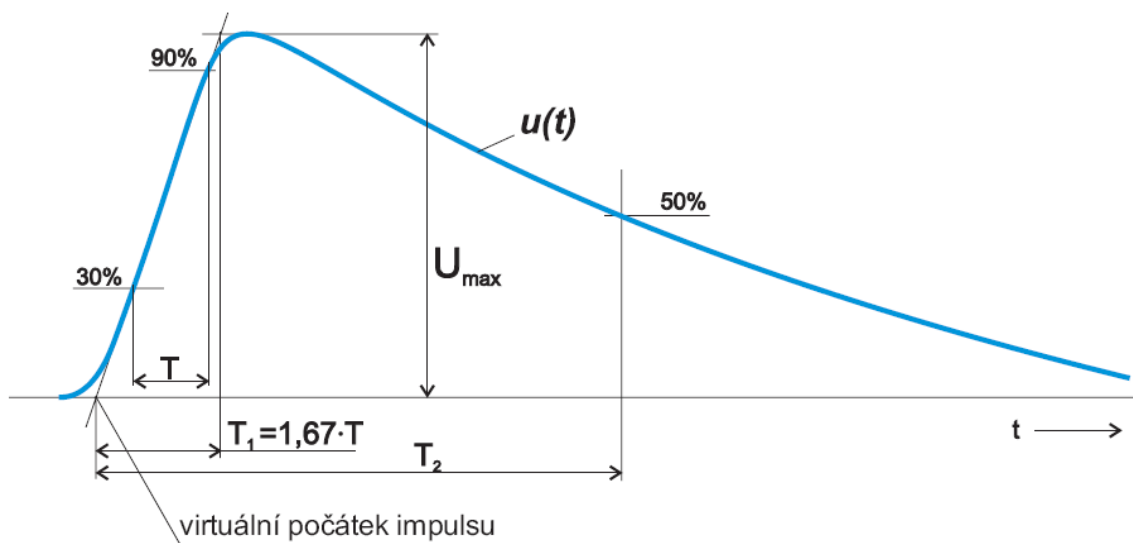
- 1) Vrcholová hodnota (amplituda) $U_{\max}$, $I_{\max}$ – vrcholová hodnota je maximální hodnota napětí nebo proudu, kterou sledovaný impulsní průběh dosáhne během svého trvání.

- 2) Čelo impulsu – část impulsu napětí nebo proudu před vrcholem.
- 3) Doba čela proudového impulsu T_1 – 1,25násobek časového intervalu mezi okamžiky, ve kterých okamžitá hodnota proudu vzroste z 10% na 90% své vrcholové hodnoty.
- 4) Doba čela napěťového impulsu T_1 – 1,67násobek časového intervalu mezi okamžiky, ve kterých okamžitá hodnota napětí vzroste z 30% na 90% své vrcholové hodnoty.
- 5) Těl impulsu – část impulsu napětí nebo proudu za vrcholem.
- 6) Doba půltýlu T_2 – časový interval mezi virtuálním počátkem impulsu a okamžikem, kdy sledovaný průběh poklesne na 50% vrcholové hodnoty.

Pozn.: Virtuální počátek je průsečík časové osy s přímkou procházející body, ve kterých okamžitá hodnota na čele impulsu poprvé dosáhne jednak stanovenou nižší hodnotu a jednak stanovenou vyšší hodnotu, viz. následující dva obrázky.



Obr. 6. Impuls proudu, definice doby čela a doby půltýlu



Obr. 7. Impuls napětí, definice doby čela a doby půltýlu

2.5.2 Normalizované zkušební proudové impulsy

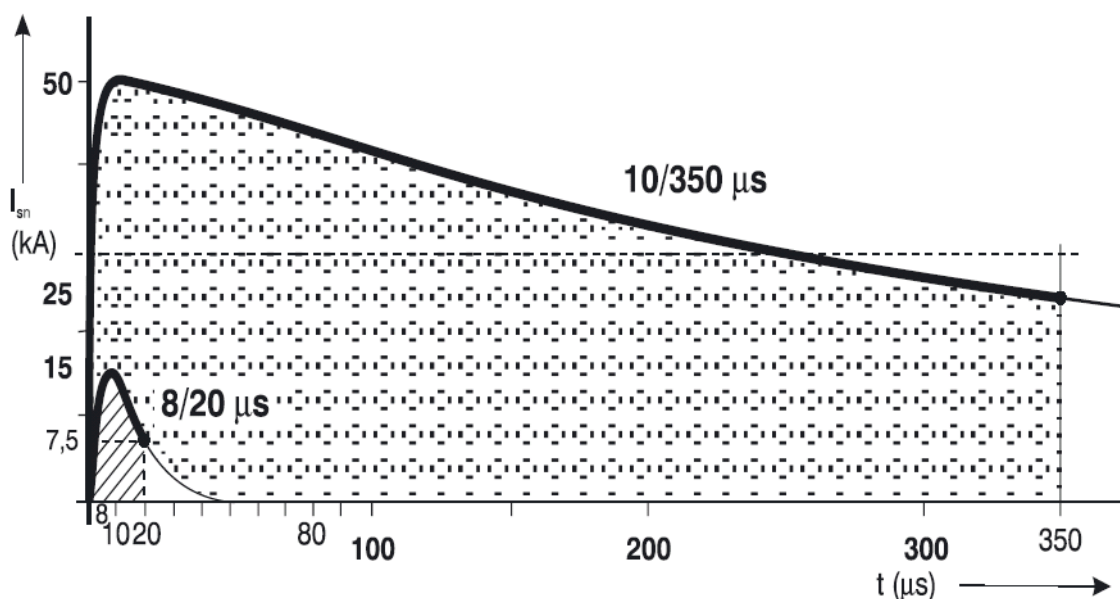
Důležitými údaji jsou jejich časové průběhy.

Při zkouškách SPD jsou používány dva základní typy zkušebních proudových impulsů:

- 1) Zkušební impuls bleskového proudu I_{imp} (10/350) – tato proudová vlna je používána k simulaci bleskového proudu (tzv. zkouška bleskovým proudem).
- 2) Zkušební proudový impuls I_{max} (8/20) – je používán k simulaci nepřímých účinků blesku a spínacích přepětí.

První údaj u charakteristiky proudové vlny znamená dobu od počátku do dosažení maximální amplitudy, druhý údaj určuje dobu od počátku přes dosažení amplitudy až do následného poklesu amplitudy na polovinu maximální hodnoty (údaje jsou v μs).

Při zkoušce zkušebním impulsem bleskového proudu I_{imp} (10/350 μs) musí svodič svést cca 17,5x větší náboj než při zkoušce proudovým impulsem I_{max} (8/20 μs) o stejné amplitudě. Z toho vyplývá i rozdílná konstrukce svodičů bleskových proudů, zkoušených impulsem bleskového proudu I_{imp} (10/350 μs) a svodičů přepětí, zkoušených proudovým impulsem I_{max} (8/20 μs).



Obr. 8. Zkušební proudové impulzy tvaru 10/350 a 8/20

2.5.3 Průběh a parametry bleskových napětí a proudů

Typické průběhy a parametry bleskových rázových napětí a proudů vyskytujících se na vodivých částech terénu, stavebních konstrukcích a metalických vedeních v důsledku úderu blesku (s přihlédnutím k vlivům způsobených galvanickou, induktivní event. kapacitní vazbou) jsou uvedeny v následující tabulce.

Tabulka II. Typické hodnoty bleskových rázových napětí a proudů

Druh průniku přepětí	Přepětí (vrcholové hodnoty)	Proudy (vrcholové hodnoty)	Doba půltýlu
Přímý úder blesku	- až několik stovek kV	>30kA (50% všech blesků) >100kA (5% všech blesků) >150kA (1% všech blesků)	cca (200÷1000)μs
Galvanická vazba	- až několik desítek kV	- vzdálené údery: do 1kA - blízké údery: do několika kA - přímé údery: do několika desítek kA	typicky: cca 700μs
Induktivní vazba	- příčná přepětí do několika kV - podélná přepětí do několika desítek kV	- do několika kA - do několika desítek kA	typicky: cca 20μs
Kapacitní vazba	- příčná přepětí do několika kV - podélná přepětí do několika kV	- do několika kA	typicky: (50÷100)μs

Pro simulaci proudů pronikajících do vedení a elektrických zařízení v důsledku galvanické vazby se nejčastěji používá zkušební proudový impuls ve tvaru 10/350μs. V případě

induktivních a kapacitních vazeb jsou napěťové a proudové impulsy podstatně kratší. Vyšetřování rušivých účinků blesku ve vztahu k indukovaným přepětím (proudům) v důsledku induktivní vazby se nejčastěji provádí pomocí zkušebních proudových impulsů ve tvaru $8/20\mu\text{s}$. Podobně vyšetřování účinků blesku ve vztahu k rušivým přepětím (proudům) v důsledku kapacitní vazby se provádí pomocí zkušebních napěťových impulsů ve tvaru $1,2/50\mu\text{s}$.

2.5.4 Trvání přepětí

Z hlediska způsobů řešení ochrany se přepětí v sítích nn člení na:

- Přepětí dočasná, která mají shodný kmitočet s kmitočtem sítě a trvají od několika period do několika sekund. Jsou přenášena ze sítě vyššího napětí, vyskytují se často v případech zemního spojení a zkratu jedné z fází a v síti nn dosahují až velikosti sdruženého napětí.
- Přechodná (tranzientní) přepětí mají průběh krátkého impulsu a jsou většinou způsobena spínacími pochody a bleskem. Zatímco v sítích s podzemními kabely a v rozsáhlých průmyslových sítích převládají spínací přepětí, v distribučních sítích, které jsou u nás často realizovány venkovními vedeními, výrazně převládají jak počtem, tak velikostmi atmosférická přepětí.

2.6 Nebezpečí přepětí a jeho následky

Každým rokem dochází k nárůstu škod způsobených přepětím v sítích nn. Především v letním období jsou příčinou těchto škod bleskové výboje. Některé přístroje však mohou být zničeny i přepětím vznikajícím při běžných spínacích jevech v síti. Například i při zapnutí zářivky, rozběhu lednice nebo výtahu vznikají impulsy o velikosti několika kilovoltů. Tyto impulsy způsobují často nevysvětlitelné poruchy (zamrznutí počítače, změnu naprogramování spotřebičů apod.) a vždy snižují životnost přístrojů.

Nežádoucí ovlivnění elektronických obvodů rušivými signály a přepětím se staly v posledních letech pojmem. Jestliže bylo možno reléové vstupy přístrojů minulé generace krátkodobě bez nebezpečí přetížit několika sty volty, u polovodičových obvodů i nízkonoenergetické impulsy způsobí poškození a provozní poruchy elektronických zařízení.

Dnes jsou elektronické obvody téměř ve všech elektrických přístrojích. Zavádění součástí stále citlivějších na přepětí (IO, HTTL, MOS, FET) způsobuje, že elektronická zařízení jsou ohrožena elektromagnetickým impulsem do vzdálenosti až 2 km od místa úderu blesku. Ohrožení zařízení závisí i na umístění zařízení a vedení, které k němu přichází. Jedná se především o přístroje s elektronickými prvky, jako např., EZS, EPS, Hi-Fi technika, počítače, NC stroje, počítače, domácí video, audiotechnika apod. Opravy těchto přístrojů jsou potom většinou velmi nákladné a nelze v těchto případech uplatnit ani reklamaci v záruční době.

Kvalitní moderní přístroje mají již určitou odolnost proti přepětí. Není však technicky možné, aby sám přístroj odolával velkým impulsům způsobených bleskem. Integrace elektronických prvků se stále zvyšuje a to znamená, že na menší prostor se zvětšuje počet elektronických prvků a tím se snižují izolační vzdálenosti mezi prvky a snižuje se odolnost proti přepětíovým pulsům.

Odpojování přístrojů při bouřce je tradiční způsob chránění před poškozením. V současné době je to však problematické, protože přístroje jsou připojeny nejen k napájecí síti, ale i k dalším sítím jako je třeba telefonní vedení, antény a přístroje jsou často propojeny datovými sítěmi a podobně. Odpojení by tedy bylo pracné a často by mohlo narušit další funkci zařízení. Navíc často potřebujeme aby přístroje pracovaly i při bouřce, týká se to zejména přístrojů, které zajišťují bezpečnost, jako jsou třeba požární a bezpečnostní signalizace, telefonní zařízení, vysílačky atd. Navíc některé spotřebiče nelze tak jednoduše odpojit a zde je třeba zdůraznit, že v žádném případě nestačí vypnutý vypínač nebo jistič. Vzdálenosti mezi kontakty vypnutých vypínačů a jističů jsou tak malé, že impuls mezi nimi bez problémů přeskochí.

Použití přepětíových ochran má stále větší význam z těchto důvodů:

- S pokračující technizací bude docházet stále k více k aplikacím, které vyžadují absolutní provozní bezpečnost (např. jaderné elektrárny).
- Elektronika díky své hospodárnosti a neomezeným technickým možnostem (počítače, mikroprocesory) pomáhá stále více řešit problémy nebo vůbec umožňuje řešení problémů v neelektrických oblastech (mechanika, hydraulika apod.).
- Přibývající množství dat v elektronických zařízeních vyžaduje ve stále větší míře úpravu dat v exponovaných vnějších stanovištích zařízení.
- Vojenská hrozba elektromagnetického impulsu při nukleárním výbuchu (NEMP).

Nebezpečí úderu blesku

Důsledky blesku mohou mít nepředstavitelné a v mnoha případech tragické konce. V souvislosti s přímým úderem blesku a nebo jeho indukci při bleskovém úderu poblíž vodičů rozvodných, sdělovacích nebo datových sítí může dojít ke zničení nebo poškození připojených zařízení. Při opakování i malých úrovní přepětí způsobených úderem blesku dochází k narušení izolačních vlastností jak vodičů, tak i veškerých zařízení.

Nebezpečí přepětí

Nebezpečí přepětí je především v jeho každodenní přítomnosti ve všech elektrických a datových systémech. Není viditelné a proto je nebezpečné. Přepětí, i když mívá obvykle menší amplitudu než přepětí způsobené úderem blesku, způsobuje stejné škody na zařízeních a v některých případech i škody větší. Prostřednictvím hrubé, střední a jemné ochrany lze přizpůsobit realizaci ochrany individuálním požadavkům.

Modulové přístroje pro ochranu před bleskovými proudy a přepětím lze jednoduše a přitom úsporně instalovat do hlavních a podružných rozvaděčů. Svodiče bleskového proudu jsou určeny pro ochranu přívodního vedení před přepětím při přímém či blízkém úderu blesku. Vysoká kvalita výkonového varistoru představuje velmi rychlou reakci (nanosekundy) svedení bleskového proudu do zemnicí soustavy. Ochrana citlivých zařízení je provedena soustavou správně zvolených přepětiových ochranných. Komplexnost výrobků dnes umožňuje všem uživatelům využít ochrany i v těch nejnáročnějších případech.

Ekonomická kalkulace

Pravděpodobnost vystavení nežádoucím efektům, způsobených bleskem a přepětím, je v dnešní době velmi značná a má za důsledek velké ekonomické ztráty pro uživatele elektroniky, a to především:

- Nepřímé škody – při zničení veškerých nashromážděných informací (ekonomických, obchodních a technických dat).
- Přímé škody – při poškození majetku a mechanických částí elektroniky, což představuje značně menší finanční částky než v prvním případě.

Rozlišujeme tyto možné následky pulzního přepětí (závisí na jeho amplitudě a energii):

- Zničení – při překročení určité amplitudy dojde k napětovému průrazu, což má za následek destrukci části nebo celého zařízení. Obdobné následky mohou nastat i při

nesrovnatelně nižších amplitudách řádu jednotek až stovek voltů, kdy dochází k průrazům polovodičových přechodů a k poškození integrovaných obvodů. Tato poškození nejsou viditelná, ale projevují se jako závada na příslušném obvodu elektronického přístroje při rychlých změnách napětí, kdy dochází k průrazům plem řízených tranzistorů, poruchám tyristorů aj., případně dochází k jejich náhodnému spínání.

- Nesprávná činnost – náhodné selhání tyristorů a triaků, částečné zničení datových souborů, chyby v programech pro zpracování dat, chyby v datech nebo v jejich přenosech.
- Rychlé stárnutí – přepětí působící na elektronické součástky rychle snižuje jejich životnost.

3 HLAVNÍ ZÁSADY KOMPLEXNÍ OCHRANY

3.1 Hlavní zásady ochrany před přepětím

1) Bereme v úvahu všechny možné zdroje přepětí.

Přitom přihlížíme k závažnosti jejich vlivu. Většinou vychází koncepce z požadavků ochrany před bleskem a atmosférickým přepětím. U zařízení napájených ze sítě nn musíme zajistit ochranu před spínacími přepětími.

2) Využijeme všechny možnosti omezení vzniku přepětí.

Ochrana před přepětím se neomezuje jen na zapojení svodičů přepětí na „živé“ vodiče. Zřizuje se kvalitní vnější ochrana před bleskem vytvořením Faradayovy klece. Kromě tohoto odstínění vnitřních prostor budovy počítáme i se stíněním jednotlivých místností a vedení.

3) Omezení vniknutí bleskových proudů do budovy.

Bleskové proudy se mohou dostat do budovy z hromosvodní soustavy a ze všech nadzemních i podzemních kovových konstrukcí zavedených do budovy (vodovodních i plynovodních potrubí, technologických lávek, elektrických vedení atd.). Připojením všech těchto konstrukcí na ekvipotenciální (okružní) přípojnicí co nejbližší vstupu do budovy se dosáhne toho, že bleskové proudy „obcházejí“ budovu. „Živé“ vodiče zapojujeme do tohoto „vyrovnání potenciálů v ochraně před bleskem“ pomocí svodičů bleskového proudu.

4) Vyrovnání potenciálů uvnitř budovy.

Cílem ochrany je vyrovnat potenciálové rozdíly v jednotlivých částech instalace i na vstupech do chráněných zařízení. Kromě hlavního vyrovnání potenciálů na vstupech vedení do budovy se využívají další možnosti uvnitř budovy (podružné rozvaděče, zásuvkové okruhy, vstupy do zařízení) k místnímu vyrovnání potenciálů, přičemž „živé“ vodiče se zapojují přes svodiče přepětí.

5) Bereme v úvahu všechny cesty pronikání přepětí do zařízení.

Za nejnebezpečnější lze považovat průnik kovovými vedeními překračujícími hranice budovy (galvanickou vazbou) do vnitřní instalace. Nebezpečná jsou ovšem také dlouhá vedení uvnitř budovy a instalační smyčky v rozvodech. I když ochrana před přepětím z vedení silového rozvodu bývá často nejdůležitější, není to pravidlo.

Nesmí se nikdy zapomínat na sdělovací vedení v nejširším slova smyslu (telekomunikační, datová i anténní vedení, vedení měření a regulace a další).

6) Ochrana před přepětím nesmí nepříznivě ovlivnit provoz chráněného zařízení.

Nesmí způsobovat zbytečné výpadky provozu ani ochran, nesmí ovlivňovat přenos signálu. Ideální je dosažení nepřerušného provozu i v případě přímého úderu blesku do budovy nebo vedení.

7) Hospodárnost přepět'ových ochran.

Rozsah ochranných opatření musí respektovat hledisko hospodárnosti.

K nejobtížnějším problémům ochrany patří výběr míst zapojení a typů přepět'ových ochran s ohledem na omezené finanční prostředky.

3.2 Komponenty pro přepět'ovou ochranu

Komponenty a zařízení pro ochranu před přepětím jsou vždy založeny na základním principu – udržet stav izolace až do přípustné úrovně napětí. Po překročení této úrovně dochází ke zkratování přepětí, čímž je příliš vysoký rozdíl potenciálů mezi dvěma vodivými částmi přístroje nebo zařízení omezen na přípustnou hodnotu. Elektronické spínače používané pro tento účel se nazývají svodiče přepětí nebo přístroje pro ochranu před přepětím. Pro ochranu proti blesku a přepětí se dnes používají otevřená jiskřiště, hermeticky uzavřená jiskřiště, plynem plněné bleskojistky, varistory, omezovací diody nebo kombinace uvedených prvků.

3.2.1 Jiskřiště

Nejčastějšími aplikacemi svodičů na principu jiskřiště jsou svodiče třídy I určené pro první stupeň přepět'ových ochran. Podle konstrukčního provedení je možno je rozdělit na tzv. „otevřená“ nebo „uzavřená“ jiskřiště. Tvar elektrod, jejich materiál a vzduchová mezera mezi elektrodami určují ochrannou úroveň, svodovou schopnost a vlastnosti charakterizující chování jiskřiště při zhášení následných proudů.

Otevřená jiskřiště vynikají velmi vysokými svodovými schopnostmi (až $I_{\text{imp}} = 50\text{kA}$ ($10/350\mu\text{s}$)) při vysokých úrovních samočinně zhášeného následného proudu (až $I_f = 50\text{kA}_{\text{ef}}$). Jejich základním nedostatkem je však vyšlehování žhavého plazmatu z pouzdra

při jejich aktivaci bleskovým proudem. Tato skutečnost komplikuje významným způsobem projekční přípravu (konstrukci rozvaděčů) vzhledem k požární bezpečnosti.

Konstrukce uzavřených jiskřišť má tento nedostatek dostatečným způsobem vyřešen, ovšem za cenu snížení parametru samočinně zhaseného následného proudu ($I_f = \max 25kA_{ef}$). Některé konstrukce uzavřených jiskřišť mají velmi vysoké svodové schopnosti ($I_{imp} > 100kA$ (10/350 μs)), úroveň samočinně zhaseného následného proudu je však nízká ($I_f = cca 100A_{ef}$), takže jejich aplikační možnosti jsou srovnatelné s bleskojistkami.

3.2.2 Plynem plněné bleskojistky

V klidovém stavu se plynem plněné svodiče přepětí a jiskřiště (plynové výbojky) chovají jako vysokoohmové izolátory díky použití keramiky na bázi korundové keramiky. Obvykle jsou konstruovány ve tvaru válcového keramického pouzdra, oboustranně uzavřeného kovovými elektrodami. Zpravidla jsou plněny směsí vzácných plynů pod slabým tlakem. Vynikají krátkou dobou reakce a značnou svodovou schopností (až $I_{imp} = 100kA$ (10/350 μs)). Mají velmi malou vlastní kapacitu (cca 1pF) a vysoký izolační odpor (>1000 M Ω). Aplikační možnosti bleskojistik jsou omezeny vzhledem k jejich obecně nízkým hodnotám samočinně zhaseného následného proudu ($I_f = cca 100A_{ef}$). Garance vlastností těchto svodičů pro konkrétní aplikace se provádí cílenou volbou použitých materiálů, plynových náplní a geometrie elektrod. Pro výrobu moderních výkonových bleskojistik se používají speciální dilatační slitiny, které zajišťují jejich odolnost proti vysokým teplotám až 2000°C a extrémním tlakům při výboji v plynu při proudech až 100kA ve tvaru 10/350 μs . Elektrické parametry je možno určovat předem v širokém rozsahu. Např. stejnosměrné spouštěcí napětí může být nastaveno mezi 100V až 2000V s typickou tolerancí $\pm 20\%$. Plynem plněné bleskojistky se vyznačují vysokou životností a stabilitou parametrů. Splňují tak základní předpoklady pro jejich použití při konstrukci bezúdržbových svodičů bleskových proudů a přepětí s dlouhou životností.

3.2.3 Varistory

Varistory na bázi oxidů kovů jsou napětově závislé odpory se symetrickou voltampérovou charakteristikou. Vyrábějí se na bázi cca 90% oxidu zinečnatého (ZnO) ve funkci keramického základu a 10% přísad, které slouží pro růst zrn a tvorbu hradlové vrstvy mezi

zrny ZnO. Při slinování této hmoty se kolem dobře vodivých zrn ZnO vytvářejí hradlové vrstvy, které jsou srovnatelné se Zenerovými diodami. Jejich odpor ($> 1\text{M}\Omega$) se při vzniku přepětí snižuje během několika nanosekund až na hodnoty několika desetin W. Využitím celého objemu keramiky pro absorpci energie je dána vysoká zatížitelnost tohoto typu svodičů při jejich zatěžování impulsními svodovými proudy. Téměř universální možnosti využití varistorů jsou omezeny pouze v oblasti vysokých frekvencí, kde se negativně projevuje jejich relativně vysoká kapacita (jednotky nF).

3.2.4 Supresorové diody

Supresorové diody jsou v podstatě Zenerovy diody, dimenzované pro vysoké špičkové hodnoty proudu a extrémně krátké vybavovací časy (řádově pikosekundy). Díky jejich malým rozměrům, krátkým vybavovacím časům a nízkým ochranným úrovním se tyto diody velmi dobře hodí pro ochranu citlivých elektronických obvodů.

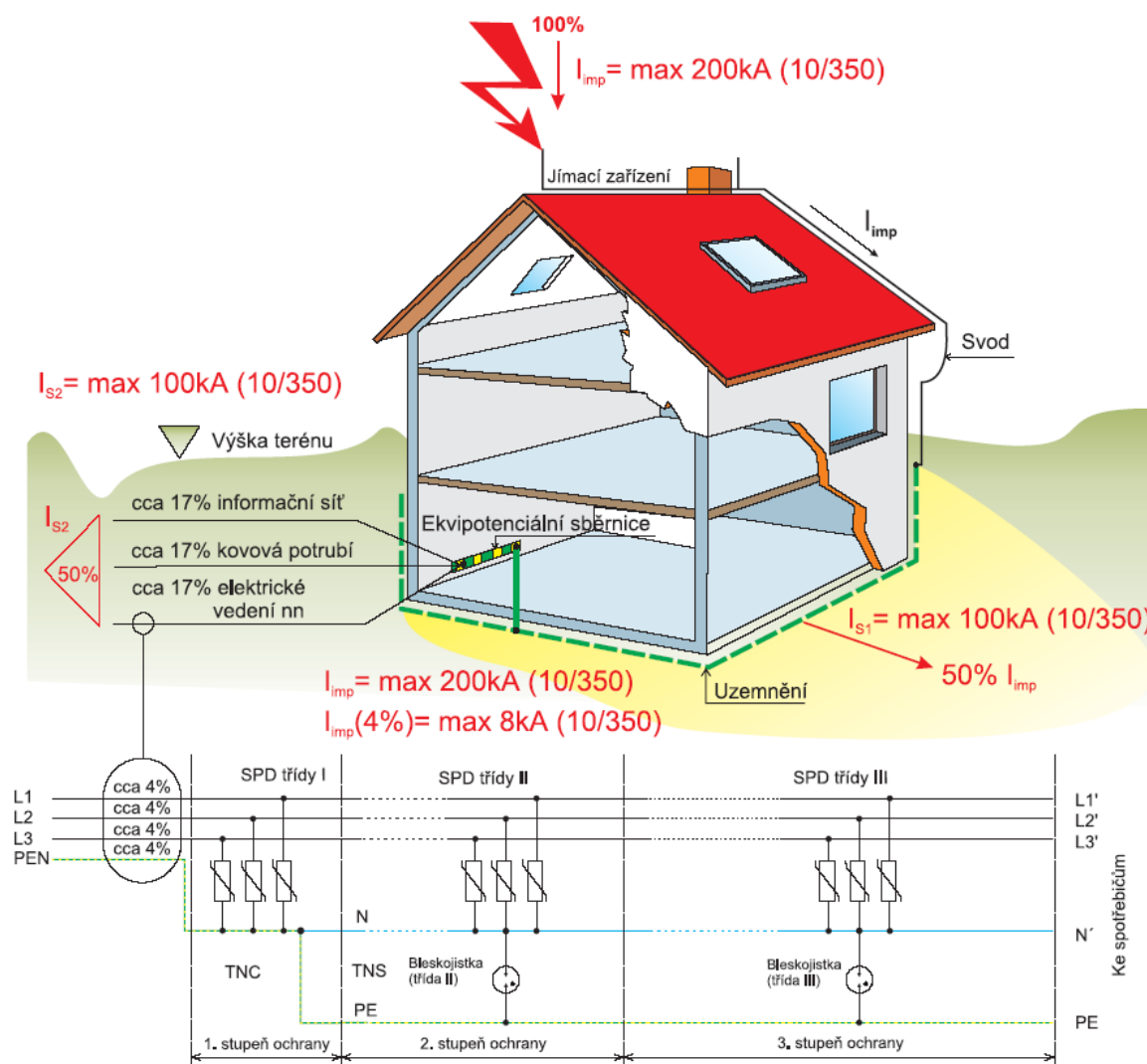
3.3 Požadavky na zapojení přepět'ových ochran v elektrických obvodech

- Požadavky ochrany před nebezpečným dotykem jsou zásadně nadřazené požadavkům ochrany před přepětím. Systém ochrany před nebezpečným dotykem nesmí být narušen ani v případě činnosti nebo selhání (poruchy) přepět'ových ochran. Tyto požadavky se týkají především silového rozvodu.
- Přepět'ové ochrany mají co nejméně ovlivnit nepřetržitost a kvalitu provozu chráněných elektrických zařízení. Pro nepřetržitost provozu je nutno ochrany správně dimenzovat s ohledem na možnou energii přepětí v daném místě nasazení a řešit jejich připojení ve vztahu k jisticím prvkům (týká se to hlavně sítí nn). U ochran připojovaných ke sdělovacím rozvodům jde pak především o parametry přenosu v signálních okruzích.
- Přepět'ové ochrany musí spolehlivě chránit vedení i připojená zařízení. Zbytkové napětí na ochranách i jimi propuštěná energie musejí být v souladu s elektrickou pevností instalací i s odolností chráněného zařízení.
- Přepět'ové ochrany musí být dimenzovány na očekávanou energii přepětí v místě jejich připojení k rozvodu a musí být v průběhu vedení koordinovány vzájemně, s

chráněnou instalací i koncovým zařízením tak, aby zajišťovaly vlastní bezporuchový provoz i bezporuchový provoz chráněných vedení a koncových zařízení. Problém se týká jak silových, tak sdělovacích rozvodů. Porovnáme-li hodnoty možného přepětí vnikajícího do instalace a odolnost koncového elektronického zařízení, vidíme ohromný rozdíl (zejména v případě části bleskového proudu vnikajícího do rozvodů) mezi energetickou úrovní (danou proudem, napětím a tvarem impulsu) přepětí vnikajícího do instalace a odolností elektrického zařízení připojovaného k instalaci. Z toho vyplývá závěr, že až na výjimečné případy nelze spoléhat na ochranu integrovanou v obvodech zařízení a že je nutno zřídit i ochrany v rozvodech. Se stávajícími zařízeními přepětíové ochrany lze dosáhnout ochranu jejím zapojením v jediném místě instalace jen někdy, avšak určitě ne při možnosti vniknutí části bleskového proudu do elektrické instalace. Ochrany se tedy většinou zřizují ve více místech. Není přitom ovšem zájem, aby ochrany byly na jedno použití (nepřejeme si jejich zničení nebo vyřazení při každém zablýsknutí).

3.4 Obecné rozdělení bleskového proudu při zásahu objektu a princip ochrany rozvodu sítě nn pomocí kaskádní třístupňové ochrany

Ochranný systém elektrického rozvodu sítě nn, složený ze svodičů bleskového proudu a svodičů přepětí SPD musí být schopný svádět bleskové proudy nebo jejich podstatné části, aniž by došlo k jejich poškození. Pro účely stanovení rozložení proudu procházejícího SPD v případě přímého úderu blesku do budovy chráněné vnějším bleskovým systémem, je obecně doporučováno vycházet z ohmického odporu uzemnění budovy, potrubí, silového rozvodného systému atd.



Obr. 9. Příklad typického rozdělení bleskového proudu v zasaženém objektu

Tam, kde je obtížné provést exaktní výpočet, provádí se tzv. kvalifikovaný odhad, vycházející z následující úvahy:

- 50% z celkového proudu $I_{imp} = 200\text{kA} (10/350\mu\text{s})$ tj. $I_{S1} = 100\text{kA} (10/350\mu\text{s})$ je svedeno přes jímací zařízení hromosvodu do uzemnění
- 50% z celkového proudu $I_{imp} = 200\text{kA} (10/350\mu\text{s})$ tj. $I_{S2} = 100\text{kA} (10/350\mu\text{s})$ se rovnoměrně rozdělí mezi vstupy (tj. mezi vnější přívody vstupující do objektu). Typicky do kabelů informační a komunikační sítě (17%), do kovových potrubí (17%), a do vodičů elektrického vedení přívodu nn (17%).

Hodnota proudu procházejícího každým vstupem se nazývá I_i ; přitom

$$I_i = I_{S2}/n, \quad (1)$$

kde n je počet vstupů. Pro odhad proudu I_v v jednotlivých žilách nestíněného kabelu, se proud kabelu I_i vydělí počtem vodičů:

$$I_v = I_i / m. \quad (2)$$

V případě stíněných kabelů hlavní část proudu prochází stíněním. Z této úvahy již vyplývá požadavek na dimenzování ochranného systému SPD u nejčastěji používaného připojení budov na energetický rozvod sítě nn (TNC-systém 230/400V/50Hz): Pro maximální velikost bleskového proudu $I_{imp} = 200\text{kA}$ (10/350 μs) postačí ve většině případů dimenzovat ochrannou kaskádu každého fázového vodiče vstupujícího do objektu na cca 4% I_{imp} , tedy na cca 8kA (10/350 μs).

3.5 Rozdělení chráněného prostoru do zón bleskové ochrany

Norma IEC 13 12-1 definuje zóny bleskové ochrany ZBO z hlediska přímého i nepřímého účinku blesku. Tyto zóny jsou charakteristické zásadními zlomy elektromagnetických podmínek ve svých hraničních oblastech.

Druhy zón:

1) ZBO 0_A

Zóny, jejíž body jsou zasaženy přímým úderem blesku, a proto by jimi mohl být přenášen úplný bleskový proud. Vyskytuje se zde netlumené elektromagnetické pole.

2) ZBO 0_B

Zóny, jejíž body nejsou zasaženy přímým úderem blesku, avšak vyskytuje se zde netlumené elektromagnetické pole.

3) ZBO 1

Zóny, jejíž body nejsou zasaženy přímým úderem blesku a kde jsou proudy ve všech vodivých částech značně redukovány ve srovnání se zónami ZBO 0_A a ZBO 0_B. V této oblasti již může být elektromagnetické pole zatlumené.

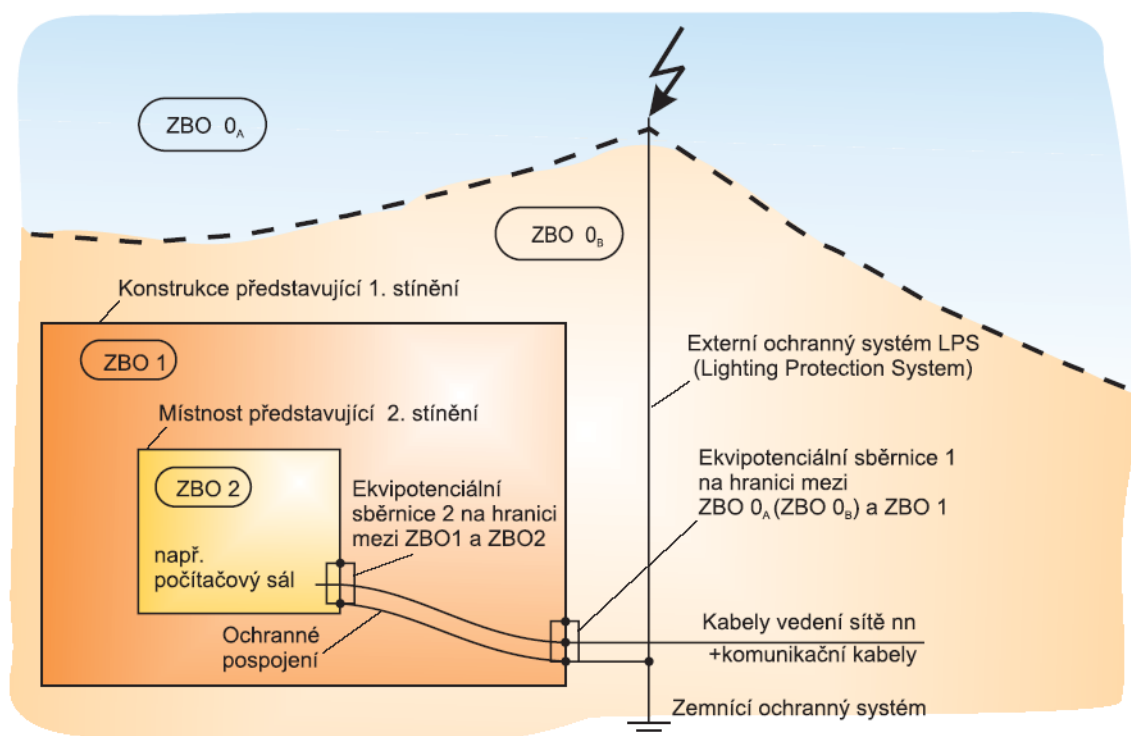
4) Následné zóny (ZBO 2, atd.)

Pokud je požadována další redukce svodových proudů nebo elektromagnetického pole, je třeba projektově zabezpečit tzv. následné zóny. Kritérium pro tyto zóny se určuje podle celkových požadavků na redukci vnějších vlivů, působících na chráněný systém. Platí obecné pravidlo, že se zvyšujícím se počtem ochranných zón

se snižují účinky interference elektromagnetického pole a bleskového proudu. V hraničních oblastech individuálních zón je nezbytné zabezpečit ochranné pospojení všech kovových částí včetně zajištění jeho periodické kontroly.

Pozn.: Vytváření vazeb na hraničních oblastech mezi ZBO 0_A, ZBO 0_B a ZBO 1 je uvedeno v čl. 3.1 normy IEC 10 24-1. Elektromagnetická pole uvnitř konstrukce jsou ovlivněna jejich vyústěním, např. okny, plechováním (okapy, římsy) a trasou vedení kabelů nn.

Na následujícím obrázku je znázorněn příklad rozdělení chráněného objektu do několika zón. Příklady energetické sítě nn vč. telekomunikačních linek vstupují do chráněné zóny právě v jednom bodě (ZBO 1) a jsou připojeny k ekvipotenciální sběrnici 1 na hraniční oblasti ZBO 0_A, ZBO 0_B a ZBO 1. Vedení jsou navíc připojena k místní ekvipotenciální sběrnici zón ZBO 1 a ZBO 2. Vnější kryt 1 konstrukce je spojen s ekvipotenciální sběrnici 1 a vnitřní kryt s ekvipotenciální sběrnici 2. V místech, kde kabely prochází z jednoho ZBO do druhého, musí být spojení realizováno na všech hraničních oblastech.



Obr. 10. Příklad rozdělení chráněného objektu do několika zón

Výše popsané rozčlenění chráněného objektu do ochranných zón poskytuje možnosti účinné aktivní ochrany rozvodu sítě nn pomocí vložení ochranných SPD (obvykle na rozhraní zón ZBO 0→1 a ZBO 1→2) a dalších ochranných SPD na rozhraní zón ZBO 2→3. Standardně je doporučováno na rozhraní ZBO 0→1 vkládat tzv. 1. stupeň ochrany, konkrétně svodič bleskového proudu třídy I zkoušený bleskovým proudem I_{imp} (10/350μs). Na rozhraní ZBO 1→2 se doporučuje vkládat 2. stupeň ochrany, svodič napětí třídy II zkoušený zkušebním impulsem I_{max} (8/20μs). Na rozhraní ZBO 2→3 a následně podél navazujícího vedení je potom doporučováno osazovat po cca 10m tzv. 3. stupeň ochrany třídy III rovněž zkoušený zkušebním impulsem I_{max} (8/20μs). Pro zvlášť důležitá chráněná zařízení je doporučováno rozhraní ZBO 2→3 zabezpečit kvalitní průchozí přepět'ovou ochranou třídy III s vysokofrekvenčním filtrem.

V případě, že existují sousední objekty, mezi nimiž vedou silové a sdělovací kabely, pak by měly být uzemňovací systémy propojeny a doporučuje se zřídit mnoho paralelních cest za účelem redukce proudů v kabelech. Sít'ový uzemňovací systém pak bude splňovat všechny požadavky. Další způsob, jak redukovat vlivy bleskového proudu je vkládání kabelů do kovových trubek nebo železobetonových žlabů, začleněných do sít'ového uzemňovacího systému.)

3.6 Technické normy vztahující se k instalaci přepět'ových ochran

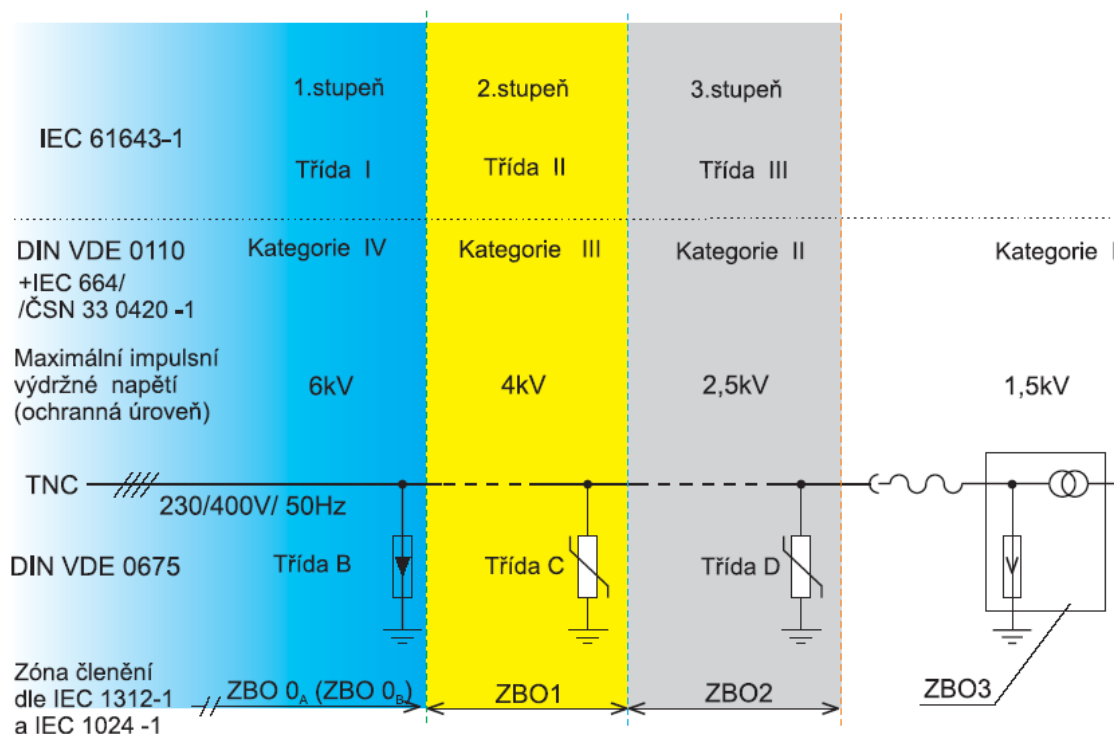
Jelikož naše republika podepsala s evropskou unií asociační dohodu, vztahují se na ČR všechny normy vydané EU. Direktiva č.89/336 EEC, zákon č.22/97 Sb. a vyhláška č.169/97 Sb. nařizuje pro elektrická zařízení dodržování podmínek elektromagnetické kompatibility (EMC). Nasazení přepět'ových ochran řeší většinu problémů s tím souvisejících a dostatečně chrání elektroniku proti vlivům přepětí šířícího se po galvanických cestách.

V současné době je nutné řídit se mezinárodně uznávanou normou IEC 61 643-1:1998, která charakterizuje stupně přepět'ových ochran a jejich zkoušky.

Vzhledem k tomu, že v současné době existuje na trhu ČR značný sortiment SPD s průvodní dokumentací podle norem DIN VDE 0675 event. DIN VDE 0110, je vhodné provést rámcové porovnání základního členění SPD podle těchto norem vůči normám v ČR závazným, konkrétně vůči IEC 61 643 a IEC 664/ČSN 33 0420-1. Zatímco v ČR

závazná norma IEC 61 643-1 člení SPD 1., 2. a 3. stupně na třídy I, II a III, norma DIN VDE 0675 provádí rozdělení SPD na třídy A, B, C a D. Přitom svodiče třídy A jsou určeny pro použití mimo chráněných objektů na ochranu nadzemního vedení nn. Svodiče třídy B, C a D jsou určeny k použití na rozhraní ZBO 0→1, 1→2 a 2→3. Norma DIN VDE 0110 zase uvádí pojem kategorie přepětí, což je pojem převzatý i normami IEC 664/ČSN 33 0420-1. Tyto normy definují členění rozvodů sítí nn do 4 kategorií (IV, III, II, I) a určují tzv. maximální impulsní výdržná přepětí (ochranné úrovně), povolená pro připojení zařízení. Např. pro rozvod TNC 230V/400V/50Hz nesmí přepětí na přívodu do objektu překročit úroveň 6kV, za hlavním rozvaděčem 4kV, na vývodech z podružných rozvaděčů 2,5kV a v části určené k připojení chráněných zařízení na pevnou instalaci 1,5kV.

Na následujícím obrázku je srovnání klasifikací jednotlivých úseků rozvodu sítě nn (podle IEC 61643-1, DIN VDE 0110, IEC 664/ČSN 33 0420 a DIN VDE 0675) ve vztahu k ochranným stupňům kaskády přepět'ových ochran a k zonálnímu členění podle IEC 1312-1 a IEC 1024-1.



Obr. 11. Srovnání klasifikací jednotlivých úseků rozvodu sítě nn ve vztahu k ochranným stupňům kaskády přepět'ových ochran a k zonálnímu členění

3.7 Ochrana před vysokofrekvenčním rušením

Pro ochranu napájení počítačů, programovatelných zařízení s mikroprocesorem a citlivých průmyslových elektronických zařízení je vhodné použít přepětové ochrany s vysokofrekvenčním filtrem, které jsou kombinací svodiče přepětí a vysokofrekvenčního filtru. Pasivní odrušovací filtr typu dolní propust potlačuje vysokofrekvenční rušení v pásmu 150 kHz až 30 MHz. Kombinace svodiče a vysokofrekvenčního filtru zajišťuje kromě ochrany i podstatné snížení počtu poruch procesoru typu zamrzání, samovolný reset, ztráta dat apod.

DA-275 DF(I)

Tato přepětová ochrana citlivých koncových zařízení s vysokofrekvenčním filtrem ze sortimentu fy SALTEK s.r.o. slouží pro univerzální použití k ochraně všech druhů elektrických a elektronických zařízení před pulzním přepětím (přepětová kategorie II – ČSN 33 0420-1, SPD typu 3 – ČSN EN 61643-1) a vysokofrekvenčním rušením.

- Ochrana a odrušení napájení ústředí EZS, EPS, mikroprocesorových řídicích jednotek apod.
- Pouze pro jednofázové spotřebiče.
- Velmi rychlá odezva (25 ns).
- Spolehlivé odpojení svodiče při přetížení nebo poškození modulu. U typů „DFI“ dojde k přerušení napájení připojeného zařízení.
- Dálková signalizace u typů označených „S“. Je-li potřeba dálkové signalizace, lze na výstup ochrany připojit relé s přepínacími kontakty, které budou signalizovat ztrátu napájení nebo poruchu přepětové ochrany.



Obr. 12. DA-275 DFI 16

3.8 Ochrana proti výpadkům napájení

V dnešním světě je drtivá většina technologií primárně závislá na trvalé dodávce elektrické energie. Její výpadek může znamenat ohrožení zdraví a života nebo značné materiální ztráty. Takovými oblastmi jsou např. zdravotnictví, doprava, ozbrojené sbory, zabezpečovací technika apod. Jakýkoliv, byť krátkodobý, výpadek nebo zakolísání napájecí sítě má za následek zhroucení řídicího systému dané technologie. Následné oživení systému si pak vyžádá odpovídající čas a přesto, že je napájení obnoveno, celá technologie se většinou může spustit až po naběhnutí řídicího systému do výchozího stavu. Toto trvá v některých případech několik minut, ale v případě některých technologií se jedná o hodiny. Takovéto prostoje pak s sebou nesou nemalé ekonomické ztráty.

Dnes je téměř každý uživatel technologie postaven před otázkou jak řešit ochranu svých zařízení před výpadkem napájení. Samotná ochrana před výpadkem napájení však nespočívá pouze v nákupu záložního zdroje, ať již je to zdroj UPS, motorgenerátor nebo DC napájecí systém. Je potřeba mít vždy na vědomí, že záložní zdroj ochrání připojená zařízení před nestabilitou, výpadky a rušením napájecí sítě s určitým stupněm spolehlivosti. To, co se může odehrát na trase mezi spotřebičem a záložním zařízením nijak neovlivní. A s ohledem na skutečnost, že sám záložní zdroj je zařízení s určitou definovanou poruchovostí, je nasnadě, že je třeba systémy záložního napájení pojímat komplexně s ohledem na důležitost chráněných zařízení, s ohledem na servis, údržbu a pravidelné revize celého systému napájení i jednotlivých záložních zdrojů, s minimálními dopady na spolehlivost napájení připojených spotřebičů. Součástí komplexního řešení je pak v neposlední řadě přehlednost a management celého systému záložního napájení.

3.8.1 Ochrana proti výpadkům napájení pomocí UPS

Záložní zdroje UPS, z anglické zkratky Uninterruptible Power Supply (zdroje nepřetržitého napájení), jsou zařízení jejichž funkcí je zpravidla krátkodobá (minuty až hodiny) dodávka energie v případě nestability vstupního napětí či při úplném výpadku sítě. Úlohou UPS je chránit data a citlivá zařízení před poškozením vlivem nepředvídaných událostí na síti jako jsou šumy, rázy, napěťové špičky, poklesy napětí nebo úplné výpadky. Dojde-li k výpadku elektrické energie, záložní zdroj dodává spotřebiči energii ze svých akumulátorů.

Vzhledem k ceně elektronických zařízení a přenášených dat jsou UPS nezbytným vybavením všech informačních systémů. Při ochraně prostředků výpočetní techniky je důležité nejenom překlenout určitý interval výpadku elektrické energie, ale v případě dlouhotrvajícího výpadku i spolupracovat při automatickém ukončení jejich práce. Při rozsáhlejších systémech je velmi důležitou součástí jejich nasazení jak efektivní monitorování, tak i řízení jejich práce.

Tyto dodatečné aspekty použití záložních zdrojů v praxi vyžadují, aby prostředky výpočetní techniky a správci systému byli schopni efektivně komunikovat se zdroji nepřetržitého napájení. Z tohoto důvodu mají všechny moderní záložní zdroje zabudované více či méně inteligentní způsoby komunikace s okolním prostředím, které jsou též doplněny vnějšími zařízeními.

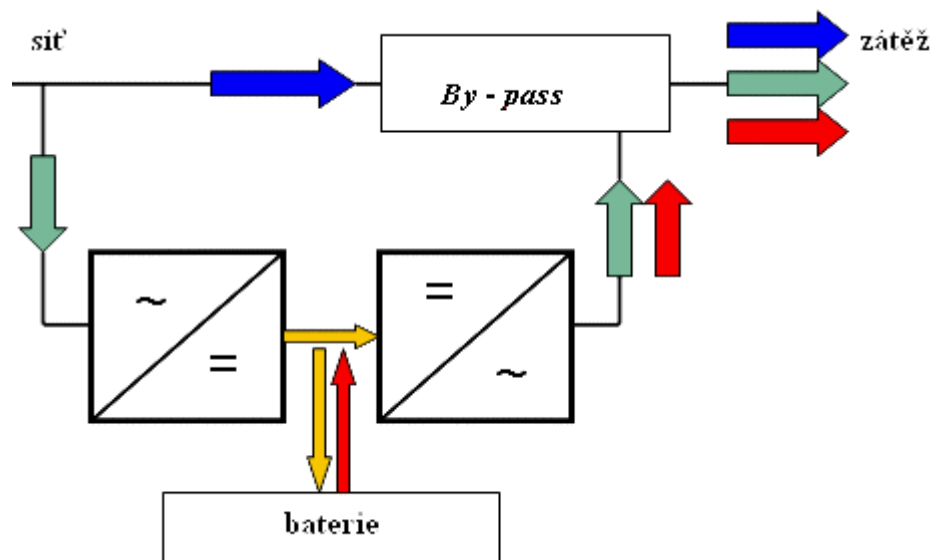
Většina záložních systémů je vybavena také kvalitním vysokofrekvenčním odrušením a filtrací napěťových špiček jak na vstupu, tak i na výstupu zdroje. U malých stolních zdrojů, které jsou vybaveny zvláštním nezálohovaným výstupem pro připojení laserové tiskárny, je tento výstup chráněn proti špičkám a vysokofrekvenčnímu rušení. Rovněž jsou chráněny zásuvky pro připojení datových signálů faxů.

Podle architektury rozdělujeme záložní zdroje na tři základní skupiny:

Zdroje typu ON-LINE

Zdroje typu on-line vždy napájí připojenou zátěž ze střídače. Usměrňovač vytváří z nestabilního vstupního napětí stejnosměrné napětí, které slouží k napájení střídače a dobíjení baterií. Ze stejnosměrného napětí je generováno elektronickou cestou stabilizované střídavé napětí sinusového tvaru pro napájení spotřebičů. Všechny rušivé vlivy z napájecí sítě jsou zcela eliminovány usměrňovačem. On-line zdroje jsou standardně vybaveny statickým spínačem – bypassem, který automaticky přepíná připojenou zátěž na síťové napájení v případě přetížení nebo poruchy zdroje.

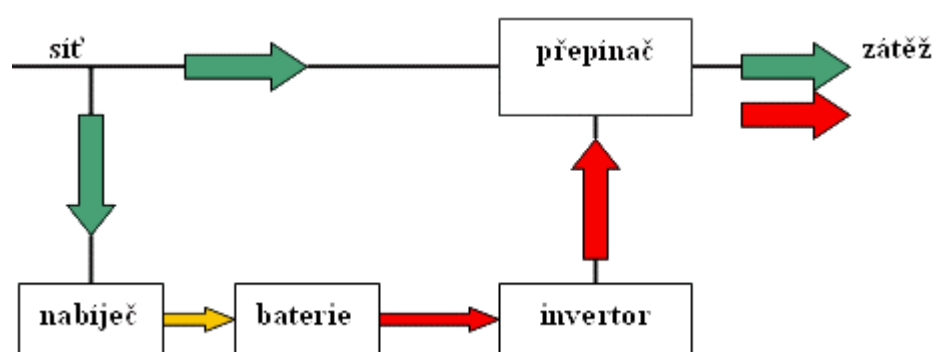
Provozem on-line záložních zdrojů jsou generovány trvalé ztráty jako důsledek trvalé dvojí přeměny energie. Proto mají některé on-line záložní zdroje zabudovanou možnost tzv. ECO-módu. V tomto režimu záložní zdroj standardně napájí zátěž přes automatický obtok, přičemž střídač (výstupní měnič) je v provozu naprázdno a jeho výstupní napětí je ve fázi s napětím sítě. V případě poruchy vstupního napětí přejde napájení zátěže spojitě na výstupní měnič.



Obr. 13. Schéma zdroje typu ON-LINE.

Zdroje typu OFF-LINE

U zdrojů typu off-line je v běžném režimu připojená zátěž napájena přímo vstupním střídavým napětím, které je filtrováno přímo na výstup zdroje. Baterie umístěné uvnitř zdroje jsou trvale dobíjeny z usměrňovače. Při poruše síťového napájení je energie čerpána z baterií a na výstupu je elektronickou cestou generováno stabilizované střídavé napětí většinou nesinusového tvaru. Při přepnutí mezi jednotlivými provozními režimy dochází vždy k malému výpadku napájení zátěže, který nepřekračuje 6ms.

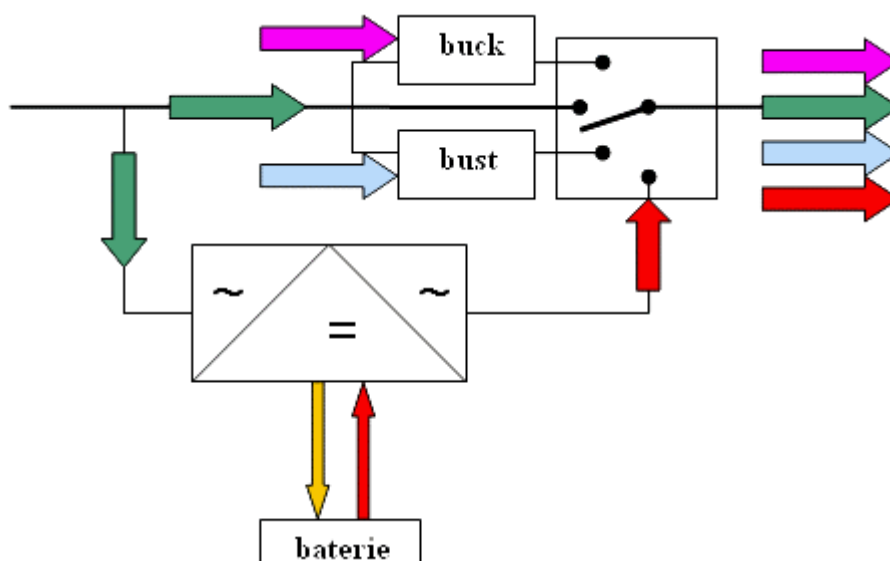


Obr. 14. Schéma zdroje typu OFF-LINE

Zdroje typu LINE-INTERACTIVE

Výrazným vylepšením zdrojů off-line je architektura line-interactive. Zdroje s touto architekturou mají navíc autotransformátor, který skokově stabilizuje výstupní napětí v daných mezích a omezuje tak práci zdroje v bateriovém režimu.

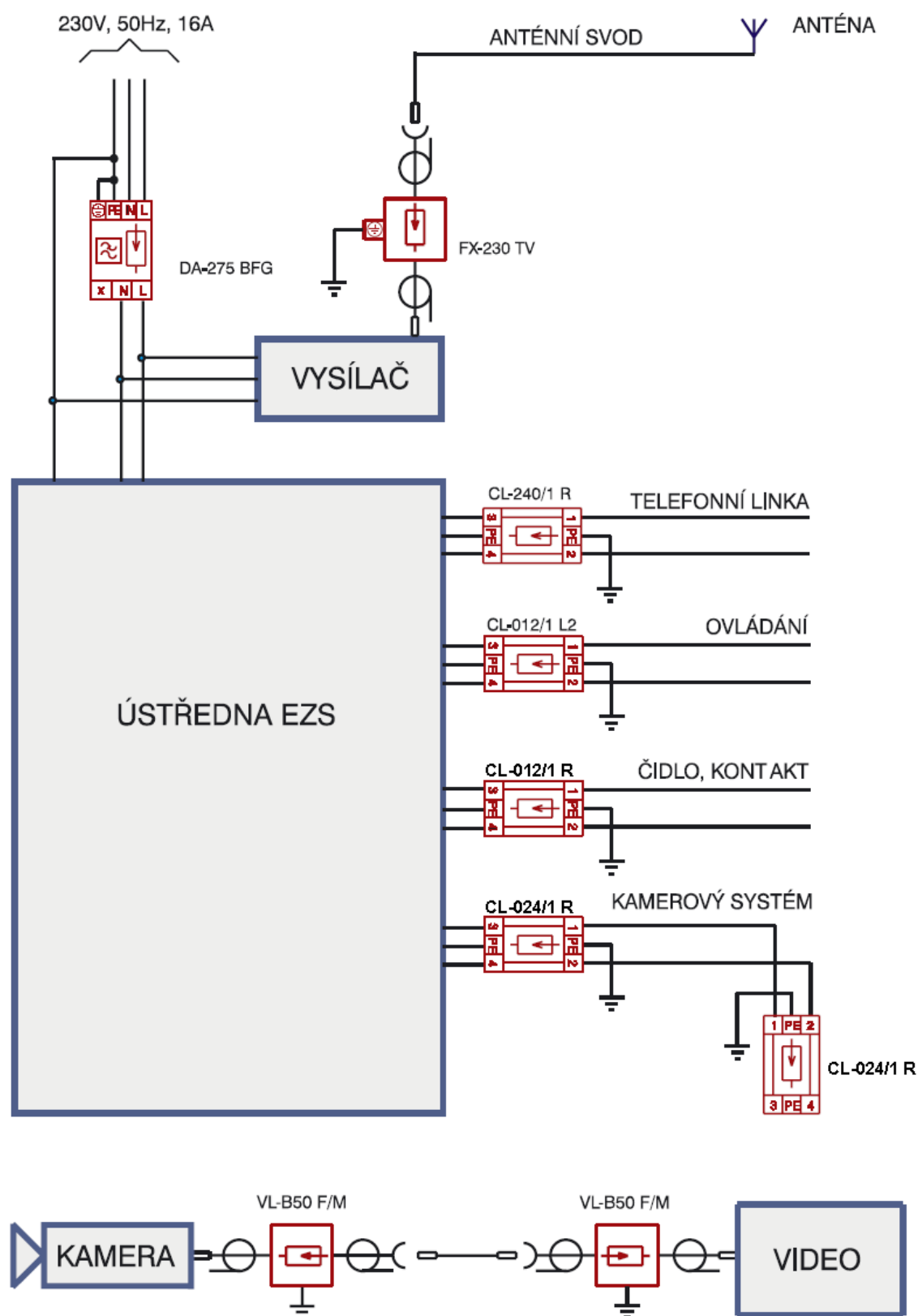
Stabilizace výstupního napětí se provádí stupňovitě, podle typu záložního zdroje v různém, ne příliš velkém počtu stupňů. Záložní zdroj napájí připojené spotřebiče přes filtr z veřejné sítě, baterie jsou dobíjeny. Při poruše napájecí sítě (úplný výpadek, okamžité napětí mimo toleranci) je energie čerpána z baterií, na výstupu je generováno elektronickou cestou stabilizované střídavé napětí, podle typu záložního zdroje buď sinus nebo modifikovaný sinus.



Obr. 15. Schéma zdroje typu LINE-INTERACTIVE

4 APLIKAČNÍ NÁVRH PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN

Pro návrh konkrétních přepěťových ochran jsem si zvolil schéma systému EZS, které je uvedeno na následujícím obrázku. Schéma obsahuje ochranu napájení ústředny, anténního svodu a telefonní linky. Dále obsahuje ochranu čidel a kontaktů, ovládaní systému (klávesnice), kamerového systému a taky ochranu vedení od kamer k nahrávacímu zařízení. Výrobce uvedených přepěťových ochran je SALTEK s.r.o.



Obr. 16. Schéma ochrany EZS

4.1 Ochrana napájení ústředny EZS před přepětím

DA-275 BFG

Slouží pro univerzální použití k ochraně všech druhů elektrických a elektronických zařízení připojených k rozvodu nn proti pulznímu přepětí (přepět'ová kategorie II, SPD typu 3(D)).

- Velmi rychlá odezva (25ns).
- Spolehlivé odpojení svodiče při přetížení nebo poškození ochranného modulu tepelnými a dynamickými odpojovací varistoru.
- Optická signalizace stavu – indikováno přetížení a odpojení vaistoru.
- Dálková signalizace u typů označených „S“.

Tabulka III. Technické parametry DA-275 BFG

Parametr	Hodnota
Jmenovité napětí	230V AC
Maximální trvalé napětí	275V AC
Jmenovitý provozní proud zařízení	16A
Jmenovitý výbojový proud L-PE/L-N/L+N-PE	5kA / 10kA / 5kA
Max. výbojový proud L-PE/L-N/L+N-PE	8kA / 15kA / 8kA
Kombinovaný impulz U_{OC} L-PE/L-N/L+N-PE	10kV / 20kV / 10kV
Ochranná úroveň pro U_{OC}	<1,2kV / <1,2kV
Doba odezvy L-N/L(N)-PE	<25ns / <100ns
Maximální předjištění	16A gL / gC nebo C16A



Obr. 17. DA-275 BFG

4.2 Ochrana vysílače před přepětím z anténního svodu

FX-230 TV

Toto speciální výkonové jiskřiště slouží k ochraně koaxiálních přijímacích a vysílacích vedení, televizních systémů, kamer a TV přijímačů před účinky bleskových proudů. Podle koncepce zonální ochrany před bleskem se instalují na rozhraní zóny ZBO 0_A a ZBO 1 (na vstupu vedení do objektu).

- Pro frekvence 862 MHz až 2,15GHz.
- Napěťové úrovně 90V až 230V (podle velikosti případného napájecího zdroje).
- U typu „T“ je kovové pouzdro galvanicky odděleno od ochranné země.

Tabulka IV. Technické parametry FX-230 TV

Parametr	Hodnota
Jmenovité napětí	180V DC
Maximální trvalé provozní napětí	200V DC
Jmenovitý proud	max. 4A
Bleskový impulzní proud na (10/350μs) žílu	2,5kA
Jmenovitý výbojový proud (8/20μs) na žílu	10kA
Ochranná úroveň	600V
Doba odezvy	<100ns
Vložný útlum	<0,5dB
Frekvenční rozsah	<862MHz



Obr. 18. FX-230 TV

4.3 Přepět'ová ochrana linek a ostatních prvků

CL-xxx/x x

Slouží k ochraně vstupních a výstupních linek zařízení EZS a komunikačních rozhraní proti pulznímu přepětí. Podle konceptu zonální ochrany před bleskem se instalují na rozhraní zóny ZBO 1 a ZBO 2 a vyšších.

- Kombinace jemné a hrubé ochrany.
- Velmi rychlá odezva (1ns).
- Pro různé napět'ové úrovně (6, 12, 24, 48, 240V).



Obr. 19. CL-xxx/x x

4.3.1 Přepět'ová ochrana telefonní linky

CL-240/1 R

Přepět'ová ochrana určená pro jeden pár vodiče.

Tabulka V. Technické parametry CL-240/1 R

Parametr	Hodnota
Jmenovité napětí	240V DC
Maximální trvalé provozní napětí	270V DC
Maximální proud ve smyčce	60mA
Jmenovitý výbojový proud I_n (8/20 μ s) na žílu	10kA
Ochranná úroveň při I_n žíla-žíla / žíla-zem	<275V / <275V
Doba odezvy žíla-žíla / žíla-zem	<1ns / <1ns
Podélný odpor (indukčnost) na žílu	6,8 Ω
Mezní frekvence	25MHz

4.3.2 Přepět'ová ochrana pro ovládání ústředny EZS

CL-012/1 L2

Přepět'ová ochrana pro 1 pár vodiče určená pro ovládací klávesnici ústředny EZS.

Tabulka VI. Technické parametry CL-012/1 L2

Parametr	Hodnota
Jmenovité napětí	12V DC
Maximální trvalé provozní napětí	15,1V DC
Maximální proud ve smyčce	2A
Jmenovitý výbojový proud I_n (8/20 μ s) na žílu	10kA
Ochranná úroveň při I_n žíla-žíla / žíla-zem	<17V / <17V
Doba odezvy žíla-žíla / žíla-zem	<1ns / <1ns
Podélný odpor (indukčnost) na žílu	100 μ H
Mezní frekvence	150kHz

4.3.3 Přepět'ová ochrana pro čidla a kontakty

CL-012/1 R

Přepět'ová ochrana určená pro 1 pár vodiče.

Tabulka VII. Technické parametry CL-012/1 R

Parametr	Hodnota
Jmenovité napětí	12V DC
Maximální trvalé provozní napětí	15,1V DC
Maximální proud ve smyčce	60mA
Jmenovitý výbojový proud I_n (8/20 μ s) na žílu	10kA
Ochranná úroveň při I_n žíla-žíla / žíla-zem	<17V / <17V
Doba odezvy žíla-žíla / žíla-zem	<1ns / <1ns
Podélný odpor (indukčnost) na žílu	6,8 Ω
Mezní frekvence	1,39MHz

4.3.4 Přepět'ová ochrana pro napájení kamerového systému

CL-024/1 R

Přepět'ová ochrana určená pro 1 pár vodiče.

Tabulka VIII. Technické parametry CL-024/1 R

Parametr	Hodnota
Jmenovité napětí	24V DC
Maximální trvalé provozní napětí	31,4V DC
Maximální proud ve smyčce	60mA
Jmenovitý výbojový proud I_n (8/20 μ s) na žílu	10kA
Ochranná úroveň při I_n žíla-žíla / žíla-zem	<36V / <36V
Doba odezvy žíla-žíla / žíla-zem	<1ns / <1ns
Podélný odpor (indukčnost) na žílu	6,8 Ω
Mezní frekvence	3MHz

4.4 Přepět'ová ochrana signálové trasy kamera ↔ video

VL-B50 F/M

Tento jednokanálový svodič přepětí slouží k ochraně před pulzním přepětím koncových zařízení připojených k videorozvodům. Podle konceptu zonální ochrany před bleskem se instalují na rozhraní zóny ZBO 1 a ZBO 2 a vyšších nebo bezprostředně k chráněnému zařízení.

- Kombinace hrubé a jemné ochrany.
- Ochrana proti příčnému (žíla/žíla) i podélnému přepětí (žíla/země).
- Připojení pomocí konektoru BNC 50 (female/male) pro síť ETHERNET.

Tabulka IX. Technické parametry VL-B50 F/M

Parametr	Hodnota
Jmenovité napětí	6V DC
Maximální trvalé provozní napětí	8V DC
Jmenovitý proud	100mA
Maximální výbojový proud (8/20 μ s)	10kA
Ochranná úroveň	<40V
Podélná (sériová) impedance na žílu	1 Ω
Mezní frekvence	33MHz



Obr. 20. VL-B50 F/M

ZÁVĚR

Byla vypracována bakalářská práce v níž byl proveden rozbor stávající situace v oblasti přepětiových ochran a přepětí obecně, nastíněna rizika, která dnes hrozí všem elektrickým zařízením a součástkám. Zároveň byla popsána legislativa upravující používání přepětiových ochran a také technické normy zabývající se problematikou ochrany před bleskem a přepětím.

V práci jsem se věnoval přepětí obecně, uvedl jsem jeho definici, vznik a pronikání do systémů elektrických zařízení. Také jsem popsal nebezpečí a následky, které od něj hrozí.

Dále zde byly popsány hlavní zásady ochrany před přepětím, nejčastěji používané komponenty pro ochranu před přepětím a podmínky pro nasazení takovýchto ochran.

V části práce jsem se též zabýval problematikou výpadků napájení a vysokofrekvenčního rušení a jednou z možností jejich řešení.

V závěrečné části práce jsem navrhl přepětiové ochrany od konkrétního výrobce pro dané schéma bezpečnostního systému EZS, včetně jejich bližšího technického popisu.

Z vytvořené práce vyplývá závěr, že důležitost ochrany před přepětím stále nabývá na významu a v budoucnu se bez takovéto ochrany neobejde žádný systém využívající pro svůj provoz elektrické energie, zvláště pokud budeme vyžadovat jeho bezproblémový a hlavně bezporuchový provoz. Návrh přepětiové ochrany by měl být brán v úvahu již při projektování všech nových budov ať už obytných či průmyslových a samozřejmě také při konstrukci všech elektrických zařízení, protože jen tak se dá zajistit nejvyšší možná míra zabezpečení nejen majetku ale i života a zdraví před důsledky úderu blesku nebo působení pulzního přepětí.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1) ROUS, Zdeněk. *Přepětíové ochrany v elektrických instalacích do 1000 V*. 1. vyd. Praha : IN-EL, spol. s r. o., 1999. 146 s. ISBN 80-86230-06-6.
- 2) Technická knihovna [online]. [cit. 2005-05-12]. Dostupný z URL: <<http://www.hakel.cz>>.
- 3) Problematika záložního napájení [online]. [cit. 2005-05-13]. Dostupný z URL: <<http://www.altron.cz/cs/site/homepage.htm>>.
- 4) Katalog přepětíových ochran SALTEK [online]. [cit. 2005-05-17]. Dostupný z URL: <<http://www.saltek.biz/cze/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

EMC	Elektromagnetická kompatibilita
EPS	Elektrická požární signalizace
EZS	Elektrická zabezpečovací signalizace
nn	Nízké napětí
SPD	Svodič – zařízení určené pro omezení přechodných přepětí nebo pro svedení impulzních proudových rázů, obsahuje alespoň jednu nelineární součástku
vn	Vysoké napětí
vvn	Velmi vysoké napětí

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Časový průběh spínacího přepětí.....	18
Obr. 2. Schéma galvanické vazby.....	19
Obr. 3. Schéma kapacitní vazby.....	20
Obr. 4. Schéma induktivní vazby.....	20
Obr. 5. Příklad induktivní vazby.....	21
Obr. 6. Impuls proudu, definice doby čela a doby půltýlu.....	22
Obr. 7. Impuls napětí, definice doby čela a doby půltýlu	23
Obr. 8. Zkušební proudové impulzy tvaru 10/350 a 8/20	24
Obr. 9. Příklad typického rozdělení bleskového proudu v zasaženém objektu	34
Obr. 10. Příklad rozdělení chráněného objektu do několika zón.....	36
Obr. 11. Srovnání klasifikací jednotlivých úseků rozvodu sítě nn ve vztahu k ochranným stupňům kaskády přepět'ových ochran a k zonálnímu členění	38
Obr. 12. DA-275 DFI 16.....	39
Obr. 13. Schéma zdroje typu ON-LINE.....	42
Obr. 14. Schéma zdroje typu OFF-LINE	42
Obr. 15. Schéma zdroje typu LINE-INTERACTIVE	43
Obr. 16. Schéma ochrany EZS.....	45
Obr. 17. DA-275 BFG	46
Obr. 18. FX-230 TV.....	47
Obr. 19. CL-xxx/x x.....	48
Obr. 20. VL-B50 F/M	51

SEZNAM TABULEK

Tabulka I. Základní parametry bleskového výboje	16
Tabulka II. Typické hodnoty bleskových rázových napětí a proudů	24
Tabulka III. Technické parametry DA-275 BFG	46
Tabulka IV. Technické parametry FX-230 TV	47
Tabulka V. Technické parametry CL-240/1 R.....	48
Tabulka VI. Technické parametry CL-012/1 L2.....	49
Tabulka VII. Technické parametry CL-012/1 R	49
Tabulka VIII. Technické parametry CL-024/1 R.....	50
Tabulka IX. Technické parametry VL-B50 F/M.....	50