

PARAMETERS OF EPSON SCARA DRIVE FOR NOVEL CONTROL

Jan Štěpka

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xstepk00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ondřej Bartík

E-mail: xbarti07@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: This work deals with the Epson SCARA manipulator drive. It is focused on creating a drive model and implementation position control of the permanent magnet synchronous motor to Servo Drive AX5000 from Beckhoff. This work describes measurements of drive parameters and, calculation of controller parameters for the field-oriented control in d-q coordinate system and an actual solution of the position control with Beckhoff AX5000.

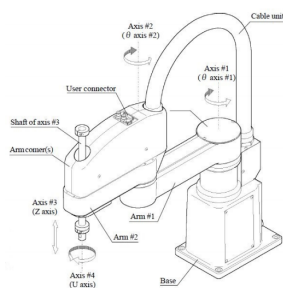
Keywords: Beckhoff AX5000, field-oriented control, permanent magnet synchronous motor, position control

1 ÚVOD

Tato práce je zaměřena na vytvoření nové řídicí jednotky pro manipulátor typu SCARA, která nahradí původní, již nefunkční jednotku. Nedílnou součástí pro řízení synchronního elektrického motoru s permanentními magnety je jeho funkční model a také návrh jeho regulátorů. Proto je třeba znát parametry motoru. Vzhledem ke stáří pohonu a jeho nedostatečné dokumentaci je nejvhodnější provést měření nezbytných parametrů.

2 MANIPULÁTOR SCARA

První SCARA robot byl vyvinut v Japonsku roku 1979, jehož návrh udělal profesor Hiroshi Makino. Tento několikaramenný robot je rychlý, kompaktní a umožňuje přesnou manipulaci s jednotlivými komponenty a výrobky. Manipulátory SCARA dovedou instalovat součástky a přenášet různé předměty. Pohybově se podobají lidské ruce. Jak je zobrazeno na obrázku 1, robot má celkem 4 osy (Axis) pohybu. První a druhá osa je určena pro pohyb horizontální, třetí osa je určena pro pohyb vertikální a poslední čtvrtá osa umožňuje rotaci koncového bodu.



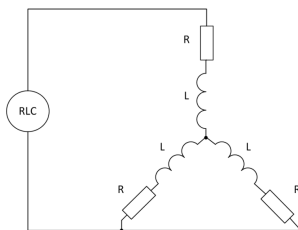
Obrázek 1: Osy manipulátoru.

3 MĚŘENÍ PARAMETRŮ MOTORU

Motor použitý v manipulátoru je tří fázový synchronní s permanentními magnety. Statorové vinutí motoru je zapojeno do hvězdy bez vyvedeného středu. Z toho důvodu se musí provádět měření s ohledem na zapojení statorového vinutí.

3.1 MĚŘENÍ ODPORU A INDUKČNOSTI

Za předpokladu že všechny tři fáze mají stejný elektrický odpor a indukčnost, zapojení pro měření je ukázáno na obrázku 2. Výsledný odpor i indukčnost 1 fáze se vypočítá jako 2/3 naměřené hodnoty.



Obrázek 2: Schéma měření odporu a indukčnosti.

Při měření indukčnosti je třeba znát polohu rotoru, přesněji směr magnetického toku. Měří se dvě indukčnosti a to L_d pro natočení magnetického pole rotoru 0° vůči statorovým souřadnicím a L_q pro natočení 90° .

3.2 MĚŘENÍ MAGNETICKÉHO TOKU PERMANENTNÍHO MAGNETU

Měření se realizuje roztočením pomocí jiného motoru. Pro tento účel lze využít například elektrický šroubovák. Vinutí motoru se připojí na osciloskop a to tak, aby se měřilo napětí mezi dvěma fázemi. Změří se napětí „peak-to-peak“ a perioda signálu, který byl do vinutí naindukován.

$$\Psi_{PM} = \frac{U}{\omega} = \frac{U_{PK-PK} \cdot T}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 2\pi} \quad (1)$$

Rovnice (1) slouží pro výpočet magnetického toku permanentního magnetu z naměřených hodnot. Změřené napětí je potřeba přepočítat na amplitudu fázového napětí U . Proto se změřené napětí dělí $2 \cdot \sqrt{3}$. Pro výpočet otáček ω se perioda signálu T vydělí 2π .

4 ŘÍDÍCÍ MODUL BECKHOFF AX5000

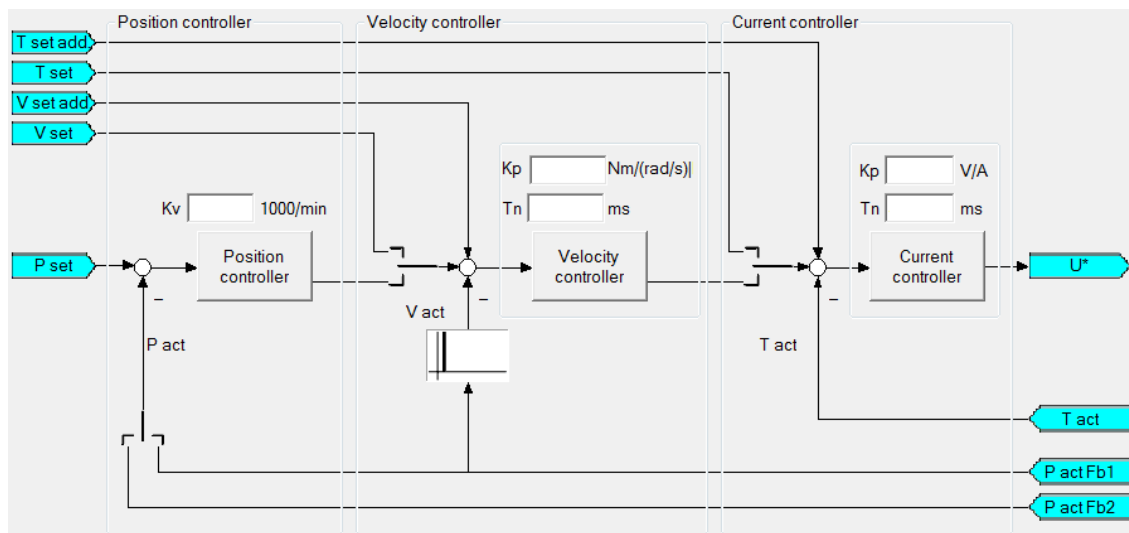
Řídicí modul Beckhoff AX5000 je určený pro polohové řízení synchronních motorů s permanentními magnety. Používá vektorové řízení v kaskádovém uspořádání.

4.1 VEKTOROVÉ ŘÍZENÍ

Vektorové řízení je vhodné pro servomotory, které jsou náročné na dynamiku. Hlavní nevýhoda vektorového řízení je nutná znalost aktuální polohy a výpočetní náročnost. Princip regulace v transformovaných souřadnicích spočívá v rozdělení statorového proudu do dvou na sebe kolmých složek. Ty jsou spojeny s natočením rotoru (d-q systém). Proudová složka d ovlivňuje magnetizaci motoru. Kolmá složka q velikost momentu.

4.2 KASKÁDNÍ REGULACE

Na obrázku (3) je zachycen nástroj drive manager, který slouží k nastavení regulátoru. Jsou zde vidět tři typy regulátorů a to proudový, otáčkový a polohový. Tento způsob zapojení se nazývá kaskádní. V případě nutnosti nastavení zvlášť regulátoru pro obě proudové smyčky, je možné využít pokročilé nastavení.



Obrázek 3: Regulátor řídicího modulu Beckhoff AX5000.

5 NÁVRH REGULÁTORŮ

Regulátory jsou realizovány pomocí softwaru, proto musí být realizovány v diskretním čase. Návrh se provede ve spojitém čase, kde vzorkovací člen s tvarovačem nahradíme dopravním zpožděním. Regulátory jsou spočítány pomocí kritéria zásoby stability ve fázi pro fázovou bezpečnost 60° .

Pro výpočty byl použit model d-q popsany v literatuře [1]

5.1 PROUDOVÝ REGULÁTOR

Hlavní požadavek na regulační děj je nulová ustálená odchylka a co nejmenší překmit. Regulátor bude obsahovat integrační složku pro splnění požadavku. Použitý je PS regulátor, jehož diferenční rovnice je ukázána na (2)

$$u(k) = K \left(\left(\frac{T_s}{T_i} + 1 \right) e(k) - e(k-1) \right) + u(k-1) \quad (2)$$

Pro motor použitý v manipulátoru byly vypočteny konstanty: zesílení $K=237$ a časová konstanta integrátoru $T_i = 1,1ms$ pro periodu vzorkování $T_s = 62,5\mu s$.

5.2 OTÁČKOVÝ REGULÁTOR

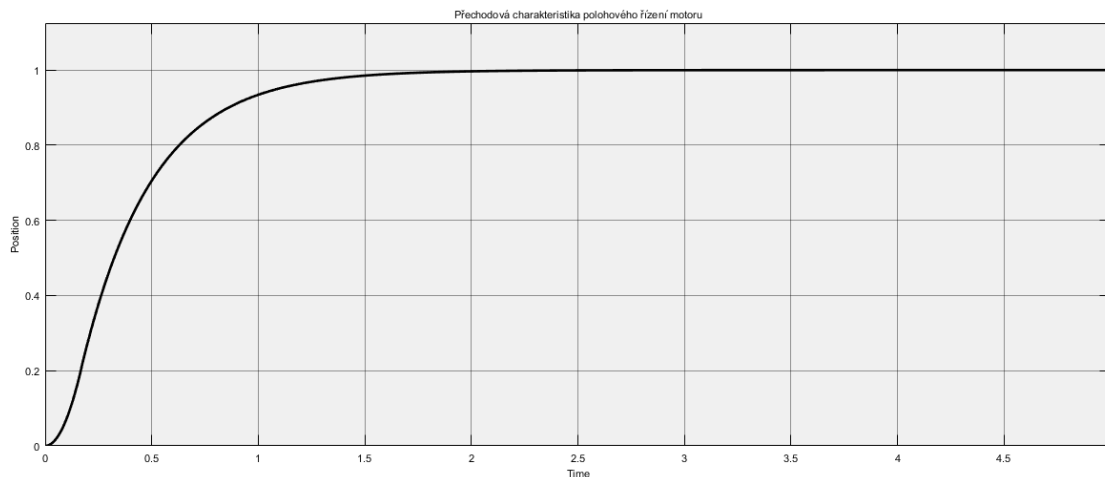
Obdobně jako u proudového regulátoru, i zde je požadavek regulovat na nulovou ustálenou odchylku a s co nejmenším překmitem. Regulátor bude realizovaný jako PS, jehož diferenční rovnice je ukázána na (2).

Pro motor použitý v manipulátoru byly vypočteny konstanty: zesílení $k=331$ a časová konstanta integrátoru $T_i = 24ms$ pro periodu vzorkování $T_s = 62,5\mu s$.

5.3 POLOHOVÝ REGULÁTOR

Regulátor polohy se skládá pouze z proporcionální složky. Diferenční rovnice tohoto P regulátoru je ukázána na (3).

$$u(k) = K \cdot e(k) \quad (3)$$



Obrázek 4: Výsledek simulace navrženého pozičního řízení motoru.

6 ZÁVĚR

Tato práce se zabývá vytvořením nové řídicí jednotky robotického manipulátoru. V rámci zadání byl navrhnout model motoru a vypočteny základní parametry pro regulátory. Nyní je řídicí jednotka ve stavu dokončování. Je potřeba zlepšit nastavení regulátorů motoru manipulátoru, aby přinesly co nejrychlejší a nepřesnější dosažení požadované polohy.

REFERENCE

- [1] NEBORÁK, Ivo. *Modelování a simulace elektrických regulovaných pohonů*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2002.
- [2] SUL, Seung-Ki. *Control of electric machine drive systems*. Hoboken: John Wiley, c2011. IEEE press series on power engineering. ISBN 978-0-470-59079-9.
- [3] VESELÝ, Libor. *Algoritmy bezsnímačového řízení synchronního motoru s permanentními magnety* [online]. Brno, 2013 [cit. 23. 10. 2019]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=62615
Disertační práce. Vysoké učení technické, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií.
- [4] HAVLÍČEK, Daniel. *Co jsou to SCARA roboty? Factory automation* [online]. 2018 [cit. 1. 12. 2019]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/co-jsou-to-scara-roboty/>
- [5] SEIKO EPSON CORPORATION. *External Dimensions*. BN TYPE: SCARA robot Rev.5.
- [6] *Beckhoff Information System* [online]. 2019 [cit. 3. 12. 2019]. Dostupné z: https://infosys.beckhoff.com/index_en.htm