

Jaroslav Petráš, Dušan Medved', Michal Kolcun, Rastislav Stolárik, Štefan Vaško

## Výrobné technológie fotovoltaických panelov ako komponentov solárneho systému

Tento príspevok sa zaoberá výrobnými technológiami fotovoltaických panelov v solárnom systéme a ich vplyvom na celkovú účinnosť takéhoto systému.

Kľúčové slová: solárny systém; fotovoltaický panel

This paper deals with the influence of photovoltaic panel manufacturing technology on overall efficiency of solar system. **(Technologies of photovoltaic panel manufacturing used as components of solar systems)**

Keywords: solar system; photovoltaic panel

### I. ÚVOD

Pre projekt „Výskum charakteristík fotovoltaických komponentov pre efektívne projektovanie solárnych systémov“ bol realizovaný výskum rôznych typov fotovoltaických panelov, ktoré tvoria súčasť solárnych systémov a ich účinnosti v závislosti od ich parametrov. Pre tieto účely sú k dispozícii vzorky fotovoltaických panelov od rôznych výrobcov, ktoré sú umiestnené a orientované v rôznych smeroch.

Spolu je v tomto experimente inštalovaných 30 fotovoltaických panelov, z ktorých je skupina 6 panelov konštrukčne umiestnených na polohovacích hlaviciach, ďalšie skupiny po 6 panelov sú orientované napevno v smeroch vodorovne, na juh, západ a východ.

Fotovoltaické panely boli vybrané tak, aby boli v experimente k dispozícii vzorky štyroch najviac používaných technológií výroby fotovoltaických panelov: monokryštalická, polykryštalická, thinfilm alebo amorfná technológia a hybridná technológia výroby.

Článok popisuje vplyv technológie výroby fotovoltaických panelov na ich účinnosť v danom solárnom systéme, kde sú tieto panely inštalované.

### II. FOTOVOLTICKÉ PANELE A KOMPONENTY PODĽA POUŽITEJ TECHNOLOGIE VÝROBY

V súčasnosti najviac používané technológie výroby fotovoltaických panelov sú monokryštalická, polykryštalická, thinfilm alebo amorfná technológia a hybridná technológia výroby.

Monokryštalická technológia využíva monokryštalický kremík. Pri výrobe kremíkového kryštálu dochádza k jeho rastu a následne narezaniu kontinuálneho kryštálu na tenké vrstvy hrubé 0,2 a 0,3mm. Majú tvar šesťuholníka alebo kruhového alebo iného tvaru z dôvodu čo najmenšieho odpadu materiálu pri výrobe. Bunka pre fotovoltaický panel je teda tvorená z jedného kryštálu a má jednotnú farbu. Výroba je náročná na energiu a čas, teda panely bývajú drahšie ako pri použití inej technológie.

Polykryštalická technológia výroby je založená na zahriatí kremíka na určitú teplotu, roztavení, zliatí a následnom ochladení. Tento proces vytvára nehomogénny materiál. Zároveň tým technológia umožňuje využiť väčšie percento materiálu. Materiál je rezaný do 0,3mm rezov.

Amorfný kremík nevytvára kryštály a vrstvy sú hrubé od 0,5 do 2,0mm. Namiesto veľkých objemov kremíka sa využívajú tenké vrstvy (thinfilm cadmium telluride) na nosnej vrstvy kovu alebo skla.

Táto technológia výroby používa malé množstvo materiálu, teda je efektívnejšia z hľadiska spotreby suroviny.

Hybridná technológia výroby fotovoltaických komponentov využíva a kombinuje dva rôzne typy technológií ako napríklad kombinácia monokryštalickej a thinfilm amorfnéj technológie.

Podľa údajov technických špecifikácií má monokryštalická technológia účinnosť asi 13-17%, polykryštalická asi 11-15%, amorfná thinfilm technológia 6-8%. Pri hybridnej technológii je účinnosť vyššia ako pri monokryštalickej avšak výrobné náklady sú vyššie.

Pre experimentálne účely boli do laboratória vybrané fotovoltaické komponenty a panely (Obr. 1 a 2) od výrobcov Nova, Sanyo, Solarsys a Trina.

Od uvedených výrobcov fotovoltaických panelov sú použité jednotlivé modely fotovoltaických komponentov:

- panel PV Solarsys PM245-BB s monokryštalickou technológiou výroby a počtom buniek 60, výkonom 245W, inštalovaných je 10 kusov panelov,
- amorfná technológia Thinfilm Nova T-series 80W, s technológiou výroby fotovoltaických buniek thinfilm, výkon jednotlivých panelov je 80W, počet kusov inštalovaných panelov je 5,
- Sanyo HIT214, s hybridnou technológiou výroby panelov, výkonom 214W, 5 kusov inštalovaných panelov,
- Trina TSM-PC05 235W, s výkonom 235W, bolo osadených 10 kusov panelov, polykryštalická technológia výroby panelov.



Obr. 1. Fotovoltaické panely v externej časti laboratória



Obr. 2. Fotovoltické panely v externej časti laboratória – pohľad spredu



Obr. 3. Fotovoltické panely v externej časti laboratória

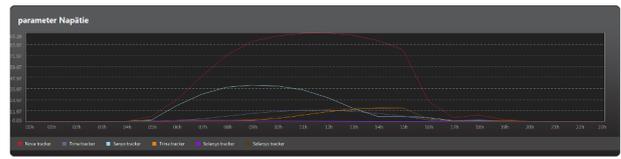
### III. MERANÉ PARAMETRE FOTOVOLTICKÝCH PANELOV

Na fotovoltických paneloch kontinuálne prebieha meranie teploty, napätia a na vybraných paneloch aj meranie výkonu (panely výrobcu Sanyo) pomocou pyranometra. Namerané parametre sú koncentrátorom sústredzované do jedného súboru uloženého na serveri.

Údaje sú kontinuálne zaznamenávané, archivované a sú k dispozícii na zobrazenie priebehu jednotlivých veličín počas celého vybraného dňa v grafickej podobe. Grafické rozhranie pre zobrazenie archivovaných údajov umožňuje vybrať pre zobrazenie zároveň viac priebehov parametrov z voľne voliteľných panelov pre porovnanie priebehov v závislosti od typu panelu – výrobcu, použitej technológie výroby ako aj konštrukčného umiestnenia a polohy.

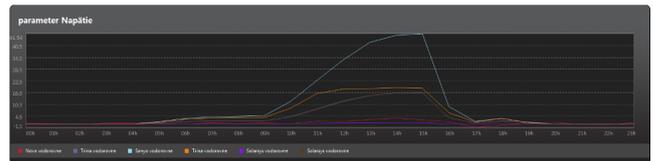
Vzhľadom na množstvo zaznamenaných údajov sú tieto pri zobrazení v grafickej podobe systémom podvzorkované alebo je použitá metóda spriemerovania.

Na Obr. 4, 5 a 6 sú zobrazené priebehy napätia a výkonu počas dňa 2. augusta 2014 (slniečny deň v lokalite umiestnenia fotovoltických panelov teplotou vzduchu cez deň maximum 32 °C a minimálnou nočnou teplotou vzduchu 18 °C), priebeh grafu tvoria body priemerných hodnôt danej veličiny za jednu hodinu.

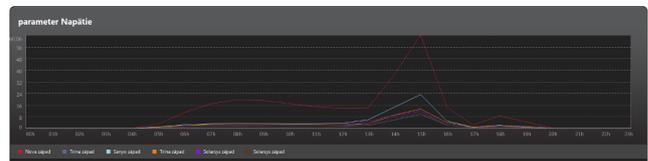


parameter Napätie		00h	01h	02h	03h	04h	05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
Nova tracker	0	0	0	0	0.11	5.56	23.3	48.71	71.59	86.07	92.11	94.93	95.29	92.76	87.11	77.15	21.88	4.1	6.95	2.07	0.12	0.01	0	0	
Trina tracker	0	0	0	0	0.01	0.4	1.08	2.85	5.68	8.6	10.76	11.96	12.05	10.87	8.59	5.85	1.61	0.33	0.44	0.17	0.01	0	0	0	
Sanyo tracker	0	0	0	0	0.03	1.61	17.03	29.34	36.93	39.17	38.16	34.11	25.64	14.39	5.39	5.35	4.11	0.83	1.37	0.5	0.03	0	0	0	
Trina tracker	0	0	0	0	0.01	0.42	1.09	1.35	1.37	1.35	3.15	6.78	10.46	13.04	14.23	14.39	2.86	0.44	0.69	0.55	0.03	0	0	0	
Solarsys tracker	-0.03	-0.03	-0	0.01	0.02	0.12	0.41	0.5	0.56	0.55	0.52	0.48	0.39	0.28	0.16	0.11	0.08	0.01	0.03	0.03	0	0.02	0	-0.03	
Solarsys tracker	0	0	0	0	0.01	0.38	1	1.28	1.36	1.93	5.4	9.56	12.98	14.21	14.78	14.54	2.83	0.46	0.62	0.26	0.02	0	0	0	

Obr. 4. Priebehy napätí meracích impedancií pre rôzne typy fotovoltických panelov – s polohovacím zariadením



Obr. 5. Priebehy napätí na meracích impedanciách pre rôzne typy fotovoltických panelov – vodorovná poloha panelov



parameter Napätie		00h	01h	02h	03h	04h	05h	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h
Nova západ	0	0	0	0	0.05	2.59	9.94	15.7	18.29	17.82	15.9	13.87	12.78	13.04	34.6	60.06	13.62	1.97	7.98	4.06	0.24	0.01	0	0	
Trina západ	0	0	0	0	0.31	0.85	1.23	1.3	1.23	1.15	1.12	1.21	1.83	5.33	8.93	1.96	0.29	1.3	1.36	0.08	0	0	0	0	
Sanyo západ	0	0	0	0	0.02	0.79	2.19	2.9	2.97	2.93	2.86	2.87	3.05	5.41	13.55	21.7	4.62	0.65	1.93	0.49	0.03	0	0	0	
Trina západ	0	0	0	0	0.01	0.63	1.71	2.21	2.4	2.41	2.35	2.35	2.44	2.86	8.49	12.38	3.58	0.55	1.83	0.7	0.04	0	0	0	
Solarsys západ	0	0	0	0	0.28	0.73	0.96	1.06	1.07	1.07	1.12	1.34	4.4	8.19	11.14	2.01	0.28	0.91	0.39	0.02	0	0	0	0	
Solarsys západ	0	0	0	0	0.01	0.32	0.86	1.14	1.2	1.19	1.17	1.17	1.24	3.02	6.82	10.19	2.08	0.3	0.96	0.29	0.02	0	0	0	

Obr. 6. Priebehy napätí na meracích impedanciách pre rôzne typy fotovoltických panelov – smerovanie panelov na západ

### IV. ZÁVER

V spoločnom laboratóriu fotovoltiky boli v rámci projektu „Výskum charakteristík fovoltaických komponentov pre efektívne projektovanie solárnych systémov“ osadené fotovoltické panely od rôznych výrobcov a rôzne modely s odlišnými technickými parametrami a rôznou technológiou výroby fotovoltických panelov.

Zostava 30 fotovoltických panelov je použitá v experimentoch a meraniach orientovaných na výskum a zhodnotenie účinnosti fotovoltických panelov v závislosti od použitej technológie výroby panelu ako aj v závislosti od konštrukcie osadenia jednotlivých

panelov – statických, orientovaných rôznymi smermi alebo polohovateľných pomocou polohovacieho zariadenia.

### POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt: Výskum charakteristík fotovoltaických komponentov pre efektívne projektovanie solárnych systémov, s ITMS kódom: 26220220080, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



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

### LITERATÚRA

- [1] Dušan Medved': Možnosti zvýšenia účinnosti fotovoltaických panelov. In: Elektroenergetika. Roč. 4, č. 1 (2011), - ISSN 1337-6756. J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3<sup>rd</sup> ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [2] Katalóg PV Solarsys: PV Solarsys panel PM 2XX-3BB
- [3] Katalógový list Trina: TSM-PC05
- [4] Installation manual TrinaSolar, IEC Version
- [5] Katalógový list Sanyo: HIP-215NKE5, HIP-214NKE5
- [6] Katalógový list Solar module Nova – T series

### ADRESY AUTOROV

Jaroslav Petráš, Technická Univerzita Košice, Katedra elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [Jaroslav.Petras@tuke.sk](mailto:Jaroslav.Petras@tuke.sk)

Michal Kolcun, Technická Univerzita Košice, elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [Michal.Kolcun@tuke.sk](mailto:Michal.Kolcun@tuke.sk)

Dušan Medved', Technická Univerzita Košice, elektroenergetiky, Mäsiarska 74, Košice, SK 04210, Slovenská Republika, [Dusan.Medved@tuke.sk](mailto:Dusan.Medved@tuke.sk)

Rastislav Stolárik, VÁDIUM s.r.o., Plzenská 2, 080 01 Prešov, Slovenská republika, [stolarik@vadium.sk](mailto:stolarik@vadium.sk)

Štefan Vaško, VÁDIUM s.r.o., Plzenská 2, 080 01 Prešov, Slovenská republika, [vasko@vadium.sk](mailto:vasko@vadium.sk)