

# MAXIMUM POWER POINT LOAD

**Jiří Hofman**

Master Degree Programme (5), FEEC BUT  
E-mail: xhofma02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Vaněk

E-mail: vanekji@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

This paper describes design and development of the Maximum Power Point Load (MPPL) - a stand-alone MCU controlled module offering all the functionality needed for continuous measurement of photovoltaic module I-V curve, MPP point, open circuit voltage and short circuit current. This module is a part of a complex photovoltaic module efficiency measurement system which is currently being developed by the author.

## 1. ÚVOD

V rámci návrhu systému pro kontinuální měření efektivity fotovoltaických panelů (FP) byly stanoveny požadavky na samostatný měřicí modul, který by byl schopen zajistit:

- velmi rychlé kontinuální měření V-A charakteristiky (rychlé měření je nutné pro minimalizaci vlivu změn okolních podmínek a intenzity dopadajícího světla během periody měření).
- přímé měření MPP bodu FP pomocí regulátoru, který kontinuálně zajišťuje optimální zatížení panelu.
- měření napětí naprázdno a proudu nakrátko FP.

MPPL modul by měl být výkonově dimenzován pro měření celého výkonového spektra současných FP (max. výkon 270 W, napětí 70V, proud 10A) .

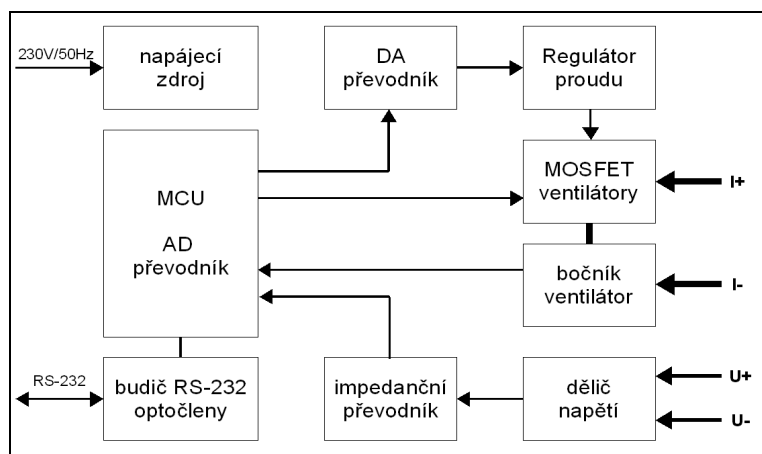
Modul by měl zajišťovat pouze základní měřicí a regulační algoritmy, skripty vlastních testů FP a sběr dat zajistí nadřazený počítač PC.

## 2. HARDWARE

Řešení hardware MPPL vychází ze zvolené koncepce měření výkonu: FP je zatěžován analogovou aktivní zátěží, která je buzena DA převodníkem. Výstupní napětí FP je měřeno AD převodníkem. Řízení modulu a digitální regulátor MPP zajišťuje mikrokontrolér, který je s nadřazeným počítačem propojen sériovým portem. Modul je kompletně galvanicky oddělen (vyjma silové části připojené k FP), což je zajištěno jednak transformátory napájecího zdroje a dále optočleny v obvodu budiče sériového portu. Toto řešení zajišťuje potlačení nežádoucích zemních smyček a ochranu připojeného počítače. Blokové schéma modulu je na Obrázku 1, následující podkapitoly popisují hlavní části hardware modulu.

## 2.1. AKTIVNÍ ZÁTĚŽ

Aktivní zátěž využívá klasické zapojení analogového regulátoru konstantního proudu, který je měřen přesným bočným s velmi nízkým teplotním driftem a aktivním chlazením ventilátorem. Výkonovým prvkem zátěže je tranzistor MOSFET jenž je chlazen chladičem s ventilátory řízenými pomocí polovodičového relé. Tranzistor je v sestavě s chladičem dimenzován na ztrátový výkon cca 270 W při okolní teplotě 23°C. Buzení zátěže zajišťuje velmi přesný Sigma-Delta DA převodník, jehož datový vstup lze kalibrovat přímo pro zadaný proud zátěží, který tedy není nutné měřit, což velmi urychluje měření V-A charakteristiky. Zátěž je ovšem schopna regulovat proud pouze pro vstupní napětí od určité hodnoty  $U_{min}$ , která je konstrukčně ovlivněna především hodnotou odporu bočnicku a minimálním odporem kanálu regulačního tranzistoru, provozně je funkcí zadaného proudu. V případě měření proudu nakrátko je vstupní napětí nižší než  $U_{min}$  a kalibrační křivka DA převodníku není platná – tranzistor je plně otevřen. Z tohoto důvodu je na jeden diferenciální kanál AD převodníku přivedeno rozdílové napětí bočnicku, které odpovídá skutečnému proudu.



Obrázek 1: Blokové schéma modulu MPPL.

## 2.2. MĚŘENÍ NAPĚTÍ FP

Pro měření výstupního napětí FP je modul vybaven vstupním děličem s velmi nízkým teplotním driftem, který je přes impedanční převodník (precizní operační zesilovač) připojen na diferenciální vstup AD převodníku, což umožňuje čtyř-vodičové připojení FP a eliminaci chyb měření napětí způsobených úbytky na kabelech. Toto pseudo-diferenciální zapojení má velký vstupní odpor a tak minimálně ovlivňuje měřený FP. AD převodník je integrován do mikrokontroléru, využívá Sigma-delta modulaci a jeho referenční napětí je definováno precizním externím referenčním zdrojem, který využívá i DA převodník.

## 3. ALGORITMY SOFTWARE MPPL

Software mikrokontroléru MPPL zajišťuje jednak vlastní běh modulu (řízení chlazení apod.) a dále při přijetí patřičného povelu realizuje jednotlivé algoritmy měření. Při měření V-A charakteristiky je v prvním kroku změřen proud nakrátko, z něhož je určen rozsah zatěžovacího proudu. Poté je FP postupně zatěžován a měřeno jeho výstupní napětí. Při měření MPP bodu je prvním krokem měření V-A charakteristiky, z níž je určen bod

MPP a poté je spuštěn vlastní regulátor MPP, který využívá algoritmus s 3 bodovým váháním [3]. Měření napětí naprázdno a proudu nakrátko jsou z hlediska software speciálními případy měření V-A charakteristiky.

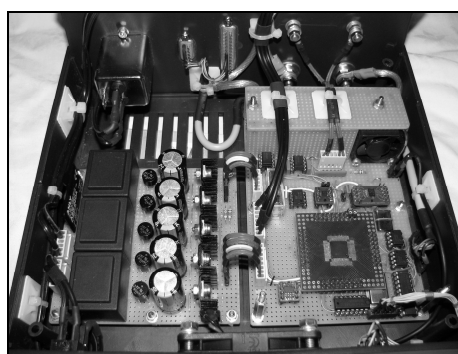
#### 4. KALIBRACE, TESTOVÁNÍ

Kalibrace modulu MPLL je zajištěna sadou navázaných (kalibrovaných) přístrojů: stabilního zdroje stejnosměrného napětí a dvou přesných 6,5 místných multimetrů pro měření napětí, proudu. Celá tato sestava je plně automatizována využitím sběrnic LXI a GPIB.

Pro finální testy (a ladění regulátoru MPP) byla realizována lampa 2,2 kW, která je navržena pro homogenní osvit 50W panelu Solartec, který bude využit pro finální dlouhodobé měření efektivity přeměny sluneční energie na elektrickou.



Obrázek 2: Celkový pohled



Obrázek 3: Hardware modulu

#### 5. ZÁVĚR

V době uzávěrky toho příspěvku byla dokončena stavba prototypu MPPL (Obrázek 2, 3) a zrealizovány prvotní testy modulu, které jednak ukazují na správnost jeho řešení a dále na dobrou přesnost měření elektrických veličin modulem. Byly naměřeny první V-A charakteristiky 5W FP. Následovat budou testy s finálním FP 50W, ladění regulátoru MPP a kalibrace, která zajistí metrologickou návaznost měření a regulace elektrických veličin modulem.

Byl tedy získán prototyp programovatelné zátěže, jejíž využití je díky zvolené koncepci mnohem širší než původně žádané měření výkonu fotovoltaických panelů – s patřičným software v PC lze modul využít např. na zátěžové testy napájecích zdrojů, na měření vybíjecích charakteristik akumulátorů a podobně.

#### LITERATURA

- [1] Murtinger, Beranovský, Tomeš.: Fotovoltaika. Energie ze slunce, ERA group, 2008
- [2] Prof. Ing. Vitězslav Benda, CSc.: Solární články z krystalického křemíku – základní technologie současné fotovoltaiky, sborník z české fotovoltaické konference, Brno, 2006
- [3] Jiang, Huang, Hsiao.: Maximum Power Tracking for Photovoltaic Power Systems. In: Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 8, No 2, 2005, s. 147-153