

## ÚSPORNÉ POLOHOVÉ SERVO S NÍZKÝMI POŽADAVKY NA DYNAMIKU

### Low Cost Position Servomechanism with Small Request for Dynamics

Lukáš Novák

*Abstract:* Position synchronization of conveyers can be realized with asynchronous motors supplied by frequency converters. Article shows simple connection of control loops with employment current possibility of modern frequency converters. Control algorithm and attained results are presented.

*Key words:* Asynchronous motor, Control loop, Frequency converter, Incremental encoder, Position synchronization.

#### 1. Úvod

Pro synchronní pohyby dopravníků výrobních linek se v dnešní době nejčastěji používají servopohony, realizované synchronními motory s permanentními magnety napájené ze speciálních servodriverů. Požadovaná pozice servopohonu se u těchto servodriverů nastavuje pomocí digitálního dvoufázového pulsního řízení s posunem fází o  $90^\circ$ , kdy počet pulsů upravený elektronickým převodem odpovídá úhlovému natočení hřídele (případně posunu v ose u lineárních motorů) a sled fází určuje směr otáčení. Servodriver ke své činnosti potřebuje znát aktuální pozici hřídele, k čemuž se obvykle používá resolver nebo inkrementální snímač spojený s hřídelí motoru.

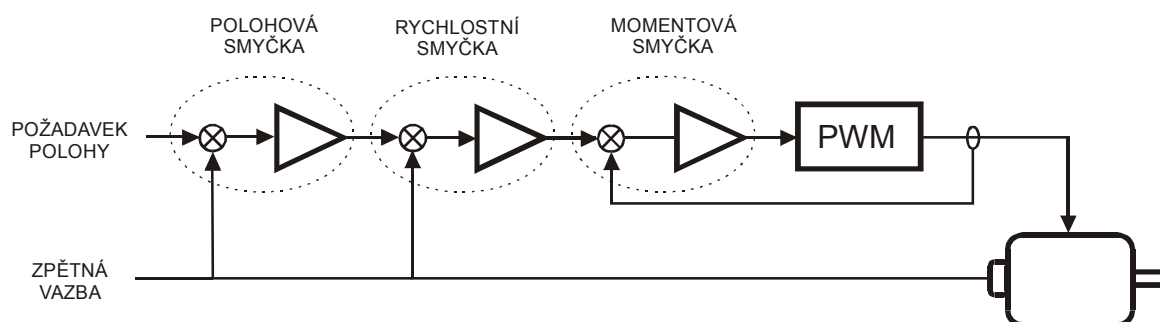
Implementace takto řešených servopohonů vyžaduje, kromě nastavení převodového poměru, seřízení konstant PID regulátoru. Někteří výrobci mají v servodriveru zabudovanou funkci automatického ladění, která nastavení těchto parametrů významně usnadní, případně mají dokonce funkci adaptace během činnosti.

Pokud se směr pohybu řídicího pohonu (tzv. master) během činnosti nemění a změny rychlosti jsou pozvolné, lze tuto úlohu vyřešit i s použitím jednodušších prostředků. Významní výrobci frekvenčních měničů mají dnes ve své nabídce možnost použití speciální karty do frekvenčního měniče pro polohovou synchronizaci, kde akčními členy jsou asynchronní motory a zpětnovazební signál polohy je získáván pomocí inkrementálních čidel. Synchronizační karta pak nastavuje polohu závislého pohonu (tzv. slave), na základě polohy master pohonu. Řídicí program vyhodnocuje pulsy obou inkrementálních čidel v nastaveném

převodovém poměru a vypočítává potřebný akční zásah. Pokud nejsou požadavky na dynamiku pohonu příliš vysoké, jde řešení této úlohy ještě zjednodušit.

## 2. Popis řešení

Na obr. 1 je uvedeno obvyklé zapojení regulačních smyček používaných pro polohové řízení pohonů. Regulační smyčka polohového řízení obsahuje ještě podřízené smyčky řízení rychlosti a momentu. Momentová smyčka zajišťuje, aby byl motor napájen proudem odpovídajícím požadovanému momentu. Zpětnovazební informaci získává z proudového transformátoru, který snímá proud tekoucí do motoru. Rychlostní smyčky je zadávána požadovaná rychlost z polohové smyčky a zpětnovazební signál o rychlosti získává vyhodnocením frekvence pulsů inkrementálního snímače. Zesílení smyčky je dáno proporcionální a integrační konstantou. Polohová smyčka má požadovanou polohu zadávanou z nadřazeného systému a zpětnovazební signál získává vyhodnocením počtu impulsů z inkrementálního snímače. Zesílení této smyčky je upraveno pouze proporcionální složkou.



Obr.1

Předkládané řešení používá inkrementální snímač polohy pouze na master pohonu. Frekvence tohoto inkrementálního snímače udává rychlost pohybu master pohonu a načítané impulsy čítačem udávají úhlové natočení hřídele. Nulová značka inkrementálního snímače čítač nuluje. Na slave pohonech je poloha vyhodnocována pomocí indukčního snímače, který dává jediný impuls na otáčku. Pro momentovou smyčku jsou využity obvody frekvenčního měniče, který napájí slave pohony. Z frekvence impulsů inkrementálního snímače je vypočítána rychlost otáčení master pohonu a v požadovaném převodovém poměru je přepočítána na frekvenci generovanou frekvenčním měničem, který napájí slave pohon. Skutečná rychlost otáčení asynchronního motoru takto nastavená je však vlivem skluzu nižší a proto je třeba vypočtenou frekvenci o tento skluz zvýšit. Některé frekvenční měniče již tuto funkci kompenzace skluzu mají v softwarové výbavě.

Impuls indukčního snímače při otáčení slave hřídele vyvolá přerušení v řídicím procesoru a v tomto okamžiku je zachyceno natočení hřídele master pohonu v rozsahu  $0^\circ - 359^\circ$  čtením čítače inkrementálního snímače. Tímto způsobem je zjištěno vzájemné natočení master a slave pohonu, které je třeba synchronizovat. Odchylka od požadované polohy je zesílena a sečtena s požadavkem rychlosti. Aby nedocházelo ke kmitání v oblasti natočení o  $180^\circ$ , je regulační odchylka omezena na úhlovou diferenci  $\pm 90^\circ$ . Protože synchronizujeme na polohu v rozsahu  $0 - 359^\circ$  v uzavřeném kruhu, musí být stanovena regulační odchylka zprava

i zleva a pro další výpočty použita hodnota menší. Regulační odchylka se vypočítá podle vzorce

$$\alpha_{dif} = \alpha_z - \alpha_s \quad (1.1)$$

kde  $\alpha_z$  je požadované úhlové natočení

$\alpha_s$  je změřené úhlové natočení

Pokud je splněna podmínka  $\alpha_{dif} > 179$  upraví se  $\alpha_{dif}$  podle rovnice

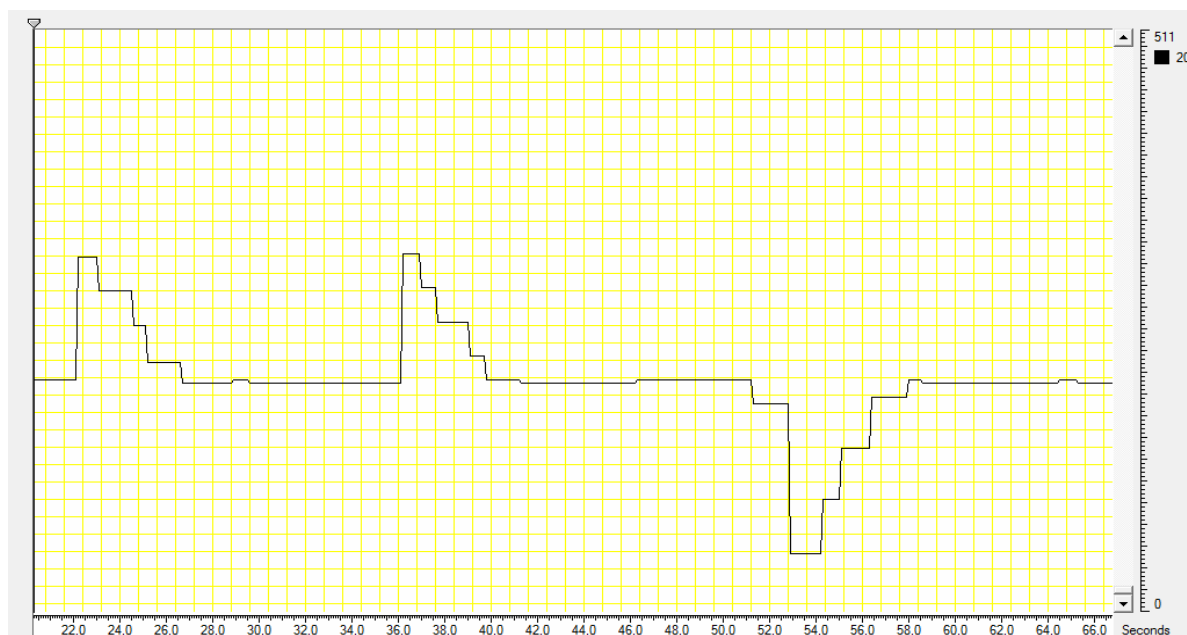
$$\alpha_{dif} = \alpha_{dif} - 360 \quad (1.2)$$

Pokud je splněna podmínka  $\alpha_{dif} < -179$  upraví se  $\alpha_{dif}$  podle rovnice

$$\alpha_{dif} = \alpha_{dif} + 360 \quad (1.3)$$

Tím dostáváme regulační odchylku v rozsahu  $-180 < \alpha_{dif} < 180$ , kterou by bylo možné použít k výpočtu potřebného akčního zásahu. V případě, že je rozdíl úhlů blízko 180, mohlo by při malých změnách polohy docházet po provedení výše uvedených výpočtů k přecházení hodnoty  $\alpha_{dif}$  z hodnoty -180 na hodnotu 180 a naopak s následkem velkých změn vypočtené regulační odchylky a tím i kmitání regulace. Proto je vhodné vypočtenou regulační odchylku omezit, nejlépe na hodnotu  $\pm 90$ .

Na obr. 2 je uveden časový záznam průběhu regulace polohy dvou řetězových dopravníků. Master pohon byl poháněn asynchronním motorem výkonu 2,5 kW 1380 min<sup>-1</sup> a synchronizovaný pohon byl poháněn asynchronním motorem výkonu 0,75 kW 1420 min<sup>-1</sup>. Oba motory byly napájeny z frekvenčních měničů se zapnutou kompenzací skluzu. Žádaná hodnota byla po celou dobu 200. Regulovaný pohon byl třikrát náhodně sepnut (na grafu strmá změna polohy v čase 22s, 36s a 53s). Z průběhu lze vyhodnotit, že regulovaný pohon rychle spěje do ustálené polohy, které dosáhne během 7 regulačních cyklů s nejistotou menší než 1%.



Obr.2

### 3. Závěr

Díky jednoduchosti je uvedené řešení polohového řízení robustní, nenáročné na složité nastavování parametrů regulátoru a je složeno z běžných prvků pohonářské techniky. Uvedené výsledky ukazují rychlé nastavení při skokové změně požadavku polohy, kdy tato poloha je s neurčitostí menší než 1% dosahována během 7 regulačních cyklů. Cenová úspora se zvyšuje s počtem synchronizovaných pohonů na pohon hlavní. Úspora je nejen v samotném počtu použitých inkrementálních snímačů, ale také v požadavcích na jejich mechanickou montáž k pohonu ve srovnání s jednoduchou montáží snímačů indukčních. Z cenových srovnání odpovídajících výkonů vychází popisované řešení zhruba na 30% nákladů ve srovnání s řešením pomocí synchronních motorů s permanentními magnety a servodrivery a na 55% při použití asynchronních motorů se speciálními frekvenčními měniči s polohovací kartou (Yaskawa). Pro aplikace, kde hlavní pohon mění během činnosti směr pohybu, nebo když prudce mění rychlost (v měřítku regulačního cyklu), toto řešení nelze použít.

### References

- [1] Valenzuela,M.A, Lorenz,R.D.: Electronic line-shafting control for paper machine drives. Pulp and Paper Industry Technical Conference, 2000, Conference Record of 2000 Annual Volume, Issue 2000, s.106-112.
- [2] Yaskawa: Electronic Line Shaft, Yaskawa Electric Europe GmbH, 2005.