

Two valves control of hydraulic drive at I/O dSPACE simulator system Dvouventilové řízení hydraulického pohonu v prostředí I/O simulátorového systému dSPACE

KOŇAŘÍK, Petr¹

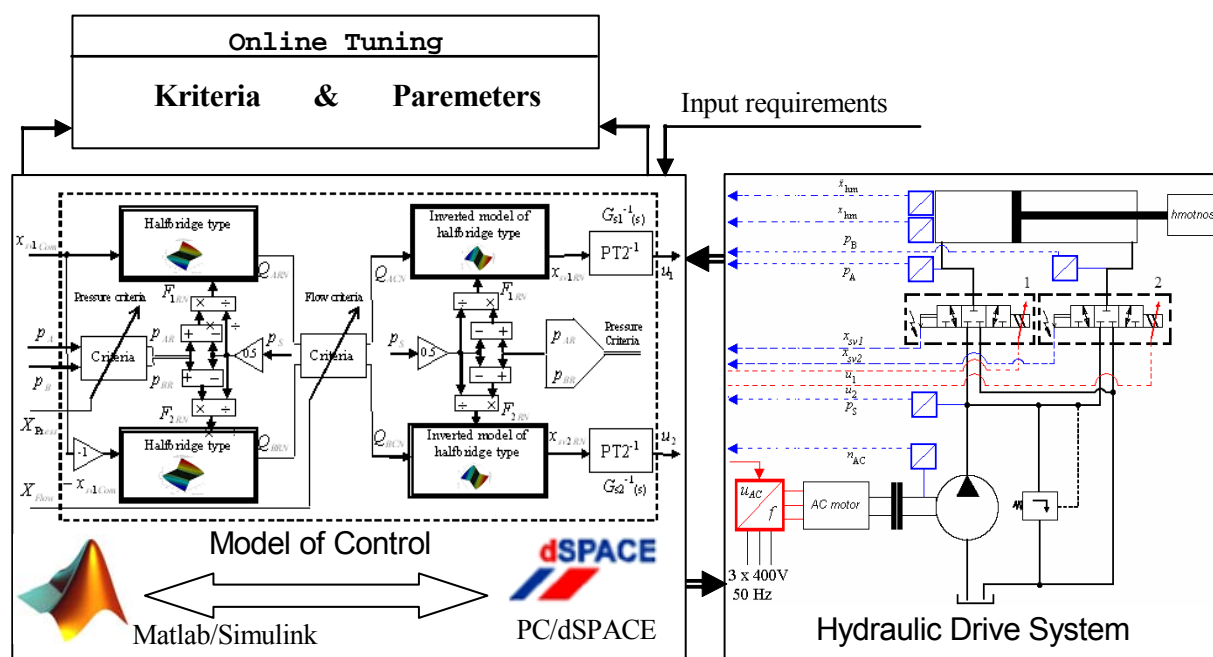
¹ Ing., ✉ Katedra ATR-352, VŠB-TU Ostrava, 17. listopadu, Ostrava - Poruba, 708 33

✉ konarik.petr@post.cz

Abstract

Paper deal with simulation and verification of control concept of hydraulic drive in simulator and I/O real-time measuring dSPACE system. One edge valves or two edges valves, their combinations, and 3/3-way valves used in the paper enable controlling each chamber of hydromotor separately as independent control action members. The case of two three-position of three way valves can realize the same functions as classical three position four-way valve but with additional control degree of freedom, which could be in several cases profitable .

Hydraulic drive control concept allows bringing hydraulic circuit behaviour and its unsymmetrical static characteristics for circuit realization with one side piston of hydromotor to behaviour of hydraulic circuit with symmetrical piston of hydromotor together with respect symmetrical static characteristic.

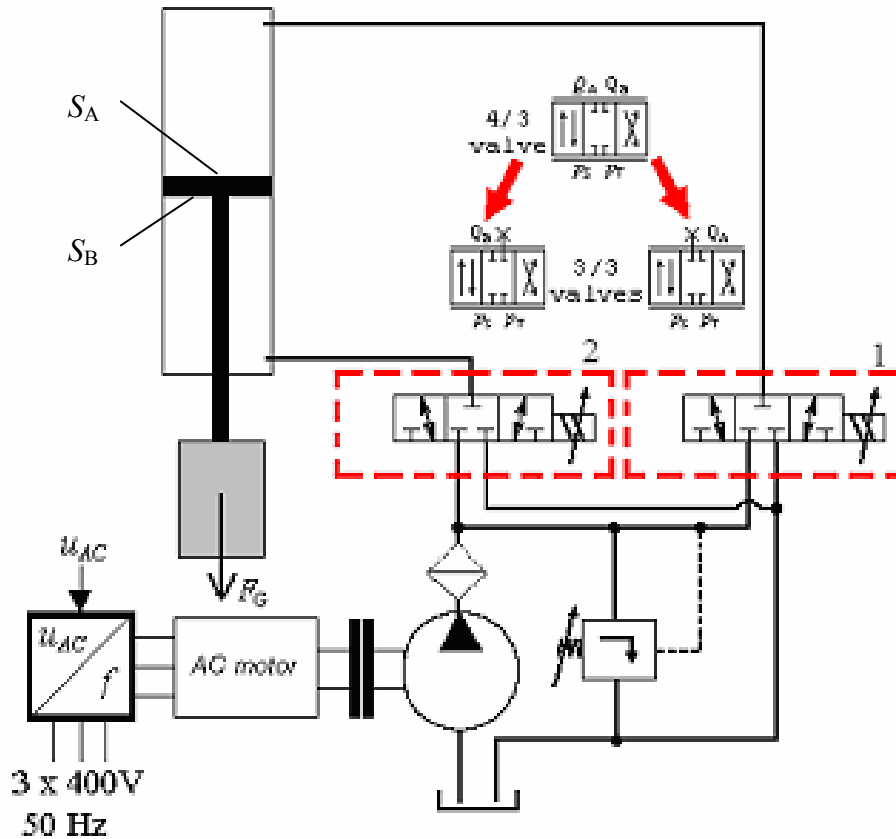


Obr. 1. Schema řízení a ladění parametrů řízení pohonu v simulatorovém systému dSPACE

ÚVOD

V současnosti je elektro-hydraulický pohon a jeho řízení obvykle tvořeno tlakovým zdrojem, čtyřcestným průtokovým servoventilem a hydromotorem s jednostrannou pístnicí, což někdy vede k neočekávaným problémům v podobě nesplněných požadavků řízení. Jedním z příkladů je udržování polohy pístnice pro případ, kdy je hydromotor umístěn ve vertikální poloze a na pístnici je požadována nulová působící síla. Klasický čtyřcestný ventil v tomto

případě nemůže být efektivně užity, aniž by si řešení nevyžádalo větší pořizovací náklady do systémových částí. Navíc může nastat několik nežádoucích případů jako jsou kavitační efekty, nízké tlumení hydromotoru nebo ne zcela přesné dosahování polohy pístnice. Kavitační efekty mohou nastat např. v případech, kdy je vyžadována vysoká rychlost spouštění pístnice. K prevenci dalších instalačních nákladů do tlakového zdroje nebo většího hydromotoru či nesymetrického ventilu atd. je dále prezentována jedna s vhodných řídicích koncepcí a uspořádání hydraulického obvodu pohonu se dvěma samostatně řízenými komorami hydromotoru [Koňářik P., 2006].



Obr. 2 Řídicí koncepce pro vertikálně umístěný hydromotor, zatížený velkou tahovou silou

Výhoda uspořádání hydraulického pohonu na Obr.2 plyne z rovnice (1) pro maximální tahové zatížení pístnice

$$F_{\max} = \frac{\beta^2}{\alpha^2} \cdot S_B \cdot p_s, \quad (1)$$

kde $\alpha = \frac{S_A}{S_B}$ = poměr činných ploch pístnice

$\beta = \frac{S_{VA}}{S_{VB}}$ = poměr průtočných průřezů do komor hydromotoru

p_s = systémový tlak

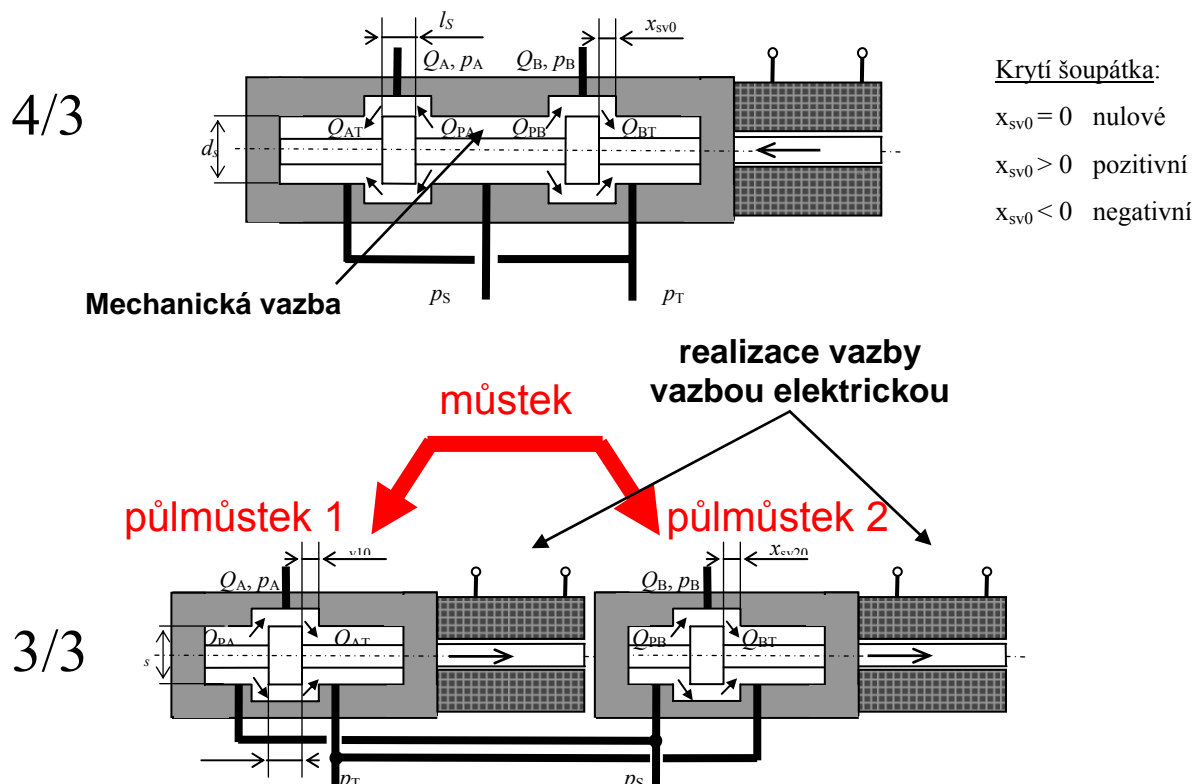
S_B = plocha B na pístnici hydromotoru

Z rovnice je zřejmé, že dosažení maximální tahové síly je možné dosáhnout buďto zvýšením systémového tlaku, což zvyšuje energetickou náročnost pohonu, zvětšení plochy

mezikruží, což vede na použití většího hydromotoru nebo použití řídicího ventilu s nestejnými průřechy, kde platí $\alpha \rightarrow \beta$ a nebo použít k řízení dvou řídicích ventilů viz Obr.2.

1. VENTILOVÉ REALIZACE HYDRAULICKÝCH MŮSTKŮ A PŮLMŮSTKŮ

K realizaci řízení hydraulického pohonu pomocí dvou ventilů na Obr.2 je potřeba mít dva třicestné, třístavové řídicí ventily – 3/3, jejich realizaci není standardně možno zajistit a proto je možné použít dvou čtyřcestných, třístavových řídicích ventilů 4/3, přičemž vždy jedna z jejich komor bude zaslepena, viz Obr.2.



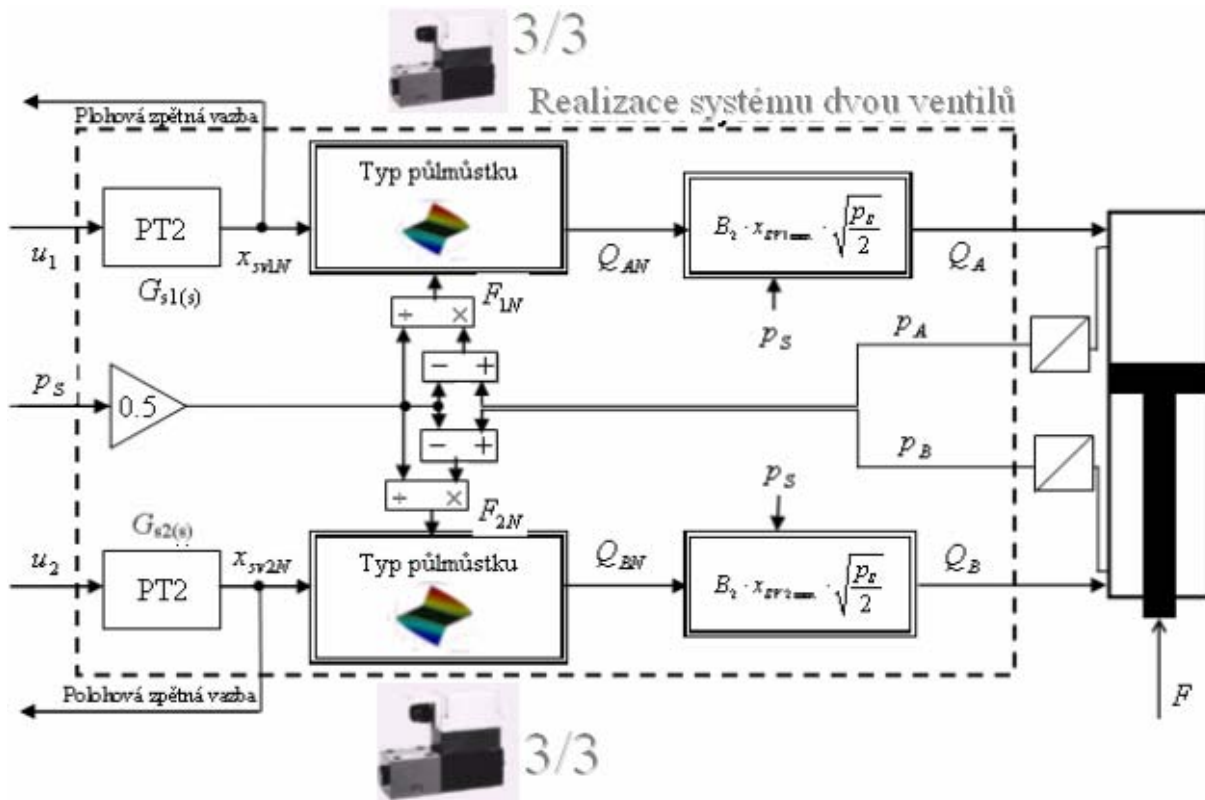
Obr. 3 Realizace rozdělení hydraulického můstku - čtyřcestného ventilu na hydraulické půlmůstky - dva třicestné ventily a náhrada mechanické vazby vazbou elektrickou

Obr 3. ukazuje rozdělení tzv. hydraulického můstku, reprezentovaného čtyřcestným, třístavovým ventilem a jeho fixní mechanické vazby mezi jednotlivými řízenými komorami hydromotoru na dva hydraulické půlmůstky, reprezentující dva třicestné třístavové ventily s vazbou elektrickou a přidavnou akční veličinou, která tak přináší jeden stupeň volnosti řízení navíc a zajišťuje tím tíženou možnost řízení každé komory hydromotoru nezávisle za účelem dosažení symetričtějších vlastností chování pístnice [Backé, 1992, Koňářik , 2004]

2. SIMULAČNÍ MODEL VENTILŮ A JEJICH ŘÍZENÍ

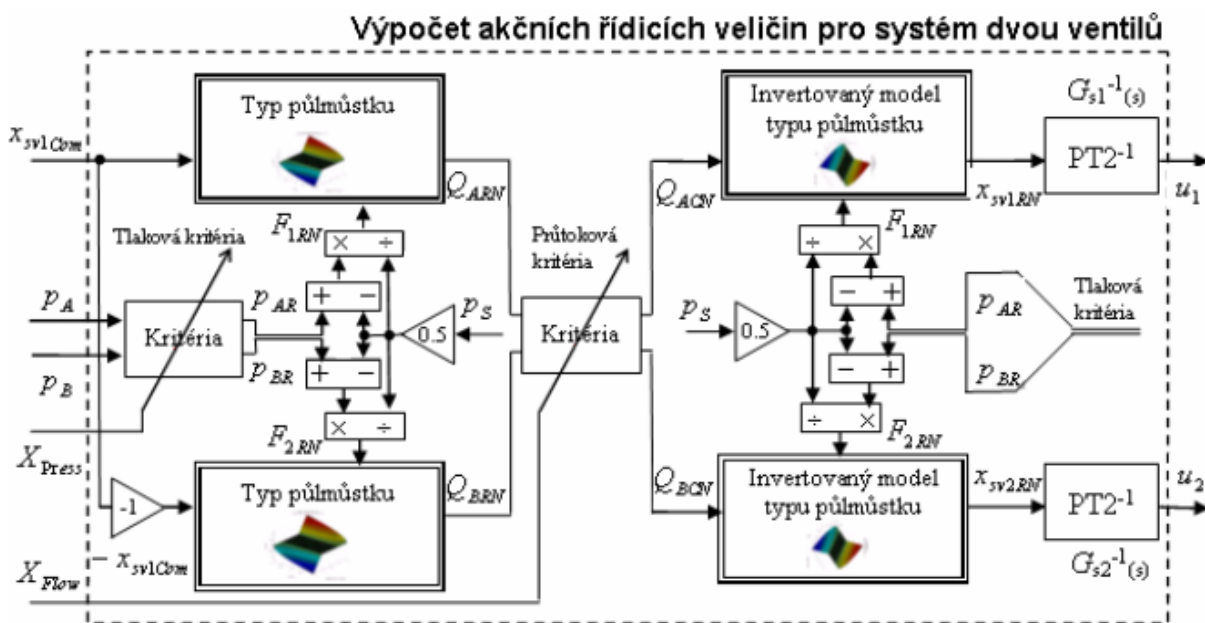
Univerzální simulační model systému se dvěma ventily předpokládá řízení pomocí dvou samostatných řídicích akčních veličin u_1 a u_2 . Takovéto zvýšení počtu řídicích veličin přináší na jedné straně zmiňovaný přídatný řídicí stupeň volnosti a na druhé některé problémy se kterými je nutné se vypořádat. Jedním z nich je najít správnou řídicí akční veličinu na každý z ventilů, protože obě veličiny jsou spolu matematicky a chováním hydraulického pohonu svázány. Architektura nalezení akční veličiny je prezentována v další kapitole.

Obrázek 4 ukazuje univerzální architekturu simulačního modelu systému dvou řídicích ventilů s měnitelnými typy zapojení výpočetních kombinací hydraulických pólů nebo přímo měřených charakteristik, funkčně závislých na systémovém tlaku a zatížení hydromotoru zprostředkované prostřednictvím zpětných tlakových vazeb.



Obr. 4 Univerzální architektura simulačního modelu systému dvou ventilů

Systém hydraulických pólů a jejich invertovaných modelů pak řeší problém nalezení akčních řídicích veličin dvou 3/3 ventilů s uvažováním jejich negativních krytí šoupátek. Na obrázku 5 je ukázána opět univerzální systémová architektura pro výpočet těchto dvou akčních řídicích veličin u_1 a u_2 navíc s možností požadování přídatných řídicích průtokových či tlakových kritérií.

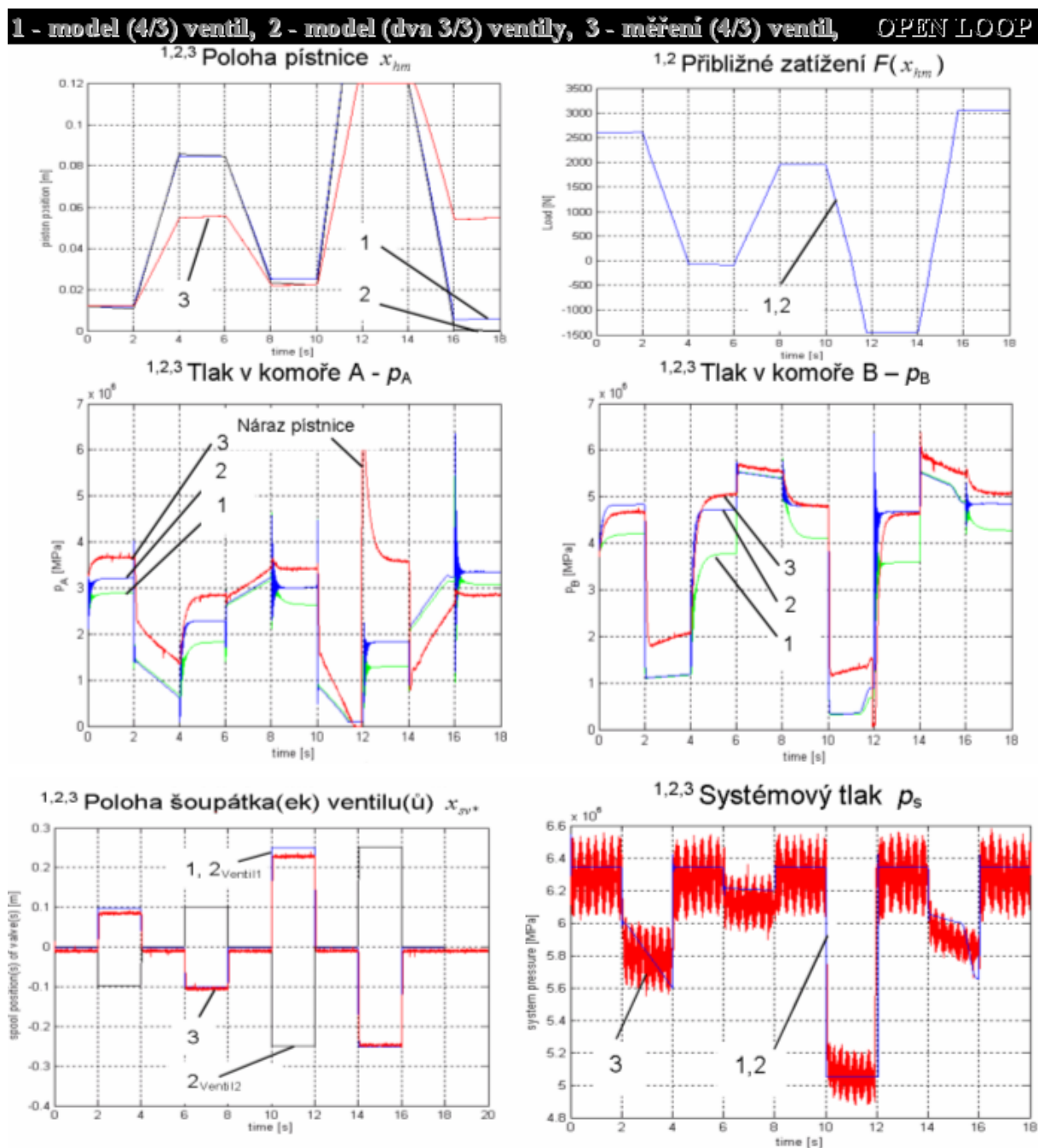


Obr. 5 Systémová architektura pro výpočet řídicích akčních veličin podle řídicích kritérií

Kritéria mohou být vztažena vůči průtokovým či tlakovým veličinám jedné z komor hydromotoru. Levá část obrázku ukazuje odhadování průtokových veličin do komor hydromotoru a pravá část obrázku pak řeší finální úlohu inverzního výpočtu akčních řídicích veličin. Výpočty je možné ovlivňovat pomocí zmíněných řídicích tlakových a průtokových kritérií X_{Press} a X_{Flow} .

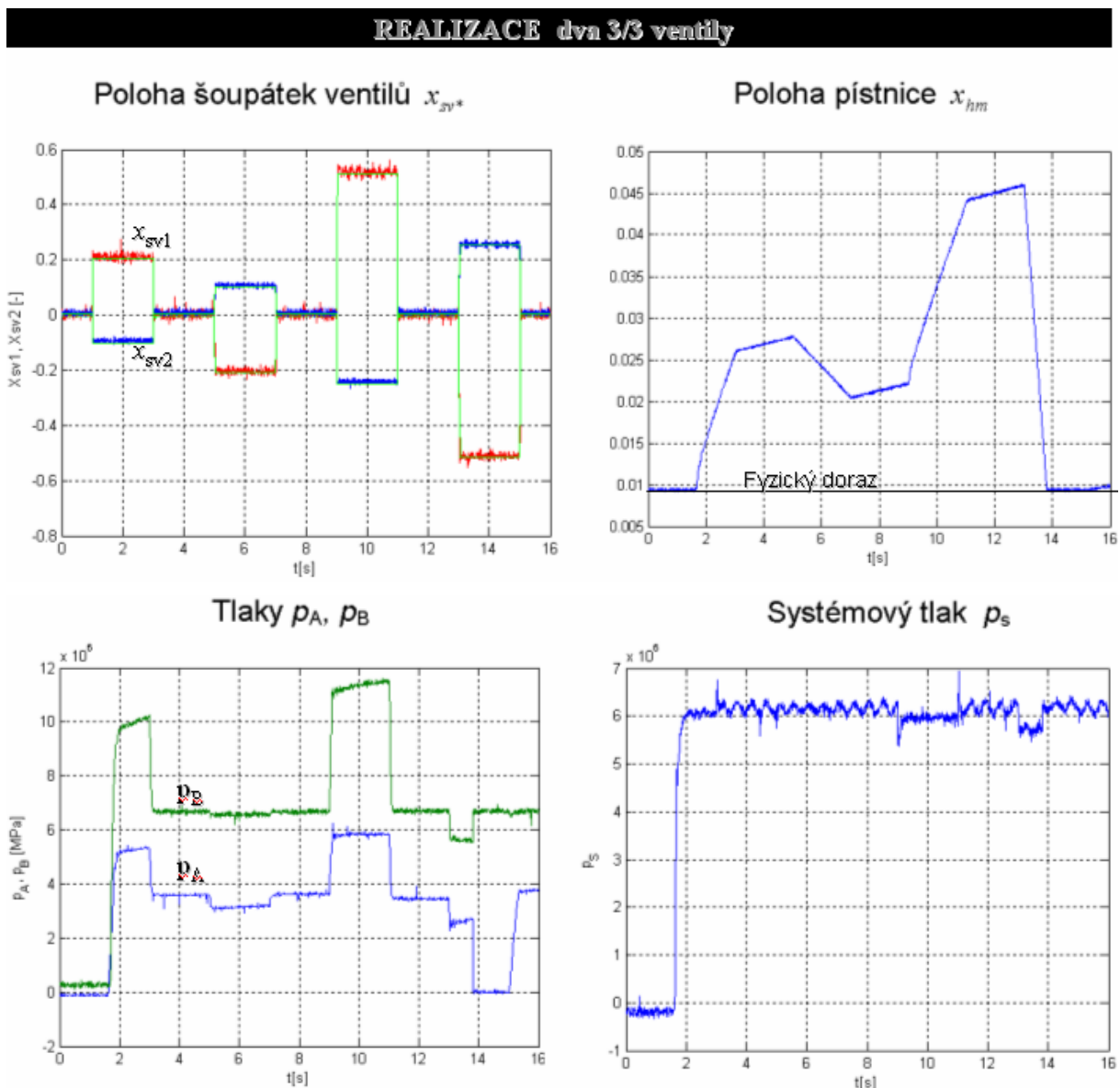
3. PRAKTICKÉ POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ SIMULACE A MĚŘENÍ V dSPACE

Porovnání byla prováděna simulačně a následně v prostředí simulátorového I/O systému dSPACE. Obr.6 ukazuje na jednotlivých grafech průběhy stavových proměnných pro porovnání simulace a měření hydraulického obvodu řízeného klasickým čtyřcestným 4/3 servoventilem a dále simulačního modelu řízení téhož obvodu dvěma třicestnými 3/3.



Obr. 6 Porovnání simulačních modelů řízení hydraulického pohonu s jedním 4/3 a se dvěma 3/3 ventily spolu s naměřenými daty řízení klasickým jedním 4/3 ventilem

Následné měření a realizace řízení hydraulického pohonu dvěma ventily bylo prováděno ve výkonném měřicím simulátorovém systému dSPACE, který umožňuje autonomní řízení aplikace na úrovni mikroprocesoru a je komfortně provázán a spjat se simulačním prostředím MATLAB a Simulink. Naměřené výsledky prezentuje Obr.7, na němž je možné vlevo nahoře vidět dvě rozdílné, dynamicky počítané akční veličiny na oba řídicí ventily, vpravo pak je možné vidět odezvu systému v podobě polohy pístnice a vlevo dole v podobě tlaků jednotlivých komor hydromotoru. Vpravo dole je pak měření doplněno a naměřený systémový tlak. Jak simulace tak měření bylo prováděno pro pístnici zatíženou zátěžným mechanismem, kde se v průběhu jejího vysouvání a zasouvání byla střídána zátěžná tahová i tlaková síla v rozsazích přibližně 1500N. Schéma uspořádání řízení a ukázka možnosti současného online ladění parametrů řízení pohonu ve zmíněném simulačním prostředí a simulátorovém systému dSPACE je na Obr. 1.



Obr. 7 Naměřaná data v prostředí simulátoru dSPACE – OPEN LOOP

4. ZÁVĚR

V příspěvku je blíže představena řídicí koncepce hydraulického pohonu, řízeného pomocí dvou oddělených řídicích ventilů. Dále byl v příspěvku uveden univerzální kritériálně

řiditelný simulační model pro výpočet dvou řídicích akčních veličin ventilů. Bylo provedeno vzájemné porovnání a ověření shody naměřených výsledků hydraulického obvodu s jedním řídicím 4/3 ventilem spolu se simulačními modely hydraulického pohonu s jedním řídicím 4/3 ventilem a se dvěma řídicími 3/3 ventily, představující inovativní dvouventilovou řídicí koncepci. Z grafů prezentovaných výsledků na obrázku 6 je zřejmá dobrá shoda pro případ řízení v otevřené řídicí smyčce. Na obrázku 7 je pak provedeno praktické měření a aplikování představené řídicí koncepce v simulátorovém I/O systému dSPACE. Z grafů na Obr. 7 je patrná dobrá shoda mezi požadovaným dvacetiprocentním a padesátiprocentním otevřením vedoucího ventilu x_{sv1} a odezvou polohy pístnice, přičemž při pohledu na řídicí tlaky jsou zřejmé určité rozdíly od řízení klasickým jedním ventilem čtyřcestným.

LITERATURA

- BACKÉ, W. 1992. *Umdruck zur Vorlesung Servohydraulik*. 6. Auflage, Institut für hydraulische und pneumatische Antriebe und Steuerungen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, 1992, 356 s.
- BLACKBURN, J.F., REETHOF, G., SHEARER, J.L. 1962. *Fluid Power Control, Regelung durch Strömungsenergie*, 2. Band: *Regel – und Steuerelemente*, Krausskopf-Verlag Wiesbaden, 1962, 328s.
- KOŇAŘÍK, P. 2004, *Hydraulic Drives Control Use Non-Robust and Robust Control Algorithms*. In: Proceedings of 3rd International PhD Symposium on Fluid Power. Barcelona-Terrassa : Tech. University of Catalonia, 2004, pp. 291-300. ISBN 84-609-1354-6.
- KOŇAŘÍK, P. 2006, *Hydraulic Drive Control Concepts with two 3/3 Way Valves in Contrast to Classical 4/3 Valve*, In: Proceedings of 4th FPNI - PhD Symposium Sarasota, Florida, USA, 2006, Volume 2, p. 507-521., FPNI Fluid Power Net Publications - Coastal Printing, ISBN 1-4243-0500-4