

Fotovoltická elektrárň a jej využitie v koncepte parkoviska na poľnohospodárskom družstve

FEI STU v Bratislave

Ústav elektroenergetiky a aplikovanej elektrotechniky

Autor: Robert Irgel, Spolu autor: Ing. Milan Perný, PhD.

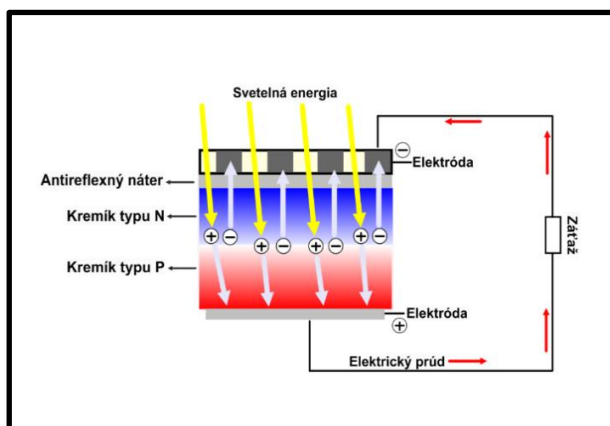
Abstrakt – Práca je zameraná na návrh fotovoltického systému, ktorého fotovoltické panely slúžia ako prístrešok nad parkoviskom. Tento systém tieni na parkovacie miesta a zároveň cez deň generuje elektrickú energiu. V práci sa zameriavame na technické riešenie systému s požiadavkou na čo najmenšie prebytky do siete. V systéme je komponované aj batéiové úložisko aby čo najväčšia časť vyrobenej elektrickej energie bola vlastná spotreba odborného miesta.

1 Úvod

Najväčší zdroj energie na našej planéte Zem je hviezda Slnko, ktorá je v strede našej slnečnej sústavy. Energia zo Slnka dopadá na Zem ako Slnečné žiarenie vo forme elektromagnetického vlnenia.

Slnečná energia je spúšťačom iných foriem energie na Zemi ako napríklad Veterná energia, Vodná energia, Geotermálna energia, Energia biomasy, Energia gravitačných síl, Energia atómových jadier, Energia vesmírneho žiarenia v neposlednom rade teplo.

Slnečnú energiu môžeme využívať vo forme tepelnej energie na ohrievanie povrchu slnečných kolektorov. Slnečný kolektor je zariadenie na premenu slnečnej energie na tepelnú energiu, je súčasťou vykurovacích systémov. Kolektor absorbované slnečné žiarenie vo forme tepelnej energie ukladá do absorpčného média, ktoré slúži na distribúciu vyrobenej tepelnej energie ďalej do systému.



Obr. 1. Fotovoltická premena energie

Ďalšie využitie je premena Slnečnej energie na Elektrickú energiu, ktorej podstatou je fotoelektrický jav. Slnečné žiarenie dopadajúce na polovodič typu PN uvoľňuje elektróny z valenčného pásma atómov polovodiču do vodivostného pásma. Týmto procesom sa zvýši v polovodiči koncentrácia voľných nosičov náboja, a tým sa zvýši aj vodivosť polovodiča. Ak na stranu polovodiča typu P pripojíme kladný pól spotrebiču a na stranu typu N pripojíme záporný pól, tak spotrebič začne konať prácu. To znamená, že v obvode začne tiecť prúd. Zariadenie, ktoré pohltí slnečné žiarenie a procesom fotovoltického javu generuje elektrickú energiu sa nazýva fotovoltický článok.

Fotovoltický panel je pole fotovoltických článkov, ktoré sú elektricky pospájané, uložené na dielektrickej podložke vložené do hliníkového rámu a spreduj časti sú fotovoltické články prekryté sklom. Fotovoltický panel je súčasťou systému fotovoltických elektrární.

2 Fotovoltická elektrárň

Fotovoltická elektrárň je systém na premenu slnečného žiarenia na elektrickú energiu. Podstatná časť tohto systému je fotovoltický panel, ktorý priamo vykonáva energetickú premenu. Vyrobená elektrická energia putuje v systéme do regulátora, ktorý zabezpečuje stabilizáciu napätia generovaného panelmi na 12V alebo 24V. Regulátor taktiež zabezpečuje bezpečné nabíjanie akumulátorového systému. Z regulátora ďalej elektrická energia putuje do striedaču, ktorý zabezpečuje vystriedanie jednosmerného napätia a jeho transformovanie na napäťovú hladinu 400V (združené napätie). Zo striedaču môže elektrická energia putovať do distribučnej sústavy cez blokový transformátor, alebo do siete nízkeho napätia TNS a môže byť spotrebovaná podľa potreby v blízkosti elektrárne napríklad na osvetlenie.

Fotovoltická elektrárň, ktorá je prevádzkovaná pre účely spotreby vyrobenej elektrickej energie na odbornom mieste, ktoré je taktiež výrobným miestom, je definovaná ako lokálny zdroj. Lokálny zdroj nesmie generovať okamžitý 15 minútový činný výkon vyšší ako je rezervovaná kapacita na odbornom mieste, resp. na odovzdávacom mieste. Lokálne zdroje môžeme deliť z konštrukčného hľadiska na inštalácie pozemné, inštalácie na strechy budov, inštalácie na dopravné prostriedky alebo iné inštalácie, medzi ktoré patrí aj inštalácia fotovoltickej elektrárne za účelom vytvoriť z panelov prekrytie parkoviska, ktoré bude plniť účel z viacerých strán. Primárna

úloha tohto systému je generovať elektrickú energiu na účel vlastnej spotreby v blízkosti takéhoto krytého parkoviska. Sekundárna úloha je vytvorenie úkrytu automobilov pred dažďom a taktiež pred Slnkom, takže vytváranie tieňa na parkovacie miesta.

Fotovoltaická elektrárňa v koncepte strešného parkoviska by v dnešnej dobe mohla byť inštalovaná na nespočetnom množstve parkovísk pri nákupných centrách a elektrická energia by bola vyrábaná v dostupnejšej časti v blízkosti jej spotrebiteľov priamo v mestách či obciach. Parkoviská v mestách majú veľkú plochu, ktorá by mohla byť využitá nie len ako parkovacie miesta, ale aj ako základ pre postavenie fotovoltaickej elektrárne v koncepte strešného parkoviska, ktorá by generovala elektrickú energiu. Pred výstavbou fotovoltaických elektrární pozemného typu sa musí veľká časť zeme upraviť do požadovaného stavu. Ak by sme však chceli postaviť elektrárňu na parkovisku, tak nemusíme plochu špeciálne upravovať.

2.1 Časti fotovoltaickej elektrárne

Fotovoltaická elektrárňa sa skladá predovšetkým z fotovoltaických panelov, ktoré zabezpečujú premenu slnečnej energie na elektrickú energiu. Fotovoltaické panely môžeme podľa použitého materiálu pri ich výrobe rozdeliť na monokryštalické, polykryštalické a amorfné.

Monokryštalické fotovoltaické články dosahujú účinnosť premeny energie od 13% do 25%. Monokryštalické články používané na kozmické účely môžu dosahovať účinnosť premeny energie do 45%. Maximálne namerané účinnosti dosahujú články pri dopade slnečného žiarenia kolmo na fotovoltaický článok.

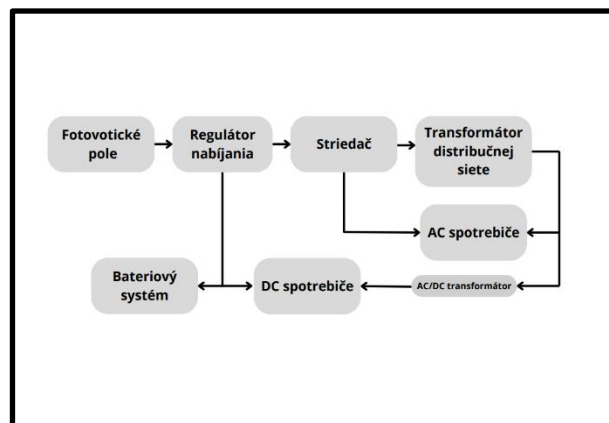
Polykryštalické fotovoltaické články dosahujú účinnosť premeny energie od 10% do 18,5%. Uhol dopadu slnečného žiarenia nemá žiadny vplyv na pokles účinnosti polykryštalických článkov. Amorfné fotovoltaické články dosahujú účinnosť od 4% do 12%.

Účinnosť premeny slnečného žiarenia na elektrickú energiu je najdôležitejší parameter fotovoltaických článkov. Najlepšiu účinnosť má jednoznačne monokryštalický fotovoltaický článok, avšak za podmienky, že slnečné žiarenie dopadá na článok pod uhlom čo najbližším k 90°.

Ďalšia súčasť systému fotovoltaickej elektrárne je regulátor nabíjania. Je to zariadenie, ktoré zabezpečuje stabilitu elektrických veličín energie, ktorú generujú fotovoltaické články. Regulátory môžu byť so sledovaním maximálneho bodu výkonu (MPPT). Účinnosť prenosu energie zo solárneho článku závisí od množstva dostupného slnečného svetla, tienenia, teploty solárneho panelu a elektrických charakteristík záťaže. Keďže tieto podmienky sa v čase menia, tak sa mení aj charakteristika zaťaženia a impedancie zaťaženia, ktorá najviac vplyva na maximum preneseného výkonu. MPPT regulátor sleduje kedy je charakteristika impedancie záťaže v najvyššom výkonovom bode a práve v tomto bode prenáša najväčšie množstvo vyrobeného výkonu. Napätie na výstupných svorkách regulátora je stabilizované na potrebnú napäťovú hladinu. Regulátorom nabíjania môžeme priamo napájať batériový systém alebo striedač.

Batériový systém je zariadenie na opakované nabíjanie a vybíjanie elektrickou energiu v závislosti od jej potreby. V prípade, že fotovoltaické články generujú nadbytok elektrickej energie, táto energia sa odkladá do batériového systému a môže sa neskôr využiť napríklad v prípade nedostatku elektrickej energie.

Striedač je zariadenie, ktoré mení typ napätia a prúdu generovaného fotovoltaickými článkami. Takže jednosmerné napätie a prúd konvertuje na striedavé napätie a prúd. Zo striedaču môžeme napájať spotrebiče na striedavé napätie alebo napájať trafostanicu, ktorá napája distribučnú sieť.



Obr. 2. Bloková schéma fotovoltaickej elektrárne

2.2 Návrh fotovoltaickej elektrárne

Ešte pred samotným výberom typu systému a výberom samotných komponentov, z ktorých bude systém pozostávať, je dôležité vybrať lokalitu. Na vybranej lokalite je dôležité odsledovať okolie z dôvodu tienenia okolitých objektov.

Po vybratí lokality je dôležité určiť umiestnenie fotovoltaického poľa a jeho natočenie voči svetovým stranám tzv. azimut a taktiež sklon fotovoltaického panelu voči zemi. Fotovoltaické pole systému umiestneného nad parkoviskom je



Obr. 3. Prehľad uloženia panelov

natočené presne na juh z uhlom natočenia od zeme 15°.

Výber komponentov použitých vo fotovoltaickom systéme závisel od ponuky na trhu. Systém je navrhnutý s typom panelov od výrobcu Longi solar LR4-72 HIH 455 M G2.

Počet panelov použitých v systéme je 40 kusov. Inštalované budú nad parkoviskom vo vodorovnej polohe 5x8 . Celková plocha panelov je 86,9 m². Panely LR4-72 sú monokrystalického typu s účinnosťou premeny 20,9%.

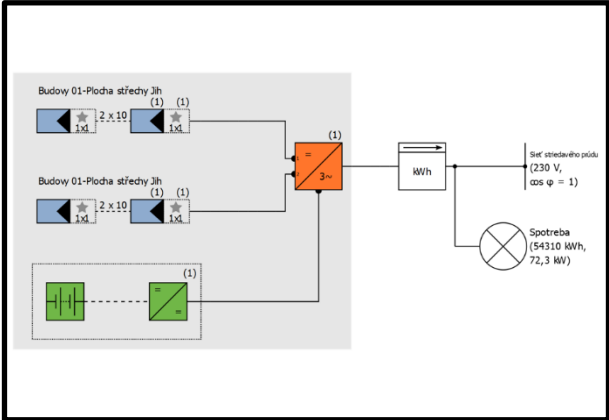
V systéme je použitý regulátor nabíjania SUN2000-17KTL-M5-400V od výrobcu Huawei Technologies. Tento regulátor dokáže špičkovovo dodávať až 17kW výkonu. V tomto regulátore je interný trojfázový striedač na striedavé fázové napätie 230V.

V systéme je zakomponovaný aj optimalizátor výkonu, ktorý rozdelí pole panelov na 5 stringov, ktorých výkon dokáže optimalizovať na čo najväčšiu hodnotu aj v prípade zatienenia, znečistenia alebo poškodenia niektorých z panelov.

Z regulátora je priamo napájaná vlastná spotreba družstva, úložisko v podobe batériového systému. Elektrická energia, ktorá nie je spotrebovaná a ani nie je uskladnená v batériovom úložisku putuje do distribučnej siete cez distribučný transformátor v podobe prebytkov. Systém fotovoltickej elektrárne nad parkoviskom je dimenzovaný tak, aby prebytky do siete boli čo najmenšie, aby väčšina vyrobenej elektrickej energie zo slnečného žiarenia, ktoré dopadá na solárne panely bola spotrebovaná družstvom.

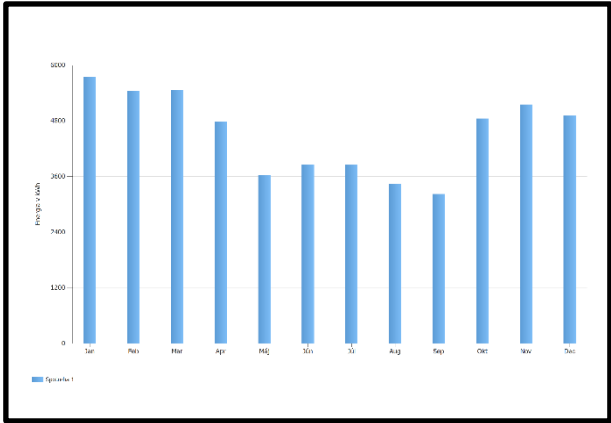
Tab. 1. Schematické značky komponentov

č.	Komponent	Schematická značka
1	FV Modul (pole panelov)	
2	Regulátor so striedačom	
3	Optimalizátor výkonu	
4	Batériový systém	
5	Spotreba	
6	Distribučná sieť	



Obr. 4. Schéma zapojenia systému

Simulácia bola vyhotovená v nemeckom software PVsol. V knižnici tohto softwaru boli vyhľadane všetky používané komponenty a ich vstupné parametre pre simuláciu boli automaticky vložené. Ďalšie vstupné údaje boli 15 minútové dáta odberu družstva za rok 2023. Ročná spotreba družstva za rok 2023, ktorá bola 54,31MWh. K výpočtom potrebuje software zadať lokalitu, pre ktorú sú v databáze programu uložené dáta o počasi z rokov 1996-2015.



Obr. 5. Spotreba elektrickej energie družstva za rok 2023 po mesiacoch v kWh

2.3 Simulácia systému

Po zadaní všetkých potrebných vstupov do softwaru PVsol bola vygenerovaná simulácia. Program odsimuloval toky elektrickej energie za rok 2023. Celkový inštalovaný výkon elektrárne je 18,2 kWp. Elektrárňou s týmto inštalovaným výkonom vo vybranej lokalite družstva vygeneruje za rok 20,694 MWh. Z tohto objemu elektrickej energie sa 2,48 MWh uschovalo počas roka v batériovom systéme a reálne sa z nich využilo 2,185 MWh. Z celkovej vyrobenej elektrickej energie bolo družstvom spotrebovaných 14,463 MWh a do siete sa ako prebytky dodalo 6,231 MWh. Priamo na odbornom mieste bolo spotrebovaných 69% elektrickej energie z celkovej vyrobenej elektrickej energie.

Batériový systém za rok uschoval 2480 kWh, z tejto energie bolo reálne spotrebovaných 2185 kWh to znamená, že systém má celkové straty 295 kWh, čo predstavuje 12% z celkovej uschovanej energie. Celkový inštalovaný výkon batérií je 10,2 kW. Pri takto zaťaženom batériovom systéme sa

životnosť akumulátorov odhaduje na 13 rokov. Z celkových strát 16% patrí stratám v batérii, 84% strát sú straty spôsobené nabíjaním a vybíjaním.

$$E(\%) = \frac{E_c}{E_s} \quad (1)$$

Kde $E(\%)$ predstavuje percentuálny podiel vlastnej spotreby družstva, E_c predstavuje celkovú vygenerovanú elektrickú energiu a E_s predstavuje spotrebu elektrickej energie, ktorá bola vygenerovaná fotovoltaickým systémom.

Tab. 2. Straty v batériovom systéme

č.	Straty	Označenie	Straty (kWh)
1	V batérii	dSb	48
2	Nabíjaním/Vybíjaním	dSnv	247

$$S_c = dSb + dS_{nv} \quad (2)$$

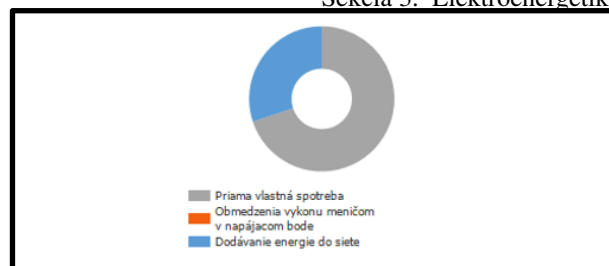
$$dSb(\%) = \frac{dSb}{S_c} \quad (3)$$

$$dS_{nv}(\%) = \frac{dS_{nv}}{S_c} \quad (4)$$

Tab. 3. Výsledky simulácie – fotovoltaická elektrárň

Skúmané parametre elektrárne	
Výkon elektrárne	18,20 kWp
Predpokladaná vygenerovaná energia s batériou	20694 kWh/rok
Priama vlastná spotreba	14463 kWh/rok
Dodávka do siete	6231 kWh/rok
Podiel vlastnej spotreby	69,9%

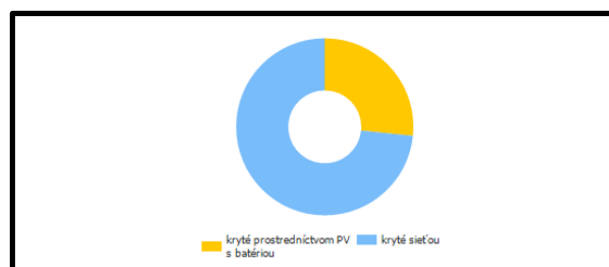
Sekcia 3. Elektroenergetika



Obr. 6. Podiel dodávanej elektrickej energie do siete a vlastnej spotreby

Tab. 4. Celkový tok energie na odbernom mieste

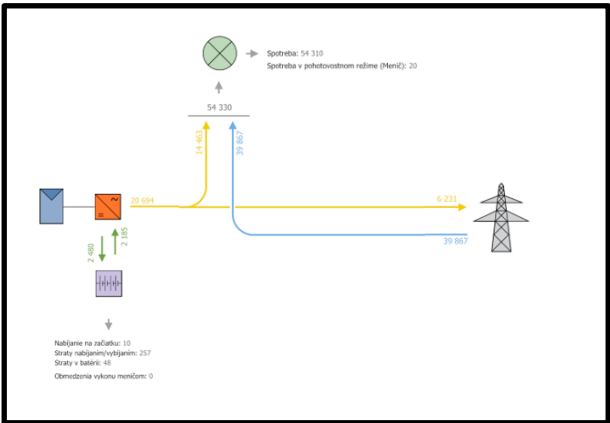
Skúmané parametre tokov elektrickej energie	
Celková spotreba	54,31 MWh
Z toho kryté elektrárnou	20694 kWh/rok
Z toho kryté sieťou	14463 kWh/rok
Podiel pokrytý slnečnou energiou	26,6%



Obr. 7. Podiel spotreby krytej fotovoltaickým systémom a sieťou

Stupeň sebestačnosti odberného miesta sa vyjadruje tak isto ako podiel pokrytia spotreby elektrickej energie. Ak by sme si vedeli na odbernom mieste vyrobiť dostatok elektrickej energie a pokryť spotrebu odberného miesta stupeň sebestačnosti takéhoto systému by bol 100%. Navrhovaný systém fotovoltaickej elektrárne v koncepte parkoviska má stupeň sebestačnosti 26,6%.

Spotreba elektrickej energie na družstve nie je špeciálne regulovaná, takže výkonový diagram je členitý podľa pracovných procesov vykonávaných na družstve. Túto skutočnosť sme museli uvažovať pri návrhu systému. Cieľom bolo dimenzovať fotovoltaickú elektrárň z čo najmenšími prebytkami do siete. Avšak bolo nemožné trafiť dňové maximum vyrobeného výkonu elektrárne s maximálnym odberom družstva.



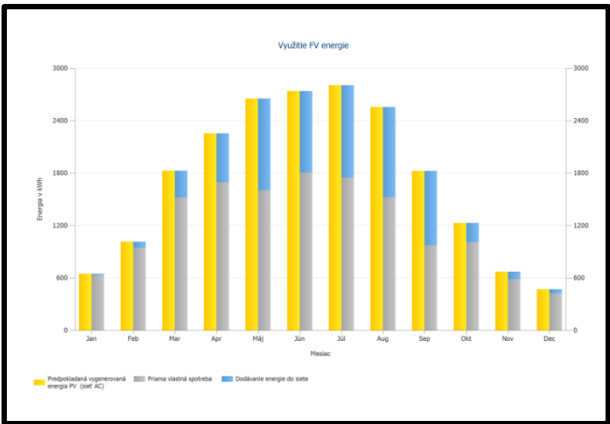
Obr. 8. Toky elektrickej energie vo fotovoltaickom systéme (všetky parametre sú v kWh)

V prípade malých prebytkov sa elektrická energia uložila do batériového systému. V prípade väčšieho prebytku bola elektrická energia dodaná do siete ako môžeme vidieť detailne na Obr. 8.

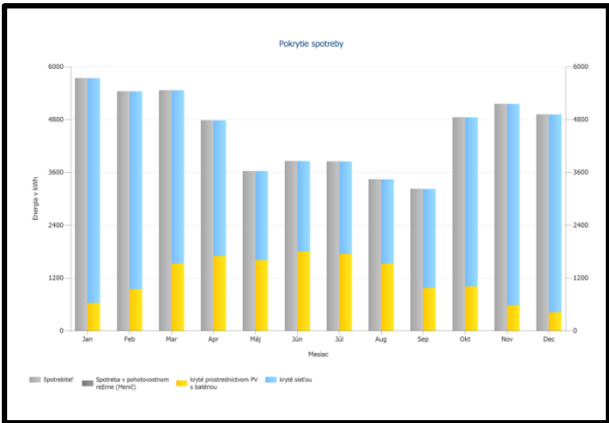
V nasledujúcich obrázkoch môžeme vidieť grafickú analýzu využitia elektrickej energie a pokrytia spotreby elektrickou energiou po jednotlivých mesiacoch.

Pri využití elektrickej energie vidíme nárast vygenerovanej elektrickej energie z dôvodu dlhších slnečných dní. V letných mesiacoch vidíme taktiež nárast vlastnej spotreby elektrickej energie na družstve, tak isto aj nárast dodávanej elektrickej energie do siete. Naopak v zimných mesiacoch môžeme pozorovať pokles vyrábanej elektrickej energie elektrárnou a taktiež pokles vlastnej spotreby elektrickej energie družstvom. V mesiacoch Január a Február môžeme tvrdiť, že odberné miesto má mieru sebestačnosti cez 90%.

Pri pokrytí spotreby elektrickej energie družstva vidíme, že viac ako polovica elektrickej energie je spotrebúvaná zo siete. V letných mesiacoch pozorujeme nárast generovanej elektrickej energie elektrárnou, táto generovaná elektrická energia pokrýva v letných mesiacoch takmer polovicu z celkovej spotreby družstva.



Obr. 9. Využitie generovanej el. energie elektrárnou



Obr. 10. Pokrytie spotreby odberného miesta

2.4 Finančná analýza

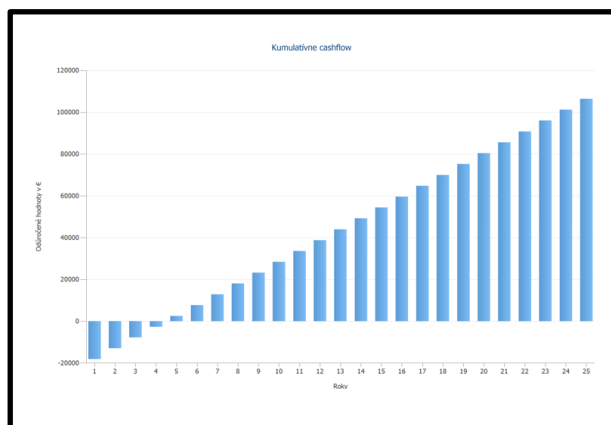
Prvotná investícia po spočítaní všetkých nákladov spojených s nákupom komponentov ich dopravou a inštaláciou a uvažovanou rezervou je 23000€. Pri predajnej cene elektrickej energie 0,35€/kWh a výkupnej cene elektrickej energie 0,03€/kWh sa návratnosť prvotnej investície odhaduje na 4,5 roka. Ročný výnos z prebytočnej elektrickej energie sa odhaduje na 155,29€ v priemere za spočítavané obdobie 25 rokov. Ďalšie úspory sú úspory na elektrickej energii, ktorú systém vyrobil a tie sú vo výške 5034,73€/Rok .

Pre lepšie pochopenie ako systém dokáže zarobiť na pokrytie prvotných nákladov a dostať sa do ziskovosti pre investora je v nasledovných obrázkoch vyhotovená grafická analýza hospodárnosti financií.

Tab. 5. Peňažný tok

	Rok 1	Rok 2	Rok 3
Investície	-23000,00€	0,00€	0,00€
Dodávka el. energie	147,41€	151,00€	148,30€
Úspora na spotrebe el. energie	4801,70€	4993,80€	5002,40€
Ročný cashflow	-18050,89€	5144,80€	5150,70€
Kumulatívny cashflow	-18050,89€	-12906,09€	-7755,38€

	Rok 4	Rok 5	Rok 6
Investície	-23000,00€	0,00€	0,00€
Dodávka el. energie	147,41€	151,00€	148,30€
Úspora na spotrebe el. energie	4801,70€	4993,80€	5002,40€
Ročný cashflow	-18050,89€	5144,80€	5150,70€
Kumulatívny cashflow	-18050,89€	-12906,09€	-7755,38€



Obr. 11. Kumulatívny vývoj cashflow za 25 rokov

Systém fotovoltickej elektrárne v koncepte parkoviska bude ziskový pre objekt družstva po 4,5 roku. Analýza dokázala že po 25 rokoch bude družstvo v zisku 106399,62€.

2.5 Zoznamy obrázkov

Obr. 1. Fotovoltická premena energie.....	1
Obr. 2. Bloková schéma fotovoltickej elektrárne.....	2
Obr. 3. Prehľad uloženia panelov.....	2
Obr. 4. Schéma zapojenia systému.....	3
Obr. 5. Spotreba elektrickej energie družstva za rok 2023 po mesiacoch v kWh.....	3
Obr. 6. Podiel dodávanej elektrickej energie do siete a vlastnej spotreby.....	4
Obr. 7. Podiel spotreby krytej fotovoltickým systémom a sieťou.....	4
Obr. 8. Toky elektrickej energie vo fotovoltickom systéme (všetky parametre sú v kWh).....	5
Obr. 9. Využitie generovanej el. energie elektrárnou.....	5
Obr. 10. Pokrytie spotreby odberného miesta.....	5
Obr. 11. Kumulatívny vývoj cashflow za 25 rokov.....	6

2.6 Zoznamy tabuliek

Tab. 1. Schematické značky komponentov	3
Tab. 2. Straty v batériovom systéme	4
Tab. 3. Výsledky simulácie – fotovoltická elektrárň	4
Tab. 4. Celkový tok energie na odbernom mieste	4
Tab. 5. Peňažný tok	5

3 Záver

Fotovoltická elektrárň v koncepte parkoviska je navrhnutá s návratnosťou 4,5 roka. Po 13 rokoch bude potrebná výmena akumulátorov v batériovom systéme a z odhadu a skúseností pri iných návrhoch bude potrebná výmena vnútorných častí obvodov meničov. Elektrárň podľa zadania generuje elektrickú energiu hlavne pre účely vlastnej spotreby, avšak generuje aj minimálne možné prebytky z dôvodu, že nie v každom dni v roku je spotreba elektrickej energie prevyšujúca výrobu elektrickej energie. Z celkovej vyrobenej elektrickej energie elektrárnou 30,1% je dodávaný do siete ako prebytok.

4 Podakovanie

Tento článok bol podporovaný Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-19-0049 a Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt Medzinárodné centrum excelentnosti pre výskum inteligentných a bezpečných informačno-komunikačných technológií a systémov – II. etapa, kód ITMS: 313021W404, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Literatúra

- [1] JANÍČEK, František, Ivan DARUĽA, Ján GADUŠ, Eugen REGULA, Miroslava SMITKOVÁ, Ľubomír POLONEC, Ján ĽUDVÍK a Juraj KUBICA. *Obnoviteľné zdroje energie 1: Technológie pre udržateľnú budúcnosť*. Pezinok: Renesans, 2007. ISBN 978-80-969777-0-3.
- [2] JANÍČEK, František, Ján GADUŠ, Vladimír ŠÁLY, et al. *Obnoviteľné zdroje energie 2: Perspektívne premeny a technológie*. Pezinok: Renesans, 2010. ISBN 978-80-89402-13-7.
- [3] Halahyja Martin a kolektív, Solárna energia a jej využitie

Zborník vybraných prác študentskej vedeckej a odbornej činnosti

Študentská vedecká a odborná činnosť
9. apríl 2024

Organizátor:

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Editori:

Peter Benko
Stanislav Sojak

Vydala Slovenská technická univerzita v Bratislave vo Vydavateľstve SPEKTRUM STU.
Náklad 50 ks CD nosičov

ISBN 978-80-227-5411-8

Obsah

Vyhodnotenie prehliadky prác ŠVOČ	7
1 Aplikovaná informatika	14
1.1 Hardvérový generátor náhodných čísel pre generovanie kľúčov v multivariáte podpisovej schéme Tatiana Hýlová, Viliam Hromada	15
1.2 Edukačná aplikácia na lúštenie historických šifier pomocou slovníkového útoku Adam Hamara, Eugen Antal	23
1.3 Modernizácia portálu historických šifier Ľubomír Ševčík, Eugen Antal	27
1.4 Rýchly heuristický algoritmus pre optimálne farbenie 3D mriežkových grafov s rôznymi diagonálnymi uhlopriečkami Noémi Herbrík, Martin Nehéz	32
2 Mechatronika	38
2.1 Elektromechanický návrh batériového segmentu pre elektrickú formulu Alexander Lazorík, Martin Baťa	39
2.2 Edukačná aplikácia v programe MATLAB: Modelovanie dejov v PEMFC Hortenzia Wollentová, Michal Miloslav Uličný	45
2.3 Spracovanie a vyhodnocovanie dát z motion- capture obleku pre účely rozpoznávania gest Anna Melekhova, Erik Kučera	51
2.4 Extrakcia dát z fakturačných dokumentov Rastislav Tvarožek, Erich Stark	57
2.5 Rozhranie mozog-počítač pre osoby s telesným znevýhodnením Matej Grznár, Dávid Ižof, Erik Kučera, Oto Haffner	63
3 Elektroenergetika	69
3.1 Goniofotometer a goniofotometria v praxi Dávid Kompan, Roman Dubnička	70
3.2 Fotovolitická elektrárň a jej využitie v koncepte záchytného parkoviska Róbert Irgel, Milan Perný	76

3.3	Určovanie fotovoltickeho potenciálu pomocou aplikácie QGIS a otvorených údajov Illia Lazarenko, Matej Cený	82
3.4	Vyššie harmonické v súvislosti so zaťažením neutrálneho vodiča Dušan Gavora, Vladimír Kujan	88
3.5	Výpočty prechodných javov v elektrizačnej sústave v prostredí ATP-EMTP a ich automatizácia v programovacom jazyku Python Ivan Bednárík, Jozef Bendík	92
3.6	Effects of the Change of Emissivity and Absorptivity Coefficients on the Allowable Current Carrying Capacity Slávka Sečková, Jozef Bendík	96
3.7	Farbivom sensitizované solárne články Tomáš Turňa, Milan Perný	101
4	Elektronika a fotonika, Elektrotechnika	106
4.1	Hybridný napájací systém nanosatelitu s využitím batérie a superkapacitora Jakub Gavenda, Lukáš Gardian, Martin Brázda, Miroslav Mikolášek	107
4.2	Bezdrôtový open-source systém pre diaľkové ovládanie pojazdových motorov garážovej a vjazdovej brány Lukáš Gardian, Jakub Gavenda, Miroslav Mikolášek	112
4.3	Vplyv teploty substrátu na rast vrstvy organického polovodiča DNTT a jeho využitie v OFET prvkoch Ondrej Kokavec, Miroslav Novota	118
4.4	Design of Resistance to Frequency Converter for Gas Sensor Tomáš Gergely, Daniel Arbet	124
4.5	Zelená energia v športe Tibor Rózsár	129
4.6	Merací systém intenzity osvetlenia pre účely skúšobníctva EMC Dominik Galdun, Jozef Hallon	135
5	Jadrové a fyzikálne inžinierstvo	141
5.1	Štatistický klasický a kvantový opis zrážky dvoch častíc Roman Michelko, Peter Bokes	142
5.2	Dva spôsoby generovania náhodného fluktuujúceho potenciálu s nenulovou korelačnou dĺžkou a korelačným časom Marek Klčovanský, Peter Bokes	148
5.3	Fázové prechody v organických monovrstvách Marko Timotej Mesík, Juraj Chlpík	153
5.4	Analógové a filamentárne memristory Natalia Kamila Calvo, Peter Ballo	158
5.5	Basic spectroscopy of Bright Stars Mykola Melnyk, Pavol Valko	162

5.6	Analýza straty napájania vlastnej spotreby jadrového bloku VVER-440 z vonkajšej siete vplyvom extrémneho vetra Matúš Hupka, Jana Šimeg Veterníková	166
5.7	Optimalizácia snímkovania s Timepix3 pre analýzu zmiešaných radiačných polí Matej Balušík, Andrea Šagátová	172
6	Robotika a kybernetika	178
6.1	Porovnanie sledovacích algoritmov pre UAV Daniel Fundárek, Jozef Rodina	179
6.2	Návrh riadenia lietajúcich dronov pomocou neuroevolúcie Aleš Melichar, Ivan Sekaj	183
6.3	Mriežková architektúra senzorov s aplikáciou v 'In-sensor computing' technológií Matej Horský, Ivan Sekaj, Boris Hudec	187
6.4	PID Controller Implementation in C++ David Janto, Martin Dodek	191
6.5	Návrh a realizácia komunikačného protokolu pre virtuálnu robotickú arénu Adrián Jakubčík, Juraj Slačka	197

Členovia programového a recenzného výboru

Ing. Viliam Hromada, PhD.
Ing. Eugen Antal, PhD.
Mgr. Oľga Stašová, PhD.
Ing. Vladislav Novák
prof. Ing. Danica Rosinová, PhD.
doc. Ing. Pavol Bisták, PhD.
Ing. Juraj Paulech, PhD.
Ing. Mária Hypiusová, PhD.
prof. Ing. Dionýz Gašparovský, PhD.
doc. Ing. Žaneta Eleschová, PhD.
Ing. Jozef Bendík, PhD.
doc. Mgr. Miroslava Farkas Smitková, PhD.
prof. Ing. Ľubica Stuchlíková, PhD.
doc. Ing. Daniel Arbet, PhD.
Ing. Martin Šoka, PhD.
Ing. Miroslav Novota, PhD.
Ing. Martin Kemény, PhD.
Mgr. Martin Konôpka, PhD.
Ing. Jaroslav Tóbik, PhD.
Ing. Milan Pavúk, PhD.
Ing. Patrik Novák, PhD.
Mgr. Goran Bulatovič
Ing. Branislav Stríbrnský, PhD.
doc. Ing. Ján Kardoš, PhD.
doc. Ing. Ladislav Körösi, PhD.
Ing. Leo Mrafko, PhD.
doc. Ing. Jana Paulusová, PhD.