

Regulační obvody autonomních solárních systémů

Ing. Pavel Slezák

Ústav elektrotechnologie, FEKT VUT v Brně

Control system used in autonomous solar system

Abstract

This thesis dealing with description and of autonomous solar systems and algorithms for control of decision-making mechanism. Optimal set of these mechanism has effect in raise of efficiency in hole autonomous system. In practical purposes propose create one by using microprocesor ATMEGA8, which measure all electrical data in system and control all decisions of implemented algorithm.

Keywords

Microprocessor-controlled Maximum Power Point Tracking Algorithorithm, Switch-Mode Power Converter Circuits SMPC, Microprocessor-Measured electric Values,

Úvod

Solární energetika v posledních letech zaznamenala prudký vývoj. To ovšem zdaleka neznamená, že by vývoj byl u konce. Nové aplikace elektronických systémů a oblast dopravy si vyžadají potřebu inteligentně řídit spotřebu a řešit nezávislost na zdrojích energie. Úkolem této práce je vytvoření mikroprocesorově řízeného regulátoru autonomního solárního systému programovatelného pomocí sériového rozhraní.

Teorie o regulátorech v autonomních solárních systémech

Regulátory slouží pro řízené dobíjení a ochranu akumulátorů proti přebíjení proudem z FV solárních systémů a optimalizují činnost FV systému. Umožňují řízenou akumulaci elektřiny pro použití v noci nebo v době s nepříznivým osvětlením solárních panelů. Vhodný regulátor se volí podle:

- pracovního (nominálního) napětí v systému, podle typu akumulátoru, proměnlivosti teploty v okolí akumulátoru, podle proudového výkonu panelů, celkového příkonu elektrospotřebičů a podle nároku na automatizaci obsluhy a sledování funkce FV systému, míra optimalizace činnosti FV systému a dosažení co nejvyšší účinnosti při řízení toku energie a životnosti akumulátorů.

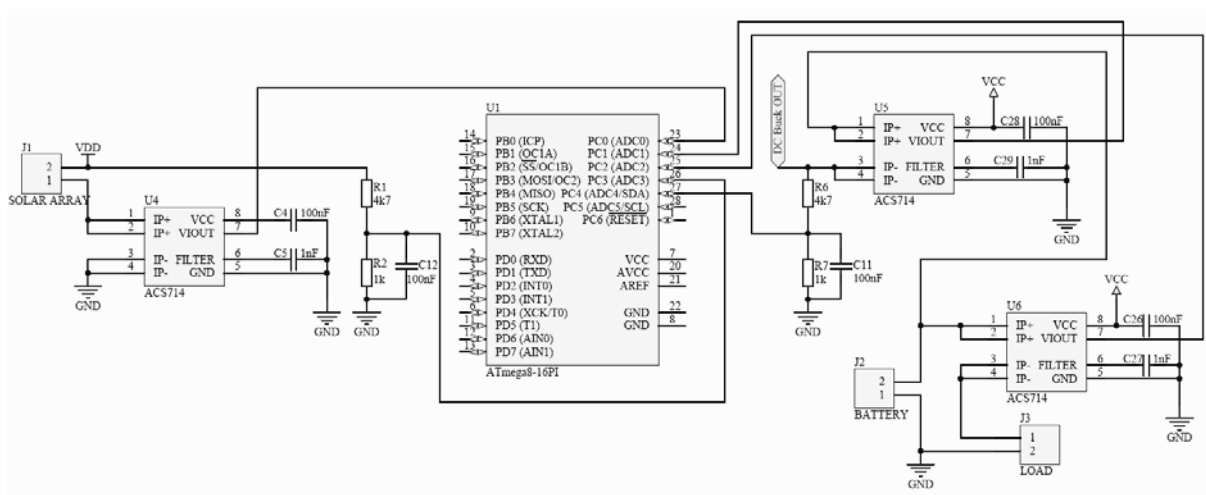
Dále mohou zajišťovat řadu funkcí, které ochraňují akumulátory:

- ochrana proti přebíjení, ochrana před hlubokým vybitím připojenými elektrospotřebiči, nadproudová ochrana, ochrana před trvalým přetížením výstupním proudem ochrana před přepólováním akumulátoru, ochrana proti vybíjení akumulátoru přes solární panel za nepříznivých světelných podmínek, hlídání nabíjecích cyklů pro delší životnost akumulátorů, kontrola rezistivity akumulátorů a tedy jejich životnosti.

Koncepce navrhovaného regulačního obvodu

Řídicím prvkem celého regulátoru je Atmel Atmega8, jehož převodníky AD měří napětí na FV panelech, bateriích a na výstupech proudového senzoru. Díky měření proudu je možno sledovat velikost a směr proudu a tím optimalizovat řízení - měnit hodnotu napětí, při kterém dojde k odpojení zátěže a počítat celkový náboj dodaný baterií do obvodu a náboj dodaný do baterie od FV panelů. Díky znalosti všech elektrických veličin v systému je možné jejich ovlivňováním dosáhnout maximálního bodu účinnosti na zatěžovací charakteristice fotovoltaického článku. (viz. Obrázek 4).

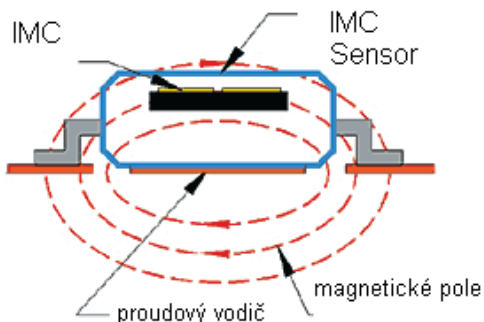
Měřené hodnoty mají přínos zejména pro určení správného okamžiku odpojení zátěže od akumulátorů v případě jejich nízké kapacity. Odpojení je nutno optimalizovat vzhledem k co nejdelšímu provozu připojených zařízení a zároveň k co nejvyšší životnosti baterií. Ve spojení se zařízením pro přenos dat po datové síti (např. XPort® - Embedded Ethernet Device Server) je možno naměřená data posílat kamkoliv po síti internet.



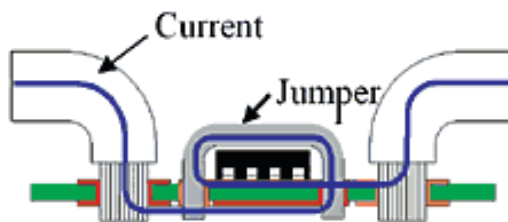
Obrázek 1: Schéma zapojení komponent obstarávající měření elektrických veličin

Měření proudu a jeho vyhodnocení

Měření proudu je pro tento typ aplikací nejvýhodnější řešit pomocí integrovaných obvodů s magnetickým koncentrátorem (IMC), který zvyšuje citlivost natolik, že není potřeba magnetických obvodů jako u konvenčních hallových senzorů. IMC je tvořen CMOS technologií s přídatnou feromagnetickou vrstvou. Sensory měří proud přeměnou magnetického pole generovaného proudem v procházejícím vodiči na odpovídající napěťovou úroveň na výstupu. Jeho hodnotu můžeme zvýšit použitím koncentrátorů, popřípadě layoutem proudového vodiče na PCB. Po úpravě citlivost vzroste na 120mV/A.

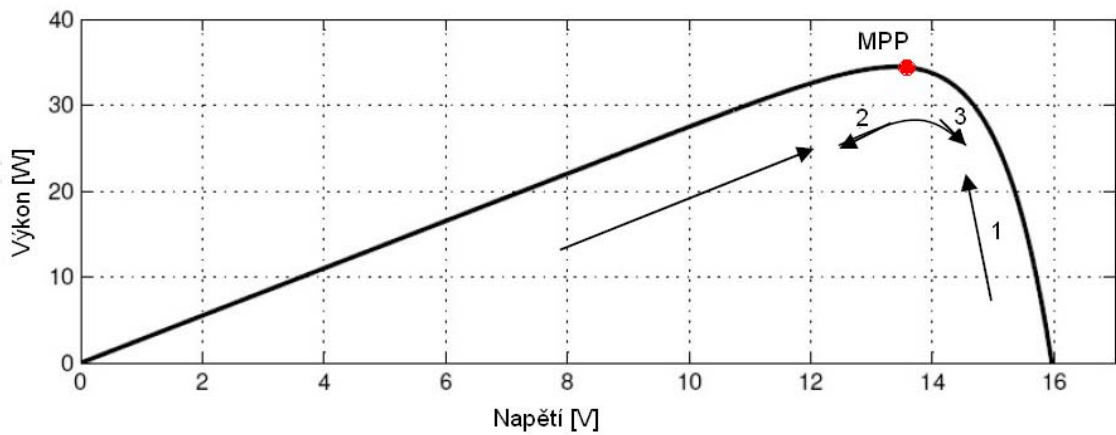


Obrázek 2: Znázornění principu měření proudu IMC senzorem

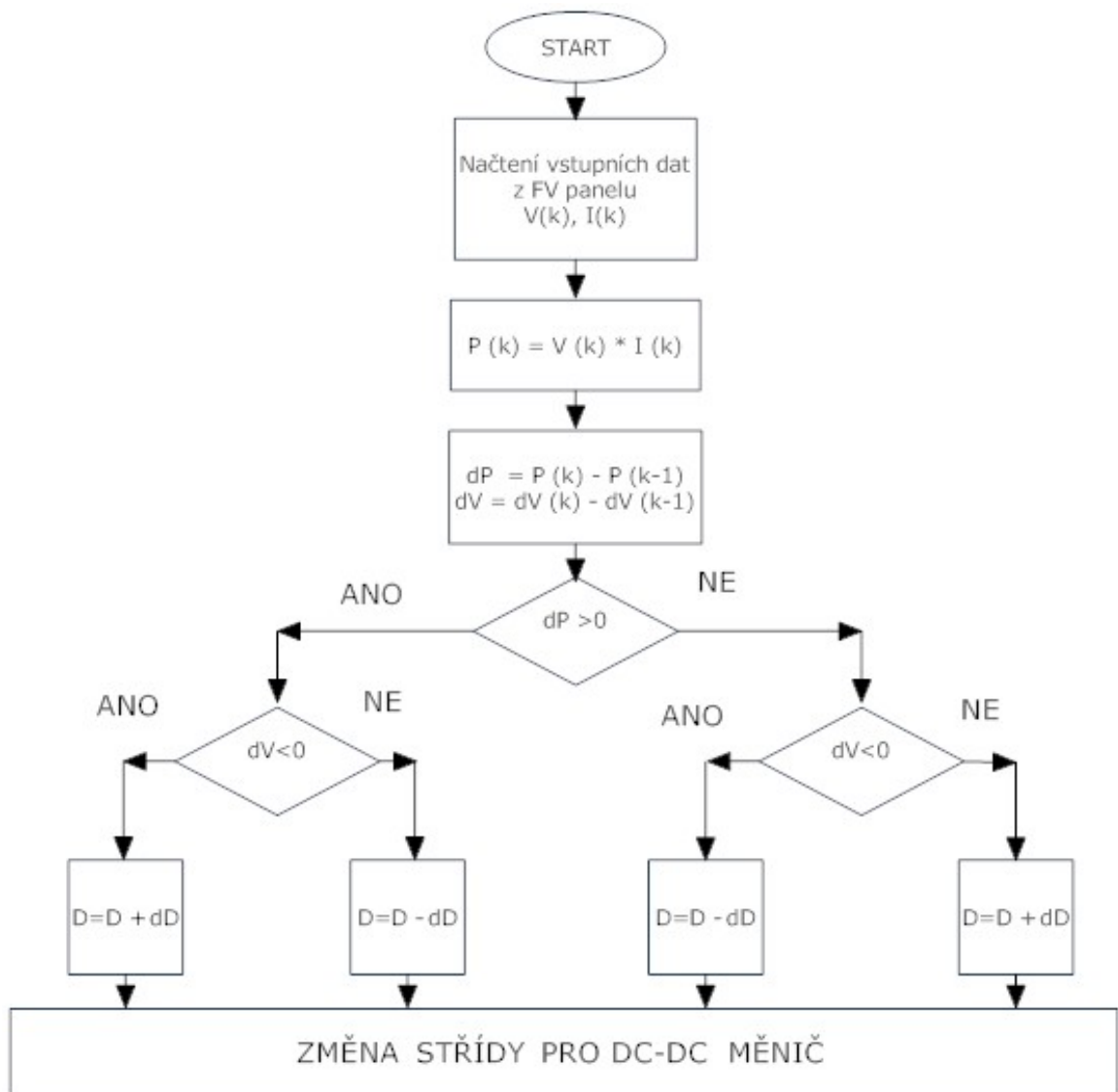


Obrázek 3: Proudový koncentrátor

Sestavení řídicího algoritmu pro získání maximálního bodu účinnosti MPP



Obrázek 4: Hledání maximálního bodu účinnosti pomocí algoritmu Perturb & Observe



Obrázek 5: Rozhodovací postup regulátoru s algoritmem Perturb & Observe

FV články mají exponenciální závislost mezi proudem a napětím a maximální bod účinnosti MPP se nachází ve zlomu této křivky ve kterém je vnitřní rezistence FV článku rovna záporné derivaci rezistence ($V / I = -dV / dI$). Nastavení maximálního bodu výkonu probíhá s využitím DC-DC měniče a procesorové logiky. Tím je umožněno přeměnit maximální množství energie dostupné z FV článku. Ovlivňování elektrických veličin na měniči založeném na synchronně spínajícím obvodu LT1158 bylo prováděno pomocí změny střídání na portu PB1 (dle Obr. 5). N-MOS tranzistory IFRZ44N byly zvoleny pro nízké vodivostní ztráty při spínání.

V algoritmu P&O (Obrázek 5) je malou změnou napětí měněn výkon systému. Pokud výkon vzroste k vyšším hodnotám, tak je další změna provedena ve stejném směru (bod 1, Obrázek 4). Po několika krocích je dosaženo maximálního bodu účinnosti a v případě, že dojde v následujícím kroku ke snížení výkonu, je nutné provést změnu napětí v opačném směru (bod 2). Tímto krokem se dostaneme do bodu 3 a opakováním změn z kroků 2 a 3 bude výkon oscilovat okolo jeho maximální hodnoty. Při těchto oscilacích dochází ke ztrátám, které jsou způsobeny drobnou odchylkou oproti maximální hodnotě výkonu. Tento nedostatek je v algoritmu omezen postupným snižováním velikosti kroku změny napětí s přiblížením k MPP a naopak zvětšením kroku při změně osvětlení. Další možností je pozastavit změny napětí po dosažení několika po sobě jdoucích změn orientace napětí. Toto opatření však ztrácí účinnost při velmi častých změnách intenzity osvětlení a je vhodné ho aplikovat pouze pro oblasti s konstantním podnebím.

Závěr

Tato práce vytvořila funkční prototyp regulačního obvodu, který může být velmi snadno přeprogramován pro různé aplikace, zapojení a podmínky provozu. Má tedy široké možnosti praktického využití a může plnit jak funkci solárního regulátoru tak i jeho elementární funkce jako například měřidlo napětí, proudu a dodaného náboje popřípadě jako nastavitelný zdroj napětí pomocí PWM či dataloger. Pomocí jednoduchého ovlivňování elektrických veličin může regulátor pracovat s vyšší účinností než obyčejné solární systémy a tím nedochází ke zbytečným ztrátám energie. Toto vylepšení zvyšuje ekonomickou návratnost autonomních solárních systémů.

Toto universální řešení bylo vyvinuto za použití cenově velmi dostupných komponent a s vývojovým prostředím Bascom založeným na programovacím jazyku Basic.

Literatura

- [1] Internetové stránky <http://www.sensorsmag.com/>, Sensors Nov 1/2003, Measuring Current with IMC Hall Effect Technology
- [2] VIKRANT.A.CHAUDHARI, Automatic peak power tracker for solar pv modules using dSpacer software, Maulana Azad National Institute of Technology (Deemed University)
- [3] D. P. HOHM AND M. E. ROPP, Progress in photovoltaics: research and applications, Prog. Photovolt: Res. Appl. 2003; 11:47–62 (DOI: 10.1002/pip.459) Electrical Engineering Department, South Dakota State University, Brookings, SD 5700-2220, USA
- [4] SLEZÁK, P.: Semestrální projekt 2 – Autonomní solární systém s měřením intenzity osvětlení, Brno, 2007