

8

PRAKTICKÁ REALIZACE A VÝSLEDKY

Celý pohon byl realizován v laboratoři H26 Katedry elektrických pohonů a trakce v Praze – Dejvicích. Laboratoř umožňuje snadnou instalaci elektrických motorů na testovací lavičce, jejich rychlou výměnu a kvalitní spojení s hřídelí zatěžovacího (brzdného) DC motoru. Zároveň jsou zde k dispozici různé typy střídavých a stejnosměrných napěťových zdrojů. Pro napájení budícího a kotevního obvodu DC motoru jsem rovněž použil napětí z místní zdrojovny.

Realizaci řízení ASM napájeného napěťovým střídačem jsem prováděl pomocí přístrojových a programových prostředků popsaných v kapitole 6. Celý vývojový systém byl navržen a vybudován zcela nově, bez větších praktických zkušeností s podobnou činností, a proto bylo nutné jej nejprve otestovat jednoduššími aplikacemi. Těmto pokusům bude věnován úvod této kapitoly. Poté budou prezentovány výsledky realizace řízení ASM bez zpětné otáčkové vazby založeného na metodě NFO.

Všechny pokusy jsem prováděl s 3-fázovým asynchronním motorem MEZ s těmito jmenovitými hodnotami:

Parametr	Hodnota
Jmenovitý výkon	1.5 kW
Jmenovité napětí	400 V
Jmenovitý proud	3.4 A
Jmenovité otáčky	1410 ot/min
$\cos\varphi$	0.82

Štítkové hodnoty řízeného ASM

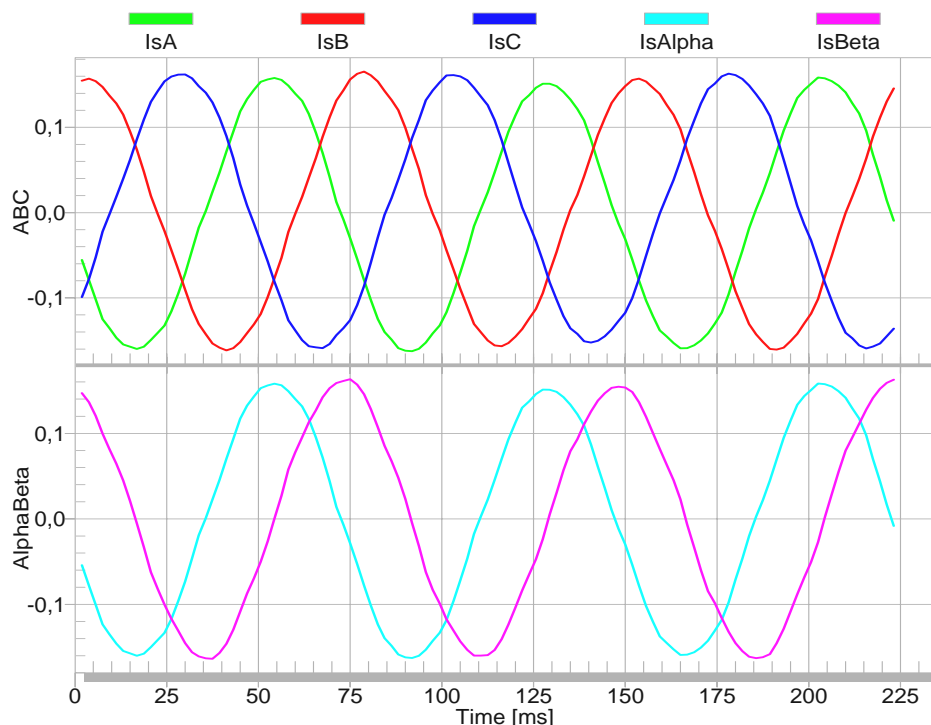
Spínací PWM frekvence byla vždy 16kHz a ochranná doba $2\mu\text{s}$.

8.1 Skalární řízení ASM

Implementací skalárního řízení (metoda U/f) jsem chtěl otestovat hlavně PWM modulátor a AD převodník signálového procesoru. Metoda je popsána v kapitole 4.4.1.

Ze žádané frekvence a amplitudy statorového napětí se vygenerují tři sinusové napěťové průběhy vzájemně posunuté o 120° . Ty pak vstupují jako referenční hodnoty do modulatoru. Řídicí struktura neobsahovala žádnou regulační smyčku. Snímání proudů sloužilo jen pro otestování funkčnosti AD převodníku a měřícího rozhraní. Měřené napětí DC meziobvodu bylo použito pro eliminaci vlivu kolísání úrovně napětí na DC vstupu střídače (viz kapitola 5.4.3). Zároveň jsem ověřil funkčnost algoritmu pro vyhodnocení rychlosti otáčení motoru pomocí signálů z resolveru umístěném v zatěžovacím DC motoru (kapitola 6.2.5 a 6.4.2). Na obr.8-1 jsou pro ilustraci zobrazeny fázové proudy ASM a jejich složky ve statorových souřadnicích $\alpha\beta$. Proud I_a a I_b jsou měřeny, proud I_c je pomocí nich vypočítáván.

Proudy jsou zobrazeny v poměrných jednotkách. Hodnotě 1 odpovídá úroveň 18.5A.



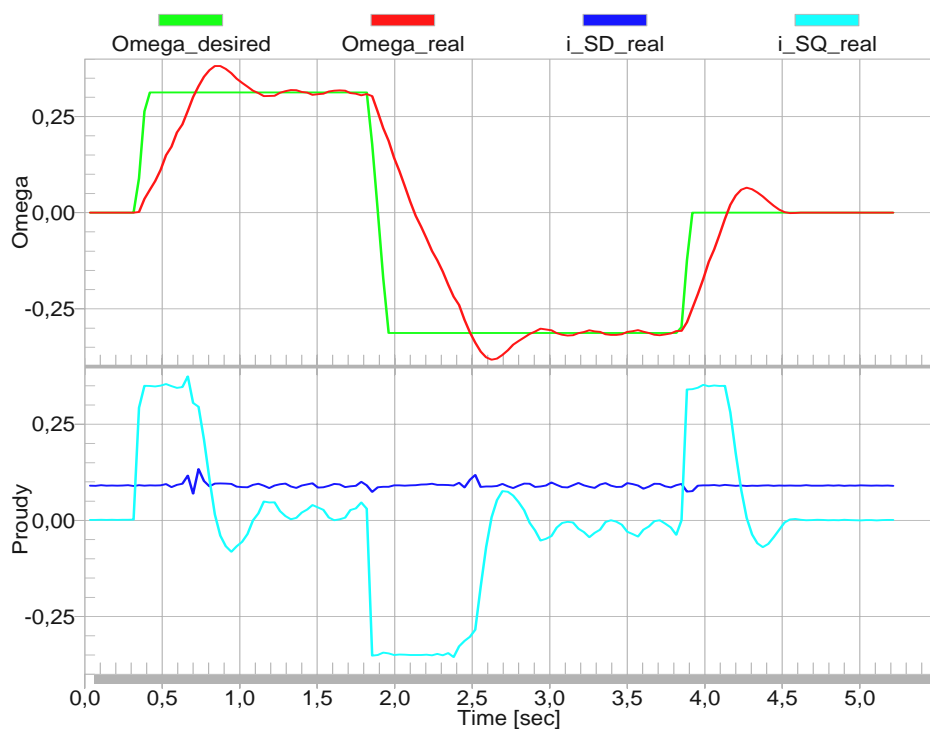
Obr.8-1: Fázové proudy ASM I_{abc} (nahore) a složky statorového proudu v souřadnicích $\alpha\beta$ (dole)

8.2 Vektorové řízení s In modelem

Dalším krokem byla implementace klasického vektorového řízení s otáčkovou vazbou. Použil jsem k tomu tzv. In model ASM, který vypočítává vektor rotorového magnetického toku z měřených fázových proudů a měřených mechanických otáček.

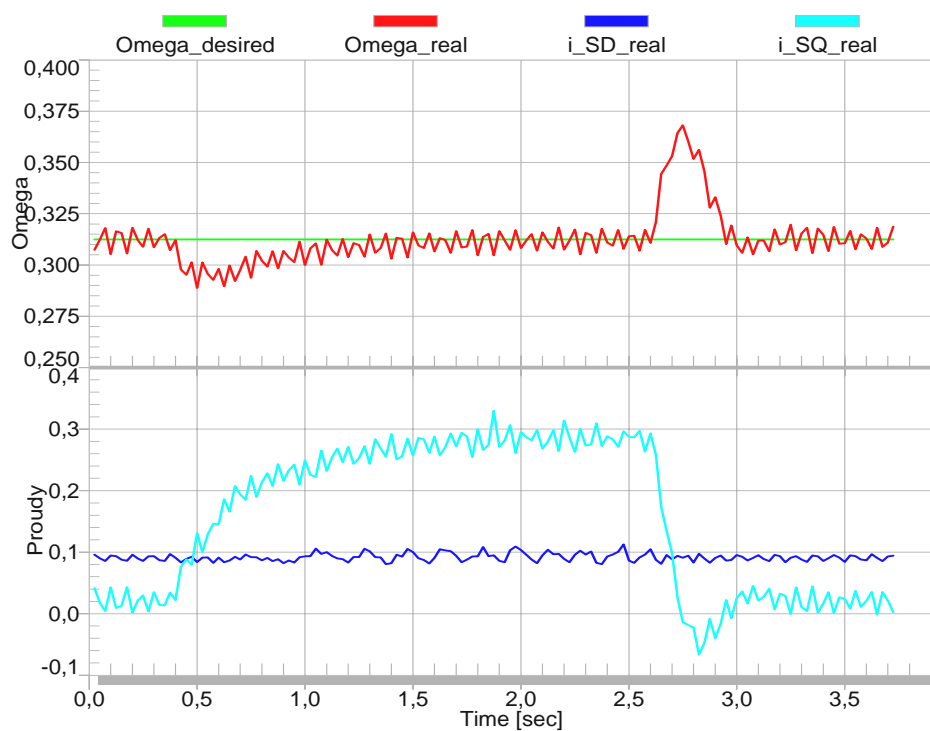
Při realizaci této řídicí metody již bylo zapotřebí důkladně promyslet normalizaci reálných veličin pohonu pro použití v DSP s pevnou čárkou, zavedení rychlé a pomalé regulační smyčky, uvážení filtrace vnitřních veličin, nastavování parametrů PI regulátorů, apod.

Na obr.8-2 je zobrazen průběh rozběhu a reverzace otáček nezatíženého motoru. Nahore je průběh zadávaných (zelená) a skutečných (červená) otáček motoru. Dolní průběhy zobrazují složky statorového proudu v synchronních souřadnicích dq . Totoktovná složka (I_{sd}) je tmavě modrá a momentotvorná složka (I_{sq}) je světle modrá (cyan).



Obr.8-2: Rozběh a reverzace otáček nezatíženého ASM řízeného pomocí *In* modelu

Referenční otáčky jsou zadávány na hodnoty 0, +750 a -750 ot/min. Regulace otáček má překmit asi 20%, což lze samozřejmě změnit vhodným nastavením parametrů PI regulátoru. Tokotvorná složka proudu je regulátorem udržována na téměř konstantní hodnotě 1.7A, zatímco momentotvorná složka proudu je úměrná produkovanému momentu ASM a její velikost je na výstupu PI regulátoru omezena úrovní $\pm 6.5A$.



Obr.8-3: Zatížení ASM řízeného ho pomocí *In* modelu při zadání konstantních otáček

Na obr.8-2 je patrné zvlnění veličin. Je to dáno vyhodnocením měřených otáček ze signálů resolveru, které jsou bohužel díky parametrům použitého resolveru a způsobem jeho buzení i v ustáleném stavu mírně zvlněné. Toto zvlnění bych mohl v programu utlumit, což by ale degradovalo dynamické vlastnosti regulace.

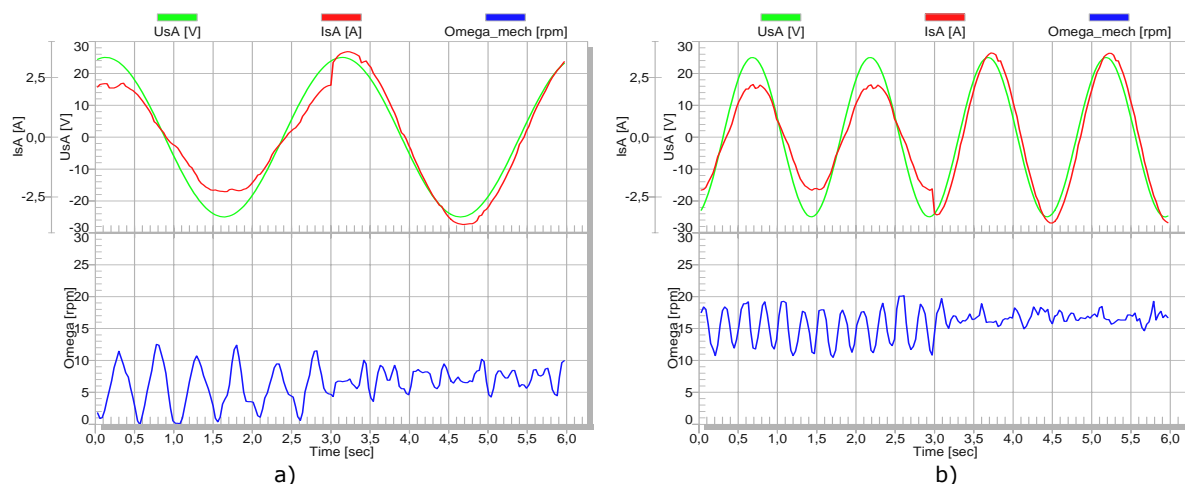
Na dalším obrázku (obr.8-3) je ukázáno, jak se motor, respektive jeho řízení, vyrovnalo s nárůstem a poklesem zátěžného momentu při zadání konstantních otáček (750 ot/min). Jako zátěž posloužil cize buzený DC motor bez otáčkové a proudové regulace. V čase 0.4 s bylo na kotvu nabuzeného DC motoru přivedeno napětí, jenž vyvolalo zátěžný moment. V čase 2.6 s byl ASM odlehčen.

Regulační překmit otáček (červená barva) byl při zatížení asi 5%, a při odlehčení asi 18%. Momentotvorná složka proudu (cyan) vystoupala při zatížení na hodnotu 5.5A.

Hodnoty otáček i proudů jsou v obrázcích zobrazeny v poměrných jednotkách. Hodnota 1 odpovídá u otáček úrovni 2400 ot/min a u proudů úrovni 18.5A.

8.3 Kompenzace vlivu ochranných dob

V metodě NFO je zapotřebí znát fázová napětí motoru. Pro jejich měření není stávající pohon vybaven, proto jsem musel použít signálů zadávaných do PWM modulátoru. Tyto signály by měly být rovné anebo přímo úměrné skutečnému napětí na výstupu střídače. Díky nezbytným ochranným dobám IGBT a nelineárním vlastnostem střídače tomu tak ale není. Vliv ochranných dob jsem se pokusil eliminovat metodou popsanou v kapitole 5.4.2.

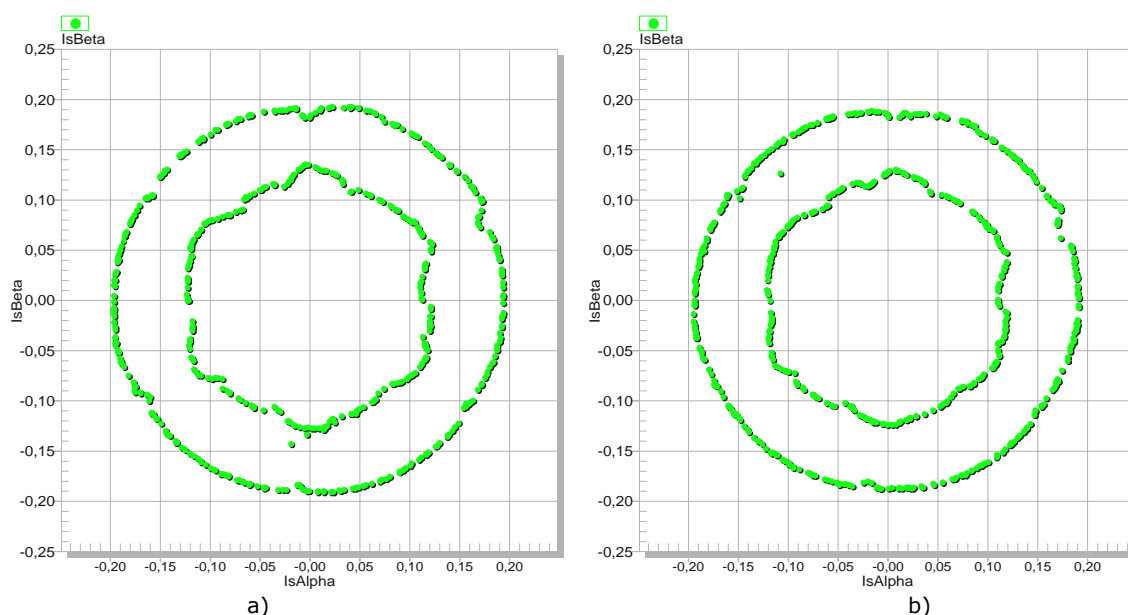


Obr.8-4: Kompenzace vlivu ochranných dob aktivovaná v čase 3s. Zadání napětí $U_s=25V$ a frekvence a) 0.5Hz b) 1Hz.

Na obr.8-4 je zachycen moment, kdy je tato korekce aplikována (v čase 3 s). Motor je řízen metodou U/f bez regulačních vazeb. Obrázek vlevo je pro zadání frekvence 0.5Hz a amplitudy napětí 25V, obrázek vpravo pro zadání 1Hz a 25V. Viditelné je také vyhlazení mechanických otáček motoru po aplikaci kompenzace.

Horní průběh představuje statorový fázový proud (červená) a fázové napětí (zelená). V dolní části jsou měřené otáčky motoru.

Účinnost kompenzace na harmonický průběh proudů je dobře vidět v polárním grafu na obr.8-5, který vyjadřuje závislost složky $I_{s\alpha}$ na složce $I_{s\beta}$ statorového proudu. V případě ideálního sinusového průběhu bychom dostali kružnici. Bohužel, pokud je tato metoda kompenzace vlivu ochranných dob použita v řídicím algoritmu s proudovou regulací, není její účinnost tak zřetelná.



Obr.8-5: Kompenzace vlivu ochranných dob. Vzájemná závislost složek statorového proudu $I_{S\alpha}$ a $I_{S\beta}$. Zadání napětí $U_s=25V$ a frekvence a) 0.5Hz b) 1Hz

Vnitřní trajektorie je pro proudy při nekompenzovaném vlivu, a vnější pro proudy po zavedení kompenzace.

8.4 Demonstrační deska s NFO

Od výrobce regulátorů pracujících na principu přirozeného řízení, švédské firmy *NFO Drives AB Lund*, zakoupila naše katedra demonstrační regulační desku (tzv. *Starter Kit*) s označením *NFO Controller Demo Board 2.1*. Tato deska (obr.8-6) je mimo jiné osazena dvěma procesory. Hlavní řídicí algoritmy provádí mikroprocesor INTEL 87C196MC jenž funguje jako tzv. *ASIC (Application Specific Integrated Circuit)* a nelze do něj tedy programově zasahovat. S ním spolupracuje koprocessor INTEL 8051, jenž lze uživatelem reprogramovat. Komunikace s PC probíhá po sériové lince.

Hlavní vlastnosti a parametry demonstrační desky:

Dvouprocesorový systém reprezentují:

Procesor INTEL 87C196MC, který umožňuje

- provádět NFO algoritmy
- provádět 3-fázovou asynchronní PWM modulaci (2,5 – 10 kHz)
- programovat *Dead-time* a nastavovat jeho kompenzaci
- kompenzovat napěťové úbytky na diodách a tranzistorech
- přidávat k modulovanému signálu napětí jeho třetí harmonickou
- používat 10-ti bitové A/D převodníky
- s koprocessorem komunikovat po 16-ti bitové paralelní sběrnici
- umožňuje odbuzování v rozsahu 1:4
- měnit rozsah napájecí frekvence od 0 do 200 Hz
- provádět čtyřkvadrantové operace

Koprocessor INTEL 80C51

- zajišťuje komunikaci s PC po RS-232
- čte/zapisuje data z/do procesoru 196MC

Na obrázku 8-7 je blokové schéma pohonu s ASM řízeným pomocí demonstrační regulační desky *NFO Controller Demo Board 2.1*.

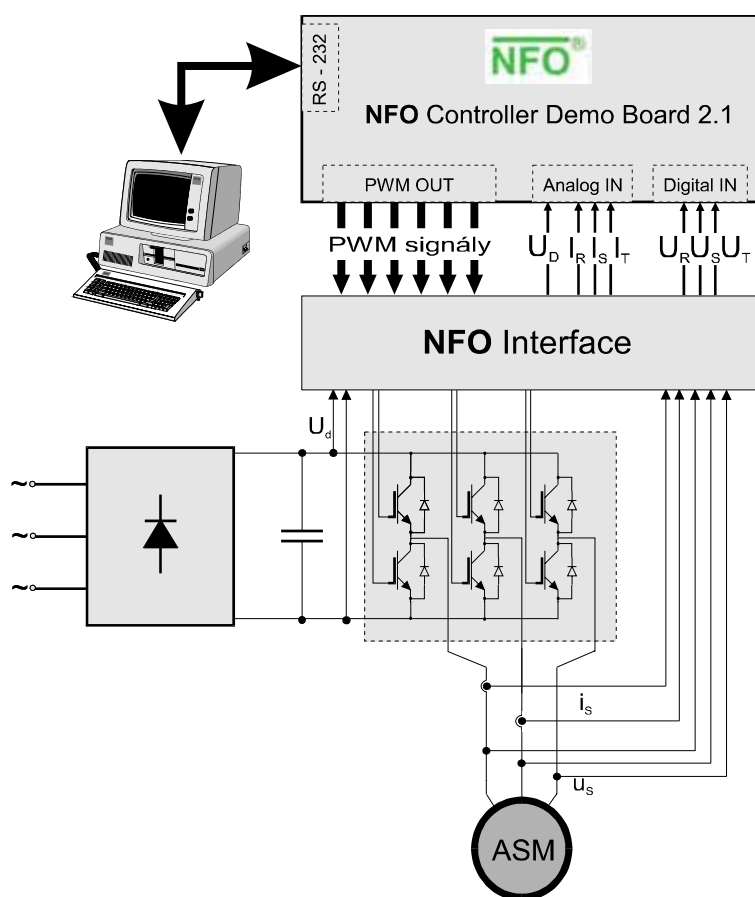
Činnost regulátoru je ovládána prostřednictvím PC přes sériovou komunikační linku RS-232.



Obr.8-6: Demonstrační regulační deska

Regulátor provádí algoritmy řízení ASM metodou *NFO* na základě těchto vstupních veličin:

- tři fázové statorové proudy (I_R , I_S , I_T)
- napětí DC meziobvodu (U_D)
- tři logické signály reprezentující šířku pulsů modulovaného (PWM) fázového statorového napětí



Obr.8-7: Předpokládaná struktura pohonu s ASM řízeným NFO regulátorem

V případě získání fázových proudů a napětí DC meziobvodu se jedná o klasická měření. Zcela jiný přístup je však zvolen pro získání přesné informace o průběhu statorového napětí. Obvykle se pro tento účel používá buď snímačů napětí nebo se signál rekonstruuje pomocí měřeného napětí DC meziobvodu a ze známého stavu sepnutí výkonových

tranzistorů v jednotlivých větvích 3-fázového střídače. V prvním případě nedosáhneme kýžené přesnosti kvůli omezenému frekvenčnímu měřicímu rozsahu dostupných čidel napětí (snímané napětí má velmi bohatý obsah vyšších harmonických) a přesnost druhého způsobu je ovlivněna úbytky napětí na polovodičových součástkách, směrem proudu, ochrannou dobu (tzv. *deadtime*), parazitními indukčnostmi a kapacitami, takže neplatí předpoklad, že v oka-mžiku sepnutí daného tranzistoru začíná vzestupná hrana PWM napětí na svorkách motoru. NFO regulátor rekonstruuje průběh statorového napětí z měřeného napětí meziobvodu a z logických TTL signálů, které reprezentují šířku pulsů PWM modulovaných fázových napětí.

Výstupem NFO regulátoru jsou řídicí pulsy pro spínání tranzistorů ve střídači. Pro měření a úpravu všech vstupních signálů potřebných pro činnost NFO regulátoru bylo navrženo a vyrobeno speciální rozhraní nazvané *NFO Interface*.

Účelem zakoupení této desky byla potřeba ověřit si údajně výborných regulačních vlastností ASM řízeného metodou přirozeného řízení a zjištění vlivu způsobu měření statorového napětí na kvalitu řízení.

Bohužel, nadřazené regulační struktury by se musely řešit pomocí koprocesoru, který komunikuje s PC po sériové lince. Rychlost regulačních smyček by tedy byla velice nízká a výsledná přesnost nedostačující. Ukázalo se, že je celá deska skutečně pouze demonstrační a realizovat s ní plnohodnotný digitální pohon je velice neefektivní ne-li nemožné. Realizace řízení prostřednictvím této desky tedy skončila na možnosti zadávání řídicích napětí U_{sd} a U_{sq} . Dále jsem se již touto variantou realizace nezabýval a věnoval jsem se implementaci řídicího algoritmu na výkonném signálovém procesoru.

8.5 Výsledky realizace metody NFO

Po úvodních testech, které prokázaly použitelnost programového a přístrojového vybavení pro realizaci vektorových řídicích algoritmů, jsem započal s implementací metody přirozeného řízení (NFO). Blokové schéma kompletní regulační struktury je zobrazeno na obr.5-8.

V následujících podkapitolách budou popsány různé stupně regulace vnitřních veličin. Blok výpočtu matematického modelu dle metody NFO je vždy stejný. Stejná také zůstává kaskádová struktura regulace magnetizačního proudu a tokotvorné složky proudu. Motor je tedy udržován v konstantním nabuzení, přičemž referenční hodnota magnetizačního proudu I_m je 1.9A. Postupně jsem testoval chování motoru při zadávání různých veličin v kaskádové struktuře regulace otáček a momentu. Nejprve jsem zadával statorové napětí v ose q , tedy U_{sq} , pak momentotvornou složku proudu I_{sq} a nakonec referenční otáčky, přičemž jsem do regulátoru otáček zaváděl nejprve zpětnou vazbu od měřených otáček a poté od otáček počítaných v matematickém modelu ASM (kapitola 5.6).

Pomocí programu PCMaster jsem zachycoval vybrané veličiny pohonu v momentě změny referenční veličiny ze záporné na kladnou úroveň (reverzace). U každého způsobu řízení jsou zachyceny v jednom grafu synchronní otáčky, měřené otáčky rotoru a vypočítané otáčky rotoru, a v druhém grafu složky statorového proudu v synchronních souřadnicích (I_{sd} – tokotvorná a I_{sq} – momentotvorná) a střídavý proud fází A.

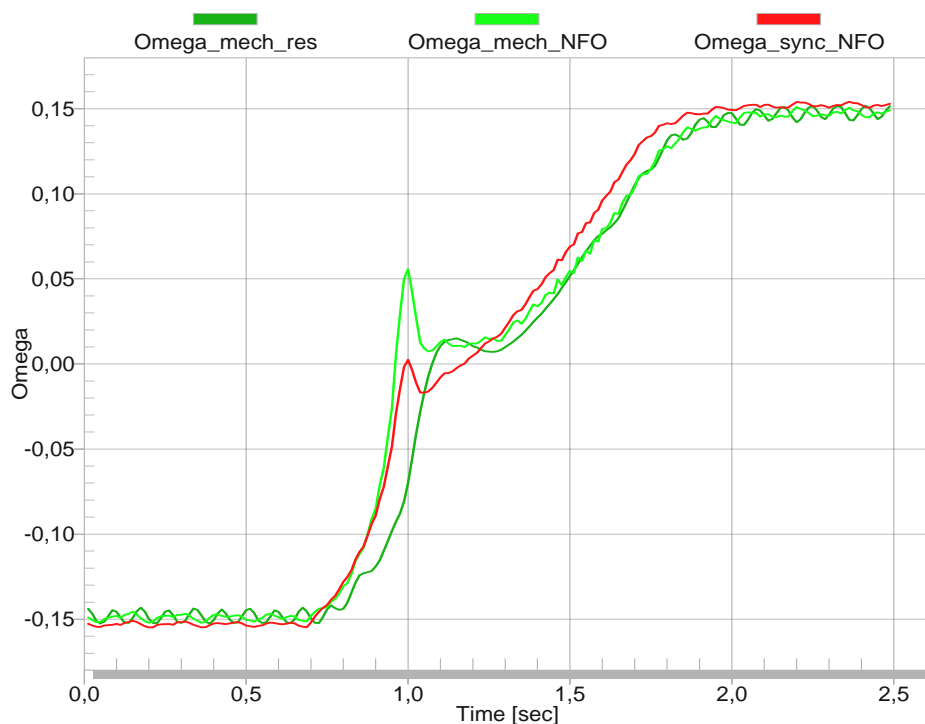
Hodnoty otáček i proudů jsou v obrázcích zobrazeny v poměrných jednotkách. Hodnota 1 odpovídá u otáček úrovni 2400 ot/min a u proudů úrovni 18.5A.

8.5.1 Zadávání napětí U_{sq}

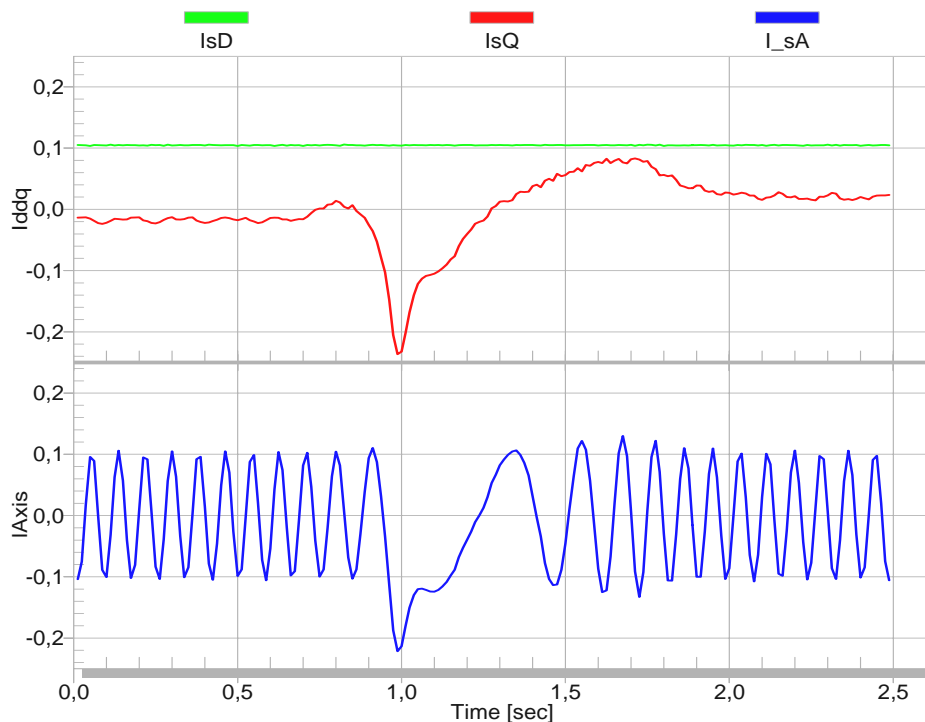
Při zadávání napětí U_{sq} nebyla zavedena ani otáčková ani momentová regulace. Napětí bylo zadáváno po rampě a referenční hodnota se měnila z -60V na +60V.

Nezatížený motor

Na obr.8-8 je zachycen průběh otáček při změně zadání napětí U_{sq} z $-60V$ na $+60V$. Na obr.8-9 jsou příslušné průběhy proudů I_{sd} , I_{sq} a I_{sa} . Motor nebyl při těchto pokusech zatížen.



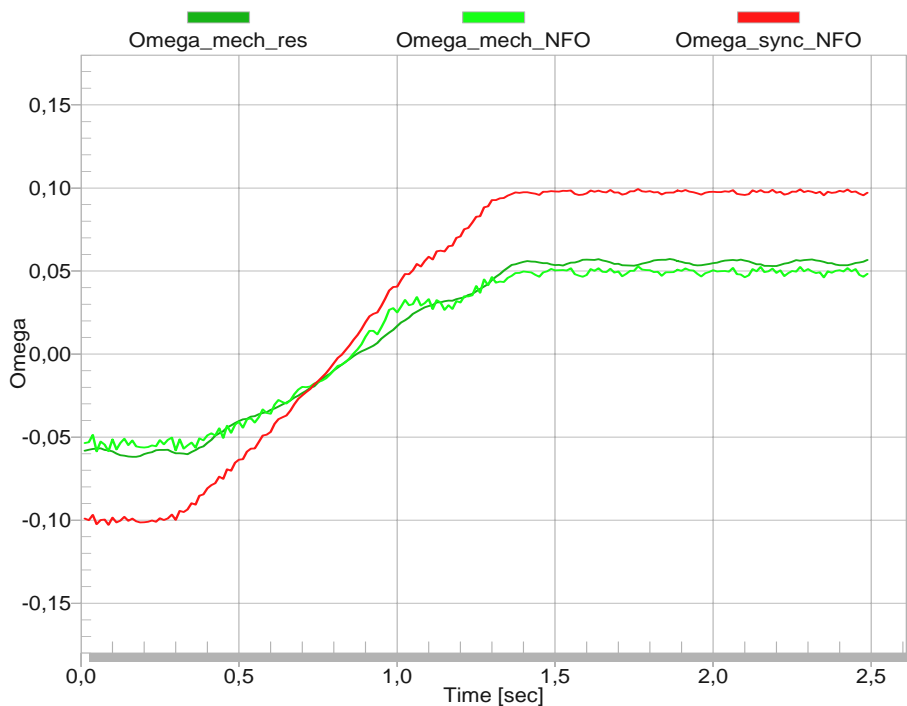
Obr.8-8: Průběhy synchronních otáček (červená), měřených (tm.zelená) a počítaných (sv.zelená) mechanických otáček motoru při **zadávání napětí U_{sq}** . Motor **nebyl zatížen**.



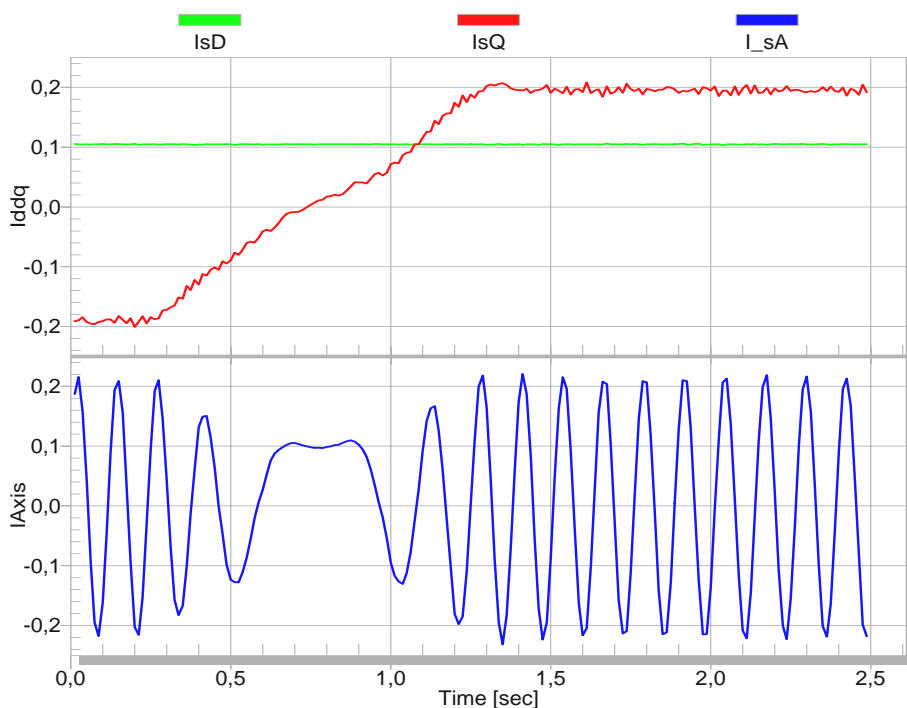
Obr.8-9: Průběhy momentotvorné I_{sq} (červená) a tokotvorné I_{sd} (zelená) složky statorového proudu a průběh fázového proudu I_{sa} (modrá) při **zadávání napětí U_{sq}** . Motor **nebyl zatížen**.

Při průchodu otáček motoru nulovou úrovní je identifikace synchronní rychlosti (červená křivka) dosti nepřesná, s čímž souvisí i zakmitání momentotvorné složky proudu I_{sq} a počítaných mechanických otáček. V ustáleném stavu jsou si počítané a měřené otáčky téměř rovny.

Zatížený motor



Obr.8-10: Průběhy synchronních otáček (červená), měřených (tm.zelená) a počítaných (sv.zelená) mechanických otáček motoru při **zadávání napětí** U_{sq} . Motor byl **zatížen** konstantním momentem.

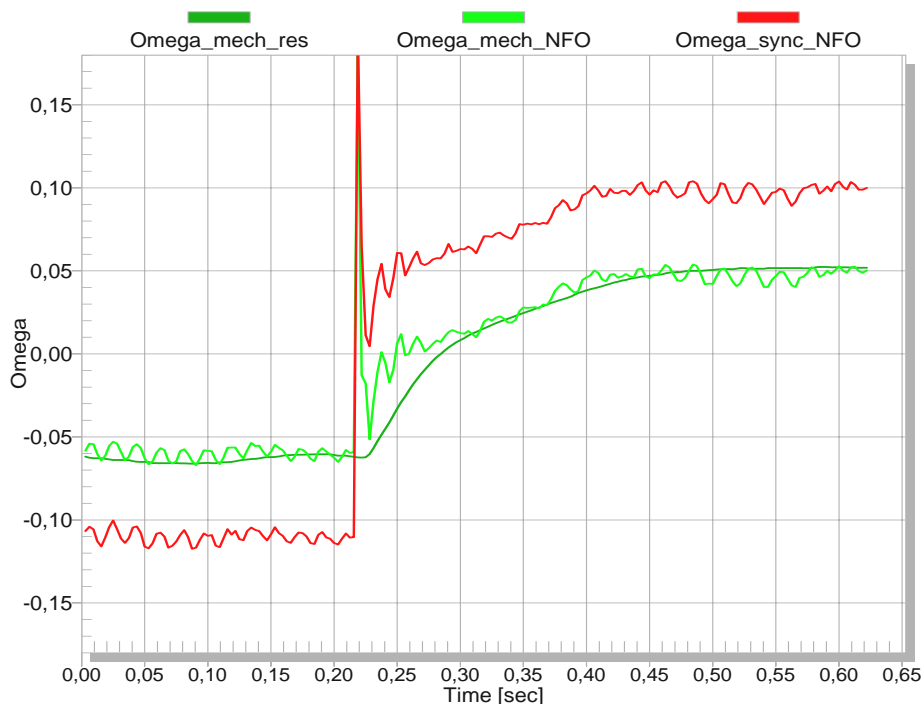


Obr.8-11: Průběhy momentotvorné I_{sq} (červená) a tokotvorné I_{sd} (zelená) složky statorového proudu a průběh fázového proudu I_{sa} (modrá) při **zadávání napětí** U_{sq} . Motor byl **zatížen** konstantním momentem.

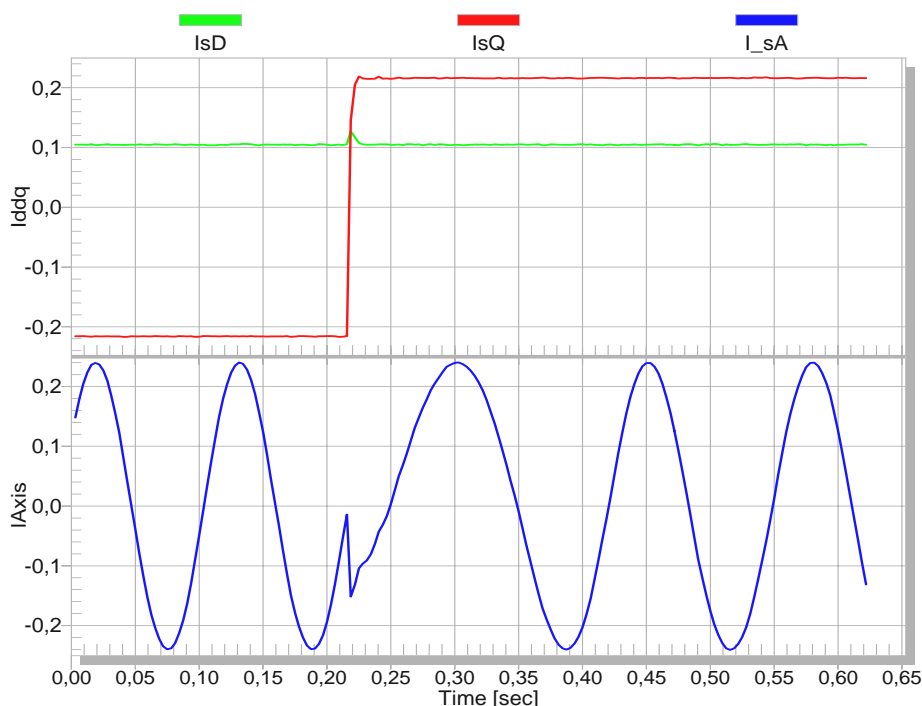
Průběhy jsou mnohem příznivější pokud je motor zatížen konstantním momentem. Průchod otáček nulou je téměř hladký (obr.8-10), podobně jako průběh momentotvorné složky I_{sq} (obr.8-11).

8.5.2 Zadávání momentotvorné složky proudu I_{sq}

Velikost momentotvorné složky statorového proudu je ve vektorovém řízení přímo úměrná velikosti vnitřního momentu ASM. Lze tedy říci, že byl zadáván a regulován přímo moment motoru.

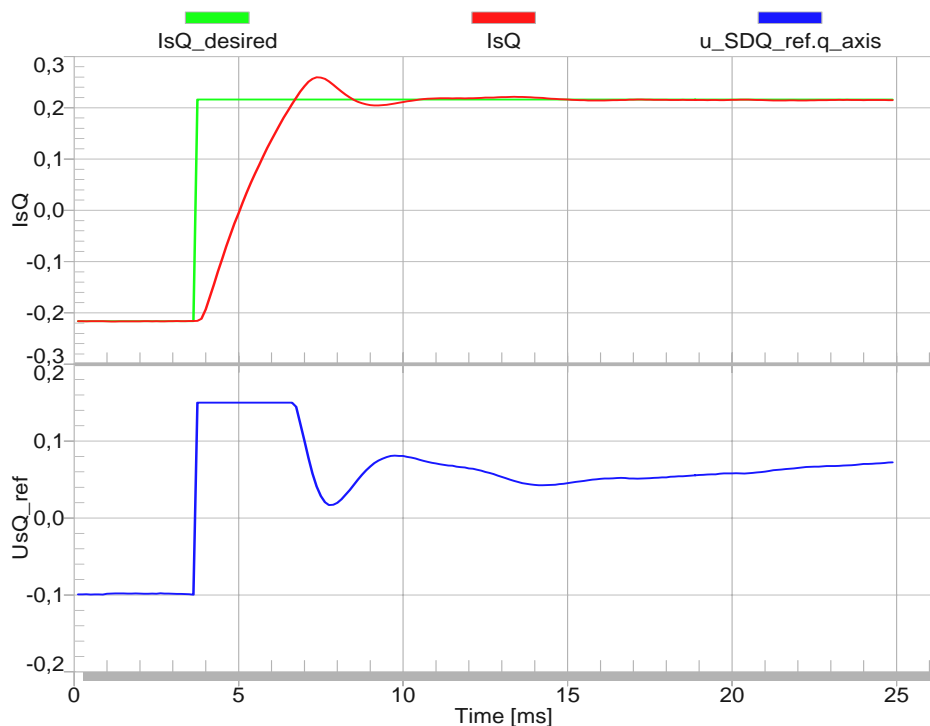


Obr.8-12: Průběhy synchronních otáček (červená), měřených (tm.zelená) a počítaných (sv.zelená) mechanických otáček motoru při **zadávání proudu I_{sq}** . Motor **byl zatížen** konstantním momentem.



Obr.8-13: Průběhy momentotvorné I_{sq} (červená) a tokotvorné I_{sd} (zelená) složky statorového proudu a průběh fázového proudu I_{sa} (modrá) při **zadávání proudu I_{sq}** . Motor **byl zatížen** konstantním momentem.

V tomto případě byl ASM zatížen konstantním momentem produkovaným nabuzeným DC motorem s vnuceným nulovým napětím na kotvě. DC motor se tedy na jednu i na druhou stranu "brání" otáčení. Ve skutečnosti produkoval DC motor nepatrně větší zátěžný moment pro záporné otáčky, což je pravděpodobně dáno charakterem napěťového zdroje. Na obr.8-12 a 8-13 jsou průběhy při změně zadání proudu I_{sq} z $-4A$ na $+4A$. Skluz přitom dosáhnul asi 50%, což je ale při nízkých kmitočtech obvyklé. Mechanické otáčky se ustálily na asi 120 (resp. -120) ot/min, přičemž byl rozdíl mezi počítanými a měřenými otáčkami největší ihned po prudké změně zadání.



Obr.8-14: Průběh regulace I_{sq} . Motor **byl zatížen** konstantním momentem.

Výstup regulátoru proudu, tedy napětí U_{sq_ref} , by měl být pro opačné zadání I_{sq} také opačný. V ustáleném stavu je U_{sq_ref} pro zadání $I_{sq}=-4A$ rovno hodnotě $-0,1$ (asi $-63V$), pro zadání $I_{sq}=+4A$ se U_{sq_ref} ustálí na hodnotě $+0,1$ (asi $+63V$). Záznam regulace na obr.8-14 ukazuje, že se napětí U_{sq_ref} dostává po přechodném ději na hodnotu $+0,1$ poměrně pomalu. Rychlejší odezvy bychom docílili zvětšením integrační konstanty PI regulátoru proudu. Nulové regulační odchylky bychom potom dosáhli v kratším čase, ovšem s větším regulačním překmitem. Nastavování parametrů PI regulátoru, případně jejich adaptace v závislosti na režimu práce pohonu, je poměrně komplikovanou problematikou, jenž by mohla být náplní samostatné doktorské práce.

8.5.3 Zadávání mechanických otáček

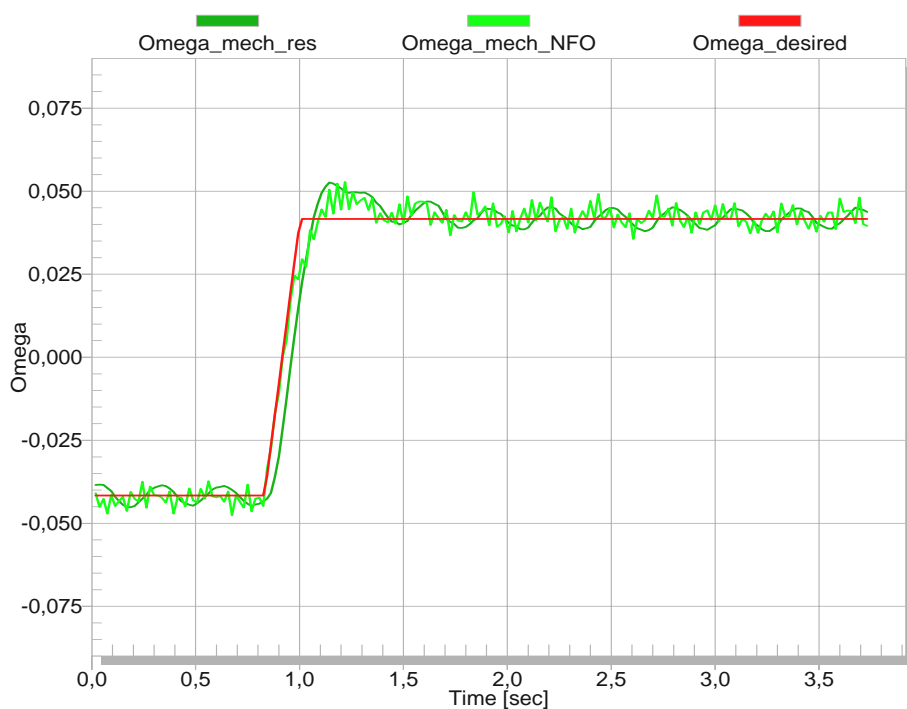
Zbýlé průběhy již budou charakterizovat vlastnosti kompletního regulačního systému podle obr.5-8.

Do regulátoru otáček jsou kvůli možnosti porovnání přivedeny jako zpětná vazba otáčky měřené resolverem anebo počítané v DSP. Připomínám, že měřené mechanické otáčky se pro výpočet vnitřních veličin pohonu a transformačního úhlu nepoužívají. Slouží pouze pro srovnání s otáčkami počítanými.

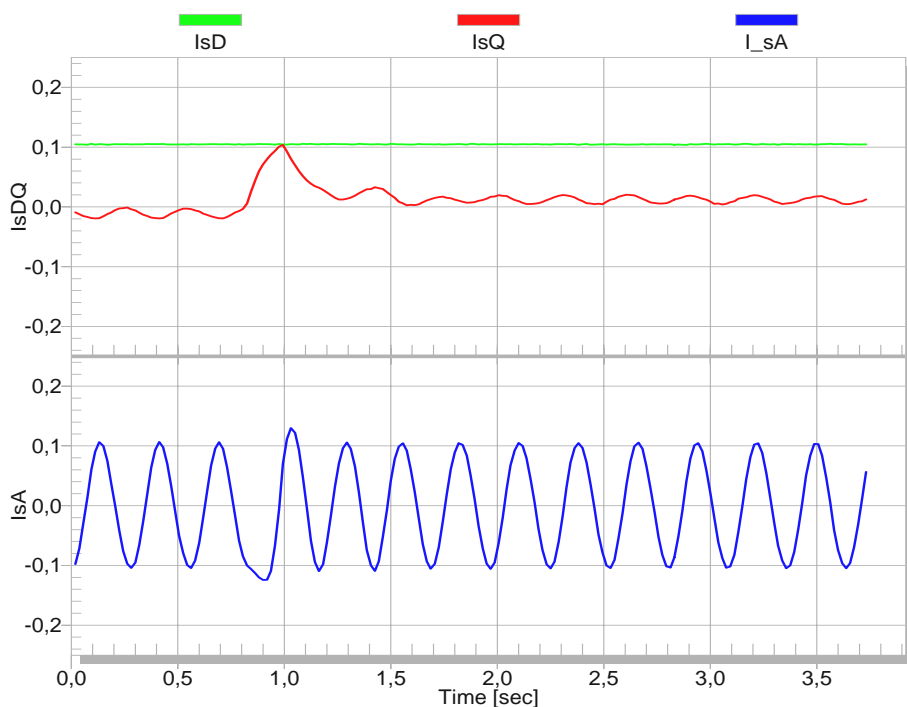
Hodnoty otáček i proudů jsou v obrázcích zobrazeny v poměrných jednotkách. Hodnota 1 odpovídá u otáček úrovni 2400 ot/min a u proudů úrovni 18.5A. Zadáním je požadovaná reverzace otáček motoru z -100 ot/min na $+100$ ot/min.

Parametry PI regulátoru otáček byly pro obě varianty, tedy pro zavedení zpětné vazby měřených či počítaných otáček, různé.

Regulace s měřenými otáčkami - naprázdno



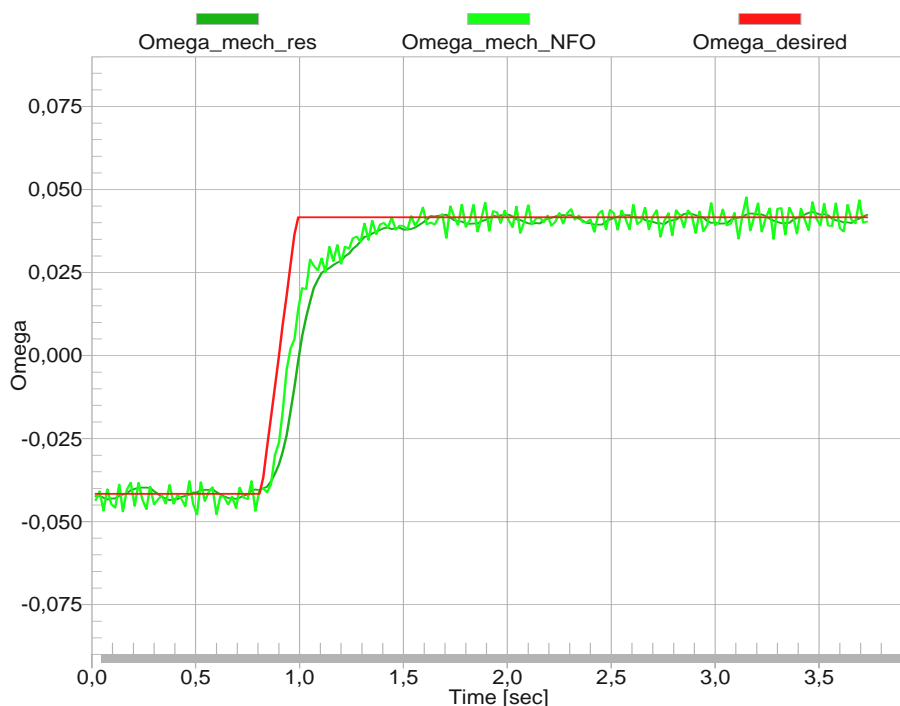
Obr.8-15: Průběhy žádaných otáček (červená), měřených (tm.zelená) a počítaných (sv.zelená) mechanických otáček motoru při **zadávání otáček motoru**. Motor **nebyl zatížen**. Pro regulaci byly použity **měřené otáčky**.



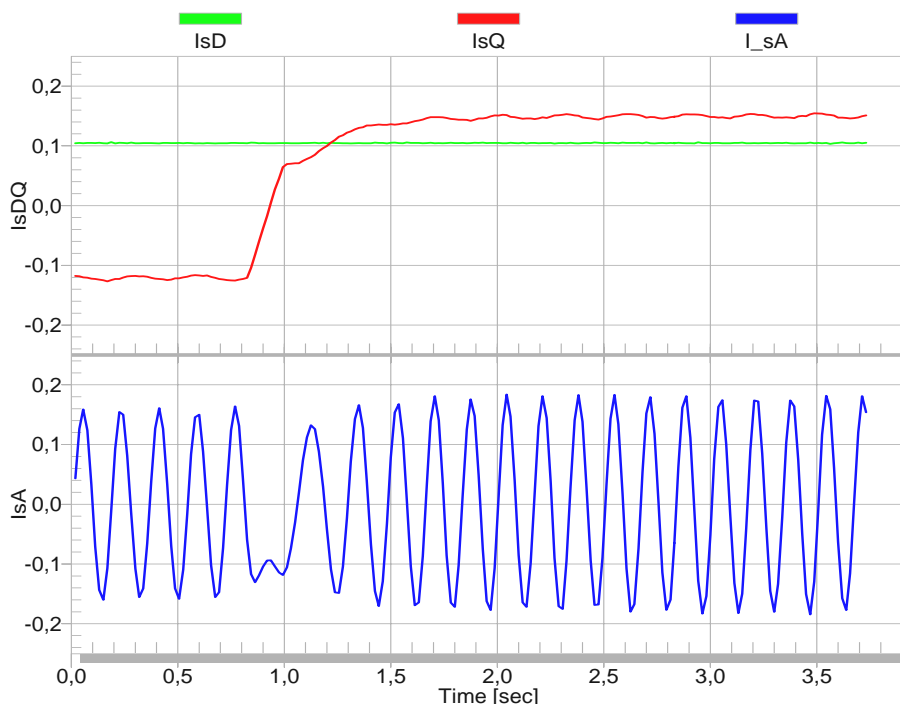
Obr.8-16: Průběhy momentotvorné I_{sq} (červená) a tokotvorné I_{sd} (zelená) složky statorového proudu a průběh fázového proudu I_{sa} (modrá) při **zadávání otáček motoru**. Motor **nebyl zatížen**. Pro regulaci byly použity **měřené otáčky**.

Zavedením měřeného signálu do regulátoru otáček by mělo znamenat přesnou a robustní regulaci rychlosti otáčení motoru. Bohužel, kvůli špatné kvalitě měření otáček v laboratoři tomu tak není. Permanentní zvlnění měřených otáček se samozřejmě promítne i do průběhu momentotvorné složky statorového proudu, tedy do průběhu momentu. Záleží potom na nastavení parametrů PI regulátorů momentu a otáček, zda se toto zvlnění regulací utlumí, anebo způsobí ještě větší oscilaci.

Regulace s měřenými otáčkami - zatíženo



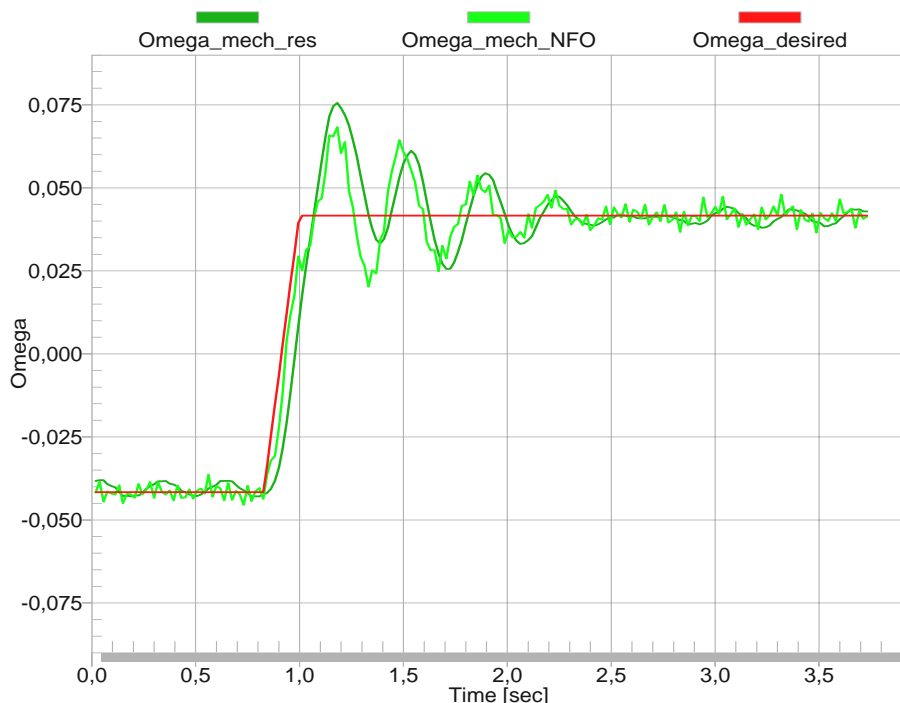
Obr.8-17: Průběhy žádaných otáček (červená), měřených (tm.zelená) a počítaných (sv.zelená) mechanických otáček motoru při **zadávání otáček motoru**. Motor byl **zatížen** konstantním momentem. Pro regulaci byly použity **měřené otáčky**.



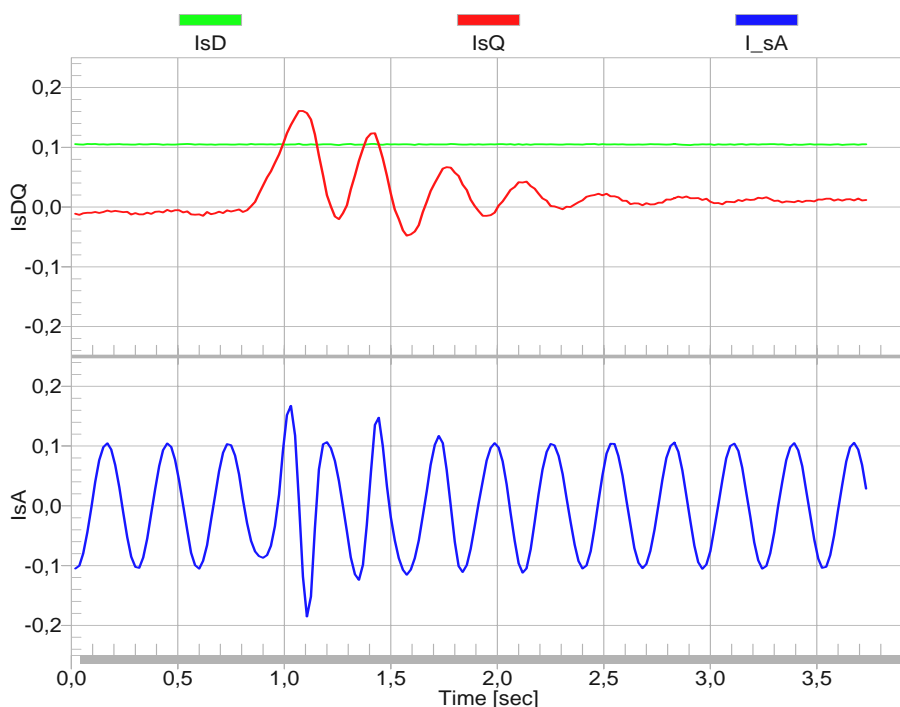
Obr.8-18: Průběhy momentotvorné I_{sq} (červená) a tokotvorné I_{sd} (zelená) složky statorového proudu a průběh fázového proudu I_{sa} (modrá) při **zadávání otáček motoru**. Motor byl **zatížen** konstantním momentem. Pro regulaci byly použity **měřené otáčky**.

Regulační přechod je při reverzaci otáček plynulejší při konstantním zatížení motoru. U regulace nezatíženého ASM se objevuje regulační překmit asi 20%, zatímco zatížený motor docílí žádaných otáček sice za delší dobu (asi 1 s), ale zato bez překmitu, a výsledné otáčky mají v ustáleném stavu menší zvlnění.

Regulace s počítanými otáčkami - naprázdno



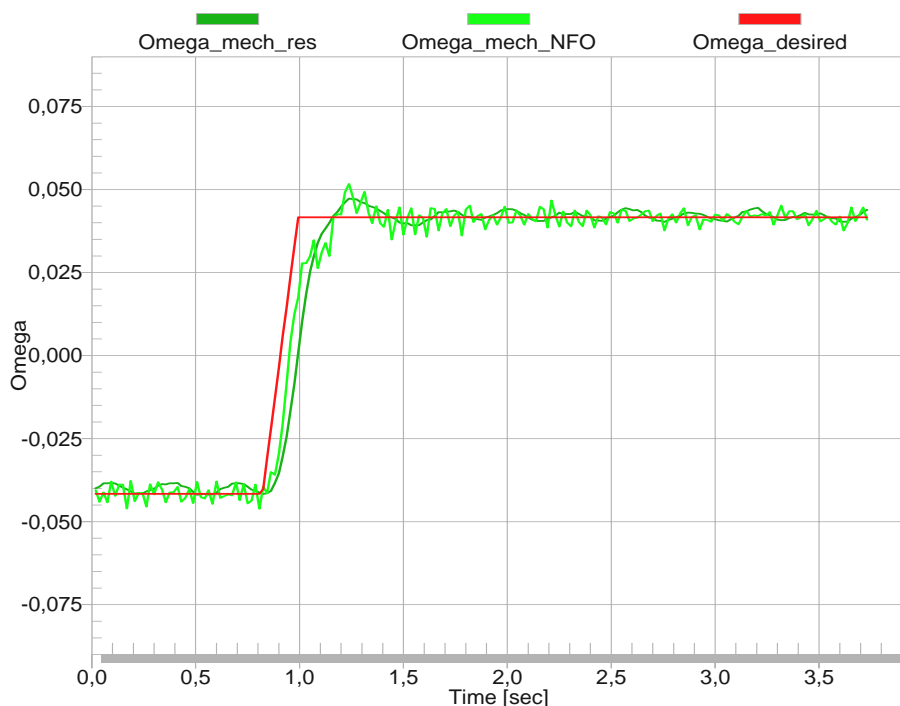
Obr.8-19: Průběhy žádaných otáček (červená), měřených (tm.zelená) a počítaných (sv.zelená) mechanických otáček motoru při **zadávání otáček motoru**. Motor **nebyl zatížen**. Pro regulaci byly použity **počítané otáčky**.



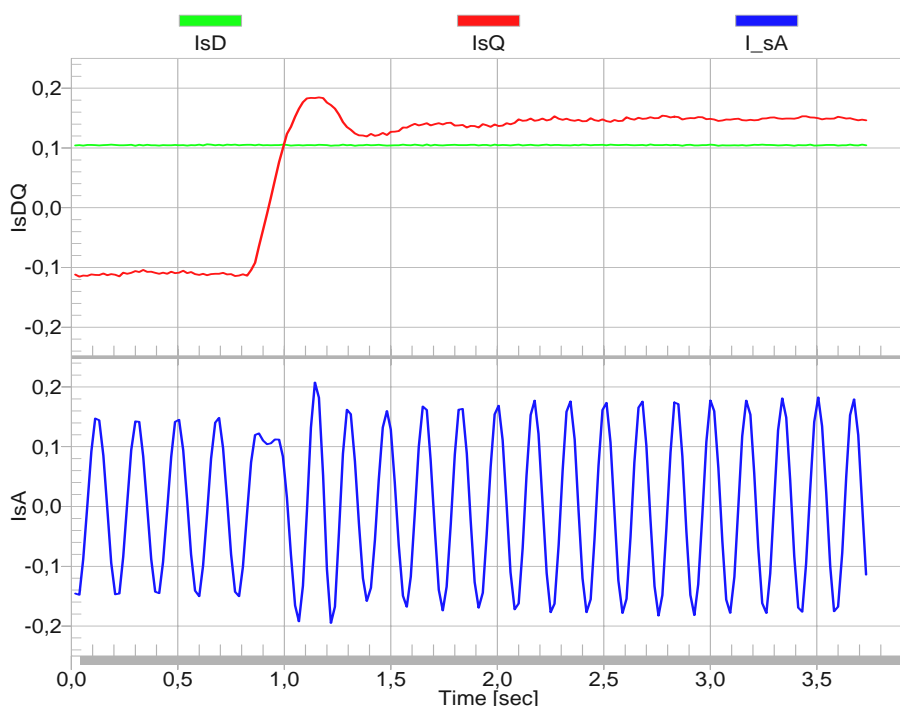
Obr.8-20: Průběhy momentotvorné I_{sq} (červená) a tokotvorné I_{sd} (zelená) složky statorového proudu a průběh fázového proudu I_{sa} (modrá) při **zadávání otáček motoru**. Motor **nebyl zatížen**. Pro regulaci byly použity **počítané otáčky**.

Při regulaci se zavedením zpětné vazby pomocí počítaných otáček je při chodu naprázdno vidět výrazný regulační překmit (asi 75%) a ustálení otáček až po 2 s (obr.8-19 a 8-20). Pokud je ale motor zatížen, probíhá regulace téměř ideálně (obr.8-21 a 8-22).

Regulace s počítanými otáčkami - zatíženo



Obr.8-21: Průběhy žádaných otáček (červená), měřených (tm.zelená) a počítaných (sv.zelená) mechanických otáček motoru při **zadávání otáček motoru**. Motor byl **zatížen** konstantním momentem. Pro regulaci byly použity **počítané otáčky**.



Obr.8-22: Průběhy momentotvorné I_{sq} (červená) a tokotvorné I_{sd} (zelená) složky statorového proudu a průběh fázového proudu I_{sa} (modrá) při **zadávání otáček motoru**. Motor byl **zatížen** konstantním momentem. Pro regulaci byly použity **počítané otáčky**.

Obsah

Kapitola **Praktická realizace a výsledky**

8.1	Skalární řízení ASM.....	1
8.2	Vektorové řízení s In modelem	2
8.3	Kompenzace vlivu ochranných dob	4
8.4	Demonstrační deska s NFO	5
8.5	Výsledky realizace metody NFO	7
8.5.1	Zadávání napětí U_{sq}	7
8.5.2	Zadávání momentotvorné složky proudu I_{sq}	10
8.5.3	Zadávání mechanických otáček.....	11

Pozn.: Tento dokument je jednou z kapitol mé disertační práce nazvané "Řízení asynchronního motoru bez použití snímače rychlosti" na Katedře elektrických pohonů a trakce (FEL ČVUT Praha).

Poslední aktualizace: 6. září 2004

Autor: Petr Kadaník

Email: petr@kadanik.cz