

Marek Hvizdoš

Podmienky pre pripojenie decentralizovaných zdrojov elektriny do distribučnej sústavy z hľadiska chránenia

Rastúci počet obnoviteľných decentralizovaných zdrojov elektriny ako aj postupný nárast ich inštalovaného výkonu v súčasnosti spôsobuje často problémy spolupráce týchto zdrojov s existujúcou centralizovanou elektrizačnou sústavou. Aby tieto zdroje svojim spätným pôsobením neovplyvňovali negatívne sústavu a jej používateľov, boli stanovené podmienky pre pripájanie zdrojov na výrobu elektriny do distribučnej sústavy. K týmto podmienkam patria aj požiadavky, ktoré sú kladené na sieťové ochrany pripájaných zdrojov.

Kľúčové slová: obnoviteľné zdroje energie, decentralizovaná výroba elektriny, elektrické ochrany

I. ÚVOD

Obnoviteľné zdroje energie sa uplatňujú v energetike ako tzv. decentralizované zdroje elektriny. Vyskytujú sa vo forme malých, plošne rozptýlených zdrojov elektriny, ktoré sa čoraz viac presadzujú popri centrálnych zdrojoch. Vzhľadom na svoju polohu a veľkosť sú pripojované do distribučnej sústavy.

V energetickej bilancii Slovenska nemajú tieto zdroje zatiaľ významný podiel, no vzhľadom na veľký záujem investorov o ich budovanie sa predpokladá zvyšovanie tohto podielu. Pri postupnom náraste inštalovaného výkonu takýchto decentralizovaných zdrojov sa objavujú problémy ich spolupráce s existujúcou centralizovanou elektrizačnou sústavou. Problémy vyplývajú z teritoriálnej konfigurácie siete a lokalizácie decentralizovaných zdrojov, ktoré sa najčastejšie nachádzajú v miestach, kde sa doposiaľ realizoval len odber elektriny [1].

II. PRIPOJENIE ZDROJA DO DISTRIBUČNEJ SÚSTAVY

Pre pripájanie zdrojov na výrobu elektriny do distribučnej sústavy majú jednotlivé distribučné spoločnosti stanovený svoj postup a podmienky.

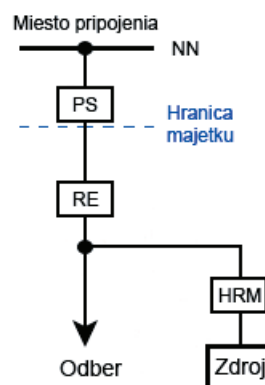
Do distribučnej sústavy (DS) je možné pripojiť len také zariadenie, ktoré svojim spätným pôsobením neovplyvňuje sústavu a jej používateľov prekročením dovolených hodnôt parametrov elektrickej energie. Spôsob a miesto pripojenia určí prevádzkovateľ DS s prihliadnutím k daným sieťovým pomerom, druhu, výkonu a spôsobu prevádzky zdroja. Tým má byť zaručené, že zdroj bude prevádzkovaný bez rušivých účinkov a neohrozí ostatné zariadenia pripojené do DS [2].

Pri realizácii pripojenia zdrojov do DS sú cieľom minimálne náklady, pričom musia byť zohľadnené všetky podmienky pre neskoršie prevádzkovanie tejto sústavy. Pri návrhu miesta a spôsobu pripojenia zdroja je potrebné rešpektovať druh a spôsob jeho prevádzky, ako aj sieťové pomery v danej oblasti DS. Uvedené informácie určujú maximálny výkon, pri ktorom je možné zdroj pripojiť do siete NN resp. VN, a zároveň minimálny výkon, pri ktorom je už potrebné pripojiť zdroj do siete VN resp. VVN.

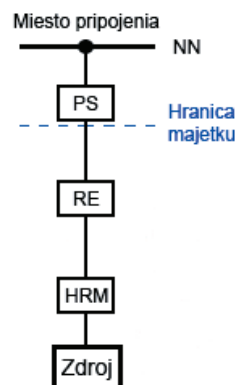
Akkoľvek pripojenie zdroja do siete sa realizuje prostredníctvom spinacieho zariadenia, ktoré súčasne plní funkciu oddeľovacieho prvku medzi zariadeniami zdroja a sústavou. Toto spinacie zariadenie musí byť čo najbližšie k bodu odbočenia a zároveň musí byť kedykoľvek prístupné prevádzkovateľovi DS.

O spôsobe pripojenia zdroja do sústavy rozhoduje prevádzkovateľ DS. Štandardným pripojením jedného zdroja do DS je jedno miesto pripojenia. Samostatné odberné miesto pre napájanie vlastnej spotreby zdroja s inštalovaným výkonom do 1 MW nie je štandardným riešením.

Na nasledujúcich obrázkoch je príklad pripojenia zdroja do distribučnej siete NN [2], [4]. Na Obr. 1 je štandardný spôsob pripojenia do siete NN pre zdroj, ktorý dodáva prebytok vyrobenej elektriny do distribučnej siete a napájanie vlastnej spotreby zdroja nie je pokrývané elektrinou z DS. Obr. 2 znázorňuje štandardné pripojenie do siete NN, ak je vybudovaná samostatná prípojka a zdroj dodáva celú výrobu do DS.



Obr. 1. Spôsob pripojenia do siete NN – variant č. 1



Obr. 2. Spôsob pripojenia do siete NN – variant č. 2

Legenda k Obr. 1 a Obr. 2:

PS – prípojková (rozpojovacia) skriňa,

RE – rozvádzač pre elektromer (meracie zariadenie),

HRM – hlavné rozpojovacie miesto (väzobný spínač).

III. SPÍNACIE ZARIADENIA

Pre spojenie vlastnej výroby so sieťou prevádzkovateľa DS musí byť použité spínacie zariadenie, čiže väzobný spínač, ktorý slúži ako trvale prístupné spínacie miesto. Ide o zariadenie minimálne so schopnosťou vypínania záťaže (napr. vypínač, odpínač s poistkami, úsekový odpínač), ktorému je predradená skratová ochrana. Tento väzobný spínač – hlavné rozpojovacie miesto (HRM) môže byť tak na strane NN, ako i na strane VN alebo VVN (110 kV). Spínacie zariadenie musí zabezpečiť galvanické oddelenie vo všetkých troch fázach [2], [3].

Pri VN pripojení má byť HRM na strane NN. U vlastných výrobní so striedačmi je potrebné spínacie zariadenie umiestniť na striedavej strane striedača.

Pri dimenzovaní spínacieho zariadenia je potrebné zohľadniť to, že prípadný skrat je napájaný z distribučnej siete i z vlastnej výroby. Celková veľkosť skratového prúdu teda závisí ako na príspevku zo siete, tak aj z pripájaného zdroja. Pri použití tavných poistiek ako skratovej ochrany NN generátorov je potrebné dimenzovať spínacie zariadenie minimálne podľa vypínacieho rozsahu predradených poistiek. Pre väčšie generátory je všeobecne požadovaný výkonový vypínač.

Vypnutím HRM by nemala byť obmedzená vlastná spotreba zdroja. Na druhej strane, výpadok pomocného napätia pre ochrany a spínacie prístroje musí viesť automaticky k vypnutiu vlastnej výroby.

IV. SIEŤOVÉ OCHRANY

Na zabezpečenie spoľahlivého a bezpečného prevádzkovania DS je potrebné určiť systém chránenia, vypínacie časy, selektivitu a citlivosť ochrán pripájaného zdroja. Opatrenia na ochranu vlastnej výroby je potrebné uskutočniť podľa STN 33 3051 [5]. U zariadení schopných ostrovnej prevádzky je potrebné zabezpečiť i chránenie pri ostrovnej prevádzke. Po vypnutí ochranou smie byť zdroj zapnutý až vtedy, keď je odstránená porucha, ktorá viedla k vypnutiu.

Pre sieťové ochrany pripájaných zdrojov sú sledovanými veličinami napätie a frekvencia. Všeobecne je potrebné použiť elektrické ochrany s funkciami podľa nasledujúcej tabuľky, pričom po dohode s prevádzkovateľom DS je možné upustiť od ochrán druhého stupňa [2].

TABUĽKA I
Sieťové ochrany zdrojov

Ochranná funkcia	Rozsah nastavenia	Príklad nastavenia	
Podpätie 1. stupeň $U <$	$0,7 \div 1,0 U_n$	$90 \% U_n$	0,5 s
Podpätie 2. stupeň $U <<$	$0,7 \div 1,0 U_n$	$80 \% U_n$	0,1 s
Nadpätie 1. stupeň $U >$	$1,0 \div 1,2 U_n$	$110 \% U_n$	0,5 s
Nadpätie 2. stupeň $U >>$	$1,0 \div 1,2 U_n$	$120 \% U_n$	0,1 s
Podfrekvencia 1. stupeň $f <$	$48 \div 50 \text{ Hz}$	49,8 Hz	0,5 s
Podfrekvencia 2. stupeň $f <<$	$48 \div 50 \text{ Hz}$	49,5 Hz	0,1 s
Nadfrekvencia $f >$	$50 \div 52 \text{ Hz}$	50,2 Hz	0,5 s

Pre ochrany zdrojov s fázovými prúdmi do 16 A prevádzkovaných paralelne s distribučnou sieťou NN, na ktoré sa vzťahuje EN 50438 [6], platí nasledovná tabuľka.

TABUĽKA II
Požiadavky na ochrany zdrojov do 16 A v NN sieti

Parameter	Maximálne nastavenie pre vypnutie	Maximálne vypínacie časy
Podpätie	230 V – 15 %	0,2 s
Nadpätie	230 V + 15 %	0,2 s
Podfrekvencia	49,5 Hz	0,2 s
Nadfrekvencia	50,5 Hz	0,2 s

U trojfázových generátorov pripojených na trojfázovú sieť vedie nerovnováha medzi výrobou a spotrebou činného výkonu k zmene otáčok a tým i frekvencie, zatiaľ čo nerovnováha medzi vyrobenou a spotrebovanou jalovou energiou je spojená so zmenou napätia. Preto musí u týchto generátorov byť sledovaná frekvencia aj napätie [3].

Kontrola napätia je potrebná trojfázová, aby bolo možné s istotou rozpoznať aj jednopólové poklesy napätia. Preto aj podpät'ová a nadpät'ová ochrana musí byť trojfázová. Podfrekvenčná a nadfrekvenčná ochrana môže byť jednofázová.

Oneskorenie vypínania podpät'ovou a nadpät'ovou ochranou musí byť krátke, aby ani pri rýchlych zmenách napätia nedošlo ku škodám na zariadeniach ďalších odberateľov alebo na zariadení vlastnej výroby.

Generátory pripojené cez striedače nereagujú na nevyrovnanú bilanciu činného výkonu automaticky zodpovedajúcou zmenou frekvencie. V tomto prípade teda postačuje podpät'ová a nadpät'ová ochrana.

Počas opätovného zapínania (OZ) dochádza po beznapät'ovej pauze k automatickému znovuzapnutiu. Synchronne generátory sú proti zapnutiu v protifáze chránené okamžitým odpojením vlastnej výroby. Tieto ochrany pre okamžité vypnutie pri OZ (relé na skokovú zmenu vektora napätia a výkonu, príp. smerová nadprúdová ochrana) nie sú náhradou za požadované napät'ové a frekvenčné ochrany. Pri ich nastavení je potrebné brať do úvahy reakciu na kolísanie zaťaženia daného zdroja a prechodné javy v sieti.

Na vymedzenie časti zariadení so zemným spojením môže byť požadované vybavenie zemným smerovým relé, ktoré má byť zapojené iba na signalizáciu.

Pri fotovoltických NN zdrojoch pripojených u odberateľa typu domácnosť nie je nutná samostatná sieťová ochrana, ak použitý striedač umožňuje nastaviť napät'ové a frekvenčné ochranné funkcie podľa požiadaviek prevádzkovateľa DS.

Spínacie zariadenia a ochrany musia byť pred pripojením zdroja do DS a následne v pravidelných intervaloch podrobované funkčným skúškam. Tieto realizuje odborný pracovník a výsledok je zdokumentovaný skúšobným protokolom. Na realizáciu funkčných skúšok ochrán je potrebné zriadiť rozhranie, napr. svorkovnicu s pozdĺžnym delením a skúšobnými svorkami.

Prevádzkovateľ zdroja je sám povinný zaistiť, aby spínania, kolísanie napätia, krátkodobé prerušenia pri OZ alebo iné prechodné javy v sieti nevedli k škodám na jeho zariadeniach. S prevádzkovateľom DS je potrebné taktiež dohodnúť, ktoré ochrany budú zaplombované.

Požiadavky na ochrany a automatiky pre zdroje nad 5 MVA

Generátorové agregáty s inštalovaným výkonom 5 MVA a viac pracujú obyčajne v bloku s transformátorom, majú taktiež transformátor vlastnej spotreby a budič. Nasledujúca tabuľka uvádza prehľad ochrán, ktoré sa používajú pri chránení takéhoto bloku [2].

TABUĽKA III
Ochrany elektrických zariadení v blokoch nad 5 MVA

Ochrana	Generátor	Blokový transf.	Odbočkový transf.	Budič
Rozdielová skratová	N, 1	N	N	N
Dištančná skratová	N	-	N	N
Nadprúdová skratová	N	-	-	-
Preťaženie	N	-	N, 4	N
Napäťová	N, 2	-	-	-
Závitová	N, 3	-	-	-
Nesymetria	N	-	-	-
Strata budenia	N	-	-	-
Asynchrónny chod	O	-	-	-
Spätňý výkon	N	-	-	-
Zemná statorová	N	-	-	N
Zemná rotorová	N	-	-	N
Ložiskové prúdy	N	-	-	-
Frekvenčná	N	-	-	-
Kostrová	-	N	-	-
Plynové relé	-	N	N	-

Legenda k Tab. III:

N – nutná ochrana,

O – odporúčaná ochrana,

1 – dve ochrany bloku a generátora (vzájomná záloha),

2 – dve ochrany (vzájomná záloha),

3 – pri paralelných vetvách statora alternátora,

4 – pred transformátorom i za ním.

Každý zdroj nad 5 MVA musí mať pre zabezpečenie stability v sústave navyše nainštalované automatiky:

- opätovného zapínania,
- zlyhania vypínača,
- diaľkového vypnutia vypínača,
- prepínania spojovacích ciest ochrán,
- prepínania regulácie výkonu od zmeny frekvencie,
- na diaľkovú reguláciu výkonu,
- na diaľkovú reguláciu napätia,
- na zabezpečenie prechodu na vlastnú spotrebu pri havarijných frekvenciách.

Opätovné zapínanie zdroja

Pre zdroje v sieti NN platí, že pred zapojením do DS zariadenie zdroja meria, či sa sieťové napätie a sieťová frekvencia počas doby 30 s nachádzajú v rozsahu stanovenom v Tab. I alebo Tab. II. Po odpojení sa opätovné zapínanie zdroja realizuje tým istým spôsobom. Pri odpojení z dôvodu krátkého prerušenia (automatické OZ alebo iné krátkodobé prerušenie do 3 s) sa zdroj smie opätovne zapnúť až potom, ak sa sieťové napätie a frekvencia nachádzali 5 s bez prerušenia v rozsahu podľa vyššie uvedených tabuliek.

Pre zdroje pripojené do siete VN je ich opätovné zapnutie možné len v prípade, že sieťové napätie a sieťová frekvencia sa počas doby

15 minút nachádzajú v rozmedzí stanovenom v technických podmienkach pripojenia prevádzkovateľa DS.

Pre zdroje pripojené do siete VVN platia ustanovenia dohodnuté s prevádzkovateľom DS. Pre zdroje samostatne pripojené do VN vývodu elektrickej stanice sú predpísané konkrétne hodnoty časového oneskorenia pre opätovné pripojenie zdroja do DS. Pri opakovanom odpojení (odstávke) je prevádzkovateľ zdroja povinný hlásiť túto skutočnosť prevádzkovateľovi DS.

V. ZÁVER

Jednou z možností pokrytia nárastu spotreby elektriny je zvyšovanie podielu obnoviteľných decentralizovaných zdrojov elektriny. Aj keď v energetickej bilancii Slovenska majú tieto zdroje zatiaľ zanedbateľný podiel, záujem investorov o ich budovanie je veľmi vysoký a dosahuje rádovo GW. Aby tieto zdroje svojim spätým pôsobením neovplyvňovali negatívne sústavu a jej používateľov, boli stanovené podmienky pre pripájanie zdrojov na výrobu elektriny do distribučnej sústavy. V príspevku sú analyzované pripojovacie podmienky pre decentralizované zdroje v rámci Slovenska, medzi ktoré patria aj požiadavky kladené na sieťové ochrany pripájaných zdrojov.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Centrum výskumu účinnosti integrácie kombinovaných systémov obnoviteľných zdrojov energií, s kódom ITMS: 26220220064, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Európska únia
Európsky fond regionálneho rozvoja



Operačný program
VÝSKUM a VÝVOJ



Agentúra
Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR
pre štrukturálne fondy EÚ



Centrum
VUKONZE
TECHNICKÁ UNIVERZITA V KOŠICIACH

Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ.

LITERATÚRA

- [1] HVIZDOŠ, M. – TKÁČ, J. – RUSNÁK, J.: *Spolupráca decentralizovaných zdrojov elektriny s elektrizačnou sústavou*. In: Alternatívne zdroje energie ALER 2008, ŽU Liptovský Mikuláš, 2008, s. 91-100. ISBN 978-80-8070-912-9
- [2] Východoslovenská distribučná: *Technické podmienky prevádzkovateľa distribučnej sústavy*, Košice, 2010.
- [3] ZSE Distribúcia: *Technické podmienky prevádzkovateľa distribučnej sústavy*, Bratislava, 2009.
- [4] VARGA, P.: *Kogeneračná výroba s využitím bioplynu*. Diplomová práca, TU v Košiciach, 2011.
- [5] STN 333051:1992, *Ochrany elektrických strojov a rozvodných zariadení*.
- [6] STN EN 50438:2008, *Požiadavky na pripojenie mikrogenerátorov paralelne s nízkonapäťovou verejnou distribučnou sieťou*.

ADRESA AUTORA

Marek Hvizdoš, Technická univerzita v Košiciach, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská republika, Marek.Hvizdos@tuke.sk