

# SIMULACE VAZEB MEZI VÁLCOVACÍMI STOLICEMI

Ing. Aleš Galuška

VŠB-TU Ostrava

## Abstract

Tento příspěvek se zabývá simulací vazeb mezi válcovacími stolicemi. Vycházejme ze tří vazeb, kde uvažujeme tyto:

kombinace vazby pružné a plastické,

vazba pružná,

kombinace vynucené smyčky a plastické vazby.

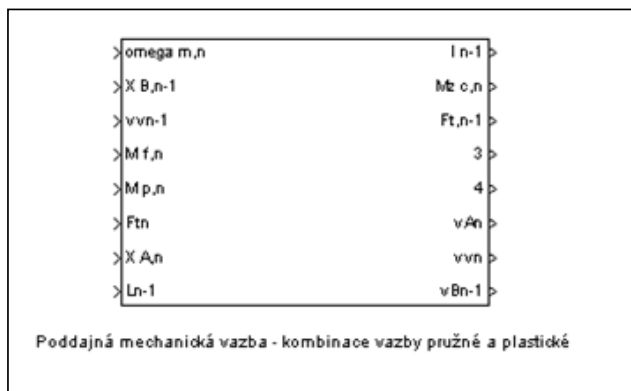
Model obsahuje prvky pohonu, vazeb a simuluje procházející materiál. Tato simulace se provádí v simulačním programu Matlab / Simulink. Hlavní náplní tohoto simulačního modelu je možnost vytvoření válcovací tratě z několika vazeb mezi jednotlivými stolicemi. Takto vytvořenou válcovací trať, bude možno jednoduchým způsobem rozšiřovat a nebo naopak jí odebírat jednotlivé válcovací stolice.

## 1 Matematický model

Matematický model, který budeme vytvářet bude obsahovat tři vazby:

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

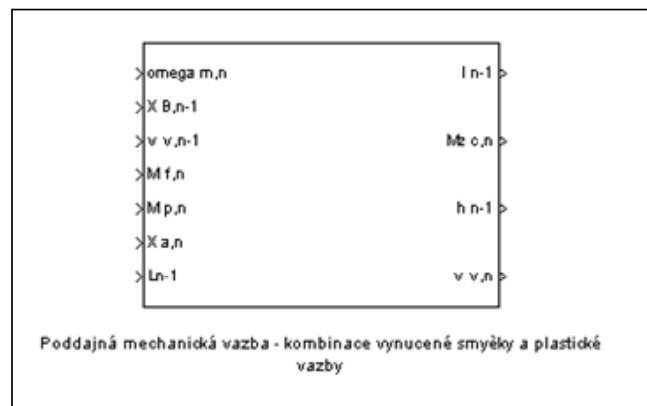
Jsou vytvořeny tři makro modely (Obr.č. 1, Obr.č. 2 a Obr.č. 3), které je možné mezi sebou navzájem zapojovat, jako vazby mezi jednotlivými stolicemi, které se kombinují při reálném válcování materiálu.



Obr.č. 1 Kombinace vazby pružné a plastické

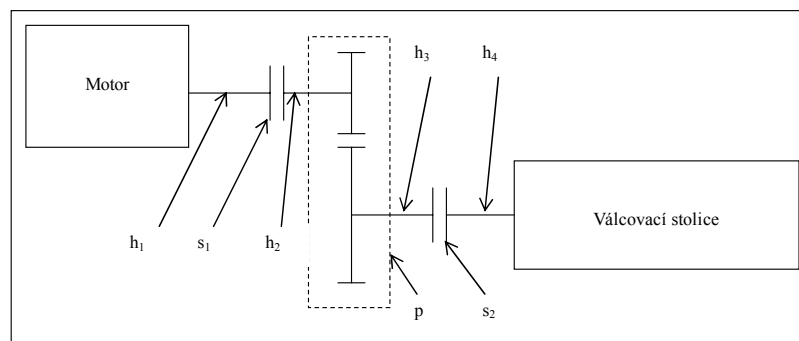


Obr.č. 2 Vazba pružná



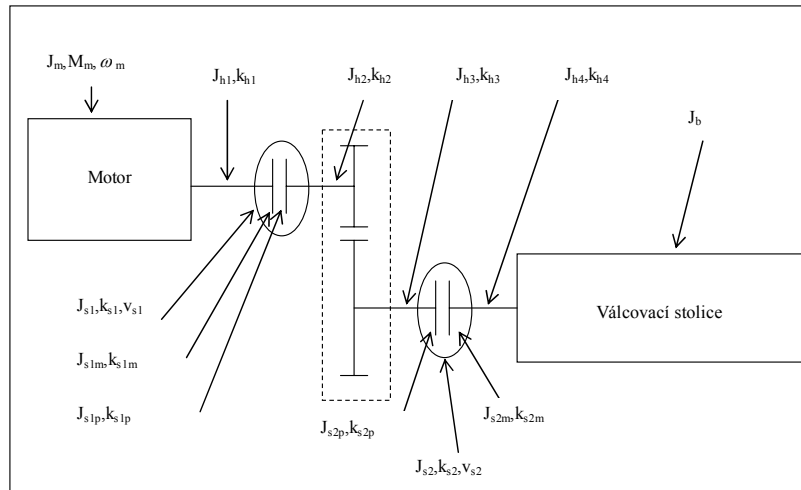
Obr.č. 3 Kombinace vynucené smyčky a plastické vazby

Jednotlivé vazby musí být připojeny k modelu pohonu, který si nyní popíšeme. Ten bude obsahovat motor, hřídel, spojku a hřídel (Obr.č. 4).



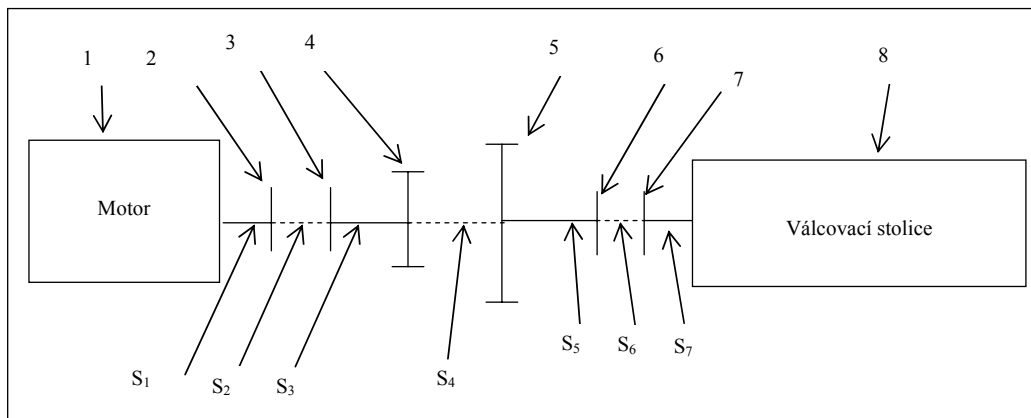
Obr.č. 4 Schéma válcovací stolice

Jednotlivé momenty setrvačnosti vidíme na Obr.č. 5.



Obr.č. 5 Schéma válcovací stolice s označenými parametry

Rovnice momentů setrvačnosti jsou popsány dle Obr.č. 6.



Obr.č. 6 Očíslování jednotlivých komponentů

Definice konstrukčních parametrů

$$J_{s1} = J_{s1} + J_{s1p}$$

$$J_{s2} = J_{s2p} + J_{s1b}$$

### Definice jednotlivých dílů

$$1 \quad J_1 = J_m + 0,5J_{h1}$$

$$2 \quad J_2 = 0,5J_{h1} + 0,5J_{s1}$$

$$3 \quad J_3 = 0,5J_{s1} + 0,5J_{h2}$$

$$4 \quad J_4 = J_{pA} + 0,5J_{h2}$$

$$5 \quad J_5 = \frac{(J_{pB} + 0,5J_{h3})}{i^2}$$

$$6 \quad J_6 = \frac{(0,5J_{s2} + 0,5J_{h3})}{i^2}$$

$$7 \quad J_7 = \frac{(0,5J_{s2} + 0,5J_{h4})}{i^2}$$

$$8 \quad J_8 = \frac{(J_b + 0,5J_{h4})}{i^2}$$

### Definice jednotlivých spojení

$$S_1 - k_1 = k_{h1} \quad d_{1,2}$$

$$S_2 - k_2 = k_{s1} \quad d_{2,3} \quad v_2 = v_{s1}$$

$$S_3 - k_3 = k_{h1} \quad d_{3,4}$$

$$S_4 - k_4 = k_p \quad d_{4,5} \quad v_4 = v_p$$

$$S_5 - k_5 = \frac{k_{h3}}{i^2} \quad d_{5,6}$$

$$S_6 - k_6 = \frac{k_{s2}}{i^2} \quad d_{6,7} \quad v_6 = i \cdot v_{s2}$$

$$S_7 - k_7 = \frac{k_{h4}}{i^2} \quad d_{7,8}$$

Zjednodušení matematického modelu. Uvažujme následující krok, který výsledně zjednoduší celý model.

$$J_{s1} \ll J_m, J_p, J_b$$

$$J_{s2} \ll J_m, J_p, J_b$$

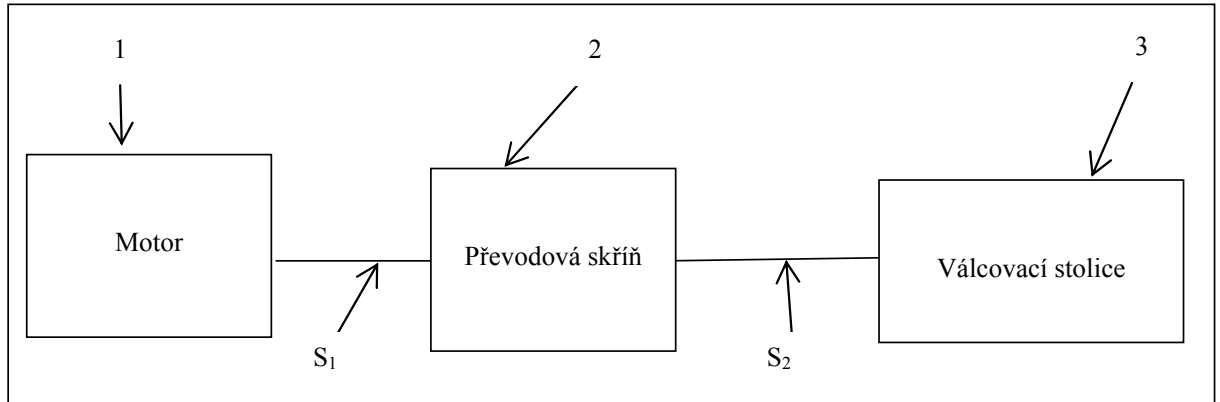
$$v_2 = v_4 = v_6 = 0$$

$$k_1 = k_3$$

$$k_5 = k_7$$

$$k_2 = k_4 = k_6 = \infty$$

Dle daných zjednodušení bude schéma matematického modelu vypadat takto.



Obr.č. 7 Zjednodušené schéma

1 $J_{11}=J_m$	$d_{11}=0$
2 $J_{12}=J_p$	$d_{12}=0$
3 $J_{13}=J_b$	$d_{13}=0$
S1 $k_{11}=k_1=k_3$	$d_{11,12} \neq 0$
S2 $k_{12}=k_5=k_7$	$d_{12,13}=0$

Pohybové rovnice

$$J_m \frac{d\omega_m(t)}{dt} = M_m(t) - M_{mp}(t) - d_m \omega_m(t)$$

$$M_{mp}(t) = k_{mp} \int_0^t [\omega_m(\tau) - \omega_p(\tau)] d\tau + d_{mp} [\omega_m(t) - \omega_p(t)]$$

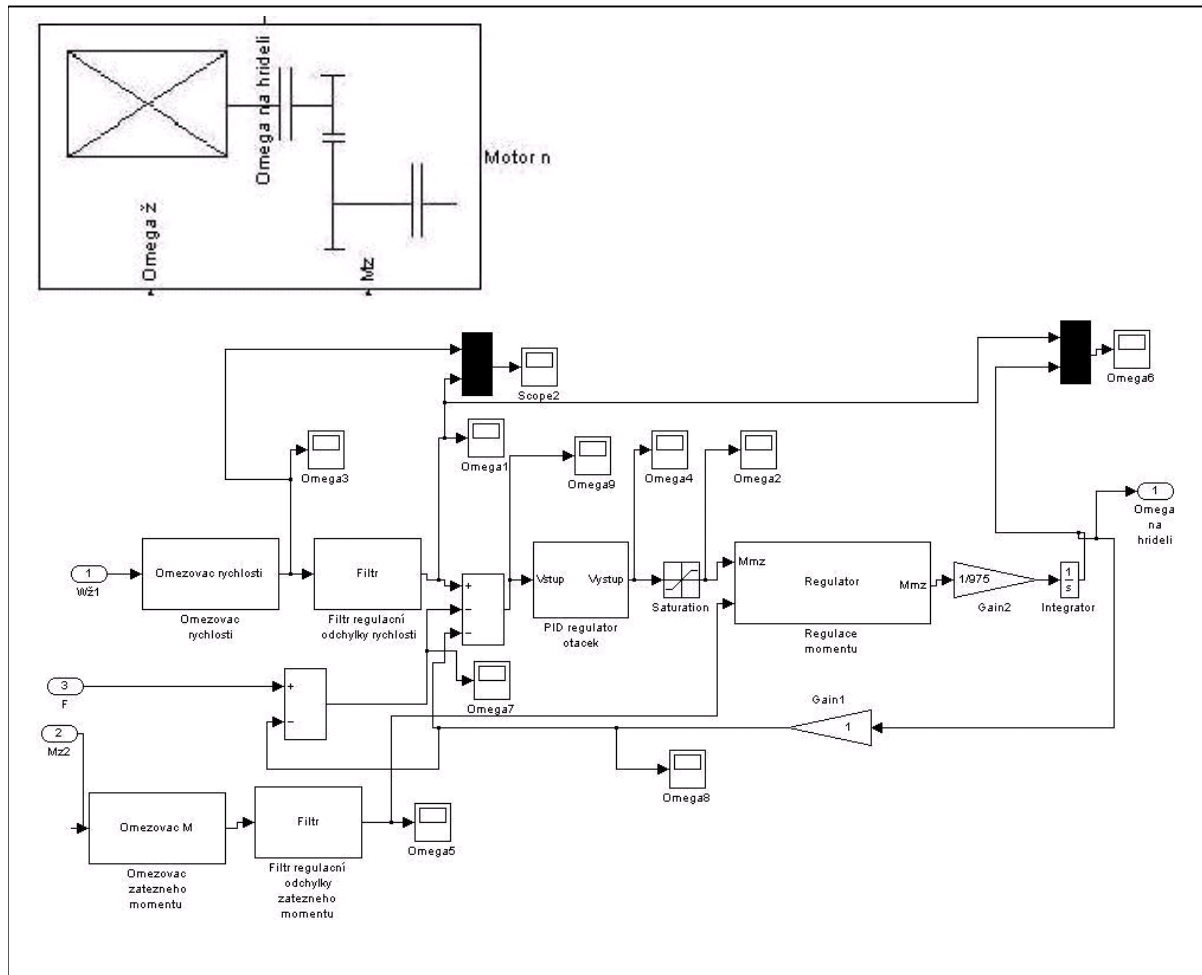
$$J_p \frac{d\omega(t)}{dt} = M_{mp}(t) - M_{pb}(t) - d_p \omega_p(t)$$

$$M_{pb}(t) = k_p \int_0^t [\omega_p(\tau) - \omega_b(\tau)] d\tau + d_p [\omega_p(t) - \omega_b(t)]$$

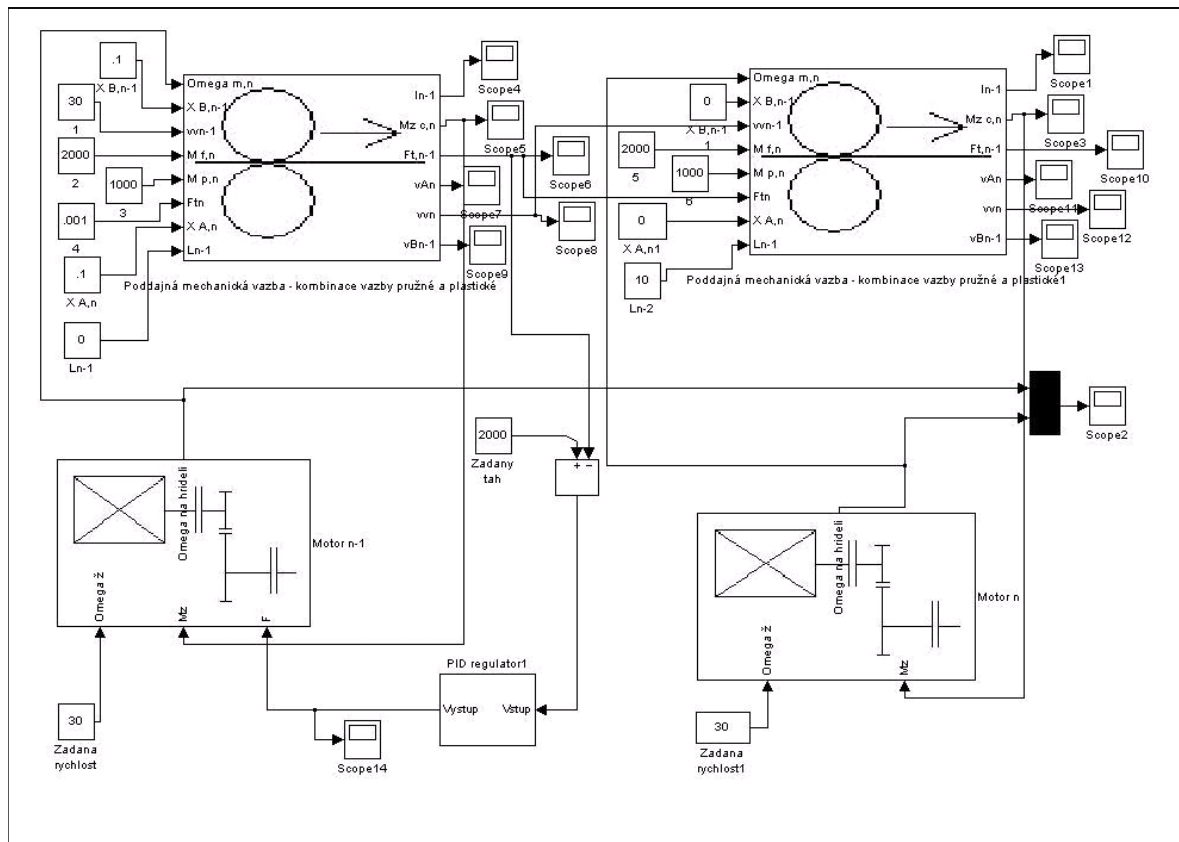
$$J_b \frac{d\omega_b(t)}{dt} = M_{pb}(t) - M_z(t) - d_b \omega_b(t)$$

Kompletní matematický popis modelu nebude uveden, z důvodu rozsáhlosti.

Model pohonu je zakreslen na obr. č 8. Makro modely vazeb a pohonů se mohou následovně libovolným způsobem kombinovat (viz. obr.č 9).



Obr.č. 8 Model pohonu válcovací tratě vytvořený v programu Matlab/Simulink

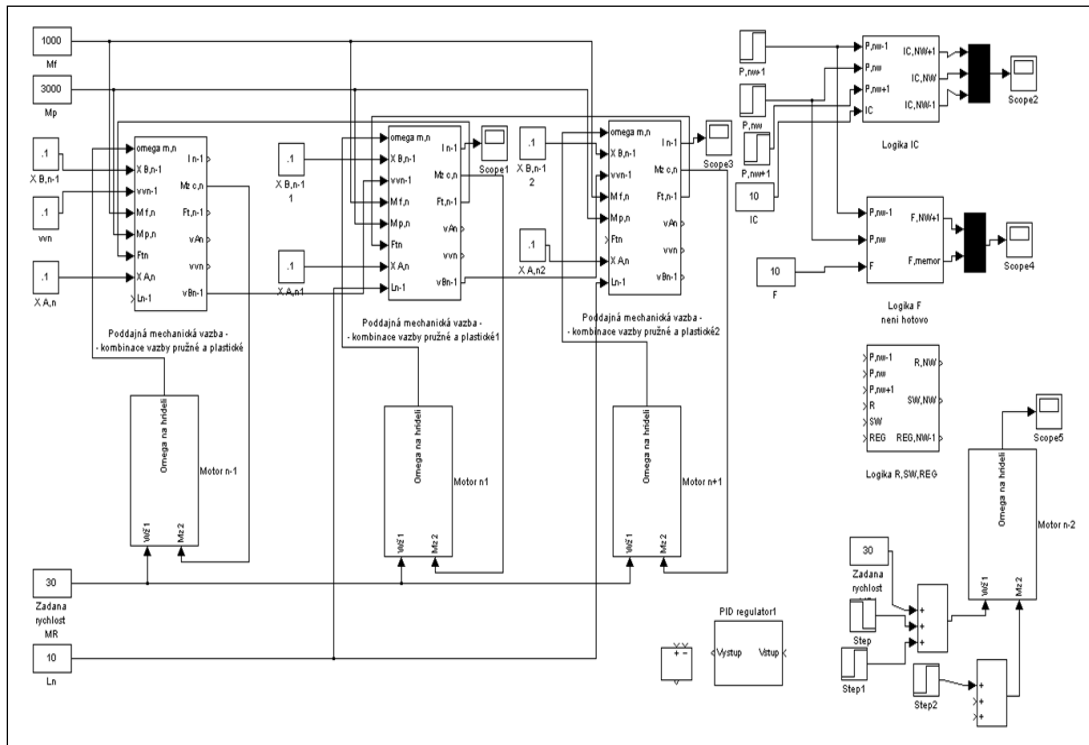


Obr.č. 9 Vytvoření vazeb mezi pohony, pomocí makro modelů

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

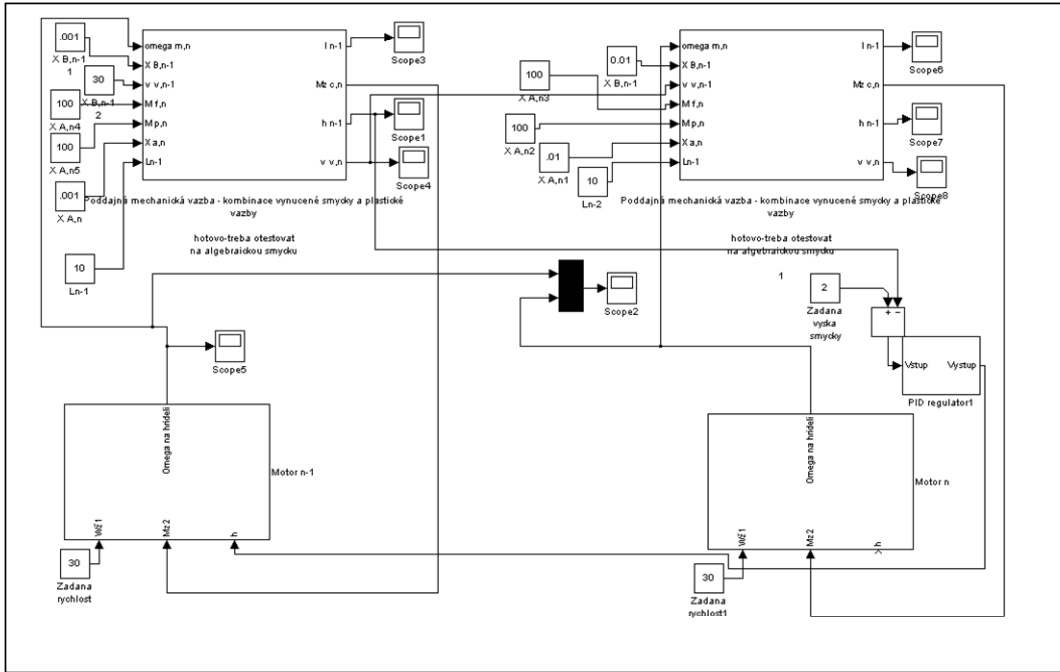
Takto vytvořený model skýtá další možnosti simulace, jako je např. použití různých regulátorů.

Ukázka použití všech třech vazeb je vidět na následujících obrázcích. Kombinace vazby pružné a plastické obr.č. 10, kombinace vynucené smyčky a plastické vazby obr.č. 11, vazba pružná obr.č. 12. Je vidět, že jednotlivé komponenty modelu se dají jednoduše kopírovat a následně tak zvětšovat počet válcovacích stolic. Simulace procházejícího materiálu se dá sledovat v podobě grafů.

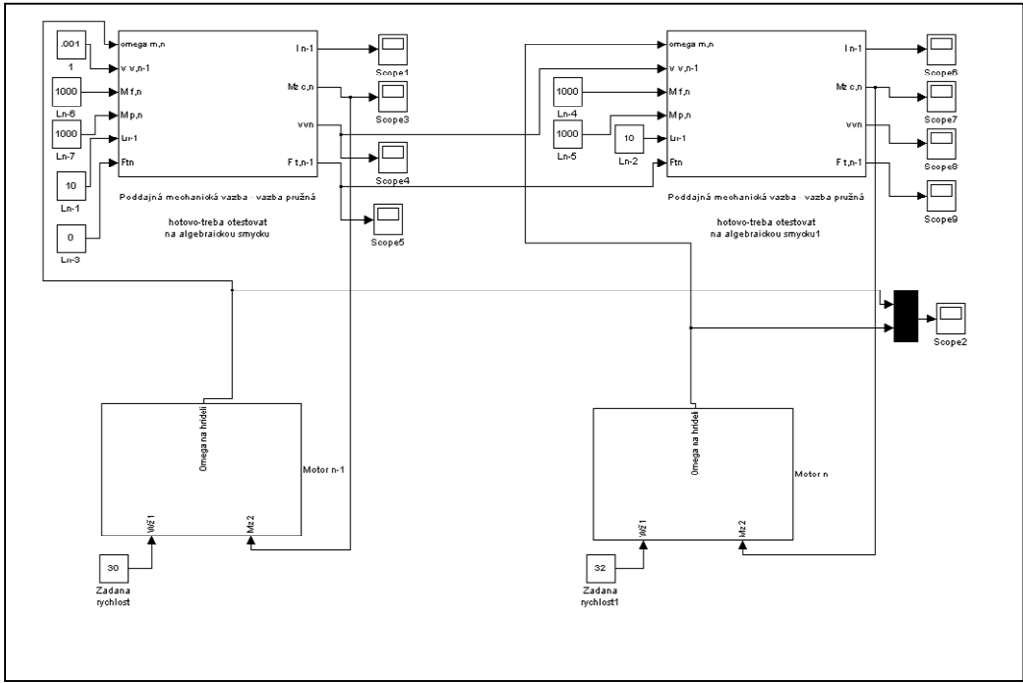


Obr.č. 10 Kombinace vazby pružné a plastické





Obr.č. 11 Kombinace vynucené smyčky a plastické vazby



Obr.č. 12 Vazba pružná

## 2 Závěr

V prostředí Matlab – Simulink 6.5 jsem vytvořil matematický model řízení pohonu válcovací tratě. Je vytvořen model pohonu válcovací tratě v programu Matlab/Simulink. Byly vytvořeny vazby mezi pohony, pomocí makro modelů.

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] Krejčířík, A., 2001, *DC/DC měniče*. 112s, Praha: BEN, 1.vydání, ISBN 80-7300-045-8
- [2] Bose, B. K., 2002 *Modern Power Electronics and AC Drivers*. Prentice-Hall PTR, 711 s, ISBN 0-13-016743-6
- [3] *Aplikace stejnosměrných motorů* Informační podklady z www: <<http://www.automa.cz/elektro/2003/el060321.htm>>
- [4] *Střídavé pohony ABB* Informační podklady z www: <<http://www.automa.cz/elektro/2002/el060224.htm>>
- [5] 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
- [6] Brandštetter, P. 1999 *Střídavé regulační pohony – moderní způsoby řízení VŠB-TU 1999*, 181 s

---

Ing. Aleš Galuška

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

Tel.: 608 / 230 460