

# INTEGROVANÉ INFORMAČNÍ A ŘÍDICÍ SYSTÉMY PRŮMYSLOVÉ AUTOMATIZACE

*Ing. Aleš Galuška*

VŠB-TU Ostrava

## Abstract

Tento příspěvek zabývá integrací nového způsobu řízení, fuzzy řízení pohonu válcovací stolice. Bude se vycházet ze simulačního modelu a reálného modelu, kde dojde k porovnání obou dvou dosažených výsledků.

Simulační model obsahuje model pohonu, makro modely jednotlivých vazeb, které je možno dle potřeb integrovat do celkového modelu válcovací tratě a v poslední řadě obsahuje i nový způsob řízení (fuzzy). Tato simulace se provádí v simulačním programu Matlab / Simulink. Reálný model bude obsahovat aktuálně nové prvky, elektromotor, řídicí systém, frekvenční měnič a personální počítač. Tato sestava byla pořízena firmou ABB a.s.

Hlavní náplní vytváření obou modelů bude ověření nového způsobu řízení pohonu. Pro nový způsob řízení (fuzzy) bude nastudována metody řízení, které se reálně ještě neaplikovala v této oblasti řízení.

## 1 Řízení spojitého válcovacího pořadí

Základní rozdělení válcovacích stolic je známé, je potřeba popsat jakým způsobem pracuje válcovací trať jako celek. Jestliže máme danou strukturu válcovací tratě, tedy uspořádání stolic, pomocných zařízení a způsob řízení, musíme mít prvky, kterými budeme celý proces regulovat. Těmi se budeme zabývat později. Celá válcovací trať se musí nakonfigurovat pro daný typ vývalku.

### 1.1 Způsob svázání válcovacích stolic

Rozběh válcovací tratě musí být postupný, což u jednotlivých stolic znamená, že rychlost pohonu na požadovanou hodnotu se dosahuje pomocí rampové funkce. Jestliže jsou všechny prvky tratě připraveny, musí se obsluze sdělit připravenost systému.

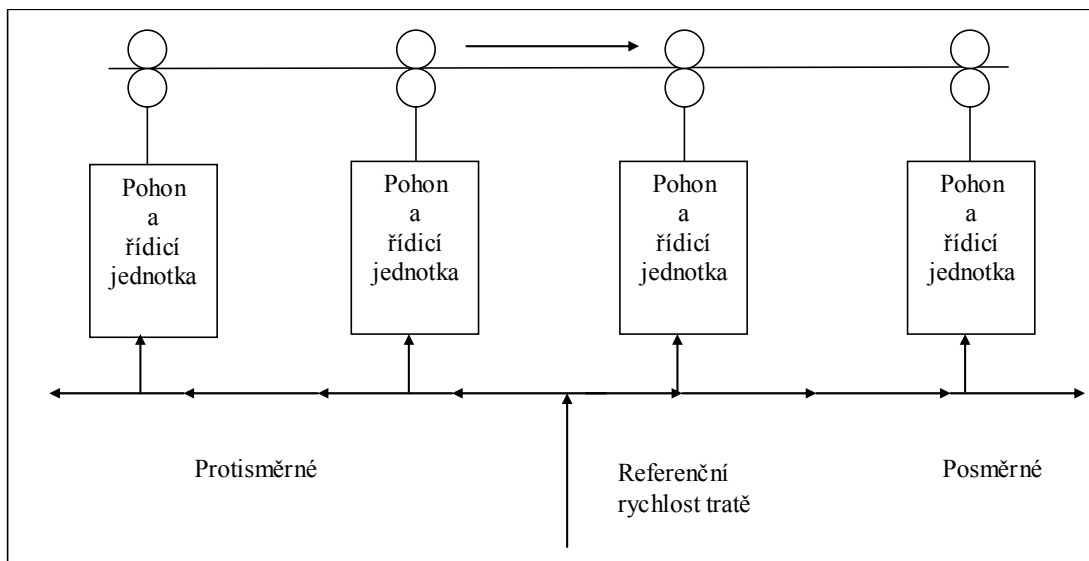
Zastavení pohonů válcovací tratě probíhá odpojením referenční rychlosti. Následně se buď podle rampové funkce zpomalují pohony, nebo samovolným doběhem.

Svázání jednotlivých válcovacích stolic může být dvěma způsoby:

- Proti směru válcování (protisměrné),
- Po směru válcování (posměrné).

Řízení proti směru válcování (protisměrné), levá stolice je ovlivněna v kaskádě válcovacích stolic. Referenční stolice je pravá. Dle toku materiálu tímto směrem → (Obr.č. 1).

Řízení po směru válcování (posměrné), pravá stolice je ovlivněna v kaskádě válcovacích stolic. Referenční stolice je levá. Dle toku materiálu tímto směrem → (Obr.č. 1).



Obr.č. 1 Protisměrné a posměrné svázání válcovacích stolic (schématické zapojení)

Tyto způsoby válcování se mohou použít i pro manuální řízení rychlosti válcovací stolice z důvodu snížení napětí v materiálu. Dále se toto řízení používá, aby se nemusela vytvářet smyčka mezi jednotlivými stolicemi.

Pro tyto typy vazby mezi stolicemi je možnost vytvořit i korekční smyčku, která se lze vytvořit, jak pro protisměrné tak i pro posměrné řízení.

Při vstupu materiálu do stolice dojde k poklesu rychlosti o 1 až 2 %. Kompenzace tohoto jevu se provádí překročením požadované rychlosti pohonu a v momentě vstupu materiálu se rychlost sníží na požadovanou. Překročená rychlost se sníží během 0.1 až 0.2 % sekundy.

Sledování materiálu, který je ve válcovací stolici je důležité, protože jsme schopni i měřit délku materiálu. Proto potřebujeme fotobuňky u jednotlivých stolic, které určují pozici materiálu. Pro generování signálu pozice materiálu se také mohou použít detektory smyčky, které nahrazují fotobuňky.

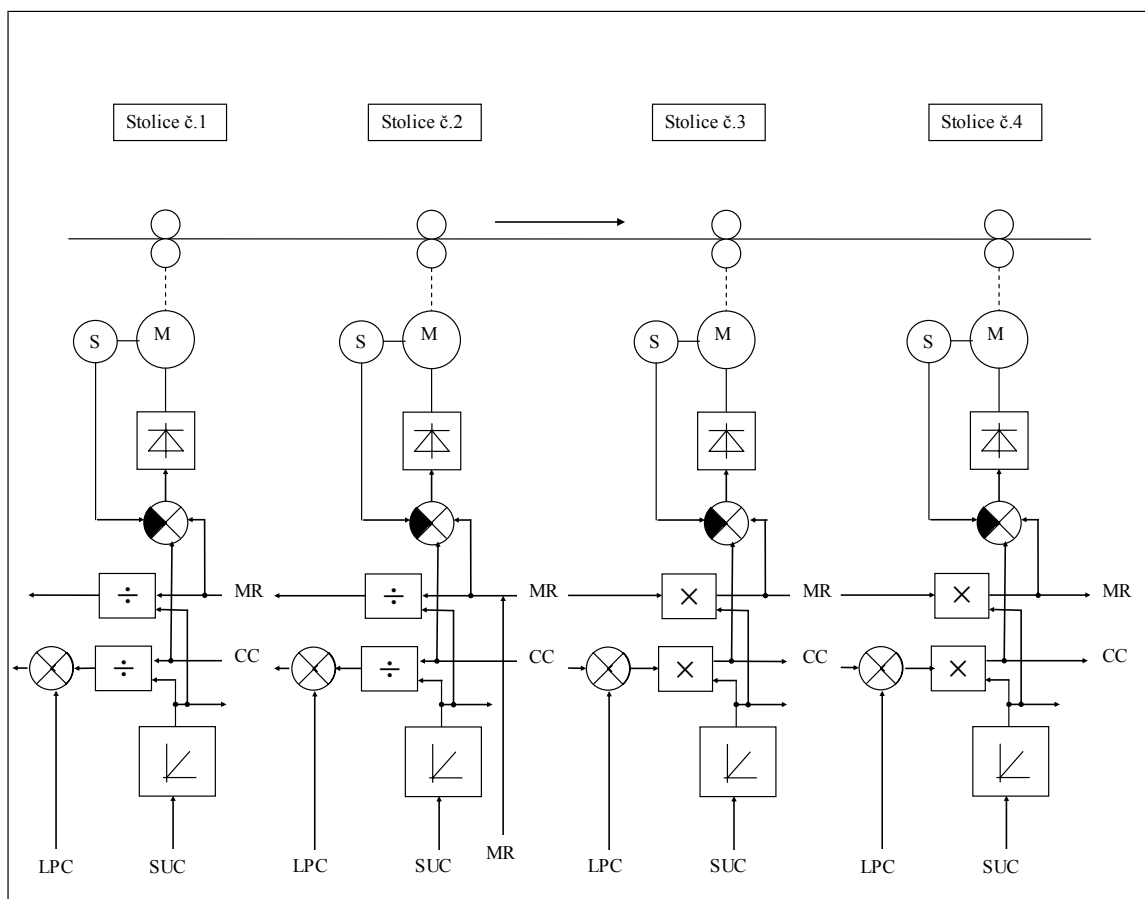
## 1.2 Ruční řízení válcovací tratě

Pro nastavení válcovací rychlosti se musí definovat tzv. referenční rychlost (MR – MASTER REFERENCE) (Obr.č. 2 - Obr.č. 1). Je to rychlost, která udává jednotlivým stolicím s pomocí vazeb jednotlivé rychlosti na určitou hodnotu, tak aby proces průchodu materiálu byl co neoptimálnější. Kdybychom potřebovali rychlost válcování zvýšit, můžeme tento parametr změnit a následně se ve všech stolicích změni rychlost v určitém poměru.

Nastavené relační rychlosti mohou být ovlivňovány dočasným (LPC – LOOP POSITION CONTROL), nebo stálým (SUC – SET UP CORRECTION) signálem.

Tedy na Obr.č. 2 vidíme čtyři stolice, kde každá má přiveden signál referenční rychlosti. Rychlost válcování na určitém pohonu se skládá ze tří součtů. Do sumačního členu vstupuje ze snímače aktuální hodnota rychlosti na motoru (se záporným znaménkem), korigovaná rychlost MR a korigovaný signál CC (CASCADE CORECTION). Pro každou stolici se k hodnotě MR vynásobí signál SUC. U stolice se dále sčítají signály CC a LPC, které se následovně násobí s hodnotou SUC. Tento korigovaný signál vstupuje, jak jsme se již

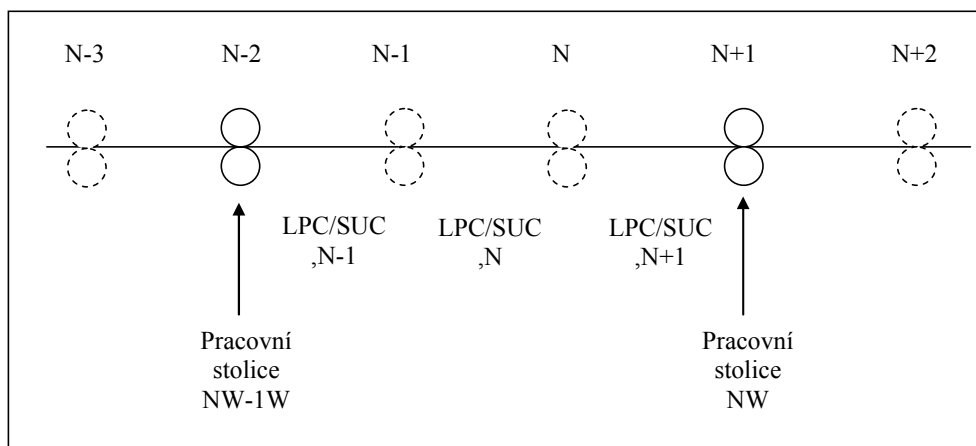
výše zmínili do součtového členu.



Obr.č. 2 Dopředné a postupné svázání válcovacích stolic – manuální řízení

Princip řízení válcovacích stolic je naznačen na Obr.č. 3. Uvažujme, že pracovní stolice budou N-2 a N+1 a zbylé nebudou využity. V takovémto uspořádání se nám naskytují tři způsoby řízení materiálu.

Nezávisle na místě odkud se bude řídit materiál, bude se rychlost materiálu řídit vazbou mezi stolicemi N-2 a N+1. Index N říká, že je to referenční stolice a je nejbližší posměrná stolice nezávisle na tom, jestli je označena jako pracovní v aktuálním válcování. Pracovní stolice protisměrná bude mít index NW-1W. Pracovní stolice posměrná bude mít index NW. K-tá protisměrná stolice bude mít index NW-1W-K. J-tá posměrná stolice bude mít index NW+J.



Obr.č. 3 Princip řízení válcovacích stolic

Úplná referenční rychlost SREF motoru je složena z počtu signálů zakomponovaných v kaskádovém systému. Každá aktivní válcovací stolice, která je řízená, přispívá do kaskádového systému s korekčním signálem rychlosti. Korekce postupují ve směru toku kaskády (Obr.č. 4, Obr.č. 5), aby změnila rychlost mezi pracovními stolicemi NW a NW-1W.

Kaskádní systém řízení obsahuje tyto signály:

- MR (MASTER REFERENCE) – směr signálu v kaskádě určuje o jaký typ systému půjde, tedy protisměrné nebo posměrné kaskádě. MR signál se získává z nastavení válcovací stolice. Rychlost pohonu se získá z MR a relační parametrů. Změna referenční rychlosti způsobí změnu rychlosti válcovny. Změnou relace mezi dvěma stolicemi se provede změna rychlosti ve směru kaskády.
- SV (STARTING VALUE) – u posměrné kaskády tento signál obsahuje korigovanou rychlost generovanou signálem LPC. U dopředné kaskády aktivuje řízení stolice.
- WL (WHIP LASH) – tento signál u dopředné kaskády obsahuje korigovanou rychlost generovanou LPC. V postupné kaskádě aktivuje řízení stolice.
- INTG (INTEGRAL) – zajišťuje integrální řízení odchylky získané z SUC ke korigování relačního faktoru Q (viz. níže) změnou nastaveného redukčního faktoru R posměrné stolice NW.

K zachování správných poměrů mezi stolicemi se u posměrné kaskády násobí a u protisměrné dělí nastaveným relačním faktorem Q u každé pracovní stolice zapojené v aktuální válcovací konfiguraci.

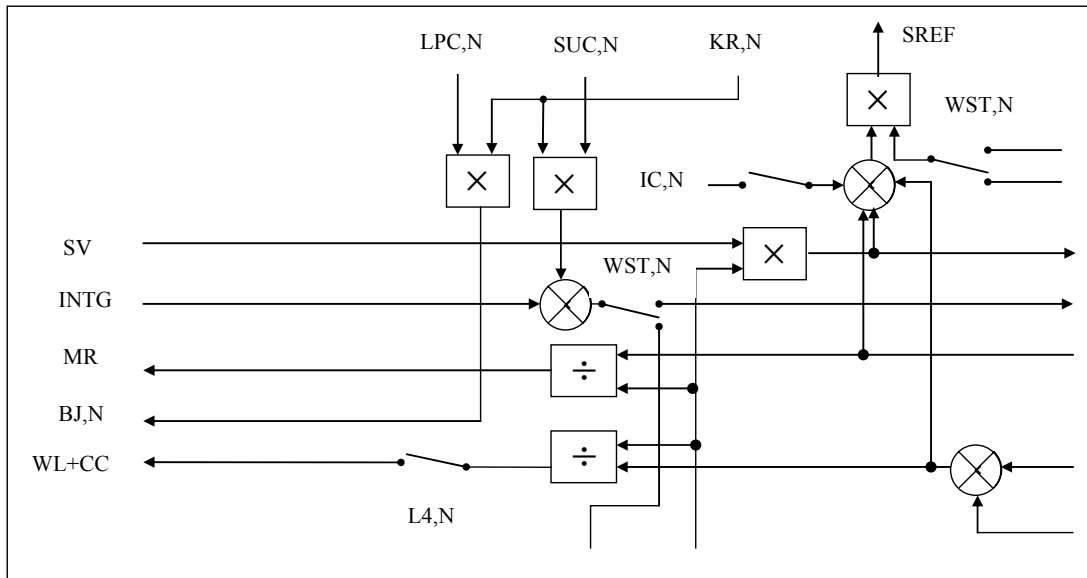
Faktor Q se vypočte:

$$Q_{,NW} = R_{,NW} \cdot VSF_{,NW} - 1W / VSF_{,NW}$$

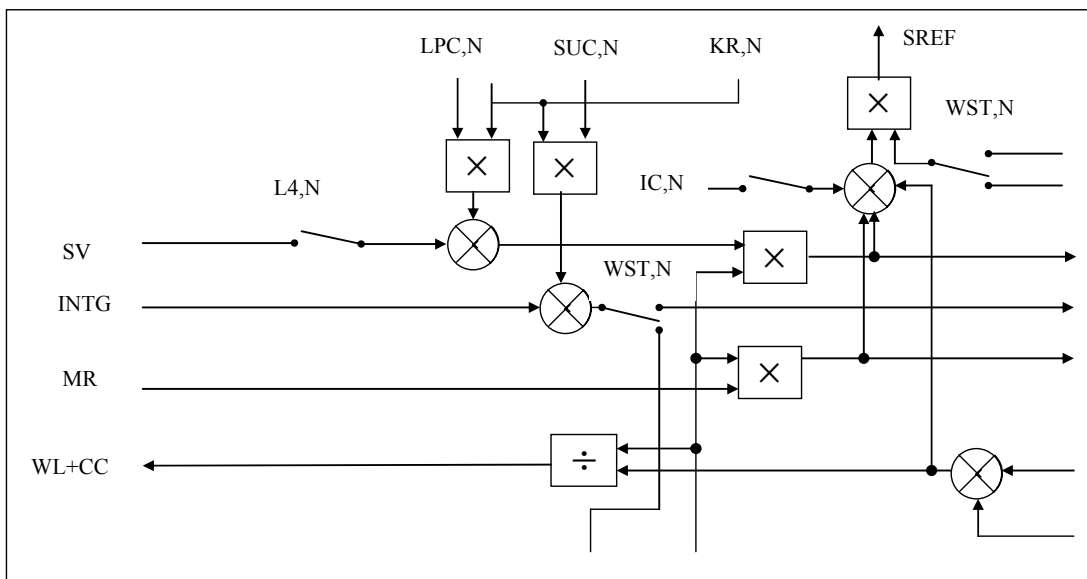
, kde  $R_{,NW}$  je redukční faktor posměrné stolice NW. Tento faktor je roven poměrem mezi vstupní a výstupní rychlosti materiálu.

$VSF_{,NW} - 1W$  je maximální vnější rychlost protisměrné stolice,

$VSF_{,NW}$  je maximální vnější rychlost posměrné stolice.



Obr.č. 4 Protisměrná kaskáda válcování

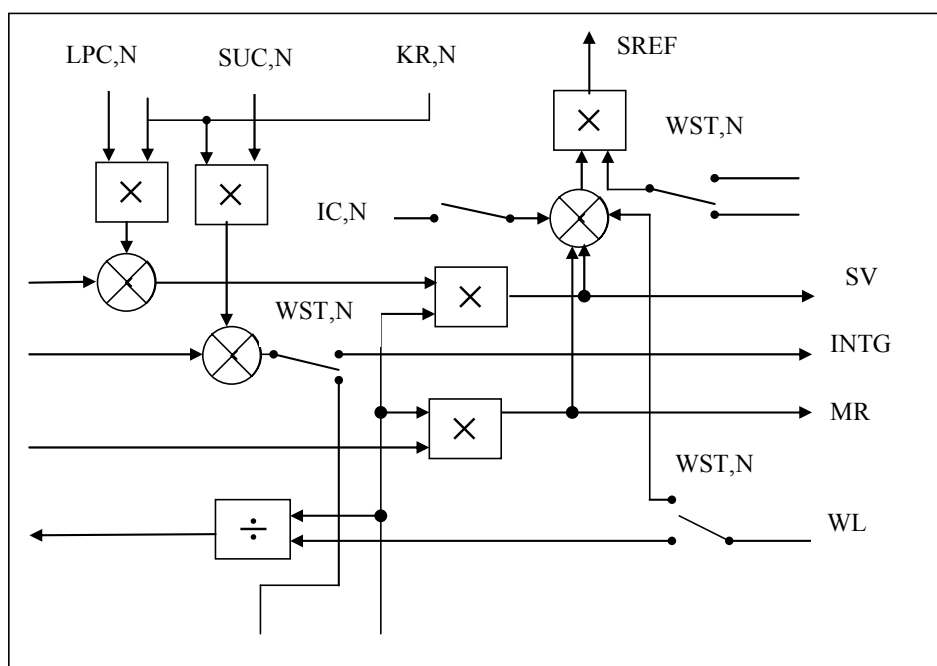


Obr.č. 5 Posměrná kaskáda válcování

Parametr LPC slouží pro připojení korekce rychlosti ke kaskádě, tedy pro změnu rychlosti stolice ve směru kaskády tak dlouho, dokud bude funkce aktivovaná. Pro protisměnou kaskádu je k signálu WL připojena korekce. Pro posměrnou kaskádu je k signálu SV připojena korekce. Nastavení korekce LPC a SUC provádíme při konfiguraci válcovací tratě.

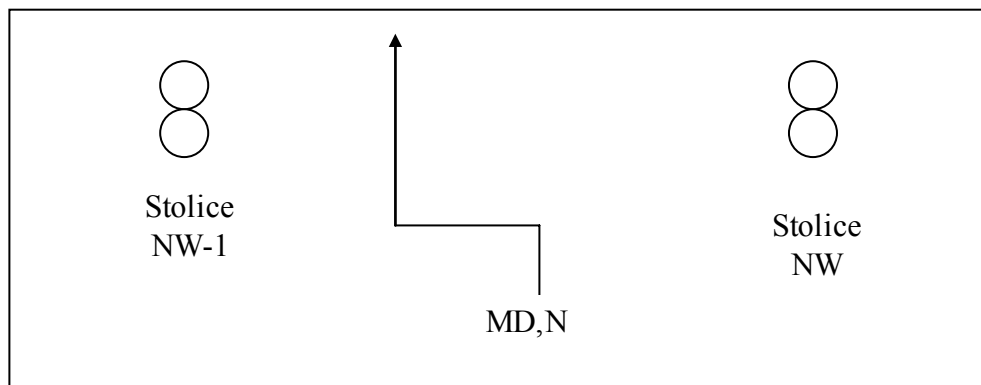
Aktivování těchto parametrů znamená, že nastavená rychlost mezi stolicemi NW-1W a NW je měněna změnou redukčního parametru R, NW posměrné stolice NW. Toho je dosaženo připojením korekčního inkrementu INTG.

Při vstupu materiálu do válcovací stolice nastane náraz, který způsobí narušení řízení rychlosti a proudu. Dojde k poklesu rychlosti při vstupu kusu materiálu do stolice. Což dále způsobí značný nárůst momentu motoru. Nastane pokles otáček o 1-2 % nominálních na čas 0.1 až 0.2% s. Pro odstranění tohoto jevu se provádí opatření (Obr.č. 6), které je v podstatě nepatrnou zvýšenou rychlostí kompenzuje. Tato zvýšená rychlost se změní v požadovanou v ten moment, když materiál začne vstupovat do stolice. Signál IC (IMPACT COMPENSATION) zvyšuje tedy požadovanou rychlost.



Obr.č. 6 Kompenzace nárazu

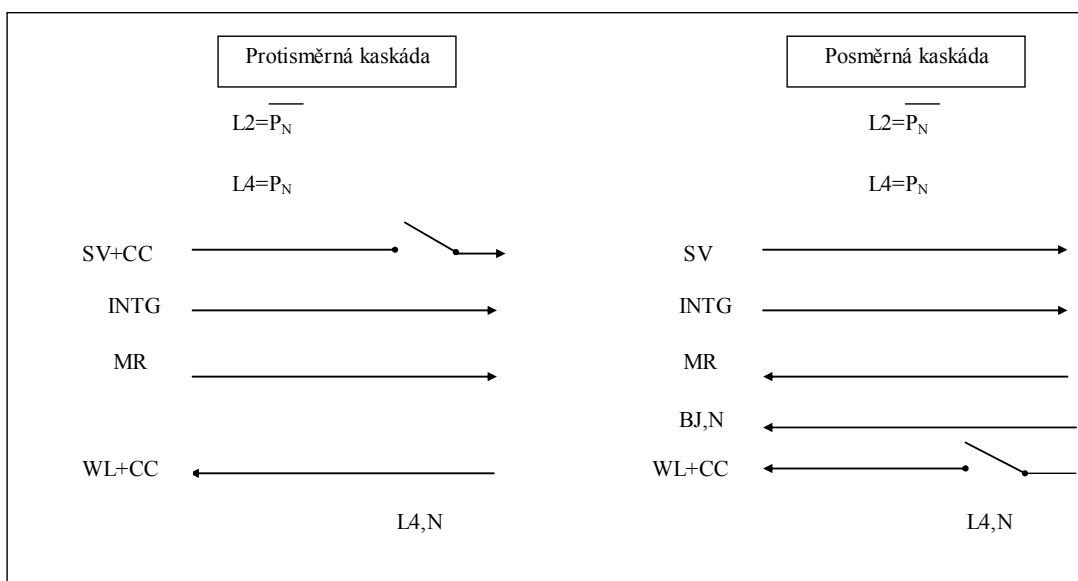
Abychom mohli sledovat materiál (Obr.č. 7) při průchodu válcovací tratí a mohli dodržet podmínky řazení jednotlivými pracovními stolicemi je vybavena každá stolice funkcí měření délky materiálu. Funkce časové ztráty rychlosti závisí na signálu MD (MATERIAL DETECTION), která aktivuje signál P (DRIVE POSITION) a funkce časového kompenzování LA (LOOPER ACTIVATION), když materiál dosáhne pozice pohonu.



Obr.č. 7 Sledování materiálu

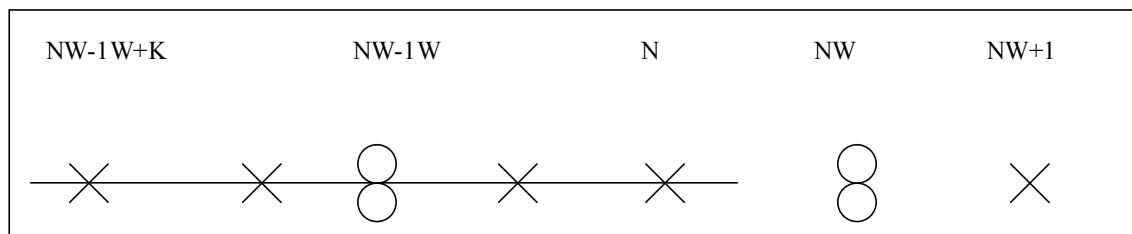
Detekce materiálu je prováděná fotobuňkou, která generuje signál MD. Jestliže před stolicí je smyčka, tedy je zde detektor smyčky, tak se jeho prostřednictvím generuje signál MD. Máme-li stolicí, která nebude pracovní, pak signál P, bude použit jako signál MD. Takovýmto způsobem provedeme nezávislé sledování materiálu na fotobuňce nebo detektoru smyčky u stolice, která nebude pracovní. Při hodnotě signálu P na nastaveno (materiál je ve stolici), bude měřící funkce blokována, dokud detektor materiálu MD stolice NW-1W umístěný před označenou nejbližší protisměrnou stolicí, neztratí svou indikaci.

Postup odblokování a přepínání řídicích signálů stolic, je závislý na signálu P a LA daného systémem sledování okolních stolic řízené sekce (Obr.č. 8).



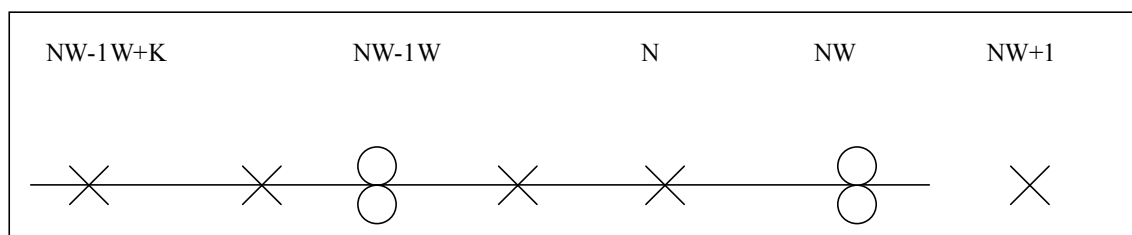
Obr.č. 8 Postup odblokování a přepínání řídicích signálů stolic

Nyní si ukažme, jakým způsobem prochází materiál stolicemi. Na Obr.č. 9 vidíme, že materiál není v posměrné válcovací stolici NW. Signál P,NW je resetován, což nastaví přepínač L2 na hodnotu nastaveno a L4 resetuje. Toto nastavení způsobí, že se nastaví kompenzační rychlost nárazu na stolici NW, aby se náraz materiálu, který vstupuje mezi pracovní válce kompenzoval a nevznikl následovaný pokles rychlosti.



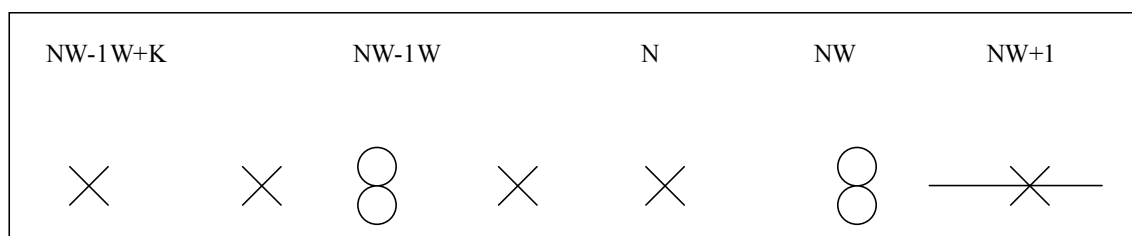
Obr.č. 9 Materiál není v posměrné válcovací stolici NW

Obr.č. 10 zachycuje moment, kdy přední část materiálu je ve stolicích NW a NW-1. Signál P, NW je nastaven, přepínač L2 se resetuje, L4 bude nastaven (sepnut) a kompenzace nárazové rychlosti se odpojí. Toto nastavení způsobí, že stolice NW bude řízena signálem SV posměrné kaskády. U protisměrného řízení kaskády se bude aktivovat signál WL a ten bude ovlivňovat řízení stolice NW.



Obr.č. 10 Materiál je ve stolicích NW-1W a NW

Jestli materiál už opustil stolici NW (Obr.č. 11), L4 se resetuje a L2 se nastaví, aby se mohla opakovat situace popsaná jako první, tedy kdy materiál začal vstupovat do stolice.



Obr.č. 11 Materiál není ve stolici NW

Manuální řízení válcovací tratě je navrstveno na automatické. Každá sekce může být ručně řízená operátorem.

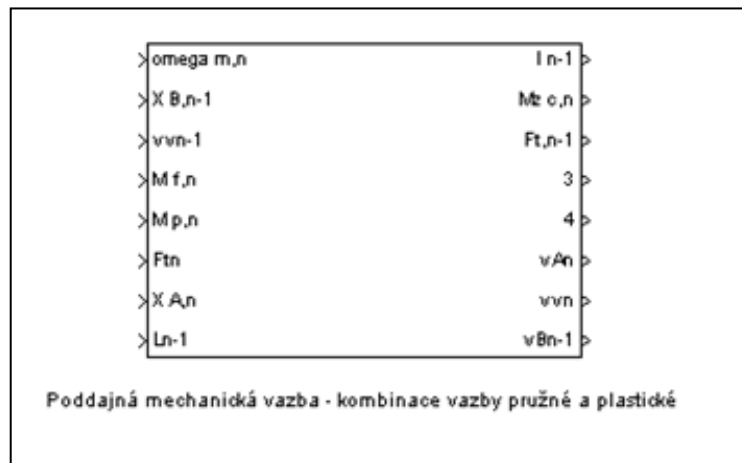


## 2 Matematický model

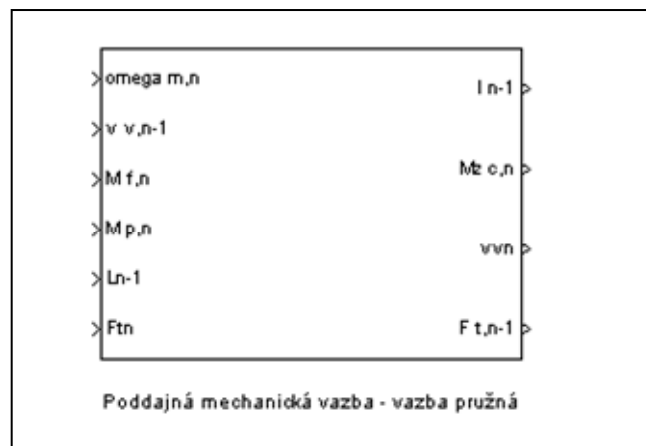
Matematický model, který budeme vytvářet bude obsahovat tři vazby:

- kombinace vazby pružné a plastické,
- vazba pružná,
- kombinace vynucené smyčky a plastické vazby,

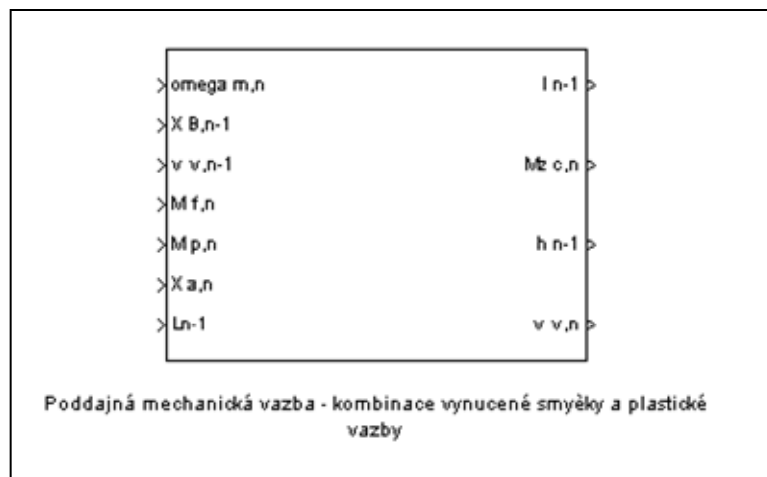
Budou vytvořeny tři makro modely (Obr.č. 12, Obr.č. 13 a Obr.č. 14), které je možné mezi sebou navzájem zapojovat, jako vazby mezi jednotlivými stolicemi, které se kombinují při reálném válcování materiálu.



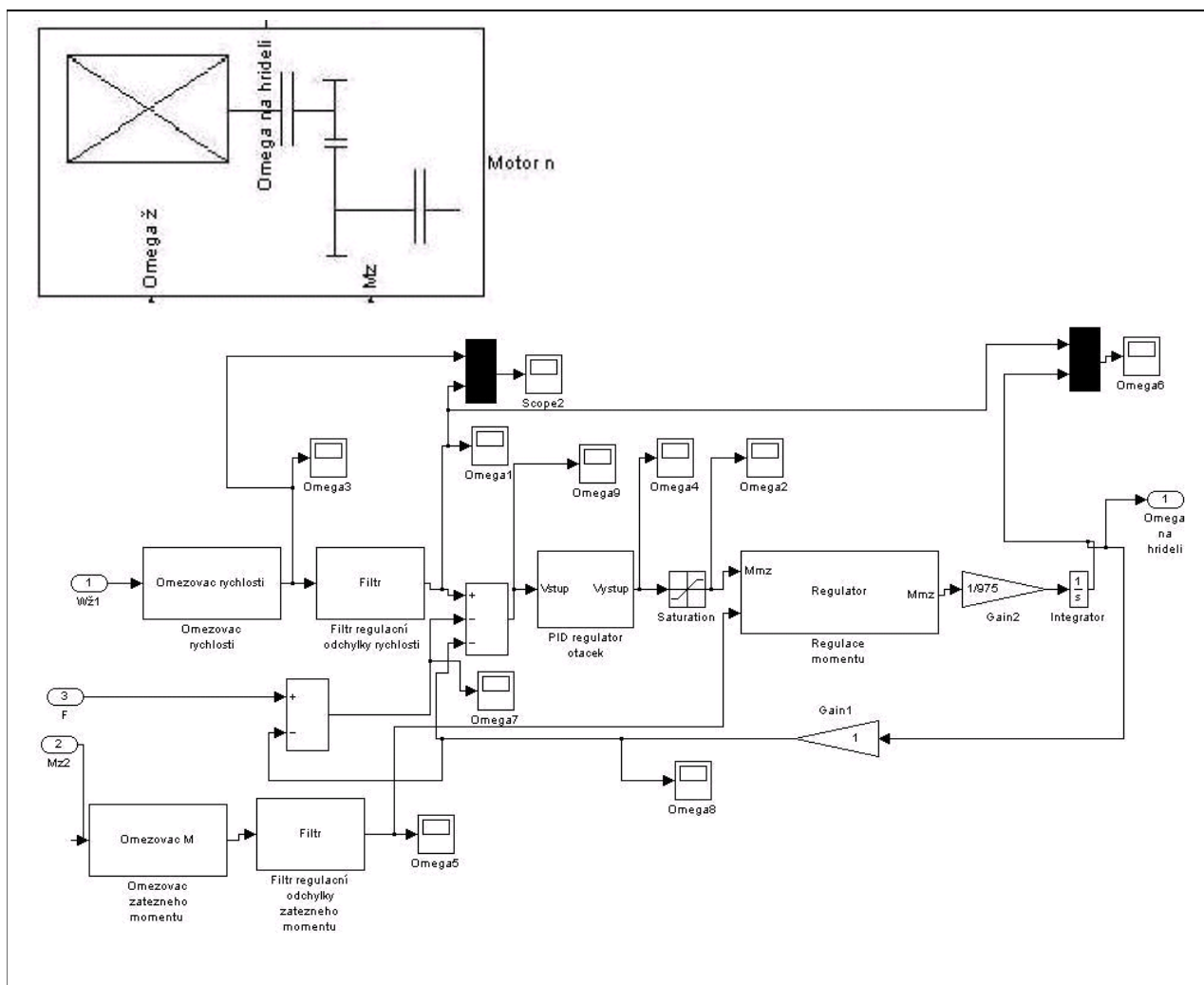
Obr.č. 12 Kombinace vazby pružné a plastické



Obr.č. 13 Vazba pružná

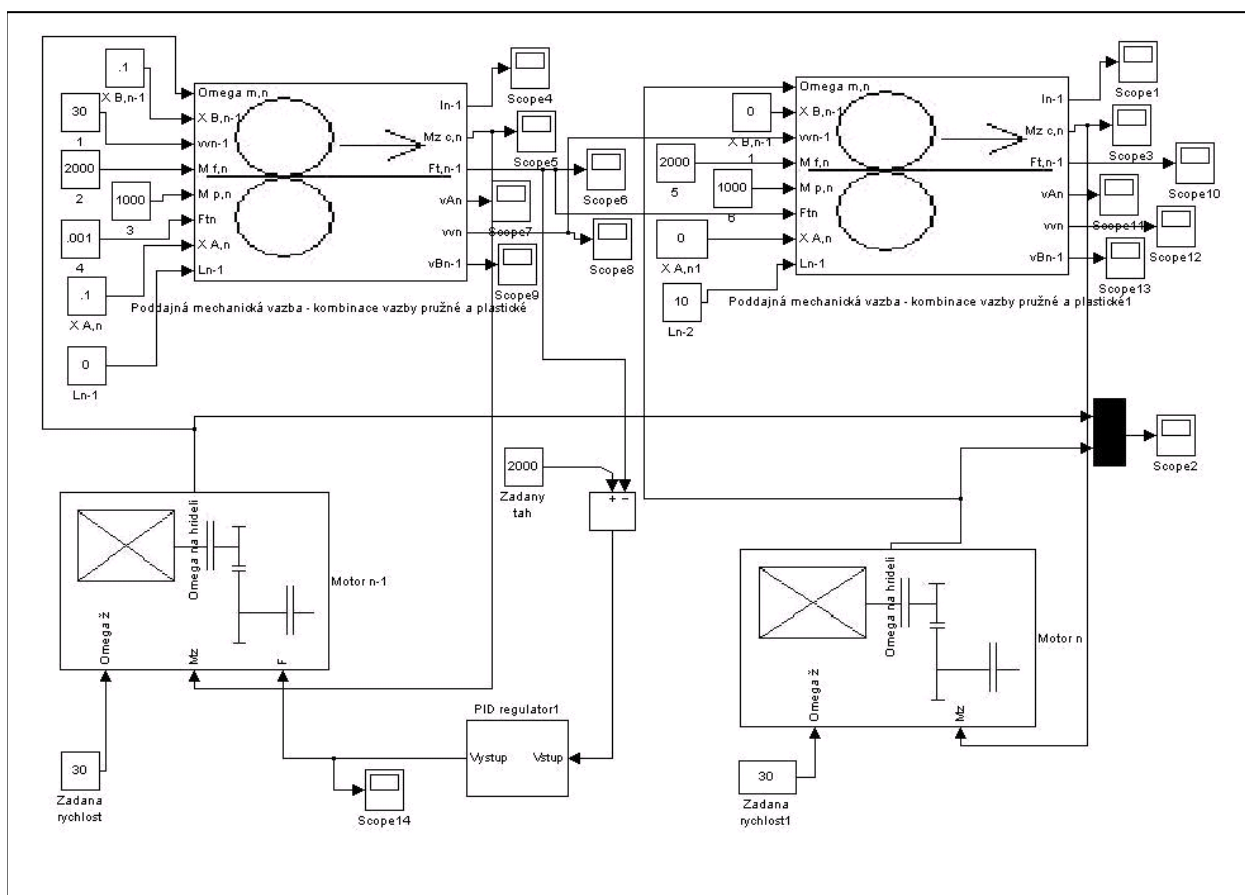


Obr.č. 14 Kombinace vynucené smyčky a plastické vazby



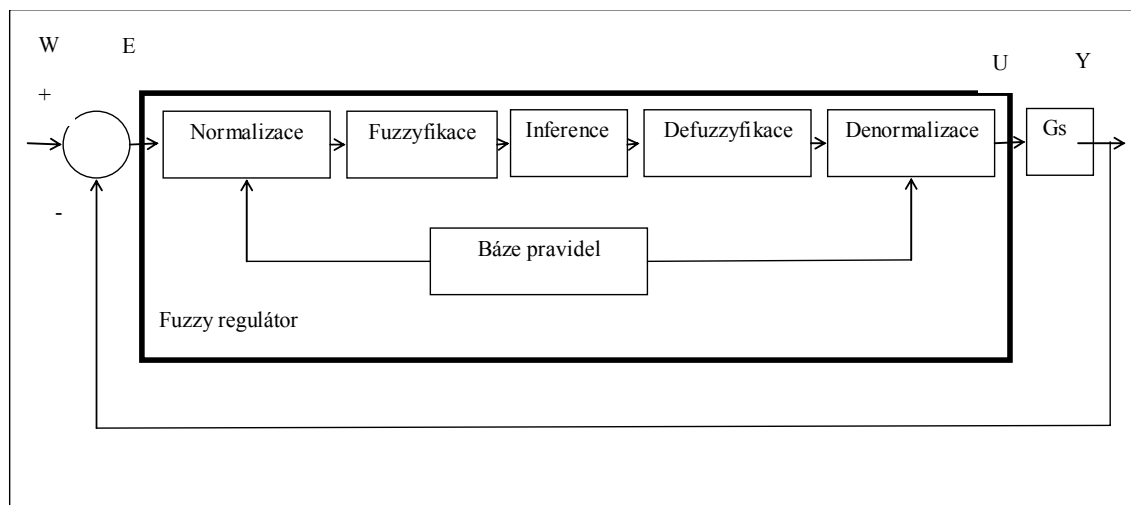
Obr.č. 15 Model pohonu válcovací trati vytvořený v programu Matlab/Simulink

Model pohonu je zakreslen na obr. č 15. Makro modely vazeb a pohonů se mohou následovně libovolným způsobem kombinovat (viz. obr.č 16).



Obr.č. 16 Vytvoření vazeb mezi pohony, pomocí makro modelů

Takto vytvořené válcovací pořadí pouze simuluje vazby mezi jednotlivými stolicemi různých druhů a simuluje pohon. Přínosem makromodelů je jednoduchost přidání další válcovací stolice. Tento model simulace válcovací tratě ještě není celkově dokončen. Chybí zde řízení kompenzačních proměnných, které ovlivňují samotné válcování, jak jsme si uvedli výše.



Obr.č. 17 Integrace nového způsobu řízení pohonu pomocí Fuzzy regulátoru

Hlavní náplní následovné simulace bude integrace fuzzy řízení (obr.č. 17) jednotlivých válcovacích stolic. Tento projekt má i praktickou část. Je vytvořen fyzikální model, na kterém se budou ověřovat simulované hodnoty.

### 3 Závěr

V prostředí Matlab – Simulink 6.5 jsem vytvořil matematický model řízení pohonu válcovací tratě, která bude následovně použita pro ověření hodnot získaných s fyzikálního modelu. Je vytvořen model pohonu válcovací tratě v programu Matlab/Simulink. Byly vytvořeny vazby mezi pohony, pomocí makro modelů. Integrace nového způsobu řízení pohonu bude provedeno do modelu a to, jako Fuzzy regulace. Dojde k ověření funkčnosti fyzikálního a simulačního modelu s novým řízením pohonu.

Celý model je vytvořen pomocí makro modulů. Válcovací stolice vyžadují tuto možnost tvorby simulačního modelu, protože je možnost přidávat libovolné množství válcovacích stolic a zároveň mít uživatelskou přívětivost celého modelu.

### References

- [1] *Rekonstrukce pohonu DUO 800 Informační podklady z www:*  
<<http://www.automa.cz/elektro/2004/el060422.htm>>
- [2] *Aplikace stejnosměrných motorů Informační podklady z www:*  
<<http://www.automa.cz/elektro/2003/el060321.htm>>
- [3] *Střídavé pohony ABB Informační podklady z www:*  
<<http://www.automa.cz/elektro/2002/el060224.htm>>
- [4] *Siemens. Informační podklady k produktům Siemens. Dostupné z www:*
- [5] :<URL:<http://www.siemens.com>>
- [6] Skalický, J., 2001, *Elektrické servopohony*. 86s, Brno: VUT, 2. vydání, ISBN 80-214-1978-4
- [7] Formánek, I. 1995. *Identifikace a modelování elektromechanického pohonu se stejnosměrným motorem s cizím buzením*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU, 1995, 50 s, ISBN 80-7078-295-1
- [8] Pokluda, R. 1994. *Počítačový model vícepohonových soustav s aplikací na pohony válcovacích tratí*. Diplomová práce VŠB-TU 1994, 70 s, vedoucí P. Noskiewič.

---

Ing. Aleš Galuška

Email: [ales.galuska.fs@vsb.cz](mailto:ales.galuska.fs@vsb.cz)

Tel.: 608 / 230 460