

Dušan Medved', Michal Kolcun, Marek Pavlík, Jozef Király

## Nabíjacie stanice s konštantným výkonom v spolupráci s fotovoltickou elektrárnou

Tento príspevok sa zaoberá stanovením energetickej bilancie nabíjajúcich staníc, ktorých odber je počas dňa konštantný a ktoré využívajú ako jeden z napájajúcich zdrojov fotovoltickú elektráreň. Cieľom príspevku je poukázať na skutočnosť, kde vhodnou skladbou záťaží, čo v tomto prípade predstavuje nabíjanie batérií, môže prispieť k stabilnému chodu elektrickej siete. Záťaž s konštantným odoberaným výkonom v rámci jedného dňa tak z dlhodobého hľadiska predstavuje ľahkopredikovateľný prvok v ES. Na vykrytie dodávky elektrickej energie bude pre účely tohto príspevku použitý fotovoltický zdroj s premenlivým výkonom daným iradiačnou krivkou. Simulácie boli realizované v prostredí Matlab / Simulink s hodinovou diskretizáciou počas vybraného mesiaca v roku.

**Kľúčové slová:** dynamická záťaž, konštantná záťaž, fotovoltická elektráreň, nabíjanie batérií

This paper deals with the determination of the energy balance of charging stations, the consumption of which is constant during the day and which use a photovoltaic power plant as one of the power sources. The aim of the paper is to point out the fact where a suitable composition of loads, which in this case represents the charging of batteries, can contribute to the stable operation of the electricity network. The load with a constant power consumption within one day thus represents an easily predictable element in the PS in the long-period. For the purposes of this paper, a photovoltaic source with a variable power given by the irradiation curve will be used to cover the supply of electricity. The simulations were performed in the Matlab / Simulink environment with hourly discretization during the selected month of the year.

**Keywords:** dynamic load, constant load, photovoltaic power plant, battery charging

### I. ÚVOD

V súčasnosti je možné pozorovať široké uplatnenie batérií v rôznych oblastiach, či už priemyslu alebo v domácnostiach. Ich využívanie je už natoľko rozšírené, že ich v niektorých aplikáciách už nevieme nahradiť inou alternatívou. Nabíjanie batérií počas dňa so sebou môže prinášať v širšom ponímaní aj nepriaznivé odozvy na napájajúcu sieť. Jedným z takýchto vplyvov je prudký nárast spotreby počas jednotlivých častí dňa, čo nesie so sebou aj prudký pokles napätia v daných uzloch siete. Takýto pokles napätia v sieti, ktorý nebol vopred predikovaný, navyšuje požiadavky dodávateľa elektrickej energie zabezpečiť dostatočnú energiu v prípade prudkých nárastov spotreby. Cena nabíjania sa tak v prípade dynamickej ceny na trhu navyšuje.

Jednou z možností, ako znížiť potrebu rýchlej regulácie, je použiť konštantnú záťaž, resp. záťaž, ktorá má v určitých intervaloch dňa požadovanú hodnotu impedancie, čím sa zabezpečí odber s konštantným výkonom. Takouto záťažou môže byť súbor batérií, ktoré je potrebné nabiť (napr. typizované 2, 3, 5, 10 kWh batérie používané vo viacerých aplikáciách, ako sú UPS, elektrovozidlá, kompenzácie výkonu v sieti, a iné). Ich nabíjanie bude riadené regulátorom nabíjania tak, aby počas vybraného časového úseku (napr. hodina, deň) bol súhrnný nabíjací výkon konštantný. Takýmto spôsobom sa zabezpečí nabíjanie na požadovaný výkon. Jednou z nevýhod takéhoto nabíjania je potreba mať väčší počet batérií, pretože niektoré batérie budú v prevádzke, iné budú pripravené na nabíjanie alebo sa budú nabíjať. Ďalším technickým prvkom je, že takýto tým batérií musí byť ľahko vyberateľný, manipulovateľný a predpokladá sa aj ľahká modulárnosť batérií pre viaceré aplikácie.

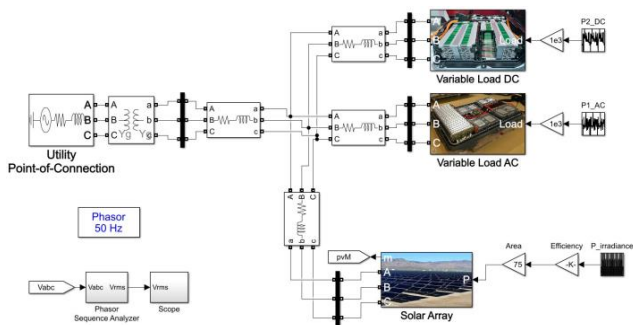
Nabíjanie jednosmerných a striedavých záťaží, pri využití fotovoltického zdroja a distribučnej sústavy, bude uvedené v ďalšej časti tohto príspevku.

### II. PRÍPADOVÁ SIMULÁCIA

Ako už bolo vyššie uvedené, pre účely tohto príspevku bola vybraná 13,8 kV nadradená sústava, ktorá predstavovala distribučnú sústavu (DS). Cez distribučný transformátor bolo napätie z DS transformované na napätie 0,4 kV (sieť nn). Do siete nn boli následne pridané prvky, ako sú fotovoltická elektráreň (inštalovaný výkon 22 kWp), ktorej výkon sa počas dňa menil podľa iradiačnej krivky. Ďalšími prvkami siete boli vedenia, ktoré predstavovali káblové pripojenie od distribučného transformátora k prvkom ES. Medzi záťažou s konštantným výkonom počas dňa boli zahrnuté 2 typy záťaží, pričom prvá záťaž predstavovala záťaž typu AC (stredný výkon odoberaný počas dňa 18,7 kW) a druhá záťaž bola typu DC (využitím usmerňovača AC/DC, čo tvorilo rýchle nabíjanie; stredný výkon počas dňa 21,5 kW).

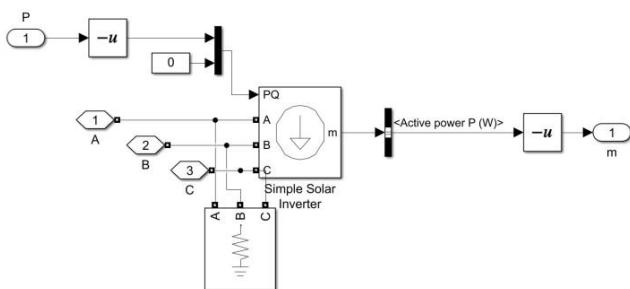
V príslušných uzloch boli snímané výkonové pomery (dodávaný, odoberaný výkon) ako aj zmena frekvencie pri pripojení záťaže. Výsledky simulácií je možné vidieť na nasledujúcich obrázkoch.

Na obrázku 1 je vidieť zapojenie v prostredí Simulink.



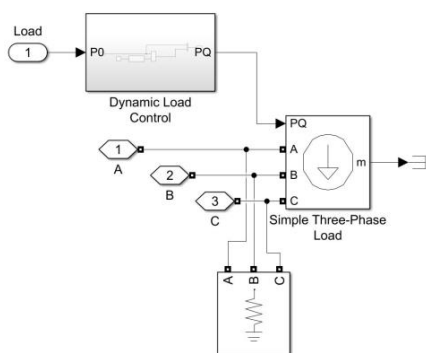
Obr. 1. Schéma zapojenia zostavy, DS, distribučný transformátor, fotovoltaická elektrárňa, AC a DC záťaž

Model fotovoltaickej elektrárne (FV) predstavoval sumárny inštalovaný výkon 22 kWp. Elektrárňa pracuje na základe dodávanej energie zo slnka, ktorú predstavuje načítavanie hodnôt iradiencie pre príslušný deň. Keďže hodnoty iradiencie boli zadané v jednotkách, boli pridané prvky násobenia  $10^3$ , následne táto hodnota bola vynásobená účinnosťou FV panelov (15 %) a počtom metrov štvorcových inštalovaných v jednotlivých paneloch (v tomto prípade 75 m<sup>2</sup>). Vnútročné zapojenie FV elektrárne je uvedené na obrázku 2.



Obr. 2. Vnútročné zapojenie fotovoltaickej elektrárne v prostredí Simulink

Model záťaže predstavoval 3-fázový zdroj so záporným výkonom (teda spotrebič). Keďže hodnota záťaže sa každý deň menila (bola zvolená stredná hodnota výkonu pre príslušný deň), načítavanie týchto hodnôt prebiehalo s hodinovou diskretizáciou, kde pre tento prípad bola zvolená rovnaká hodnota (stredná hodnota) výkonu pre daný deň. Vnútročné zapojenie záťaže (DC aj AC) je uvedené na obrázku 3.

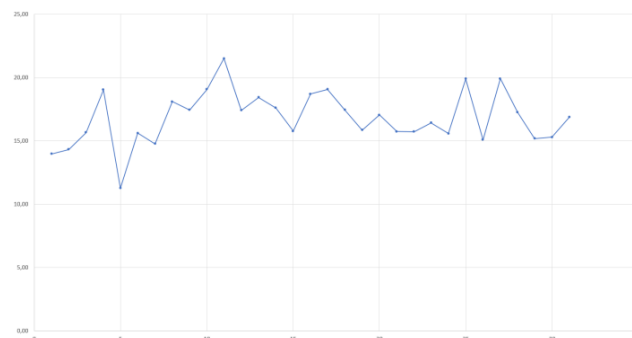


Obr. 3. Vnútročné zapojenie záťaže v prostredí Simulink

Zobrazenie príslušných priebehov pre AC a DC nabíjanie (pre príslušné dni) je uvedené na obrázku 4 a 5.



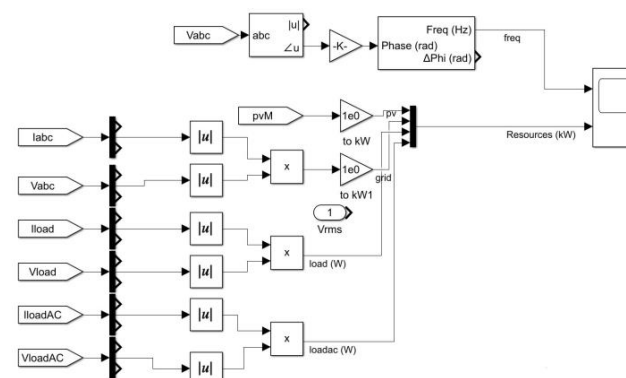
Obr. 4. Priebeh nabíjania AC záťaži počas vybraného mesiaca (x-ová os dni v mesiaci; y-ová os odoberaný stredný výkon v kW)



Obr. 5. Priebeh nabíjania DC záťaži počas vybraného mesiaca (x-ová os dni v mesiaci; y-ová os odoberaný stredný výkon v kW)

### III. VÝSLEDKY SIMULÁCIE

Nakoľko pre predmetnú simuláciu bolo potrebné realizovať meranie vybraných veličín, boli realizované merania výkonov (prúdov a napätí s ich následným vyčíslením pre zobrazenie výkonu) v jednotlivých uzloch, ako aj zmena frekvencie spôsobená pripájaním, resp. odpojaním záťaží. Frekvencia bola snímaná v uzle dodávateľa energie (DS). Vnútročné zapojenie prvkov merania a zobrazenia hodnôt je uvedené na obrázku 6.

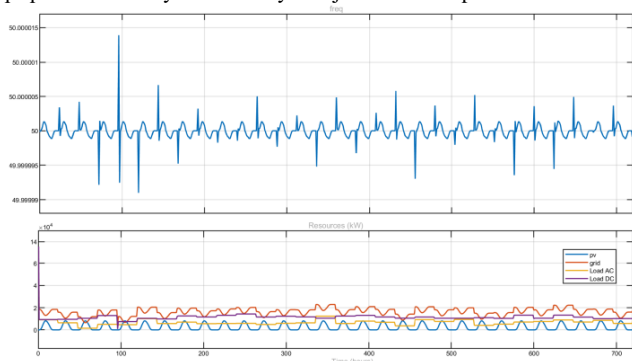


Obr. 6. Vnútročné zapojenie merania a zobrazenia hodnôt v prostredí Simulink

Výsledné hodnoty nameranej frekvencie v uzle za distribučným transformátorom je uvedené na obrázku 7 (hore). Ako je vidieť z priebehu, frekvencia oscilovala okolo hodnoty 50 Hz, nakoľko je v danej simulácii využitý tvrdý zdroj a zmeny, ktoré realizovali FV zdroj a obidve záťaže nepredstavovali veľké zmeny v dodávke, resp. odbere energie. Je možné preto deklarovať, že vplyv takýto záťaží so

stálym stredným odoberaným výkonom počas dňa nemá zásadný vplyv na zmenu frekvencie v sieti.

Čo sa týka zmien v odoberanom a dodávanom výkone, je možné dané priebehy výkonov počas príslušných dní (v grafe na x-ovej osi sú uvedené hodiny za príslušný mesiac) vidieť na obrázku 7 (dole). Najväčšia zmena je pozorovaná po 4. dni, kedy došlo k prudkej zmene odoberaného výkonu (zníženie odoberaného výkonu pre AC, ako aj DC nabíjajúcu stanicu), čo predstavovalo náhle odľahčenie siete a teda aj zníženie dodávaného výkonu z DS. Uvažovaná zmena je však bežná a je možné očakávať, že v prípade odoberania väčších výkonov, bude potrebné zabezpečiť aj ďalší náhradný zdroj, ako bol v tomto prípade uvažovaný fotovoltaický zdroj s  $P_1 = 22$  kWp.



Obr. 7. Priebeh zmeny frekvencie (horný graf); priebehy tokov výkonov v uvažovaných uzloch ES (DS, fotovoltaická elektrárň, AC, DC záťaž)

#### IV. ZÁVER

Tento príspevok sa zaoberal využitím záťaží s konštantným odoberaným výkonom, ktoré predstavovali modulárny systém batérií nabíjaných v určitých častiach dňa. Cieľom príspevku bolo poukázať na skutočnosť, že vhodnou skladbou záťaží, môže prispieť k stabilnému chodu elektrickej siete. Záťaž s konštantným odoberaným výkonom v rámci jedného dňa tak z dlhodobého hľadiska

predstavovala ľahkopredikovateľný prvok v ES. Na vykrytie dodávky elektrickej energie bol pre účely tohto príspevku použitý fotovoltaický zdroj s premenlivým výkonom daným iradičnou krivkou, ako ďalší zdroj, ktorý dodával chýbajúci výkon, čo predstavovala distribučná sieť. Simulácie boli realizované v prostredí Matlab/Simulink s hodinovou diskretizáciou počas vybraného mesiaca v roku. Z výsledkov je vidieť, že záťaž s regulovaným odoberaným výkonom je pre sieť v porovnaní s dynamickou záťažou menším bremenom a vplyv na kvalitatívne ukazovatele elektrickej energie je tak nižší.

#### POĎAKOVANIE

Tento príspevok bol podporený Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-19-0576.

#### LITERATÚRA

- [1] Džmura, J.: *Úvod do stability prenosu elektrickej energie*. Košice: TU Košice, 2012. 85 s. ISBN 978 80 553 1184 5.
- [2] Kolcun, M., Beňa, L., Mészáros, A.: *Optimalizácia prevádzky elektrizačnej sústavy*. 1. vyd., Košice: TU, 2009, 265 s, ISBN 978-80-553-0323-9.
- [3] Mešter, M.: *Výpočet skratových prúdov v trojfázových striedavých sústavách*. Banská Bystrica : PRO, 2005. 94 s. ISBN 80-89057-10-1.
- [4] Reváková, D., Eleschová, Ž., Beláň, A.: *Prechodné javy v elektrizačných sústavách*. 1. vydanie. Bratislava: STU, 2008. 180 s. ISBN 978-80-227-2868-3.
- [5] Szathmáry, P.: *Kvalita elektrickej energie*. 1. vydanie. Bratislava: PRO, 2003. 122 s. ISBN 80-89057-04-7.
- [6] STN EN 60909-0:2003. *Skratové prúdy v trojfázových striedavých sústavách. Časť 0: Výpočet prúdov*. Bratislava: Slovenský ústav technickej normalizácie, 2003.

#### ADRESY AUTOROV

Doc. Ing. Dušan Medveď, PhD., Dr.h.c. prof. Ing. Michal Kolcun, PhD., Ing. Marek Pavlík, PhD., Ing. Jozef Király, PhD., Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika,  
 Dusan.Medved@tuke.sk, Michal.Kolcun@tuke.sk,  
 Marek.Pavlik@tuke.sk, Jozef.Kiraly@tuke.sk