

Potlačení elektromagnetického hluku pohonu pomocí FCS-MPC

Michal Kroneisl

Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky

Fakulta elektrotechnická

Západočeská univerzita v Plzni

mikr@rice.zcu.cz

fel.zcu.cz

Reducing of Electric Drive Electromagnetic Noise Using FCS-MPC

Abstract – This paper describes control algorithm for electric drive consisting of induction motor and inverter. The algorithm is based on FCS-MPC (Finite Control Set – Model Predictive Control). This algorithm allows shaping of current frequency spectrum and reducing of electromagnetic noise.

Keywords – Electromagnetic Noise; FCS-MPC; Induction Motor.

I. ÚVOD

Jedním z nepříznivých vlivů elektrického pohonu na okolí je jeho hluk. Pokud se zaměříme na samotný elektromotor, lze hluk rozdělit do tří kategorií podle principu vzniku:

- Mechanický hluk – ložiska, vibrace vlivem nevyváženosti
- Aerodynamický hluk – především u strojů s nuceným chlazením vzduchem
- Elektromagnetický hluk – následek elektromagnetických sil ve stroji

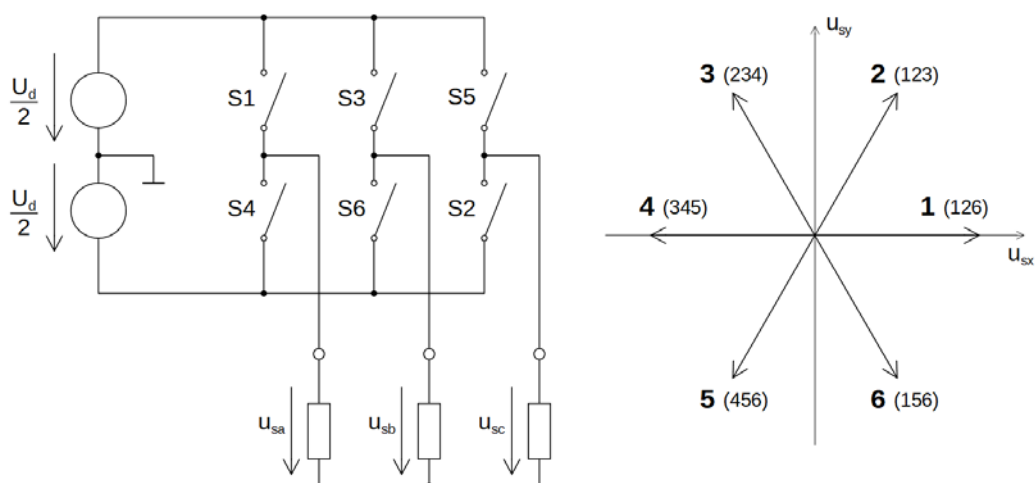
První dvě příčiny hluku se objevují zejména u točivých strojů, elektromagnetický hluk se vyskytuje u strojů točivých i netočivých. Tento článek se zabývá elektromagnetickým hlukem, konkrétně pak řídicím algoritmem, který tento hluk potlačuje.

Při obvyklém řízení pomocí PWM (pulsně šířkové modulace) se ve spektru napětí, proudu a hluku vyskytují frekvence, které jsou odvozeny od spínací frekvence střídače a statorové (modulační) frekvence. Protože je většina energie soustředěna do těchto frekvencí, má zvuk šířící se z motoru charakter tónu. Pro snížení rušivého vlivu na okolí (obsluha stroje či vozidla) by bylo vhodnější, kdyby hluk byl podobný spíše šumu, což znamená rozprostřenější spektrum. Toho lze dosáhnout různými způsoby, například rozmítání spínací frekvence. V tomto článku bude popsán způsob využívající prediktivní řízení s matematickým modelem (FCS-MPC).

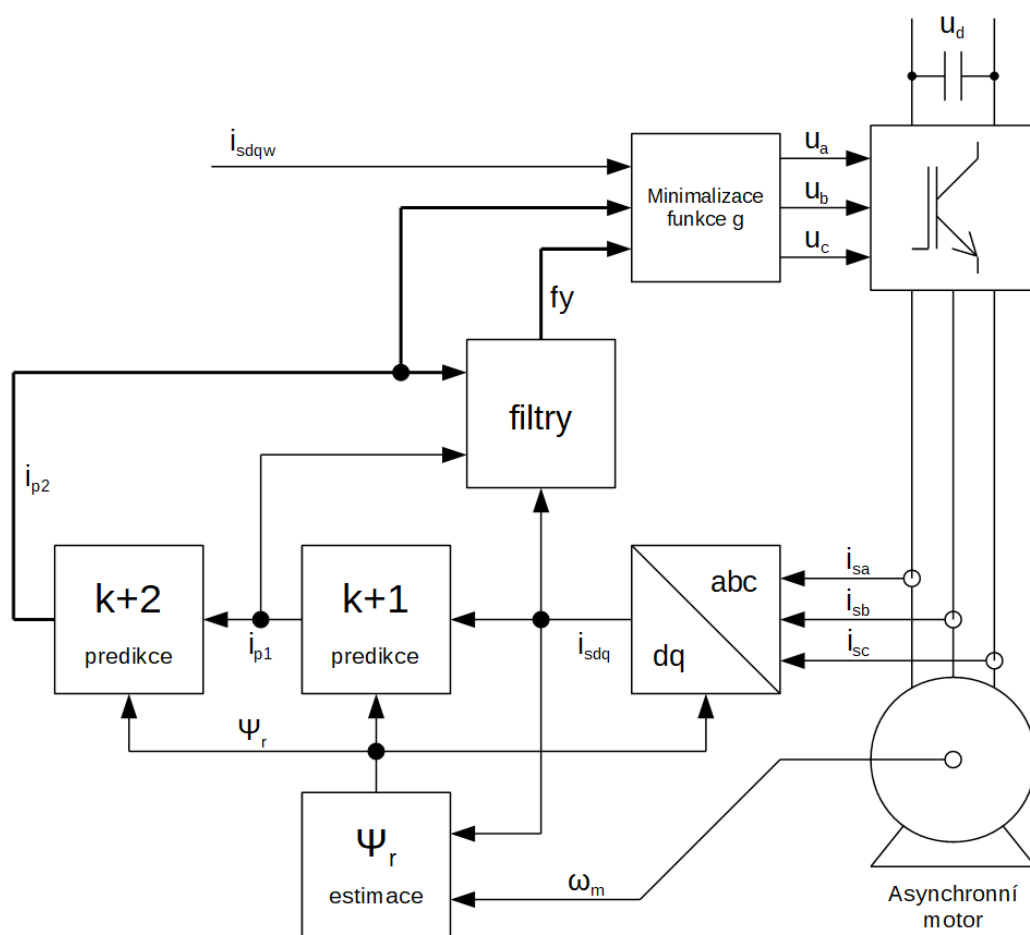
II. IMPLEMENTACE FCS-MPC

FCS-MPC je prediktivní řízení s matematickým modelem a konečným počtem akčních zásahů. Možné akční zásahy při řízení střídače jsou vektory napětí, které střídač dokáže realizovat na svém výstupu. V případě dvouúrovňového třífázového střídače je počet možných akčních zásahů $2^3 = 8$. Výhodou prediktivního řízení je, že do ztrátové

funkce lze zahrnout výstup filtru proudu a tím tvarovat jeho frekvenční spektrum. Toho je využito pro potlačení frekvencí v blízkosti mechanických rezonancí motoru.



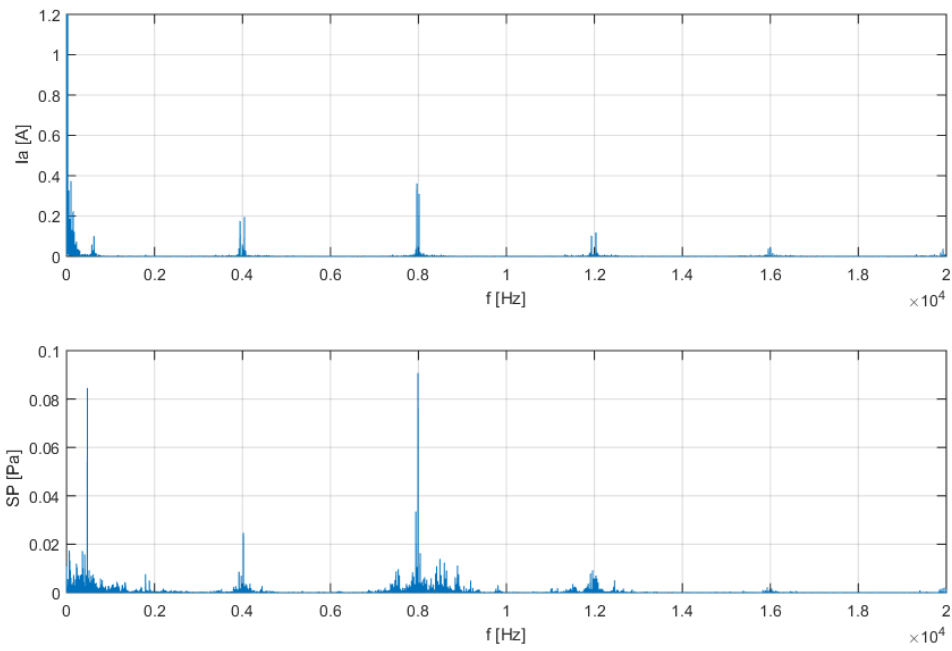
Obrázek I. Spínací kombinace a odpovídající vektory napětí ve stojícím souřadném systému



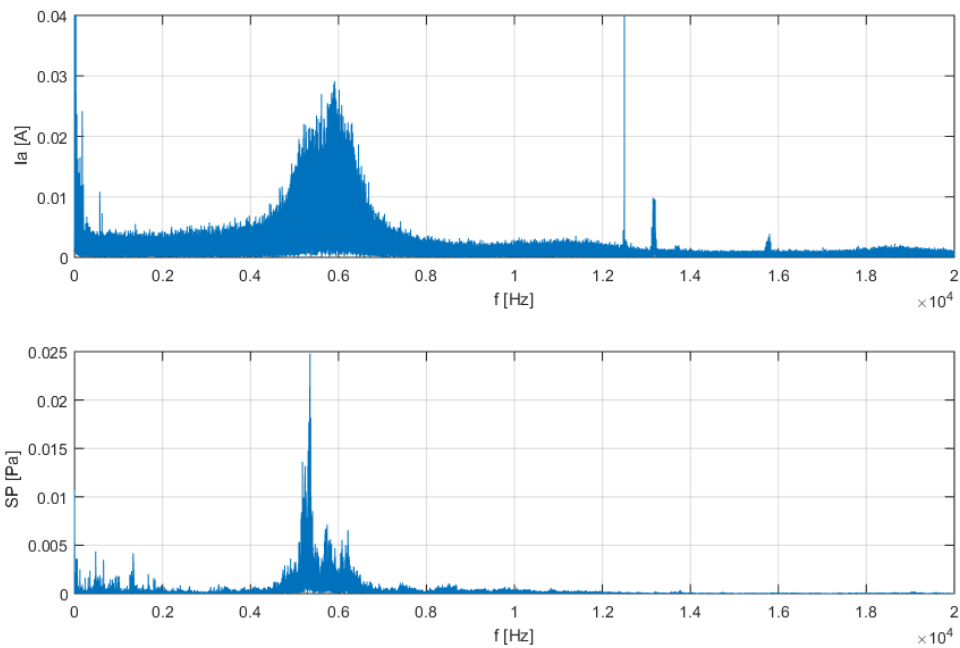
Obrázek II. Blokové schéma FCS-MPC v rotující souřadné soustavě a s tvarováním spektra proudu

Algoritmus byl implementován na procesoru Texas Instruments TMS320F28335. Vzorkovací frekvence algoritmu byla 37,5 kHz. Použitý motor byl čtyřpólový stroj typu Siemens 1LA7163-4AA60-Z o výkonu 11 kW.

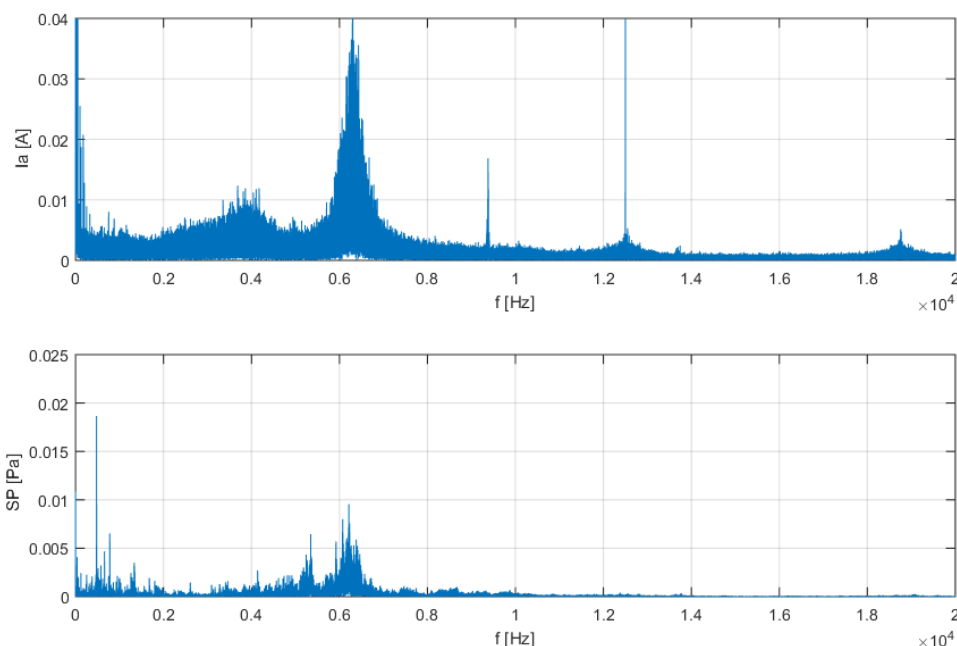
III. NAMĚŘENÁ SPEKTRA PROUDU A HLUKU



Obrázek III. Spektrum proudu a hluku při použití PWM, $f_T = 4$ kHz, $f_S = 25$ Hz, $U_d = 560$ V (pro porovnání)



Obrázek IV. Spektrum proudu a hluku při použití FCS-MPC, $U_d = 560$ V, $n = 750$ ot./min., bez tvarování spektra proudu



Obrázek V. Spektrum proudu a hluku při použití FCS-MPC, $U_d = 560$ V, $n = 750$ ot./min., s tvarováním spektra proudu

IV. ZÁVĚR

V porovnání s PWM poskytuje algoritmus založený na FCS-MPC sám o sobě více rozprostřené spektrum proudu. Protože motor vykazuje mechanickou rezonanci na frekvenci 5200 Hz, byl do řízení přidán filtr typu pásmová propust 4. řádu, jehož výstup byl zahrnut do ztrátové funkce prediktivního řízení. Tím se podařilo omezit v proudu frekvence v tomto pásmu a rovněž potlačit špičku ve spektru hluku.

PODĚKOVÁNÍ

Článek vznikl za podpory interního projektu na podporu studentských vědeckých konferencí SVK-2017-008 a projektu SGS-2015-038: Výzkum a vývoj perspektivních technologií v elektrických pohonech a strojích II.

LITERATURA

- [1] Vondrášek, F.: Výkonová elektronika: Měniče s vlastní komutací a bez komutace. Západočeská univerzita v Plzni, 2003
- [2] Zeman, K., Peroutka, Z., Janda, M.: Automatická regulace pohonů s asynchronními motory. Západočeská univerzita v Plzni, 2007
- [3] Rodríguez, J., Cortés, P.: Predictive Control of Power Converters and Electrical Drives. Wiley 2012