

EXPERIMENTÁLNÍ STAND ŘÍZENÝ REAL TIME TOOLBOXEM NA TESTOVÁNÍ MEMBRÁN

V. Andrlík, M. Jalová, M. Jalový

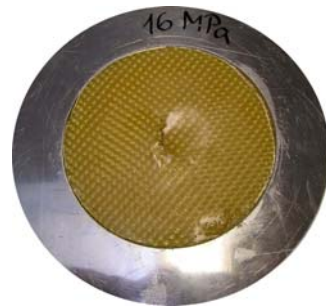
ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav výrobních strojů a mechanismů

1. Úvod

V dnešní době se do popředí dostávají kompozitní materiály. Tento fakt vyplývá ze vzrůstajícího majoritního podílu kompozitního materiálu v konstrukcích. K jejich přednostem patří, že jejich vlastnosti je možno ovlivnit a přizpůsobit vlastnostem požadovaným, a to vhodnou kombinací – poměrem hmotnosti či objemu použitých materiálů. Dochází tedy k optimalizaci vlastností (zvýšení pevnosti a tuhosti) při současné minimalizaci hmotnosti. Nevýhodou použití těchto materiálů, je i přes použití moderních metod (metoda konečných prvků), poměrně složitý výpočet (pevnostní a tuhostní podmínky, únavová pevnost). Ve většině případů je tedy nutné experimentálně ověřit alespoň základní vlastnosti navrhovaného kompozitního materiálu.

2. Vysokotlaké membrány

Vysokotlaké membrány jsou typickými představiteli konstrukčních prvků, kde má použití kompozitních materiálů velké perspektivy. Pro výrobu vysokotlakých membrán (*obr. 1*) je použita jako výztuž tkanina z aramidových vláken a matrice z elastomerové pryskyřice. Hlavní předností těchto vláken je vysoká pevnost v tahu, vysoký modul pružnosti v tahu, rázová houževnatost a schopnost tlumit vibrace. Parametry membrán jsou ověřovány na numericky řízeném experimentálním standu, jehož blokové schéma je na *obr. 2*. Dále bude prezentován experimentální stand realizovaný na Ústavu výrobních strojů a mechanismů.



Obr. 1 Membrána



Obr. 2 Blokové schéma experimentálního standu

3. Rozbor numerického řízení standu

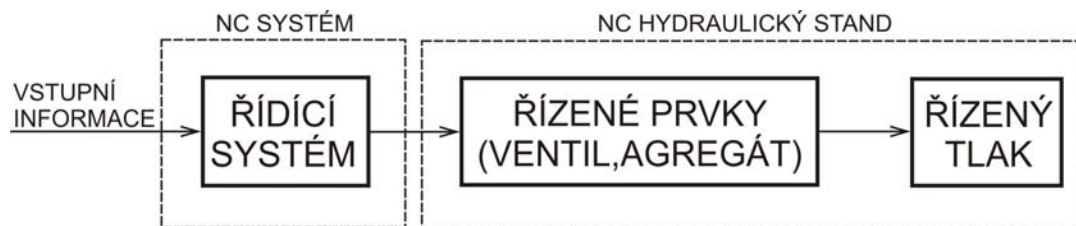
Experimentální stand je tvořen dvěma základními samostatnými celky:

1. proporcionální tlakový ventil, tj. řízený prvek, který umožňuje realizovat požadovaný časový průběh tlaku v obvodě
2. řídicí systém, který na základě programu zapsaného v paměti systému a s eventuálním využitím zpětné vazby generuje signály pro řízený prvek. V tomto případě jde o počítač a řídicí program MATLAB a jeho nástavby Simulink a Real Time Toolbox pro řízení v reálném čase.

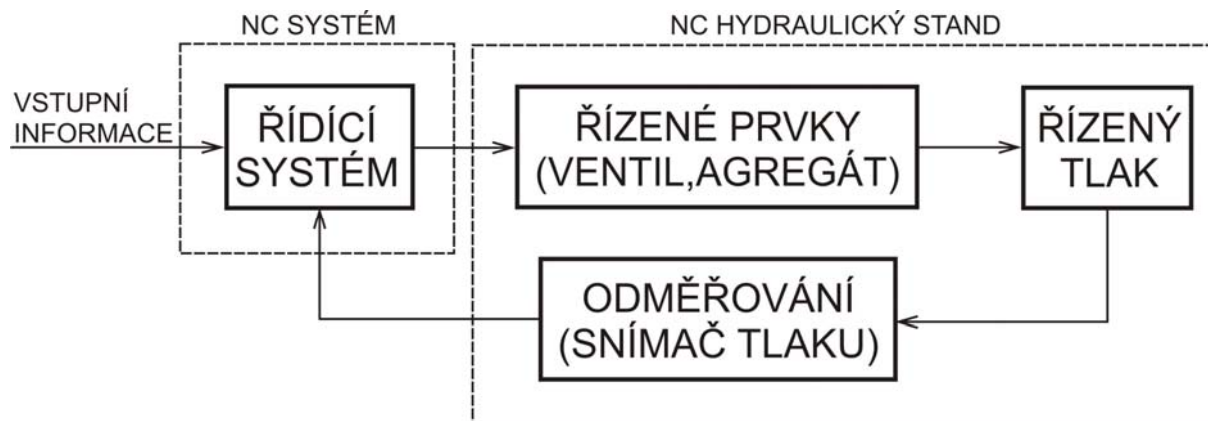
Základní spojení numerického řídicího systému s řízeným prvkem lze realizovat:

1. v otevřené smyčce, kde řídicí systém nedostává žádné informace o skutečném stavu řízeného prvku (*obr. 3*)

2. v uzavřené smyčce, kde řídicí systém je průběžně pomocí odměřovacího zařízení informován o skutečném stavu řízeného prvku (obr. 4)



Obr. 3 Schéma řízení v otevřené smyčce



Obr. 4 Schéma řízení v uzavřené smyčce

Existují dvě možnosti získání informace o skutečném stavu řízeného prvku, a to podle umístění snímacího elementu odměřování:

1. přímé odměřování, kdy snímač bezprostředně poskytuje údaj o tlaku, v tomto případě se jedná o tlakový snímač, jehož signál udává informaci o aktuálním tlaku v obvodě (obr. 5)
2. nepřímé odměřování, kdy snímač nesleduje přímo tlak v obvodě, ale polohu šoupátka proporcionálního tlakového ventilu (obr. 5)



Obr. 5 Schéma přímého a nepřímého odměřování

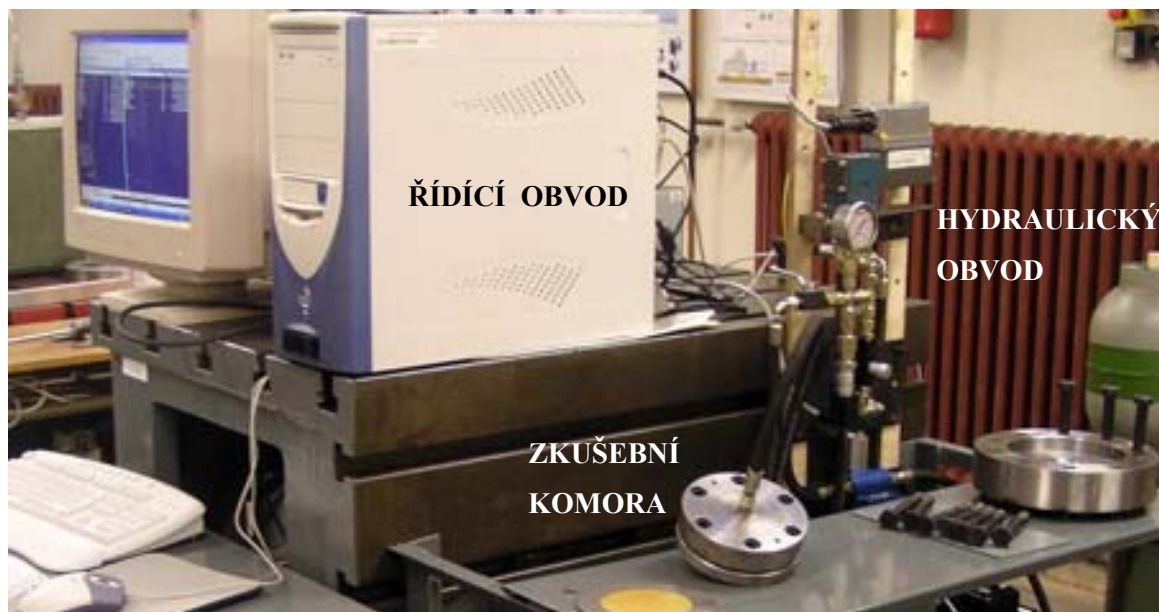
Při vzájemném posouzení přímého a nepřímého způsobu odměřování je zřejmé, že kvalitnější výsledky můžeme očekávat od zařízení pracujícího přímým způsobem, které využívá tlakového snímače. Tímto je však do obvodu přidán prvek, díky němuž vzrostou pořizovací náklady standu.

Použití nepřímého způsobu odměřování předpokládá vysokou kvalitu a přesnost signálu udávajícího polohu šoupátka. Případné vzniklé chyby však nejsou zjišťovány a tedy nelze očekávat špičkové výsledky.

Signál z tlakového snímače je kromě zavedení do tlakové zpětné vazby použit také pro ovládání hydrogenerátoru a tedy i činnosti celého experimentálního standu v průběhu experimentů. Při protřžení testované membrány ve zkušební komoře dojde k náhlému poklesu tlaku v obvodě, který je zaznamenán tlakovým snímačem, v řídicím programu logickým operátorem vyhodnocen jako konec experimentu a řídicí signál přes relé přerušuje dodávku proudu pro elektromotor hydrogenerátoru.

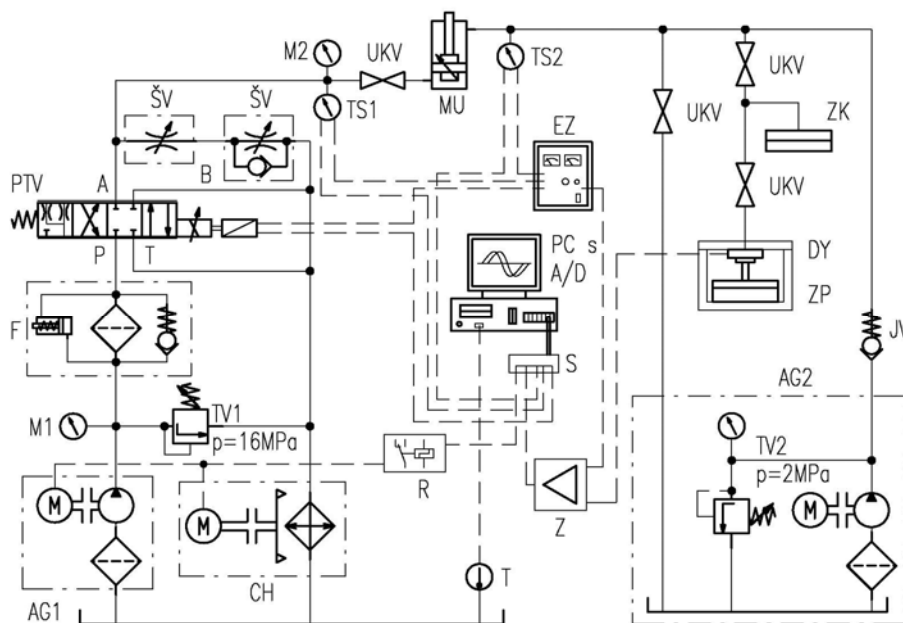
4. Popis experimentálního standu

Experimentální stand (obr. 6) sestává z hydraulického obvodu, řídicího obvodu a zkušební komory.



Obr. 6 Experimentální stand

4.1 Hydraulický obvod



Obr. 7 Schéma hydraulického obvodu

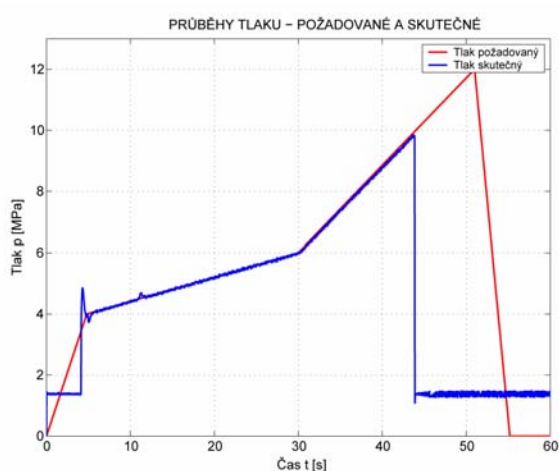
Základní části hydraulického obvodu (obr. 7) jsou:

1. agregát AG1 s chladičem CH
2. proporcionální tlakový ventil PTV s předřazeným filtrem F
3. soustava škrťcích ventilů ŠV
4. hydromotor zapojený ve funkci multiplikátoru MU, který zároveň slouží pro oddělení nízkotlaké a vysokotlaké sekce
5. zkušební komora ZK nebo zkoušený pohon ZP
6. agregát pro doplňování oleje do vysokotlaké sekce AG2

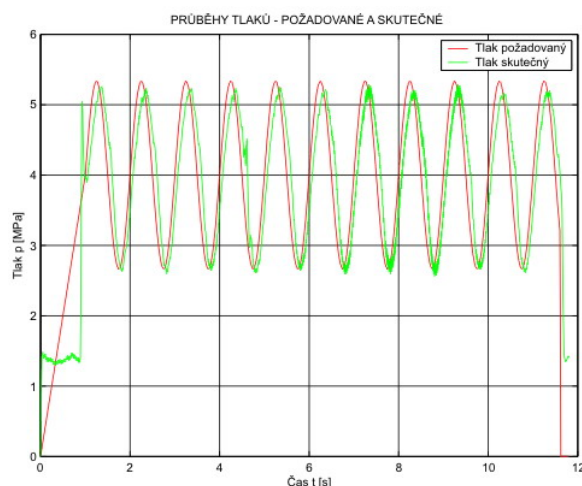
Z důvodu potřeby dvou tlakových stupňů jsou v hydraulickém obvodu zařazeny dva tlakové snímače, a to *TS1* před multiplikátorem *MU* a *TS2* za ním.

Membrány jsou ve zkušební komoře zatěžovány tlakovým olejem podle požadovaného časového průběhu tlaku až do destruktivního zničení membrány. Časový průběh tlaku může mít charakter:

1. lineární – nastavení tlaku v obvodu v rozsahu 4 až 38 MPa. Tento průběh tlaku je používán pro statické zkoušky membrán, které slouží ke stanovení jejich pevnosti. Příklad je na obr. 8.
2. harmonický – dává možnost nastavit různé amplitudy a frekvence kmitání tlaku v obvodu, přičemž maximální amplituda je 10 MPa a maximální frekvence je 10 Hz. Příklad je na obr. 9.
3. obecný – slouží k simulaci obecných pracovních podmínek membrán



Obr. 8 Lineární časový průběh tlaku



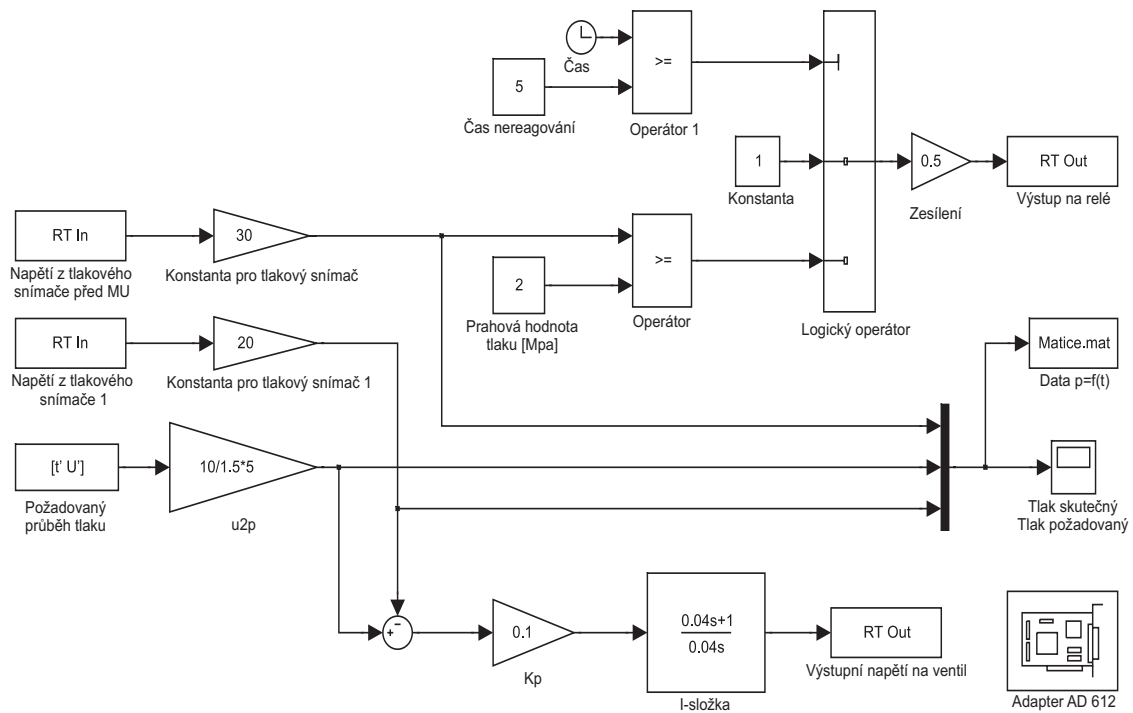
Obr. 9 Harmonický časový průběh tlaku

4.2 Řídicí schéma

Schéma numerického řízení celého standu v reálném čase a komunikaci s A/D kartami je ukázáno na obr. 10. Je použit software MATLAB – Simulink – Real Time Toolbox s periodou vzorkování $T_s = 0,002$ s. Hlavními bloky řídicího schématu jsou:

1. ovladač A/D karty *Adapter AD 612*
2. vstupní bloky pro zpracování signálů z tlakových snímačů *RT In*
3. bloky *RT Out* pro výstupní signály na akční členy, kterými jsou proporcionální tlakový ventil a výstup na relé agregátu
4. *PI regulátor* s případnými filtry
5. logický obvod pro ovládání relé
6. blok pro záznam dat do souboru *Matice.mat*

Chování multiplikátoru (hydromotoru) a testované membrány (průtok ve zkušební komoře $Q \cong 0$ l/min) je nelineární. Hlavním cílem je řídicí obvod sestavit a naladit takovým způsobem, aby při provádění statických zkoušek měl skutečný průběh tlaku aperiodický charakter. Naproti tomu, při provádění dynamických zkoušek jde především o minimální regulační odchylku. Je požadována maximální frekvence harmonického průběhu tlaku i za cenu fázového posunu mezi požadovaným a skutečným signálem.



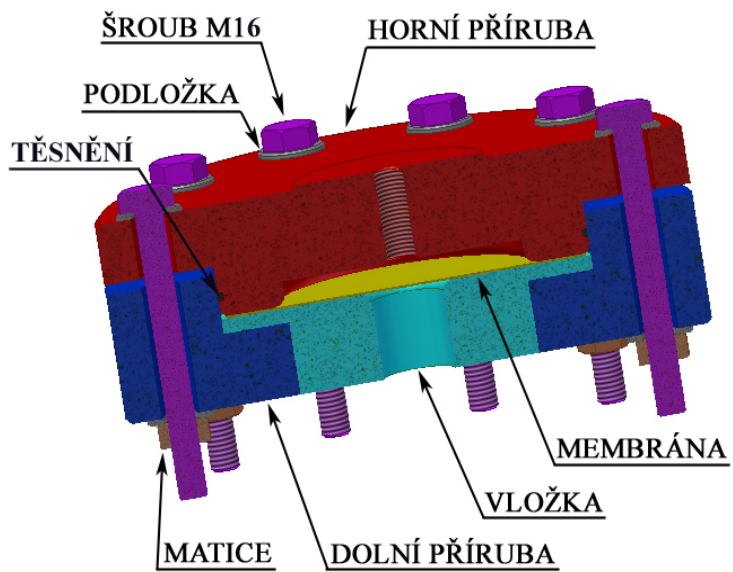
Obr. 10 Řídicí schéma

4.3 Zkušební komora

Testovaná membrána opatřena kovovým rámečkem o průměru 150 mm je do zkušební komory (obr. 11) vložena mezi příruby. Požadované sevření zajišťuje 10 šroubů M 16. Pracovní prostor je utěsněn O-kroužkem.

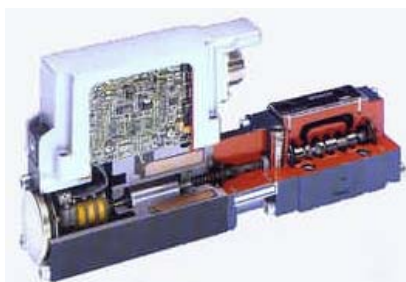
4.4 Komponenty experimentálního standu

Hlavní komponenty jsou proporcionální tlakový ventil (obr. 12) a A/D karta. Dále jsou uvedeny jejich základní parametry.



Obr. 11 Zkušební komora

Proporcionální tlakový ventil – výrobce BOSCH



Výrobce	BOSCH
Velikost	NG 6
Pracovní tlak	1...31 MPa
Průtok	12 l/min
Vstupní napětí	± 10 V (DC)
Výstupní napětí snímače polohy šoupátka	± 10 V (DC)
Napájecí napětí	24 V (DC)

Obr. 12 Řez proporcionálním tlakovým ventilem

Karta A/D 612 – výrobce Humusoft

Vlastnosti A/D karty AD 612:

- ✚ osm 12-bitových analogových vstupů
- ✚ čtyři 12-bitové analogové výstupy
- ✚ vzorkovací frekvence až do 100 kHz
- ✚ 8 digitálních vstupů, 8 digitálních výstupů
- ✚ programovatelné vstupní rozsahy A/D převodníku

Karta A/D 612 je obecně určena pro:

- ✚ měření stejnosměrných napětí
- ✚ měření vibrací a přechodových jevů
- ✚ řízení a monitorování procesů
- ✚ vícekanálový sběr dat
- ✚ simulace v reálném čase

5. Závěr

Software MATLAB s nadstavbami Simulink a Real Time Toolbox byl úspěšně využit pro numerické řízení hydraulického experimentálního standu na testování vysokotlakých membrán. Jde o zpětnovazební řízení pomocí tlakové zpětné vazby.

Simulink je využíván především pro jednoduchost tvorby řídicích schémat. Jeho nevýhodou je však nižší vzorkování při požadovaných vyšších frekvencích harmonického signálu. Již nevystačíme s modelem Simulinku, ale je nutné vytvořit řídicí program přímo jako script v MATLABu.

Pro podobný typ zkoušek v oblasti pneumatiky je připravován na Ústavu výrobních strojů a mechanismů shodný typ řízení s obdobnými požadavky.

6. Literatura

- [1] Andrlík, V., Jalová, M., Jalový, M.: Membránové elementy – zkušební stand pro testování a jejich aplikace v konstrukci. In: 47. mezinárodní konference kateder částí a mechanismů strojů, sborník prací. Praha, ČZU, 2006. ISBN: 80-213-1523-7.
- [2] Andrlík, V., Jalová, M., Jalový, M.: Verification of Properties of Membrane Elements and Their Usage in Design of Hydraulic Elements. In: 4th International PhD Conference on Mechanical Engineering. Pilsen, ZCU, 2006. ISBN: 80-7043-486-4.
- [3] Rudolf, B. a kol.: Stavba a využití číslicově řízených výrobních strojů a PVS – I. díl, Praha, ČVUT, 1980
- [4] Talácko, J., Jalová, M., Jalový, M.: Applications of the High-pressure Membranes in Design of Element of Mechanisms. In: Proceedings Advanced Engineering Design 2006 [CD-ROM]. Prague, CTU, July 2006. ISBN: 80-86059-44-8.

Doc. Ing. Vladimír Andrlík, CSc., Ing. Martina Jalová, Ing. Miroslav Jalový

ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav výrobních strojů a mechanismů,

Horká 3, 128 03 Praha 2

tel.: +420 224352416, +420 24913540, fax: +420 224 913 540,

e-mail: andrlik@fsid.cvut.cz, martina.urbanova@fs.cvut.cz, miroslav.jalovy@fs.cvut.cz