

Testování fotovoltaického systému s pevným stojanem na ČZU v Praze

Ing. Vladislav Poulek, CSc., Poulek Solar, s. r. o., prof. Ing. Martin Libra, CSc.,
Ing. Radek Novotný, Ing. Jan Mareš, Česká zemědělská univerzita v Praze

V České republice i dalších státech se v posledních letech dotuje elektrická energie vyrobená ve fotovoltaických (PV) elektrárnách. To zřejmě bylo hlavním důvodem, že se v poslední době vybuďovala řada fotovoltaických elektráren. V sousedním Německu, kde k dotační politice přistoupili dříve, byl rozvoj fotovoltaiky asi nejmarkantnější. Oproti okolním státům měli v tomto směru několikaletý náskok. V letech 2006 až 2008 bylo v České republice zprovozněno několik fotovoltaických elektráren se špičkovým výkonem větším než 1 MW_p. Zatím největší fotovoltaická elektrárna je v Dubňanech na Hodonínsku se špičkovým výkonem 2,1 MW_p, ale tyto rekordy se mohou poměrně rychle měnit. Aktuální informace o fotovoltaice a nových elektrárnách v ČR lze sledovat na internetových stránkách Solární ligy (<http://www.solarniliga.cz>). O našich aktivitách ve fotovoltaice jsme už na stránkách časopisu Elektro informovali, viz např. [1]. Nyní v tomto článku uvádíme výsledky testování malého fotovoltaického systému s pevným stojanem, které proběhlo v roce 2008 na České zemědělské univerzitě v Praze (Praha 6 – Suchbátka, 50° severní šířky).

Popis konstrukce fotovoltaického systému

Fotovoltaický systém s pevným stojanem byl zkonstruován tak, že tři PV panely čínské výroby s nominálním výkonem $P_{\max} = 170 \text{ W}_p$ a s účinností fotovoltaické přeměny energie $\eta = 16 \%$ byly umístěny na pevný sto-



Obr. 1. PV panely s pevným stojanem instalované na ČZU v Praze

jan se sklonem 40° s orientací k jihu. Tyto panely byly zapojeny do série a připojeny k měničů německé výroby Sunny Boy typu SB 700 umístěnému v laboratoři. Přes tento měnič byl PV systém přímo spojen s rozvodnou sítí se standardním střídavým napětím 230 V. Současně datalogger umožňoval ukládání dat na paměťovou kartu a server umožňoval po přihlášení sledovat data v reálném čase. K propojení byly použity kabely a vodotěsné konektory firmy Tyco. Pohled na PV panely s pevným stojanem jsou na obr. 1 (osamocenný PV panel vlevo k tomuto systému nepatří), elektronický měnič s rozvodnou deskou a dataloggerem jsou na obr. 2 (měnič vlevo k tomuto systému nepatří), blokové schéma celého zařízení je na obr. 3. Nad PV panely jsou na obr. 1 vidět také anemometr pro záznam rychlosti větru a senzor intenzity dopadajícího záření, který je v detailu na obr. 4. Tento systém měl tedy nominální špičkový výkon 0,51 kW_p a dlouhodobé sledování dat bylo zahájeno v září 2007.

Tab. 1. Množství vyrobené a přepočtené elektrické energie v uvedeném PV systému v jednotlivých měsících roku 2008

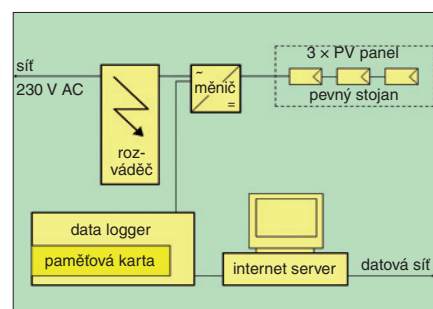
Měsíc v roce 2008	Vyrobená el. energie (kW-h)	Přepočtená el. energie (kW-h/kWp)
leden	15,28	29,96
únor	29,88	58,59
březen	40,42	79,25
duben	45,09	88,41
květen	63,72	124,94
červen	65,37	128,18
červenec	56,95	111,67
srpen	54,78	107,41
září	42,15	82,65
říjen	29,7	58,24
listopad	14,85	29,12
prosinec	10,62	20,82
celkem	468,81	919,24

Výsledky a diskuse

Systematické měření množství vyrobené elektrické energie na uvedeném fotovoltaickém systému s pevným stojanem a s nominálním výkonem 0,51 kW_p během roku 2008 je na obr. 5, podrobnější hodnoty jsou v tab. 1.



Obr. 2. Elektronický měnič s rozvodnou deskou a dataloggerem na stěně laboratoře



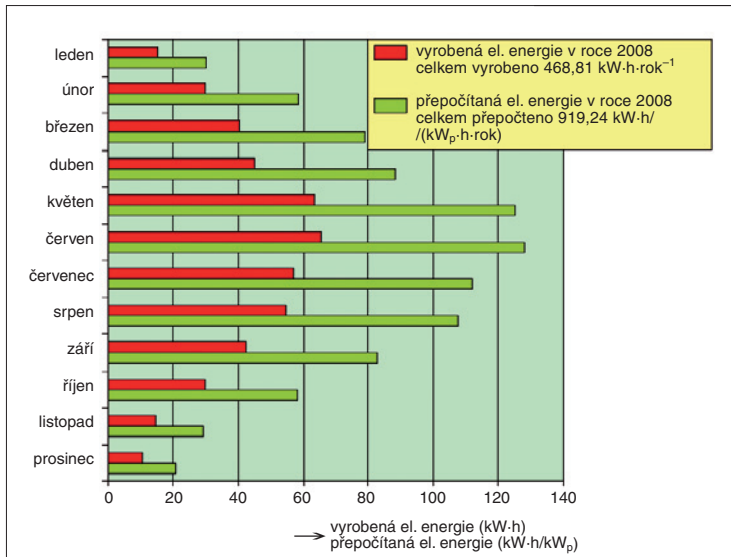
Obr. 3. Blokové schéma celého fotovoltaického systému

Podle předpokladu nejvíce vyrobené elektrické energie bylo v červnu, kdy je Slunce nejdéle nad obzorem a vrcholí pod největším úhlem. Navíc v červnu bývají většinou jasné slunečné dny. V červenci bývá deštivo, zejména v 1. polovině měsíce, a proto bývá i menší množství vyrobené elektrické energie. V srpnu, přestože bývají opět jasné slunečné dny, je Slunce nad obzorem již kratší dobu a vrcholí pod menším úhlem, což se musí projevit také v menším množství vyrobené elektrické energie. Naopak nejméně vyrobené elektrické energie bývá v prosinci, kdy je Slunce nejkratší dobu nad obzorem a vrcholí pod nejmenším úhlem.

V tomto uvedeném ročním sledování činí množství vyrobené elektrické energie $W = 468,81 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{rok}$. Přepočtená hodnota roční výroby elektrické energie na 1 kW_p instalovaných PV panelů je $W_p = 919,24 \text{ kW}\cdot\text{h}/(\text{kW}_p\cdot\text{rok})$. Během letních slunečných dní maximální hodnoty intenzity dopadajícího záření mírně přesahovaly hodnotu $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Maximální hodnoty rychlosti větru byly do-

1012,8 $\text{kW}\cdot\text{h}/(\text{kW}_p\cdot\text{rok})$. Relativní hodnoty výroby v jednotlivých měsících přibližně odpovídají našim měřením.

V Praze je podle předpokladu přepočtená hodnota vyrobené energie nižší než na jižní Moravě, avšak možná by byla nižší o menší hodnotu, kdyby chvilku před západem Slunce v zimním období nestínila na šemu PV systému sousední budova. Navíc



Obr. 5. Množství vyrobené a přepočtené elektrické energie v uvedeném PV systému v jednotlivých měsících roku 2008

saženy ve dnech 16. až 18. února 2008, kdy vichřice Emma dosahovala rychlosti větru v nárazce až $v_{\text{max}} = 120 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ směrem od západu.

Analogické roční sledování výroby elektrické energie v prvním bloku větší fotovoltaické elektrárny Ostrožská Lhota (jižní



Obr. 4. Detail senzoru intenzity dopadajícího záření

Morava) bylo nedávno publikováno v časopise Alternativní energie [2]. Zde se sice nedjedalo o přesně stejné období, ale o stejné dlouhé období jednoho roku (konkrétně od srpna 2007 do července 2008). V Ostrožské Lhotě bylo v první etapě instalováno 702 kW_p PV panelů. Hodnota roční výroby elektrické energie zde činila 711 $\text{MW}\cdot\text{h}$ a přepočtená hodnota roční výroby elektrické energie na 1 kW_p instalovaných PV panelů byla

PV panely byly nastaveny se sklonem 40° , přičemž v Praze je optimální sklon na zajištění maximální výroby elektrické energie za celý rok cca 35° . To odpovídá nastavení na letní provoz, kdy je vyrobené elektrické energie nejvíce.

Závěr

Naším cílem byla konstrukce a realizace fotovoltaického systému, získání dat z dlouhodobého testování a jejich vyhodnocení z hlediska množství vyrobené energie. Fotovoltaický systém byl realizován na České zemědělské univerzitě v Praze, uvedené hodnoty odpovídají předpokladu a jsou v relaci s hodnotami z větších PV elektrárny uvedenými v literatuře [2]. Práce probíhá v rámci výzkumného záměru MSM 6046070905.

Více informací lze najít například v naší knize [3] nebo na internetových stránkách: <http://www.solar-trackers.com>

Literatura:

- [1] POULEK, V. – LIBRA, M. – BICAN, P.: *Testy fotovoltaického systému na ČZU v Praze*. Elektro, 2006, vol. 16, č. 5, s. 36–37, ISSN 1210-0889.
- [2] JANČÍK, V.: *Sluneční elektrárny mají místo na slunci*. Alternativní energie, 2008, vol. 11, č. 4, s. 22–23, ISSN 1212-1673.
- [3] LIBRA, M. – POULEK, V.: *Fotovoltaika, teorie i praxe využití solární energie*. Kniha – monografie, ILSA, Praha, 2009, 160 stran, ISBN 978-80-904311-0-2.

prof. Ing. Martin Libra, CSc.



Technická fakulta, ČZU v Praze, proděkan pro vědu a výzkum

Kdo vás profesně nejvíce ovlivnil?

Měl jsem štěstí na dobré učitele jak na gymnáziu, tak na Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze a poté i ve Fyzikálním ústavu Akademie věd ČR, kde jsem absolvoval stáž a aspiranturu. Každý se nakonec všechno musí naučit sám, ale dobré vedení mu velmi pomůže. Chtěl bych na tomto místě poděkovat všem, kteří mě profesně ovlivnili a pomohli mi.

Teď, když jsem se sám stal pedagogem, chtěl bych zejména studentům zdůraznit, že učitel není jejich nepřítelem. Naopak se snaží je profesně ovlivnit a předat jim své zkušenosti. Kdo to pochopí a bude studovat pro znalosti, a ne pro papír, ten na tom v životě určitě vydělá. Víte, chtěl bych využít příležitosti a zdůraznit význam přírodních věd v historickém vývoji. Snažil jsem se přiblížit vědu i širším vrstvám několika knížkami, které jsem napsal. Rád bych touto odpovědí přispěl k posílení pozice přírodovědců v jejich dlouholetém boji s okultisty a šarlatány těšícími se u veřejnosti tradičně větší popularitě. Mrzí mě, že neznalost přírodních věd, zejména matematiky a fyziky, se stala trendem dnešní doby, bývá používána ke zvýšení popularity či prestiže a většinou bohužel úspěšně. Mezery např. v gramatice, jazykové výbavě či historii by asi málokdo přiznával tak ochotně. Avšak osoby chlubicí se touto neznalostí jsou pro mnoho lidí vzorem, zejména pro mladou generaci, a proto považuji za jeden ze svých úkolů bojovat proti tomuto trendu. On by leckdo chtěl vysoký plat, nenáročnou práci a žádnou odpovědnost. Ale peníze jsou především za práci a za velmi kvalifikovanou práci. Kdo z dnešních studentů i toto pochopí, rovněž na tom v životě vydělá.

Co považujete za svůj největší profesionální úspěch?

Určitě získání profesorské kvalifikace a celoživotní vědeckou práci v oboru fyziky plazmatu a energetiky.

Máte nějaký oblíbený citát?

Obdivuji moudrost uloženou v citátu „Vím, že nic nevím“. Nedávno jsem navštívil Atény a před sochou Sokrata jsem se poklonil.

Máte nějakého zajímavého koníčka?

Velmi rád, a myslím, že dobře, fotím. I technické fotky do svých publikací si dělám sám.

Máte rád umění a provozujete ho i aktivně?

Mám rád klasickou hudbu i výtvarné umění. V mládí jsem hrával na klavír, teď trochu jako ryzí samouk hraji na trubku – ale dá se to i poslouchat.

(jk)