

Porovnání matematických modelů hydraulického pohonu

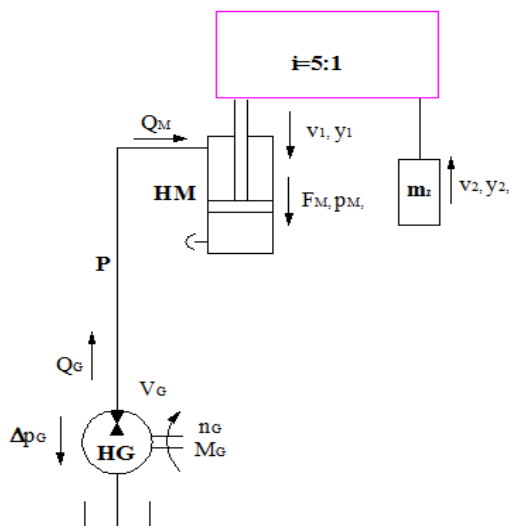
Radim Řepka¹, Milada Kozubková²

¹ Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení 17. listopadu 15/2172, 70833, Ostrava Poruba, radim.repka@vsb.cz

² Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení 17. listopadu 15/2172, 70833, Ostrava Poruba, milada.kozubkova@vsb.cz

Abstrakt V příspěvku se zabývám návrhem hydraulického pohonu zvedacího zařízení tzv. bodového tahu a vytvořením jeho matematického modelu, převedením matematického modelu do podoby simulačního modelu v prostředí MATLAB – Simulink a MATLAB SimHydraulics. Výsledkem je porovnání obou variant výpočtu a zhodnocení rozdílů v zadávání.

1 Úvod



Obr. 1 Schéma hydraulického obvodu

HM – *hydromotor*, HG – *hydrogenerátor-motor*, P – *vedení*, m_z – *hmotná zátěž na laně*, V_G – *geometrický objem hydrogenerátoru*, n_G – *otáčky hydrogenerátoru*, M_G – *moment na hřídeli hydrogenerátoru*, Q_G – *průtok hydrogenerátoru*, Q_M – *průtok do hydromotoru*, F_M – *síla na píst od tlaku kapaliny*, p_M – *tlak v prostoru nad pístem*, y_1, v_1 – *poloha a rychlost pístnice*, y_2, v_2 – *poloha a rychlost konce lana s hmotnou zátěží*, i – *převod kladkostroje*

Předmětem příspěvku je vytvoření matematického modelu dynamického chování hydraulického obvodu lineárního hydropohonu zvedacího zařízení, tzv. bodového tahu **Obr. 1**. [1]. Následuje převedení matematického modelu do formy simulačního modelu v prostředí MATLAB – Simulink a SimHydraulics, provedení počítačových simulací vybraných provozních stavů a porovnání obou variant. Zvedání a spouštění zátěže je provedeno pomocí lana, upevněného přes kladkostroj s převodovým poměrem $i = 5:1$, k pístnici přímočarého hydromotoru HM. Hydromotor je napojen na zdroj průtoku, kterým je hydrogenerátor HG. Rychlost vysouvání a zasouvání pístnice hydromotoru je řízena změnou otáček hydrogenerátoru HG asynchronním elektromotorem s frekvenčním měničem. Předmětem modelování je zde pouze hydraulický pohon s hmotnou zátěží pro zasouvání pístnice, tzn. zvedání zátěže.

2 Návrh hydraulického obvodu

Návrh hydraulického pohonu byl řešen v následujících krocích. Ze zadané hmotnosti zátěže $m_z = 400$ kg byla spočítána redukovaná hmotnost m_R z rovnosti kinetických energií, byla určena síla $F_M = 19600$ N, na pístnici hydromotorů HM a na základě spočítaného pracovního tlaku byl

navržen hydromotor o rozměrech $\varnothing D/\varnothing d$ – zdvih $h = \varnothing 63/\varnothing 45 - 600$ mm. Zadána byla i rychlost vysouvání pístnice v_p , pro kterou byl spočítán průtok do hydromotoru $Q_{G,S} = 4,386 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, dle kterého byl navržen hydrogenerátor HG s geometrickým objemem $V_G = 16 \text{ cm}^3$ a spočítány potřebné otáčky hydrogenerátoru n_G . Dále bylo ještě navrženo přívodní vedení délky $l = 2$ m a průměru $d = 10$ mm. Pro takto navržený obvod lze vypočítat ustálené hodnoty vybraných parametrů, např. průtokových ztrát, momentu, tlakového spádu, rychlosti vysouvání pístnice atd.

3 Tvorba matematického modelu

Pro zjištění dynamických vlastností je potřeba vytvořit matematický model. Jedna z variant je sestavení takového modelu z ideálních hydraulických odporů, tj. odporu proti pohybu kapaliny R , odporu proti zrychlení H a odporu proti deformaci D , případně jejich reciprokových hodnot, tj. propustnosti $G = 1/R$ a kapacity $C = 1/D$. [3]

Pro první náhled na chování obvodu byl sestaven lineární model obvodu, který sestává z modelu hydrogenerátoru, hydraulického vedení, přímočarého jednočinného hydromotoru a hmotné zátěže. Model potrubí zohledňuje pouze kapacitu potrubí C_P , model hydromotoru vnitřní odpor hydromotoru R_{VM} , vnitřní propustnost hydromotoru G_M , hmotnost zátěže (odpor H_M) a stlačitelnost kapaliny v hydromotoru (kapacitu C_M), model hydrogenerátoru vnitřní propustnost hydrogenerátoru G_G . Kapacity vedení se sčítají s kapacitami hydromotorů. Východiskem pro matematický popis bylo náhradní odporové schéma. [1]

Druhá možnost tvorby simulačního modelu je simulace v prostředí MATLAB – SimHydraulics, kde není potřeba odvozovat diferenciální rovnice a tvořit náhradní odporové schéma. Využívá se přímé definice hydraulických prvků, přitom parametry daných prvků se zadávají přímo do masky daného bloku. Tyto parametry lze získat z katalogů prvků nebo z výpočtu při návrhu pohonu.

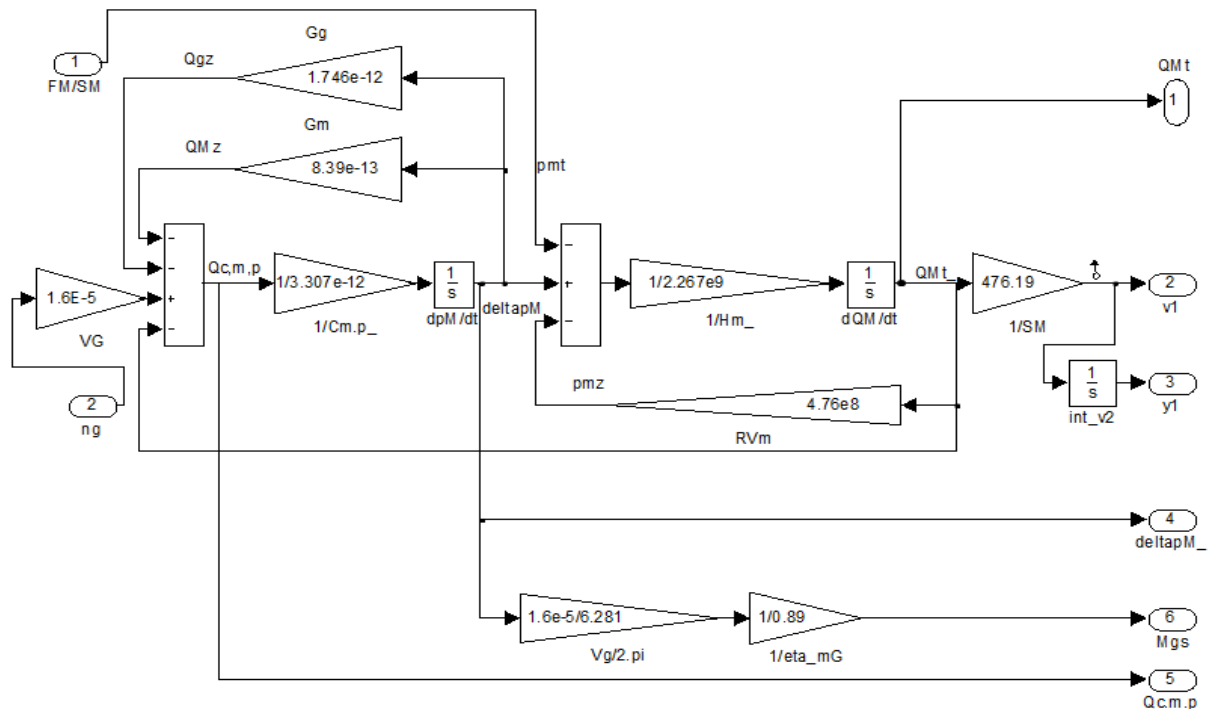
3.1 Model v MATLAB - Simulink

Tento model je vytvořen z odvozených diferenciálních a algebraických rovnic dle náhradního odporového schématu. Model je doplněn o vypočtené hodnoty odporů, které uvažujeme lineární. Vstupními veličinami jsou otáčky n_G a síla F_M . Výstupní veličiny lze sledovat přidáním okna "scope" k žádané veličině. Výhodou je přehlednost Simulinku a díky používání makromodelů lze vytvořit přehlednou hierarchickou strukturu i složitějšího systému. Takto připravená struktura se poměrně dobře odlaďuje postupně od nejnižších subsystémů k vyšším. Model lze poměrně snadno upravovat změnou parametrů bloků nebo doplněním dalších částí.

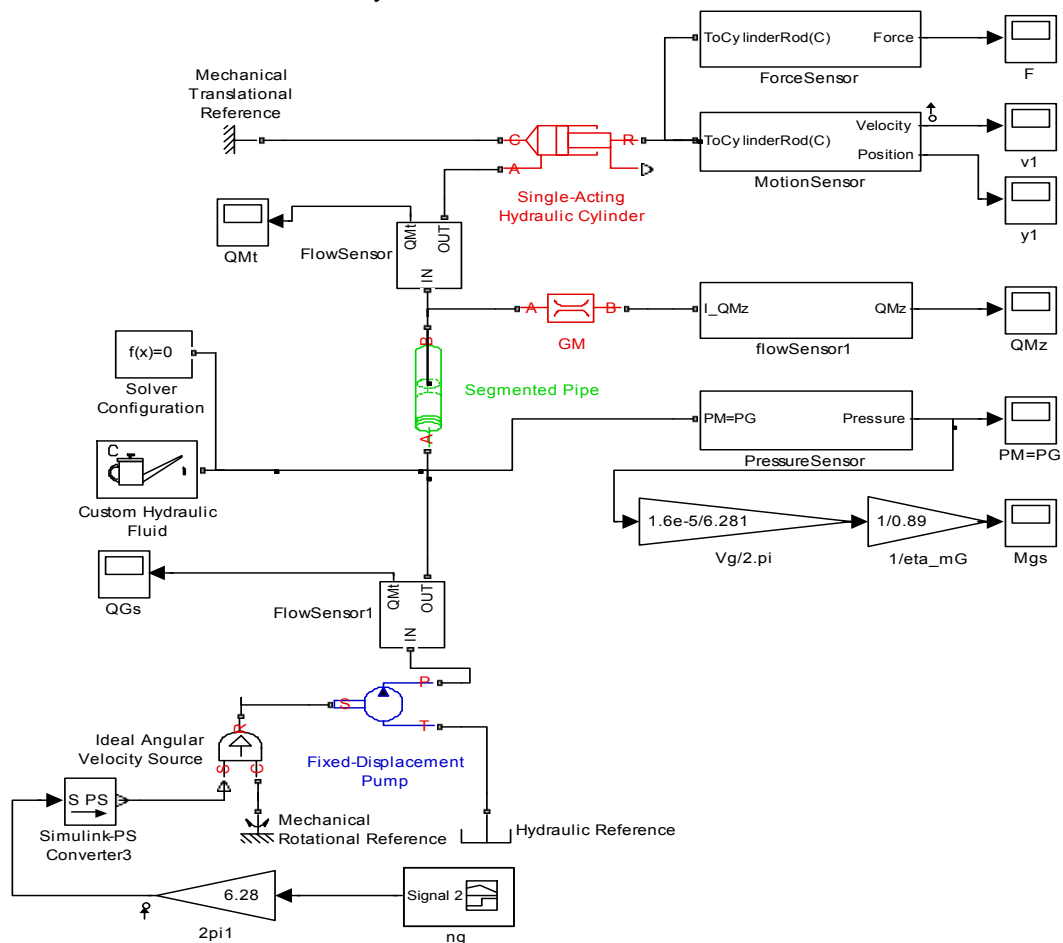
3.2 Model v MATLAB - SimHydraulics

V programu MATLAB – SimHydraulics byl sestaven navržený hydraulický obvod **Obr. 3.** z předdefinovaných prvků knihoven, který rovněž odpovídá modelu v MATLAB – Simulink. Blok hydromotoru je popsán stejnými rovnicemi jako v matematickém modelu **Obr. 2.** parametry hydromotoru jsou zadávány přímo v tomto bloku, odpor proti pohybu je zde definován tlumením b , které se zadává do bloku „Damping“ a činnou plochou pístnice S . Odpor proti zrychlení vychází se zadané zátěže [2]. Blok neuvažuje propustnost, ta je zadána paralelně připojeným odporem G_M . Můžeme tedy říct, že bloku hydromotoru v SimHydraulics odpovídá popis hydromotoru na odporovém schématu. Vedení je definováno blokem „Segmented Pipeline“ kde je zadán průměr a délka potrubí, což nahrazuje odpor proti pohybu, indukčnost a kapacitu. Vlastnosti kapaliny jsou zadány v bloku „Custom Fluid“. Model hydrogenerátoru je dán blokem „Fixed Displacement

Pump“ geometrickým objemem, pracovním tlakem a ztráty jsou určeny průtokovou a celkovou účinností dle katalogových hodnot závislých na pracovním tlaku.



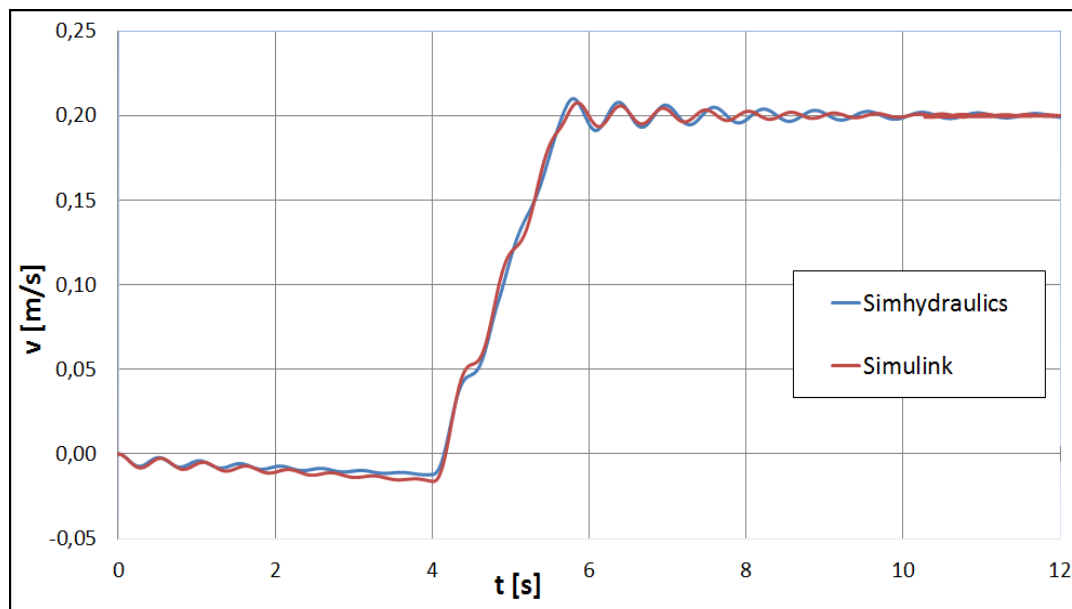
Obr. 2 Model hydraulického obvodu v MATLAB - Simulink



Obr. 3 Model hydraulického pohonu v SimHydraulics

4 Porovnání výsledků

Pro simulační výpočet byla použita numerická integrace s proměnným časovým krokem podle Runge - Kutta 5. řádu, minimální časový krok byl zvolen 0,00001 s, maximální krok 0,01 s, přesnost výpočtu 0,000001. Z porovnání výstupních veličin obou případů je patrné že po dosažení stejných vstupních parametrů do modelu v MATLAB - Simulink a v SimHydraulics vycházejí, až na malé odchylky stejné výsledky viz **Obr. 4**.



Obr. 4. Porovnání rychlosti v MATLAB – Simulink a v SimHydraulics

5 Závěr

V článku je pojednáno o vytvoření matematického modelu dynamického chování hydraulického obvodu lineárního hydropohonu bodového tahu. Tento model byl porovnán dvěma způsoby v prostředí MATLAB - Simulink a MATLAB - SimHydraulics.

Z výsledků simulace vyplývá, že při modelování jednodušších obvodů lze postupovat oběma způsoby. Z hlediska praktičnosti a jednoduchosti je vhodné použít SimHydraulics s předefinovanými prvky, kde není nutno sestavovat model na základě rovnic a přepočítávat hodnoty, přitom je možné doplňovat odpory a prvky, které nejsou obsaženy v knihovně pomocí prvků ze Simulinku.

Poděkování Tento článek byl vytvořen za přispění grantu ALFA TA ČR no. TA01010705.

Literatura

- [1] PAVLOK, B., NEBORÁK, I., HRUŽÍK, L., ŘEPKA, R. *Jednoosý regulovaný pohon (RRP) bodového tahu s lineárním hydromotorem*. Výzkumná zpráva. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2011. 35 s.
- [2] ŘEPKA, R., KOZUBKOVÁ, M., *Matematické modelování dynamiky servomotoru*. 30. Setkání kateder mechaniky tekutin a termomechaniky 2011, pp. 207-210. ISBN 978-80-7372-747-5.
- [3] ŘEPKA, R., PAVLOK, B. *Matematický model hydraulického pohonu zvedací plošiny*. *Riadenie tekutinových systémov 2012*, pp 59 – 64. ISBN 978-80-970897-0-2.