

## M7 Model „Hydraulický ráz“

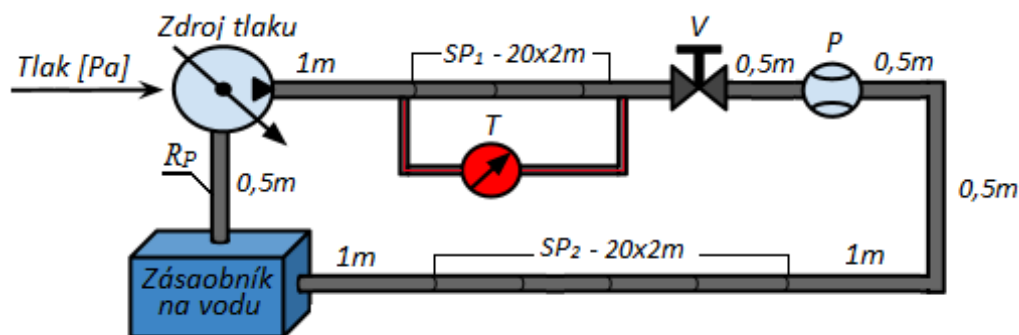
### Úlohy:

1. Zostavte simulačný model hydraulického systému M7 v aplikačnej knižnici SimHydraulics
2. Simulujte dynamiku hydraulického systému M7 na rôzne vstupy

### Doplňujúce úlohy:

1. Simulujte dynamiku hydraulického systému M7 pri rôznych:
  - a) priemeroch potrubia
  - b) priebehoch tlaku
  - c) priebehu ventilu

Modelovaný hydraulický systém uvažujeme nasledovne:



Obr. 1 Schéma zapojenia hydraulického systému M7

<b>Parametre:</b> $R_p$ – rozšírený priemer potrubia $V$ – ventil $SP_{1,2}$ – segmentované potrubie	<b>Fyzikálne veličiny:</b> $\omega(t)$ – uhlová rýchlosť <b>Snímače:</b> $T$ – snímač tlakovej diferencie $P$ – snímač objemového prietoku
---	--

**Poznámka:** Predpokladá sa, že študent sa oboznámil s T1 - „SimHydraulics“.

Uviedol som len zopár parametrov a fyzikálnych veličín, ktoré sa nachádzajú aj v schéme modelu M7. SimHydraulics však ponúka veľké množstvo parametrov, ktoré tu pre ich množstvo neuvádzam.

## Hydraulický ráz

---

Tekutina v potrubí sa pohybuje prevažne v jednom smere od fyzického portu A k B. Kvapalina má v dlhých vedeniach neustálené (turbulentné) prúdenie, čo znamená nekonštantnú rýchlosť prúdenia v čase. Hydraulický ráz vzniká pri manipulácii s ventilom, jeho prudkým zatvorením alebo pri poruche, výpadku čerpadla. Vplyvom tohto zásahu do hydraulického systému (HS) sa kinetická energia kvapaliny v potrubí vplyvom zotrvačnosti, mení na energiu pružnosti. Prejavom zmeny kinetickej energie na pružnosť nastávajú tlakové a prietokové zmeny, ktoré sa šíria rýchlosťou zvuku od miesta vzniku vo forme rázových vln. Rýchle pulzácie tlaku vplyvom rázových vln, vytvárajú extrémne pretlaky a podtlaky, ktoré namáhajú potrubie, čo môže viesť k jeho poškodeniu, prípadne poškodeniu spojov alebo vetvení potrubia. K ustálenému stavu dôjde zmenou energie hydraulického rázu na teplo.

### Popis schémy M7

---

Nasledujúcu schému zapojenia (Obr. 1), navrhnutú pre modelovanie hydraulického si namodelujeme v aplikačnej knižnici SimHydraulics, ktorá uvažuje s fyzikálnymi javmi ako: drsnosť potrubia, viskozitu kvapaliny, neustálené prúdenie kvapaliny atď. Schéma zapojenia HS (Obr. 1), pozostáva z pasívnych prvkov zásobníka vody a sústavou potrubí o vyznačenej dĺžke. Medzi aktívne prvky v HS patrí zdroj tlaku a ventil  $V$ , ktoré aktívne pôsobia na HS. Snímacie prvky HS tvorí snímač tlakovej diferencie  $T$  a digitálny prietokomer  $P$ .

Čerpadlo v tomto prípade nahradíme zdrojom tlaku pre zjednodušenie modelovaného obvodu. Na schéme (Obr. 1) je znázornené segmentované potrubie  $SP_1$ ,  $SP_2$  o dĺžke 40m s počtom segmentov 20 kusov. Ventil  $V$  je umiestnený na konci segmentovaného potrubia  $SP_1$  a jeho náhlym uzatvorením dosiahneme hydraulický ráz v HS. Hydraulický ráz je možné dosiahnuť aj náhlym vypnutím zdroja hydraulického prietoku. Aby sme však využili ventil, ktorý aplikačná knižnica SimHydraulics ponúka, budeme používať tento spôsob vytvorenia hydraulického rázu. Snímač tlakovej diferencie  $T$  meria tlak segmentovaného potrubia  $SP_1$  medzi jeho začiatkom a koncom. Digitálny prietokomer  $P$  meria prietok za ventilom  $V$ . Umiestnením snímacích prvkov  $T$  a  $P$  môžeme sledovať správanie HS, ak v obvode nastane hydraulický ráz. Pripojenie diferenčného tlakomeru  $T$  je zvýraznené červenou farbou pre odlišenie od potrubia. Výhoda modelovania hydraulického rázu v aplikačnej knižnici SimHydraulics je v tom, že je možné sledovať správanie sa potrubia a merať tlak aj medzi veľkými vzdialenosťami. Pri reálnom HS by takéto umiestnenie snímača tlakovej diferencie bolo nereálne.

Viac informácií a hydraulickom ráze, animácií a jeho merania nájdeme na nasledujúcich odkazoch v skriptách „Měření hydraulického rázu“ a v tabuľke animácií:

**Meranie hydraulického rázu:** <http://www.338.vsb.cz/PDF/SKRIPTA05.pdf>

**Tabuľka animácií:** <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/MT/2-Animace%20k%20textu/hydraulicky%20raz/SWF/index.html>

## 1. Zostavenie modelu M7 v aplikačnej knižnici SimHydraulics

---

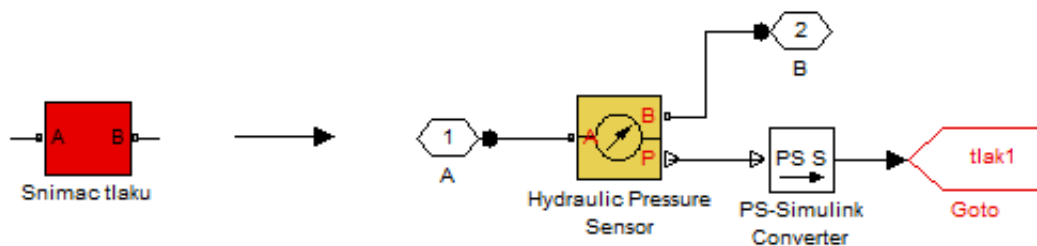
Umiestnenie blokov potrebných na zostavenie modelu je uvedené v tutoriály T1 - „SimHydraulics“. Bloky, ako sú potrubia, snímače tlaku a prietoku majú svoj hydraulický vstup označený písmenom A, hydraulický výstup označený písmenom B. Toto označenie znázorňuje smer v akom prúdi kvapalina v HS.

Ak je schéma rozsiahla je dobré, ak z niektorých častí vytvoríme subsystem. V našom prípade je najlepšie vytvoriť subsystem pre snímače tlaku, prietoku, zdroja prietoku a ventil HS.

### Tvorba subsystemov

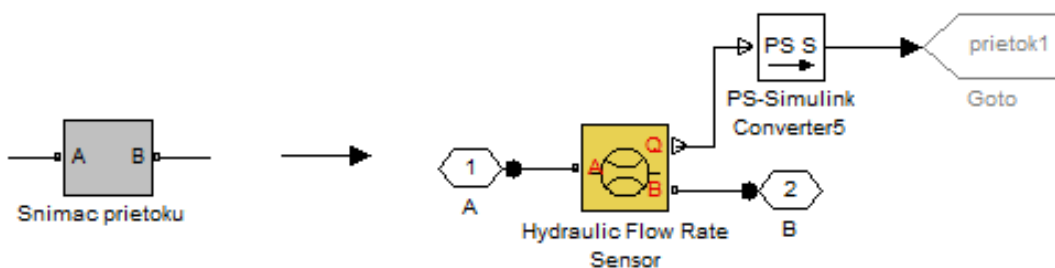
---

Snímač tlakovej diferencie (Obr. 2) obsahuje špecializovaný blok na snímanie tlaku v smere od hydraulického portu A k portu B. Signálový port P je výstupom snímača, nameraný tlak v Pa.



Obr. 2 Subsystem snímača tlakovej diferencie

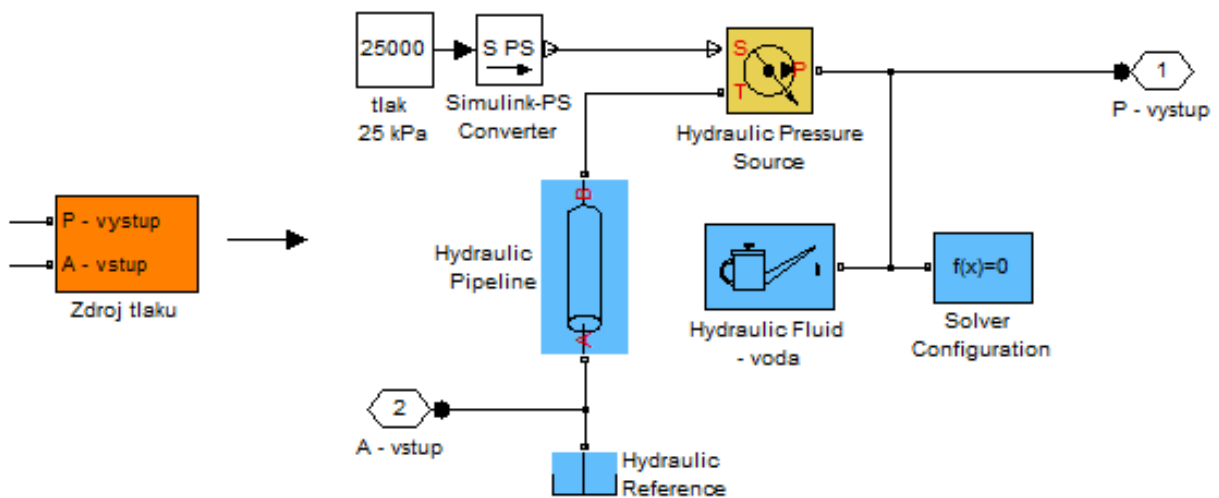
Digitálny prietokomer (Obr. 3) má podobnú schému zapojenia ako tlakový senzor a meria v rovnakom smere od portu A k portu B, výstupom je signálový port Q objemového prietoku v  $m^3/s$ .



Obr. 3 Subsystem snímača objemového prietoku

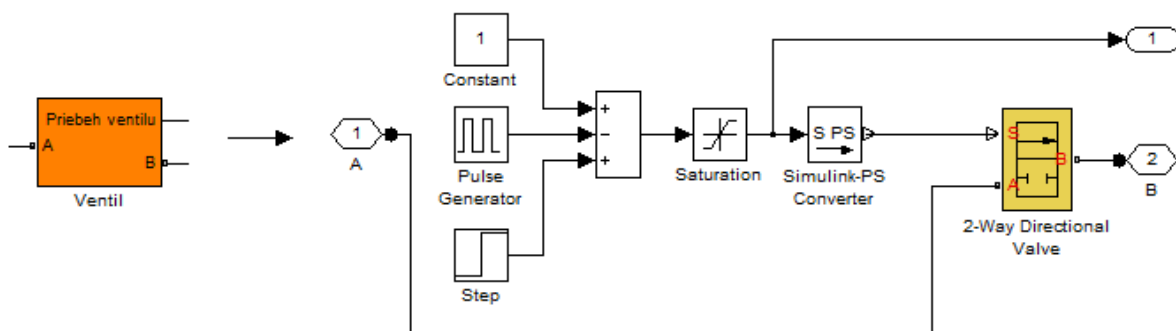
Subsystem zdroja tlaku (Obr. 4) je zložený zo zdroja tlaku, zásobníka vody a nutných prvkov solver-u a bloku hydraulickej kvapaliny. Zásobník na vodu je zjednodušený a plní funkciu zdroja vody, bez informácie o objeme kvapaliny. Vstupom bloku zdroja hydraulického tlaku je signálový port S, požadovaný tlak a fyzický port T, napojený na

zásobník vody. Výstupom zdroja hydraulického tlaku  $P$  je zároveň výstupom zo subsystému a jeho funkcia spočíva vo vytvorení tlaku medzi fyzickým portom  $T$  a  $P$ .



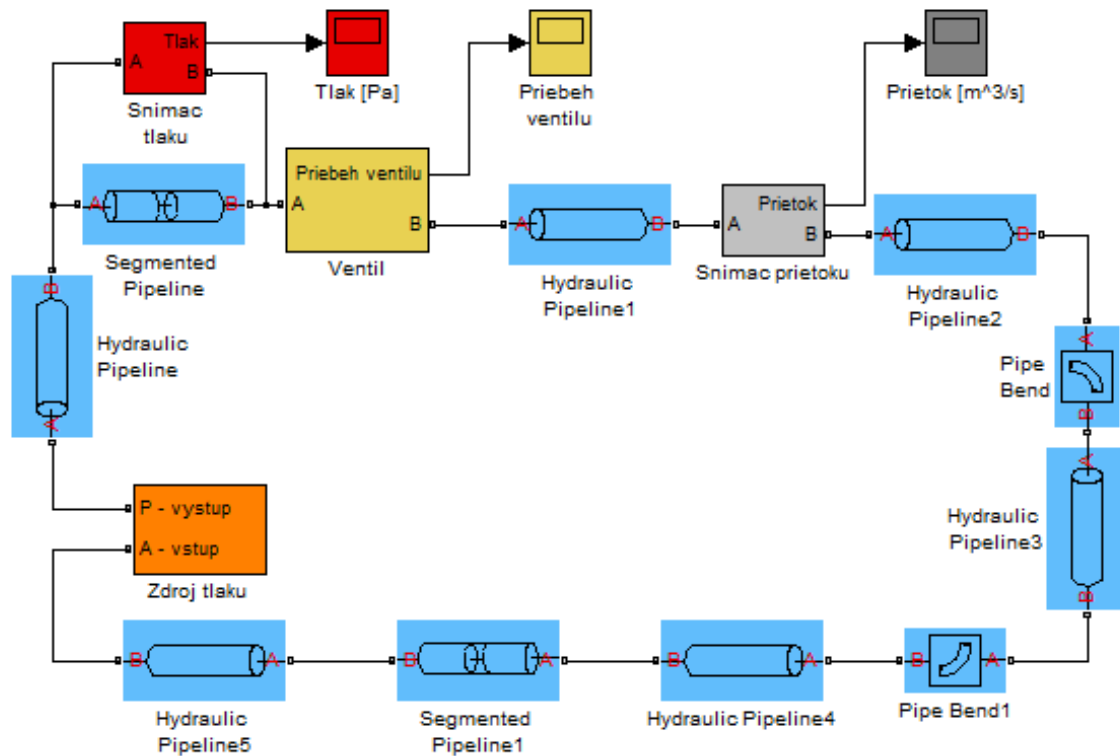
Obr. 4 Subsystém zdroja tlaku

Subsystém ventilu (Obr. 5) je zložený z dvoch častí. Prvou časťou je signál pre otvorenie resp. uzatvorenie ventilu a druhou časťou schémy je dvojcestný ventil. Hydraulické porty dvojcestného ventilu vstup  $A$  a výstup  $B$  sú zároveň vstupom a výstupom subsystému. Na signálový port ventilu  $S$  privádzame signál, ktorý reprezentuje priebeh ventilu (otvorenie/zatvorenie).



Obr. 5 Subsystém ventilu

## Schéma modelu M7 v aplikačnej knižnici SimHydraulics



Obr. 6 Schéma zapojenia hydraulického systému M7

Namodelovaný HS pozostáva zo subsystémov snímača tlaku, prietoku a ventilu. Ventil je zvýraznený žltým pozadím a zdroj tlaku zvýraznený oranžovým pozadím. Bloky na vykreslenie priebehu ventilu a sledovaných fyzikálnych veličín sa nachádzajú v hornej časti schémy (Obr. 6) s rovnakou farbou výplne ako ich subsystémy.

## 2. Simulujte hydraulický systém na zadané parametre

Simulujte dynamiku systému M7 na nasledujúce tlaky: 30kPa, 33kPa, 35kPa. Parametre simulovaného modelu M7:  $R_P = 1\text{cm}$ ,  $T_{sim} = 12\text{ s}$ .

