

MODEL PROPORCIONÁLNÍHO TLAKOVÉHO VENTILU V PROGRAMU MATLAB-SIMULINK

Doc.Ing.Petr NOSKIEVIČ,CSc.

VŠB-TU Ostrava

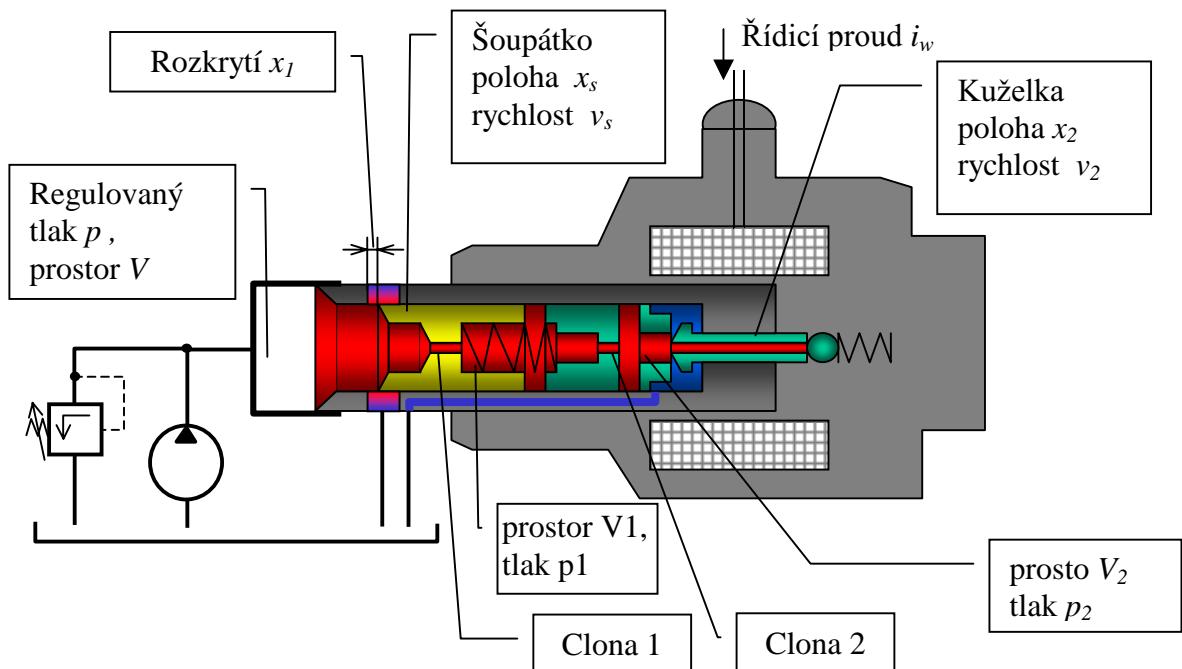
Abstract. The topic of this paper is the realisation of the mathematical model of the proportional pressure valve using the programme MATLAB – Simulink. The function of the valve is explained using the structure scheme. The basic mathematical equations that describe the static and dynamic properties of the valve are shown. The structure of the realised mathematical model is presented using the blocks of the Simulink programme. The realised model is numerically stable and allows the simulation and analysis of the dynamic behaviour of the valve, to analyse the influence of the different constructions parameters on the dynamic response of the valve. The results of the simulation are shown.

Úvod

V příspěvku je ukázána realizace simulačního modelu proporcionálního tlakového ventilu v prostředí programu MATLAB – Simulink. Po stručném popisu funkce ventilu a shrnutí základních vztahů je ukázána struktura simulačního modelu, který byl realizován v programi Simulink. Simulaci vyšetřené odezvy regulovaného tlaku a průběhy důležitých vnitřních proměnných ventilu jsou ukázány v grafické podobě. Model umožňuje analýzu dynamických vlastností ventilu.

Popis funkce ventilu

Na obr.1 je schematicky znázorněno možné konstrukční uspořádání dvoustupňového proporcionálního ventilu, jehož úkolem je ve vyznačeném prostoru V nastavit požadovanou hodnotu tlaku p v závislosti na řídicím proudu i_w . Průchodem proudu i_w cívkom vznikne síla,



Obr.1 Funkční schéma dvoustupňového proporcionálního ventilu

která tlačí kuželku do sedla. Proti elektromagnetické síle působí na kuželku výsledná hydraulická síla (součet hydrostatické a hydrodynamické složky), která má snahu kuželku otevřít. K nastavení požadovaného tlaku p dojde přestavením šoupátka do polohy, kdy velikost rozkrytí x_1 bude taková, že vzniklý hydraulický odpor bude odpovídat požadovanému tlaku. Pohyb šoupátka je určen silovou bilancí sil určených tlakem p a tlakem p_1 v prostoru V a sílu stlačené pružiny. Hydraulické odpory představované clonami 1 a 2 spolu s hydraulickým odporem představují odporový dělič, pomocí kterého můžeme změnou hydraulického odporu průtočného průřezu kuželky řídit tlak p . Výsledné dynamické i statické vlastnosti silně závisí na velikosti clon 1 a 2, velikosti kuželky, tuhosti pružiny a dalších konstrukčních rozměrech ventilu. Analýza jejich vlivu usnadní použití simulačního modelu.

Matematicko-fyzikální analýza ventilu

Soubor rovnic a vztahů popisujících proporcionalní tlakový ventil získáme na základě matematicko-fyzikální analýzy [1], pomocí které vyjádříme diferenciální rovnice pro tlaky p , p_1 a p_2

$$\dot{p} = \frac{K}{V} (Q_{HG} - Q_1 - Q - S_1 \dot{x}_1), \quad (1)$$

$$\dot{p}_1 = \frac{K}{V_1} (Q_1 - Q_{12} + S_1 \dot{x}_1) \quad , \quad (2)$$

$$\dot{p}_2 = \frac{K}{V_2} (Q_{12} - Q_2) \quad . \quad (3)$$

Průtoky přes hydraulické odpory jsou vyjádřeny nelineárními funkcemi příslušných tlaků a otevření x_1 a x_2 proměnných hydraulických odporů. U označení průtoků určují indexy prostory, mezi kterými se uvažuje průtok, a jejich pořadí označuje kladný směr. Prostor V není indexován.

$$Q_1 = Q_1(p_1, p) \quad , \quad (4)$$

$$Q = Q(x_1, p) \quad , \quad (5)$$

$$Q_{12} = Q_{12}(p_1, p_2) \quad , \quad (6)$$

$$Q_2 = Q_2(p_2, x_2) \quad . \quad (7)$$

Poloha šoupátka x_1 a kuželky x_2 se určí řešením pohybových rovnic šoupátka a kuželky

$$m_1 \ddot{x}_1 + b_1 \dot{x}_1 + k_1 x_1 = S_1 p - S_1 p_1 \quad , \quad (8)$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + b_2 \dot{x}_2 = S_2 p_2 - S_2 p_1 - F_i(x_2) + F_h \quad . \quad (9)$$

Elektromagnetická síla F_i je určena proudem i a závisí nelineárně na poloze kuželky x_2

$$F_i = F_i(i, x_2) \quad (10)$$

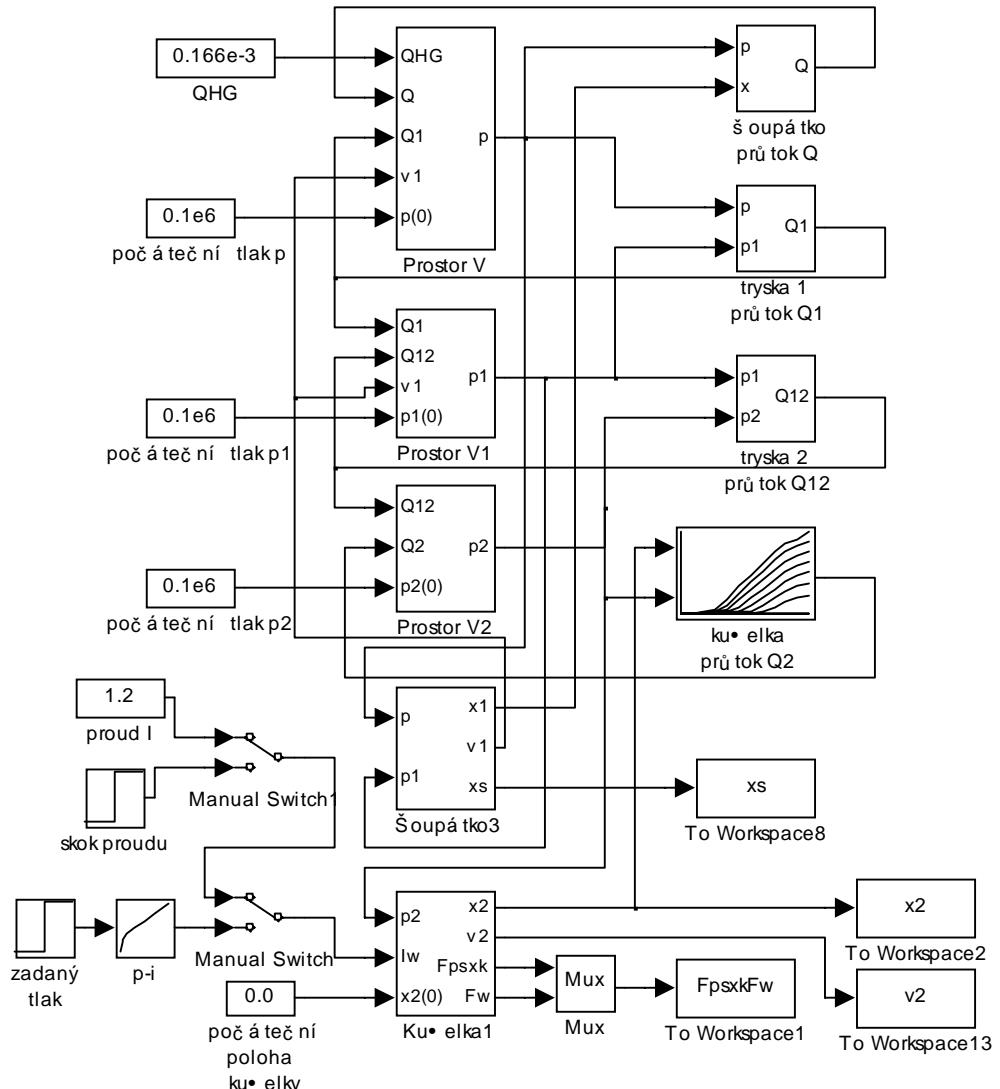
podle zadанé změřené charakteristiky. Výslednou hydraulickou sílu lze vyjádřit pomocí nelineární funkce

$$F_h = F_h(x_2) \quad , \quad (11)$$

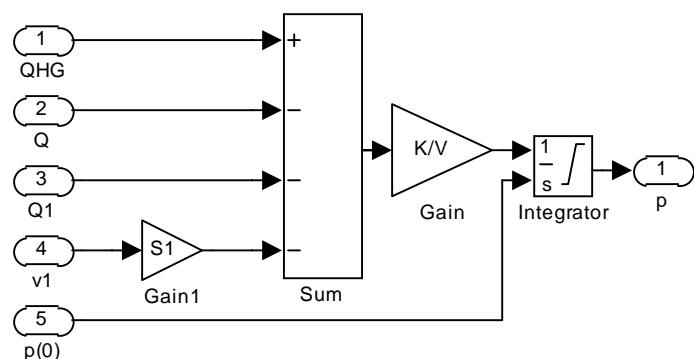
jejíž průběh byl stanoven experimentálně.

Struktura simulačního modelu

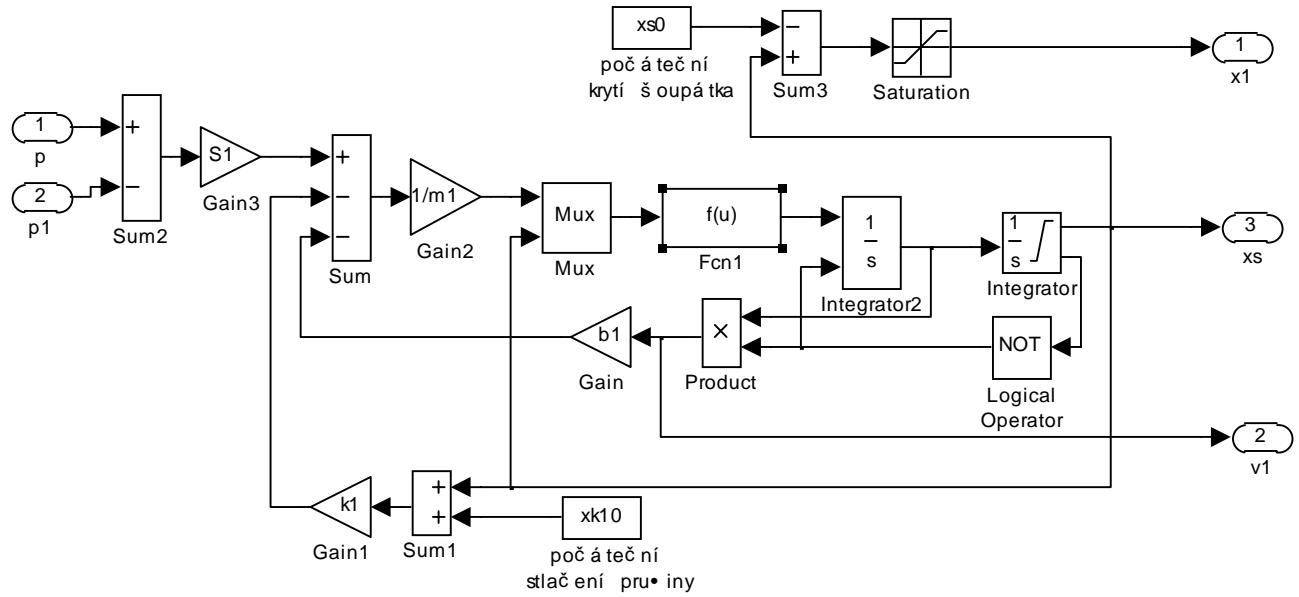
Obr.2 znázorňuje strukturu simulačního modelu, jehož submodely odpovídají realizaci diferenciálních rovnic (1), (2), (3), (8) a (9). Modelování nelineárních funkčních závislostí bylo realizováno pomocí tabulek. Obr.3 ukazuje submodel pro výpočet řízeného tlaku p v prostoru V. Obdobně se stanoví tlaky p_1 a p_2 v prostorech V_1 a V_2 .



Obr:



Obr.3 Struktura submodelu pro výpočet regulovaného tlaku p

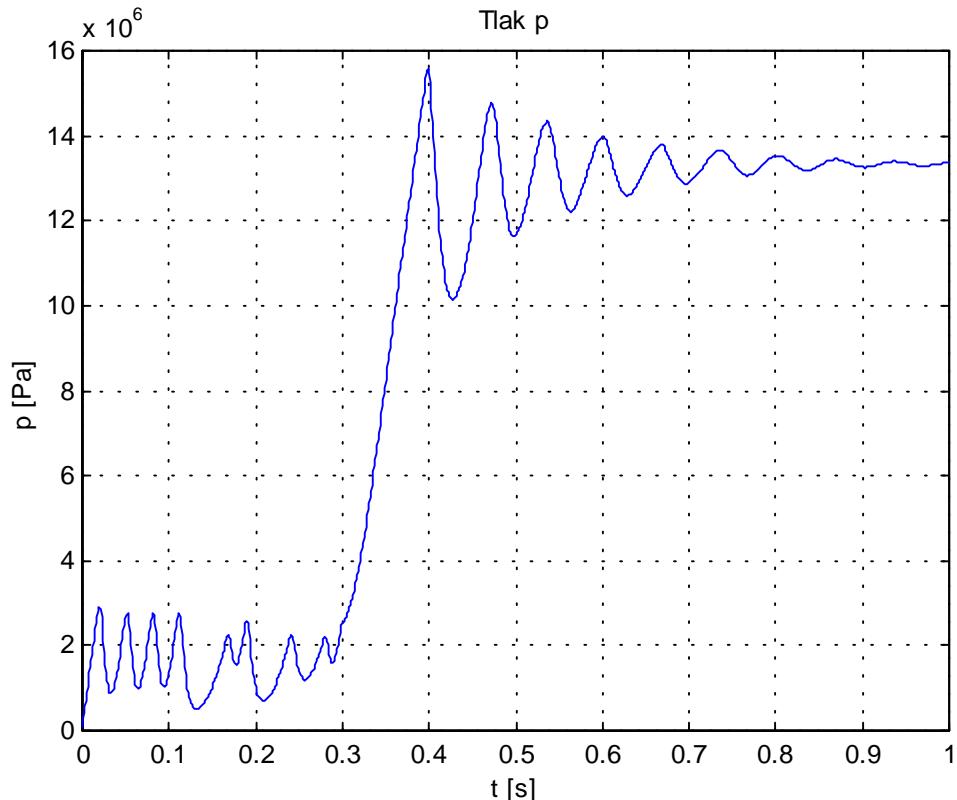


Obr.4 Submodel šoupátko ventilu

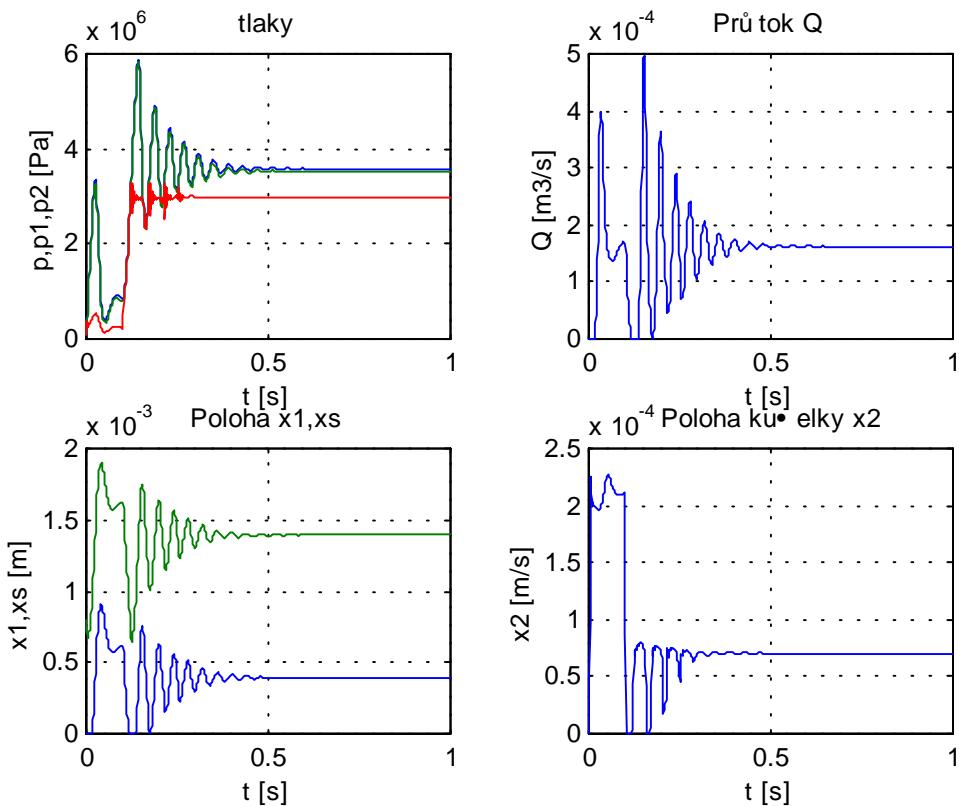
Na obr.4 je ukázána realizace pohybové rovnice šoupátko s uvažováním dorazů.

Výsledky simulace

Simulací byl vyšetřen průběh změny tlaku při změně řídicího proudu z hodnoty 0.3A na 1.2A,



Obr.5 Průběh tlaku p při skokové změně řídicího proudu z hodnoty 0.3 A na 1.2A



Obr.6 Průběhy proměnných modelu při skokové změně na hodnotu 3,7 MPa

který je zobrazen na obr.5. Obr. 6 ukazuje průběhy tlaků p , p_1 a p_2 , průtoku Q a polohy šoupátka x_s , rozkrytí x_1 a polohy kuželky x_2 při skokové změně tlaku na hodnotu cca 3,7 MPa.

Závěr

Popsaný simulační model umožňuje analýzu dynamických vlastností dvoustupňového proporcionalního tlakového ventilu. Jeho struktura využívající možnost tvorby submodelů vychází z realizace uvedených základních diferenciálních rovnic. Model respektuje existující nonlinearity ventilu. Přestože hydraulické kapacity určené tlakovými prostory V, V1 a V2 jsou velmi malé a model lze charakterizovat jako tuhý systém, získalo se numericky stabilní řešení. Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného zámeru CEZ:J17/98:272300011 "Modelování, simulace a řízení složitých dynamických systémů výrobně-dopravních komplexů".

Literatura

- [1] NOSKIEVIČ, P. Modelování a identifikace systémů. 1. vyd. Ostrava : MONTANEX, a. s., 1999. 276 s. ISBN 80-7225-030-2.
- [2] PIVOŇKA,J.- a kolektiv: Tekutinové mechanismy.SNTL,Praha, 1987.
- [3] IHRING,J.: Projektovanie hydraulických a pneumatických obvodov. ALFA/SNTL, Bratislava, 1979.

Doc.Ing.Petr Noskiewič,CSc.

069/699 4202

petr.noskiewic@vsb.cz

Katedra automatizační techniky a řízení

Fakulta strojní, VŠB-TU Ostrava

17.listopadu 15

708 33 Ostrava - Poruba