

Ľubomír Beňa, Michal Kolcun, Dušan Medveď, Zsolt Čonka, Jozef Király, Marek Pavlík

Zabezpečenie autonómneho napájania vlastnej spotreby elektrickej stanice využitím hybridného systému

Abstrakt: Prevádzkovanie dieselgenerátorov ako záložných zdrojov pre zabezpečenie napájania vlastnej spotreby elektrických staníc sa javí byť čoraz náročnejšie z hľadiska ekonomiky prevádzky a tiež vplyvu na životné prostredie. Prevádzkovatelia elektrických staníc preto zvažujú o rôznych alternatívnych možnostiach náhrady týchto zdrojov. Jednou z možností je využitie hybridného systému na báze spolupráce fotovoltaických zdrojov energie a batériového systému. V predložení článku je uvedený návrh tohto spôsobu riešenia spolu s jeho technicko-ekonomickou analýzou.

Kľúčové slová: elektrická stanica; hybridný systém; vlastná spotreba

Abstract: The operation of diesel generators as back-up sources to ensure power supply for the own consumption of electrical stations appears to be increasingly demanding in terms of the economy of operation and also the impact on the environment. Operators of electric stations are therefore considering various alternative options for replacing these sources. One of the possibilities is the use of a hybrid system based on the cooperation of photovoltaic energy sources and a battery system. In the presented article, the proposal of this method of solution is presented together with its technical and economic analysis. **(Ensuring the autonomous power supply of the electric station's own consumption by using a hybrid system)**

Keywords: electrical station; hybrid system; own consumption

I. ÚVOD

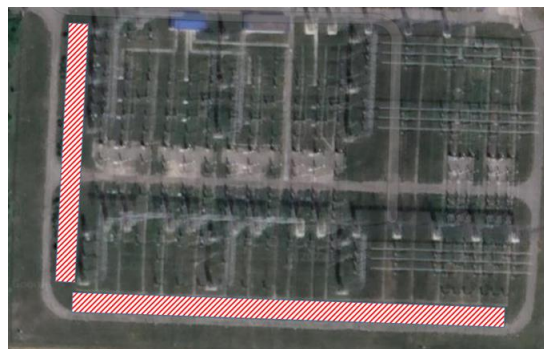
Prevádzka dieselgenerátorov ako aktuálne používaných záložných zdrojov pre zabezpečenie napájania vlastnej spotreby elektrických staníc sa javí byť náročnou z hľadiska ekonomiky prevádzky a tiež vplyvu na životné prostredie [1-3]. V literatúre [4] boli podrobnejšie popísané jednak technické ako aj ekonomické nevýhody tohto riešenia. Prevádzkovatelia elektrických staníc z tohto dôvodu zvažujú o alternatívnych možnostiach náhrady súčasne používaného záložného zdroja. V predložení článku je predstavený koncepčný návrh alternatívneho riešenia náhrady dieselgenerátorov pri napájaní vlastnej spotreby typickej elektrickej stanice 400/100 kV využitím hybridného systému založenom na spolupráci fotovoltaických zdrojov energie a batériového systému.

II. NÁVRH TECHNICKÉHO RIEŠENIA HYBRIDNÉHO SYSTÉMU

Ako jeden z možných variantov zabezpečenia autonómnej prevádzky napájania vlastnej spotreby je variant s využitím fotovoltaickej elektrárne na voľnom priestranstve (vyšrafovaná oblasť na Obr. 1) elektrickej stanice 400/110 kV s uchovaním elektrickej energie v batériovom úložisku.

V prípade, že by vyrobená elektrická energia z fotovoltaickej elektrárne pokrývala aktuálnu spotrebu vlastnej spotreby elektrickej stanice a batériové úložisko by bolo plne nabité, prebytok môže byť použitý pre krytie strát v prenosovej sústave.

Vzhľadom na dispozíciu elektrických zariadení v uvažovanej elektrickej stanici, pre umiestnenie fotovoltaických panelov pripadajú do úvahy dve plochy: 242 m x 7,5 m (rozloha 1815 m²) a 141 m x 8,4 m (rozloha: 1184,4 m²).



Obr. 1 Plochy pre umiestnenie fotovoltaických panelov v elektrickej stanici

Na daných miestach budú navrhované fotovoltaické panely s týmito parametrami:

- typ: monokryštalický,
- nominálny výkon: 450 Wp,
- napätie naprázdno: 49,3 V,
- maximálny prevádzkový prúd: 17,25 A,
- maximálny skratový prúd: 11,6 A,
- účinnosť: 20,72 %,
- prevádzková teplota: -40 až +85°,
- ochrana proti požiaru: Trieda C (IEC 61730),
- rozmery: 2094 x 1038 x 36 mm,
- hmotnosť: 22,5 kg,

Fotovoltaické panely budú pripojené k sieti pomocou striedačov s parametrami:

- maximálny výkon na DC strane: 55 kW,

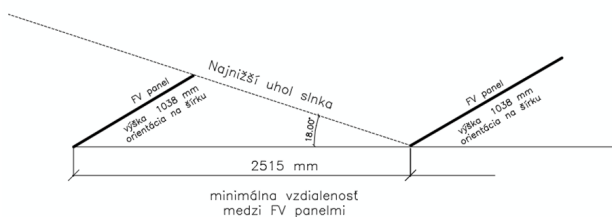
- maximálne vstupné napätie: 1 000 V,
- rozsah MPPT regulátora: 200-930 V,
- štartovacie napätie 200 V,
- maximálny vstupný prúd: 72 A,
- počet MPPT: 3,
- počet stringov na MPPT: 12,
- ochrana: IP66.

Ďalej je potrebné uvažovať so zabránením vzájomného tienenia fotovoltaických panelov, preto je potrebné určiť minimálnu vzdialenosť medzi nimi. Vstupným parametrom pre určenie vzájomnej vzdialenosti je najnižší uhol Slnka. Na zistenie najnižšieho uhla slnečného svitu sa vychádzalo zo zemepisnej šírky v lokalite umiestnenia zdroja, t.j. 48,7°. V deň zimného slnovratu dopadajú slnečné lúče kolmo na obratník Kozorožca (23°50'), čiže pod 90° uhlom, čo je najnepriaznivejší stav. Na základe týchto údajov je možné vypočítať hodnotu najnižšieho uhla slnečného svitu, a to: $90^\circ - 48,7^\circ - 23,5^\circ = 17,8^\circ$.

Na základe týchto parametrov:

- rozmer fotovoltaického panela: 2094 x 1038 x 36 mm,
- orientácia fotovoltaického panela: na šírku,
- výpočtu najnižšieho uhla slnečného svitu: 18°,
- uhla naklonenia fotovoltaického panela 30°,

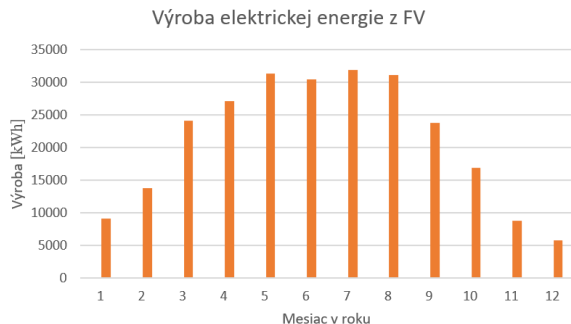
je možné vypočítať minimálnu vzdialenosť medzi dvoma fotovoltaickými panelmi, ktorá je zobrazená na Obr. 2, t.j. 2515 mm.



Obr. 2 Minimálna vzdialenosť medzi fotovoltaickými panelmi

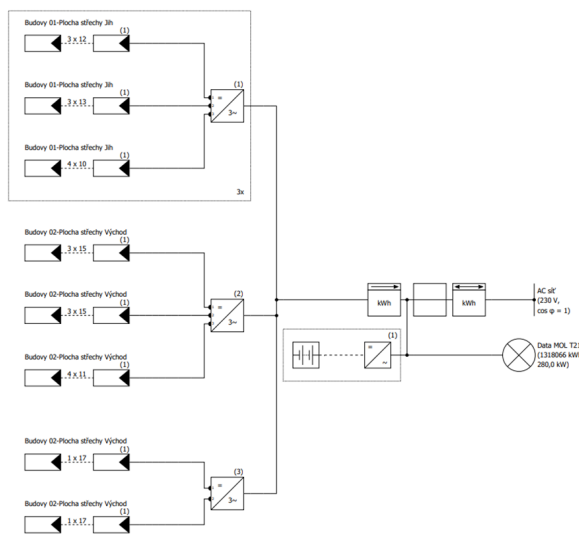
Na ploche zobrazenej na Obr. 1 je možné pri vyššie popísanej konfigurácii umiestniť celkovo 513 fotovoltaických panelov s celkovým inštalovaným výkonom 230,85 kWp na dvoch plochách. Na väčšej ploche je možné inštalovať celkovo 345 fotovoltaických panelov s celkovým výkonom 155,25 kWp, na menšej ploche 168 fotovoltaických panelov s celkovým výkonom 75,6 kWp.

Na Obr. 3 je zobrazený priebeh výroby elektrickej energie z fotovoltaickej elektrárne počas roka.



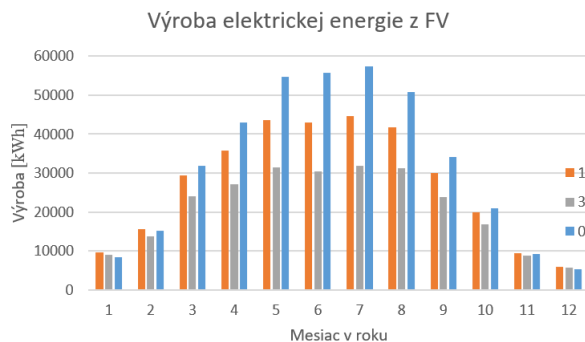
Obr. 3 Výroba elektrickej energie z FV elektrárne v elektrickej stanici

Celková schéma zapojenia hybridného systému je zobrazená na Obr. 4.



Obr. 4 Schéma zapojenia hybridného systému

Podobným spôsobom boli vypočítané ďalšie varianty konfigurácie fotovoltaickej elektrárne pre sklon panelov 0° a 15°. Znížením sklonu fotovoltaických panelov je možné umiestniť fotovoltaické panely bližšie k sebe a ich počet sa na uvažovanej ploche zvýši. Inštalovaný výkon pri sklone 15° je 312,3 kW a pri sklone 0° je to 407,25 kWp. Znížením sklonu fotovoltaických panelov sa teda zvýši celkové množstvo vyrobenej elektrickej energie. Pre porovnanie, na Obr. 5 je zobrazená celková vyrobena elektrická energia počas roka pre všetky varianty. Zvýšením počtu panelov sa síce zvýši množstvo vyrobenej elektrickej energie, avšak na druhej strane sa adekvátne zvýšia investičné náklady.



Obr. 5 Porovnanie výroby elektrickej energie z FV elektrárne pre rôzne sklony panelov

V Tab. I je možné vidieť, v ktorých mesiacoch a ktorý variant dokáže svojou výrobou elektrickej energie pokryť vlastnú spotrebu elektrickej stanice. Tá sa uvažuje na úrovni 1 288 kWh za deň.

Pre variant so sklonom 30° platí, že toto usporiadanie fotovoltaických panelov nedokáže pokryť vlastnú spotrebu elektrickej stanice ani v jednom mesiaci v roku. Usporiadanie so sklonom 15° ju dokáže pokryť v mesiacoch od mája do augusta – t.j. 4 mesiace v roku. Pri sklone 0° je to 6 mesiacov v roku a to od apríla do septembra.

TABUĽKA I
 Percentuálne pokrytie vlastnej spotreby v jednotlivých mesiacoch výroby z hybridného systému

Mesiac	Energetický výnos FVE (AC sieť)		
	15°	30°	0°
Január	24%	23%	21%
Február	44%	39%	43%
Marec	75%	62%	82%
Apríl	97%	74%	117%
Máj	119%	86%	150%
Jún	124%	88%	160%
Júl	124%	89%	159%
August	114%	86%	140%
September	85%	67%	106%
Október	51%	43%	54%
November	25%	23%	24%
December	15%	14%	13%

Z výsledkov simulácií a výpočtov vyplýva, že najvhodnejším variantom pre parametre vlastnej spotreby je variant so sklonom 0°. Pre tento variant sú však potrebné najvyššie investičné náklady a to približne 355 826 €. Je to dané vyšším počtom fotovoltaických panelov. Investičné náklady zahŕňajú cenu fotovoltaických panelov, konštrukcie fotovoltaických panelov a kabeľáže. Jednotlivé orientačné položky pre všetky varianty sú zobrazené v Tab. II.

TABUĽKA II
 Porovnanie investičných nákladov jednotlivých variantov

sklon panelov	30°	15°	0°
počet FV panelov	513	694	905
inštalovaný výkon	230,85 kWp	312,3 kWp	407,25 kWp
cena FV panelov	76 950 €	104 100 €	135 750 €
cena konštrukcie	102 600 €	138 800 €	199 100 €
cena kabeľáže	15 113 €	15 789 €	20 976 €
SPOLU	194 663 €	258 689 €	355 826 €

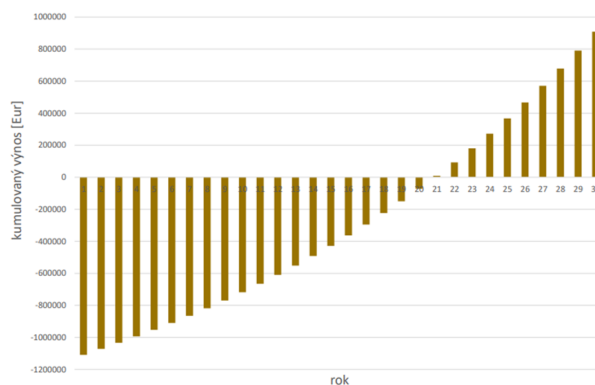
III. URČENIE EKONOMICKEJ NÁVRATNOSTI NAVRHNUTÝCH RIEŠENÍ

Pri určení ekonomickej návratnosti hybridného systému napájania vlastnej spotreby sa vychádzalo z predpokladu, že vlastná spotreba bude krytá výrobou energie z fotovoltaickej elektrárne v spolupráci s batériovým systémom, pričom v prípade prebytkov výroby bude táto energia použitá pre krytie strát v prenosovej sústave.

Pri výpočte návratnosti sa uvažuje:

- s investičnými nákladmi na fotovoltaický systém (sklon panelov 0°): cca 356 000 €, batériové úložisko (vrátane uvedenia do prevádzky): cca 790 000 €,
- s nákladmi súvisiacimi s prevádzkou batériového úložiska (inšpekcia, údržba): cca 1800 €/rok (od 3. roku prevádzky),
- s úsporami vo výške nákupu elektriny pre vlastnú spotrebu elektrických staníc a na krytie strát v prenosovej sústave, pričom variantne boli vypočítané pre nasledovné jednotkové ceny elektrickej energie: 60 €/MWh, 100 €/MWh, 200 €/MWh a 300 €/MWh s 5 % ročným rastom,
- s účinnosťou nabíjania batériového systému 89 %,
- so znižovaním účinnosti fotovoltaických panelov o 0,8 % ročne.

Obr. 6 zobrazuje priebeh kumulovaných výnosov za jednotlivé roky prevádzky systému pre jednotkovú cenu elektrickej energie 100 €/MWh s 5 % ročným rastom. Ako je možné vidieť, návratnosť investície pri cene elektrickej energie 100 €/MWh predstavuje cca 20 rokov.



Obr. 6 Priebeh kumulovaných výnosov pri cene 100 € za MWh

V prípade uvažovania ceny 60 €/MWh vyjde návratnosť 29 rokov, pri 200 €/MWh je to 12 rokov a pri 300 €/MWh len 8 rokov.

IV. ZÁVER

V príspevku bol predstavený koncepčný návrh riešenia náhrady dieselgenerátorov ako záložných zdrojov elektrickej energie pre napájanie vlastnej spotreby elektrických staníc pri výpadku hlavného napájania. Ako alternatíva tohto riešenia bola navrhnutá spolupráca fotovoltaickej elektrárne s umiestnením panelov na voľnej ploche areálu elektrickej stanice s batériovým systémom.

Pre maximálne využitie voľnej plochy je najvýhodnejším riešením variant so sklonom fotovoltaických panelov 0°, čo umožní nainštalovať výkon 407,25 kWp. V spolupráci s batériovým systémom umožňuje tento variant plne autonómnu prevádzku zabezpečenia vlastnej spotreby v priebehu cca 6 mesiacov. V prípade prebytkov výroby môže byť táto energia použitá pre krytie strát v prenosovej sústave.

Ekonomická návratnosť tejto investície závisí od výkúpnej ceny energie pre vlastnú spotrebu elektrických staníc a na krytie strát v prenosovej sústave, pričom pri cenách do 100 €/kWh presahuje 20 rokov, čo sa vzhľadom na životnosť zariadení javí ako nenávratná investícia. V prípade ceny nad 100 €/kWh je návratnosť nižšia ako 20 rokov - napr. 12 rokov pri cene 200 €/kWh, resp. 8 rokov pri cene 300 €/kWh, čo možno pokladať za ekonomicke zaujímavú investíciu.

POĎAKOVANIE

Táto publikácia bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-19-0576: Sebestačnosť elektroenergetiky v podmienkach liberalizovaného trhu s elektrinou.

LITERATÚRA

- [1] Varga, L., Ilenin, S.: Rozvodné zariadenia. PRO, s.r.o. Banská Bystrica, 143 s., 2007, ISBN: 978-80-89057-17-7
- [2] Shavolkin, O., Shvedchikova, I., Kolcun, M., Medved', D.: Improvement of the Grid-Tied Solar-Wind System with a Storage Battery for the Self-Consumption of a Local Object. *Energies* 2022, 15, 5114. <https://doi.org/10.3390/en15145114>
- [3] Košícký, T., Beňa, L., Kolcun, M.: Optimalizácia nasadenia systémov akumulácie elektrickej energie. In: *Elektroenergetika*. Roč. 8, č. 1, 2015, s. 15-19., ISSN 1337-6756 Spôsob prístupu: <http://jeen.fe.i.tuke.sk/index.php/jeen/article/view/353>
- [4] Beňa, L., Kolcun, M., Medved', D., Čonka, Zs., Király, J., Pavlík, M.: Alternatívne riešenie napájania vlastnej spotreby elektrickej stanice využitím batériového úložiska. In: *Elektroenergetika*. Roč. 16, č. 1, 2023, s. 1-3, ISSN 1337-6756 Spôsob prístupu: <http://jeen.fe.i.tuke.sk/index.php/jeen/article/view/532/596>

ADRESY AUTOROV

doc. Ing. Lubomír Beňa, PhD., Technická Univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 042 10, Slovenská Republika, lubomir.bena@tuke.sk

Dr.h.c. prof. Ing. Michal Kolcun, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 042 10, Slovenská Republika, michal.kolcun@tuke.sk

doc. Ing. Dušan Medved', PhD., Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 042 10, Slovenská Republika, dusan.medved@tuke.sk

doc. Ing. Zsolt Čonka, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 042 10, Slovenská Republika, zsolt.conka@tuke.sk

Ing. Jozef Király, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 042 10, Slovenská Republika, jozef.kiraly@tuke.sk

Ing. Marek Pavlík, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 042 10, Slovenská Republika, marek.pavlik@tuke.sk