

## M6 Model „Dve nádrže pod tlakom s potrubím, čerpadlom, snímačmi tlaku a prietoku“

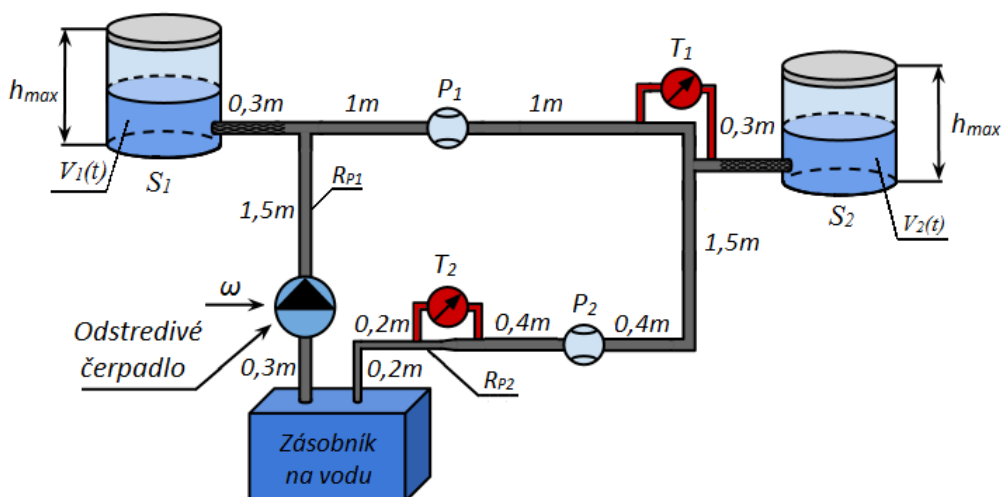
### Úlohy:

1. Zostavte simulačný model hydraulického systému M6 v aplikačnej knižnici SimHydraulics
2. Simulujte dynamiku hydraulického systému M6 na rôzne vstupy

### Doplňujúce úlohy:

1. Simulujte dynamiku hydraulického systému M6 pri rôznych:
  - a) priemeroch potrubia
  - b) počiatkových objemov kvapaliny v nádobách
  - c) tlakoch v nádobách
  - d) otáčkach odstredivého čerpadla

Pre model M6 uvažujeme nasledujúcu schému hydraulického systému:



Obr. 1 Schéma zapojenia hydraulického systému M6

#### Snímače:

$T$  – snímač tlakovej diferencie

$P$  – snímač objemového prietoku

#### Parametre:

$R_{P1}$  – rozšírený priemer potrubia

$R_{P2}$  – zúžený priemer potrubia

$S_1$  – prierez prvej nádrže

$S_2$  – prierez druhej nádrže

#### Fyzikálne veličiny:

$\omega(t)$  – uhlová rýchlosť

$V_1(t)$  – objem kvapaliny prvej nádrže

$V_2(t)$  – objem kvapaliny druhej nádrže

**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 M6. SimHydraulics však ponúka veľké množstvo parametrov, ktoré tu pre ich množstvo neuvádzam.

Na schéme (Obr. 1) si ukážeme, ako sa modelujú hydraulické systémy v aplikačnej knižnici SimHydraulics, konkrétne model M6.

### **Popis schémy zapojenia hydraulického systému M6**

---

Väzby medzi blokmi odpovedajú priamo reálnemu modelu. Hydraulický systém (HS), ktorý budeme modelovať (Obr. 1), pozostáva z dvoch digitálnych prietokomerov  $P_1, P_2$ , diferenčných tlakomerov  $T_1, T_2$ , nádob pod tlakom a jedného odstredivého čerpadla so zásobníkom na vodu, vrátane potrubí. Zakreslenie tlakomerov, prietokomerov a odstredivého čerpadla je podľa schematických značiek normy ISO 1219, ktoré používa aj aplikačná knižnica SimHydraulics (spomenuté v tutoriály T1 - „SimHydraulics“). Na schéme (Obr. 1) je vyznačená dĺžka každého potrubia, pričom systém je poprepájaný pevným potrubím a obidve nádrže sú pripojené cez flexibilné-gumené hadice s rovnakým priemerom  $R_{P1}$ . Nádrže sú uzatvorené, pričom uvažujeme aj s tlakom v nádržiach. Digitálne prietokomery  $P_1, P_2$  sú objemové, čo znamená, že merajú množstvo vody v  $m^3/s$ . Za druhým prietokomerom  $P_2$  je zúžený priemer trubice z  $R_{P1}$  na  $R_{P2}$ . Snímače tlakovej diferencie  $T_1, T_2$  sú umiestnené tak, aby sme videli stratu tlaku pred kolenom druhej nádrže a vplyv zúženia priemeru potrubia z priemeru  $R_{P1}$  na  $R_{P2}$ . Pripojenie diferenčných tlakomerov  $T_1, T_2$  do obvodu HS je pre odlišenie zvýraznené červenou farbou. Digitálne prietokomery sú zase odlišené svetlou modrou farbou. Zobrazenie zásobníka vody v HS je len ilustratívne. V tomto prípade použijeme odstredivé čerpadlo, aby sme sa lepšie priblížili k realite.

#### **1. Zostavenie modelu M6 v aplikačnej knižnici SimHydraulics**

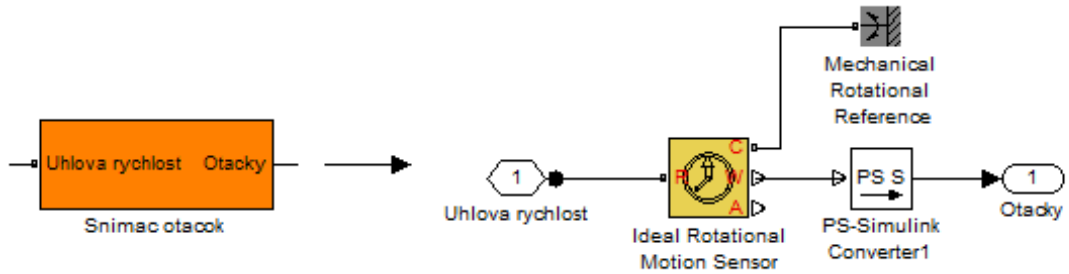
---

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 subsystém. V našom prípade je najlepšie vytvoriť subsystém pre snímače tlaku, prietoku, otáčok a čerpadla. Snímač uhlovej rýchlosti (Obr. 2) sa nachádza v knižnici *Simscape/Foundation Library/Mechanical/Sensors*.

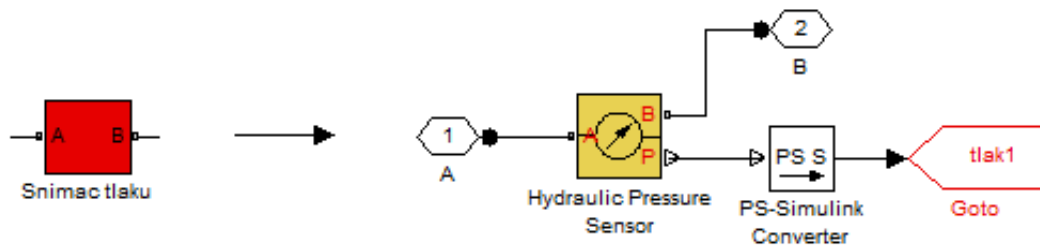
## Tvorba subsystémov

Porty  $R$  a  $C$  sú rotačno-mechanické a výstupom cez signálový port dostávame otáčky v  $rad/s$ .



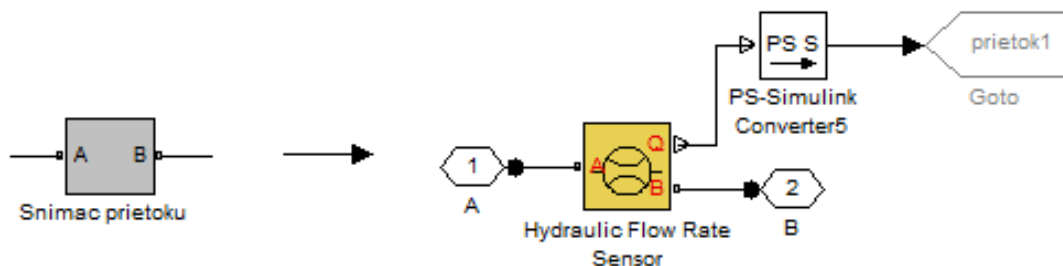
Obr. 2 Subsystém snímača otáčok odstredivého čerpadla

Snímač tlakovej diferencie (Obr. 3) obsahuje špecializovaný blok na snímanie tlaku v smere od hydraulického portu  $A$  k portu  $B$ . Signálový port  $P$  je výstupom snímača, nameraný tlak v  $Pa$ .



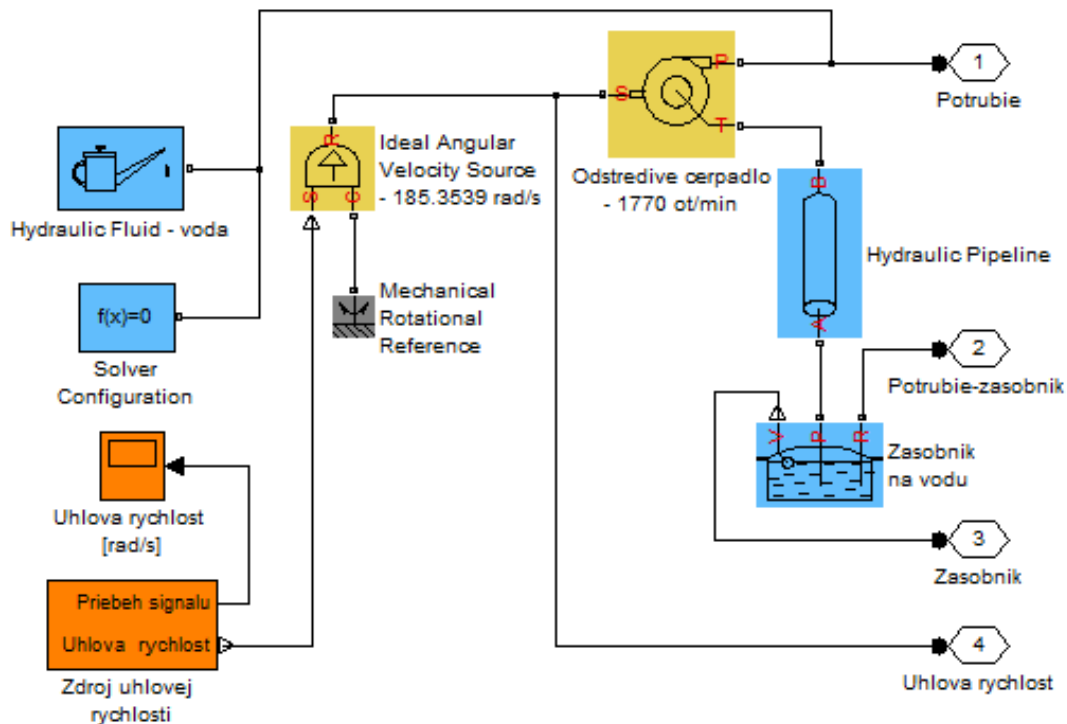
Obr. 3 Subsystém snímača tlakovej diferencie

Digitálny prietokomer (Obr. 4) 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. 4 Subsystém snímača objemového prietoku

Blok čerpadla tvorí základnú časť, v ktorej sa nachádza subsystém tvorby vstupného signálu, nádrž na vodu, solver, hydraulic fluid a zdroj uhlovej rýchlosti.



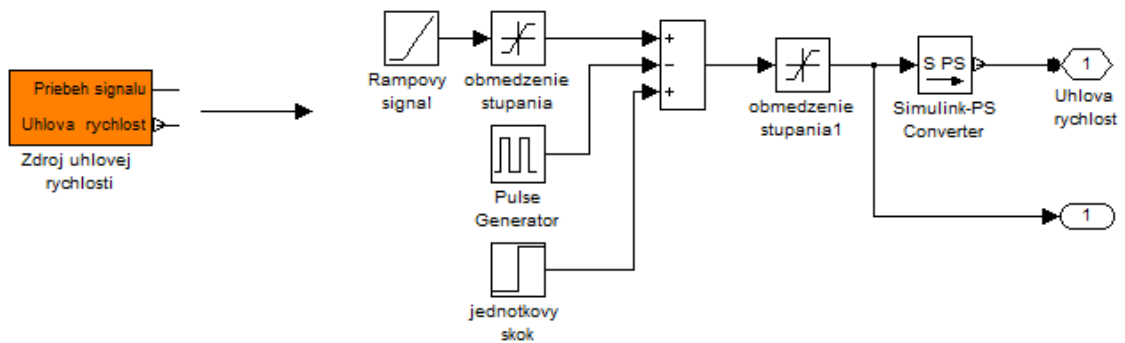
Obr. 5 Subsystém odstredivého čerpadla

Vstupom do subsystému čerpadla je mechanický port  $S$ , uhlová rýchlosť  $\omega$ , ktorá sa používa spolu s blokom ideálnej uhlovej rýchlosti. Čerpadlo je s už preddefinovanými hodnotami a umožňuje zadať parametre čerpadla troma charakteristikami, budeme používať: dve  $ID$  charakteristiky  $p-Q$  a  $P_p-Q$ . Čerpadlo prečerpáva vodu medzi hydraulickým vstupom  $T$ , na ktorý pripájame zásobník vody a hydraulickým výstupom  $P$ , od ktorého ďalej pokračuje potrubie. Parametre čerpadla necháme už preddefinované, avšak je možné si zadať aj vlastné hodnoty alebo reálne parametre čerpadla z katalógového listu. Viac informácií o zadávaní parametrov čerpadla a o spôsobe určovania charakteristiky nájdeme v publikácii: *Simulace a modelování hydraulických systémov na stránke*:

<http://www.338.vsb.cz/PDF/Simulace2009.pdf>

Ideálnym zdrojom uhlovej rýchlosti sa rozumie to, že je dostatočne silný na udržanie nami zadanej rýchlosti, bez ohľadu na krútiaci moment. Vstupom je mechanický rotačný pohyb, ktorý je pevne pripojený k zemi, port  $R$  a signálový port  $S$ , požadovaná uhlová rýchlosť. Nádrž na vodu obsahuje kvapalinu pod stanoveným tlakom, port  $P$  je vo vzťahu s čerpadlom a port  $R$  zasa vo vzťahu s posledným potrubím HS.

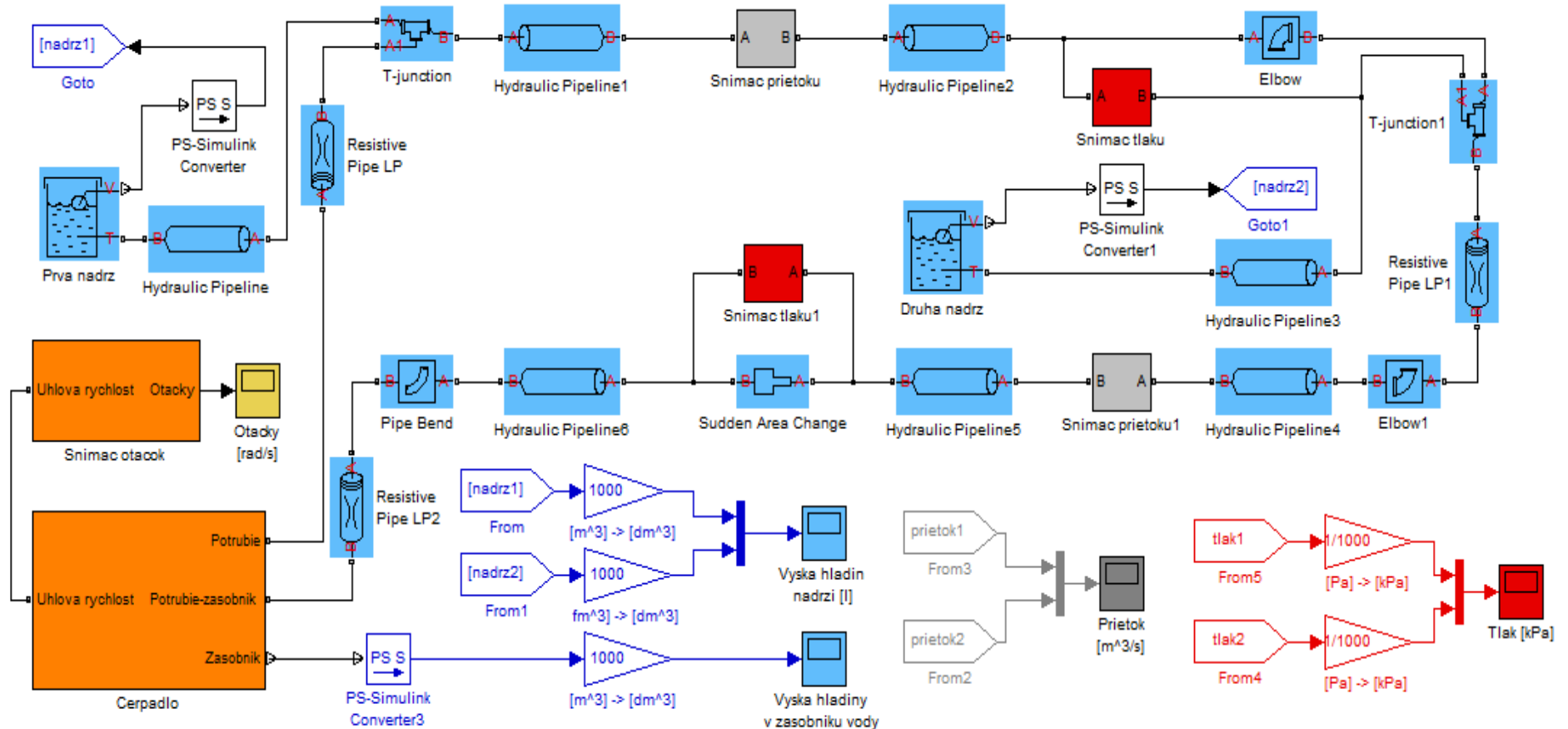
Subsystém zdroja uhlovej rýchlosti (Obr. 6) použitím blokov pulzného generátora, jednotkového skoku a rampy dosiahneme vyskladaný vstupný signál uhlovej rýchlosti (zmenu otáčok odstredivého čerpadla).



**Obr. 6** Subsystém zdroja uhlovej rýchlosti

Vstupom do HS je uhlová rýchlosť  $\omega$ , tento signál sme vygenerovali skladaním signálov troch zdrojov. Rampový signál zabezpečí nábeh signálu a použitím obmedzenia stúpania neprekročíme hodnotu 185,3539 rad/s, čo predstavuje 1770 ot/min. Od tejto hodnoty sa potom odčíta hodnota pulzného generátora 59.6902, čím dostaneme zníženie otáčok odstredivého čerpadla na 1200 ot/min. Jednotkový skok pôsobí v čase od 4500 s, čím zabezpečíme nábeh čerpadla na počiatočných 1770 ot/min. Obmedzenie za súčtovým blokom signálov neprepustí signál väčší ako 185,3539 rad/s, inak by vplyvom jednotkového skoku bola táto hodnota väčšia. Počas simulácie znížime otáčky odstredivého čerpadla dvakrát po sebe s rozmedzím 1000 sekúnd, z počiatočnej hodnoty 1770 ot/min na 1200 ot/min.

Schéma modelu M6 namodelovaná v aplikačnej knižnici SimHydraulics



Obr. 7 Schéma zapojenia hydraulického systému M6

Schéma pozostáva zo subsystemov snímača tlaku, prietoku, otáčok a odstredivého čerpadla. Pre lepšiu orientáciu sú potrubia zvýraznené modrým pozadím, že cez ne prúdi kvapalina. Tlakový snímač je zvýraznený červeným pozadím a prietokomer sivým, rovnakou farbou sú vyplnené aj vykreslenie výstupov (scope). Oranžovou farbou je vyplnený subsystem čerpadla a snímača otáčok. Usporiadanie prvkov je totožné zo schémou HS (Obr. 1), v dolnej časti sa nachádzajú bloky na vykreslenie tlakov, prietoku a hladín. Z dôvodu zjednodušenia a sprehľadnenia schémy sú snímače v subsystemoch s farebným odlišením.

## 2. Simulácia hydraulického systému M6

Parametre simulovaného modelu:

$$S_1, S_2 = 0.0048 \text{ m}^2, R_{P1} = 1 \text{ cm}, R_{P2} = 0.75 \text{ cm}$$

