

PŘÍMÝ OHŘEV VODY POMOCÍ FOTOVOLTAIKY – TEORIE A PRAXE

Petr Wolf, Pavel Hrzina

ČVUT v Praze, Univerzitní centrum energeticky efektivních budov (UCEEB),
petr.wolf@cvut.cz, hrzinap@fel.cvut.cz

ANOTACE

Príspevek se zabývá regulátory pro přípravu teplé vody pomocí energie získané z fotovoltaických modulů. Regulátory byly podrobeny provozním testům s užitím simulátoru fotovoltaického pole. Kromě výsledků těchto testů je popsáno i provedení regulátorů a některá jejich další specifika a funkce.

ÚVOD

Ohřev vody s užitím elektrické energie získané z fotovoltaických (FV) modulů je relativně nově rozšířená alternativa ke klasickému přímému ohřevu pomocí termických panelů. Oproti termickému systému má řadu výhod i nevýhod, které byly podrobně diskutovány v mnoha předchozích publikacích [1-3]. Jako výhody lze uvést jednoduchou instalaci a přenos energie pomocí kabeláže, v řadě případů též menší nároky na údržbu, vyšší efektivitu během chladného počasí (vztaženo k nominálnímu výkonu systému). Elektrickou energii lze navíc užít i jinými způsoby (napájení spotřebičů v domácnosti, nabíjení akumulátorů, prodej do sítě). Hlavní nevýhodou je pak nutnost větší plochy pro instalaci FV modulů a vyšší cena v případě požadavků na velké tepelné výkony. FV systém je tudíž vhodný obzvláště pro aplikace s celoročním provozem (příprava teplé vody) a v případech dodatečné montáže ve stávajících objektech.

V následujících částech se budeme zabývat porovnáním systémů s primárním užitím pro ohřev vody bez paralelního připojení na síť. Tyto systémy se začaly ve velké míře instalovat na domech v době tzv. stop stavu FV elektráren v České republice. Řada firem jako alternativu vyvinula regulátor, který umožní efektivní předávání energie z FV modulů do topného tělesa. Často zahrnuje další funkce jako měření energií, řízení ohřevu dle teploty v zásobníku, kombinování s ohřevem ze sítě, případně přepnutí na jiné využití elektrické energie. Hlavní funkcí regulátoru vsazeného mezi FV moduly a topnou patrnou v ohřivači však zůstává sledování bodu maximálního výkonu (MPP), což během roku zvýší dodanou energii o minimálně 30 % [3].

Od počátku roku 2017 je možné připojovat FV systémy s výkonem do 10 kW_P bez nutnosti licence, což je v řadě případů vhodnější řešení. Získaná elektrická energie je pak za využití měniče primárně užitá pro provoz spotřebičů v domácnosti, pro ohřev vody lze užít přebytky energie (zásobník tak slouží jako řízený spotřebič). Přímý ohřev vody pomocí FV systému s regulátorem však zůstává vhodný v případech, kdy není pro elektrickou energii jiné využití (resp. ohřev vody tvoří převážnou část spotřeby energie) nebo není k dispozici rozvodná síť.

TEST REGULÁTORŮ

Testované regulátory

V rámci měření byli osloveni výrobci a dodavatelé regulátorů do České republiky. Celkem bylo testováno 5 produktů, Tab. 1. Provedení jednotlivých regulátorů je patrné z Obr. 1.

Tab. 1 Přehled testovaných regulátorů pro ohřev pomocí FV modulů.

Typové značení	Označení výrobku v textu	Jmenovitý (maximální) výkon, rozsah napětí (max. DC napětí)*	Výrobce	Dodavatel, který regulátor zapůjčil
KERBEROS 320.B	KERB	2,1 kW (×), 140-310 V (340 V)	UNITES Systems, a.s., Česká republika	UNITES Systems, a.s., Česká republika
LOGITEX LXDC POWER BOX 1-2,3 kW DC	LXDC	2 kW (×), 85-350 V (350 V)	LOGITEX spol. s.r.o., Slovenská republika	LOGITEX spol. s.r.o., Slovenská republika
NECTAR Typ:S	SUN, NECT	1,5 kW (2 kW), 110-230 V (350 V)	LTD Super Litva	SOLVIS, s.r.o., Česká republika
CONTROL BOX 2.0	SUNW	× (3,4 kW), 100 – 230 V (350 V)	SUNNYWATT GROUP a.s.	SUNNYWATT GROUP a.s.
MARKO 2kW	MARK	1-1,5 kW, (2,6 kW), 200 - 300V (400 V), možno nastavit i na nižší startovací napětí	Ostrovni elektrárny s.r.o.	Ostrovni elektrárny s.r.o.

* dle datového listu, × není uveden

Měření

Měření bylo orientováno na zjištění chování a účinností při provozu pomocí zvolených typizovaných zkoušek. Během měření byl vstup regulátor připojen k solárnímu simulátoru, výstup k topnému tělesu (přímotopný ohříváč). Solární simulátor řízený pomocí PC sloužil jako zdroj V-A charakteristiky, kterou mají FV moduly při definovaných provozních podmínkách (osvit, teplota). Pomocí analyzátoru výkonu byly měřeny a logovány vstupní i výstupní hodnoty napětí, proudu a výkonu, Obr. 2.



KERB



LXDC



MARK

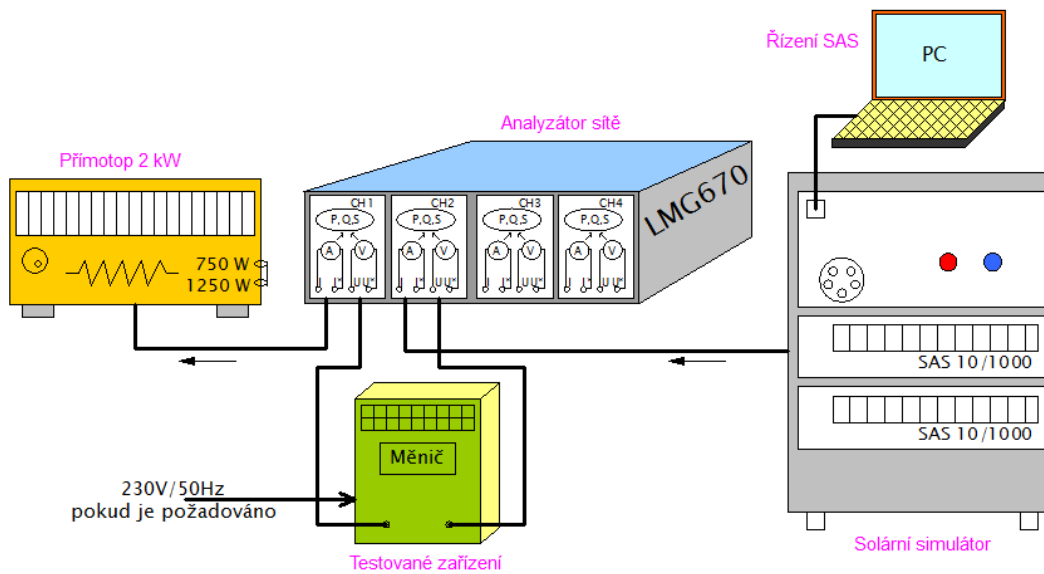


NECT



SUNW

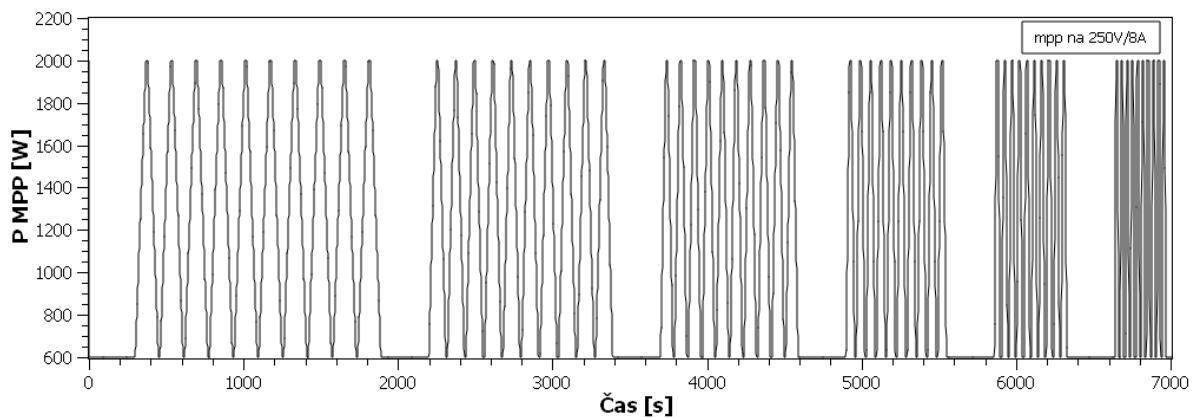
Obr. 1 Provedení testovaných regulátorů



Obr. 2 Měřicí sestava

Cílem testů bylo zhodnotit

- 1) schopnost sledovat MPP v jednotlivých osvitových profilech
- 2) průběh okamžité hodnoty účinnosti měniče v jednotlivých osvitových profilech
- 3) schopnost využití dostupné energie z FV systému při změnách osvitu (profil B2 EN 50530)

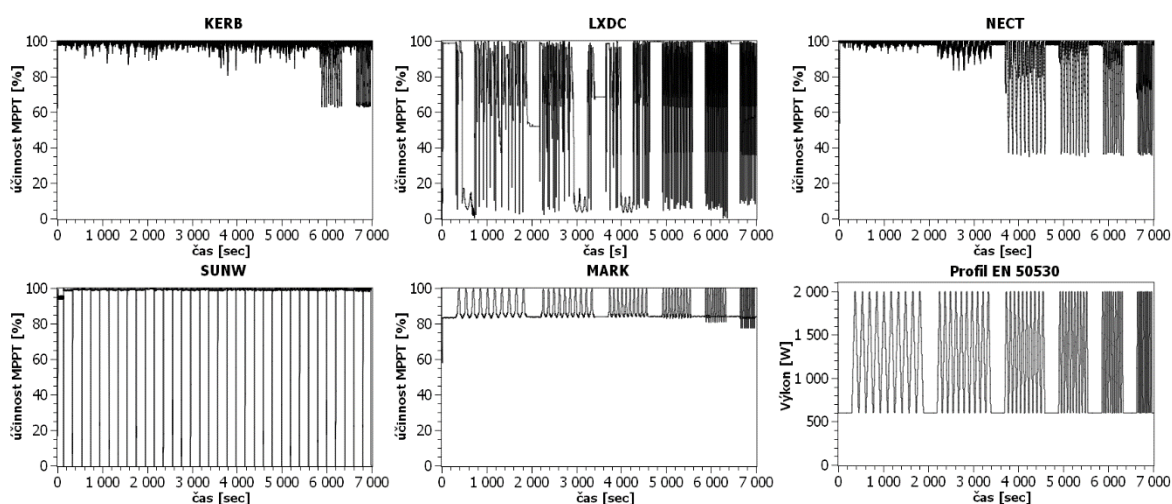


Obr. 3 Osvitový profil B2 dle EN 50530

Výsledky měření

Schopnost sledovat MPP

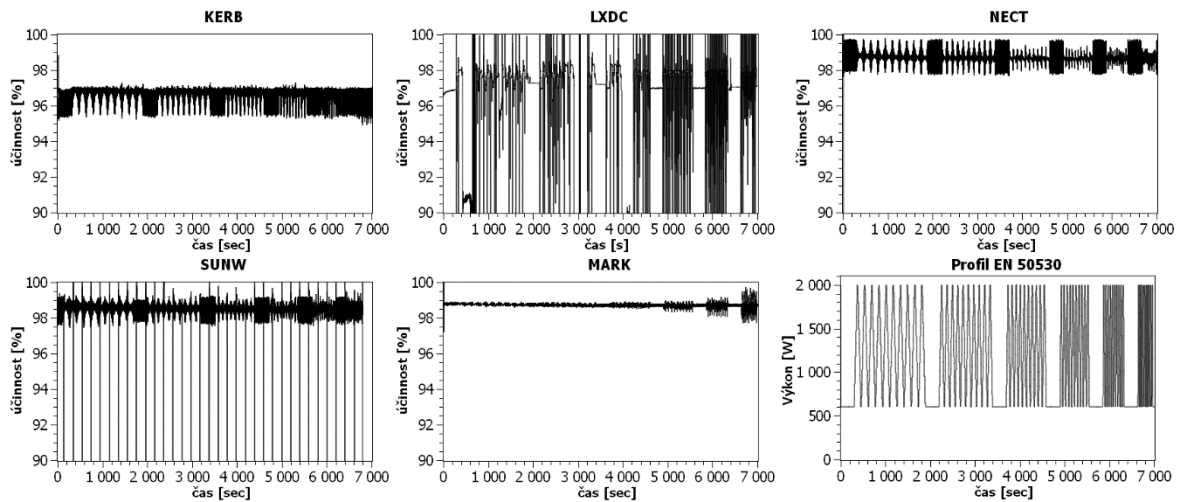
Účinnost sledování MPP u všech uvedených regulátorů při vstupním profilu B2 dle EN 50530 je ukázána na Obr. 4. Nejlépe se choval regulátor SUNW, který držel hodnotu účinnosti nad 98 % v celém profilu (s tím, že občas po krátkou dobu kontroloval VA charakteristiku). Velmi dobrý výsledek získal i regulátor KERB a NECT, jen při rychlých změnách simulované intenzity záření již nestíhal MPP sledovat. U regulátoru LXDC již pomalejší změny intenzity záření znamenaly odchýlení od MPP, regulátor MARK sice držel hodnotu MPP v rozsahu 85 – 100 %, nicméně ani na pomalé na změny intenzity v testovaném rozsahu nereagoval.



Obr. 4 Schopnost sledovat bod maximálního výkonu při testovacím profilu B2 dle EN 50530

Účinnost konverze měniče

V případě konverzní účinnosti regulátorů se nejlépe chovaly MARK, NECT a SUNW (cca 98,5 %). KERB dosahoval mírně nižších hodnot (cca 96,5 %). Účinnost u LXDC nebyla stabilní, nicméně v průměru se pohybovala také kolem vysokých hodnot (97 %), Obr. 5.

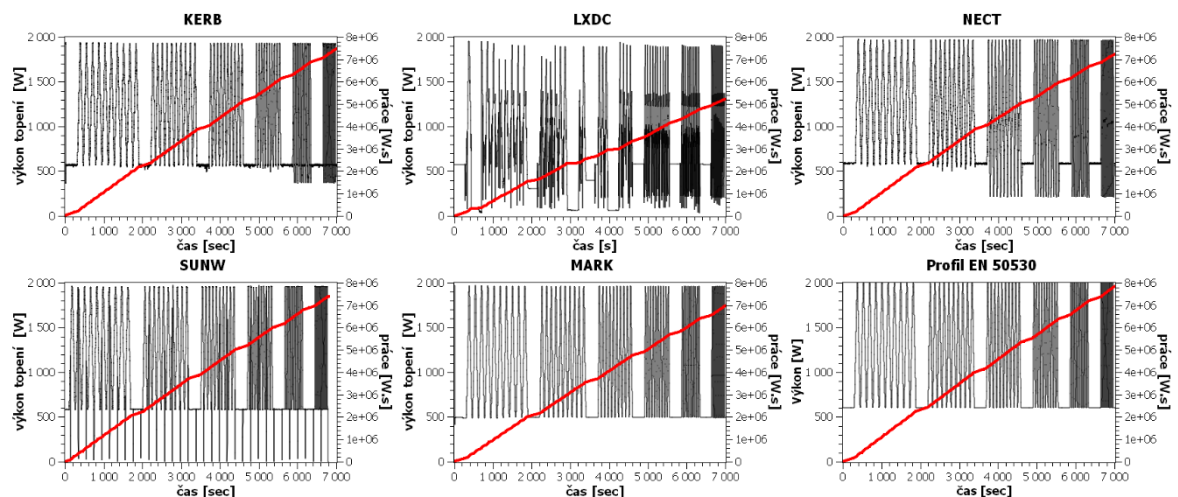


Obr. 5 Průběh okamžité hodnoty účinnosti měniče při testovacím profilu EN 50530

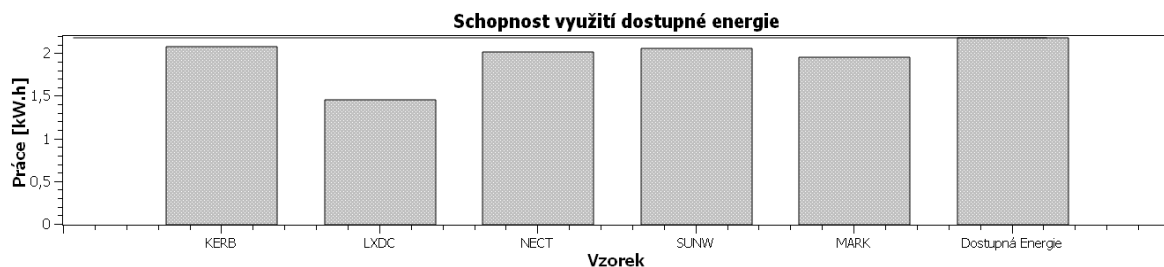
Využití dostupné energie z FV systému

Na základě měření možného výkonu FV simulátoru (výkonu v MPP) a skutečně dodávaného do odporové zátěže byl zjištěna celková schopnost měniče využít dostupnou energii. Hodnoty v sobě zahrnují jak účinnost měniče, tak účinnost sledování bodu maximálního výkonu při dynamickém profilu B2 EN 50530. Práce je počítána jako integrální veličina a jejím porovnáním s integrálem testovacího profilu je možno odhadnout kombinované ztráty na měniči při dynamickém chování, Obr. 6.

Nejvyšší dosaženou účinnost při testovacím provozu dosáhl regulátor KERB, následně s mírným odstupem SUNW, NECT a MARK. Regulátor LXDC dosáhl výrazně nižších hodnot celkové předané energie, Obr. 7.



Obr. 6 Schopnost měniče využít dostupnou energii.



Obr. 7 Porovnání měničů z hlediska schopnosti využití dostupné energie.

Další zhodnocení regulátorů (provedení, doplňkové funkce)

KERB

Regulátor KERB se na první pohled od ostatních odlišuje svými většími rozměry (395×322×105 mm). Nabízí kromě přímého natápění další funkce jako sledování vyrobené a spotřebované energie, řízený ohřev na základě měřené teploty v zásobníku, možnosti přepnutí FV výkonu v rozšířené variantě. Funguje i bez elektrické sítě. Kabeláž se připojuje přes průchodky na dnu přístroje, nevýhodou je nutnost odkrytování přístroje během montáže.

LXDC

Regulátor je proveden v masivním hliníkovém pouzdru (montážní krabici), provozní stav je indikován LED diodou. Toto provedení zajišťuje vyšší stupeň krytí (výrobce udává IP45). Tudíž se hodí do vlhkých prostor, nebo míst, kde by při havarijním stavu mohlo dojít k úniku vody. Připojení je jednoduché pomocí MC4 konektorů. Kromě regulace výkonu neposkytuje v základní variantě žádné další přidané funkce (např. měření energie či teploty).

NECT

Regulátor byl rozměry nejmenší z testovaných. Je proveden v plastovém pouzdru, s konektory MC4 a napevno připojenou laněnou kabeláží ve spodní části přístroje. Svrchu je displej ukazující provozní stav a měřenou teplotu, je též možná komunikace prostřednictvím WiFi. Výrobce udává možný provoz bez elektrické sítě, což bylo během měření vyvráceno (provoz přístroje je podmíněn přítomností napětí AC na vstupu sítě). Problémem přístroje je hlučnost (pískání) tělesa při provozu, což vylučuje možnost instalace natápěného bojleru v místech zdržování se osob (např. přímo v koupelně).

SUNW

Vnější provedení regulátoru je velmi obdobné regulátoru LXDC, má jen o něco menší rozměry. LED dioda přímo indikuje v několika stupních dodávaný relativní výkon, žádná další komunikace či měření teplot přímo přístrojem není realizováno. Podobně jako regulátor NECT topné těleso při provozu vydává hluk, je však tišší. Výstupem je pulzní stejnosměrný proud. Proto musí být topná spirála v případě natopení či havarijního stavu odepnuta prvkem určeným pro stejnosměrný proud (např. DC stykačem).

MARK

Zajímavostí regulátoru jsou dva analogové měřiče proudu a napětí vestavěné do krytu přístroje, které okamžitě ukazují provozní stav. Připojení je realizováno komocí konektorů a průchodky na stranách přístroje. Podstatnou nevýhodou je nutnost přístroj během instalace správně seřadit. Provádí se to odkrytováním přístroje a nastavením několika vnitřních trimrů. Pokud se toto nevhodně provede, přístroj nepracuje v ideálních podmínkách (dochází k značným ztrátám).

ZÁVĚR

V rámci testů bylo měřeno 5 typů regulátorů určených pro ohřev vody pomocí FV modulů. Ukázalo se, že všechny regulátory jsou provozuschopné, nicméně jsou mezi nimi rozdíly, co se týče provozní účinnosti, požadavků na vlastní instalaci i doplňkových funkcí. Důležitá při výběru je též cena regulátoru včetně případného nutného dalšího příslušenství, která nebyla v uvedeném testu hodnocena.

Závěrem bychom rádi poděkovali všem výrobcům či dodavatelům za bezplatné zapůjčení regulátorů.

LITERATURA

- [1] Bechník, B. Příprava teplé vody – fotovoltaika nebo solární tepelné kolektory? TZB-Info. 2013
- [2] Matuška, T., Šourek, B. Porovnání solárního fototermického a fotovoltaického ohřevu vody. TZB-Info. 2014
- [3] Wolf, P. Optimalizace fotovoltaického systému pro přípravu teplé vody. TZB-Info. 2013

Tato práce byla podpořena z Evropských strukturálních a investičních fondů, Operačního programu Výzkum, vývoj a vzdělávání, projektu CZ.02.1.01/0.0/0.0/15_003/0000464 Centrum pokročilé fotovoltaiky, a MŠMT v rámci programu NPU I č. LO1605 – Univerzitní centrum energeticky efektivních budov – Fáze udržitelnosti.