



Komplexná ochrana fotovoltaickej elektrárne v Štrkovci

Zvyšovanie podielu obnoviteľných zdrojov energie na výrobe elektriny a tepla s cieľom vytvoriť doplnkové zdroje na krytie domáceho dopytu je jednou z základných priorít Energetickej koncepcie SR. Od 1. septembra minulého roku je účinný dlho očakávaný zákon o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysokoúčinnnej kombinovanej výroby a o zmene a doplnení niektorých zákonov. Jednou z oblastí, kde túto podporu využívajú a pretavili ju do podoby konkrétnych riešení, je aj južná časť Banskobystrického samosprávneho kraja. V katastri obce Štrkovec vyrástla jedna z najmodernejších fotovoltaických elektrární, ktorej realizátorom technickej časti bola spoločnosť BBF elektro, s. r. o. Pri jej návšteve sme sa zamerali aj na riešenie ochrany pred bleskom a prepätím.

Obec Štrkovec sa nachádza v okrese Rimavská Sobota. Časť pozemku, na ktorom sa výstavba fotovoltaickej elektrárne (FVE) uskutočnila, bolo treba pred samotným začiatkom výstavby terénne upraviť. Celkový inštalovaný výkon FVE je na úrovni 997,425 kWp a celková predpokladaná ročná výroba elektrickej energie je počítaná na 1 010 000 kWh/rok. Vzhľadom na geografickú polohu, v ktorej sa FVE nachádza, je predpokladaná doba využitia maxima 1 012 hod./rok.



Fotovoltaické panely

Pri výstavbe FVE boli použité polykrystalické kremíkové panely SUNTECH s menovitým výkonom 275 W v celkovom počte 3 627 ks (obr. 1). Fotovoltaické panely sú upevnené na montovanú podpernú ocelovú konštrukciu z tenkostenných ohýbaných ocelových profilov s pozinkovaním. Sklon šikmého nosníka je navrhnutý na 34°.



Svorkovnicové skrinky MX

Svorkovnicové skrinky MX slúžia na sérioparalelné prepojenie fotovoltaických panelov a vyvedenie výkonu na jeden zo vstupov strieďača KACO Powador 33000xi-Park. Do série je spojených 15 ks panelov (tvoriacich jeden reťazec – „string“). V skrinke MX sú paralelne spojené tri takéto reťazce. Celkový výkon fotovoltaických panelov pripojených na jednu skrinku MX je 12,375 kWp. To predstavuje výkon privedený na jeden z troch vstupov strieďača. Skrinka MX obsahuje svorky na pripojenie jednotlivých reťazcov a vývodové svorky, DC vypínač a prepäťovú ochranu.



Strieďače

V navrhovanej FVE je použitých 27 ks strieďačov KACO Powador 33000xi-Park vo verzii M (obr. 2). Strieďače zabezpečujú premenu jednosmerného napätia fotovoltaických panelov na trojfázové striedavé napätie a následnú priamu dodávku elektrickej energie s prífázovaním na sieť 400 V, 50 Hz.

Vybrané elektrické parametre použitých strieďačov:

Vstupné veličiny	
Menovitý výkon DC	$P_{NDC} = 39 \text{ kW}$
Maximálny výkon pripojený na jeden vstup DC	13 kW
Počet DC vstupov	3
Rozsah DC napätia	350 – 60 V
Maximálne napätie naprázdno na DC strane	800 V
Maximálny DC prúd na jeden vstup	32,5 A
Výstupné veličiny	
Menovitý výkon AC	$P_{NAC} = 33,3 \text{ kW}$
Rozsah výstupného napätia	196 – 252 V
Menovitý prúd AC	48,3 A
Maximálna účinnosť	$\eta_{max} = 97,4 \%$

Rozvádzač SPD

Rozvádzače SPD slúžia na ochranu strieďačov, DC a AC strany pred rušivými vplyvmi atmosférických prepätí. Rozvádzač SPD obsahuje prívodové a vývodové svorky, DC a AC prepäťové ochrany a jednopólový istič.

Rozvádzače RAC

Rozvádzače RAC slúžia na združenie výstupov zo strieďačov na AC strane a následné vyvedenie výkonu do hlavného NN rozvádzača RH v trafostanici.

Hlavný NN rozvádzač RH v trafostanici

Do rozvádzača RH je zlúčený výkon celej FVE. Rozvádzač RH obsahuje prívody z rozvádzačov RAC, vývod na transformátor 22/0,4 kV, sieťovú ochranu, prepäťovú ochranu, zariadenia na komunikáciu s dispečingom SSE-D, a. s., vývody na údržbu trafostanice a vývody na vlastnú spotrebu.

Dátová časť FVE

Systém zberu dát je zrealizovaný pre každú z troch sekcií, do ktorých je FVE rozdelená. O zber dát sa v každej sekcii stará sústava prevodník – priemyselné PC, umiestnená v kioskovej trafostanici. Monitorovacie zariadenie zabezpečuje prostredníctvom pripojenia k internetu nepretržitý monitoring a zber dát, diagnostiku systému a reprezentáciu dát cez webové rozhranie. Na monitorovanie slnečného žiarenia sú v objektive FVE použité snímače Si-12TC-T od firmy KACO. Dáta získané z týchto snímačov sa používajú na výpočet predpokladaného energetického zisku, ktorý možno porovnať so skutočnou výrobou. Takto možno odhaliť prípadné chyby v inštalácii.

Ochrana pred účinkami blesku a prepätia

Ochrana pred atmosférickým prepätím je riešená v zmysle STN EN 62305 – časť 1 až 4. Ochranný priestor bol definovaný použitím metódy valivej gule. Spracovaním analýzy rizika podľa STN EN 62305 – časť 2 bolo definované, že pre FVE treba zabezpečiť hladinu ochrany LPL III (Lighting Protection Level). Na základe toho bol na FVE vybudovaný ochranný systém LPS triedy III (Lighting Protection System).



Vonkajšiu ochranu pred bleskom tvorí zachytávacia sústava, systém zvodov a uzemňovacia sústava. Celý bleskozvod je riešený ako oddialený (odizolovaný) bleskozvod. Systém ochrany pred bleskom a prepätiami je riešený metódou odizolovania, t. j. umiestnením všetkých chránených zariadení do ochranných priestorov vonkajšej zachytávacej sústavy. Na ochranu FVE je zrealizovaný oddialený bleskozvod. Ako zachytávače a zvody sú použité samostatne stojace stožiare s betónovými pätkami od firmy Dehn + Söhne (obr. 3). Výška stožiarov je 4,5 m. Vzdialenosť stožiarov od chráneného objektu (podperné konštrukcie s fotovoltaickými panelmi) musí byť minimálne $s = 0,25 \text{ m}$ a je vypočítaná podľa metodiky a požiadaviek definovaných v norme STN EN 62305 – časť 3.



Obr.3

Stožiare sú pripojené k uzemneniu pomocou svoriek, ktoré musia spĺňať požiadavky STN EN 50164-1 a uzemňovacieho drôtu FeZn $\text{f} 10$. Spoje v zemi sú ošetrené asfaltovým náterom proti korózii. Týmto náterom je ošetrený aj uzemňovací drôt pri prechode do zeme (30 cm pod povrchom, 30 cm nad povrchom – obr. 4). Systém uzemnenia je zrealizovaný pomocou pásika FeZn 30x4, ktorý tvorí mrežovú sústavu. Jednotlivé spoje pásika v zemi sú zhotovené zváraním. Uzemnenie je doplnené o podperné stĺpy konštrukcie, ktoré sú baranené do terénu na hĺbku minimálne 1 400 mm.

Systém uzemnenia je riešený pomocou uzemňovacieho drôtu FeZn $\text{f} 10$ a svoriek schopných preniesť bleskový prúd alebo prípojnic potencionálneho vyrovnania prepojený s už

spomenutými podpernými stĺpmi, AC a DC prepäťovými ochranami vo svorkovnicových skrinkách MX a rozvádzačoch SPD, vodičmi PEN v striedačoch a prípojnicami PEN v rozvádzačoch RAC. Prípojnice potencionálneho vyrovnania sú priamo vodivo pripevnené na pozinkovanej ocelevej podpernej konštrukcii, čím zabezpečujú uzemnenie tejto konštrukcie.

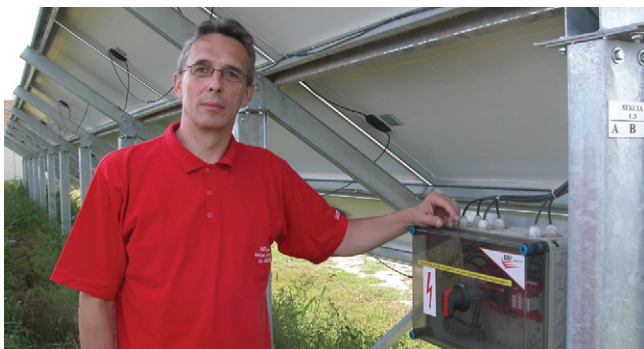


Obr.4

Pred uvedením do prevádzky bola uzemňovacia sústava premeraná revíznym



technikom meraním a výstupným protokolom sa preukázalo, že namerané hodnoty spĺňajú požiadavky dané normou STN EN 62305-3 a vyhovuje požiadavkám, ktoré má na uzemňovaciu sústavu systém ochrany pred účinkami blesku. Maximálna hodnota uzemnenia celej sústavy musí byť menšia ako 10Ω , meraná pri nízkej frekvencii.

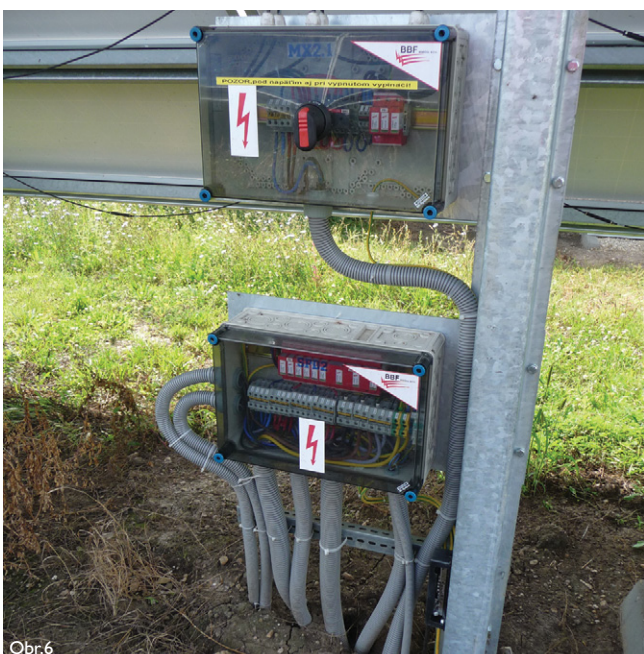


Obr.5 Jiří Kroupa, zástupca spoločnosti Dehn + Söhne, vysvetlil princípy ochrany pred bleskom a prepätím.

Ochrana pred rušivými vplyvmi atmosférických prepätí

Umiestnenie zvodičov bleskového prúdu a zvodičov prepätia prísne dodržiava princípy vytvorenia zón LPZ (Lighting Protection Zone) tak, aby boli chránené všetky kľúčové elektrické zariadenia. Sú to hlavne: fotovoltaické panely, meniče, monitorovacie zariadenie a transformátor. V týchto kľúčových zariadeniach sú zvodiče nainštalované na všetkých metalických vedeniach, ktoré vstupujú do zariadenia. Jedine týmto spôsobom možno účinne chrániť pre prepätím, ktoré hlavne pri atmosférických výbojoch ohrozuje tieto kľúčové zariadenia. Zariadenia sú takto chránené pred prepätím a účinkom bleskového prúdu zo strany vedení distribučnej sústavy (AC strana), ako aj zo strany vedení fotovoltaických panelov (DC strana).

Na ochranu fotovoltaických panelov a DC strany striedačov sú použité zvodiče prepätia DEHNguard DG M YPV SCI 1000, zvodič prepätia, typ 2. Tie sú umiestnené vo svorkovnicových skrinkách MX. Zvodiče v rozvádzačoch SPD (obr. 6) zabezpečujú ochranu striedačov so strany vstupov DC. Ochrana AC strany striedačov je zabezpečená pomocou prístrojov DEHNventil DV M TNC 255, kombinovaný zvodič prepätia, typ 1 + 2. Aj tieto zvodiče sú umiestnené v rozvádzačoch SPD. V hlavnom NN rozvádzači RH v trafostanici je použitý tiež kombinovaný zvodič bleskového prúdu, typ 1 + 2 DEHNventil DV M TNC 255, (obr. 7) ktorý zabezpečuje ochrannú úroveň $U_p =$ maximálne 1,5 kV a je schopný zviest bleskový prúd 25 kA na jeden pól pri vlne 10/350 μ s.



Obr.6

Na ochranu zariadení pripojených na dátové rozvody RS-485 sú použité zvodiče prepätia určené pre informačné siete vo vyhotovení radovej svorky, ktoré sa skladajú zo základného dielu BXT Base a ochranného modulu BXT ML4 BE HF5. Sú to tiež zvodiče SPD, typ 1, ktoré zároveň zabezpečujú takú nízku hladinu ochranného napätia U_p , aby sa neprekročila napätová odolnosť chránených zariadení. Tieto zvodiče prepätia sú umiestnené jednak v striedačoch na miestach vstupu a výstupu dátovej linky, jednak v rozvádzači RMP, ktorý je umiestnený v trafostanici pred monitorovacím zariadením (obr. 8). Z rozvádzača RMP je monitorovacie zariadenie a komunikačné prvky napojené aj na sieť NN. V rozvádzači RMP je preto umiestnená aj prepäťová ochrana DEHNrail DR 2P 255, zvodič prepätia SPD, typ 3. Tá slúži na ochranu komunikačných prvkov monitorovacieho zariadenia pred prepätím šíriacim sa po napájacom vedení. Táto ochrana tvorí hranicu LPZ2 a LPZ3.



obr.7



Obr.8

Na ochranu dátových vstupov zo snímača slnečného žiarenia je tiež použitý zvodič prepätia určený na ochranu zariadení pred prepätím šíriacim sa po vedení s rozhraním RS-485 vo vyhotovení radovej svorky, zložený zo základného dielu BXT Base a ochranného modulu BXT ML4 BE 24.

Ochrana dodávky elektrickej energie z FVE

Ochrana dodávky elektrickej energie z FVE je zaistená univerzálnou sieťovou ochranou od firmy ABB, ktorá je inštalovaná v hlavnom NN rozvádzači RH v trafostanici. Univerzálna ochrana pôsobí pri zmenách napätia a frekvencie v energetickom systéme.

Sieťová ochrana musí byť nastavená ako podpäťová, nadpäťová, podfrekvenčná a nadfrekvenčná. Musí pôsobiť na prúdovú nesymetriu. Keďže prevádzka FVE v ostrovnom režime je neprípustná, treba zabezpečiť okamžité vypnutie výroby pri strate napätia zo siete (aj v prípade OZ) a blokovat zapnutie až do obnovenia napätia v sieti.

Riadiaci systém striedačov FVE neumožňuje prevádzku v motorickom režime, a preto nie je potrebná inštalácia spätnej wattovej ochrany. Vzhľadom na to, že striedač reaguje na okamžitú hodnotu napätia v sieti rádo vo desiatkach mikrosekúnd a výkon je pripájaný postupne, nie je potrebné synchronizačné zariadenie. Ochrana je navrhnutá podľa požiadavky smernice číslo 17/97, SSE, a. s.

Komunikácia s dispečingom SSE-D, a. s.

Komunikácia s dispečingom SSE-D, a. s., je zabezpečená pomocou týchto prístrojov (obr. 9):

- univerzálna sieťová ochrana,
- prevodník protokolov,
- komunikačná jednotka RTM-GSM s anténou.

Všetky uvedené komponenty dodala spoločnosť ABB.



Komunikácia pomocou jednotky RTM-GSM prebieha s využitím protokolu IEC 60870-5-104/SSE tak, aby vyho-



Obr.9

vovala internému predpisu SSE, a. s. Vďaka uvedeným zariadeniam možno nastaviť zber údajov o výrobe (P, Q, U, I) buď s 30-minútovou frekvenciou zberu údajov, alebo na vyžiadanie dispečera z dispečingu SSE-D, a. s.

Kamerový systém

Zariadenie sprostredkúva vizuálne informácie z dôležitých miest v reálnom čase. Súčasne sa vykonáva záznam, ktorý poskytuje v prípade potreby spätné informácie o činnosti a pohybe osôb pred kamerou. Záznamové zariadenie DVR je pripojené do siete LAN, pomocou čoho možno sledovať obraz kamier aj na vzdialenom pracovisku. Kamerový systém je riešený 16 kamerami Vision AD-94C2, 560TV, 0,0002 Lux s nastaviteľným objektívom, rozmiestnenými po obvode pozemku, na ktorom sa nachádza FVE (obr. 10). Kamery sú od seba vzdialené maximálne 60 metrov. Snímací priestor kamier je navrhnutý takým spôsobom, že kamery sú nastavené pozdĺž plotu tak, aby sledovali priestor okolo plotu postupne a aby jedna kamera snímala nasledujúcu kameru. Týmto spôsobom vznikne jeden ucelený sledovaný obraz celého oplotenia.



Obr.10

Ďakujeme projekčnému tímu spoločnosti BBF elektro, s. r. o., za ochotu a poskytnutie podrobných informácií týkajúcich sa technickej časti realizácie FVE a Jiřímu Kroupovi, zástupcovi spoločnosti Dehn + Söhne pre SR, za odborný výklad týkajúci sa problematiky ochrany FVE pred bleskom a prepätím.