

PRVKY PREPÄŤOVÝCH OCHRÁN (SPD) NA STĽPOCH VEREJNÉHO NN DISTRIBUČNÉHO ROZVODU (STN 33 2000-4-443: 2016)

Rudolf Huna¹, Patrik Macalák², Karel Janeček³

V článku sú zverejnené teoretické základy a praktické príklady z inštalácie prvkov na ochranu pred prechodnými prepätiami (SPD) na stĺpoch nn distribučnej siete pred jej odbočením. Cieľom použitia prístrojov SPD na stĺpoch nn verejnej distribučnej siete je odstránenie/zníženie nežiadúceho prepätia, ktoré predstavuje ohrozenie všetkých elektronických zariadení a prvkov nn inštalácie v objektoch aj mimo nich, ktoré sú napájané z vonkajšieho zdroja napájania z rozpojovacej/istiacej skrine (RIS) cez elektromerovú skriňu (RE) do hlavného rozvádzača (HR) v objekte. Z uvedeného vyplýva potreba realizácie ochrany pomocou prvkov prepäťových ochrán (SPD) Typu 1, 2, 3 v jednotlivých zónach objektu.

ÚVOD

Pre potreby ochrany človeka a majetku je nutné dodržiavať všetky požiadavky na ochranu pred možným výskytom prechodných prepätí atmosférického pôvodu prenášanými napájacou rozvodnou sieťou, vrátane priamych úderov blesku do napájacej siete a ochranu pred spínacími prepätiami. Uvedenú problematiku je potrebné riešiť už na začiatku, v projektoch výstavby, nn siete od bodu odbočenia od distribučnej siete až po koncové elektronické zariadenia používané v jednotlivých zónach v stavebnom objekte. Na zníženie rizika je potrebné využiť STN EN 62305-2 Manažérstvo rizika. Vo všeobecnosti je amplitúda prechodových javov vzniknutých vplyvom činnosti odpínacích prvkov nižšia ako prechodné prepätia atmosférického pôvodu a preto požiadavky týkajúce sa ochrany pred prechodnými prepätiami atmosférického pôvodu zvyčajne pokrývajú aj ochranu pred spínacími prepätiami.

Ak nie je inštalovaná nijaká ochrana proti rušeniam vyvolaným prechodnými prepätiami atmosférického pôvodu, môže ale nemusí vzniknúť potreba zriaďovania ochrany pred spínacími prepätiami. Prepätia vyvolané činnosťou ochranných prvkov môžu mať dlhšie trvanie a môžu kumulovať väčšiu energiu, ako prechodné prepätia atmosférického pôvodu.

Charakteristiky prechodných prepätí atmosférického pôvodu závisia napríklad od:

- druhu napájacej rozvodnej siete (v zemi alebo vonkajšia);
- možného inštalovania aspoň jedného prístroja na ochranu pred prepätiami (SPD) ešte pred začiatkom elektrickej inštalácie budovy;
- napäťovej hladiny napájacej siete.

Ochrana pred priechodnými prepätiami sa zabezpečuje inštalovaním prvkov na ochranu pred prepätiami (SPD).

Výber a inštalovanie SPD sa odporúča realizovať podľa STN 33 2000-4-43, STN 33 2000-5-534. Ak nastane potreba inštalovania SPD na silových napájacích vedeniach, odporúča sa tiež inštalácia doplnkových SPD aj na ostatných vedeniach, ako sú napríklad telekomunikačné/informačné vedenia.

1. Termíny a definície

Prepätie: Akékoľvek napätie, ktoré svojou vrcholovou hodnotou presahuje odpovedajúcu vrcholovú hodnotu najvyššieho ustáleného napätia pri normálnych prevádzkových podmienkach (STN EN 60664-1).

¹ Ing. Rudolf HUNA, Centrum vzdelávania - ŠPE, Akadémia ozbrojených síl v Liptovskom Mikuláši, Demänová 393, 031 06 Liptovský Mikuláš 6, fax: 0960 422 656, tel.: 0960 423 925, mob.: 0905 358 238, e_mail: rudolf.huna@aos.sk

² kpt. Ing. Patrik MACALÁK, Centrum vzdelávania - ŠPE, Akadémia ozbrojených síl v Liptovskom Mikuláši, Demänová 393, 031 06 Liptovský Mikuláš 6, fax: 0960 422 656, tel.: 0960 422 456, e_mail: patrik.macalak@aos.sk

³ Ing. Karel JANEČEK, Centrum vzdelávania - ŠPE, Akadémia ozbrojených síl v Liptovskom Mikuláši, Demänová 393, 031 06 Liptovský Mikuláš 6, fax: 0960 422 656, tel.: 0960 423 926, e_mail: karel.janecek@aos.sk

Priečne prepätie: prepätie medzi pracovnými vodičmi (L-N).

Pozdĺžne prepätie: prepätie medzi pracovným vodičom a zemou (L-PE, N-PE).

Dočasné prepätie: Prepätie, ktoré trvá relatívne dlho pri sieťovej frekvencii.

Prechodné prepätie: Krátkodobé prepätie trvajúce niekoľko milisekúnd, alebo menej; môže mať kmitavý alebo nekmitavý priebeh, ktorý je zvyčajne značne tlmený.

Atmosférické prepätie: Prechodné prepätie v ktoromkoľvek mieste nn siete spôsobené špecifickým atmosférickým výbojom.

Spínacie prepätie: prechodné prepätie v ktoromkoľvek mieste siete spôsobené špecifickou spínacou operáciou, alebo poruchou.

Prepätové ochranné zariadenie/prepätová ochrana SPD (ang. surge protective device): zariadenie určené na obmedzenie prechodných prepätí na zvedenie rázových prúdov. Obsahuje aspoň jeden nelineárny prvok.

Koordinovaná ochrana SPD (ang. coordinated SPD protection): súbor vhodne vybraných SPD, koordinovaný a inštalovaný tak, aby sa znížili poruchy elektrických a elektronických systémov.

Odpájač SPD, odpájač (ang. SPD disconnect, disconnect): prístroj slúžiaci na odpájanie SPD alebo časti SPD od napájacej siete.

POZNÁMKA: Nevyžaduje sa, aby odpájací prístroj zaistoval bezpečné odpojenie s cieľom dosiahnuť bezpečnosť inštalácie. Jeho úlohou je zabrániť zotrúvaniu systému v trvalej poruche a používa sa na indikáciu stavu poruchy SPD. Odpájač môže byť buď vnútorný (vstavaný) alebo vonkajší (vyžadovaný výrobcom). Odpájač môže mať viac ako jednu funkciu, napríklad môže mať navyše funkciu nadprúdovej ochrany a funkciu tepelnej ochrany. Tieto funkcie môžu byť realizované samostatnými jednotkami.

Zostava SPD (ang. SPD assembly): jeden SPD alebo súbor SPD, ktorý v oboch prípadoch zahŕňa všetky odpájače SPD vyžadované výrobcom SPD, zabezpečujúci vyžadovanú ochranu proti prepätiu pre daný typ uzemnenia siete

Režim ochrany SPD (ang. mode of protection of an SPD): určená prúdová dráha medzi svorkami, ktorá zahŕňa ochranné súčasti, napríklad medzi krajnými vodičmi, medzi krajným vodičom a zemou, medzi krajným vodičom a neutrálom, medzi neutrálom a zemou

Zvodič prepätia (SPD) (ang. Surge Protective Device - SPD) je zariadenie určené na obmedzenie prechodných prepätí alebo na zvedenie impulzných prúdov, ktoré obsahuje aspoň jednu nelineárnu súčiastku.

Zvodič prepätia TYP 1 (B): Zvodič prepätia, ktorý je schopný odvieť bleskový resp. čiastočný bleskový prúd pri priamych zásahoch blesku.

Zvodič prepätia TYP 2 (C): Zvodič prepätia schopný odvieť atmosférické prepätie vyvolané blízkym alebo vzdialeným úderom blesku, resp. spínacie prepätie.

Zvodič prepätia TYP 3 (D): Zvodič prepätia, ktorý slúži na ochranu jedného spotrebiča, alebo skupiny spotrebičov, pred prepätím a inštaluje sa čo najbližšie k chránenému zariadeniu.

SPD skúšaná I_{imp} (SPD tested with I_{imp}): SPD, ktorá zvädza časť bleskového prúdu s typickým tvarom vlny 10/350 μ s a vyžaduje zodpovedajúcu skúšku impulzným prúdom I_{imp} .

POZNÁMKA: Pre silnoprúdové vedenia je vhodná skúška prúdom I_{imp} , ktorý je definovaný podľa triedy I skúšobného postupu IEC 61643-1.

SPD skúšaná I_n (ang. SPD tested with I_n): SPD, ktorá zvädza časť rázového prúdu s typickým tvarom vlny 8/20 μ s a vyžaduje zodpovedajúcu skúšku impulzným prúdom I_n .

POZNÁMKA: Pre silnoprúdové vedenia je vhodná skúška prúdom I_n , ktorý je definovaný podľa triedy II skúšobného postupu IEC 61643-1.

SPD skúšaná kombinovanou vlnou (SPD tested with a combination wave): SPD, ktorá zvädza časť rázového prúdu s typickým tvarom vlny 8/20 μs a vyžaduje zodpovedajúcu skúšku impulzným prúdom I_{sc} .

POZNÁMKA: Pre silnoprúdové vedenie je vhodná skúška kombinovanou vlnou. Skúška je definovaná podľa triedy III skúšobného postupu IEC 61643-1 kombinovanou vlnou napätím naprázdno U_{oc} 1,2/50 μs a prúdom nakrátko I_{sc} 8/20 μs pri 2 Ω .

SPD spínajúca napätie (voltage switching type SPD): SPD, ktorá má vysokú impedanciu pri nepôsobení prepätia, ale je schopné reagovať na impulz prepätia náhlou zmenou impedancie na nízku hodnotu.

POZNÁMKA 1: Typickými príkladmi prvkov používaných ako zariadenia spínajúce napätie sú iskrištia, plynovébleskoistky (GDT), tyristory (kremíkové riadené usmerňovače) a triaky. Tieto SPD sa niekedy nazývajú ako typ „crowbar“.

POZNÁMKA 2: Typ SPD spínajúci napätie má nespojitú charakteristiku napätia/prúdu.

SPD obmedzujúca napätie (voltage-limiting type SPD): SPD, ktorá má vysokú impedanciu pri nepôsobení prepätia, ale znižuje impedanciu plynule zvyšovaním rázového prúdu a napätia.

POZNÁMKA 1: Typickými príkladmi prvkov používaných ako nelineárne zariadenia sú varistory a obmedzovacie diódy. Tieto SPD sa niekedy nazývajú ako typ „clamping“.

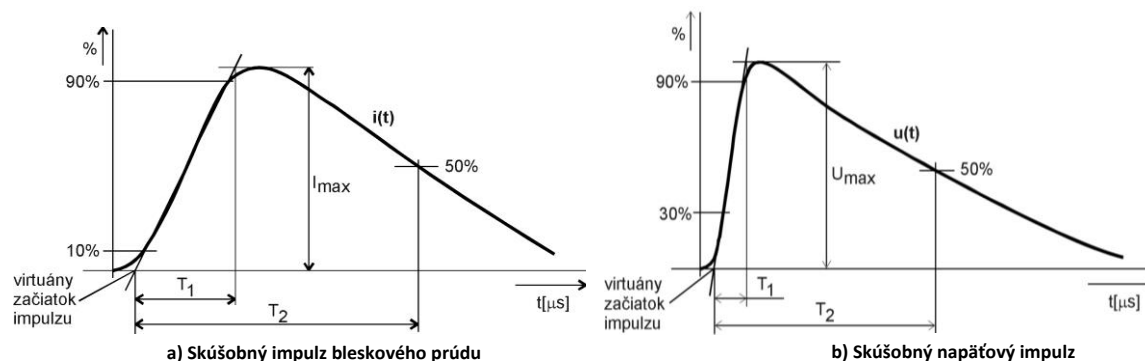
POZNÁMKA 2: Typ SPD obmedzujúci napätie má spojitú charakteristiku napätia/prúdu.

Niektoré dôležité parametre normovaných priebehov napätia (prúdu):

- **vrcholová hodnota (amplitúda) U_{max} , I_{max}** je maximálna hodnota napätia (prúdu),
- **čelo impulzu** je časť impulzu napätia (prúdu) pred vrcholom,
- **doba čela prúdového impulzu T_1** je 1,25 násobok časového intervalu medzi okamihmi, v ktorých okamžitá hodnota prúdu narastie z 10% na 90% svojej vrcholovej hodnoty,
- **doba čela napäťového impulzu T_1** je 1,67 násobok časového intervalu medzi okamihmi, v ktorých okamžitá hodnota prúdu narastie z 30% na 90% svojej vrcholovej hodnoty,
- **tylo impulzu** je časť impulzu napätia (prúdu) za vrcholom,
- **doba poltyla T_2** je časový interval medzi virtuálnym začiatkom impulzu a okamihom, kedy sledovaný priebeh poklesne na 50% vrcholovej hodnoty,
- **strmosť čela impulzu** je pomer vrcholovej hodnoty a doby čela impulzu.

Problematikou skúšania ochrán, koordináciou izolácie, odporúčanými skúšobnými postupmi, ktorými sa preverujú napr. vzdušné vzdialenosti, tuhosť (pevnosť) izolácie, elektrická pevnosť a metódami merania sa zaoberá STN EN 60664-1. Pre potreby testovania a nastavenia prvkov prepäťových ochrán sa v praxi používajú vysokonapäťové generátory, ktoré dokážu vyrobiť normalizovaný skúšobný prúdový a napäťový impulz, ktorého dôležitým údajom je jeho časový priebeh. Zvodnice prepätia - SPD musia byť certifikované.

1. skúšobný impulz bleskového prúdu I_{imp} (10/350 μs) – je používaný k simulácii bleskového prúdu (obr. 1a),
2. skúšobný napäťový impulz U_{max} (8/20 μs) – je používaný k simulácii nepriamych účinkov blesku a spínacích prepätí (obr. 1b).



Obr. 1 Definovaný skúšobný impulz prúdu a napätia

Mestské prostredie (urban environment): oblasť s vysokou hustotou budov alebo husto osídlené komunity žijúce vo vysokých budovách.

POZNÁMKA: Príkladom mestského prostredia sú centrá miest.

Prímestské prostredie (suburban environment): oblasť so strednou hustotou budov.

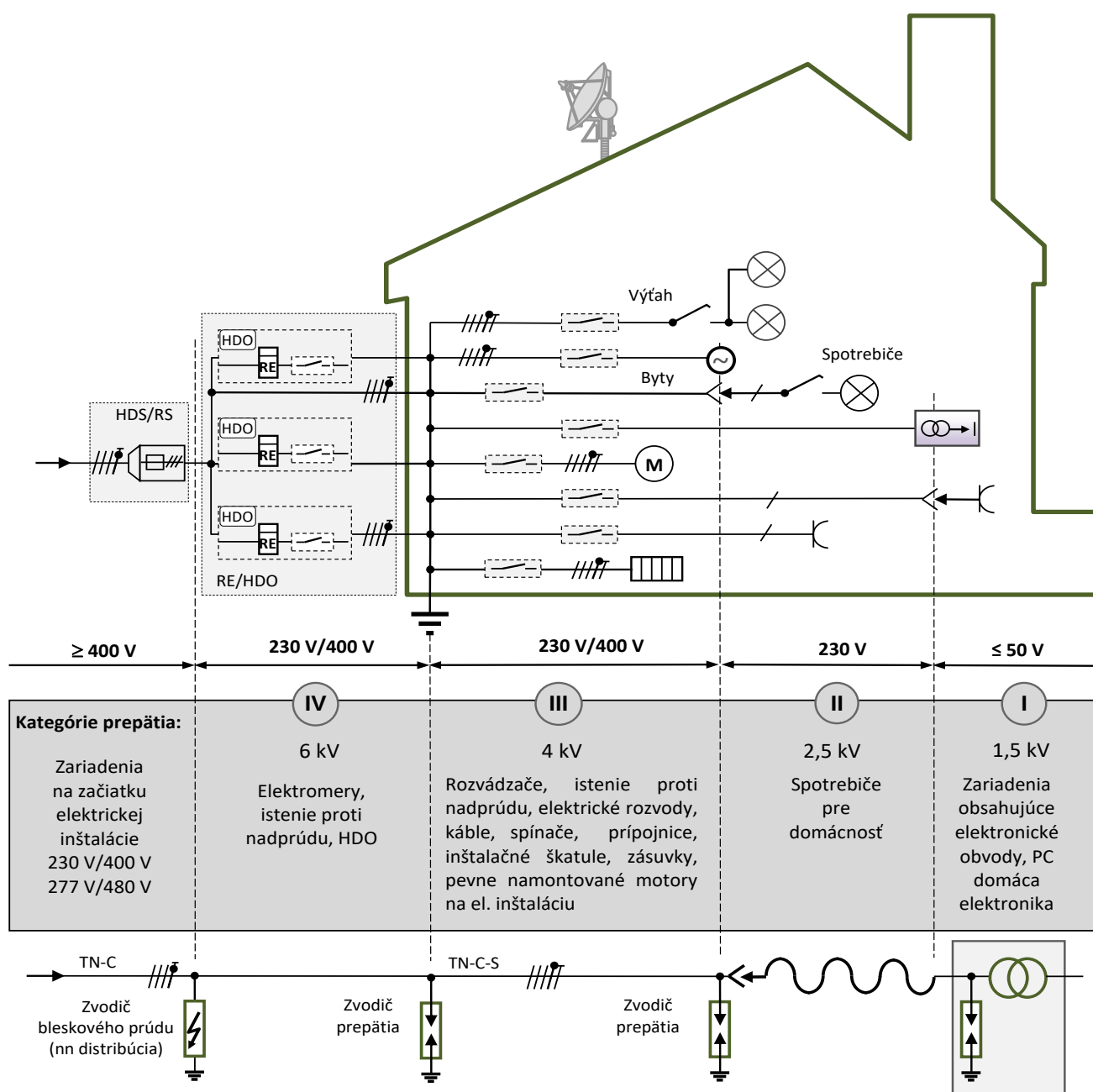
POZNÁMKA: Príkladom prímestského prostredia sú okrajové štvrte miest.

Rurálne prostredie (rural environment): oblasť s nízkou hustotou budov.

POZNÁMKA: Príkladom rurálneho prostredia je vidiek.

Vypočítaná úroveň rizika, CRL (calculated risk level): vypočítaná hodnota rizika používaná na posúdenie využitia potreby ochrany proti prechodnému prepätiu.

Menovité impulzné napätie, U_w (rated impulse voltage): hodnota impulzného výdržného napätia stanovená výrobcom pre zariadenie alebo jeho časť, charakterizujúca špecifikovanú výdržnú schopnosť jeho izolácie pred prechodnými prepätiami.



Obr. 2 Inštalácia SPD podľa impulzného výdržného napätia (STN 33 2000-4-443)

2. Klasifikácia menovitých impulzných napätí

Menovité impulzné napätie sa používa na klasifikáciu zariadení napájaných priamo z nízkonapäťovej elektrickej inštalácie do kategórií prepätia. Menovité impulzné napätia zariadení sú zvolené v závislosti od menovitého napätia za účelom rozlíšenia rozličných úrovní dostupnosti zariadenia z pohľadu nepretržitosti prevádzky a akceptovateľného rizika poruchy. Konštrukčne prirodzené riadenie prepätia založené iba na odolnosti proti impulznému napätiu zariadení v súlade s IEC 60664-1 nemusí byť dostatočné, pretože:

- prechodné prepätia prenášané napájacou rozvodnou sieťou nie sú vo väčšine inštalácií významne utlmené v smere od začiatku ku koncu inštalácie; koordinácia izolácie sa dá dosiahnuť v celej inštalácii ochranou zariadení pred prechodnými prepätiami, pričom zariadenia sú klasifikované podľa impulzného výdržného napätia, čím sa znižuje riziko poruchy na prijateľnú úroveň;
- v inštaláciách napájaných výlučne nízkonapäťovými káblovými vedeniami v zemi, ktoré nezahŕňajú vonkajšie vedenia, rázové prúdy a čiastkové prúdy bleskového prúdu sú distribuované káblami vedenia vedeného pod zemou;
- zariadenia sú často pripojené k dvom rozličným vedeniam, napríklad silové napájacie vedenie a dátové vedenie; praktické skúsenosti ukazujú, že veľa škôd spojených s rázovými impulzmi nastáva práve pri tomto druhu zariadení.
- Potrebné je zvažovanie menovitého impulzného napätia U_w (pozri IEC 60664-1) najcitlivejšieho zariadenia, ktoré sa má v sieti chrániť alebo v prípadoch v ktorých je dočasná strata funkcie kritická, úroveň odolnosti zariadenia (pozri IEC 61000-4-5).

2.1 Menovité impulzné napätia zariadení a kategórie prepätia

- a) Zariadenie s menovitým impulzným napätím zodpovedajúcim **kategórii prepätia IV** je zariadenie, ktoré je vhodné na použitie na začiatku elektrickej inštalácie alebo v blízkosti začiatku elektrickej inštalácie, napríklad pred hlavným rozvádzačom. Zariadenie kategórie IV má veľmi vysokú impulznú výdržnú schopnosť zabezpečujúcu vyžadovaný vysoký stupeň spoľahlivosti a musí mať menovité impulzné napätie nie menšie, ako hodnoty špecifikované v tab. 1.

POZNÁMKA 1: (Elektromery, hlavné prístroje istiace proti nadprúdu a jednotky hromadného diaľkového ovládania - HDO).

Tab.1 Vyžadované menovité impulzné výdržné napätie zariadenia U_w

Menovité napätie inštalácie ^a	Napätie medzi krajným a neutrálnym vodičom odvodené z AC, alebo DC menovitých napätí s hodnotou do/a vrátane [V]	Vyžadované menovité impulzné výdržné napätie zariadenia ^a			
		[kV]			
[V]	[V]	Kategória prepätia IV zariadenie s veľmi vysokým menovitým impulzným napätím	Kategória prepätia III zariadenie s vysokým menovitým impulzným napätím	Kategória prepätia II zariadenie s normálnym menovitým impulzným napätím	Kategória prepätia I zariadenie so zníženým menovitým impulzným napätím
		napr. elektromery, systémy riadenia taríf	napr. rozvádzače, spínače, zásuvky	napr. domáce spotrebiče, náradie	napr. citlivé elektronické zariadenie
120/208	150	4	2,5	1,5	0,8
230/400 ^c 277/480 ^b	300	6	4	2,5	1,5
400/690	600	8	6	4	2,5
1 000	1000	12	8	6	4
1 500 DC	1 500 DC	15 ^d	10 ^d	8 ^d	6 ^d
^a Podľa EN 60038. ^b Toto menovité impulzné výdržné napätie sa uplatňuje medzi krajnými vodičmi a PE. ^c Pre systavy IT prevádzkované pri 220–240 V, musí sa použiť riadok 230/400 V z dôvodu napätia proti zemi pri zemnom poruchovom spojení na jednom vedení. ^d Odporúčané hodnoty sú založené na IEC/TR 60664–2-1: 2011, príloha D.					

- b) Zariadenie s menovitým impulzným napätím zodpovedajúcim **kategórii prepätia III** je zariadenie vhodné na použitie v pevných elektrických inštaláciách v hlavnom rozvádzači a za ním, s vysokým stupňom dostupnosti a musí mať menovité impulzné napätie nie menšie, ako hodnoty špecifikované v tab.1.

POZNÁMKA 2: (Rozvádzače, ističe, elektrické rozvody - pozri IEC 60050-826: 2004, 826-15-01, vrátane káblov, prípojnic, spájacích elektroinštalacyjnych škatúl, spínačov, zásuviek v pevnej inštalácii a zariadenia na priemyselné použitie, ako aj niektoré iné zariadenia, napríklad pevne namontované motory s trvalým pripojením na pevnú inštaláciu).

- c) Zariadenie s menovitým impulzným napätím zodpovedajúcim **kategórii prepätia II** je zariadenie vhodné na pripojenie na pevné elektrické inštalácie zabezpečujúce normálny stupeň dostupnosti zvyčajne vyžadovaný pre elektrické spotrebiče a musí mať menovité impulzné napätie nie menšie, ako hodnoty špecifikované v tab.1.

POZNÁMKA 3: (Spotrebiče/zariadenia pre domácnosť a podobné záťaže).

- d) Zariadenie s menovitým impulzným napätím zodpovedajúcim **kategórii prepätia I** je vhodné iba na použitie v pevných inštaláciách budov, v ktorých SPD sú inštalované mimo zariadenia s cieľom obmedzenia prechodných prepätí na predpísanú úroveň a musí mať menovité impulzné napätie nie menšie ako hodnoty špecifikované v tab.1. Preto zariadenie s menovitým impulzným napätím zodpovedajúcim kategórii prepätia I by sa nemalo inštalovať na začiatku elektrickej inštalácie alebo v blízkosti začiatku elektrickej inštalácie.

POZNÁMKA 4: (Zariadenia obsahujúce elektronické obvody, ako napríklad počítače, domáca elektronika atď.).

2.2 Riadenie prepätia

Ochrana pred prechodnými prepätiami **sa musí zriadiť**, ak dôsledky spôsobené prepätím ohrozujú:

- a) *život človeka, napr. cez nefunkčné bezpečnostné technické prostriedky budov, zdravotnícke zariadenia a prostriedky;*
- b) *dodávky energií, vody, plynu pre verejnosť a kultúrne dedičstvo, napríklad výpadok verejných služieb (energií, vody, plynu), IT centier, múzeí;*
- c) *obchodné a priemyselné aktivity, napríklad hotely, banky, priemyselné podniky, komerčné firmy, farmy.*
- d) *prevádzku objektov s veľkým počtom ľudí, napríklad veľké obytné budovy, kancelárie, školy.*

Vo všetkých ostatných prípadoch sa musí vykonať posúdenie rizík podľa čl. 443.5 STN 33 2000-4-443 za účelom stanovenia, či je potrebná navrhovať ochranu proti prechodnému prepätiu. **Ak sa analýza rizík nevykonala, elektrická inštalácia sa musí vybaviť ochranou pred prechodnými prepätiami.**

Ochrana pred prechodnými prepätiami sa ale **nevyžaduje** pre samostatné bytové jednotky, pri ktorých celková ekonomická hodnota elektrickej inštalácie, ktorá sa má chrániť je menšia ako 5-násobok ekonomickej hodnoty SPD inštalovaného na začiatku elektrickej inštalácie.

POZNÁMKA 1: Národné komisie môžu zmeniť kritériá týkajúce sa výnimky na vylúčenie využitia ochrany pred prechodnými prepätiami v samostatných bytových jednotkách alebo úplne túto výnimkou zrušiť.

Použitie ochrany pred spínacími prepätiami by sa malo zväziť pri zariadeniach, ktoré by mohli generovať spínacie prepätia alebo rušenia prevyšujúce hodnoty zodpovedajúce kategóriám prepätia inštalácie, napríklad ak nn generátor napája inštaláciu alebo, ak sú inštalované indukčné prípadne kapacitné záťaže (napr. motory, transformátory, kondenzátorové batérie atď.), akumulčné jednotky alebo záťaže s vysokými prúdmi.

POZNÁMKA 2: Príloha B STN 33 2000-4-443 uvádza návod na riadenie prepätia v prípade keď rozvodné závody inštalujú SPD na vonkajších vedeniach.

Pri nízkonapäťovej inštalácii napájanej z vysokonapäťovej rozvodnej siete cez samostatný transformátor (t. j. v priemyselných závodoch), mali by sa na vysokonapäťovej strane transformátora inštalovať dodatočné prostriedky na ochranu proti prepätiam vyvolaným bleskom.

2.2.1 Návod na riadenie prepätia pomocou SPD aplikovaných na vonkajších vedeniach

Ak je inštalácia napájaná z vonkajšieho vedenia alebo obsahuje vonkajšie vedenie, a ak sa podľa 443.4 vyžaduje použitie SPD, riadenie ochrannej prepäťovej hladiny sa môže dosiahnuť buď inštalovaním prístrojov na ochranu pred prepätiami priamo v inštalácii v blízkosti začiatku elektrickej inštalácie alebo, po súhlase prevádzkovateľa siete, na vonkajšom vedení napájacej distribučnej siete.

Ako príklad sa môžu uplatniť nasledujúce opatrenia:

- vo vonkajších distribučných sieťach sa ochrana pred prepätiami zriadi v bodoch odbočenia od siete a osobitne na koncoch každého vonkajšieho napájacieho vedenia dlhšieho ako 0,5 km; prístroje na ochranu pred prepätiami by sa mali zriadiť vo vzdialenosti každých 0,5 km dĺžky napájacieho distribučného vedenia; vzdialenosť medzi prístrojmi na ochranu pred prepätiami by nemala v nijakom prípade prevýšiť 1 km;
- ak je napájacia distribučná sieť vystavaná čiastočne ako vonkajšia sieť a čiastočne ako káblové vedenie v zemi, ochrana proti prepätiu vo vonkajších vedeniach by sa mala realizovať v súlade s bodom a) v každom prechodovom bode z vonkajšieho vedenia do káblového vedenia;
- v distribučnej sieti TN napájajúcej elektrické inštalácie, v ktorých je použité ochranné opatrenie samočinné odpojenie napájania, uzemňovacie vodiče prístrojov na ochranu pred prepätiami pripojených na vonkajších vedeniach sú spojené s vodičom PEN alebo PE;
- v distribučnej sieti TT napájajúcej elektrické inštalácie, v ktorých je použité ochranné opatrenie samočinné odpojenie napájania, prístroje na ochranu pred prepätiami sú zriadené pre krajné vodiče a pre neutrálny vodič; v mieste, v ktorom je neutrálny vodič napájacej siete účinne uzemnený, prístroj na ochranu pred prepätiami pre neutrálny vodič nie je potrebný.

2.3 Metóda posudzovania rizík

Vypočítaná úroveň rizika (CRL) sa používa na určenie potreby zariadenia ochrany pred prechodnými prepätiami atmosférického pôvodu. CRL sa definuje nasledujúcim vzťahom:

$$CRL = \frac{f_{env}}{L_P \times N_g} \quad (1)$$

Kde: f_{env} je činiteľ prostredia a hodnota f_{env} sa musí vypočítať podľa tab. 2.

Tab. 2 Výpočet f_{env}

Prostredie	f_{env}
Rurálne a prímestské	$85 \times F$
Mestské	$850 \times F$

Hodnota činiteľa $F = 1$ pre všetky el. inštalácie. Národné komisie môžu ale zmeniť hodnotu činiteľa pre bytové jednotky na $F = 3$.

Kde: N_g je hustota úderov blesku (hustota úderov blesku na km²/rok) vzhľadom na umiestnenie silového vedenia a pripojeného objektu;

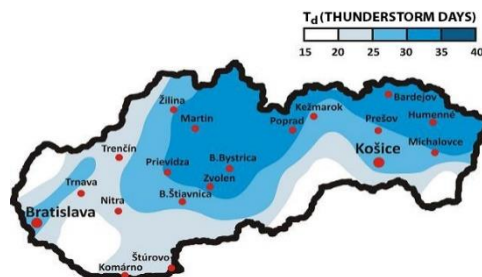
POZNÁMKA 1-príklad: Podľa STN EN 62305-2: 2013, kap. A1 a izokeraunickej mapy Slovenska za posledné obdobie bolo napr. na území Liptovského Mikuláša, 40 búrkových dní za rok sa rovná hodnote 4 úderov blesku na km² za rok. Je to odvodené z rovnice:

$$N_g = 0,1 \times T_d \quad (2)$$

Kde: T_d je počet búrkových dní za rok (keraunická úroveň).

Dĺžka na posudzovanie rizík L_P sa vypočíta:

$$L_P = 2L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4L_{PAH} + 0,2L_{PCH} \quad (3)$$



Kde:

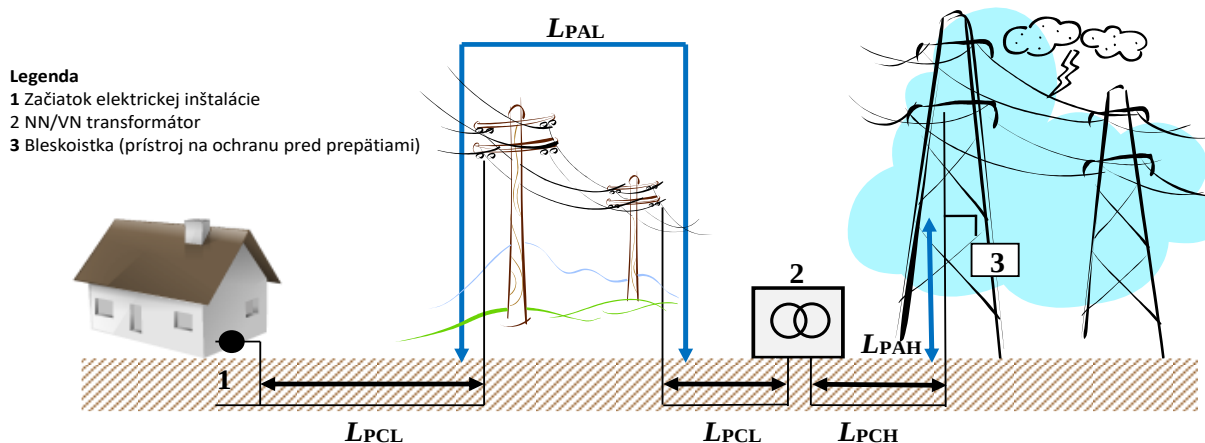
L_{PAL} je dĺžka (km) nízkonapäťového vonkajšieho vedenia;

L_{PCL} je dĺžka (km) nízkonapäťového káblového vedenia v zemi;

L_{PAH} je dĺžka (km) vysokonapäťového vonkajšieho vedenia;

L_{PCH} je dĺžka (km) vysokonapäťového káblového vedenia v zemi.

Celková dĺžka ($L_{PAL} + L_{PCL} + L_{PAH} + L_{PCH}$) je obmedzená na 1 km alebo vzdialenosťou medzi prvým prístrojom na ochranu pred prepätiami inštalovaným v napájacej sieti a vstupom do elektrickej inštalácie podľa toho, ktorá hodnota je menšia.



Obr. 3 Zobrazenie siete s ilustrovanými dĺžkami jednotlivých vedení (STN 33 2000-4-443)

Ak sú dĺžky distribučných sietí úplne alebo čiastočne neznáme, potom L_{PAL} sa musí rovnať zvyšnej vzdialenosti do dosiahnutia celkovej dĺžky 1 km. Napr., ak je známa iba vzdialenosť zemného kábla (napríklad 100 m), potom sa bude hodnota L_{PAL} brať za rovnú 900 m. Zobrazenie siete s ilustrovanými dĺžkami jednotlivých vedení je na obr. 3.

Ak je $CRL \geq 1\,000$, ochrana pred prechodnými prepätiami atmosférického pôvodu sa nevyžaduje;

Ak je $CRL < 1\,000$, ochrana pred prechodnými prepätiami atmosférického pôvodu sa vyžaduje;

POZNÁMKA 2: Príklady výpočtov CRL sú uvedené v prílohe A STN 33 2000-4-443.

POZNÁMKA 3: Na ochranu stavieb/objektov a inštalovaných elektrických inštalácií/zariadení pre potreby ochrany pred nežiadúcim atmosférickým prepätím/bleskom je potrebné postupovať podľa STN EN 63305-1 až 4.

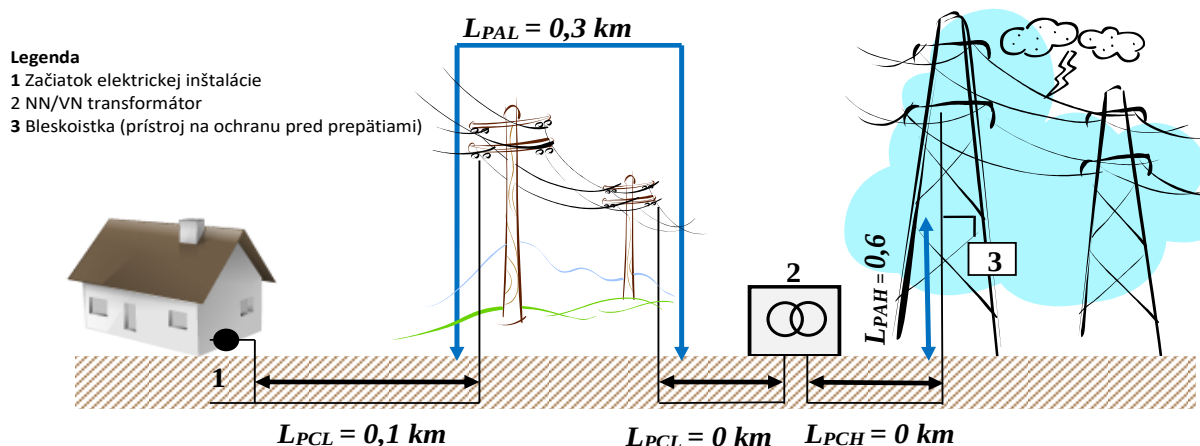
3 Príklady výpočtu úrovni rizika (CRL- calculatid risk level) pre potreby použitia SPD

3.1 Príklad 1 Budova v rurálnom prostredí (oblasť z nízkou hustotou budov)

Hustota úderov blesku $N_g = 1$; Činiteľ prostredia $f_{env} = 85$;

Dĺžka na posudzovanie rizík:

$$L_P = 2L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4L_{PAH} + 0,2L_{PCH} = 2 \times (0,3) + 0,1 + (0,4 \times 0,6) = 0,6 + 0,1 + 0,24 = 0,94$$



Obr. 4 Príklad 1

Kde:

L_{PAL} je dĺžka (km) nízkonapäťového vonkajšieho vedenia = 0,3;

L_{PAH} je dĺžka (km) vysokonapäťového vonkajšieho vedenia = 0,6;

L_{PCL} je dĺžka (km) nízkonapäťového káblového vedenia v zemi = 0,1;

L_{PCH} je dĺžka (km) vysokonapäťového káblového vedenia v zemi = 0.

$$CRL = \frac{f_{env}}{L_P \times N_g} = \frac{85}{0,94 \times 1} = 90,42$$

Ochrana pomocou SPD **sa musí zriadiť**, lebo hodnota výpočtu rizika (CRL) je menšia ako 1 000.

3.2 Príklad 2 Budova v rurálnom prostredí napájaná z vysokonapäťového vedenia

Hustota úderov blesku $N_g = 0,4$; Činiteľ prostredia $f_{env} = 85$;

Dĺžka na posudzovanie rizík:

$$L_P = 2L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4L_{PAH} + 0,2L_{PCH} = 2 \times 0,1 = 0,2$$

Kde:

L_{PAL} je dĺžka (km) nízkonapäťového vonkajšieho vedenia = 0;

L_{PAH} je dĺžka (km) vysokonapäťového vonkajšieho vedenia = 0;

L_{PCL} je dĺžka (km) nízkonapäťového káblového vedenia v zemi = 0;

L_{PCH} je dĺžka (km) vysokonapäťového káblového vedenia v zemi = 1.

$$CRL = \frac{f_{env}}{L_P \times N_g} = \frac{85}{0,2 \times 0,4} = 1062,5$$

Ochrana pomocou SPD **nie je povinná**, lebo hodnota CRL je väčšia alebo rovnajúca sa hodnote 1 000.

3.3 Príklad 3 Budova v mestskom prostredí napájaná z vonkajšieho vedenia

Hustota úderov blesku $N_g = 1$; Činiteľ prostredia $f_{env} = 850$;

Dĺžka na posudzovanie rizík:

$$L_P = 2L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4L_{PAH} + 0,2L_{PCH} = 2 \times 0,4 + 0,4 \times 0,6 = 0,8 + 0,24 = 1,04$$

Kde:

L_{PAL} je dĺžka (km) nízkonapäťového vonkajšieho vedenia = 0,4;

L_{PAH} je dĺžka (km) vysokonapäťového vonkajšieho vedenia = 0,6;

L_{PCL} je dĺžka (km) nízkonapäťového káblového vedenia v zemi = 0;

L_{PCH} je dĺžka (km) vysokonapäťového káblového vedenia v zemi = 0.

$$CRL = \frac{f_{env}}{L_P \times N_g} = \frac{850}{1 \times 1,04} = 817,3$$

Ochrana pomocou SPD **sa musí zriadiť**, lebo hodnota výpočtu rizika (CRL) je menšia ako 1 000.

3.4 Príklad 4 Budova v mestskom prostredí napájaná z káblového vedenia v zemi

Hustota úderov blesku $N_g = 0,5$; Činiteľ prostredia $f_{env} = 850$;

Dĺžka na posudzovanie rizík:

$$L_P = 2L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4L_{PAH} + 0,2L_{PCH} = 1$$

Kde:

L_{PAL} je dĺžka (km) nízkonapäťového vonkajšieho vedenia = 0;

L_{PAH} je dĺžka (km) vysokonapäťového vonkajšieho vedenia = 0;

L_{PCL} je dĺžka (km) nízkonapäťového káblového vedenia v zemi = 1;

L_{PCH} je dĺžka (km) vysokonapäťového káblového vedenia v zemi = 0.

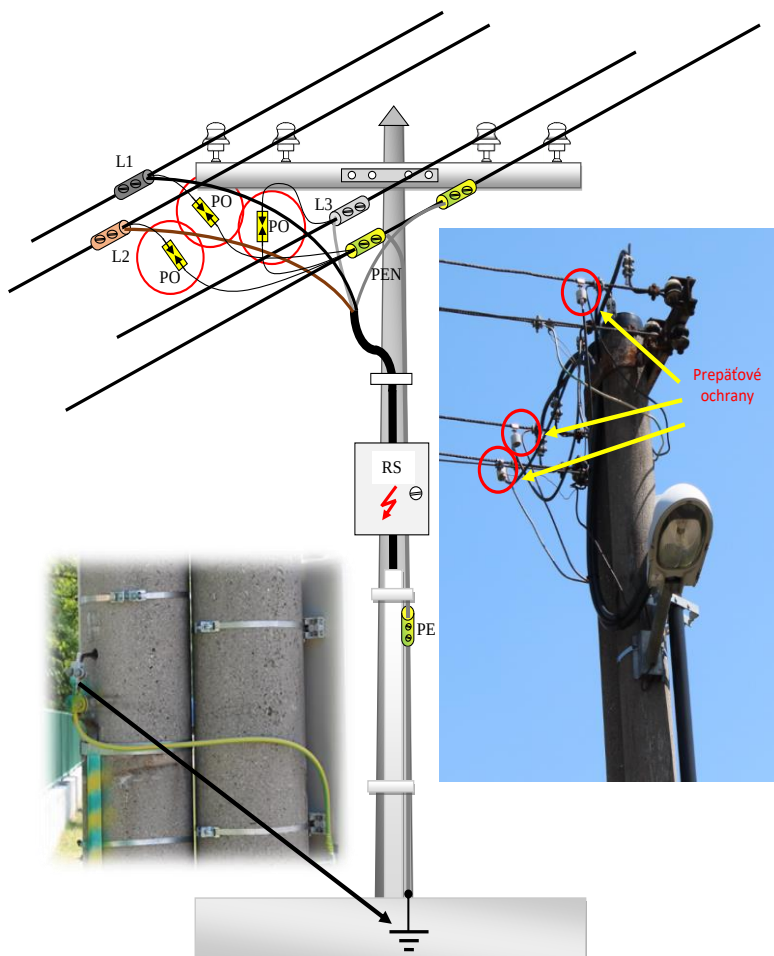
$$CRL = \frac{f_{env}}{L_P \times N_g} = \frac{850}{1 \times 0,5} = 1700$$

Ochrana pomocou SPD **nie je povinná**, lebo hodnota CRL je väčšia alebo rovnajúca sa hodnote 1 000.

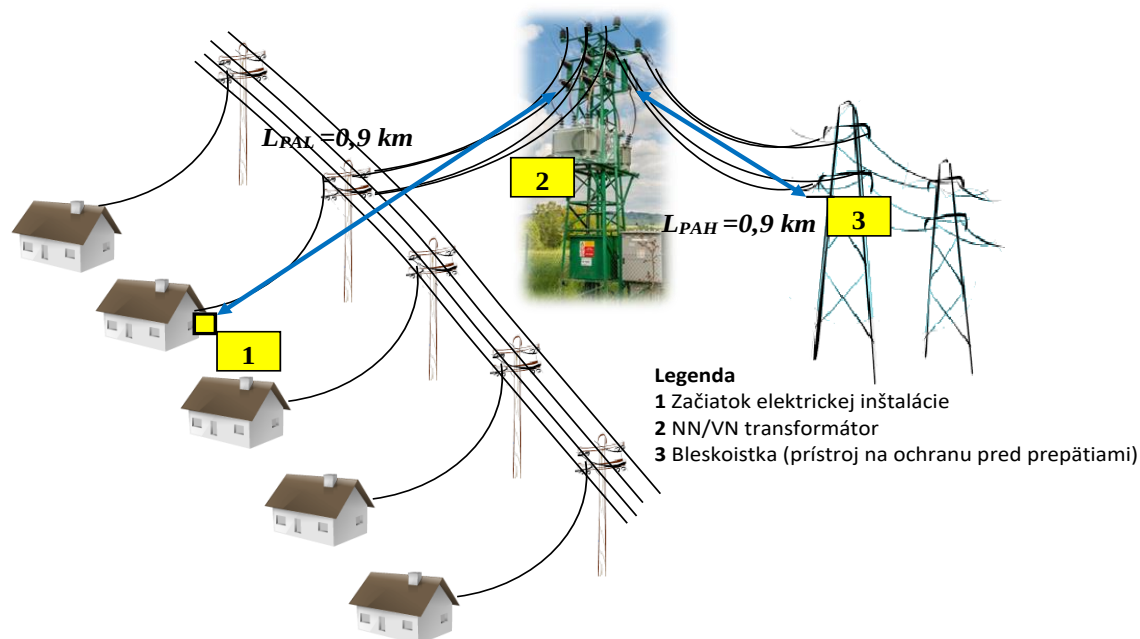
4 Praktické príklady realizácie SPD na stĺpoch nn distribučného rozvodu v mestskej aglomerácii

Ochrana pred nežiadúcim prepätím, ktoré môže svojimi účinkami zničiť elektrotechnické zariadenia, poškodiť majetok, ohroziť zdravie človeka **musí predstavovať komplexný systém**, ktorého súčasťou musí byť zachytávacie/zberacie zariadenie, zvody, kvalitná uzemňovacia sústava, vyrovnanie potenciálov, prvky prepäťových ochrán v kaskádovom zapojení a pospájanie.

Vonkajšie nn rozvodné siete v zastavaných aglomeráciách miest a obcí sú charakterizované tým, že z hľadiska vonkajšieho prepätia sú aj zdrojom/vedením po ktorom sa šíri naindukovaný elektromagnetický impulz do stavebných objektov/inžinierskych sietí. Okrem iného je možné očakávať hlavne v blízkosti transformátorových staníc (22 kV/400 V) tzv. prenesené prepätia. Tie vznikajú najmä spínaním prepätím na vn vedení a cez distribučný rozvod vn/nn sú prenesené do nn rozvodov.



4.1 Príklad 1 Budova (RD) v mestskom prostredí napájaná z vonkajšieho vedenia



Nech je hustota úderov blesku v meste $N_g = 0,4$;

Činiteľ prostredia $f_{env} = 850$;

Dĺžka na posudzovanie rizík:

$$L_P = 2L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4L_{PAH} + 0,2L_{PCH} = 2 \times 0,9 + 0,4 \times 0,9 = 1,8 + 0,36 = 2,16$$

Kde:

L_{PAL} je dĺžka (km) nízkonapäťového vonkajšieho vedenia = 0,9;

L_{PAH} je dĺžka (km) vysokonapäťového vonkajšieho vedenia = 0,9;

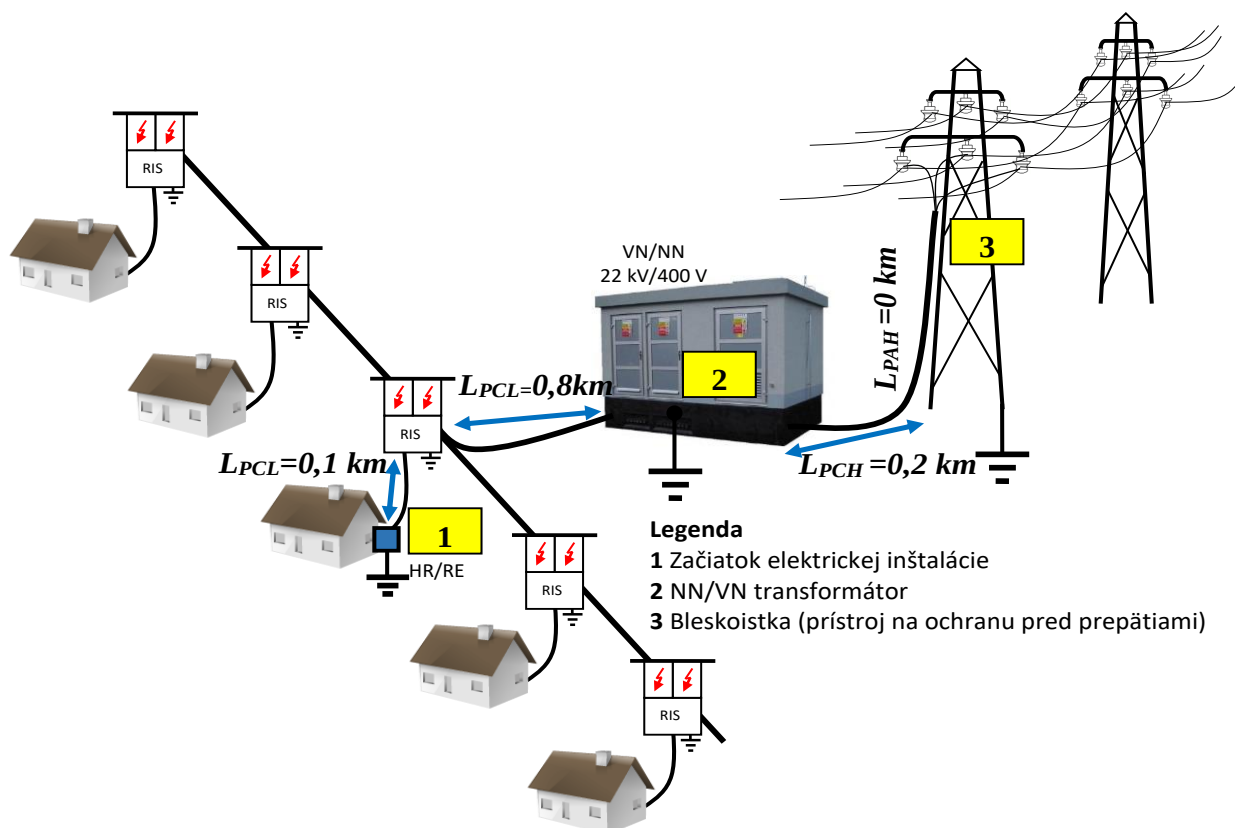
L_{PCL} je dĺžka (km) nízkonapäťového káblového vedenia v zemi = 0;

L_{PCH} je dĺžka (km) vysokonapäťového káblového vedenia v zemi = 0.

$$CRL = \frac{f_{env}}{L_P \times N_g} = \frac{850}{2,16 \times 0,4} = 983,79$$

Ochrana pomocou SPD **sa musí zriadiť**, lebo hodnota výpočtu rizika (CRL) je menšia ako 1 000.

4.2 Príklad 2 Budova (RD) v mestskom prostredí napájaná z káblového vedenia v zemi



Nech je hustota úderov blesku v meste $N_g = 0,4$;

Činiteľ prostredia $f_{env} = 850$;

Dĺžka na posudzovanie rizík:

$$L_P = 2L_{PAL} + L_{PCL} + 0,4L_{PAH} + 0,2L_{PCH} = 0,9 + (2 \times 0,2) = 0,9 + 0,4 = 1,3$$

Kde:

L_{PAL} je dĺžka (km) nízkonapäťového vonkajšieho vedenia = 0;

L_{PAH} je dĺžka (km) vysokonapäťového vonkajšieho vedenia = 0;

L_{PCL} je dĺžka (km) nízkonapäťového káblového vedenia v zemi = $0,9 = (0,1 + 0,8)$;

L_{PCH} je dĺžka (km) vysokonapäťového káblového vedenia v zemi = 0,2;

$$CRL = \frac{f_{env}}{L_P \times N_g} = \frac{850}{1,3 \times 0,4} = 1634$$

Ochrana pomocou SPD **sa nemusí zriadiť**, lebo hodnota výpočtu rizika (CRL) je väčšia ako 1 000.

ZÁVER

V súčasnom období, keď sa všade používa veľké množstvo elektronických zariadení, ktoré sú napájané z distribučnej siete nn sa ochrana pred atmosférickými a spínacími prepätiami, na ktorom sa nemalou mierou podieľa aj ich prenosová cesta (šírenie elektromagnetických impulzov po metalických vedeniach), dostáva do popredia. Vzhľadom nato, že elektromagnetické impulzy, ktoré sa o rôznej amplitúde a tvaru šíria v nn/vn v distribučnej sieti je namieste riešiť ochranné opatrenia, ako na strane nn, tak aj na strane vn. V elektrizačnej sieti má najväčší vplyv na namáhanie izolácie elektrických zariadení/inštalácie a na ich degradáciu atmosférické prepätie. Škodám je možné predchádzať len komplexnou ochranou, ktorej súčasťou sú aj prvky prepäťových ochrán (SPD) na strane nn distribučnej siete nachádzajúce sa v blízkosti obytnej/priemyselnej zástavby v mestách a obciach. STN 33 2000-4-443 odporúča prevádzkovateľom nn distribučných sietí všade, kde to je potrebné inštaláciu prvkov prepäťových ochrán (SPD) tak, aby sa zabránilo veľkým škodám na majetku a ujme na zdraví občanov. Na základe jednoduchých výpočtov je možné stanoviť ochranu pred prepätím a pomocou komplexného využitia všetkých dostupných ochranných prístrojov ju eliminovať. Ako riešiť komplexne ochranu pred nežiadúcim atmosférickým a spínacím prepätím a ako odborne postupovať sa projektant/konštruktér dozvie napr. z STN EN 62 305-1 až 5, STN 33 2000-4-443, STN 33 2000-4-442, STN 33 2000-5-534. V súčasnosti je možné pre výpočet a návrh **ochrany prenosových sústav** využiť aj rôzne simulačné programy elektrizačných sietí (vn a nn distribučné siete) napr. EMTP-ATP. Pomocou takýchto simulácií sa potvrdia všetky výpočtové príklady na potrebu inštalácie SPD v rozvodoch nn a vn. Najvýhodnejšou alternatívou, ako eliminovať atmosférické, a z časti spínacie prepätia, z hľadiska ich prenosu je ukladať vn/nn distribučnú sieť do zeme a zabezpečiť kvalitné uzemnenie všetkých bodov rozdelenia/prizemnenia prenosovej sústavy.

LITERATÚRA:

- [01] HUNA, R.: Ochrana pred zásahom elektrickým prúdom na elektrických inštaláciách a pri obsluhu elektrických zariadení do 1000 V_{AC} a 1500 V_{DC}. Pobočka SES Liptovský Mikuláš, 2015, ISBN 978-80-89456-21-5.
- [02] STN 33 2000-4-41: 2007 Elektrické inštalácie nízkeho napätia Časť 4-41: Zaistenie bezpečnosti Ochrana pred zásahom elektrickým prúdom.
- [03] STN 33 2000-5-54: 2012 Elektrické inštalácie nízkeho napätia Časť 5-54: Výber a stavba elektrických zariadení Uzemňovacie sústavy a ochranné vodiče.
- [04] STN 33 2000-4-443: 2016 Elektrické inštalácie budov Časť 4-44: Zaistenie bezpečnosti Ochrana pred rušivými napätiami a elektromagnetickým rušením Oddiel 443: Ochrana pred prechodnými prepätiami atmosférického pôvodu alebo pred spínacími prepätiami.
- [05] STN 33 2000-5-534: 2016 Elektrické inštalácie nízkeho napätia Časť 5-53: Výber a stavba elektrických zariadení Bezpečné odpojenie, spínanie a ovládanie Oddiel 534: Prístroje na ochranu pred prechodnými prepätiami.
- [06] STN EN 62 305-2: 2013 Ochrana pred bleskom Časť 2: Manažérstvo rizika
- [07] STN EN 62 305-3: 2012 Ochrana pred bleskom Časť 3: Hmotné škody na stavbách a ohrozenie života.
- [08] STN EN 62 305-4: 2013 Ochrana pred bleskom Časť 4: Elektrické a elektronické systémy v stavbách.
- [09] STN 33 2000-4-444: 2011 Elektrické inštalácie nízkeho napätia Časť 4-44: Zaistenie bezpečnosti Ochrana pred rušivými napätiami a elektromagnetickým rušením.
- [10] DOLNÍK, B. – SMOLKO, D.: Prenos prepätí do rozvodov nízkeho napätia v rozličných prevádzkach vn elektrických sietí. Odborný článok. Starnutie elektroizolačných systémov, roč. 7, č. 1, 2012.