

# Adaptivní řízení spínaného reluktančního motoru bez čidla polohy

Jakub Talla

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky, Západočeská univerzita v Plzni

## Adaptive control of switched reluctance motor drive without position sensor

### Abstract

*This paper describes position estimator of switched reluctance motor drive based on artificial neural network model. After the introductory stage, main algorithms used for position and resistance of rotor winding estimation are explained. Estimation algorithms are designed in Matlab software and implemented into FPGA.*

Práce byla vytvořena za podpory grantu FRVŠ 913/2008

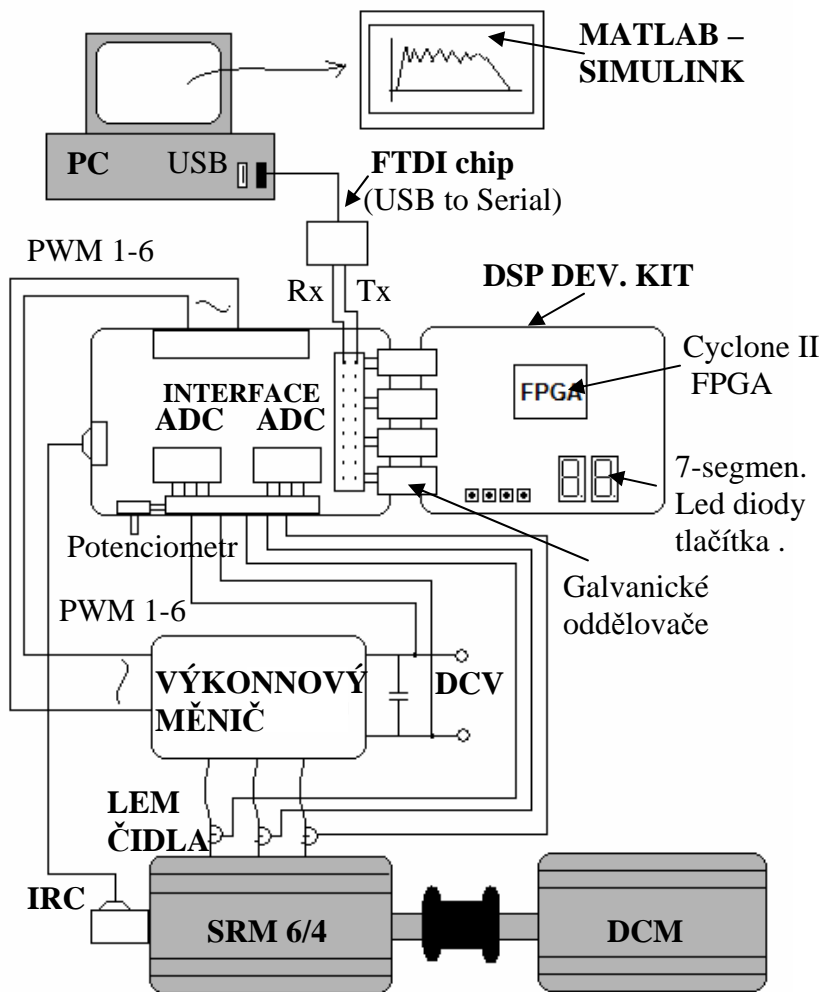
### Úvod

Spínaný reluktanční motor (SRM) je motor vyznačující se velmi jednoduchou konstrukcí a vysokou spolehlivostí. Jednou z jeho hlavních nevýhod je nutnost alespoň částečné znalosti polohy rotoru vůči statoru z důvodu potřeby elektronické komutace fází pro plynulý rotační pohyb. Čidla polohy samozřejmě pohon prodražují a také snižují jeho spolehlivost (další možnost, kde se může stát chyba) nebo je jejich použití vzhledem k podmínkám prostředí nevhodné či nemožné. Z těchto důvodů jsou delší dobu hledány metody, jak se bez čidel polohy obejít. Jednou z běžných a vhodných metod pro estimaci polohy jak pro vysoké tak nízké otáčky je estimace ze spřaženého toku či odvozených veličin.

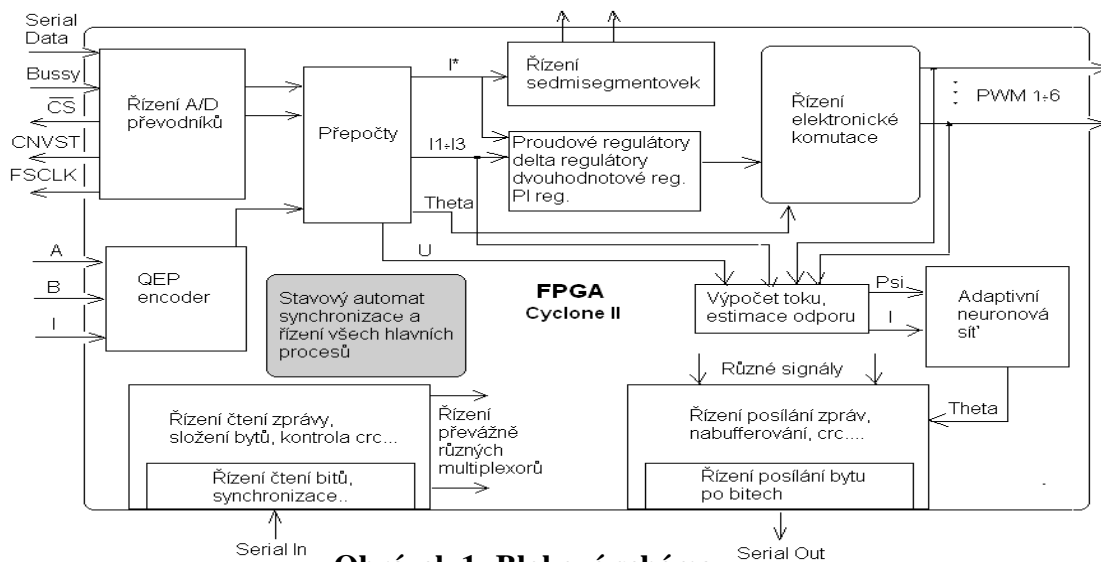
$$u = Ri + \frac{d\psi_{\theta,i}}{dt}, \quad u = Ri + L_{\theta,i} \frac{di}{dt} + K_{\theta,i} \omega \quad (1)$$

### Popis fyzikálního systému

Pro řízení spínaného reluktančního motoru bez čidla otáček je zvláště pro vysoké otáčky velmi důležité přesné a rychlé snímání elektrických veličin. Pro jejich následné rychlé zpracování a hlavně pro realizaci rychlé umělé neuronové sítě, jakožto adaptivního aproximátoru, byla vybrána hardwarová platforma založená na programovatelném logickém poli (Altera Cyclone II). Toto řešení poskytuje mnohonásobně vyšší výkon hlavně výpočtu neuronové sítě (paralelní počítání) než srovnatelně taktovaný signálový procesor (100 MHz). Nevýhodou tohoto řešení je komplikovanější vývoj řídicích algoritmů a v našem případě také vývoj vlastní desky s interfacem pro řízení elektrických pohonů (galvanické oddělení, A/D převodníky, datová komunikace s PC...).



Obrázek č. 1 popisuje základní schéma zapojení. K vývojovému kitu Altera DSP development kit je připojena přes galvanické oddělovače deska s A/D převodníky, vstupem inkrementálního čidla, PWM výstupy (pro řízení měniče), potenciometrem, a sériovým datovým rozhraním s počítačem (přes FTDI viz. odstavec Datová komunikace). Na obrázku č. je základní blokový popis konfigurace logického pole pro bezsenzorového řízení SRM. Většina procesů probíhá v poli paralelně nezávisle na ostatních a o samotnou synchronizaci událostí na sobě závislých se stará stavový automat.

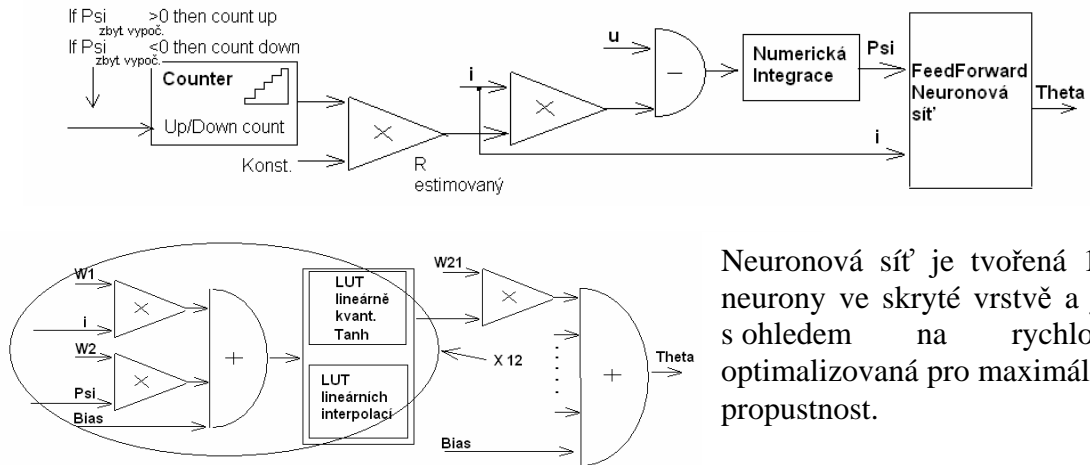


Obrázek 1- Blokové schéma

### Výpočet spřaženého toku s adaptací odporu vinutí

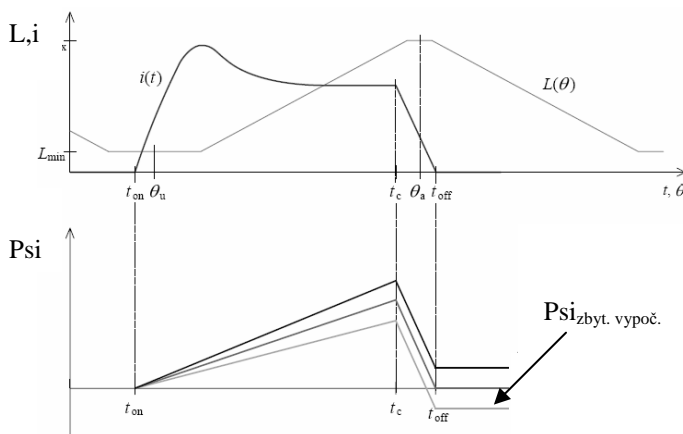
Přesný výpočet zpraženého toku je nutnou podmínkou pro přesný odhad polohy.

$$\frac{dPsi_{theta,i}}{dt} = u - Ri, \quad Psi_{theta,i} = \int (u - Ri) dt \quad (2)$$



Obrázek 2 - Estimátor polohy

Neuronová síť je tvořená 12 neurony ve skryté vrstvě a je s ohledem na rychlost optimalizovaná pro maximální propustnost.



Obrázek 3 - Estimace odporu fáze

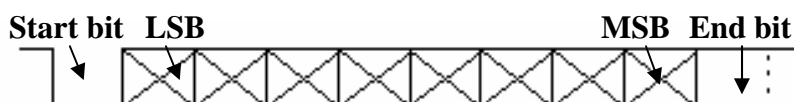
Jsou-li správně stanoveny parametry rovnice č. 2 pak při poklesu proudu k nule musí vyjít zbytkový vypočtený tok roven nula. Toho lze využít pokud měříme dostatečně přesně napětí a proud ke zpřesnění hodnoty odporu fáze (mění se v závislosti na teplotě). Pokud  $\Psi_{zbyt, vypoč.}$  je větší než 0 je nutné zvětšit hodnotu odporu (tj. zvýšit hodnotu counteru) a naopak.

### Datová komunikace

Datové rozhraní je řešeno sériovou komunikací s chipem firmy FTDI, který nám po připojení k počítači vytvoří virtuální sériový port (USB na serial). Toto řešení je oproti klasickému sériovému rozhraní RS232 výhodné svou vysokou rychlostí (920 Kbit/s) a lepší konektivitou s novými počítači. Z důvodu požadované bitové délky přenášených dat (16 a více bitů) a spolehlivosti, bylo nutné vytvořit datovou komunikaci založenou na zprávách s definovanou strukturou a CRC kódem. Každá zpráva posílaná mezi FPGA a PC (a naopak) tedy obsahuje Start Byte (vždy 0xFE), Length Byte (délka zprávy v bytech) samotná přenášená data a CRC kód vytvořený jako bitový XOR z jednotlivých Bytů kromě Start Bytu.

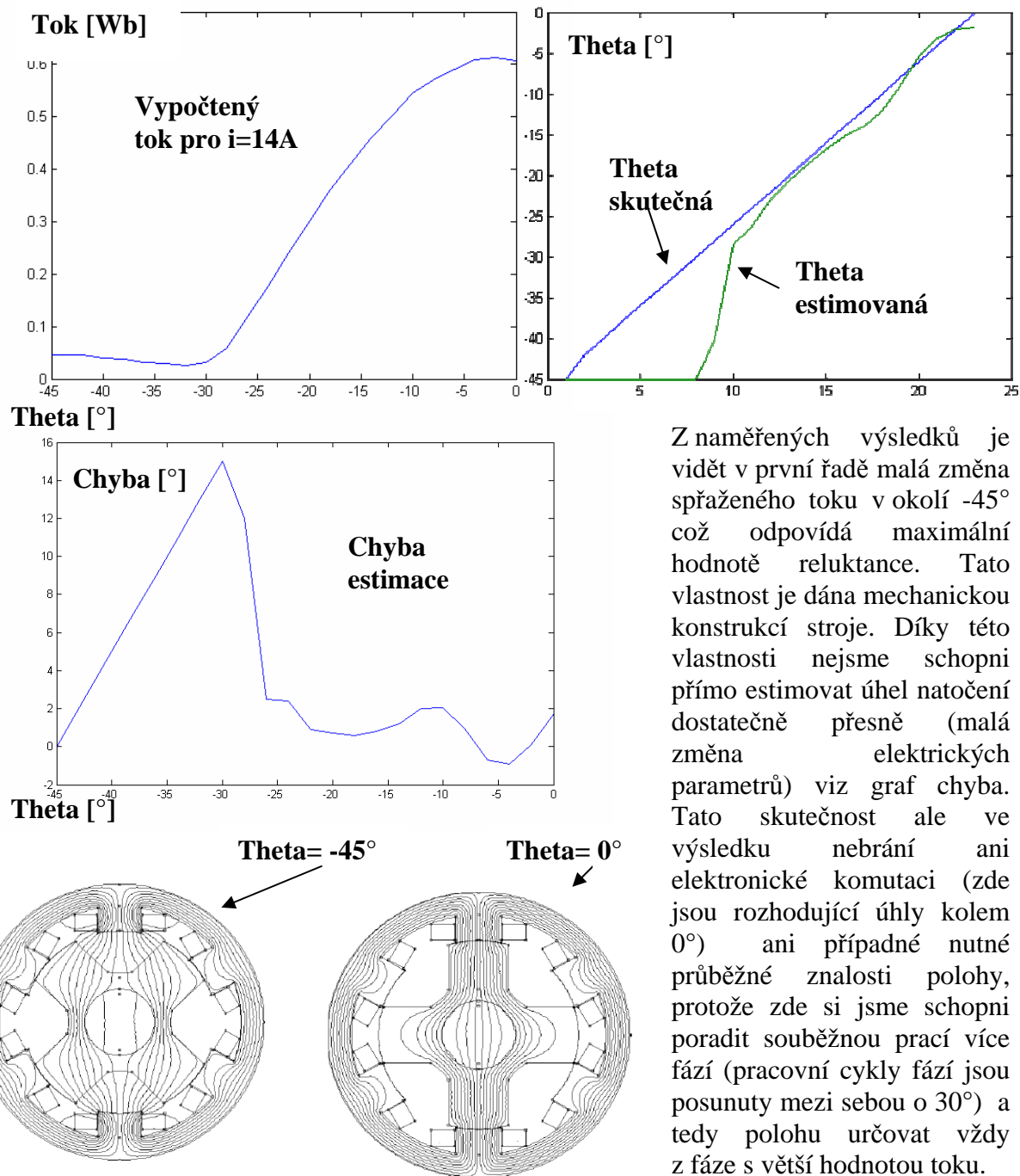
<b>Start Byte</b> 0xFE	<b>Length Byte</b>	<b>First Byte</b>	---	<b>Last Byte</b>	<b>CRC Byte</b>
---------------------------	--------------------	-------------------	-----	------------------	-----------------

Poslání bytu vyžaduje napřed poslat start bit (0), poté samotných 8 bitů (least significant bit jako první) a nakonec poslat jeden nebo více End bitů (1).



## Naměřené výsledky:

Naměřené výsledky jsou pro celý rozsah hodnot tj. ( $-45^\circ$  až  $0^\circ$ ) možného prac. cyklu fáze.



Z naměřených výsledků je vidět v první řadě malá změna spřaženého toku v okolí  $-45^\circ$  což odpovídá maximální hodnotě reluktance. Tato vlastnost je dána mechanickou konstrukcí stroje. Díky této vlastnosti nejsme schopni přímo estimovat úhel natočení dostatečně přesně (malá změna elektrických parametrů) viz graf chyba. Tato skutečnost ale ve výsledku nebrání ani elektronické komutaci (zde jsou rozhodující úhly kolem  $0^\circ$ ) ani případné nutné průběžné znalosti polohy, protože zde si jsme schopni poradit souběžnou prací více fází (pracovní cykly fází jsou posunuty mezi sebou o  $30^\circ$ ) a tedy polohu určovat vždy z fáze s větší hodnotou toku.

## Závěr

Obrázek 4 - Naměřené výsledky

Tento příspěvek se zabývá nejběžnějším typem odhadu polohy rotoru spínaného reluktančního motoru. Odhad polohy ze zpraženého toku je vhodný jak pro nízké, tak i vysoké otáčky a není nutné jiným způsobem zasahovat do samotného řízení SRM. Je zde také ukázána metoda využití neuronové sítě pro estimaci polohy, pro níž není nutné předchozí náročné měření parametrů motoru.

## Literatura

[1] Talla, J.: *Fuzzy řízení spínaného reluktančního motoru*, Dipl. Práce ZČU 2006