

Bystrík Dolník, Tomáš Popovec

Zásady pri ochrane rodinného domu s malou solárnou elektrárnou pred atmosférickými prepätiami

ELEKTROENERGETIKA

Abstrakt Príspevok pojednáva o postupe pri návrhu komplexného systému ochrany pred bleskom rodinného domu s malou solárnou elektrárnou umiestnenou na streche budovy. Dôraz je kladený na správne dimenzovanie hladiny ochrany pred bleskom a k nej zodpovedajúcej triedy ochrany pred bleskom pri návrhu komplexnej ochrany pred bleskom rodinného domu s malou solárnou elektrárnou. Návrh komplexnej ochrany pred bleskom je realizovaný podľa normy STN EN 62305.

Kľúčové slová: prepäťové ochrany; systém ochrany pred bleskom; LPL; LPS; prepätie

Abstract The paper discusses with the procedure for designing of complex lightning protection for a family house with a small solar power plant located on the roof of the building. Proper dimensioning the lightning protection level and the corresponding lightning protection system in designing complex lightning protection for a family house with a small solar power plant is highlighted. The design of complex lightning protection is implemented according to the standard EN 62305. **(Principles for the protection of the family house with a small solar power plant against atmospheric surges)**

Keywords: surge protection devices; lightning protection system; LPL; LPS; overvoltage

I. ÚVOD

V súčasnosti, kedy dochádza k prudkému zvyšovaniu spotreby elektrickej energie sa stretávame čoraz častejšie s pojmom obnoviteľné zdroje. Medzi obnoviteľné zdroje energie patrí aj slnečná energia. Tá sa pomocou fotovoltických (FV) panelov premieňa na elektrickú energiu. Z princípu FV elektrárni vyplýva, že elektrárne je umiestnená obvykle na strechách administratívnych budov, škôl a na strechách rodinných domov. Tieto miesta predstavujú zvýšené riziko úderu blesku a preto je potrebné pri inštalácii tohto typu obnoviteľného zdroja energie zväziť ochranu pred prepätím, keďže v systéme sa nachádza elektronika citlivá na prepätie.

Ochrana proti prepätiu nepredstavuje veľkú časť FV inštalácie, ale je to časť, ktorá by sa nemala ignorovať. V opačnom prípade, ak nie sú urobené opatrenia pred nepriaznivými účinkami blesku, môže dôjsť k poškodeniu celého systému a následným hmotným škodám na majetku a v horšom prípade aj k stratám na životoch. Navyše, rýchle technické napredovanie vo vývoji nových technológií má dopad na rozvoj elektroniky.

Bežne používané elektrické spotrebiče v domácnostiach sa skladajú z čoraz viac elektronických prvkov na báze polovodičov a citlivej elektroniky. Z tohto dôvodu sú tieto zariadenia citlivejšie na vonkajšie i vnútorné elektromagnetické vplyvy a je potrebné ich chrániť pred účinkami prepätí. Na obmedzenie škôd a strát na životoch je potrebné vyhotoviť systém ochrany pred bleskom, ktorý musí byť v prvom rade účinný a z finančného hľadiska prijateľný vzhľadom na realizačný projekt.

II. KONCEPT PRI VÝBERE SPD

Skôr, ako sa majiteľ rozhodne chrániť svoj objekt pred prepätiami pomocou zvodničov, je potrebné zväziť nasledovné okolnosti:

1. ocenenie hodnoty chránených zariadení

- a) celková obstarávacia cena,
- b) straty – ekonomický dopad pri poškodení chránených zariadení.

Za účelom zvýšenia ochrany aj pri neočakávanej veľkosti bleskového prúdu existuje možnosť prepäťové ochrany predimenzovať, avšak cena inštalovaných zariadení má zodpovedať hodnote chráneného zariadenia, ako aj ekonomickému dopadu pri výpadku činnosti chránených zariadení.

2. stanovenie typu chráneného objektu

- a) samostatný dom,
- b) byt, dom v radovej zástavbe alebo dvojdom,
- c) areál budov,
- d) výrobný areál.

Cena ochrany proti prepätiu môže byť kalkulovaná pre objekt ako celok alebo len pre časť budovy, ktorá je od zvyšnej časti elektricky nezávislá.

3. typ napájania objektu elektrickou energiou a distribúcia energie v objekte

- a) objekt napájaný vonkajším káblovým respektíve vzdušným vedením alebo ich kombináciou,
- b) objekt obsahuje len hlavný rozvádzač,
- c) objekt obsahuje hlavný rozvádzač a podružne rozvádzače,
- d) objekt obsahuje citlivé zariadenia vo vzdialenosti, ktorá je väčšia ako 30 m od rozvádzača.

e) V závislosti od veľkosti a náročnosti elektrického systému v objekte musí byť použitý jeden alebo väčší počet zvodničov prepätia. Ak ide o väčší počet zvodničov je nutné ich rozmiestniť v rôznych rozvádzačoch tak, aby bola splnená ochranná vzdialenosť a ďalšie požadované pravidlá montáže.

4. Umiestnenie objektu vzhľadom na veľkosť rizika úderu bleskom

- a) objekt umiestnený v meste, kde je skupinová zástavba,
- b) objekt umiestnený v rovinnom teréne,
- c) objekt umiestnený v riskantnej zóne (stromy, pylón, horský región, vlhká oblasť atď.),
- d) objekt s bleskozvodom alebo vo vzdialenosti menšej ako 50 m od takejto stavby.

Pravdepodobnosť priameho úderu blesku sa mení v závislosti od polohy objektu. Väčšia pravdepodobnosť úderu je vo vyšších miestach, ktoré dokážu viesť elektrickú energiu ako napr. vysoké stromy, vrcholy kopcov ale aj antény a bleskozvody. Tým, že sa na objekt nainštaluje bleskozvod, sa výrazne mení situáciu z hľadiska ochrany objektu proti atmosférickým prepätiam [1].

III. STANOVENIE HLADINY OCHRANY PRED BLESKOM

Pre každý objekt, ktorý treba chrániť, je možno stanoviť hladinu ochrany pred bleskom a odhadnúť pravdepodobnú veľkosť bleskového prúdu v elektrickej inštalácii. Následne podľa veľkosti bleskového prúdu je potrebné dimenzovať prepäťové ochrany.

Na stanovenie hladiny ochrany pred bleskom objektu, na ktorom treba realizovať komplexný systém ochrany pred bleskom, je vhodné využiť software. V súčasnosti existuje viac voľne dostupných programov. Jedným z legálnych a voľne dostupných softvérov dostupných na internete je program Prozik od spoločnosti OEZ. Program Prozik bol vytvorený ako výpočtová pomôcka, ktorá urýchli výpočet rizika podľa STN EN 62305-2. Výpočet a riadenie rizik vzniku škôd je podľa vyhlášky o technických požiadavkách potrebné uskutočniť na všetkých stavbách, kde by v dôsledku úderu blesku mohlo dôjsť k stratám na životoch, stratám na kultúrnom dedičstve, stratám na verejných službách alebo by mohlo dôjsť k požiaru, výbuchu atď. Výpočet musí byť urobený podľa normy STN 62305-2.

Samotný výpočet je pomerne zložitý a zdĺhavý. Na výpočet rizika je potrebné veľké množstvo údajov, nielen o vlastnej stavbe, ale aj o najbližšom okolí, charaktere pripojených inžinierskych sietí, použitých elektronických a elektrických zariadeniach atď. Program zjednodušuje zadávanie potrebných hodnôt a umožňuje ich následnú úpravu s cieľom minimalizovať celkové riziko.

Požadované údaje sú prehľadne rozdelené do jednotlivých záložiek „kariet“, čím sa podstatne urýchli, ako zadávanie hodnôt, tak aj úpravy parametrov. Zadaním parametrov do programu, software v pomerne krátkom čase určí hladinu ochrany pred bleskom LPL, od ktorej sa následne odvíja celý návrh ochrany pred bleskom [2].

Norma STN EN 62305-3 definuje štyri triedy LPS (I až IV) a každej hladine ochrany pred bleskom LPL zodpovedá rovnaký stupeň (trieda) systému ochrany pred bleskom LPS. Každý návrh ochrany objektu pred bleskom vedie k určeniu triedy ochrany LPS a tá závisí od charakteristických vlastností chránenej stavby a o akú hladinu LPL ide. Vzťah medzi jednotlivými hladinami ochrany LPL a triedou LPS je naznačený v Tabuľke 1 [3].

TABUĽKA I
Kompatibilita tried LPL a LPS

LPL	Trieda LPS
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Pri dimenzovaní SPD je postačujúce zaoberať sa SPD typu T1 a T2. Pre dimenzovanie SPD typu T3, platí tá istá logika pre všetky aplikácie. Pri výbere SPD je nutné vychádzať z vypočítanej hladiny ochrany pred bleskom, na ktorú sa viaže veľkosť impulzného prúdu pri údere blesku. Z tohto dôvodu je potrebné riadiť sa normou STN 62305-1, ktorá udáva maximálne parametre prúdu pre jednotlivé hladiny LPL.

TABUĽKA II

Maximálne parametre blesku v závislosti od hladiny ochrany pred bleskom [4]

Hladina ochrany pred bleskom LPL	Maximálne parametre blesku podľa LPL Prvý krátky výboj
I	200 kA
II	150 kA
III	100 kA
IV	100 kA

INŠTALÁCIA SYSTÉMU VONKAJŠEJ OCHRANY PROTI ATMOSFÉRICKÝM PREPÄTIAM

Vonkajší systém ochrany pred bleskom inštalovaný na streche musí byť umiestnený podľa jednej z nasledujúcich troch prípustných metód:

- Metóda ochranného uhla – je vhodná pre budovy jednoduchých tvarov.
- Metóda valiacej sa gule – je vhodná pre všetky typy budov.
- Metóda mrežovej sústavy – je vhodná pre objekty s rovnou strechou.

Vonkajší LPS sa zhotovuje za účelom zníženia hmotných škôd spôsobených úderom blesku do stavby. Pri návrhu vonkajšieho systému ochrany pred bleskom je nutné vychádzať zo stanovenej triedy LPS. Každá trieda je charakterizovaná údajmi závislými a nezávislými na triede LPS, pozri obr. 1 [5].



Obr. 1. Charakteristické údaje závislé na triede LPS.

IV. NÁVRH OCHRANY PRED BLESKOM A PREPÄTIAM PRE FOTOVOLTICKÝ SYSTÉM

Pri projektovaní a neskoršej realizácii tejto technológie je potrebné, aby projektant počítal s komplexnou ochranou proti atmosférickým a indukovaným prepätiam. Tým sa dosiahne to, že systém je schopný bezporuchovo fungovať po celú dobu svojej životnosti.

Na účinnú elimináciu prepätí vo FV systéme, sa používajú rôzne metódy, ktoré sú závislé od zdrojov prepätí. Používa sa:

- pospájanie na spoločný potenciál,

- uzemnenie,
- tienenie,
- umiestnenie do bleskozvodného tieňa (zóna LPZ 0_B),
- prepäťová ochrana.

Pri voľbe prepäťových ochrán pre FV elektrárňu treba dbať na ich správny výber. Je potrebné vybrať vhodný typ prepäťovej ochrany z pohľadu úrovne napätia.

Na striedavej strane meniča je výber SPD pomerne jednoduchý, ale pri voľbe prepäťovej ochrany na strane jednosmerného napätia je potrebné mať na zreteli, že môže existovať niekoľko hladín jednosmerných napätí, a to:

- ◆ $U_{OC\ STC}$ – napätie naprázdno, teda maximálne možné napätie FV panelov,
- ◆ $U_{DC\ max}$ – maximálna hodnota napätia, ktorá vstupuje do meniča na strane DC,
- ◆ U_{mp} – prevádzkové DC napätie FV panelov, taktiež nazývané jednosmerné napätie pri maximálnom výkone FV panelov,
- ◆ U_{CPV} – maximálne pracovné napätie SPD.

Pre vyššie uvedené úrovne DC napätia na jednosmernej strane platí nasledujúci vzťah

$$U_{mp} < U_{OC\ STC} \leq U_{DC\ max} \quad (1)$$

Pri výbere správneho napätia pre prepäťovú ochranu na jednosmernej strane meniča je potrebné počítať aj s tým, že výstupné jednosmerné napätie z FV článkov sa pohybuje v rozmedzí od 200 V do 600 V. Preto pri ochrane FV systému pred bleskom a prepätím, musí mať napätie prepäťovej ochrany hodnotu rovnakú alebo väčšiu, ako je hodnota $U_{OC\ STC}$. Súčasne musí byť splnená podmienka uvedená v (1) a zároveň platí [6]

$$U_{CPV} \geq 1,2 U_{OC\ STC} \quad (2)$$

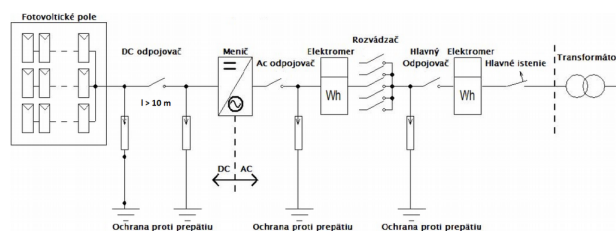
Pri návrhu ochrany pred bleskom FV systému pre menšie zdroje umiestnené na streche budovy, treba rešpektovať preskokovú vzdialenosť medzi FV panelom a samotným bleskozvodom.

Z pohľadu preskokovej vzdialenosti medzi FV panelom a samotným bleskozvodom možno celú aplikáciu rozdeliť do dvoch skupín:

1. celú aplikáciu je možné umiestniť do ochranného priestoru zachytávacej sústavy s dodržaním dostatočnej (preskokovej) vzdialenosti;
2. aplikáciu nie je možné umiestniť do ochranného priestoru zachytávacej sústavy tak, aby bola dodržaná dostatočná (preskoková) vzdialenosť.

V prvom prípade sa FV panely umiestňujú na strechu s krytinou z nevodivého materiálu. V prípade, keď FV panely možno umiestniť do ochranného priestoru zachytávacej sústavy, treba predovšetkým skontrolovať priestorové rozmiestnenie panelov na streche objektu. Následne je nutné umiestniť panely tak, aby bola dodržaná dostatočná (preskoková) vzdialenosť.

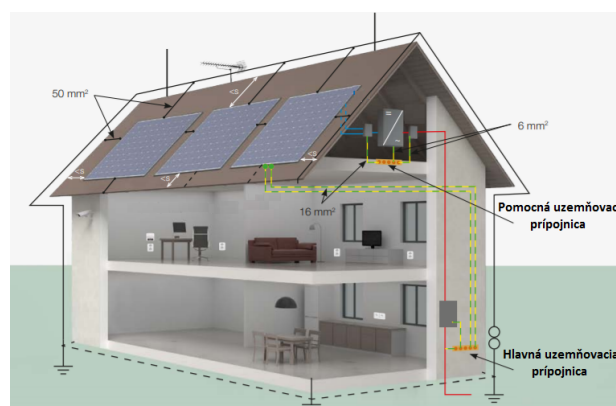
Ak sú splnené tieto dve podmienky, je minimalizované poškodenie FV systému. Priamy úder blesku alebo nekontrolované preskoky by v tomto prípade nemali vzniknúť, ale je potrebné zaoberať sa indukovaným prepätím. Menič sa zo strany jednosmerného napätia chráni pomocou zvodčov prepätia SPD typu 2 podľa výstupného jednosmerného napätia z FV panelov. Prepäťová ochrana sa umiestňuje čo najbližšie k FV panelom aby boli chránené pred indukovaným prepätím, pozri obr. 2.



Obr. 2. Schéma inštalácie SPD do fotovoltického systému [5].

Najviac častým prípadom je, že menič sa inštalujú tesne pod strechou a to z dôvodu skrátenia káblového vedenia, ktoré nie je možné v podstate vypínať. Trasu káblového vedenia je vhodné voliť tak, aby smerovala priamo k meniču. Týmto opatrením je vzdialenosť medzi FV panelmi a meničom rádo niekoľko metrov a v tomto prípade postačuje inštalovať zvodčie prepätia iba na strane meniča.

Nosná konštrukcia FV reťazcov sa pre tento prípad spája s ekvipotenciálnou prípojnou, a to medeným vodičom s minimálnym prierezom 6 mm². Medený vodič spájania ani ostatné vodiče od FV článkov sa nesmú na žiadnom mieste priblížiť k zachytávacej sústave bleskozvodu na vzdialenosť menšiu, ako je vypočítaná dostatočná vzdialenosť s.



Obr. 3. Malá FV elektrárňu na streche rodinného domu s bleskozvodom, dostatočná vzdialenosť nie je dodržaná [7].

V druhom prípade (nie je možné dodržať dostatočnú vzdialenosť) sa nosné rámy panelov, teda všetky kovové časti, dôkladne spájajú so zachytávacou sústavou na niekoľkých miestach, pozri obr. 3. Takýto prípad môže nastať v dvoch situáciách:

- a) veľký rozmer panelov neumožňuje dodržať dostatočnú vzdialenosť,
- b) panely sú umiestnené na streche objektu so strešnou krytinou z vodivého materiálu.

Dôkladné spájanie všetkých kovových častí FV panelov sa robí za účelom maximálnej eliminácie „slepých“ koncov zvodov. V týchto miestach by po zásahu blesku mohlo dôjsť k preskoku na najbližšiu uzemnenú časť, ktorou by mohlo byť napr. napájacie vedenie uložené pod strechou. Následne je potrebné urobiť také opatrenia, aby panely FV článkov nemohli byť priamo zasiahnuté bleskom, čím by plnili funkciu zachytávacieho zariadenia. To je možné dosiahnuť inštaláciou hlavných a pomocných zachytávačov tak, aby panely boli v ich ochrannom priestore. Je taktiež vhodné rozmiestniť zvodky okolo objektu tak, aby celkový bleskový prúd neprechádzal cez kovovú

konštrukciu panelov, ale aby mal možnosť rozdeliť sa medzi jednotlivé zvydy. Na jednosmernej strane meniča je potrebné inštalovať v tomto prípade výkonnejšie zvodiče prepätia SPD typu 1 a 2 a to čo najbližšie na hranicu zón ochrany pred bleskom LPZ 0 a LPZ 1 [8], [9].

V. ZÁVER

Ak existuje potreba chrániť objekt pred bleskom a prepätím, v prvom rade je nutné urobiť analýzu rizika škôd vzniknutých pri zásahu bleskom. Pri výpočte a riadení rizík vzniku škôd je potrebné vedieť viacero informácií o objekte, ktorý je predmetom projektu a tiež je nutné vedieť informácie o napájacích sieťach, ktoré sú pripojené k objektu. Program Prozik od spoločnosti OEZ po zadaní parametrov v pomerne krátkom čase určí hladinu ochrany pred bleskom LPL, od ktorej sa následne odvíja celý návrh ochrany pred bleskom. Pri návrhu ochrany pred bleskom a prepätím pre rodinný dom s inštalovaným solárnym zdrojom energie, najvhodnejším riešením je umiestnenie solárnych panelov do ochranného priestoru zachytávacej sústavy s dodržaním dostatočnej vzdialenosti od bleskozvodu. V tomto prípade priamy úder blesku a nekontrolované preskoky nehrozia, čím sa škody na majetku minimalizujú.

Keď nastane prípad, že solárne panely nie je možné umiestniť s dodržaním dostatočnej vzdialenosti od bleskozvodu je možné navrhnúť riešenie tak, aby solárne panely boli umiestnené do ochranného priestoru zachytávacej sústavy, ale dostatočná vzdialenosť od bleskozvodu nebude dodržaná. Tento návrh predstavuje riešenie, kde aj napriek rizikám je možné zaručiť ochranu fotovoltických panelov, ako aj objektu.

Ak sa majiteľ objektu rozhodne chrániť svoj majetok pred bleskom, je nutné, aby návrh a montáž vonkajšieho a vnútorného systému ochrany proti blesku vykonala osoba kvalifikovaná na túto činnosť. V opačnom prípade sa môže stať, že použitý materiál a výrobky budú poddimenzované alebo predimenzované, čo sa odzrkadlí na cene alebo kvalite komplexného systému ochrany pred bleskom.

POĎAKOVANIE

Práca bola podporená Slovenskou Akadémiou Vied a Ministerstvom Školstva v rámci projektov VEGA č. 2/0141/16 a 1/0340/18. Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-15-0438.

LITERATÚRA

- [1] P. Lustik, To podstatné o ochrane elektroinštalácie proti atmosférickému prepätiu, alebo zvodiče prepätia čelom k masám, *Elektrotechnický magazín ETM*. č. 4, s. 55-57, 2008.
- [2] Prozik, OEZ. Manuál výpočtového program Prozik, [on-line]. [cit. 25. 5. 2018]. Dostupné na internete: <http://www.oez.sk/file/700/download/MP_2013_c_1-05.pdf>.
- [3] STN EN 62305-3: 2012, Ochrana pred bleskom. Časť 3: Hmotné škody na stavbách a ohrozenie života. SÚTN.
- [4] Příručka. Napájecí síte NN. Ochrana před přepětím. [on-line]. Saltek. [cit. 25. 5. 2018]. s. 36. Dostupné na internete: <https://www.saltek.eu/sk/system/files/images/ke-stazeni/saltek_-_prirucka_napajeci_site_nn_1.pdf?download=1>.
- [5] Aplikáční příručka. Přepětové ochrany. [on-line] OEZ. [cit. 25. 5. 2018]. s. 32. Dostupné na internete: <http://www.oez.sk/file/279_1_8/>.
- [6] J. Fedeš, Ochrana fotovoltických systémov proti prepätiu. [online]. TechPark, 2012. [cit. 2017-6-21]. Dostupné na internete: <<http://www.solartechnika.sk/solartechnika-42011/ochrana-fotovoltických-systemov-.html>>.
- [7] Riešenie ochrany pred prepätím v rodinnom dome. [online]. Saltek, 2017. [cit. 25. 5. 2018]. Dostupné na internete: <<http://www.saltek.eu/sk/katalogy-brozy>>.
- [8] J. Hájek a kol., První elektronická knižka o ochraně před bleskem. [online]. [cit. 25. 5. 2018]. s. 220. Dostupné na internete: <http://www.kniska.eu/kniska/kniska_2.1>.
- [9] Ochrana fotovoltaických zdrojov pred bleskom a prepätím. [online]. Solární novinky, 2010. [cit. 25. 5. 2018]. Dostupné na internete: <<http://www.solaminovinky.cz/?home%2F2010031302%2Ftypy-a-triky-ochrana-fotovoltických-zdroju-pred-bleskem-a-prepetim#WLVBGG81-pr>>.

ADRESY AUTOROV

Bystrík Dolník, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, 04210, Slovenská Republika, bystrik.dolnik@tuke.sk
 Tomáš Popovec, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, 04210, Slovenská Republika, tomas.popovec@student.tuke.sk