

ANALÝZA SYNCHRONIZACE VÍCEOSÉHO HYDRAULICKÉHO SERVOPOHONU V PROSTŘEDÍ MATLAB-SIMULINK

Doc.Ing.Petr Noskievič, CSc.

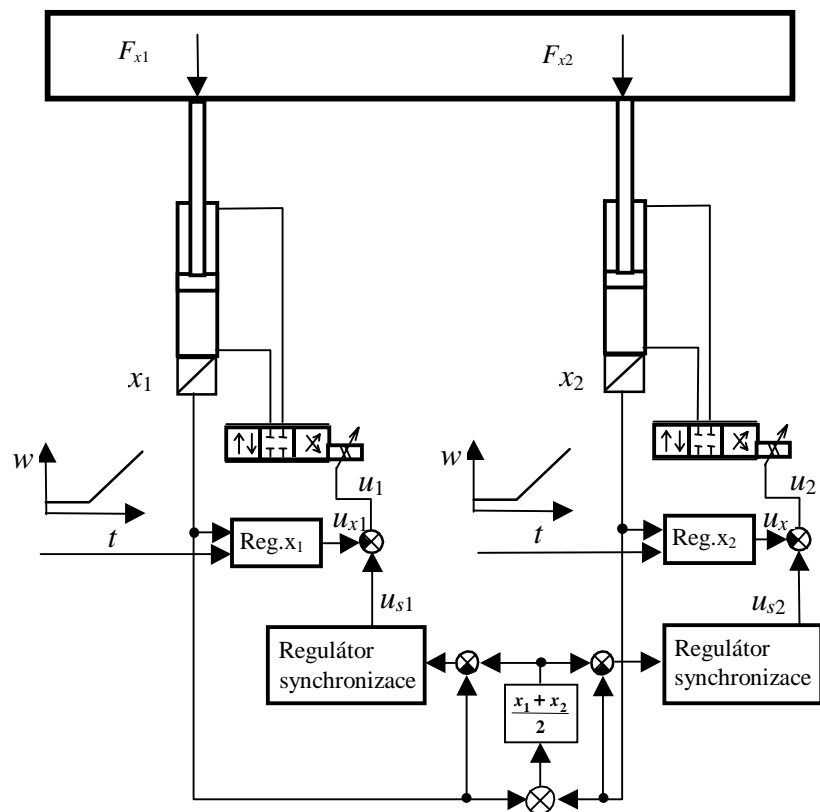
VŠB-TU Ostrava

1. Úvod

Progresivní vývoj číslicových řídicích systémů, snímačů polohy a hydraulických prvků tvořících tzv. hydraulickou osu rozšiřuje možnosti jejich technických aplikací. Při manipulaci s rozměrnými tělesy velkých hmotností je pro dosažení požadovaných technologických pohybů často nutné použít více přímočarých hydromotorů, které musí vykonávat současné pohyby. Jejich synchronizaci lze řešit jednak klasickými způsoby – mechanicky a hydraulicky a v současné době stále více používaným způsobem - elektronickou synchronizací. Správnou součinnost více pohonů zajistí číslicový řídicí systém, který jednak řídí pohyby jednotlivých os pohonu a dále vyhodnocuje jejich vzájemnou polohu a generuje akční zásahy vedoucí k dosažení požadavku synchronního pohybu více os.

Při návrhu hydrostatických pohonů je nutno uvážit nejen vlastnosti hydrostatických pohonů z hlediska pohybu jedné osy, tj. správné dimenzování hydromotorů a řídicích ventilů vycházející z rozboru zatížení, požadovaných rychlostí a vzniklých tlakových spádů, je nutno zabývat se i schopností pohonu odstranit chybu synchronizace, resp. jeho potřebnou výkonovou rezervou.

Analýza víceosých pohonů je téměř nemožná bez simulace. V příspěvku je popsána simulační analýza synchronizace v programu Simulink s využitím uživatelské knihovny modelů prvků hydraulického obvodu.



Obr.1 Synchronizace dvou pohonů na střední hodnotu

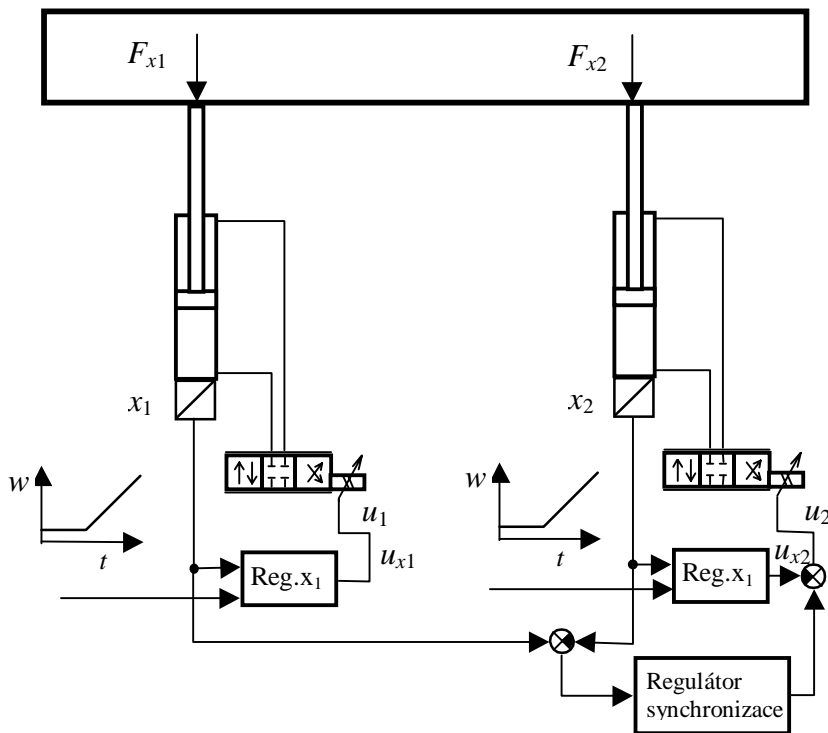
2. Struktura a algoritmy synchronizace víceosého pohonu

Na obr.1 a obr.2 jsou znázorněny dvě používané struktury řídicích obvodů synchronizace víceosých pohonů – synchronizace na střední hodnotu a synchronizace typu MASTER-SLAVE. V prvním případě se vyhodnocuje střední hodnota poloh synchronizovaných pohonů, se kterou se porovnává skutečná poloha jednotlivých os. Podle velikosti odchylky synchronizace regulátory synchronizace generují odpovídající akční veličiny, které se přičítají

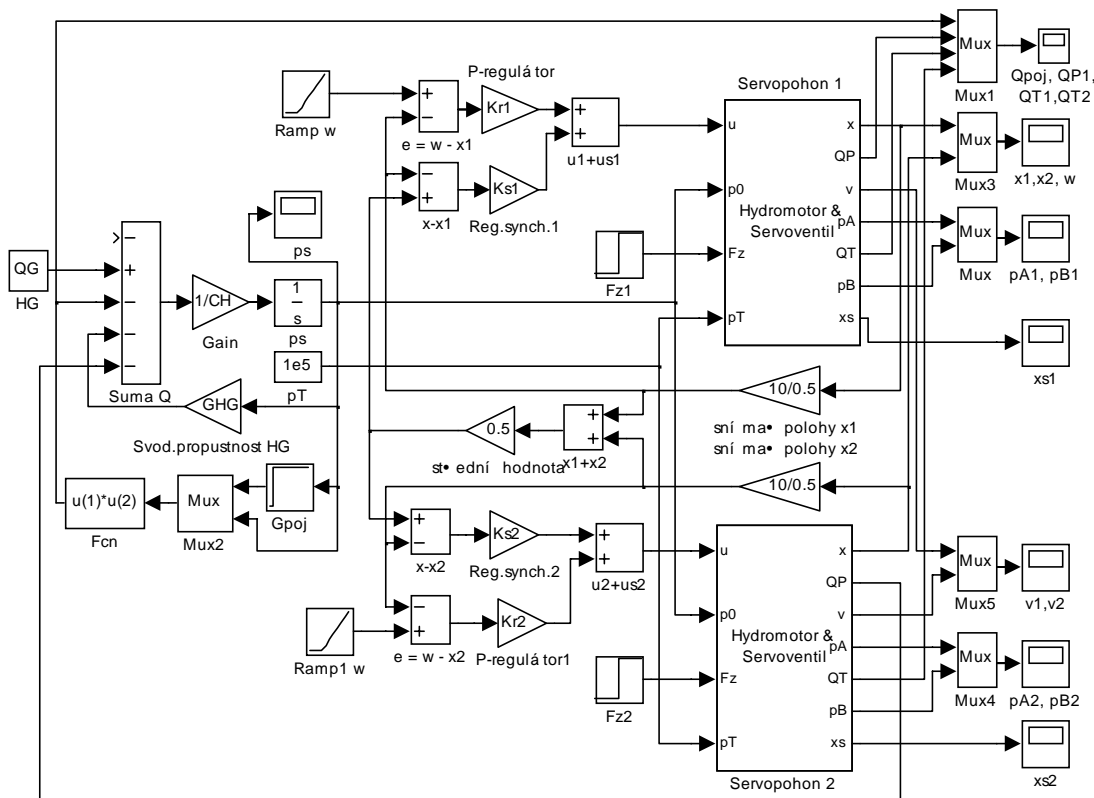
k akční veličině generované regulátorem polohy příslušné osy. V tomto případě se synchronizace pohonů dosáhne ovlivněním obou, resp. všech synchronizovaných pohonů.

V druhém případě je stanovena jedna osa jako řídicí – MASTER a druhá, resp. další jsou sledující SLAVE, obr.2. Vyhodnocený rozdíl poloh se přivádí do regulátoru synchronizace SLAVE osy. Vytvořená akční veličina se přičítá k akční veličině regulátoru polohy SLAVE osy.

Synchronizace pohonů provádí pouze ovlivněním SLAVE osy, pohyb řídicí MASTER není korigován v závislosti na chybě synchronizace.



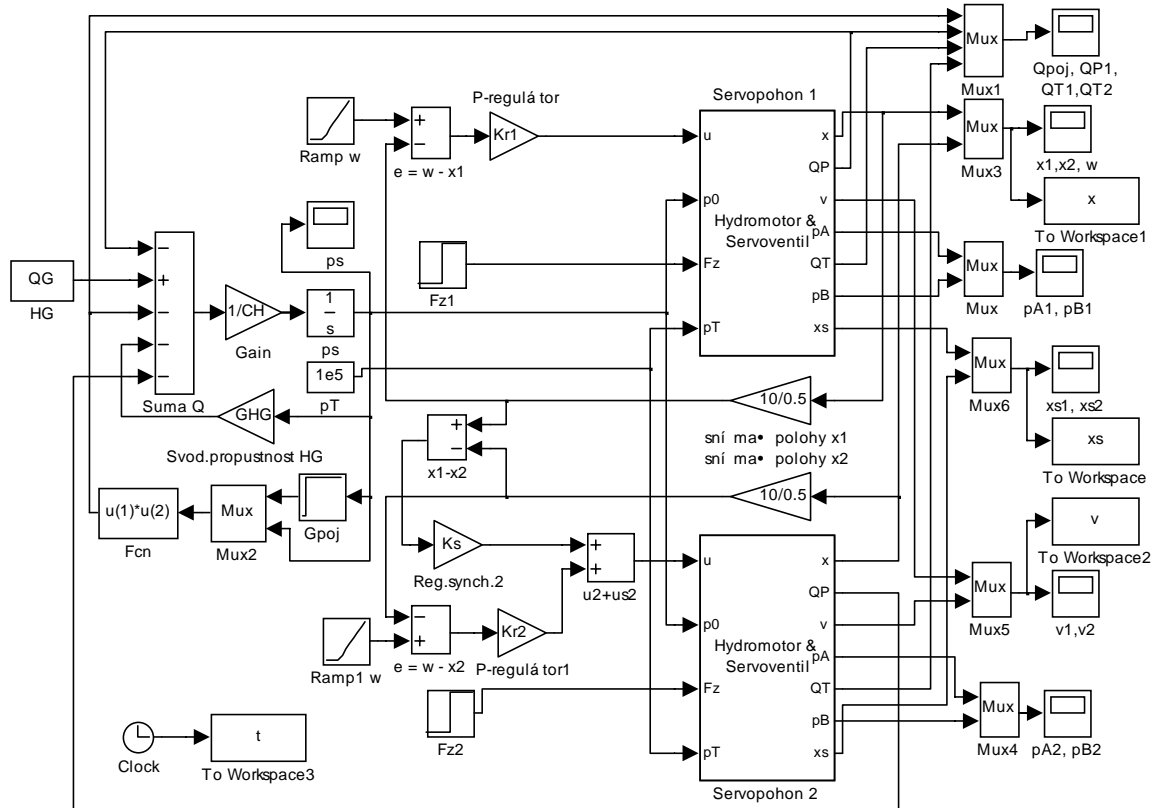
Obr.2 Synchronizace MASTER - SLAVE



Obr.3 Simulační model synchronizace pohonů na střední hodnotu

3. Simulační model

Simulační model víceosých pohonů se skládá z modelů prvků jednotlivých os. Ve většině případů jsou synchronizované pohony stejné a konají pohyb stejným směrem, nemusí tomu tak být ale obecně.

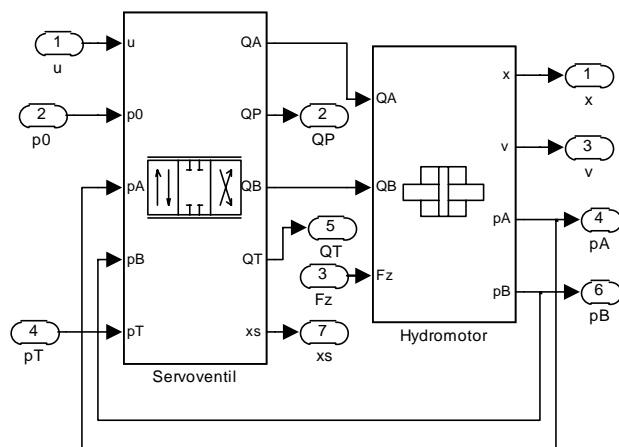


Obr.4 Simulační model synchronizace pohonů- princip MASTER - SLAVE

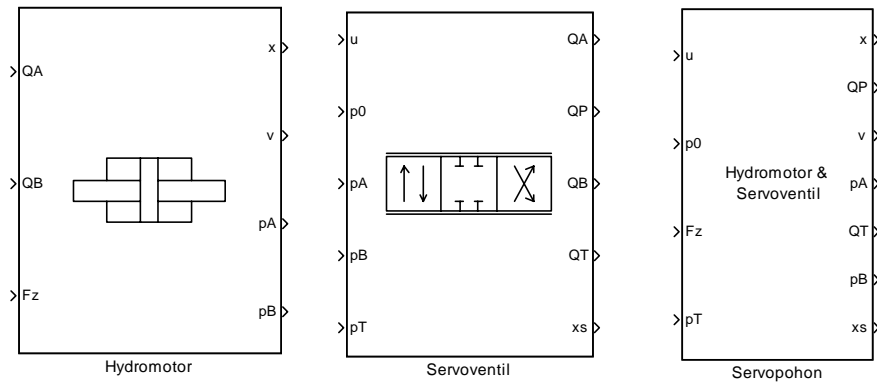
Odvození matematických modelů základních prvků hydraulických obvodů elektrohydraulických servomechanismů – přímočarého hydromotoru, průtokového servoventilu, případně hydraulického vedení a dalších lze nalézt [1]. Jejich realizací v programu Simulink byla vytvořena uživatelská knihovna „Hydraulika“. Její použití značně usnadňuje vytváření simulačních modelů víceosých pohonů.

Makromodel servopohonu je vytvořen pomocí dvou makromodelů „Servoventil“ a „Hydromotor“, obr.5. S využitím maskování modelů lze význam makromodelu vyjádřit symbolem používaným i v projekčních schématech nebo jednoduše popisem, obr. 6. Rovněž zadávání parametrů lze realizovat oknem.

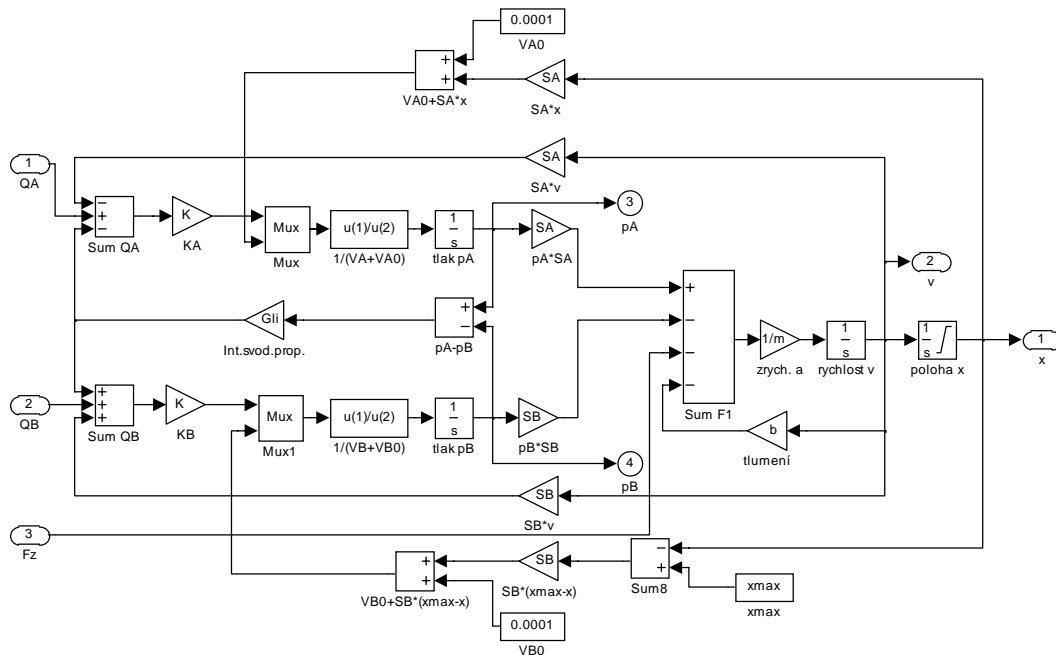
Vnitřní struktura makromodelů je ukázána na obr.7 a obr.8.



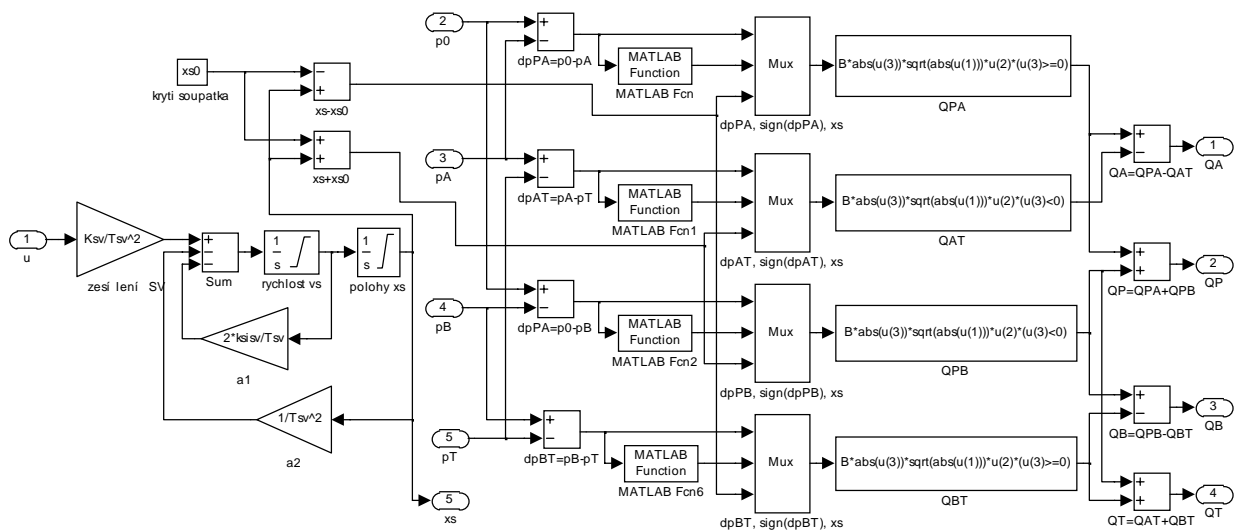
Obr.5 Makromodel servopohonu vytvořený pomocí dvou makromodelů – “Servoventil”, “Hydromotor”



Obr.6 Modely v uživatelské knihovně "Hydraulika"



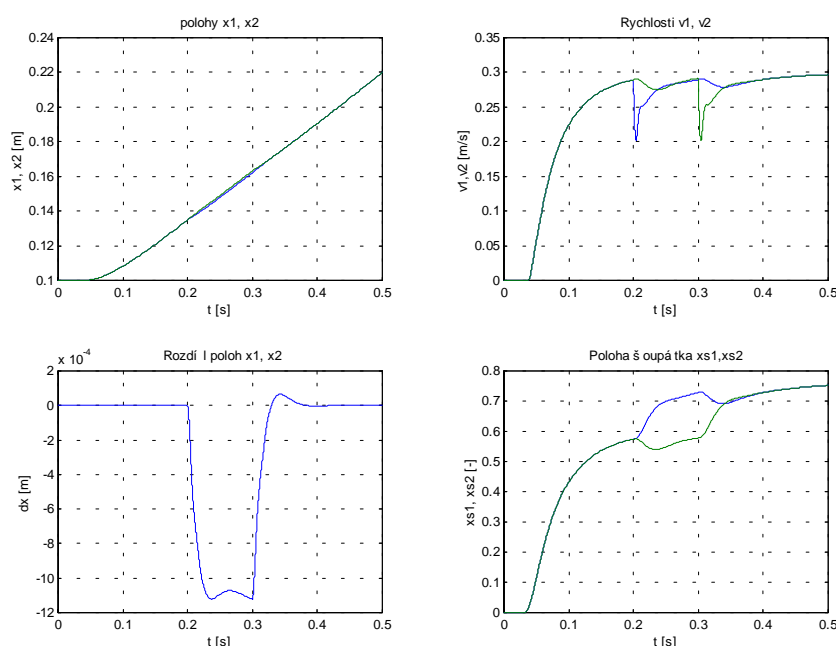
Obr.7 Schéma modelu „Hydromotor“



Obr.8 Schéma modelu „Servoventil“

4. Analýza vlastností synchronizace pohonů

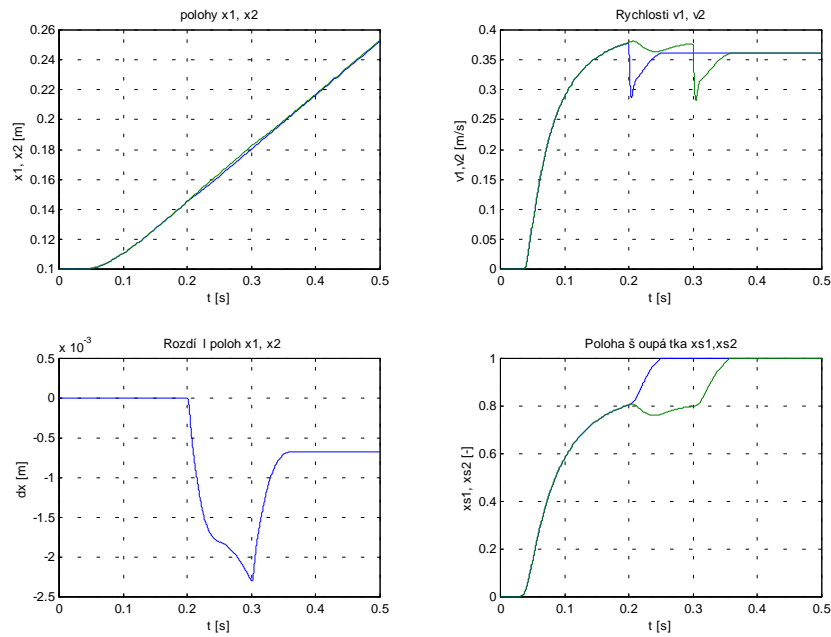
Simulací uvedených struktur systémů synchronizace více pohonů se vyšetřily průběhy důležitých stavových proměnných pohonů poloh pístnic x_1 , x_2 , rychlostí v_1 , v_2 , rozdíl poloh – chyba synchronizace a relativní otevření řídicích ventilů x_{s1} , x_{s2} , které jsou pro různé případy vykresleny v následujících grafech. Ve všech případech se sleduje plynulé vysouvání pístnic a to nižší a vyšší rychlostí, jejíž dosažení již vyžaduje maximální otevření řídicího ventilu. Kvalita synchronizace se dále vyhodnocuje z hlediska působící poruchy – zatěžujících sil. Uvažuje se rozdílné pořadí působení zátěže na jednotlivé osy, v praxi může být způsobeno jak nerovnoměrným zatížením tak i rozdílnými a náhodně působícími pasivními odpory.



Obr. 9 Synchronizace na střední hodnotu, menší rychlost vysouvání

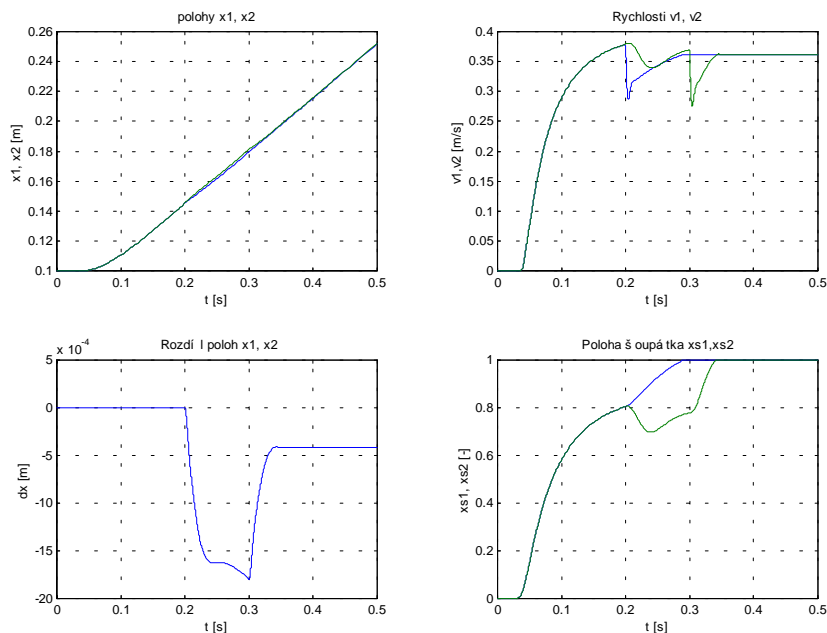
Při požadavku na synchronní vysouvání pístnic nižší rychlostí, jejíž dosažení nezpůsobí maximální otevření řídicích ventilů, je nulová odchylka synchronizace do okamžiku, kdy začne působit zatěžující síla na jednu z os – v čase 0.2s, obr.9. Vlivem většího zatížení jedné z os dojde k jejímu zpomalení. Vlivem synchronizace na střední hodnotu dojde k ovlivnění obou os, nezatížená osa je zpomalena, což je zřejmé z průběhů otevření servoventilů. Po stejném zatížení druhé osy se vlivem stejných hydrostatických poměrů obou pohonů synchronizační odchylka nulová.

Obr.10 ukazuje průběhy pro vyšší rychlost vysouvání. Po zatížení prvního pohonu v čase 0.3s dojde k otevření řídicího ventilu na 100%. Výsledná rychlost pohybu je nyní určena pouze tlakovým spádem na řídicích hranách ventilu. Po zatížení druhého pohonu dojde k nasycení i druhého ventilu a pístnice se vysouvají rychlostí určenou tlakovými poměry v obvodech s chybou synchronizace. Její eliminace by byla možná pouze odlehčením pohonů nebo zvýšením pracovního tlaku, případně snížením požadované rychlosti, což znamená předešlý případ. Než dojde k nasycení řídicích ventilů, může kvalitu regulace ovlivnit nastavení regulátorů a jejich struktura. V případě nasycení jsou rychlosti určeny pouze tlakovými poměry [2].

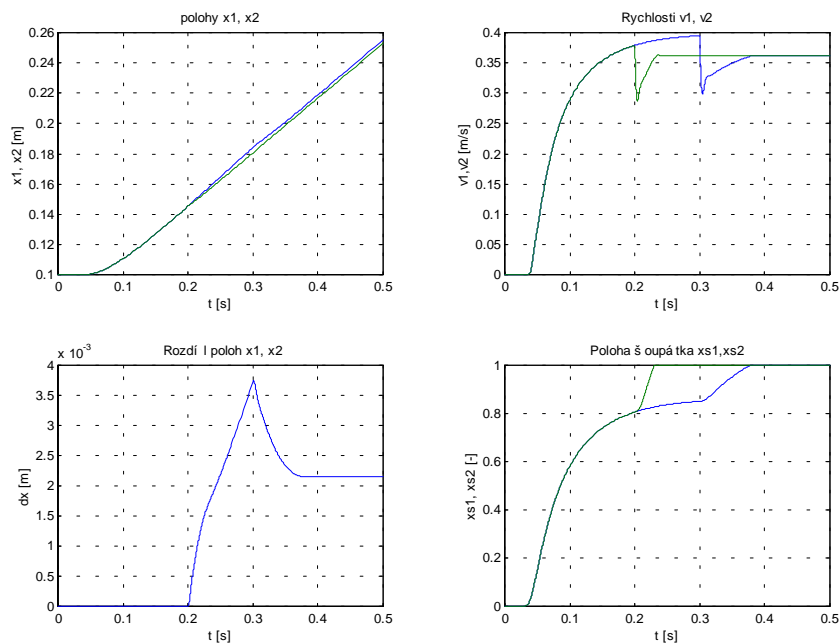


Obr.10 Synchronizace na střední hodnotu – pohyb vyšší rychlostí, nasycení ventilů

V případě synchronizace MASTER-SLAVE je vliv rozdílného zatížení os a při vysokých rychlostech pohybu ještě větší, obr.11. Působili větší zatížení nejdříve na MASTER osu, dojde k otevření řídicího ventilu a v případě nasycení se sníží i rychlost vysouvání SLAVE osy. V případě působení větší zátěže na SLAVE osu je chyba synchronizace ještě větší, pohyb méně zatížené osy není vůbec ovlivněn, obr.12.

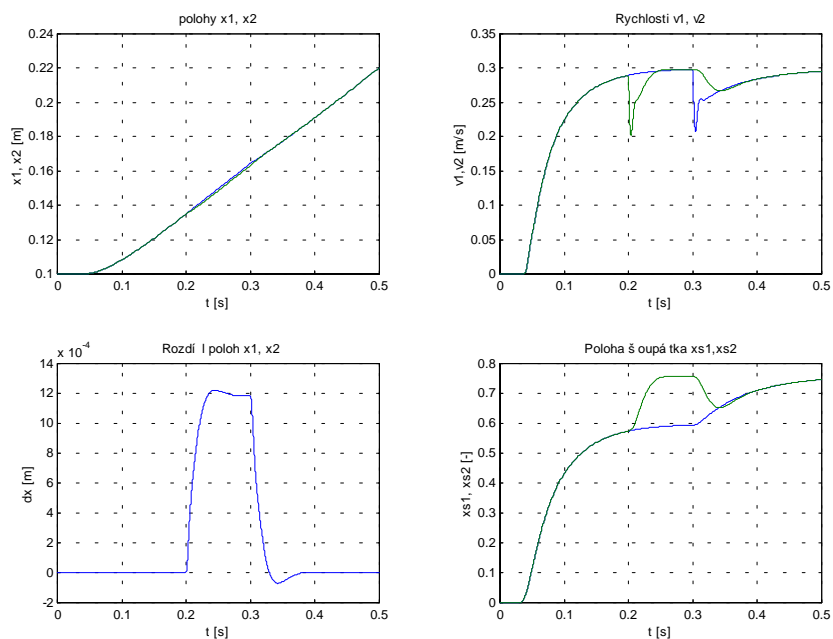


Obr.11 Synchronizace MASTER-SLAVE



Obr.12 Synchronizace MASTER-SLAVE, první je více zatížena SLAVE osa

V případě nižší požadované rychlosti vysouvání pístnice je chyba synchronizace pohonů menší vlivem možnosti většího otevření řídicího ventilu více zatížené osy. Při následném stejném zatížení pohonů a stejných tlakových poměrech je odchylka synchronizace nulová.



Obr.13 Synchronizace MASTER-SLAVE, nižší rychlost vysouvání

5. Závěr

Na příkladu analýzy chování víceosého elektrohydraulického pohonu a dosažení jeho synchronního chodu bylo ukázáno použití uživatelské knihovny makromodelů vytvořené v simulačním programu Simulink.

Na základě simulace různých zatěžovacích stavů synchronizovaných pohonů a při použití různých algoritmů synchronizace lze dospět k praktickým závěrům a doporučením pro jejich projektování. Pracovní bod pohonů by se neměl nacházet v blízkosti maximálního otevření řídicích ventilů. Instalovaný výkon pohonů by měl zajistit i určitou výkonovou rezervu potřebnou pro eliminaci chyby synchronizace. Při vyšších pracovních rychlostech může dojít vlivem akčních veličin synchronizačních regulátorů k nasycení řídicích ventilů a rychlost vysouvání je potom určena pouze tlakovými poměry v hydraulickém obvodu a nepomůže ani jiná struktura a nastavení regulátoru.

Zvýšení pracovního tlaku hydraulického obvodu, použití hydrogenerátorů a řídicích ventilů na vyšší jmenovité průtoky znamená celkovou vyšší energetickou náročnost pohonu. Uvážené stanovení těchto parametrů přinese proto nemalé realizační a provozní úspory. Investice do realizace simulačních výpočtů v projekční fázi se rozhodně vyplatí. Zanedbání skutečností vyplývajících z popsaných možných provozních stavů pohonů může způsobit, že při poddimenzovaném systému nebude možné dosáhnout požadovaných parametrů pohonů. Následné upravy hydraulického obvodu, případně i výměna instalovaných primárních elektromotorů hydrogenerátorů mohou představovat značně vyšší dodatečné náklady než na začátku zdánlivě vysoké náklady na simulační výpočty.

Literatura

- [1] Noskievič, P.: Modelování a identifikace systémů. 1. vyd. Ostrava : MONTANEX, a. s., 1999. 276 s. ISBN 80-7225-030-2.
- [2] Noskievič, P.: Dynamika servopohonu s přímočarým hydromotorem s jednostrannou pístnicí. In: Sborník mezinárodní konference Reidenie Tekutinových systémov, Súlov, 4.11.-5.11.1999, 6 stran.
- [3] Noskievič, P. Modelování hydrostatických pohonů v prostředí MATLAB - Simulink. In: Proceedings of XXIst International Colloquium ASIS 1999 "Advanced Simulation of Systems", Ostrava 1999, str.263-268. ISBN 80-85988-41-0.
- [4] Manuál programu MATLAB, Simulink. The MathWorks Inc.

Doc.Ing.Petr Noskievič,CSc.
Email: petr.noskievic@vsb.cz

Katedra automatizační techniky
Fakulta strojní, VŠB TU Ostrava
17.listopadu 15
708 33 Ostrava - Poruba