

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Přepět'ové ochrany nízkého napětí

Jiří Živný

2013

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jiří ŽIVNÝ**
Osobní číslo: **E11N0044K**
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Přepětí ochrany nízkého napětí**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte přehled mechanismů vedoucích ke vzniku přepětí v sítích nn.
2. Popište principy činnosti a zpracujte souhrn požadovaných vlastností přepětí ochrany v používaných sítích nn.
3. Navrhněte prvky kaskádního obvodu přepětí ochrany.
4. Experimentálně ověřte vlastnosti vybraných přepětí ochrany. Porovnejte a diskutujte výsledky měření s udávanými parametry výrobce.
5. Zpracujte komplexní projekt ochrany proti přepětí vybraného objektu.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Jiří Laurenc, CSc.
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: 15. října 2012
Termín odevzdání diplomové práce: 9. května 2013


Doc. Ing. Jiří Hanuš, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

Anotace

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na přepět'ové ochrany nízkého napětí s použitím při ochraně budov, instalací, fotovoltaických elektráren, datových i anténních zařízeních v oblasti nízkého napětí.

V první části diplomové práce jsou uvedeny vybrané druhy přepětí a jejich vhodné ochrany, jak před atmosférickým přepětím, tak i před spínacím přepětím. V druhé části práce jsou uvedeny různé stupně ochran použité v instalacích nízkého napětí. Z důvodu zabránění případných škod na zařízení jsou na ochranu v instalacích nízkého napětí v dnešní době kladeny velice vysoké požadavky.

Klíčová slova

- druhy ochrany
- atmosférické přepětí
- varistory
- přepětí
- provozní přepětí
- kategorie přepětí
- jiskřiště
- spínací přepětí
- bleskojistky
- přepět'ové ochrany
- hromosvod

Annotation

The theme of my thesis is focuses on overvoltage protection and protection of buildings, installations, photovoltaic power, data and antenna facilities in the field of low voltage.

The first section provides selected types of overvoltage protection and appropriate, both from atmospheric lightning, and before switching surges. The second part is the different degrees of protection used in low voltage installations, which are nowadays put great demands, in order to avoid any damage.

Keywords

- Types of protection
- Atmospheric overvoltages
- Varistors
- Overvoltages
- Operating overvoltage
- Overvoltage category
- Spark gap
- Switching surges
- Lightning
- Overvoltage protection
- Lightning conductor

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou 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 diplomové práce je legální.

.....
Jiří Živný

V Plzni dne 24.4.2013

Jiří Živný

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval mému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Jiřímu Laurencovi, CSc. za metodické vedení, připomínky a cenné profesionální rady k mé diplomové práci. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Janu Hlaváčkovi ze společnosti Hakel Trade a. s. za užitečné rady ohledně přepět'ových ochran nízkého napětí.

Obsah

1. ÚVOD.....	10
1.1 Seznam zkratk a symbolů:	12
2. PŘEHLED MECHANIZMŮ VEDOUCÍ KE VZNIKU PŘEPĚTÍ V SÍTÍCH NN.....	13
2.1 Provozní přepětí.....	13
2.2 Atmosférické přepětí	14
2.2.1 Úder blesku do VN a VVN vedení	17
2.2.2 Úder blesku do stožáru:	18
2.3 Dočasné přepětí.....	18
3. PRINCIPY ČINNOSTI A ZPRACOVÁNÍ SOUHRNU POŽADOVANÝCH VLASTNOSTÍ PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN V SÍTÍCH NN.....	19
3.1 Jiskřiště.....	21
3.2 Bleskojistky	23
3.3 Varistory.....	27
3.4 Zenerova dioda	30
3.5 Supresorové diody	31
4. NAVRŽENÉ PRVKY KASKÁDNÍHO OBVODU PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN.....	35
4.1 Vnější ochranné prvky proti úderu blesku.....	35
4.2 Vnitřní ochranné prvky proti úderu blesku.....	36
4.3 Svodiče přepětí pro NN rozvody	37
4.4 Svodiče přepětí třídy A.....	38
4.5 Svodiče přepětí třídy B.....	38
4.6 Svodiče přepětí třídy C.....	39
4.7 Svodiče přepětí třídy D.....	40
5. OCHRANA PROTI ATMOSFÉRICKÉMU PŘEPĚTÍ – AKTIVNÍ JÍMAČE.....	42
6. OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ VYBRANÝCH PŘEPĚŤOVÝCH OCHRAN A POROVNÁNÍ S PARAMETRY VÝROBCE.....	44
6.1 Použité měřicí přístroje při měření.....	44
6.2 Testované třídy přepětiových ochran.....	46
7. KOMPLEXNÍ PROJEKT OCHRANY PROTI PŘEPĚTÍ VYBRANÉHO OBJEKTU	58

7.1 Normy určující vnější ochranu před bleskem ČSN EN 62305-1 až 4, které jsou platné od roku 2009.....	61
8. ZÁVĚR	88
9. POUŽITÁ LITERATURA.....	90

1. Úvod

Jakékoliv přepětí je v dnešní době citlivé elektroniky nežádoucí, a to ať se jedná o přepětí spínací, nebo atmosférické. Proti nežádoucím účinkům při úderu blesku, nebo spínacím přepětím se u sítě nízkého napětí bráníme různými způsoby.

Jedná se o ochranu ve formě klasického Franklinova hromosvodu s přepět'ovými ochranami, přes použití aktivních jímačů, až po dnešní využití přepět'ových ochran různých tříd ochrany v elektrických instalacích.

Pro ochranu napájecích zdrojů síťového napětí máme – hrubou a jemnou ochranu. Rozdíl mezi danými stupni spočívá v rychlosti zareagování a ochrannou úrovní napětí. Mezi hrubé ochrany pro velké napětí řadíme jiskřiště a plynem plněné bleskojistky. U zařízeních nízkého napětí jsou použity součástky pro ochranu na menší napětí, např. varistory, Zenerovy diody a supresorové diody

Téma mé diplomové práce „Přepět'ové ochrany nízkého napětí“ jsem si vybral záměrně, protože s ničivými účinky působení přepětí na objekty a elektronická zařízení jsem se již setkal a mohu potvrdit, že přepětí nám v síti NN působí v dnešní době elektroniky obrovské potíže.

Cílem mé diplomové práce bylo poukázat na možná rizika přepětí v síti NN. Dále bylo mým cílem objasnit co přepětí v sítích nízkého napětí způsobuje za problémy a jak se jim s vhodně zvolenými ochrannými prvky pokusit co nejvíce zamezit.

Ochranu proti přepětí je možné přirovnat k pojištění, pokud se nic nestane, jsou to pro nás pouze zvýšené náklady, ale v případě uskutečnění pojistné události to může být jediná cesta k navrácení do původního stavu beze ztrát.

Lze říci, že ve 21. století přepětí ovlivňuje všechny z nás. Bohužel ne všichni si možných ničivých následků přepětí všímají a snaží se jim předejít. Ti, co se rozhodnou technické normy nerespektovat (doporučení, jejichž dodržování je na jednotlivci) riskují mnohonásobně větších škod na svém majetku. U nově budovaných objektů se tato situace rok od roku zlepšuje a to i díky tomu, že došlo k přesvědčení o správnosti používání přepět'ových ochran i díky nové normě ČSN EN 62305, která platí od roku 2009 a je propracovanější, než původní ČSN 351390. Nově se v normě počítá s využitím přepět'ových ochran všech ochranných stupňů a to jak použití svodičů bleskových proudů.

SPD typu 1, tak i svodičů pro vyrovnávání potenciálu – SPD typu 2 a 3.

V mé diplomové práci jsem se zabýval druhy přepětí, použitím přepětových ochran, použitím nejvhodnější ochranné kaskády přepětových prvků, měřeními a návrhem kompletní ochrany proti přepětí na daném objektu.

1.1 Seznam zkratk a symbolů:

ČSN – Česká státní norma

SPD – systém přepětřových ochran

PEN – ochranný a pracovní vodič dohromady

PE – ochranný vodič napájecí soustavy slouží k ochraně před nebezpečným dotykem

N - střední pracovní vodič napájecí soustavy [5]

NN - nízké napětí [5]

VN - vysoké napětí [5]

LPL – požadovaná úroveň ochrany před bleskem

LPS - systém ochrany před bleskem [5]

LPZ – úroveň ochranné zóny před bleskem

L1,L2,L3 - fázové vodiče napájecí soustavy [5]

EMC - elektromagnetická kompatibilita (slučitelnost) [5]



- Značka uzemnění



- Zenerova dioda (ochranné napětí 2,46-200V) [5]



- Supresorová dioda (ochranné napětí 6-440V) [5]



- Varistor (ochranné napětí 6-2 000V) [5]



- Plynem plněná bleskojistka (ochranné napětí 10-12 000V) [5]

Přehled mechanismů vedoucích ke vzniku přepětí v sítích NN

Přepětí v elektrizační soustavě

Přepětí je jev, který je náhodný a liší se podle místa, roční doby a tvaru. Charakterizovat jeho parametry úplně nelze, pokud dojde k přepětí v elektrizační soustavě, musíme ho jako první úkol charakterizovat co jej způsobilo.

Pokud mluvíme o přepětí, mluvíme již o zvýšeném napětí na síti nad povolenou mez. Tato mez je 10 % pro hladinu napětí 230 V, takže mluvíme o vyšším napětí než je 253 V.

U vyšších hladin napětí je tato hodnota dokonce 20 % nad jmenovitou hodnotu napětí.

Přepětí v elektrizační soustavě je několik druhů, můžeme mluvit o přepětí provozním, které se nazývá přepětí vnitřní, atmosférické je přepětí vnější a dočasné přepětí.

Veškerý náš majetek je třeba si před případným přepětím a to ať už provozním, atmosférickým, nebo dočasným chránit.

1.2 Provozní přepětí

Provozní přepětí je důsledkem vypnutí nebo zapnutí sítě. Náhlé vypnutí sítě způsobí, že doposud elektrická energie se přemění na elektrostatickou energii a to může způsobit vznik přepětí. Ne pokaždé dojde ke vzniku přepětí při náhlém vypnutí sítě. Vznik přepětí a jeho velikost závisí na času vypnutí, na velikosti protékajícího proudu. Pokud vznikne přepětí v elektrizační soustavě, tak napěťová vlna jde po vedení, až dorazí na konec rozepnutého vedení a v tomto okamžiku se amplituda napěťové vlny vlivem odrazení dvakrát zvětší. K tomuto jevu v dnešní době dochází jen velice zřídka. Většinou nastává při pádu stromu na vedení, nebo velkému větru, jedná se o jev, kdy dojde k dotknutí dvou vodičů a následně se síť pokoušíme sepnout, jak místně, tak třeba i pomocí systému opětovného sepnutí OZ. V takovýchto případech se pokoušíme o sepnutí sítě maximálně dvakrát až třikrát. Poté po neúspěšném sepnutí sítě se snažíme závadu najít a odstranit.

1.3 Atmosférické přepětí

Atmosférické přepětí způsobuje největší elektromagnetické rušení z veškerých možných zdrojů. Tento zdroj neumíme ani v dnešní době nasimulovat a dokonale se mu bránit, protože potenciál mezi povrchem země a mrakem může dosáhnout hodnoty až 1 MV, který dělá vodivý kanál, což má za následek výboj ve znamení blesku. Tento výboj má tepelný charakter, což způsobuje zvukový efekt v podobě hřmění.

Při atmosférickém přepětí vzniká blesk, ten má tepelné, dynamické, elektromagnetické a akustické účinky. Intenzita proudu blesku se při hlavním výboji pohybuje mezi 10 kA až 250 kA a elektrický náboj přenesený při blesku může dosáhnout hodnoty 100 až 400 Coulombů. Při rázovém výboji blesku se též výrazně uplatňuje indukčnost vodičů, další problém je, že naindukované přepětí se projeví přeskokem na jinou vodivou část a způsobí na ní napětím.

Elektromagnetické účinky bleskového proudu vznikají při přímém úderu blesku do hromosvodu objektu. Při tomto ději vzniká při rychlém nárůstu proudu v hromosvodu silné elektromagnetické pole okolo vodičů. Toto pole se indukuje ve všech vedeních jak síťových, datových, tak i telekomunikačních a vzniká velké napětí, které může průrazem zničit polovodičové elektronické prvky ve vstupních dílech elektrických přístrojů, jako jsou počítače, televizory, radiopřijímače, audioteknika atd.

Další jev, který doprovází výboj je hrom, jde o akustické vlnění vznikající při průběhu blesku atmosférou a jeho vznik je zapříčiněn prudkým zvýšením teploty a extrémním rozpínáním a smršťováním vzduchu. Rychlost blesku je jako u světla 300 000 km/s, ale rychlost zvuku je jen 330 m/s.

Přibližně asi jen 10 % až 15 % ze všech výbojů, které vzniknou v atmosféře dojdou až k zemi. U zbylých 85 % až 90 % výboj zanikne v atmosféře. Proud, který dorazí k zemi má v podobě blesku hodnotu 150 až 250 kA o velmi krátké době trvání v řádech 0,1 μ s až 10 μ s. Vznik bouřkového mraku má za následek pohyb vzdušného prostoru, při vystupujícím teplém vzduchu do vyšší atmosféry se ochlazuje, až z něj se vytvoří mrak s kapičkami vody. Následná neustálá cirkulace v mraku zapříčiňuje oddělení nábojů a vzniknou statické výboje.

Vznikne elektrické pole mezi bouřkovým mrakem a povrchem země o intenzitě dosahující až 100 V/m. Avšak po změně polarity jsou schopny náboje zvětšit intenzitu až do 20 kV/m. Dojde-li ke změně polarity vznikají velké výboje, které jsou nebezpečím pro

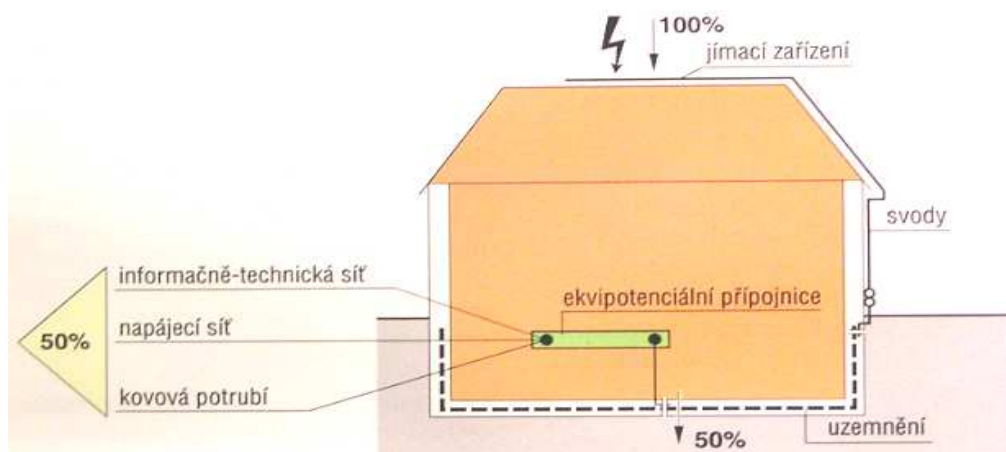
veškeré předměty na zemském povrchu, jak rozhledny, budovy, antény, komíny, ale i veškerá elektrická vedení. Zda li se jedná o kulový blesk, tak lze říct, že jde výboj přímo rovnou k zemi a udeří i do mnohem menších budov i pokud se nacházejí mezi velkými.

Tab. 1 Množství a velikosti úderů blesku [8]

Množství úderů (%)	Velikost bleskového proudu (kA)
1	200
10	80
50	28
90	8
99	3

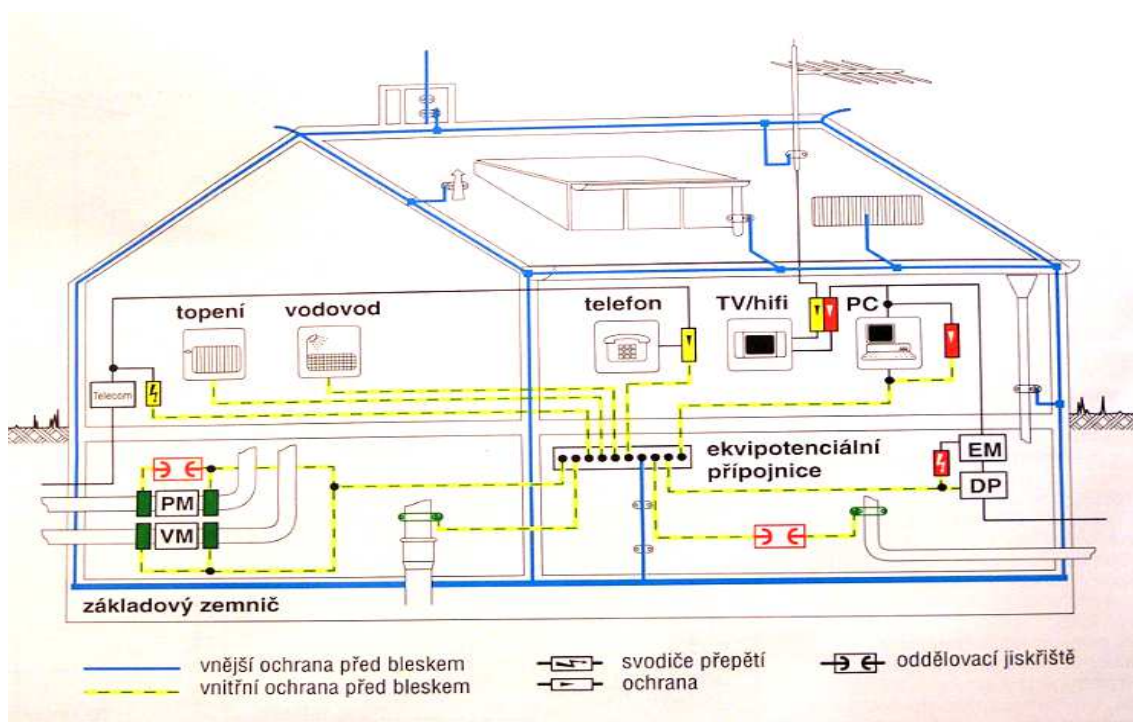
Atmosférické přepětí se člení do dvou skupin. Do první skupiny lze zařadit přímý úder blesku do vedení, a do druhé skupiny řadíme vznik atmosférického přepětí při blízkém úderu blesku od vedení a v tomto okamžiku dochází k indukci napětí do vedení a tím pádem zvýšení provozního napětí na přepětí. Těmito dvěma skupinami přepětí jsou ohroženy především vedení s menší hladinou napětí, které mají menší izolační vrstvu. Jedná se hlavně o vedení s napět'ovou hladinou do 22 kV.

K atmosférickému přepětí někdy dochází při míjení nabitého mraku vedení. Tento nabitý mrak váže na vedení stejný náboj, ale potíží je v tom, že jde o náboj opačného směru. Pokud se nabitý mrak vybije přes vedení, projevuje se tento náboj jako přepět'ová vlna. Tato vlna má hlavně negativní vliv na izolace po celém vedení, ale hlavně v místech vzniku přepětí, ve spojích a na konci vedení pokud až sem přepět'ová vlna dojde. Protože na koncích vedení jsou náchylná zařízení, jako elektrická stanice, docházím ke vlivu s jinou impedancí. A proto potom dochází ke zvětšení napětí, které ještě více ohrožuje izolaci a celé zařízení v sítích NN.



Obr. 1 Rozdělení cest proudu při úderu blesku do objektu [5]

Při úderu blesku do budovy dojde v μs ke zvýšení potenciálu celé elektroinstalace. Veškeré vodivé části jsou spojené se základovým zemničem o hodnotě nepřesahující 10Ω . Část zařízení, která není propojena s ekvipotenciální svorkovnicí a dále s uzemněním je vystavena ničivým proudům ze silových a slaboproudých výstupů. Proto velice dbáme na vybudování ekvipotenciální svorkovnice s co nejmenší hodnotou uzemnění, na kterou pospojíme veškeré kovové předměty a spojíme stínění kabelů.



Obr. 2 Kompletní vnější a vnitřní ochrana proti přepětí se systémem vyrovnání potenciálu v objektu [5]

Velikost přepětí je závislá na velikosti vzdálenosti úderu blesku.

1.3.1 Úder blesku do VN a VVN vedení

Při přímém úderu blesku do vedení se vychází z předpokladu, že dojde k průrazu. V tab. 2 jsou uvedeny příklady impulzních proudů v telekomunikaci, které mohou téci v závislosti na hladině ochrany před bleskem LPL. „Hladina ochrany před bleskem definuje celkový bleskový proud, který je různý v rozpětí od 100 kA pro (LPL IV) až po 250 kA pro (LPL I).“ [8]

Tab. 2 Příklad impulzních proudů pro telekomunikační vedení dle ČSN EN 62305-1 [8]

LPL	I - II	III - IV
Impulzní proud	2 kA (10/350 μ s)	1 kA (10/350 μ s)

Tab. 3 Nejnáchylnější oblasti na úder blesku na km² [6]

Území	Četnost úderů blesků na km ² /rok
Skandinávie a Dánsko	4 - 40
Okolí Rýna, Labe	35 - 90
Území s velkým suchem a vlhkem	300 - 850
Česká republika	25 - 95

Přepětí proniká jak přes VVN, VN, tak i do rozvodů NN přes transformátory. Schopnost transformátorů je vzniklé přepětí částečně utlumit. Rychlostí světla 300 tisíc kilometrů za sekundu se pohybuje přepětí vlna, která jde do obou stran vedení.

Tlumení přepětí na transformátoru má za následek

- kapacitní vazba – vzniká mezi primárním a sekundárním vinutím
- induktivní vazba – jedná se o poměr přívodu VN a poměrem vývodu NN
- galvanická vazba – VN, NN sítě – společné uzemnění
- k utlumení dochází přímo mezi primárním a sekundárním vnutím

1.3.2 Úder blesku do stožáru:

Jedná se o úder blesku do stožáru vedení. Vzniklé přepětí závisí na vlnové impedanci vodičů, odporu uzemnění, rozpětí stožáru a vzdálenosti vodičů od zemního lana a od zemského povrchu.

V některých případech může dojít na stožáru i ke zpětnému přeskoku. U sítích VVN (400 kV, 220 kV, 110 kV), je systém chráněn zemním lanem proti úderu blesku a u sítích VN (6 kV, 10 kV, 22 kV, 35 kV), kde zemní lano není použito se sít' chrání přepět'ovými ochranami. Tyto ochrany mají za úkol snížit přepětí na přijatelnou mez vyhovující normálnímu provoznímu napětí.

1.4 Dočasné přepětí

Vznik dočasného přepětí vzniká jen u distribučních sítí NN, dočasné přepětí má stejný kmitočet s vlastní sítí a časově se jedná o přepětí v rozsahu několika period, což představuje řádově několik sekund.

Vznik těchto dočasných přepětí má za následek přenos vyšších napětí na nižší napětí. U elektrizační soustavy provozované na území České republiky vznikají dočasné přepětí na místech zemního spojení, pokud dojde ke zkratu fáze v dalším místě. Pokud máme uzemněný uzel sítě na vysokém napětí, kde máme oddělené uzemnění, pak dochází k přenosu pouze části napětí do sítě nízkého napětí o odpovídající velikosti krokového napětí dle vzdálenosti těchto dvou uzemnění. Dojde-li k průrazu v půdě, jde o přenos celého úbytku napětí z uzemnění VN. U sítích s odporovým uzemněním jsou o dost větší hodnoty zkratových proudů a poté jedná-li se o velikost dočasných přepětí u sítě NN, které napájíme ze sítě VN s odporovým uzemněním uzlu dost větší, ale v krátkém časovém trvání, jedná se řádově maximálně jen o pár vteřin.

2. Principy činnosti a zpracování souhrnu požadovaných vlastností přepět'ových ochran v sítích NN.

Přepět'ové ochrany mají v dnešní době velké spolehlivostní parametry. Nejdůležitější je ale pečlivý návrh přepět'ové ochrany na dané zařízení, bohužel při uvedení do provozu se teprve některé nedostatky odhalí a proto je třeba dělat kontrolu přepět'ových ochran před uvedením do provozu a po činnosti v provozu i s kontrolou případných závad.

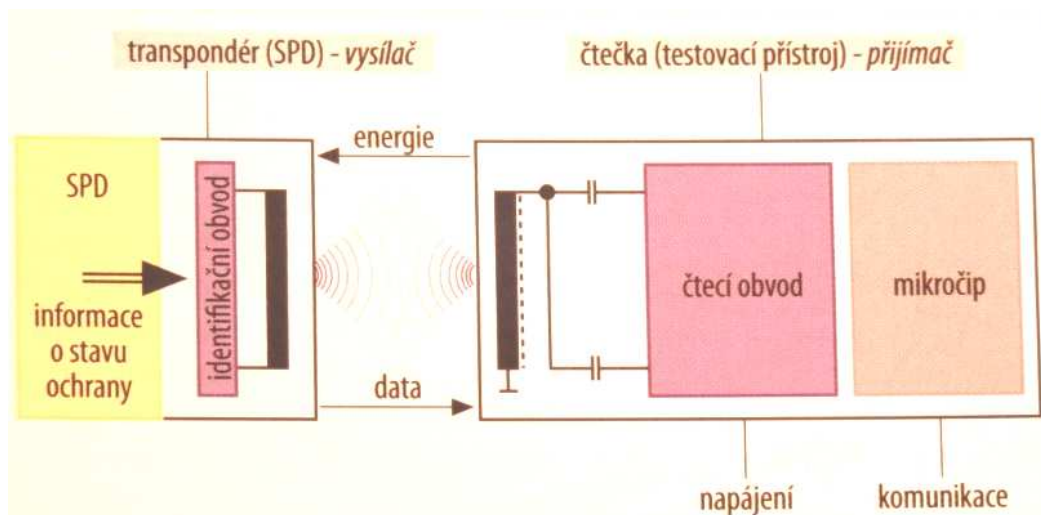
Kontrola přepět'ových ochran

- se provádí před uvedením do provozu
- vždy po bouřce, minimálně dvakrát do roka, podzim a jaro
- vždy po zjištěné poruše přepět'ové ochrany, či chráněného zařízení
- při revizi elektrického zařízení

Diagnostiks svodičů od firmy DEHN – pod názvem Blitzductor XT je ochrana pro datové a elektronické zařízení, u těchto typů ochran se provádí kontrola pomocí DEHN – LifeCheck DRC LC (měření je rychlé, bezdotykové a velice snadné bez nutnosti demontáže ochrany). Zařízení funguje na principu RFID, což je radiofrekvenční identifikace – princip: 1. Elektronické obvody vysílají energii do transpondéru RFID integrovaného a ochranného modulu SPD a odečítají data odezvy. Jsou li data čitelná, je ochranný modul v pořádku. 2. Kontrolní jednotka je integrovaná ve svodiči – kontrolní jednotka podporuje třístupňový kontrolní obvod LifeCheck s komunikačními obvody transpondéru RFID. Předávány jsou informace:

- a) diagnostika elektrického přetížení (impulsním proudem) – projevila by se na svodiči účinkem impulzního proudu a přepětí způsobené bleskem, spínáním či indukci, která překročila parametry propustnosti ochrany a poškodily součásti ochranného zapojení, jsou obvodem LifeCheck detekovány a na měřicím přístroji se objeví – Vyměnit svodič.

- b) diagnostika tepelného přetížení – pracují-li prvky ochranného zapojení v kritickém pásmu teplot, bývají zpravidla částečně poškozeny, nebo zcela zničeny. „Obvody LifeCheck toto tepelné přetížení detekují a na displeji vyhodnotí jako – Vyměnit svodič.“ [13]



Obr. 3 Princip komunikace mezi přepět'ovou ochranou SPD a testovacím přístrojem [13]

Nejúčinnější v první řadě je vizuální kontrola přepět'ových ochranných zařízení, jistění, signalizace a to jak na zařízeních NN, tak i telekomunikačních a datových sítích. Při větším přepětí dojde k vnitřnímu zkratu, který přepět'ové ochrany nevydrží a jsou zničeny. Poté se např. přímo na ochraně změní barva terčíku, nastane zvuková signalizace, dojde k přenosu dat na vzdálenější pracoviště a k upozornění, že není vše v pořádku.

Je-li zapotřebí lépe prozkoumat funkci, poté musíme použít speciální měřicí zařízení, kterým jsme schopni prověřit pracovní napětí při proudech 10 μA a 1000 μA . Tuto metodu používáme pro kontrolu přepět'ových ochranných zařízení s varistorovými prvky.

Pro rychlou kontrolu bleskojistek ji lze však použít také. Základ je použít měřicí přístroj s proudovým zdrojem (s přepínatelnými rozsahy 10 μA a 1000 μA) s dostatečně vysokým nárůstem napětí.

Měřicí proud 10 μA a 1000 μA je zvolen

- při delším průtoku měřicího proudu se měřený svodič přepětí nepoškodí
- výrobci varistorů uvádějí výrobní rozptyly pracovního napětí dodávaných varistorů při proudech 10 μA a 1000 μA .

Svodiče přepětí dle funkčnosti dělíme do základních dvou skupin

- a) součástky na principu jiskřiště
- b) součástky na principu polovodičových omezovačů přepětí

Do první skupiny patří součástky, u kterých dochází ke skokové změně vnitřního odporu při odvádění přepětí. U druhé skupiny je tento děj pomalejší. U obou typů je napětí na svodiči přepětí a včetně vnitřního odporu jsou podmíněny protékajícím proudem.

K nejzákladnějším ochranným prvkům řadíme: jiskřiště, varistory, diaky, triaky, tyristory, výbojkové bleskojistky, lavinové diody, supresorové diody, Zenerovy diody a další speciální polovodičové součástky, jako jsou Trisily, Transily a jejich možná kombinace.

2.1 Jiskřiště

Vzduchové jiskřiště pro 1 kV – MV

Vzduchové jiskřiště je složeno ze dvou elektrod, které jsou ve vzduchu. Mezi těmito elektrodami dochází k výboji při přepětí.

V dnešní době se jiskřiště moc nepoužívají a to hlavně z důvodu, že napětí na elektrodách při výboji je závislé jak na konstrukci elektrody, tak na vlhkosti a tlaku vzduchu.

Jedná se o zdaleka nejvíce používanou ochranu pro přepětovou ochranu třídy A (hrubá ochrana). Jiskřiště je nelineární prvek s napětovou závislostí pracující dle principu elektrického výboje v plynném prostředí. Můžeme vybírat z otevřených, nebo uzavřených jiskřišť.

Kde porovnáváme vlastnosti jiskřiště, svodovou schopnost, ta určuje použitý materiál, velikost ochrany, tvar elektrod, ochranou úroveň a šířku vzduchové mezery.

a) Otevřená jiskřiště

Jejich výhodou spočívá v samočinném zhášení proudu až 100 kA. Při navrhování rozvaděčů musíme počítat s požární odolností i při zasažení bleskovým proudem, kdy vyšleháva žhavé plazma.

b) Uzavřená jiskřiště

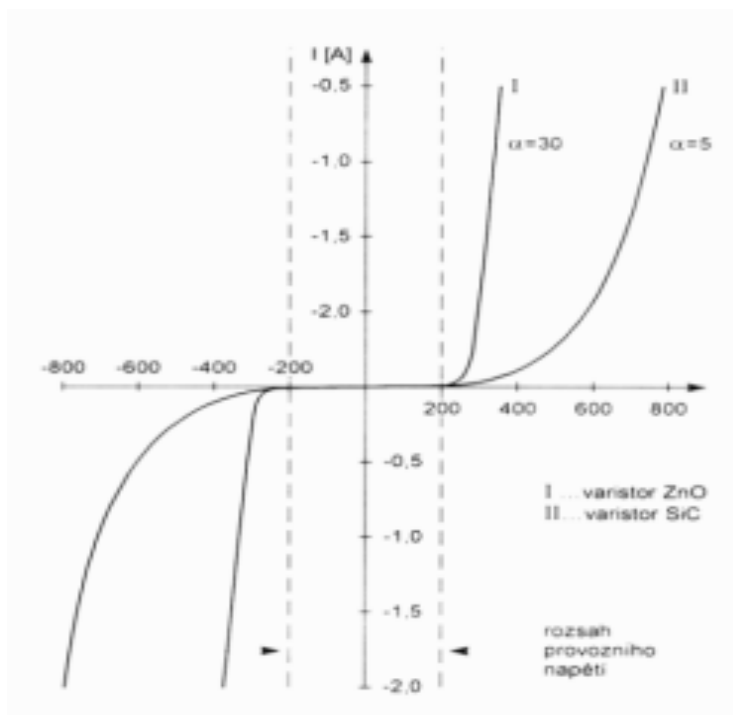
Celý zmíněný problém se omezuje snížením zhášecího proudu na půl. Výhoda spočívá v dobrých parametrech svodové schopnosti, proud je $I > 100$ kA a velikost

samočinného proudu je na nízké úrovni, což představuje cca 100 A. Vlastnosti můžeme porovnat s bleskojistkami.

Výhody tkví, v tom že mají malou dobu trvání přepětí, schopnosti svést velkou energii náboje a se zůstatkem zanedbatelného zbytkového napětí.

Nevýhoda je v jejich omezování následujících proudu, relativně velká doba odezvy v řádech μs , nemalá závislost zapalovacího napětí na strmosti nárůstu napětí du/dt . Relativně malé napětí na oblouku – v řádech desítek volt, vyžaduje zhasnutí oblouku.

Na síti NN se nedaří používat plynem plněné jiskřiště bez zabezpečení zhasnutí oblouku.



Graf. 1 Průběhy proudu a napětí na jiskřišti [8]

Použití hrubých jiskřišť, které se používá hlavně k ochraně proti vyšší hladině napětí, což představuje hladinu napětí od 1 kV.

Princip činnosti funkce je založena na vzniku výboje ve vzduchu mezi elektrodami. Z toho vyplývají velké nároky na kvalitu a složitost výroby jiskřiště. Nejsložitějším procesem je konstrukce elektrod, který musí brát v úvahu reprodukovatelnost výbojů a kvůli tomu nejsou kvalitní jiskřiště laciná.

Mezi nejrozšířenější jiskřiště patří plynem plněné jiskřiště – bleskojistka. Jiskřiště je používané dvěma způsoby, jako ochranná součástka, nebo pro galvanické oddělení mezi vodiči, kde není přípustné trvalé galvanické spojení. Jedná se o zemnicí systémy.

Jiskřiště má schopnost galvanicky oddělovat vodiče, než napětí přesáhne zapalovací napětí jiskřiště. Po celou dobu trvání přepětí jsou jednotlivé konstrukce jiskřiště vodičově propojena.

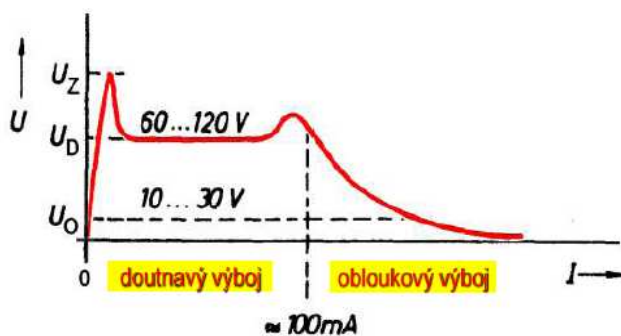
Jedná-li se o přepět'ové ochrany s více ochrannými prvky je dobré jiskřiště dávat na vstup přepět'ové ochrany a to vzhledem k výkonovému namáhání rychlejších prvků. Do dříve používaných přepět'ových ochranných by byly použity jiskřiště, ale v dnešních moderních přepět'ových ochranných je částečně nahradily bleskojistky díky lepším vlastnostem a nenutnosti údržby.

2.2 Bleskojistky



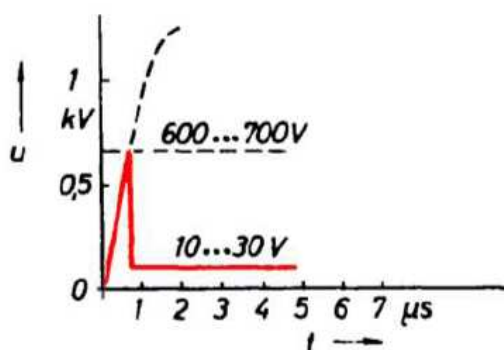
schematická značka plynem plněné bleskojistky. V dnešní době hojně používané ochranné prvky proti přepětí jsou plynem plněné bleskojistky, protože oproti vzduchovému jiskřišti jsou u ochranné třídy A (hrubé ochrany) přesnější a rychlejší. Elektrody u plynem plněné bleskojistky jsou v keramickém jádru, které jsou plněné vzácnými plyny, jedná se o argon, nebo neon o malém tlaku.

Při malém napětí bleskojistka ochraňuje zařízení málo, izolační odpor $> 10^{10} \Omega$, vlastní kapacita $< 10 \text{ pF}$. Zápalné napětí U_Z je dle strmosti časového růstu napět'ového impulsu, dle typu se jedná o desítky volt až kilovolt. Po zapálení odpor jde dolů a součástka přejde do režimu doutnavého výboje, zde je napětí mezi elektrodami omezeno na 65 až 130 V.



Graf. 2 V-A charakteristika plynem plněné bleskojistky [5]

Pro zapalovací napětí statické $U_z \text{ stat.}$ jsou definovány hodnoty 95 až 1 250 V. Pro zapalovací dynamické hodnoty je napět'ový růst impulzu $du/dt = 1 \text{ kV}/\mu\text{s}$, tento růst souvisí s rychlostí reakce součástky a pohybuje se v hodnotách napětí mezi 600 V až do hodnoty 700 V. Pokud nastanou obzvlášť prudké impulzy $< 30 \text{ ns}$, značná část součástek nezapálí.



Graf. 3 V-A charakteristika plynem plněnébleskojistky [5]

Nevýhoda

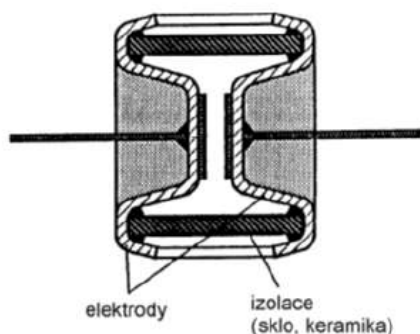
- Plynem plněnébleskojistky mají poměrně velkou časovou hodnotu odezvy, jedná se o 100 μs .
- Zapalovací napětí je velice závislé na prudkém růstu napětí a malé napětí na oblouku komplikuje samovolné uhasnutí oblouku po odeznění přepětí, pro tyto případy se musí do obvodu zapojit tavné pojistky do venkovního obvodu pojistky.

Přes tyto nevýhody jsou plynem plněnébleskojistky nejvíce používaným ochranným prvkem hrubých přepět'ových ochran a to jak pro datové, telekomunikační, tak i sítích nízkého napětí.

Výhody

- Schopnostbleskojistek je svést velké proudy.
- Výkonová zatížitelnostbleskojistek je také velká.
- S velmi malou kapacitou se řadí na špici všech ochranných prvků.

Jde se o hrubou přepětíovou ochranu, ochranné napětí 10 - 12 000 V, maximální proud po dobu 1 ms je 500 A, přípustné výkonové zatížení 800 W.



Obr. 4 Konstrukce plynem plněné bleskojistky [19]

K výrobě plynem plněných bleskojistek se používá velice kvalitní keramika, případně speciální skla. Na náplň bleskojistky je použit vzácný plyn o malém tlaku.

Největší plus plynem plněné bleskojistky je její schopnost v krátkém čase zareagovat a svést až 100 kA. Izolační odpor je větší než 1000 M Ω s malou kapacitou přibližně 1 pF. Plynem plněnou bleskojistku používáme také v malých hodnotách a samočinné zhasení proudu je okolo 100 A.

Na výrobu svodičů jsou použity různé materiály, druhy náplní a jsou vyráběny v různých tvarech. V dnešní době se používají bleskojistky s dilatačními slitinami, což přináší možnosti odolávat až 2000 °C a velkým tlakům. Spouštěcí napětí lze nastavit na rozsahu 100 V – 2000 V s tolerancí $\pm 20\%$. Plynem plněné bleskojistky mají nejlepší stabilitu parametrů s obrovskou životností, máme možnost je získat jako bezúdržbové svodiče přepětí.

Bleskojistky se řadí mezi základní ochranné výkonové prvky, které mají schopnost dle zapojení chránit energetické, nebo telekomunikační zařízení. Jedná se o speciální jiskřiště v porcelánovém pouzdru naplněná plynem. Vyrábí se od zapalovacího napětí 90 V až po několika kV se dvěma či třemi vývody. Přednost této součástky je v její nízké kapacitě (pF) oproti varistorům s kapacitou stovky až tisíce pF.

Za velice důležité považujeme parametry statického zapalovacího napětí, dynamické (rázové) zapalovací napětí a jmenovitý impulsní a střídavý proud.

Statické zapalovací napětí - znázorňuje hodnotu stejnosměrného napětí a napětí s nárůstem pomalejším než 1 kV/s a i pod hranicí 100 V/s, při které dojde k zapálení

plynem plněné bleskojistky. Typické hodnoty bleskojistik máme – 90 V, 230 V, 350 V, 1000 V.

Dynamické zapalovací napětí – zbytkové napětí – jde o velikost napětí na kterou je bleskojistka schopna omezit vlnu napětí u strmosti čela 1 kV/s. Dynamické napětí je závislé na reakční době bleskojistky a u 1 kV bývá 800 – 900 V. Z hlediska rychlosti se dá říci, že bleskojistka je pomalý prvek, ale s malými rozměry a schopností odvádět i několikrát po sobě velké proudy.

Jmenovitý impulsní proud – jedná se o impulsní proud standardního tvaru 8/20 μ s. Tento proud může být 10x po sobě bleskojistkou sveden, aniž by změnil její parametry. Nejčastější hodnoty jsou 2, 5, 10, 20, 40 kA.

Jmenovitý střídavý proud – jedná se o protékající proud po dobu 1 sekundu při frekvenci 50Hz. Nesmí se změnit parametr bleskojistky, nejčastější hodnoty jsou 2, 5, 10, 20, 40 A.

Výběr bleskojistky

- dle vedení a zařízení na kterém je bleskojistka použita
- nastavení dostatečných zhasécích parametrů – je třeba docílit zhasnutí výboje bleskojistky
- statické zapalovací napětí má nejvyšší hodnotu menší než hodnotu přepětí, který má za následek destrukci vedení, zařízení
- statické zapalovací napětí má nejmenší hodnotu, která musí být vyšší, než nejvyšší špičková hodnota provozního napětí
- na náš trh jsou dodávány bleskojistky od specializovaných světových firem zabývajících se výrobou plynem plněných bleskojistik od firem Citel, Hakel, Siemens, Saltek, Cerberus, Telop, DEHN.

Princip kontroly bleskojistik

Se zakládá na porovnávacím měření a používá se u nejčastějších bleskojistik pro rozvody nízkého napětí 230 VAC, třídy III). Taktéž je zapotřebí měřenou bleskojistku odpojit od ostatních obvodů instalace.

K ochraně proti přepětí máme dva způsoby

- a) při přepětí je snaha zařízení v co nejmenší době odpojit nebo zkratovat.

- b) nejčastěji je požívaný druhý způsob, ten neomezí provoz zařízení a dle typu přepět'ové ochrany - varistor, jiskřiště či bleskojistka dosáhne hranice napětí, přepět'ová ochrana zafunguje a vstupní napětí se stává bezpečným pro spotřebiče.

2.3 Varistory



schematická značka varistoru. Varistor řadíme mezi jemné přepět'ové ochrany s ochranným napětím mezi 8 – 2500 V a maximálním proudem 130 A v čase 1 ms, reaktancí pod 25 ns a výkonovým zatížením 2,5 W.

Varistory patří mezi bipolární polovodičové součástky na podobném základě jako oxidy kovů se skoro stejnou voltampérovou charakteristikou, jako Zenerova dioda.

U varistoru je doba reaktance pod 25 ns a s velkou výkonovou odolností se jedná o velice důležitý ochranný prvek pro ochranu zařízení. Varistor patří mezi napět'ově závislé nelineární součástky a jeho odpor klesá s rostoucím napětím.

Výroba probíhá u 85 % z keramiky a ZnO – kysličníku zinečnatého, který má za následek růst zrn a tvorbu hradlové vrstvy. Při slinování dochází k hradlové vrstvě, která je srovnatelná s hradlovou vrstvou Zenerovy diody. Pro absorpci energie je snaha využít celou keramiku a proto se jedná o svodiče přepětí s velkou zatížitelností, jen ve větších frekvencích jsou omezeny jeho schopnosti. Již při 15 V se projevuje velká kapacita, která má za následek negativní účinek chráněné zařízení.

„Narůstajícím napětím mezi vývody varistoru dochází k pomalému a hnedle lineárnímu růstu proudu. Odpor součástky je velký a skoro konstantní, při dosažení napětí U_n prudce klesne vnitřní odpor. Napětí na varistoru se dále pomalu zvětšuje, a dochází k velkému zvětšování proudu.“ [20]

Parametry

- Stejnosměrné a efektivní napětí maximální provozní – napětí udává neustále připojené napětí a varistor nesmí činností toto napětí ovlivňovat, pohybuje se hodnota od voltů až po kilovolty.
- Napětí varistorové – protéká přes varistor proud 1 mA – v tomto bodě charakteristika prudce stoupá a varistor omezuje napětí. Varistorové napětí je větší, než maximální provozní.

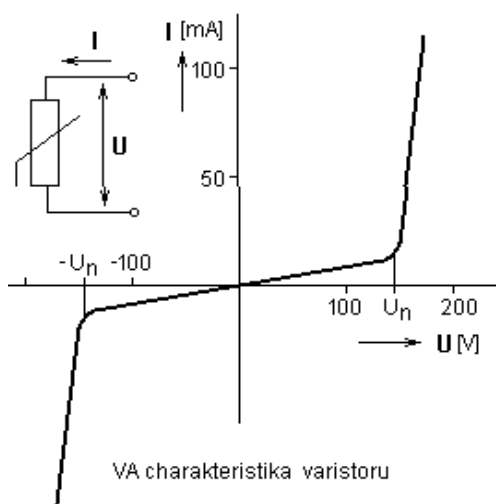
- Maximální spínací napětí – udává pro jaké napětí je varistor schopen omezit proudovou vlnu ve tvaru (8/20 μ s). Maximální napětí bývá 1,5 násobek varistorového napětí.
- Životnost a kapacita varistoru je závislá na průměru polovodičové součástky, která je důležitá u přepět'ových ochran pro datové a telekomunikační systémy.

Výhody varistoru

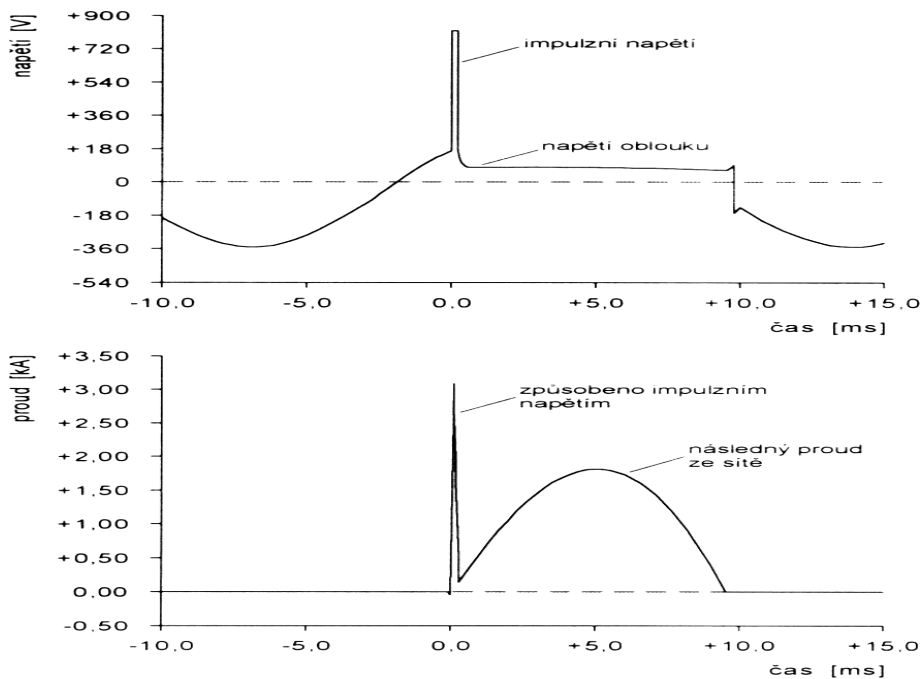
- nenastává žádný zkrat při malých proudech
- varistor nemá napět'ové ohraničení

Nevýhody varistoru

- postupné stárnutí součástky a vznikají svodové proudy.
- menší svedení náboje vůči jiskřišti



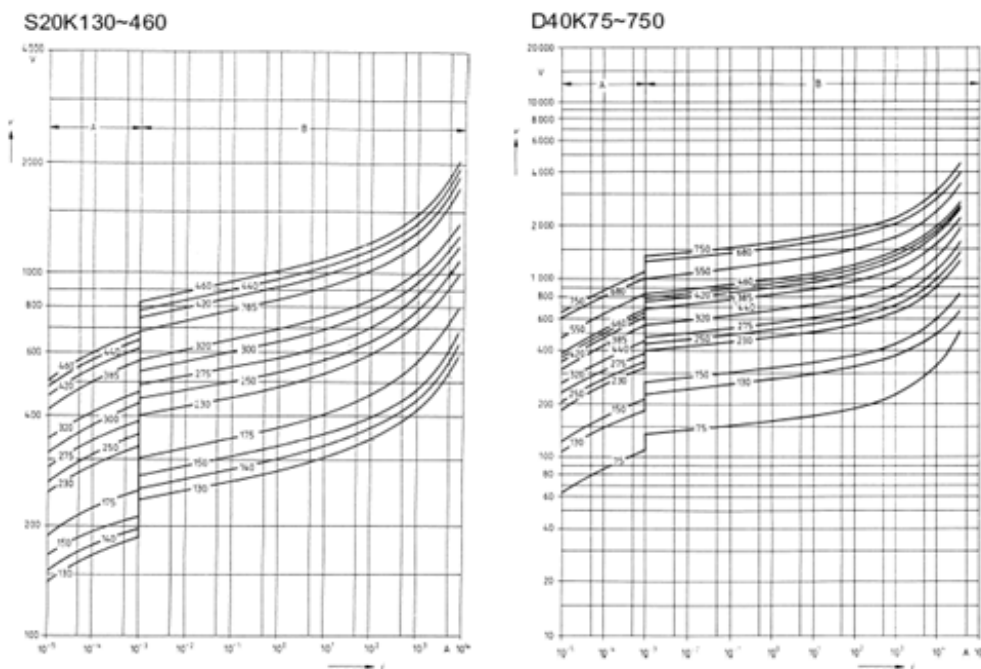
Graf. 4 VA charakteristika varistoru [20]



Graf. 5 Charakteristiky varistorů přepětí v čase [9]

Princip kontroly varistorů

Principy jsou lépe vidět v grafech, kde jsou znázorněny V-A charakteristiky nejpoužívanějších varistorů. Jde o varistory používané v ochranné třídě I, II, III.



Graf. 6 V-A charakteristiky nejpoužívanějších varistorů [7]

Příklady nejčastějších varistorů :

varistor D40K75-750 s jmenovitým svodovým impulzním proudem $I_n = 15 \text{ kA}$ (8/20 μs) používaný v PIII/230 s povoleným rozptylem pracovního napětí.

a) $U_{1000} = 385 \text{ až } 440 \text{ V}$

b) $U_{10} > 230 \text{ V}$

varistor S20K130 s $I_n = 2 \text{ kA}$ (8/20 μs) používaný v DTNV/5 s povoleným rozptylem pracovního napětí.

c) $U_{1000} = 30 \text{ až } 37 \text{ V}$

d) $U_{10} > 19 \text{ V}$

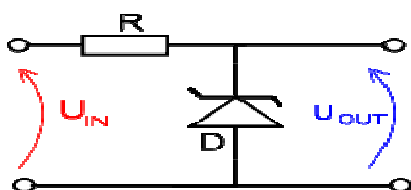
Základ pro měření je odpojení měřeného varistoru od všech ostatních obvodů instalace.

Při paralelním spojení 2 až 3 kusů varistorů stejného typu platí, že údaje pracovního napětí (U_{1000} a U_{10} se zmenšují cca o 5 % při 2 paralelně spojených varistorech a o cca 10 % v případě 3 paralelně spojených varistorů).

2.4 Zenerova dioda

schematická značka Zenerovy diody

Zenerova dioda patří do skupiny jemných polovodičových ochranných prvků proti přepětí. Ochranné napětí je v rozmezí 2,5 – 250 V, při době 1 ms je maximální proud 10 A a s výkonovým zatížením 50 W a reakčním časem 1 ms. Běžně používané součástky ve stabilizátorech napětí. Při ochraně proti krátkým a rychlým přepět'ovým impulzům, nebo při vyšší proudové zatížitelnosti existují křemíkové lavinové diody – Supresorové diody. Jedná se o zapouzdřené antisériově zapojené diody.



Obr. 5 Jednoduchý stabilizátor napětí se Zenerovou diodou [21]

2.5 Supresorové diody



schematická značka supresorové diody. Supresorové diody jsou použity pro jemnou ochranu napětí v rozmezí 6 – 440 V. Výkonové zatížení této součástky je 5 W a proud po dobu 1 ms maximální hodnotě 250 A. Zareagování součástky nastává již v čase 0,01 ns.

Supresorové diody fungují na principu Zenerovy diody ve velice krátkých vypínacích časech a ochrannými úrovněmi. Tyto polovodičové součástky jsou ideální pro citlivou elektroniku, jak svými malými rozměry, ale i parametry.

Další ochranné polovodičové prvky

Jedná se polovodičové součástky typu triak, diak, tyristor, kterými při průchodu přepětí prochází i proud nulou chráněného obvodu a dojde k obnovení nevodivého stavu. Tyto součástky jsou velice dobře použitelné pro ochranu zařízení a jejich výhoda spočívá v dobré odolnosti proti střídavým proudům a malým zbytkovým napětím.

Zenerovy diody, supresorové diody a lavinové diody jsou vhodné použít k ochraně integrovaných obvodů, telekomunikačních zařízení a napájecích obvodů.

Speciální rychlé ochranné prvky

Do této skupiny lze zařadit Trisily a Transily, které slouží pro ochranu integrovaných, telekomunikačních a datových obvodů, dále lze použít k omezení spínacích dějů u relat, stykačů a polovodičových spínacích prvků.

Výhoda těchto polovodičových součástek je velice rychlá reakce okolo 1 ps, značná odolnost proti impulsnímu napětí, které dosahuje až několik kV a velice malé zbytkové napětí.

Ochranné prvky proti přepětí sestavené z hrubé a jemné ochrany

Hrubé ochranné prvky

Přepět'ové ochranné prvky jiskřiště a bleskojistka jsou pro omezení velkých napětí v řádech kV a odvedení proudu až několik desítek kA. Výborná odolnost před výkonovým namáháním má i svoje proti a tím je delší reakční doba a tím i vysoká ochranná úroveň napětí. Jejich použití je vhodné k ochraně vedeních.

Jemné ochranné prvky

Při větším množství spotřebičů je zapotřebí jemnějších přepět'ových ochran. Jde o mnohem rychlejší přepět'ové ochrany s nižší ochrannou úrovní napětí, jedná se polovodičové prvky typu: varistor, diody, polovodiče, speciální polovodičové prvky. Jejich nevýhoda je malá výkonová odolnost.

Kombinace ochranných prvků

Nakombinování jemných a hrubých ochranných prvků má za následek účinnější ochranu pro daná zařízení. Jemná a hrubá ochrana se odděluje impedancí z důvodu, že by jemná ochrana omezila napět'ovou vlnu dřív, než hrubá a tím pádem by byla jemná ochrana přetěžována a hrubá ochrana by nezaúčinkovala vůbec a správně zvolená impedance, nebo indukčnost má za následek oddělení součástek. Indukčnost se používá o hodnotě větší než 20 μH , či rezistor o rezistenci větší, než 5 Ω . Pro některá zapojení jsou používány dolní, nebo horní propusti. U provedeního na NN vedeních a montáži jemných a hrubých zařízení je využívána impedance kabelů, což spočívá v tom, že tyto ochrany by se neměly montovat blíže, než 6 metrů od sebe. K dodržení tohoto aspektu lze použít oddělovací prvek pod názvem pozistor, který lze použít i jako nadproudová ochrana.

Dále velice důležité je vhodně seskládat kaskádní zapojení hrubých a jemných ochran. Lze docílit přepět'ovou ochranu s vysokou zatížitelností, ale zároveň i s veškerými výhodami jemných přepět'ových ochran.

Prostředky pro omezování přepětí

Omezení lze docílit dvěma způsoby a) pomocí filtrace a přepět'ových ochran musíme potlačit impulsní vlnu a také nf a vf napětí. Toto napětí nazýváme rušením. Filtry se používají proto, že při vzniku impulzního napětí, či průchodu přepět'ové vlny vznikají rušení oscilací. Na oscilace přepět'ové ochrany většinou nejsou stavěny a tak je neomezují.

Filtr je třeba navrhnout tak, aby odfiltroval složky frekvencí způsobující oscilace a složky frekvencí způsobující ve Fouriově rozvoji přepět'ový impuls. Největší přepětí vzniká bleskovými výboji a jedná se o energii stovek kHz. U běžných impulzů se hodnota pohybuje do hodnoty 100 kHz. S použitím filtru o útlumu 35 – 45 dB a rozmezí 100 kHz – 30 MHz nám filtr postačí k potlačení spínacích impulzů.

Odrušovací prostředky

Ke správnému odrušení je velice důležité mít správně provedenou přívodní, i odvodní síť. K potlačení rušení používáme: kondenzátory, tlumivky, filtry LC, frekvenčně závislé rezistory a nelineární napět'ově závislé prvky – varistory, bleskojistky, diody. Dále feritové útlumové členy, stíněné transformátory, stínění, zemnění a přepět'ové ochrany.

Nejvíce používané prvky proti rušení jsou kondenzátory, tlumivky a LC filtry. Pro snížení rušení a dosažení lepšího elektromagnetického pole je nezbytné použít důkladné uzemnění celého systému i včetně stínění s dalšími systémy odrušení a omezení přepětí.

Odrušení pomocí LC filtrů je potřeba udělat důkladně, jedná se o dost citlivý a finančně nákladný systém. Při špatně zvoleném LC filtru nastane situace, že místo, aby filtr rušení snižoval, tak ho ještě zvyšuje a tím pádem se stane nebezpečným pro obsluhu.

Odrušovací kondenzátory

Je zapotřebí docílit co nejmenší indukčnosti součástky, neboť kondenzátor určuje rezonanční kmitočet součástky a tím pádem rozpětí chráněného pásma. Indukčnost součástky je závislá na konstrukci a délkou vodičů napájení. Proto používáme kondenzátory s potlačenou indukčností a co nejmenší vodiče k indukčnosti filtru.

Odrušovací kondenzátory se dělí do dvou tříd, třídy X a třídy Y jsou bezpečnostní. Třída X je bezpečná i po průrazu elektrickým proudem. V podskupině X1 jsou použity ty kondenzátory, kde hrozí přepět'ové špičky $\geq 1,2$ kV, a kde $\leq 1,2$ kV jsou používané kondenzátory podskupiny X2.

Kondenzátory třídy Y se používají mezi zapojení fázového či středového vodiče a ochranného vodiče, či uzemněného krytu. Pro zařízení bez omezení unikajícího proudu používáme kondenzátory třídy X.

Filtry

Síťové filtry najdeme u jednofázových zapojení kromě proudové kompenzační tlumivky v zemnicím vodiči, dále se dělá v případě, uzavírá li se kapacita mezi fázovým či středním vodičem a zemním vodičem. Nejčastěji se tohoto zapojení používá k odrušení elektronických a digitálních obvodů.

Odrušovací filtry LC. Máme dva způsoby zapojení a to buď jako indukčnost a kondenzátor, nebo jako zapojení C filtru, kde jsou použity kombinace kondenzátorů a to

jednofázových, nebo i vícefázových. Musíme dávat velký pozor na různé kmitočty, při těch je schopen filtr nedělat útlum, ale zisk. A to vše bývá zapříčiněno rozdílem laboratorních zkoušek, oproti porovnání se zkouškami v praxi. Rozdíl může být až okolo 45 dB a víc. Za tento velký rozdíl může impedance sítě a zátěže podle frekvence a rozsah je od $m\Omega$ až po stovky $k\Omega$.

V dnešní době existuje mnoho dalších druhů filtrů pro telekomunikační a datové systémy s podobným základem jako jsou odrušovací a síťové filtry.

Tab. 4 Přepět'ové prvky a jejich vlastnosti [2]

Ochranný prvek	Rychlost odezvy	Citlivost	Energetická únosnost	Stabilita	Podmínky
Plynem plněná výbojková bleskojistka	velmi rychlá (ns)	dobrá	vysoká	výborná	stačí malé napětí pro ionizaci, samoregulace dlouhá životnost, bezúdržbové
Vzduchové jiskřiště	rychlá	malá	vysoká	špatná	velká nestabilita, citlivost na okolí, nepoužitelné u přepětí pod 600V, třeba údržba
Uhlíkové jiskřiště	rychlá	malá	vysoká	špatná	je třeba napětí pro ionizaci, moc hrubá ochrana pro polovodiče, při provozu je velká hlučnost, je třeba údržba
Varistor	velmi rychlá (ns)	malá	vysoká	špatná	V-A charakteristika je měkká, nastává změna vlastností vlivem stárnutí a počtem svedených pulzů
Zenerova dioda	velmi rychlá (ns)	velmi dobrá	malá	velmi dobrá	odezva je rychlá, omezená energetická únosnost, lehce zničitelné
Pojistka	velmi pomalá	dobrá	vysoká	dobrá	pomalá odezva, potřeba vyměnit při zapůsobení

3. Navržené prvky kaskádního obvodu přepět'ových ochran

Přepětí způsobené úderem blesku dosahuje hodnot až 1 MV, ale velikosti přepětí při úderu kulového blesku jsou spíš odhad, jedná se o velice krátké přepětí v obrovských napět'ových hladinách. Bohužel dodnes proti tak silnému úderu blesku neexistuje žádná stoprocentní ochrana. Ochranné prostředky proti úderu blesku členíme na vnější a vnitřní ochranné prvky.

3.1 Vnější ochranné prvky proti úderu blesku

Jako ochrana proti úderu blesku je použit klasický hromosvod podle normy ČSN EN 62305 s platností od roku 2009 je zde doplněno použití přepět'ových ochranných prvků. Jedná se například o antény, které se musí dělat s oddáleným či izolovaným jímačem, není zde již odkaz na možnost použití i aktivních hromosvodů – (pulzarů), jde o zařízení ve kterém je aktivována intenzita elektrického pole a poté je elektrický vstřícný výboj vyslán k blesku. Tento výboj daný blesk svede na svůj jímač.

„Díky této technice je pulzar schopen pokrýt prostor až 28 krát větší než hřebenový hromosvod.“ [1] V nové normě se počítá s použitím přepět'ových ochran pro anténní a datové systémy, které ale oproti přepět'ovým ochranám pro NN působícím v rozmezí 40 – 4000 V. K ochraně datových, telekomunikačních a televizních vysílačů je zapotřebí přepět'ové ochrany, které musí pro slaboproudá zařízení mít spodní ochrannou hranici mnohem níž. Pro telekomunikační a datové systémy jsou přepět'ové ochrany se sníženým spodní hranice přepětí snížena až na hodnoty voltu.

Přepět'ové ochrany pro telekomunikaci a datová zařízení



Obr. 6 Pro telekomunikaci [9]

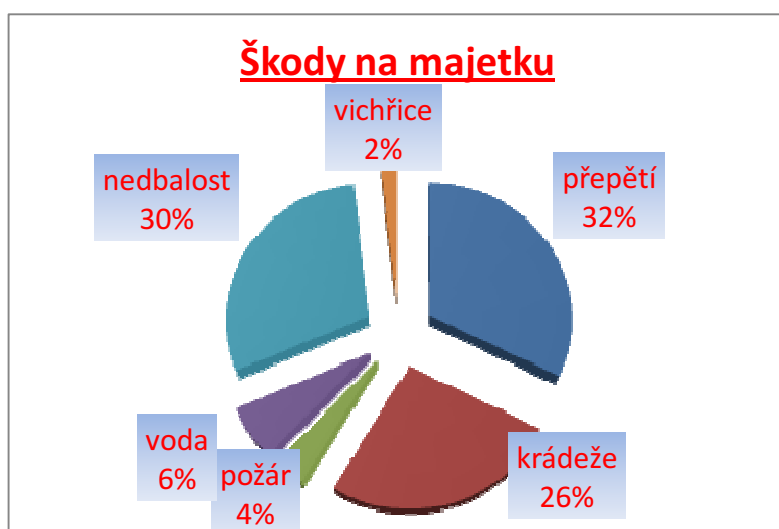


Obr. 7 Pro koaxiální vedení [9]

3.2 Vnitřní ochranné prvky proti úderu blesku

Jedná se o ochranu proti síťovému a atmosférickému přepětí, kde se na ochranu budov a zařízení používají přepět'ové ochrany, které mají schopnost ve velice krátkém čase svůj odpor snížit a náboj přepět'ové vlny velice rychle svedou k zemi. Jedná se o dobu cca 2 ns až 30 ns. Cílem přepět'ových ochran je zamezit přeskokům a průrazům v daném objektu a zařízení. Bohužel u atmosférického přepětí nejsme vždy schopni zamezit ničivému následku přepětí. Protože velikost přepětí dosahuje neměřitelného přepětí například 1 MV. Přibližně jen 15 % výbojů ohrožuje zemský povrch a ostatních 85 % se vybije v atmosféře. Atmosférické přepětí má nejčastěji čas trvání od 0,1 μ s do 10 μ s a proud nabývá maximálních hodnot do 250 kA.

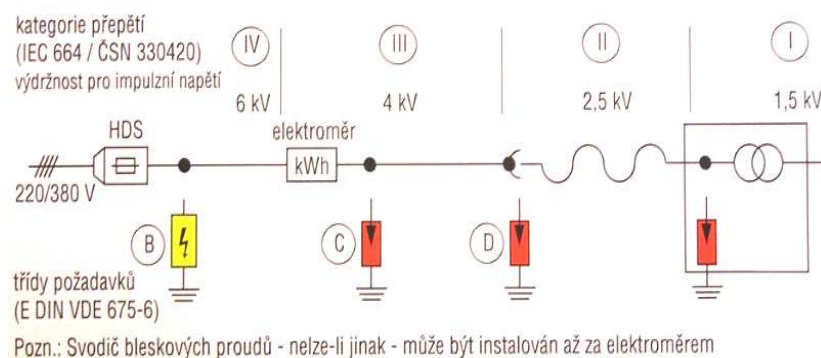
Při úderu blesku v blízkosti objektu, nebo přímo do objektu v několika μ s dojde k zvýšení potenciálu. Proto musí být celé elektroinstalace spojená s ekvipotenciální svorkovnicí a ta je spojena se zemnicí soustavou, kde zemní odpor nesmí být větší, než je hodnota 10 Ω , aby co největší část přepětí byla svedena k zemi a neohrožovalo vedení, zařízení. Pro ochranu zařízení a elektroinstalace slouží přepět'ové ochrany třídy: A,B,C,D. Přepětí má za následek třetinu škod způsobených na majetku a proto je velice důležité požívat přepět'ové ochranné prvky a dbát na správné seskládání kaskádního obvodu přepět'ových ochran.



Graf. 7 Způsobené škody na elektrotechnických zařízeních [2]

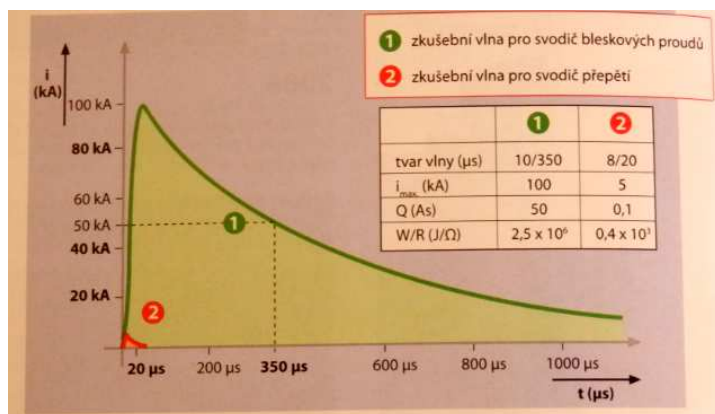
3.3 Svodiče přepětí pro NN rozvody

Ochranné prostředky dělíme do několika tříd, také velice záleží na vhodném umístění ochranných prvků v kaskádě přepět'ových ochran. Dnes existují doplňkové funkce ke všem typům přepět'ových ochran v podobě zvukové signalizace, světelné signalizace na přepět'ové ochraně, nebo lze použít systémy dálkového přenosu informace na PC, mobil.



Obr. 8 Kaskáda svodiče bleskových proudů [5]

Dle ČSN 330420 musí přepět'ové ochrany zabezpečit, aby zbytkové napětí v rozvodech el. energie sítích NN nepřesahovalo 6 000 V, mezi hlavním podružným rozvaděčem nesmí být větší než 4 000 V a za podružným rozvaděčem maximálně do 2 500 V.



Obr.9 Charakteristické parametry protékajících impulsních proudů – zkušební impulzní proudové vlny [6]

3.4 Svodiče přepětí třídy A

Ochranná třída A je zařazena mezi hrubé ochrany, jako ochranný prvek je zde použito jiskřiště. Tyto svodiče přepětí se instalují u distribučních sítích venkovního vedení NN.

3.5 Svodiče přepětí třídy B

Ochranná třída B patří do skupiny hrubých ochran, nazýváme je svodičem bleskových proudů. Ochranná třída B má zkušební vlnu I imp. = 10/350 μ s, jako ochranný prvky jsou zde použity bleskojistky, nebo varistory. Svodiče přepětí třídy B se umísťují do podružného - domovního rozvaděče na přívod ze sítě NN. Svodiče přepětí této třídy jsou schopny svést proudy při přímém úderu blesku. Cílem těchto přepět'ových ochran je potenciálové vyrovnání a zabránit prostupu bleskových proudů do elektroinstalace.

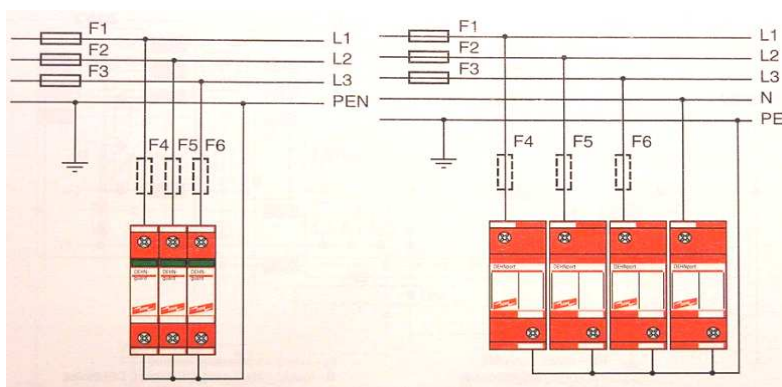
U tohoto typu je dle nových norem použita zkušební vlna (10/350 μ s) a dle starší normy se zkoušely podle zkušební vlny (8/80 μ s) – 100 kA. Velikost ochranné úrovně U_p (L,N/PE) je na hodnotě 4000 V, jedná li se o dobu odezvy, ta je menší než 100 ns.



zdroj: vlastní šetření

Obr. 10 Přepět'ová ochrana třídy B

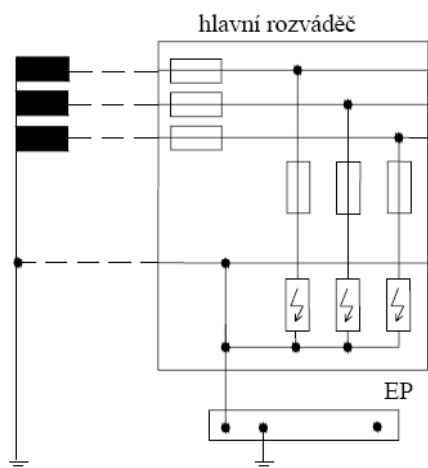
U typů sítě TN-C, nebo TN-S lze použít různé druhy přepět'ových ochran. Sít' TN-C je čtyř žilová sít', kde vodič PEN má funkci jak ochranného, tak i pracovního vodiče, u sítě TN-S je pěti žilová sít', kde je vodič PEN rozdělen na vodič PE- ochranný nulový vodič a na vodič N – pracovní nulový vodič. U sítě TN-S je chráněn i pracovní nulový vodič, jen je k tomu zapotřebí čtyř modulová přepět'ová ochrana, jedná se o třífázovou přepět'ovou ochranu a čtvrtý modul je ochrana pro nulový vodič.



Obr. 11 Zapojení svodiče TN-C(vlevo) a zapojení svodiče TN-S(vpravo) [13]

3.6 Svodiče přepětí třídy C

Ochranná třída C patří do skupiny středních ochran, jako ochranný prvek jsou zde použity varistorů, kondenzátory, rezistory, induktory, v některých typech může být sériové jiskřiště, nebo přímo předřazená pojistka. Přepět'ové ochrany mají tepelné rozpínací zařízení, které ovládá znázornění funkčnosti. Mezi vodiči PE a N mohou být zapojeny jiskřišť'ové svodiče přepětí bez možnosti zhášení oblouku. Přepět'ové ochrany třídy C mají schopnost svádět přepětí přímých i vzdálených úderů blesku, přepětí spínacích charakterů. Ochrany se umisťují do podružného - domovního rozvaděče. Jejich hlavním úkolem je ochrana instalace a spotřebičů.



zdroj: vlastní šetření

Obr. 12 Schéma zapojení přepět'ové ochrany třídy C

Svodiče přepětí třídy C omezují za třídou B zbytkové napětí a svedený proud I_{Sn} . Tvar zkušební vlny je $(8/20 \mu s) - 40 \text{ kA}$ a ochranná úroveň U_p (L,N/PE) klesla na hodnotu 1250 V s časovou dobou odezvy menší než 25 ns. Proto se řadí hned vedle sebe na přívodní vedení.

Kombinace přepět'ových ochran třídy B + C

Dnes lze využít přepět'ových ochran s kombinací B+C v jednom modulu, jedná se o paralelní zapojení jiskřiště a varistoru v jednom celku. Tato kombinace přepět'ových ochran nechává vyšší zbytkové napětí, protože varistor musí mít velké omezovací napětí, aby spolupracoval s jiskřištěm, pohybuje se jeho omezovací napětí až do velikosti 1000 V.



zdroj: vlastní šetření

Obr. 13 Přepět'ové ochrany třídy B+C se světelnou signalizací



zdroj: vlastní šetření

Obr. 14 Přepět'ová ochrana tř. C

3.7 Svodiče přepětí třídy D

Svodiče přepětí s ochrannou třídou D jsou určeny pro citlivější elektroniku, Ochranná třída D patří do skupiny jemných ochran, jako ochranný prvek jsou zde použity spínací diody, metaloxidové varistory, supresorové a Zenerovy diody. Používají se jako samostatný modul, který lze použít pro jakékoliv zařízení, nebo ochranný prvek D je například již zabudovaný v zásuvkách. U zásuvkového provedení má přepět'ová ochrana ochranný účinek do 5 metrů a maximálně pro 10 kusů. Jejich úkolem je upravit vlnu přepětí, které prošlo přes předešlé ochrany na úroveň neohrožující zařízení, ale jejich cílem je i likvidovat spínané, indukované a odražené přepětí vzniklé v instalaci. Nejčastěji se

jedná o přepětí vzniklé mezi vodičem L a N, jedná se o přepětí mezi krajním a středním vodičem. Svodiče přepětí třídy D omezují zbytkové, spínací přepětí i svedený proud I_{Sn} . Tvar zkušební vlny je $(8/20 \mu s) - 8 \text{ kA}$, velikost ochranné úrovně je stejně velká, jako o svodičů přepětí třídy D, velikost je $U_p (L,N/PE) 1250 \text{ V}$, časová doba odezvy je menší než 25 ns .



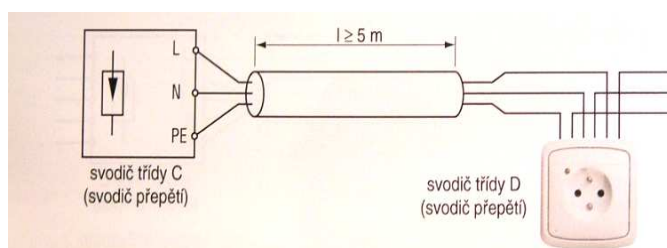
zdroj: vlastní šetření

Obr. 15 Přepětové ochrany třídy D se světelnou a akustickou signalizací



zdroj: vlastní šetření

Obr. 16 Přepětová ochrana třídy D se světelnou signalizací



Obr. 17 Vzdálenost mezi svodiči C-D [7]

Vzdálenost mezi svodiči třídy C – D by měla být větší, než 5 metrů.

4. Ochrana proti atmosférickému přepětí – aktivní jímače

Otázka zda li jsou aktivní jímače v ČR v nové normě ČSN EN 62305 povolena:

V hlavici aktivního jímače ESE je radioaktivní materiál, ten přitahuje blesky, takže odpověď na to zdali jsou aktivní jímače v ČR dle nové normy ČSN EN 62305-3 povoleny.

Dle ČSN 62305-3:je povoleno:

Jímací soustava může být vytvořena kombinací následujících částí:

- a) tyče (včetně samostatně stojících stožárů);
- b) zavěšená lana;
- c) mřížové vodiče.

Aby vyhověly této normě, musí být všechny typy jímací soustavy umístěny podle článků 5.2.2, 5.2.3 a přílohy A.

Jednotlivé tyče jímací soustavy by měly být na střeše spolu vzájemně spojeny tak, aby bylo zajištěno rozdělení bleskového proudu. **„Radioaktivní jímače nejsou přípustné.“ [8]**



Obr 18. Časopis elektrika 5. vydání rok 2009 - Aktivní jímač ESE na hotelu v Jizerských horách [8]

Případ kdy aktivní hromosvod selhal, blesk udeřil 3 metry vedle jímací tyče hromosvodu přímo do objektu hotelu a ochranná vzdálenost aktivního hromosvodu měla být 30 metrů.

Jak radioaktivní, tak i jímače ESE (Early Streamer Emission = s urychleným vysláním vstřícného výboje) nejsou uznávány odborným grémiem.



zdroj: vlastní šetření

Obr. 19 Aktivní jímač – Pulzar ESE na obchodním centru v Plzni

Na základě masivní reklamy jsou aktivní jímače vyráběny a prodávány v mnoha zemích. V posledních 30 letech bylo instalováno okolo 100 000 těchto zařízení. Některé publikace popisují teoretické úvahy k mechanismu jejich činnosti, které se ale v laboratoři velmi těžce prokazují. V Německu byly aktivní jímače experimentálně zkoumány Baatzem, Noackem a Chrzanem.

Měření v laboratoři a mnohé zkoušky za přirozených podmínek dokazují, že jímače ESE nemají lepší vlastnosti než konvenční jímače.

„Hypotéza, na níž jsou založeny jímače ESE, je falešná. Toto tvrzení říká velice uznávaný český odborník na ochranu proti blesku pan Ing. Zdeněk Rous CSc“.

I přes veškeré odborné posudky se výrobce a dovozce do ČR odkazuje na získaný certifikát, které má svědčit o dokonalosti jejich výrobku.



Obr. 20 Certifikát na aktivní hromosvod [9]

5. Ověření vlastností vybraných přepět'ových ochran a porovnání s parametry výrobce

Pro ověření vlastností vybraných druhů přepět'ových ochran byly vybrány výrobky od firem Eaton, Hakel, Dehn, Saltek, ABB. Ochranné prvky byly zkoušeny napět'ovým impulzem 1,2/50 μ s dle normy ČSN EN 61000-4-5, který odpovídá impulzu proudu 8/20 μ s.

5.1 Použité měřicí přístroje při měření

Rázový generátor – jedná se o stejnosměrný kombinovaný generátor rázové vlny typu UCS 500–M4. Rázový generátor má jednofázový výstup s možností použití zkušebního signálu s vrcholovou hodnotou 150 V – 4 kV mezi L-N, L-PE, N-PE. V jakékoliv části

obvodu lze testovat odolnost proti rázovému impulzu pomocí funkce surge. Zkoušený signál lze spouštět automaticky, lze volit polaritu impulzů jako množství a odstup impulzů.



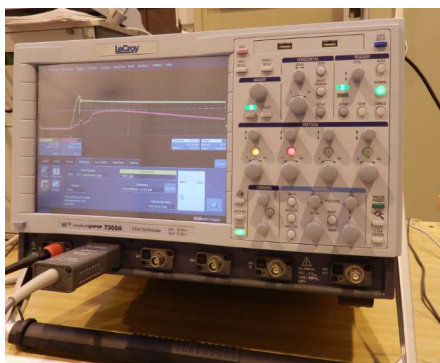
zdroj – vlastní šetření

Obr. 21 Rázový generátor UCS 500 –M4

Technické parametry rázového generátoru UCS 500 – M4:

Inv. č. ZČU 21415:

- Napět'ový rozsah: 150 – 4000 V.
- Velikost výstupní napět'ové vlny naprázdno: 1,2/50 μ s \pm 10 %.
- Velikost výstupní proudové vlny nakrátko: 8/20 μ s \pm 10 %.
- Velikost maximálního proudu: 2000 A.
- Možnost nastavení polarity: kladná, záporná.
- Spoušt'ecí úhel pro AC: 0° - 360°.
- Nastavení zpoždění rázového impulzu.
- Nastavení měření mezi L – N, L – PE, N – PE.



zdroj – vlastní šetření

Obr. 22 Osciloskop LeCroy Wave pro 7300A

Technické parametry digitálního osciloskopu LeCroy Wave pro 7300A

Inv. č. 500 856

K zobrazení vstupního a výstupního signálu a ukládání průběhů byl použit Digitální čtyřkanálový osciloskop LeCroy Wave pro 7300A byl k měřenému zařízení připojen vysokonapět'ovou sondou.

5.2 Testované třídy přepět'ových ochran

Svodiče přepětí třídy B

K ověření vlastností přepětí třídy B byly použity svodiče od firem Hakel, Dehn a ABB, všechny firmy nabízí typy přepět'ových ochran jak v jednofázovém, tak i třífázovém provedení pro sítě NN.

U firmy Hakel a Dehn se jedná o ochrannou třídu B a u firmy ABB se jedná o kombinaci ochranné třídy B + C. U těchto ochran se jedná o paralelní kombinaci jiskřiště a varistorů na principu klouzavého výboje. Ochranná třída B se nepředjišťuje, ale pokud se jedná o svodič s varistorem předjišťují se pojistkami 125 – 250 A. Základní část ochrany tvoří zinkoxidový varistor sloužící k odvedení standardních indukovaných přepětích a malých bleskových proudů. Zvětší li se impulzní proud natolik, že by mohlo dojít k destrukci varistoru, stoupne napětí na něm o tolik, že zapříčiní zapálení paralelně zapojeného jiskřiště s klouzavým výbojem. Jiskřiště má výhodu, že má schopnost odvést skoro celý bleskový proud, jen je třeba dbát na bezpečnost, protože jiskřiště vyfukuje oblouk. Pro ukázkou jsem vybral nejzajímavější charakteristiku přepět'ové ochrany třídy B od firmy DEHN s výměnným ochranným modulem a pro porovnání od firmy Hakel.

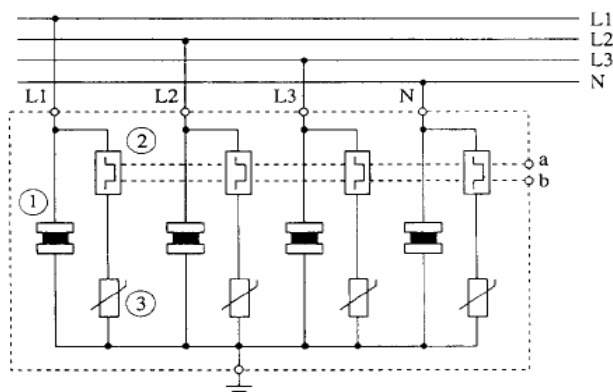


zdroj – vlastní šetření

Obr. 23 Přepět'ová ochrana DEHNblock ochranné třídy B

Technické parametry:

- Jmenovité napětí 230 V
- Zkušební bleskový proud (10/350 μ s) 50 kA
- Zbytkové přepětí při zkoušce bleskovým proudem (8/20 μ s) < 2,5 kV
- Zbytkové přepětí při zkoušce spínacím proudem (8/20 μ s) < 2,5 kV
- Doba odezvy : < 25 ns



Obr. 24 Náhradní schéma DEHNblocku [6]

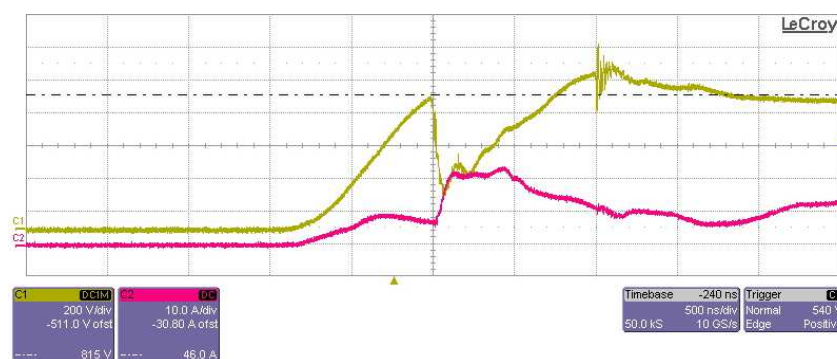
Měření

Generátor jsem nastavil, aby vysílal hodnotu napětové rázové vlny 1000 V, 2000 V, 3000 V a 4000 V a parametru vlny 1,2/50 μ s. Měření probíhalo mezi vodiči L-PE. Generátorem jsem vyslal měření rázové vlny a na osciloskopu se mi zobrazil průběh napětí a proudu při zaúčinkování jiskřiště a varistoru. Poté jsem nahrál průběhy do osciloskopu a následně na externí disk pomocí USB vstupu.

Tab. 5 Naměřené hodnoty svodiče třídy B

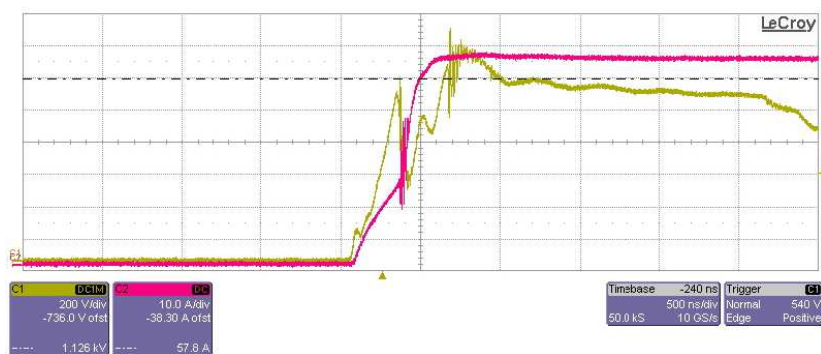
Přepětová ochrana třídy B - DEHNblock								
Napětová rázová vlna	1000 V		2000 V		3000 V		4000 V	
	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh
zareagování ochrany 1	815 V	46,0 A	885 V	49,5 A	1 068 V	54,9 A	1 126 V	57,8 A
útlum 1	225 V	16,5 A	301 V	20,3 A	356 V	19,3 A	464 V	24,7 A
zareagování ochrany 2	1 212 V	61,3 A	1 261 V	68,3 A	1 368 V	69,9 A	1 438 V	73,4 A
útlum 2	877 V	49,1 A	1 015 V	56,0 A	1 162 V	59,6 A	1 220 V	62,4 A
ustálení	777 V	44,1 A	905 V	50,5 A	978 V	50,4 A	1 034 V	53,2 A
max. velikost proudu	315 V	22,5 A	1 195 V	65,0 A	1 262 V	64,6 A	1 274 V	65,2 A

zdroj – vlastní šetření



zdroj – vlastní šetření

Graf. 8 Přepětová ochrana B omezuje při 1 000 V na 815 V a 46 A



zdroj – vlastní šetření

Graf. 9 Přepět'ová ochrana B omezuje při 4 000 V na 1 126 V a 57,8 A

Z grafů a naměřených hodnot v tabulce pro přepět'ovou ochranu třídy B je vidět, že jsou zde použity přepět'ové prvky – jiskřiště a varistor. Se vzrůstajícím napětím se velikost působení varistoru vlny zvětšuje a doba mezi zapůsobením jiskřiště-varistoru se zkracuje a průběh rázové vlny je strmější. Při vyšším napětí se velikost ochranného napětí zvýšila z 815 V při 1000 V rázové vlny na 1126 V při 4000 V rázové vlny. Z měření je zřejmé, že ochranná úroveň udávaná výrobcem 2,5 kV byla dostatečná. Jakožto svodič třídy B by měl omezovat přepětí na hodnotu maximálně 4 kV co udává norma ČSN 330420-1. I tato hodnota vyhověla dané normě.

Svodič přepětí třídy B od firmy Hakel:



zdroj – vlastní šetření

Obr. 25 Přepět'ová ochrana tř. B

Technické parametry:

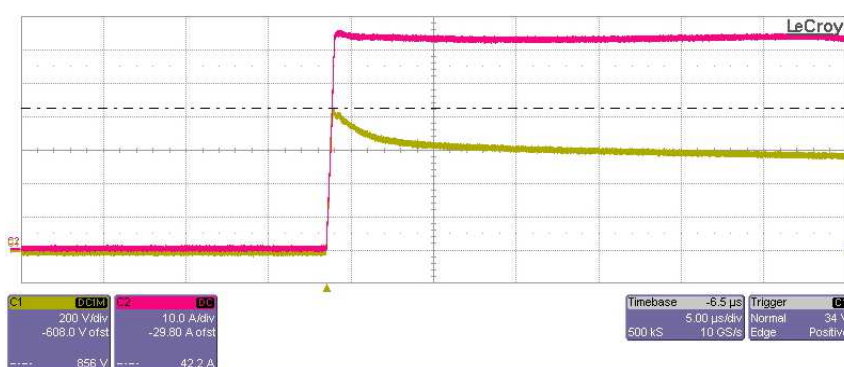
- Jmenovité napětí 230 V
- Zkušební bleskový proud (10/350 μ s) 25 kA
- Zbytkové přepětí při zkoušce bleskovým proudem (8/20 μ s) < 1,3 kV
- Zbytkové přepětí při zkoušce spínacím proudem (8/20 μ s) < 1,3 kV
- Doba odezvy : < 25 ns
- Předjištění pojistkami 315 A

Měření: proběhlo stejným způsobem jako u přepět'ové ochrany DEHN.

Tab. 6 Naměřené hodnoty třídy B

Přepět'ová ochrana třídy B - Hakel SPC								
Napět'ová rázová vlna	1000 V		2000 V		3000 V		4000 V	
	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh
zareagování ochrany	632 V	31,0 A	702 V	34,5 A	780 V	38,4 A	856 V	42,2 A
útlum	594 V	29,1 A	640 V	31,4 A	712 V	35,0 A	746 V	36,7 A
ustálený stav	550 V	26,9 A	612 V	30,0 A	620 V	30,4 A	620 V	30,4 A
max.velikost proudu	638 V	31,3 A	1 316 V	65,2 A	1 314 V	65,1 A	1 336 V	66,2 A

zdroj – vlastní šetření



zdroj - vlastní šetření

Graf. 10 Přepět'ová ochrana B omezuje při 4 000 V na 856 V a 42,2 A

Z grafu a naměřených hodnot v tabulce pro přepět'ovou ochranu třídy B je vidět, že je zde použit přepět'ový prvek – varistor. Se vzrůstajícím napětím se velikost působení varistoru vlny zvětšuje a průběh rázové vlny je strmější. Z měření je zřejmé, že ochranná úroveň udávaná výrobcem 1,3 kV byla dostatečná. Jakožto svodič třídy B by měl omezovat přepětí na hodnotu maximálně 4 kV co udává norma ČSN 330420-1, i této hodnotě normy ochrana vyhověla.

Svodiče přepětí třídy C

K ověření vlastností přepět'ových ochran třídy C byly použity svodiče od firem Hakel, Dehn a Eaton, u všech firem najdete v nabídce jak jednofázové, tak i třífázové provedení pro instalaci do sítě NN.

U těchto ochran se jednalo o ochranu pomocí výkonových varistorů ZnO, nebo sériové zapojení jiskřiště, které má velkou schopnost vést impulzní proud a varistoru ZnO. Ochranná třída C s varistorem se předjišťuje pojistkami 100 – 150 A.

Základní část ochrany tvoří zinkoxidový varistor sloužící k odvedení standardních indukovaných přepětí a malých bleskových proudů. Pro ukázkou jsem vybral nejzajímavější charakteristiku přepět'ové ochrany třídy C od firmy DEHN s ochranným výměnným modulem, protože zde je použit obdobný systém, jako u přepět'ových ochran třídy B. Z charakteristik vypadá, že jsou zde zapojeny jako první součástky jiskřiště a druhé varistory. Kontrola poruchy je zde provedena pomocí signalizačního terčíku.



zdroj – vlastní šetření

Obr. 26 Přepět'ová ochrana DEHNvenCI ochranné třídy C

Technické parametry:

- Jmenovité napětí 230 V
- Zkušební bleskový proud (10/350 μ s) 25 kA
- Zkušební bleskový proud (8/20 μ s) 25 kA
- Zbytkové přepětí při zkoušce bleskovým proudem (8/20 μ s) < 1,5 kV
- Zbytkové přepětí při zkoušce spínacím proudem (8/20 μ s) < 1,5 kV
- Doba odezvy : < 25 ns

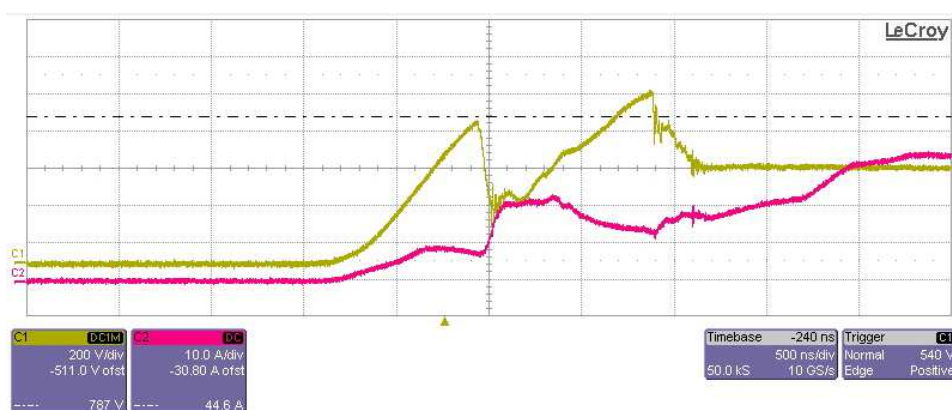
Měření:

Měření probíhalo mezi vodiči L-PE. Přepět'ovou ochranu DEHNvenCI jsem opět testoval rázovým napětím o hodnotách 1000 V, 2000 V, 3000 V a 4000 V o parametrech 1,2/50 μ s. Po puštění rázové vlny jsem na osciloskopu sledoval, jako u přepět'ové ochrany třída C výstupní charakteristiku jak napětí, tak i proudu.

Tab. 7 Naměřené hodnoty svodiče třídy C

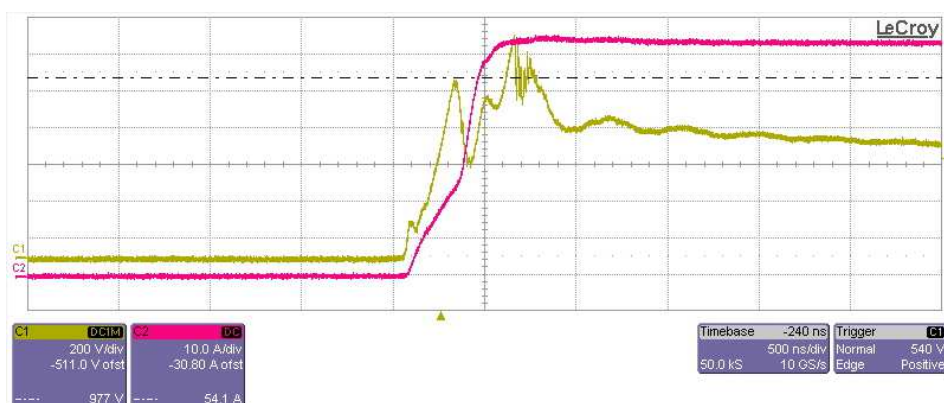
Přepět'ová ochrana třídy C - DEHNvenCI								
Napět'ová rázová vlna	1000 V		2000 V		3000 V		4000 V	
	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh
zareagování ochrany 1	787 V	44,6 A	885 V	49,5 A	945 V	52,5 A	977 V	54,1 A
útlum 1	905 V	50,5 A	417 V	26,1 A	467 V	28,6 A	529 V	31,7 A
zareagování ochrany 2	391 V	24,8 A	915 V	52,6 A	874 V	48,6 A	1 201 V	65,3 A
útlum 2	655 V	38,0 A	496 V	31,6 A	739 V	42,2 A	777 V	44,1 A
ustálení	507 V	30,6 A	457 V	29,5 A	437 V	27,1 A	635 V	37,0 A
max. velikost proudu	595 V	35,0 A	1183 V	64,4 A	1213 V	65,9 A	1 189 V	64,7 A

zdroj – vlastní šetření



zdroj – vlastní šetření

Graf. 11 Přepět'ová ochrana C omezuje při 1000 V na 787 V a 44,6 A



zdroj – vlastní šetření

Graf. 12 Přepět'ová ochrana C omezuje při 4000 V na 977 V a 54,1 A

Z následující tabulky je patrné, při jakých zkušebních hodnotách jak ochrana omezovala. Při rázové vlně 1000 V z generátoru omezila ochrana na 787 V 44,6 A a při 4000V bylo omezení na 977 V a 54,1 A. Z průběhů a údajů v tabulce je zřejmé že

výrobce deklarovaná ochranná úroveň 1,25 kV nebyla překročena. Dle norma ČSN 330420-1 by měla přepět'ová ochrana třídy C omezit napětí na maximální hodnotu 2,5 kV. Tím pádem lze říci, že přepět'ová ochrana splnila podmínky normy s velkou rezervou.

Svodič přepětí třídy C od firmy Hakel



zdroj – vlastní šetření

Obr. 27 Přepět'ové ochrany třídy C

Technické parametry:

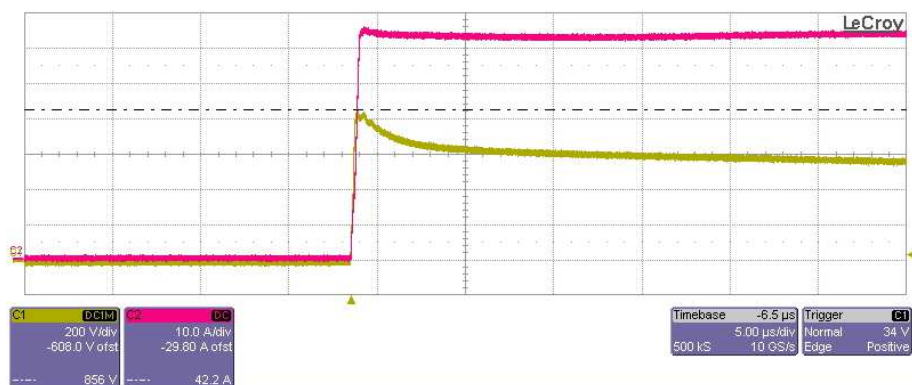
- Jmenovité napětí 230 V
- Zkušební bleskový proud (8/20 μ s) 50 kA
- Zbytkové přepětí při zkoušce bleskovým proudem (8/20 μ s) < 1,3 kV
- Zbytkové přepětí při zkoušce spínacím proudem (8/20 μ s) < 1,3 kV
- Doba odezvy : < 25 ns
- Předjištění pojistkami, nebo jističem 160 A

Měření proběhlo stejným způsobem jako u přepět'ové ochrany DEHN mezi L-PE.

Tab. 8 Naměřené hodnoty třídy C

Přepět'ová ochrana třídy C - Hakel P IV								
Napět'ová rázová vlna	1000 V		2000 V		3000 V		4000 V	
	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh
zaregování ochrany	620 V	30,4 A	702 V	34,5 A	782 V	38,5 A	856 V	42,2 A
útlum	584 V	28,6 A	626 V	30,7 A	722 V	35,5 A	728 V	35,8 A
ustálený stav	554 V	27,1 A	580 V	28,4 A	580 V	28,2 A	612 V	30,0 A
max. velikost proudu	658 V	32,3 A	1 316 V	65,2 A	1 316 V	65,2 A	1 316 V	65,2 A

zdroj – vlastní šetření



zdroj – vlastní šetření

Graf. 13 Přepět'ová ochrana C omezuje při 4000 V na 856 V a 42,2 A

Z grafu a naměřených hodnot pro přepět'ovou ochranu třídy B je zřejmé, že je zde použit jako přepět'ový prvek – varistor. Se vzrůstajícím napětím se velikost působení varistoru vlna zvětšuje a průběh rázové vlny je strmější. Z měření ochranná úroveň udávaná výrobcem < 1,3 kV byla dostatečná. Jakožto svodič třídy B by měl omezovat přepětí na hodnotu maximálně 4 kV co udává norma ČSN 330420-1, i této hodnotě normy ochrana vyhověla.

Svodiče přepětí třídy D

K měření přepět'ové ochranné třídy D byl použit výrobek od firmy DEHN s použitím zapojení přímo u svorkovnice spotřebiče pod názvem DEHNflex DFL M 255. Základ ochrany tvoří sériové zapojení varistoru a jiskřiště. Ochranná třída C se předjišťuje, jističem, nebo pojistkami do hodnoty 35 A. Ochranný modul má za úkol chránit veškeré typy elektrických i elektronických zařízení zapojených na síť NN proti spínacímu přepětí. Jde o bezúdržbové zařízení. Ochranný modul má zvukovou signalizaci pro případ přetížení a poničení ochranného modulu.

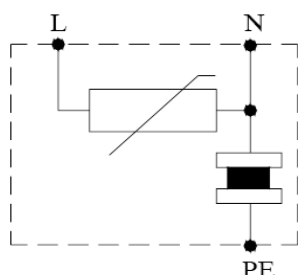


zdroj – vlastní šetření

Obr. 28 Přepět'ová ochrana DEHNflex ochranné třídy D

Technické parametry:

- Jmenovité napětí 230 V
- Zkušební bleskový proud (8/20 μ s) 3 kA
- Zbytkové přepětí při zkoušce bleskovým proudem (8/20 μ s) < 1,5 kV
- Zbytkové přepětí při zkoušce spínacím proudem (8/20 μ s) < 1,5 kV
- Doba odezvy : < 25 ns (L/N), <60ns (L(N)PE)



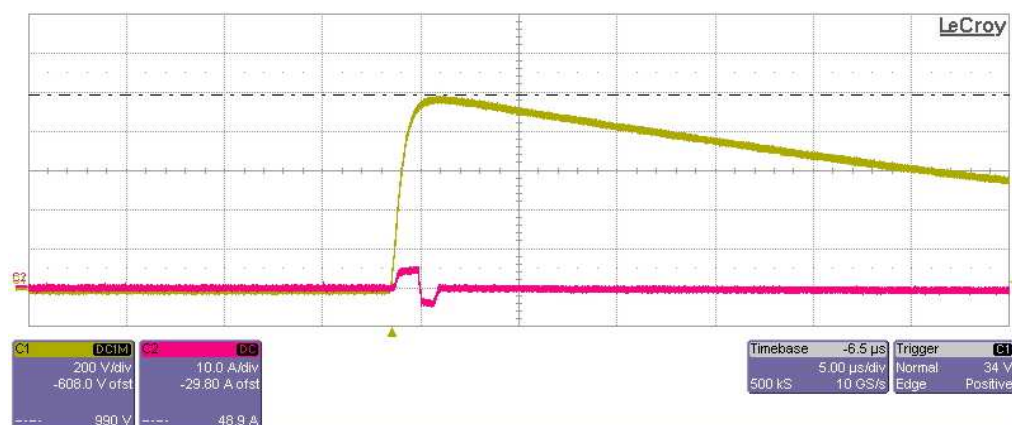
Obr. 29 Schéma zapojení DEHNflex DFL M 255 [5]

Měření probíhalo mezi vodiči L-PE. Přepět'ovou ochranu DEHNflex jsem testoval rázovým napětím o hodnotách 1000 V a 1500 V o parametrech 1,2/50 μ s. Po spuštění rázové vlny jsem na osciloskopu sledoval u přepět'ové ochrany třída D výstupní charakteristiku jak napětí, tak i proudu.

Tab. 9 Naměřené hodnoty svodiče třídy D

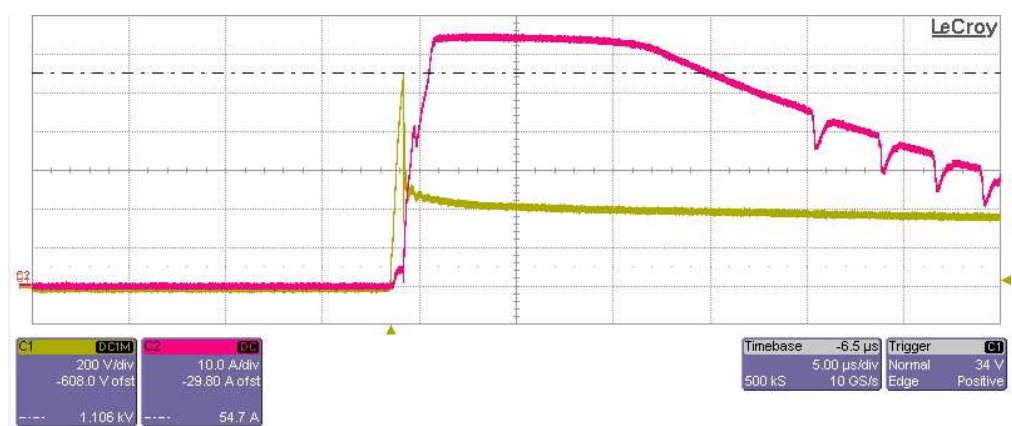
Přepět'ová ochrana třídy D - DEHNflex				
Napět'ová rázová vlna	1000 V		1500 V	
	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh
zareagování ochrany	990 V	48,9 A	1 106 V	54,7 A
útlum	608 V	29,8 A	530 V	25,9 A
ustálený stav	547 V	24,1 A	418 V	20,3 A
max. velikost proudu	122V	5,5A	1 314V	65,1A

zdroj – vlastní šetření



zdroj – vlastní šetření

Graf. 14 Přepět'ová ochrana D neomezuje při 1000 V naměřeno 990 V a 48,9 A



zdroj – vlastní šetření

Graf. 15 Přepět'ová ochrana D omezuje při 1500 V na 1106 V a 54.7 A

Z naměřených hodnot a průběhů zobrazených na osciloskopu je zřejmé, že přepět'ová ochrana DEHNflex ochranné třídy D má použit ochranný prostředek jiskřiště s varistorem.

S rostoucím napětím se velikost působení varistoru vlna zvětšuje a průběh rázové vlny je strmější. Z měření ochranná úroveň udávaná výrobcem < 1,25 kV byla dostatečná. Jakožto svodič třídy D vyhověl normě ČSN 330420-1.

Svodič přepětí třídy D od firmy Hakel:



zdroj – vlastní šetření

Obr. 30 Různé druhy svodičů přepětí třídy D

Technické parametry:

Jedná se o bílé zásuvky Tango s přepět'ovou ochranou Hakel ZS-1.1a zvukovou signalizací

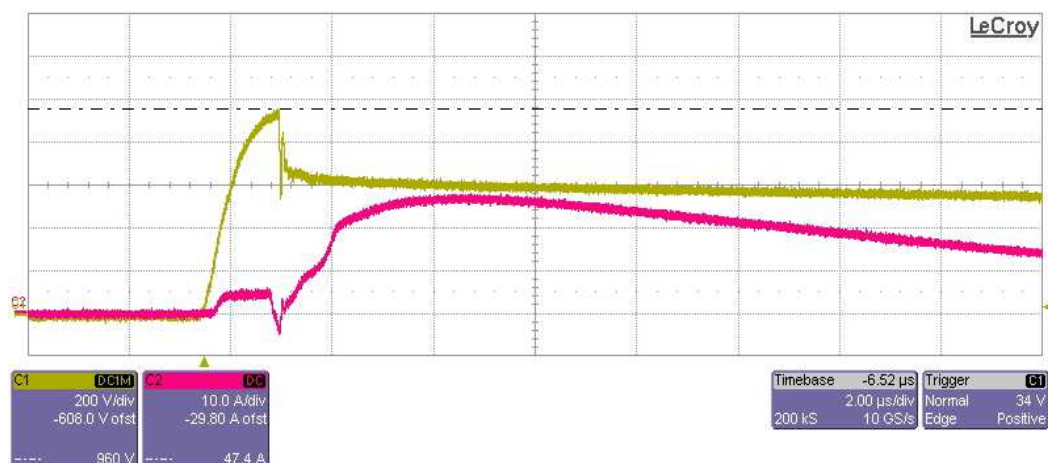
- Jmenovité napětí 230 V
- Zkušební bleskový proud (8/20 μ s) 4,5 kA
- Zbytkové přepětí při zkoušce bleskovým proudem (8/20 μ s) < 1,2 kV
- Zbytkové přepětí při zkoušce spínacím proudem (8/20 μ s) < 1,2 kV
- Doba odezvy : < 25 ns
- Předjištění pojistkami, nebo jističem 16 A

Měření probíhalo stejným způsobem, jako u ochrany DEHNflex.

Tab. 10 Naměřené hodnoty svodiče třídy D

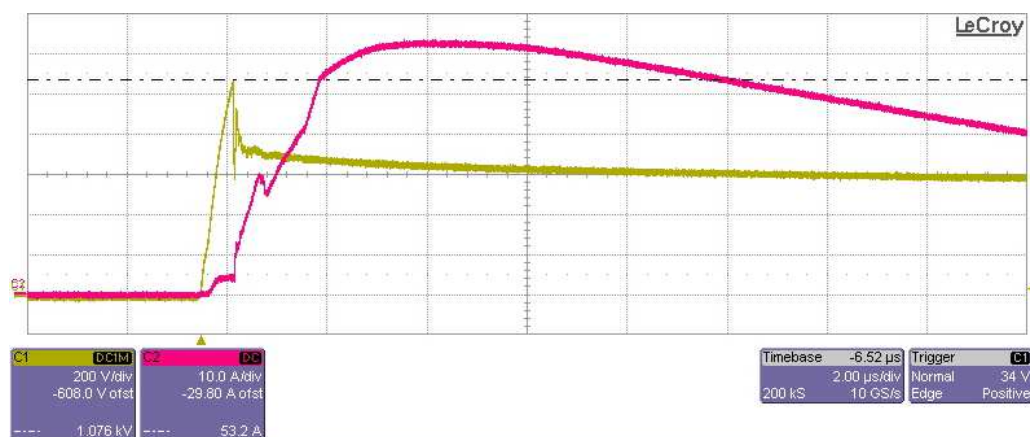
Přepět'ová ochrana třídy D - Hakel ZS-1.1 (zásuvka Tango)				
Napět'ová rázová vlna	1000 V		1500 V	
	U průběh	I průběh	U průběh	I průběh
zareagování ochrany	960 V	47,4 A	1 076 V	53,2 A
útlum	662 V	32,7 A	756 V	37,2 A
ustálený stav	612 V	29,4 A	666 V	32,8 A
max. velikost proudu	547 V	27,3 A	1 274 V	63,1 A

zdroj – vlastní šetření



zdroj – vlastní šetření

Graf. 16 Přepět'ová ochrana D omezuje při 1000 V na 960 V a 47,4 A



zdroj – vlastní šetření

Graf. 17 Přepět'ová ochrana D omezuje při 1500 V na 1076 V a 53,0 A

Z naměřených hodnot a průběhů na osciloskopu je patrné, že přepět'ová ochrana Hakel ZS-1.1 ochranné třídy D má použit ochranný prostředek jiskřiště s varistorem.

S rostoucím napětím se velikost působení varistoru vlna zvětšuje a průběh rázové vlny je strmější. Z měření ochranná úroveň udávaná výrobcem < 1,2 kV byla dostatečná. Jakožto svodič třídy D vyhověl normě ČSN 330420-1.

6. Komplexní projekt ochrany proti přepětí vybraného objektu

Každý projektant musí v první řadě brát v úvahu možná rizika, které by mohli nastat při úderu blesku, řídit se platnými normami pro provedení ochrany proti přepětí ČSN EN 62 305-1 až -4. Nebo materiálovou normou ČSN EN 50 164 – 1 až -7, kde lze využít vlastností vysokonapětových materiálů HVI, CUI. V žádném případě se nesmí stát, aby projektant navrhl ochranné třídy B,C,D od více druhů výrobců, vždy musí být jen od jednoho výrobce a to kvůli synchronizaci a komunikaci přepětových ochrany, .

Při návrhu projektu bere v úvahu projektant tyto rizika:

- a) **Riziko R_A – jedená se o úraz či zranění člověka, zvířete po přímém úderu blesku do budovy.**

Musíme brát na zřetel, že je zde možné riziko, které v sobě zahrnuje vlivy dotykových a krokových napětí, které vznikají při přímém úderu blesků do budovy a dále průchodu bleskového proudu svodem do uzemňovací soustavy. Nejdůležitější je brát na zřetel, že neživý vodič bleskosvodu se v tu chvíli stane živým vodičem, kde tečou proudy až stovky kA. Toto nebezpečí je velice podceňováno u velkého procenta staveb.

V případě bouřky je vhodné dodržovat: při použití úkrytu pod stromem 3 metry vzdálenosti od kmenu stromu a 1 metr od velkých větví, svody hromosvodu by neměly být blízko vchodů a chodníků, díky vlhké zemi by mohlo dojít k přeskokům ekvipotenciální energie a mohlo vzniknout nebezpečné krokové napětí na člověka. Pro zabránění krokového napětí poslouží šterk o vrstvě 15 cm, nebo asfalt o vrstvě 5 cm. Schováme-li se v případě bouřky v takto nebezpečných prostorách, musíme si sednout do sedu a paty bot dát od sebe, nebo se snažíme být na nějakém izolovaném předmětu, ale vždy dodržet doporučené vzdálenosti od předmětů do kterých by mohlo udeřit.

b) **Riziko R_B – jde o nebezpečí požáru, nebo mechanické poškození budovy po přímém úderu blesku do budovy.**

Do tohoto rizika se zahrnují vlivy tepelné, elektrické i mechanické. Jedná li se o objekty bez bleskosvodu, je zde riziko, že blesk může udeřit do jakékoliv části střechy budovy a poté v nejvíce případech začne střecha hořet.

Jako nejúčinnější ochrannou proti přímému úderu blesku je vybudování hromosvodu s přepět'ovými prvky dle normy ČSN EN 62305.

c) **Riziko R_C – jedná se o riziko pro elektronické zařízení ve stavbách při přímém úderu blesku do budovy.**

U elektrotechniky se musí brát zřetel na její velkou citlivost, kterou ovlivňují elektromagnetické pole vznikající při přímém úderu blesku do objektu. Ochranou při přímém úderu blesku pro elektronické zařízení je využití stínění vedení a místní pospojování. Využití svodičů bleskových proudů třídy B,C a D.

d) **Riziko R_M – jde o riziko pro elektronické zařízení ve stavbách vzniklé po úderu blesku v blízkosti budovy.**

Jde o rizikové oblasti, které nastávají při úderu blesku do vzdálenosti do 500 metrů. Snížení rizika nastává, pokud dané zařízení je umístěné v kovovém plášti – pomocí Faradayovy klece, dále pomáhá stínění vedení a prostorové stínění. Jako další ochranný prostředek je použití přepět'ových prvků všech tříd B, C i D.

e) **Riziko R_U – jedná se o riziko, nebo zranění pro člověka či zvířata při přímém úderu blesku do inženýrské sítě.**

Toto riziko souvisí s přeskokem impulzního proudu z inženýrské sítě na člověka. Účinek blesku do vedení je nebezpečný až do vzdálenosti 2 km. Omezení rizik všech metalických vedení – telekomunikační, datové, kabelové a NN sítě chráníme svodiči bleskových proudů třídy B s jiskřištěm o tvaru vlny jiskřiště 10/350 μ s, která výrazně sníží toto riziko. Udělat stínění na všech vstupních metalických sítích pomocí odstínění kabelů, kovových trubek, zemnicích částí.

f) **Riziko R_V – jde o riziko požáru, nebo mechanické poškození budovy úderem blesku do metalických vedení.**

Minimalizovat tyto rizika lze pomocí použití svodičů bleskových proudů u vstupu metalických vedení o tvaru vlny jiskřiště 10/350 μ s, díky kterému se výrazně sníží riziko. Dále používáme stínění na všech vstupech metalických sítí, stínění kabelů, kovových trubek, zemnicích částí a systémů protipožární a zabezpečovací ochrany. Zde je velice důležité použití všech ochranných tříd.

g) **Riziko R_W - jde o riziko pro elektronické zařízení ve stavbách vlivem přímého úderu do metalických vedeních.**

Jedná se o riziko, kdy dochází ke škodám na citlivém elektrotechnickém zařízení při zavlečení bleskového proudu přes vstupující sítě do objektu. Minimalizace škod lze zabezpečit při použití přepět'ových ochran třídy B,C a D. Použití stínění a pospojování kabelů, trubek a zemnicích částí.

h) **Riziko R_Z – toto riziko existuje pro elektronická zařízení ve stavbách vzniklé po úderu blesku v blízkosti metalických vedení.**

Velikost rizika je dána působením elektromagnetického pole výboje, blesk zapůsobí na inženýrské sítě do 2 km na obě strany. Nejúčinnější ochrana je využití všech ochranných tříd a použití stínění a zemnění sítí, kabelů a zemnicích částí.

Není-li možno kovové a stíněné části uzemnit, tak je připojíme na společný PEN vodič.

Pro projektování objektu je velice důležité se umět orientovat v normách, které se danou problematikou zabývají. Proto bylo nezbytné si normy osvojit k použití při projektování daného objektu.

6.1 Normy určující vnější ochranu před bleskem ČSN EN 62305-1 až 4, které jsou platné od roku 2009.

ČSN EN 62305-1 Ochrana před bleskem-Obecné principy, ČSN EN 62305-2 Ochrana před bleskem-Řízení rizika, ČSN EN 62305-3 Ochrana před bleskem-Hmotné škody na stavbách a ohrožení života, ČSN EN 62305-4 Ochrana před bleskem-Elektrické a elektronické systémy na stavbách, ČSN EN 62305-5 Inženýrské sítě. Pořád nesmíme zapomenout, že staré provozované zařízení revidujeme podle normy platné v době zhotovení! Především norma ČSN 34 1390 (1970).

Nová norma ČSN EN 62305-1 až 4 řeší ochranu před bleskem komplexně - kromě vlastní ochrany staveb, tak i jejího vybavení.

ČSN EN 62305-1 (2009) Ochrana před bleskem- obecné principy [14]

Norma má zaměření na parametry a velikosti bleskových proudů, dále dělí zóny ochrany do několika tříd.

LPZ = zóna ochrany před bleskem – slouží k definování elektromagnetického prostředí

LPL = hladina ochrany před bleskem – využívá se k ochranným opatřením dle velikosti bleskových proudů.

LPS = systém ochrany před bleskem – slouží ke snížení škod při úderem blesku do objektu.

ČSN EN 62305-2 (2009) Ochrana před bleskem – řízení rizik [15]

ČSN EN 62305-2 určuje škody a přípustná rizika na chráněný objekt. Snaha je použít nejúčinnější ochranná opatření. Zásadní je hladina ochrany LPL, kterou členíme do čtyř tříd LPS.

LPS1 – vodohospodářské instituce, léčebná zařízení, peněžní ústav, elektrárny.

LPS2 – vzdělávací zařízení, obchodní centra.

LPS3 - rodinné domy, zemědělské objekty.

LPS4 – objekty bez výskytu osob.

„Třídy ochrany před bleskem se dle provedení na objektu liší - jiný počet jímačů, jiný rozměr mřížové soustavy, jiný počet svodů - výška budovy, jímače se liší velikostí ochranného prostoru.“ [5]

ČSN EN 62305-3 (2009) Ochrana před bleskem – hmotné škody na stavbách a ohrožení života [5]

ČSN EN 62305-3 je základním prvkem na střeše jímací soustava složená z jímačů a vedení. U jímače jsou určovány ochranné prostory několika metodami.

a) metoda ochranného úhlu

Dle ČSN 34 1390 (1970) měl tyčový jímač ochranný vrcholový úhel 112° . Norma ČSN EN 60305 (2009) úhel vrcholový nezná, ale měří ochranný úhel od venkovního pláště k tyči jímače. Při přepočítání by vyšel oproti ČSN 34 1390 poloviční úhel 56° . Dle normy ČSN EN 62305 je to trochu složitější, musí se počítat dle LPS velikost ochranného úhlu, výška budovy a jímače.

To vše se přepočítává přes metodu valící se koule. Jede o to, že objekt se koule nemůže dotknout v jiném místě než jímače, nebo svodu.

b) metoda mřížové soustavy

Tato metoda se používá k ochraně rovných střech. Dle ČSN 34 1390 (1969) mohla být u mřížové soustavy oka o velikosti do 20 x 60 m. Podle ČSN EN 62305 mohou být oka do 5 x 5 m velikosti a výjimečně až 20 x 20 m. Velikost ok je závislá opět na třídě LPS do které objekt je zařazen.

LPS1 velikost ok max. 5 x 5 m

LPS2 velikost ok max. 10 x 10 m

LPS3 velikost ok max. 15 x 15 m

LPS4 velikost ok max. 20 x 20 m

c) metoda valící se koule

V ČSN 34 1390 (1970) vůbec není, jde o zcela novou metodu – je určena pro geometricky komplikované objekty.

Jímače jsou realizovány tak, že žádná část chráněného systému nemůže být v dotyku s koulí o poloměru „r“, která se valí přes stavbu všemi možnými směry. Valící koule se smí dotýkat pouze jímací soustavy!!!

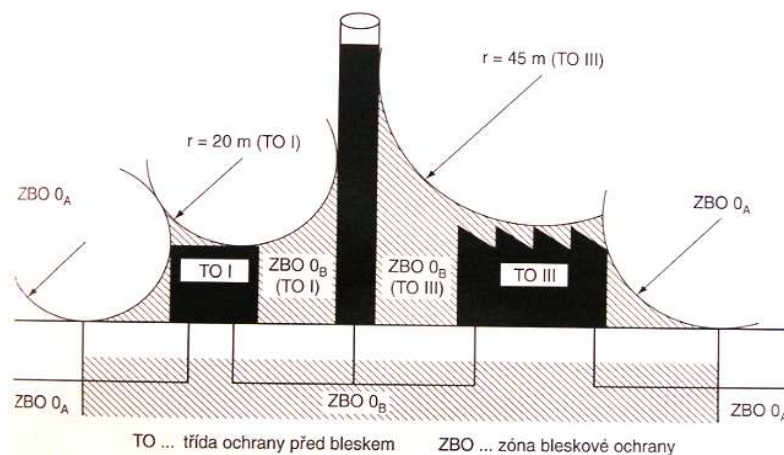
Velikost poloměru „valící koule“ závisí na třídě LPS, ve které se nachází chráněný objekt.

LPS1 poloměr „valící se koule,, 20 m

LPS2 poloměr „valící se koule,, 30 m

LPS3 poloměr „valící se koule,, 45 m

LPS4 poloměr „valící se koule,, 60 m



Obr. 31 Metoda valící se koule pro budovy zařazené do různých ochranných tříd [14]

Stanovení počtu svodů:

„Svody by měly být rozmístěny rovnoměrně po obvodu objektu a vzdálenost mezi jednotlivými svody opět závisí na třídě LPS, do které objekt patří.“ [6]

LPS1 vzdálenost mezi svody 10 m

LPS2 vzdálenost mezi svody 10 m

LPS3 vzdálenost mezi svody 15 m

LPS4 vzdálenost mezi svody 20 m

Tab. 11 Průvės valící se koule [12]

Vzdálenost mezi dvěma jímači	třída LPS (poloměr valící se koule r)			
	LPS1 (r = 20 m)	LPS2 (r = 30 m)	LPS3 (r = 45 m)	LPS4 (r = 60 m)
2 m	0,03	0,02	0,01	0,01
8 m	0,23	0,15	0,1	0,08
10 m	0,4	0,27	0,18	0,13
16 m	1,27	0,83	0,55	0,41
20 m	2,14	1,38	0,91	0,68
26 m	3,64	2,29	1,49	1,11
29 m	4,8	2,96	1,92	1,43
35 m	8,00	4,62	2,94	2,17

Tab. 12 Ochranné úhly a vzdálenosti v závislosti na LPS třídě [12]

Hodnoty ochranného úhlu v závislosti na třídě LPS a výšce jímáče								
výška jímáče nad zemí (m)	třída LPS1		třída LPS2		třída LPS3		třída LPS4	
	r = 20 m		r = 30 m		r = 45 m		r = 60 m	
	ochranný úhel α	délka ochran. pásma	ochranný úhel α	délka ochran. pásma	ochranný úhel α	délka ochran. pásma	ochranný úhel α	délka ochran. pásma
1 m	67°	2,36 m	71°	2,9 m	74°	3,49 m	78°	4,70 m
3 m	67°	7,07 m	71°	8,71 m	74°	10,46 m	78°	14,11 m
5 m	59°	6,66 m	65°	10,72 m	70°	13,74 m	73°	16,35 m
7 m	54°	8,26 m	60°	12,12 m	66°	15,72 m	69°	18,24 m
9 m	49°	9,20 m	56°	13,34 m	62°	16,93 m	66°	20,21 m
11 m	45°	10,00 m	52°	14,08 m	59°	18,31 m	64°	22,55 m
13 m	40°	10,07 m	49°	14,95 m	57°	20,02 m	61°	23,45 m
15 m	35°	9,80 m	45°	15,00 m	54°	20,65 m	59°	24,96 m
17 m	30°	9,24 m	42°	15,31 m	52°	21,76 m	57°	26,18 m
19 m	25°	8,39 m	39°	15,39 m	49°	21,86 m	55°	27,13 m
20 m	23°	8,07 m	37°	15,07 m	48°	22,21 m	54°	27,53 m
21 m			36°	15,26 m	47°	22,52 m	53°	27,87 m
23 m			33°	14,94 m	45°	23,00 m	51°	28,40 m
25 m			30°	14,43 m	43°	23,31 m	49°	28,76 m
27 m			27°	13,76 m	40°	22,66 m	48°	29,99 m
29 m			25°	13,52 m	38°	22,66 m	46°	30,03 m
30 m			23°	12,73 m	37°	22,61 m	45°	30,00 m
31 m					36°	22,52 m	44°	29,94 m
33 m					35°	23,11 m	43°	30,77 m
35 m					33°	22,73 m	41°	30,43 m
37 m					31°	22,23 m	40°	31,05 m
39 m					29°	21,62 m	38°	30,47 m
41 m					27°	20,89 m	37°	30,90 m
43 m					25°	20,05 m	35°	30,11 m
45 m					23°	19,10 m	34°	30,35 m
47 m							32°	29,37 m
49 m							31°	29,44 m
51 m							30°	29,44 m
53 m							28°	28,18 m
55 m							27°	28,02 m
57 m							25°	26,58 m
59 m							24°	26,27 m
60 m							23°	25,47 m

Zařízení vně objektu

Jedná se o elektrická zařízení mimo objekt (např. na střeše, na fasádě-klimatizační jednotky, vzduchotechnika, antény). Podle ČSN 34 1390 se tato zařízení spojovala s vedením hromosvodu. Podle ČSN EN 62305 tyto zařízení s hromosvodem nespojujeme. Ochrana je zabezpečena tak, že vedle zařízení je vybudován tyčový jímač, který je jako samostatný svod okolo zařízení z izolovaného vysokonapět'ového vodiče HVI, nebo CUI ve vzdálenosti minimálně 0,6 metru od zařízení. Zařízení se „schová“ do jeho ochranného úhlu, nazýváme ho oddálený hromosvod.

ČSN EN 62305-4 (2009) Ochrana před bleskem-elektrické a elektronické systémy ve stavbách [17]

Nežádoucí jev, kdy elektromagnetické impulzy při úderu blesku způsobují poruchy elektrických a elektronických systémů vevnitř budovy, se snažíme omezit.

Objekt zařazujeme podle ochrany do zón LPZ, které dělíme dle velikosti negativního elektromagnetického pole a impulsního proudu.

U budov určíme jak citlivé zařízení se v ní nachází.a pak rozhodneme do jaké LPZ je zařadíme.

- a) uzemnění a pospojování** - zmenšuje rozdíly potenciálů
 - odvádí bleskový proud uzemněním
- b) magnetické stínění** - zmenšuje elektromagnetické pole
- c) vhodnost trasy vnitřních vedení** – co nejvíce zmenšit indukované rázové vlny
- d) použití přepět'ových ochranných opatření (SPD)** - vstup do každé LPZ

Hromosvodní soustavu dělíme na tři základní části.

Dnes z FeZn-pozinkované oceli, Cu-mědi, AlMgSi-slitiny hliníku, pozinkované lano, pro oddálené a izolované hromosvody použití vysokonapět'ových vodičů HVI a CUI s izolační schopností do 100 kV.

Velkou pozornost věnovat provedení uzemnění (dostatečně nízký odpor, ale jde li o základové zemniče musí se uzemnění spojit s armaturou betonu) – dochází k velkému pnutí a mohlo by dojít k narušení statiky základu. Dále se věnuje naše pozornost ohybům svodů (blesk by měl jít nejsnazší cestou k zemi, jinak se utrhne a najde si jinou cestu sám, např. po okapové rouře, kde poté dojde k přeskoku na chodník a velkému nebezpečí –

krokové napětí. Dodržení dostatečné vzdálenosti svodu od oken - 1,5 metru a od vchodů - 3 metry, hrozí zde veliké nebezpečí možnosti přímého zásahu člověka elektrickým proudem, či ke vzniku krokového napětí.

a) Jímací zařízení

- tyčová soustava
- mřížová soustava

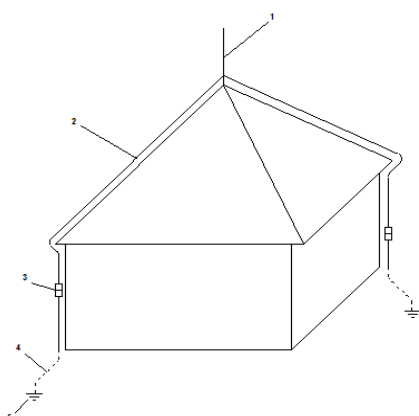
Průřez drátu střešní části Ø8 mm a lano Ø 25 mm.

b) Svod

- uzemnění a jímací zařízení spojíme na co nejbližší vzdálenost z důvodu dosažení zanedbatelných úbytky napětí. Hromosvod dimenzujeme na průchod bleskového proudu.

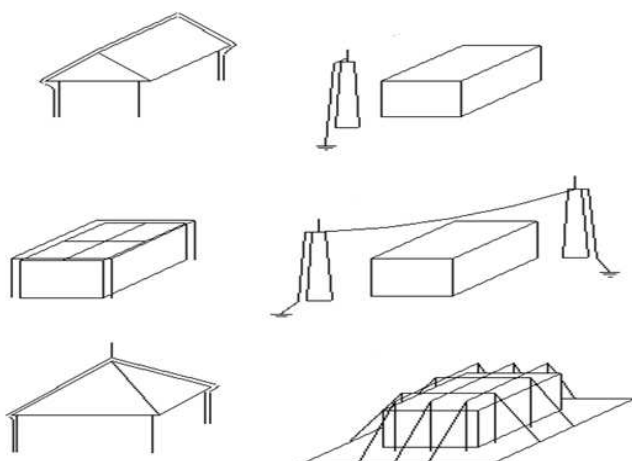
c) Zemnění hromosvodu: velké úsilí musíme věnovat minimálnímu úbytku napětí při průchodu bleskového proudu.

Druhy: základové, páskové, tyčové. Jediný vhodný materiál pro použití je zinkovaná ocel.



- 1 - jímací zařízení
- 2 - hlavní svod
- 3 - zkušební svorka
- 4 - zemní svod
- 5 - uzemnění

Obr. 32 Hlavní části hromosvodu [5]

Druhy použití hromosvodu podle tvaru a typu objektu:

Obr. 33 Typy hromosvodů [7]

- a) hřebenový, b) mřížový, c) tyčový hromosvod, d) stožárový hromosvod,
e) závěsný hromosvod, f) klecový hromosvod



zdroj: vlastní šetření

Obr. 34 Stožárový typ hromosvodu na skladu pohonných hmot v Plzni

Pomocné jímače jsou provedeny z pozinkovaného ocelového drátu o průměru 8 mm až 10 mm. Jímač má mít minimální velikosti 40 cm. Uzemnění se smí dělat z pozinkovaného drátu FeZn o \varnothing 8 mm, raději se doporučuje \varnothing 10 mm. Nejlepší je pozinkovaný zemní pásek o rozměru 30 x 4 mm, u novostaveb dělat základové zemniče, jedná se o zaručenou hodnotu uzemnění do 10 Ω .



Obr. 35 Izolační pásmo u vysokonapět'ových HVI a CUI kabelů [14]

Antény dle ČSN 34 2820

Pro rodinné domy dle ČSN 34 2820 realizujeme antény s použitím přepět'ových ochran. Ochrany antén před bleskem jsou následující:

- a) Veškeré kovové části na střeše se musí propojit s hromosvodem.
- b) Nevodivé předměty jsou chráněny pomocným jímačem.
- c) Části objektu, nejdou-li spojit s uzemněním, je třeba dodělat vhodné jiskřiště. Jiskřiště je zde k přemostění částí, které by mohl blesk poničit.

Ochranu neprovádíme, jeli anténa alespoň 3 m pod okapem a více než 2 m od jímače.

Příklad: V roce 1987 byl vybudován anténní stožár pro rodinný dům, jelikož majitel nechtěl anténní stožár na střechu svého domu, tak byl stožár postaven vedle domu, jednalo se o 7,5 metrový kovový stožár na kterém byly umístěny antény. Tento jímač stál 0,5 metru vedle domu a převyšoval hřeben domu asi o 3 metry. Díky tomu, že byl stožár zabetonovaný do 1,5 metrové hloubky země a byla zde velmi dobré hliněné podloží, tak

naměřená hodnota uzemnění stožáru byla 4,5 ohmu. Což vyhovovalo jak starým předpisům ČSN 34 1390 z roku 1970, tak i hodnota uzemnění by vyhovila dle nových předpisů ČSN EN 62305 – 3. Při úderu blesku do anténního stožáru došlo k tomu, že anténní stožár díky svému dobrému uzemnění svedl cca 75 % výboje do země. Ale bohužel vzniklo přechodem proudu blesku silné magnetické pole, které svojí galvanickou a induktivní vazbou vyvolalo přepětí na vodičích vedoucích z antén do anténního zesilovače, který byl v domě a došlo tím ke zničení audio i video techniky a dále elektromagnetická indukce přeskočila z anténního vedení přes TV spotřebiče do sítě NN, které v části domu zcela zničila vytrháním ze zdi.

Návrh řešení: Jednou z možností jak pro příště zamezit podobnému případu. Opětovně změřit uzemnění anténního stožáru, musí být dle dnešní normy ČSN EN 620305-3 do 10 Ω , dále na anténní koaxiální kabel použít přepět'ovou ochranu pro koaxiální kabel, dále udělat 0,6 m oddálený, izolovaný jímač s použitím kabelu HVI, který je samostatně sveden ke svému zemnění o hodnotě do 10 Ω a ochranným úhlem dle LPS třídy II, dále veškeré spotřebiče chránit ochrannou třídou D a veškeré vedení třídami B a C. Velice dbát na ochranné vzdálenosti daných přepět'ových ochran a na to aby byly veškeré přepět'ové ochrany od jednoho výrobce, protože přepět'ové ochrany od různých výrobců – typů spolu nekomunikují a nedojde ke správné synchronizaci. U stupňů ochrany třídy B a C je třeba dbát na krátké vzdálenosti vodičů v rozvaděči = maximální účinnost přepět'ových ochran. Připojení z přívodu by nemělo být delší než 0,5 metru a účinnost přepět'ových ochran je do 10 metrů vedení. Po provedení těchto opatření bych se již nadále nebál dané zařízení provozovat.

INDEX	DATUM	OBSAH
SOUPIS ZMĚN ETAPOVĚ ZPRACOVANÉ DOKUMENTACE		

Novostavba RD – Ochrana před přepětím	PARÉ Č.
DOKUMENTACE PRO STAVEBNÍ POVOLENÍ	

INVESTOR / <i>Investor</i>	ZČU FEL	GENERÁLNÍ PROJEKTANT <i>General designer:</i>
OBJEDNATEL / <i>Contractor</i>	ZČU FEL	ZČU FEL

PROJEKTANT ČÁSTI <i>Designer of the part</i>	ČÁST DOKUMENTACE <i>part of documentation</i>	F1.4g
JIŘÍ ŽIVNÝ	Silnoproudé rozvody a osvětlení <i>Heavy current and lighting</i>	
ZODP. PROJEKTANT STAVBY učitel	KÓD OBJEKTU <i>object</i> SO.01	DIGITÁLNÍ NÁZEV SOUBORU <i>file</i> EL
ZODP. PROJEKTANT JIŘÍ ŽIVNÝ	DATUM <i>date</i> 1/2013	ZAK.Č. <i>order No.</i> 13001
VYPRACOVAL JIŘÍ ŽIVNÝ	MĚŘÍTKO <i>scale</i> 1:----	FORMÁT <i>format</i> A4
VÝKRES <i>content</i>	Ochrana před přepětím	

F1.4g-01 Technická zpráva – Ochrana před přepětím

Identifikace stavby: Novostavba RD - Ochrana před přepětím

Investor: ZČU FEL

Projektant: Jiří Živný

Zodpovědný projektant: Jiří Živný

SO01-ELN.1 Technická zpráva.....	72
SO01-ELN.1.1 Úvod.....	72
SO01-ELN.1.2 Použité předpisy a normy	72
SO01-ELN.1.3 Stupeň vnějších vlivů	74
SO01-ELN.1.4 Energetická soustava:.....	74
SO01-ELN.1.5 Silnoproudé rozvody:	74
SO01-ELN.1.6 Vyrovnání potenciálu:	74
SO01-ELN.1.7 Bleskosvod:	76
SO01-ELN.1.8 Bezpečnost práce a ochrana zdraví:.....	76
SO01-ELN.1.9 Závěr:.....	77

SO01-ELN.1 Technická zpráva

SO01-ELN.1.1 Úvod

Předmětem projektu je provedení ochrany před přepětím v novostavbě RD, objekt SO.01 – rodinný dům.

SO01-ELN.1.2 Použité předpisy a normy

Veškeré výrobky a instalace budou v souladu se zákonem č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, včetně všech doplňujících nařízení vlády ČR, vydaných dodatečně k tomuto zákonu.

Dokumentace je a stavba bude provedena podle platných zákonů a vyhlášek a podle předpisů ČSN vydaných v době zpracování PD zejména pak:

- ČSN 33 0165 /EN 60446/ Značení vodičů barvami nebo číslicemi – 12/2000
- ČSN 33 2000-4-41 Ochrana před úrazem elektrickým proudem ed. 2 – 8/2007
- ČSN 33 2000-4-42 Ochrana před účinky tepla – 11/94
- ČSN 33 2000-4-43 Ochrana proti nadproudům - 2/94
- ČSN 33 2000-4-45 Ochrana před podpětím - 1/96
- ČSN 33 2000-4-46 Odpojování a spínání - 6/95
- ČSN 33 2000-4-47 Opatření před úrazem elektrickým proudem – 8/97
- ČSN 33 2000-5-51 Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecná ustanovení 4/2000
- ČSN 33 2000-5-523 Výběr soustav a stavba vedení - Dovolené proudy- 2/94
- ČSN 33 2000-5-54 Uzemnění a ochranné vodiče ed.2 – 9/07
- ČSN 33 2000-7-701 Prostory s vanou nebo sprchou a umývací prostory
- ČSN 33 2030 Ochrana před nebezpečnými účinky statické elektřiny - 8/84

Vyhláška 50/78 Sb.

Zákon o Českých technických normách

- zákon č. 22/1997 Sb.- závaznost norem ve znění pozdějších předpisů

- ČSN 73 6005 Prostorové uspořádání sítí technického vybavení
- ČSN 73 0802 Požární bezpečnost nevýrobních objektů
- ČSN 33 0120 /IEC 93/ Normalizovaná napětí – 4/93
- ČSN 33 0330 /EN 60529/ Stupně ochrany kryti (kryti IP kód) – 11/93
- ČSN 33 2000-3 Stanovení základních charakteristik – 8/95
- ČSN 33 2000-1 Elektrická zařízení - Rozsah platnosti, účel a základní hlediska – 02/03
- ČSN 33 0125 /EN 60059/ Hodnoty proudů – 12/2000
- ČSN EN 62305-1 až 5 Ochrana před bleskem – 11/06

SO01-ELN.1.3 Stupeň vnějších vlivů

Pro venkovní prostory bylo prostředí určeno dle čl. 320.N4 ve smyslu ČSN 33 2000-3-51 jako prostory zvláště nebezpečné (tab. 32-NM3 - Výskyt vody - **AD3** – vodní tříšť, **IPX3**, IEC 60721-3-3 třídy, 3Z8 a IEC 60721-3-4 třídy 4Z7.

SO01-ELN.1.4 Energetická soustava:

3+PEN 3x230/400 V - 50 Hz - TN-C - napájení objektu
3+PE+N 3x230/400 V – 50 Hz – TN-C-S - instalace v prodejní jednotce
ochrana základní, samočinným odpojením obvodu od sítě
doplňková – proudovým chráničem I_{dn} 30 mA
zvýšená – ochranným pospojováním ve spojení se základní ochrannou
vedení vodivých hmot a elektrických předmětů tř.1 na stejný potenciál.
Uzemnění – společné pro el. zařízení a hromosvod
Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím

Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím bude provedena dle ČSN 332000-4-41

ed.2. Stupeň ochrany základní. Ochrana automatickým odpojením od zdroje.

SO01-ELN.1.5 Silnoproudé rozvody:

V rozvaděči bude instalován třetí stupeň ochrany proti přepětí při úderu blesku, nebo proti přepět'ovým špičkám v energetické síti, chrání citlivá elektronická zařízení proti poškození. Zbytková napětí nepřevyší 4 kV za 1. stupněm / 2,5 kV za druhým stupněm / 1,5 kV za třetím stupněm.

SO01-ELN.1.6 Vyrovnání potenciálu:

Jedná se o základní opatření vnitřní ochrany před bleskem. Zajišťuje, že při úderu blesku nedojde uvnitř budovy ke vzniku potenciálových rozdílů nebezpečných pro osoby a elektrická zařízení. K uzemňovací soustavě jsou v rámci projektu hromosvodu, vyrovnání potenciálů v instalaci NN jsou připojeny veškeré elektricky vodivé součásti a zařízení, jako např.:

kovové stavební části budov
kovové zařizovací předmět
kovová technologická zařízení
kovová potrubí, kabelové trasy
kovové části zařízení NN
ochranný a pracovní nulový vodič zařízení NN

Vodivá potrubí, přicházející do budovy zvenku, jsou pospojována co nejbližší, jak je to možné k jejich vstupu do objektu - plynová p., vodovodní p., apod. Za tímto účelem jsou na vhodných místech spojena s ekvipotenciální přípojnici, která je připojena na uzemnění objektu.

Veškerá spojení s potrubími budou provedena pomocí kruhových připojovacích svorek. Neživé vodivé části elektrických zařízeních budou napojeny svorkou s označením uzemnění popř. pomocí hromosvodné připojovací svorky. Nulové vodiče a kostry rozvaděčů budou připojeny na zemnicí přípojnice pomocí vodiče CYA 6-25 mm².

Na uzemnění je nutno připojit všechny části potrubí chlazení a VZT - pomocí hromosvodových svorek.

Pospojování je provedeno vodičem CYA 4-10 mm².

Vodivé části zařizovacích předmětů (umyvadla, podlahové mříže, zásuvky a topné žebříky v koupelnách, bojlerů atd.) budou připojeny k soustavě pro vyrovnání potenciálů a vzájemně mezi sebou vodičem CYA 4-10 mm².

Všechny kovové zařízení jsou na svém pokud možno co nejnižším místě vodivě připojeny na uzemnění pomocí hromosvodové SP svorky nebo k tomu určenou svorku, (ekvipotenciální přípojnici umístěnou na jednotlivých patrech v blízkosti podružných rozvaděčů. Propojení ekvipotenciálních přípojníc se základovým zemněním drátem FeZn ϕ 8 mm. Za tímto účelem se pro FeZn drát v podlaze zhotoví drážka.

Kabelové trasy budou vzájemně vodivě propojeny a spojeny podélně v průběhu trasy tak, aby tvořily vodivě spojený celek, který bude v místech křížení se zemnicími přípojnici k nim připojen pomocí drátu FeZn ϕ 8 mm.

SO01-ELN.1.7 Bleskosvod:

Třída LPS III, koeficient $k_i=0,04$, koeficient $k_m=0,5$ zdivo 1, vzduch, 0,75 izolovaná tyč.

Parametry:

Rozměry objektu 17 x 15 m, výška 3 m, hřebenová jímací soustava,

Navrženy počet svodů – 4

Koeficient $k_c = 0,567$

Nejdelší vzdálenost $L = 15$ m

Dostatečná vzdálenost S : Zdivo = 0,68 m/vzduch = 0,34 m/izolovaná tyč = 0,45 m

Ochranný úhel Alfa $\alpha = 77,2^\circ$, díky tomuto ochrannému úhlu hromosvodu není třeba u anténního jímače dělat oddálený ani izolovaný jímač. Ochranný úhel s jímačem je znázorněn na dalším nákresu.

Na objektu bude instalována hřebenová jímací soustava s pomocnými jímači, které na vrcholu střechy budou dva, délky 1000 mm a na okrajích vikýřů budou vždy po jednom kusu délky 500 mm.

Zemní soustava bude provedena v základovém bednění se čtyřmi vývody a jedním vývodem pro HOP. Vývody budou v místě přechodu (změně/vzduch) opatřeny antikorozi ochranou.

SO01-ELN.1.8 Bezpečnost práce a ochrana zdraví:

Při realizaci akce musí být zajištěna bezpečnost pracovníků provádějících elektromontážní práce a práce související. Práce oboru elektro smí provádět pouze pracovníci s předepsanou elektrotechnickou kvalifikací dle vyhl. 50/1978 Sb. Všechny práce na elektrickém zařízení budou prováděny bez napětí!

Při pracích ve výškách bude použito atestovaného výstupového zařízení – žebříku, nebo pracovní plošiny.

Během prací budou pracovníci dbát protipožárních předpisů. Při použití svařovacího zařízení musí být na stavbě zajištěn trvalý dohled min 8 hodin po skončení svařecských prací. Při svařování musí být na pracovišti k dispozici hasicí pomůcky.

Upozornění :

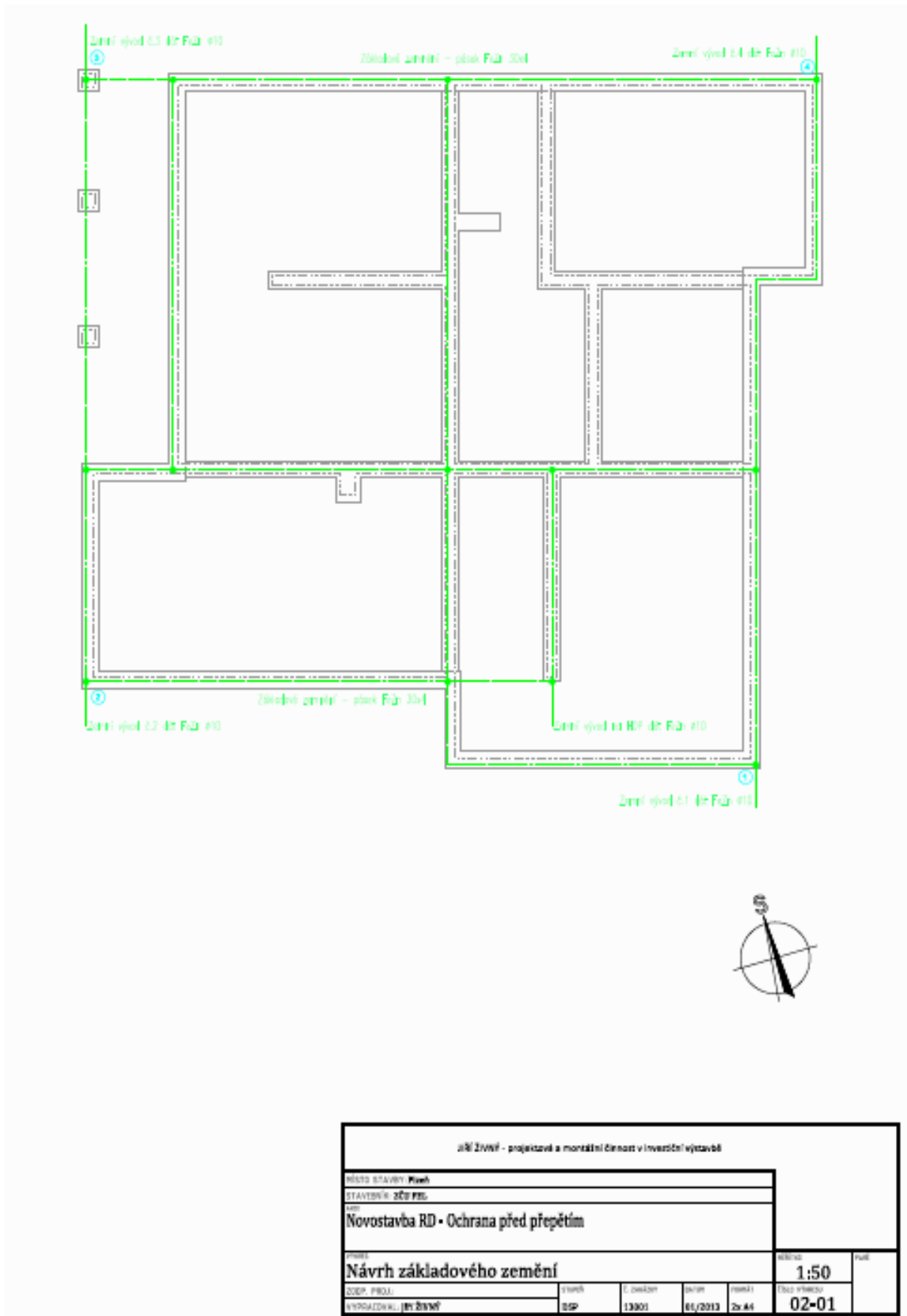
BOZ musí být respektován i v běžném provozu a údržbě objektu.

SO01-ELN.1.9 Závěr:

Před uvedením do trvalého provozu je nutno provést výchozí revizi dle příslušné ČSN 33 2000-6 dodavatelem a tuto předat uživateli.

Dále je nutné, aby dodavatel montážních prací řádně poučil provozovatele o provozu a funkci zařízení, o provádění kontroly ochrany před nebezpečným dotykovým napětím.

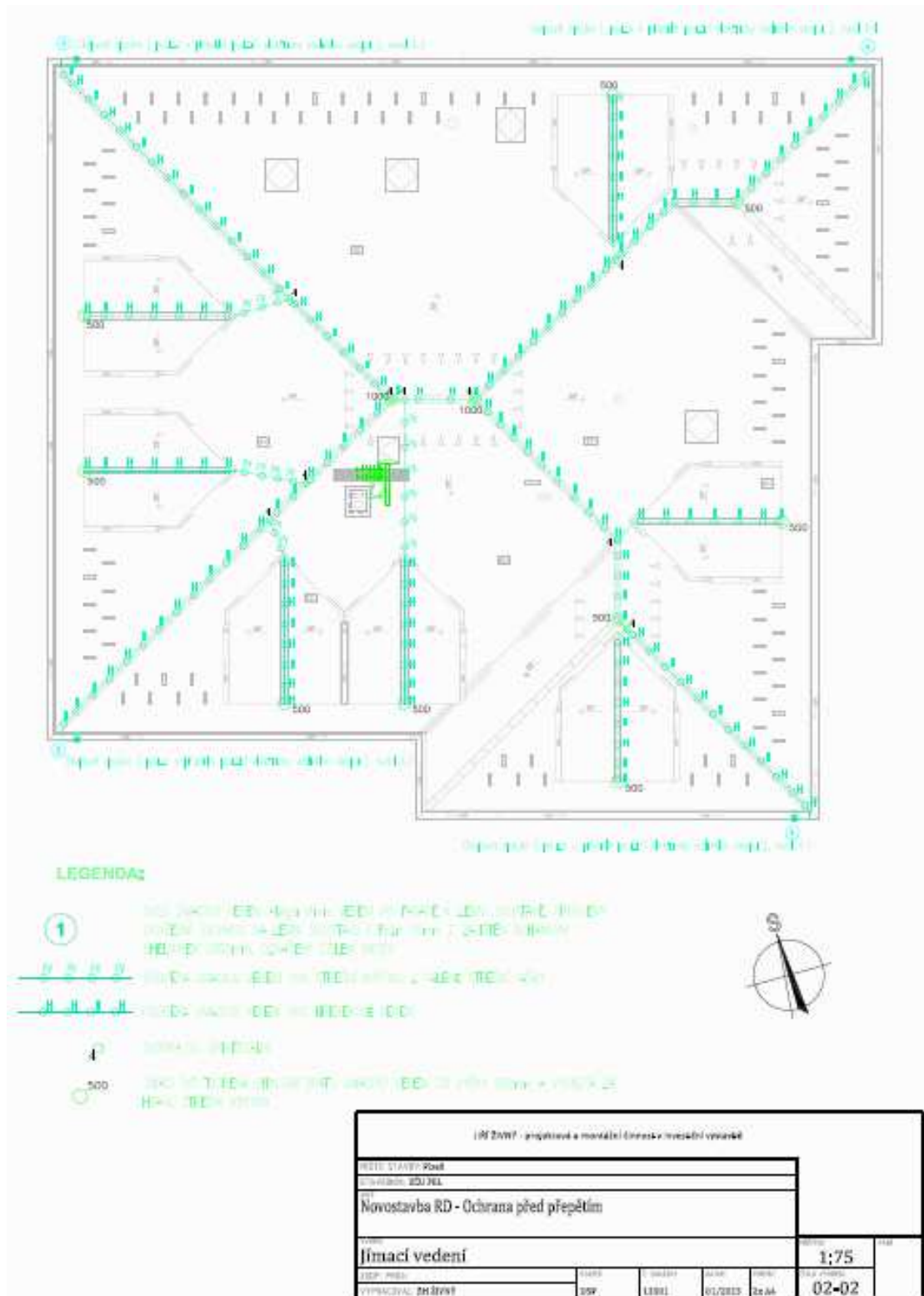
Doporučuji, aby v určených lhůtách požadoval uživatel o přezkoušení funkce a ochrany el. zařízení u odborného závodu. V předepsaných lhůtách provádět periodické revize.



zajištění - projektová a montážní činnost v investiční výstavbě					
MÍSTO STAVBY: Kaňk					
STAVBA: Z&P RD					
NÁZEV: Novostavba RD - Ochrana před přepětím					
PRŮBĚH: Návrh základového zemění					měřítko: 1:50
ZODP. PRŮJ.:	státní:	č. desky:	datum:	číslo:	číslo výkresu:
VYKONAL: Jan Živný	DSP	13001	01/2013	2x 44	02-01

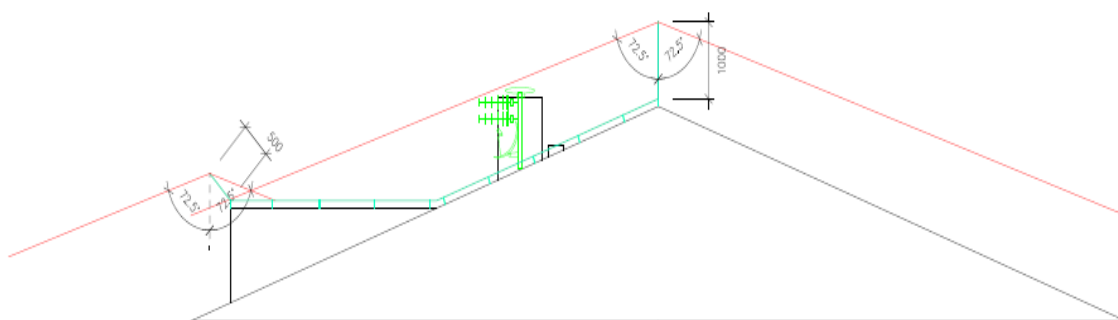
zdroj: vlastní šetření

Obr. 36 Řešení zemnicí soustavy u objektu



zdroj: vlastní šetření

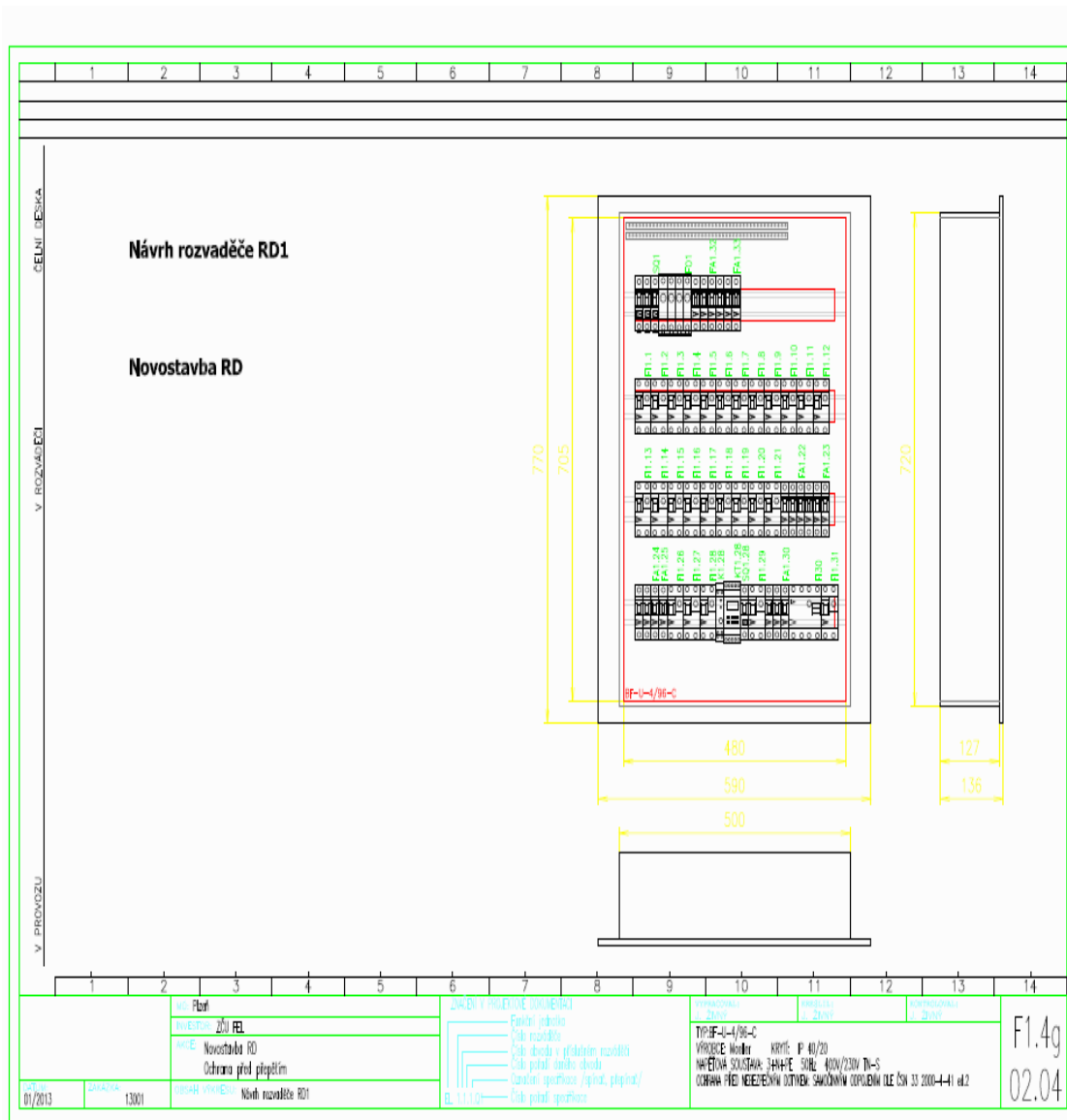
Obr. 37 Řešení hřebenového vedení u objektu



Jiří Živný - projektová a montážní činnost v investiční výstavbě					
OBJEKT STAVBY: Plochá					MŠP
STAVBAŘ: ŽDO PBL					
Název: Novostavba RD - Ochrana před přepětím					
Téma: Ochranný úhel Alfa $\alpha=77,2^\circ$					1:50
ZODP. PROJ.:	STUPEŇ:	Č. ZNAČKY:	DATA:	FORMÁT:	ČÍSLO VÝKRESU:
VYPRACOVAL: Jiří Živný	DSP	13001	05/2013	3x A4	02-03

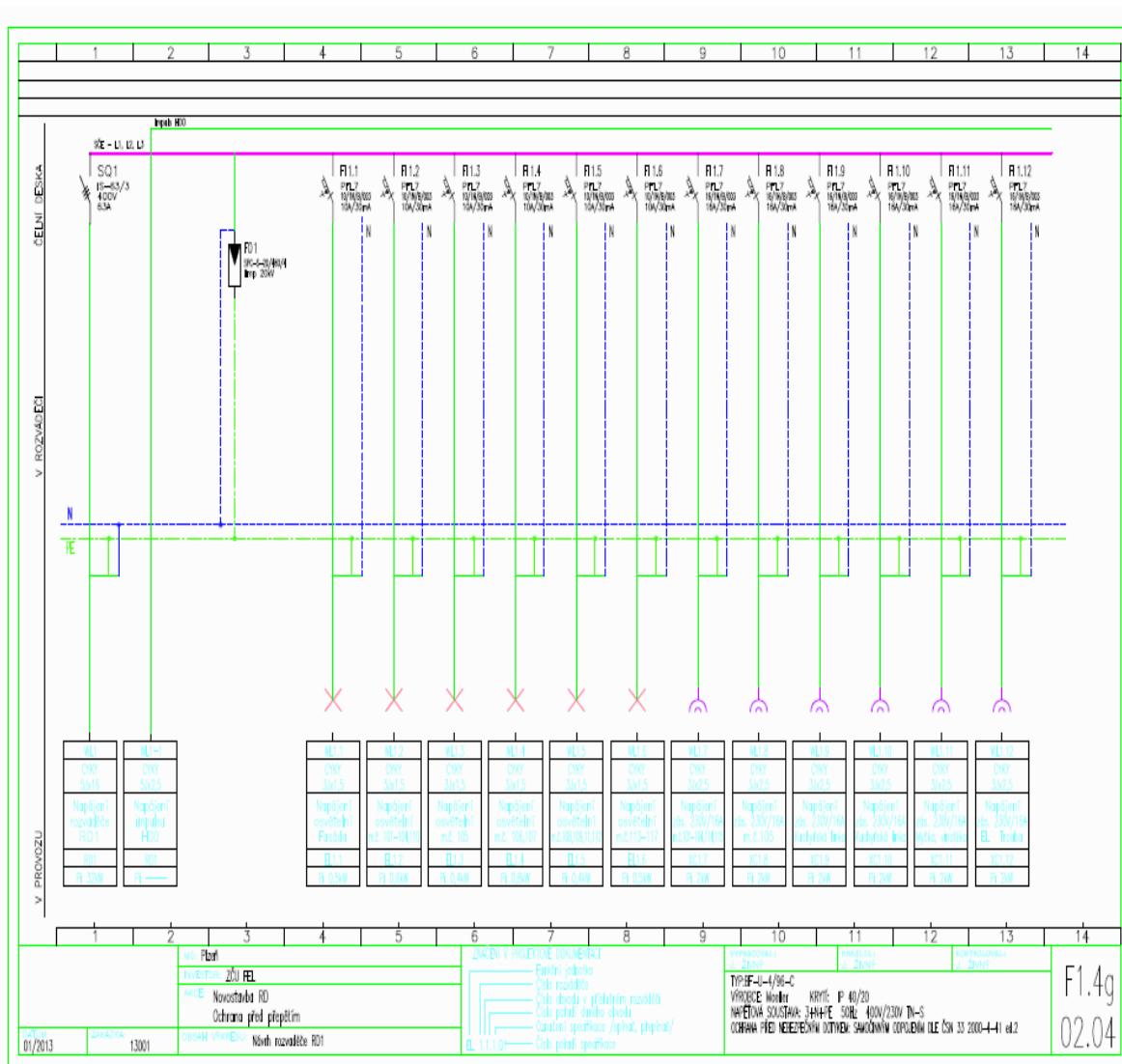
zdroj: vlastní šetření

Obr. 38 Ochranný úhel jímače u rodinného domu dle LPS



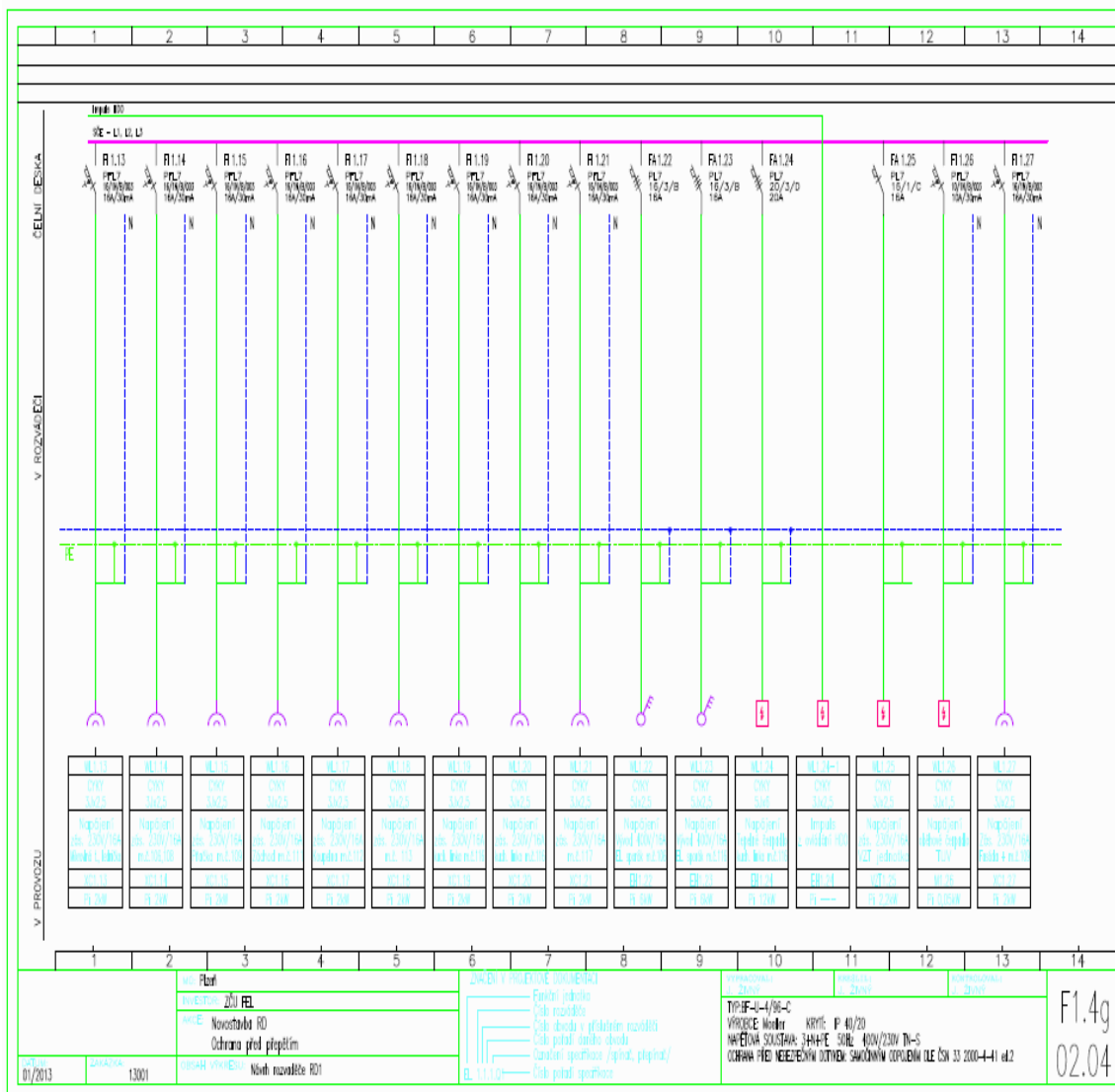
zdroj: vlastní šetření

Obr. 39 Celkový pohled domovního rozvaděče s přepět'ovými ochranami



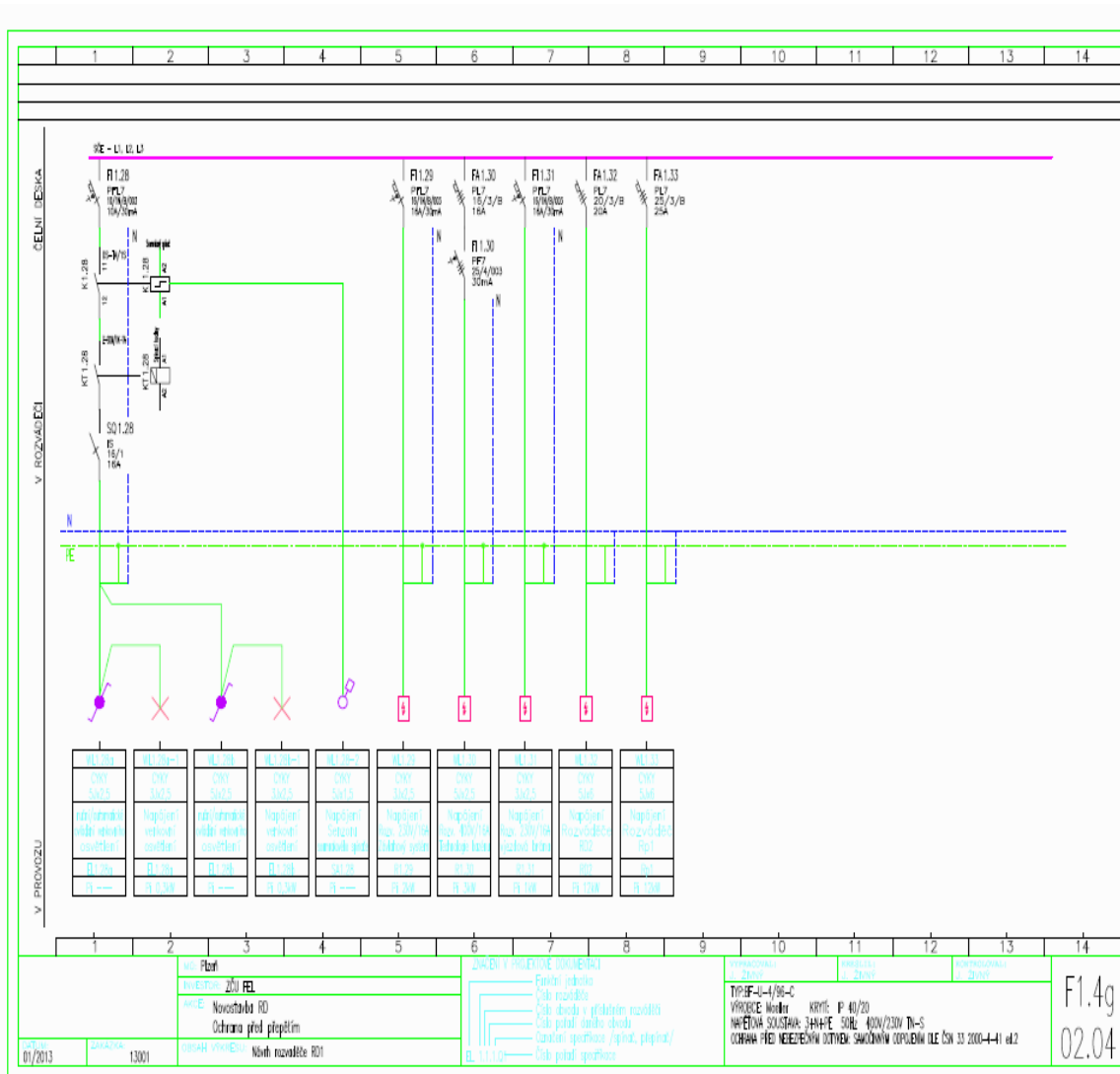
zdroj: vlastní šetření

Obr. 40 Schéma zapojení domovního rozvaděče



zdroj: vlastní šetření

Obr. 41 Schéma zapojení domovního rozvaděče



zdroj: vlastní šetření

Obr. 42 Schéma zapojení domovního rozvaděče

Ochrana před bleskem z pohledu revizní správnosti

Bezpečný stav systému ochrany před bleskem se u novostaveb a rekonstrukcí určuje výchozí revizí dle ČSN EN 62305 a provádí se pro kolaudační zařízení před začátkem využívání objektu. Dále se bezpečný stav kontroluje pravidelnou revizí dle ČSN EN 62305, nebo u starších objektů dle ČSN 341390.

Kompletní systém ochrany před bleskem dle LPS se skládá z vnějšího a vnitřního systému ochrany LPS.

Vnější systém ochrany před bleskem dle LPS

- venkovní (jímací tyče vedení a vedení hromosvodu, svody a uzemňovací zařízení)
- vnitřní (vyrovnávání potenciálu veškerých vodivých konstrukcích a vedeních vstupujících do objektu + vhodný typ ochrany SPD typu 1- svodič bleskových proudů)

Vnitřní systém ochrany před bleskem

- Jedná se o systém vnitřního ochranného opatření LEMP (systém je napojen na vyrovnávání potenciálu v budově a ochrana před ohrožením elektromagnetického impulzu vyvolaného bleskem)
- Jde o kompletní systém ochranných opatření LPMS před LEMP (použití svodiče přepětí SPD typu 2 a 3 a stínění)

Revizní technik a projektant dnes musí znát jak novou normu ČSN EN 62305 pro nové objekty platné od roku 2009, tak i starou normu podle které se projektovalo a revidovalo od roku 1970, ale revizní technik dle této normy bude tyto objekty revidovat i nadále pokud nedojde k rekonstrukci daného objektu.

Systém ochrany před bleskem v prostředí s nebezpečím výbuchu by se měl vizuálně kontrolovat každých 6 měsíců. U ochrany před bleskem LPS se musí vždy udělat revize, pokud dojde k úderu blesku do systému LPS, nebo dojde-li při přístavbě objektu k úpravě hromosvodní soustavy.

Kontrola při pravidelných revizích:

- Vnější systém ochrany před bleskem.
- Vnitřní ochranné prostředí před bleskem pomocí ochrany SPD.
- Ekvipotenciální pospojování v objektu budovy.

Odborná revize a zkouška dle ochrany LPS

- Revize LPS zahrnuje kontrolu technické dokumentace, vizuální kontrolu, měření a zápis v revizní zprávě.

Vizuální prohlídka

Zda projekt odpovídá příslušné normě – velikost a umístění jímačů, uchycení jímačů, počet svodů, vzdálenost mezi svody, rovnoměrné umístění svodů po objektu, umístění izolovaného svodu, použité materiály, zkušební svorky a jejich značení, poškození zařízení korozí, kontrola zda nejsou uvolněné spoje, zda vodiče pospojování nejsou poškozené a jeli pospojování funkční, je li hromosvod na všech částích objektu, při úderu blesku do objektu provést vizuální kontrolu i revizi měřením, dodržet vzdálenosti chráněných a nechráněných částí LPS, důkladná kontrola uzemnění před zabetováním a zasypáním.

Měření zemního odporu uzemňovací soustavy

- Měření se provádí pro každé uzemnění zvlášť a musí být zemnění rozpojeno od soustavy. Dle ČSN EN 62305 nemá hodnota zemního odporu překročit hodnotu 10Ω a podle ČSN 341390 15Ω . Zemní odpor lze zlepšit prodloužením zemnicího vedení do délky až 60 metrů. Další pomůckou je využít pro lepší hodnotu uzemnění hliněné podloží, uzemnění uložit do betonu (výhoda betonu je v tom, že neustále natahává vlhkost ze zemi a tak zajišťuje lepší zemní odpor uzemnění). Nejhorší pro docílení hodnoty uzemnění je pískové podloží.

Měření přepět'ových prvků SPD:

- U svodičů bleskových proudů se provádí kontrola a uměření se provádí u svodičů přepětí typu 2 a 3. Postupným zvyšováním napětí na proud 1 mA až do bodu otevření varistoru přepět'ové ochrany, kdy se proud prudce zvýší. Hodnota se má pohybovat v rozmezí napětí $U_c = 275 \text{ V}$ až 280 V . Tímto měřením lze určit v jaké

fázi životnosti se přepět'ová ochrana nachází. Pro kontrolu funkčnosti postačí vizuální kontrola o stavu signalizace. Pro svodiče bleskových proudů SPD typu 1 se měření provádí postupným zvyšováním napětím na svorkách přístroje měříme protékající proud, který je při funkčnosti SPD 1 řádově mA. Tento protékající proud při provázaném napětí, na které jsou konstruované a nižší zkratové odolnosti varistoru jsou používány v sítích NN. Jiskřišť'ové svodiče bleskových proudů typu SPD 1 tento nedostatek nemají a až do napět'ového stavu, než se jiskřiště otevře, neprochází přes něj žádný proud. Špičkové jiskřišť'ové svodiče jsou ještě vybaveny zhášením následujícího zkratového proudu ze sítě, což jim umožňuje instalaci do sítí NN s nízkým jištěním již od 25 A.

Tab. 13 Pravidelné revize ochrany LPS se vykonává v souladu s normou ČSN EN 62305-3 [18]

Hladina ochrany	Vizuální kontrola	Úplná revize (rok)	Kritický systém úplné revize (rok)
I. a II.	1	2	1
III. a IV.	2	4	1

U všech typů přepět'ových ochran jsem se snažil naměřené hodnoty porovnat s hodnotami, které uvádí výrobce. K mému zklamání jsem zjistil, že výrobce charakteristiky, nebo hranice, při kterých ochrana zapůsobí vůbec neuvádí. A ani po případném dotazu přímo na výrobce jsem se k získání dalších dat a informací nedostal z důvodu obavy zneužití jejich technologií konkurencí.

Veškeré měření může být zkresleno díky opakovanému měření i když se bral ohled na minimální 20 minutový interval.

Veškeré měření bylo provedeno na přepět'ových ochranách třídy B,C,D firem DEHN a Hakel.

7. Závěr

Cílem mé diplomové práce bylo poukázat na všechny přepětí a jejich katastrofální následky. Po důkladném prozkoumání všech dostupných materiálů jsem se snažil vytvořit co nejlepší ochranu proti atmosférickému tak i spínacímu přepětí v sítích NN.

Ochrana zařízení spočívá, jak v ochraně proti vysokofrekvenčnímu rušení, tak i proti energetickým pulzům a proto se velice dbá na vytvoření kaskády přepět'ových ochran. Ta musí být pro co nejlepší účinnost sestavena z ochran od jednoho výrobce. Výhodou použití produktů od jednoho výrobce je lepší synchronizace a časová posloupnost ochran, jedině tak lze docílit co nejúčinnější ochranu proti atmosférickému, tak i spínacímu přepětí.

V první části diplomové práci jsem se věnoval ochraně proti vnějšímu a vnitřnímu přepětí s možností omezení jejich nežádoucích účinků a vniku do zařízení.

V druhé části jsem popsal možnosti využití přepět'ových ochran firem DEHN, Hackel, Eaton, ABB. Všichni z těchto jmenovaných výrobců se zabývají výrobou ucelené řady svých přepět'ových ochran. Získal jsem přehled co jaká firma za druhy ochranných prvků používá a jakým směrem se tato technika ubírá.

V další části jsem pro co nejlepší možnou účinnost sestavil kaskádu přepět'ových ochran z tříd ochran B,C,D v síti NN, u kterých jsem následně laboratorně prověřoval jejich vlastnosti. K získání vlastností jsem využil laboratoř fakulty elektrotechnické na ZČU v Plzni. Zde jsem zjišťoval chování přepět'ových ochran při různém zkušebním napětí.

Důkladně jsem se věnoval všem třídám přepět'ových ochran B, C, D, které slouží k ochranně zařízení sítě v NN. Cílem bylo seznámit se s jejich principy, tak i vlastnostmi a dodržováním zásad při sestavování kaskády přepět'ových ochran.

Celkem bylo ze všech ochranných tříd měřením porovnáno 16 vzorků přepět'ových ochran. Jelikož diplomová práce nemůže obsáhnout veškerou problematiku byly pro zpracování diplomové práce vybrány jen ty nejzajímavější charakteristiky. Pro porovnání jsou uvedeny dvě ucelené řady ochranných tříd přepět'ových ochran od firmy DEHN a Hakel.

Měřením bylo zjištěno, že vyšší stupeň ochrany nízkého napětí (ochrana izolace, přenos výbojů) zajišťují třídy B a C. Naopak nižší bezpečnost pro slaboproud v síti NN má ochranná třída D.

Po pečlivém zpracování diplomové práce jsem dospěl k závěru.

Vždy musíme brát na zřetel, že investice do přepět'ových ochran je jen zlomek hodnoty chráněného zařízení.

U datových zařízení bychom měli používat ochranné prvky bez varistorů, nevýhoda varistorů je že se musí přezkušovat v časovém intervalu. Varistor během tří let má jen 50 % účinnost a při použití bleskojistky můžeme počítat s účinností až 15 let bez nutnosti kontroly. Jakékoliv přepětí má za následek urychlení stárnutí elektroniky až na dvojnásobek.

Nejhorší následky má atmosférické přepětí díky obrovským výbojům. Jeho nežádoucí účinky mají schopnost ničit do vzdálenosti až několik kilometrů a proto má velice velký význam, aby napájecí a datové vedení bylo oddělené alespoň 20 centimetrů a to jak z důvodu možného rušení, ale i možnosti přeskočení výboje. Velice výhodné je použít stíněných kabelů pro slaboproudé rozvody – až o 1/3 méně rušení pro slaboproudou síť. Další jednoduchý systém ochrany je pospojování všech kovových předmětů v objektu na stejný potenciál, což má za následek nemožnosti vzniku krokového napětí.

Nejlepší účinnosti lze dosáhnout, pokud ochranné prvky jsou nainstalovány co nejbliže k zařízení, které chceme chránit.

8. Použitá literatura

Publikace:

- [1] HASSE, Peter. *Ochrana zařízení nízkého napětí před přepětím*. Trutnov: Editor, 1996.
- [2] ROUS, Zdeněk. *Ochrana sdělovacích vedení a zařízení proti přepětí*. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1981.
- [3] ROUS, Zdeněk: *Přepětové ochrany elektrických instalací do 1000 V*, Praha: IN-EL s.r.o., 1999. ISBN 80-86230-06-6.
- [4] VACULÍK, Pavel. *Ochrana elektronických zařízení před přepětím*, STRO-M s.r.o., Praha, 1994.
- [5] ŽIVNÝ, Jiří. *Přepětové ochrany*. Plzeň, 2011. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Laurenc, CSc.
- [6] BUKOVSKÝ, Jan. Václav, Černý. *Příručka elektrotechnika 2010-2011*, Styl Plzeň vdi., 2010.
- [7] WALTER, Marks. Rous, Zdeněk. *Přepětové ochrany DEHN + SÖHNE 2001 + Projektování ochran před bleskem a přepětím*. Praha: LUMA Plus s.r.o. 2001.
- [8] KUTÁČ, Jan. MERA VÝ, Ján. *Ochrana před bleskem a přepětím z pohledu soudních znalců*. Ostrava: SPIB. 2010 ISBN 978-80-7385-081-4

Katalogy firem:

- [9] Firemní materiály firmy HAKEL: Svodiče přepětí, katalog 2010-2011
- [10] Firemní materiály firmy SALTEK: Přepětové ochrany 2010-2011
- [11] Firemní materiály firmy MOELLER:Instalační přístroje - svodiče přepětí 2010
- [12] Firemní materiály firmy HAGER: Katalog výrobků 2009 - 2010
- [13] Firemní materiály firmy DEHN+SÖHNE: Katalog přepětových ochran + Certifikované projektování a montáž přepětových ochran DEHN 2011
- [14] Firemní materiály firmy DEHN+SÖHNE: Přepětové ochrany, hromosvody a uzemnění 2009
- [15] Katalog přepětových ochran DEHN+SÖHNE 2001: Projektování ochran před bleskem a přepětím 2001

Normy:

- [16] ČSN EN 62305-1 Ochrana před bleskem - Obecné principy
- [17] ČSN EN 62305-2 Ochrana před bleskem - Řízení rizika
- [18] ČSN EN 62305-3 Ochrana před bleskem - Hmotné škody na stavbách a ohrožení života
- [19] ČSN EN 62305-4 Ochrana před bleskem - Elektrické a elektronické systémy na stavbách
- [20] ČSN EN 62305-5 Inženýrské sítě. Staré zařízení revidujeme podle normy platné v době zhotovení

Informační zdroje:

- [21] Internetový portál seznam (http://cs.Wikipedia.org/wiki/přepět'ové_ochrany-bleskojistky) ke dni 1. 4. 2011
- [22] Internetový portál seznam (http://cs.Wikipedia.org/wiki/přepět'ové_ochrany_-_varistory) ke dni 1. 4. 2011
- [23] Internetový portál seznam (http://cs.Wikipedia.org/wiki/přepět'ové_ochrany_-_Zenerova_dioda) ke dni 1. 4. 2011