

Međuispit iz Procesne automatizacije, ak.g. 2016./2017.**Datum: 22. studenog 2016.**

Ime i prezime: _____ JMBAG: _____

Zadatak 1. (15 bodova)

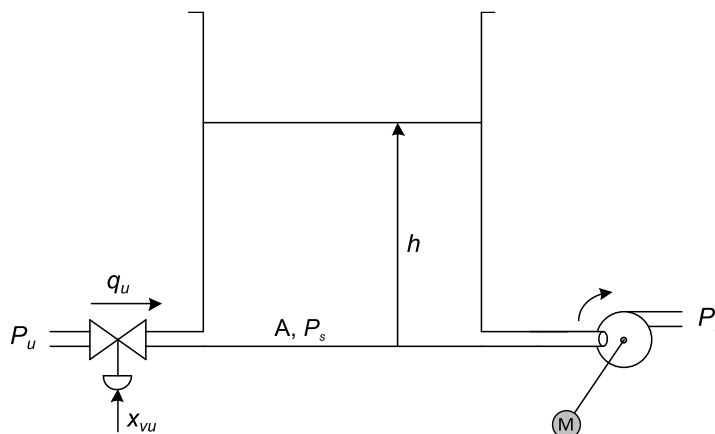
U spremnik konstantnog poprečnog presjeka A ulijeva se voda volumnim dotokom q_u kojeg je moguće regulirati otvorenošću ventila x_{vu} (u postotcima) sa sljedećom karakteristikom:

$$q_u = k_{vu} x_{vu} \sqrt{\Delta P_u},$$

gdje je k_{vu} konstrukcijska konstanta ventila, a ΔP_u razlika tlakova vode na ulazu i izlazu ventila. Na izlazu iz spremnika nalazi se crpka konstantne brzine vrtnje s karakteristikom:

$$\Delta P_c = \Delta P_{cm} - \left(\frac{Q_c}{Q_{cn}} \right)^2 (\Delta P_{cm} - \Delta P_{cn}),$$

pri čemu je Q_c izlazni maseni protok iz crpke, a ΔP_c je razlika tlakova na ulazu i izlazu crpke. Tlak iznad tekućine u spremniku atmosferski je tlak. U svrhu obrade tekućine, potrebno je održavati željenu razinu tekućine u spremniku h_1 , a dostupna upravljačka varijabla je otvorenost ventila, x_{vu} .



Slika 1. Sustav regulacije protoka tekućine

- (4 boda) Odredite nelinearni matematički model sustava i postavite diferencijalne jednadžbe.
- (6 bodova) Linearizirajte model u radnoj točki $h_0 = 4.9643$ m, $x_{vu} = 40\%$ i prikažite ga u obliku prijenosne funkcije $\frac{H(s)}{X_{vu}(s)}$.
- (5 bodova) Korištenjem PI regulatora ubrzajte rad procesa 10 puta. Odredite parametre regulatora i prikažite prijenosnu funkciju zatvorenog kruga upravljanja te ispitajte stabilnost sustava.

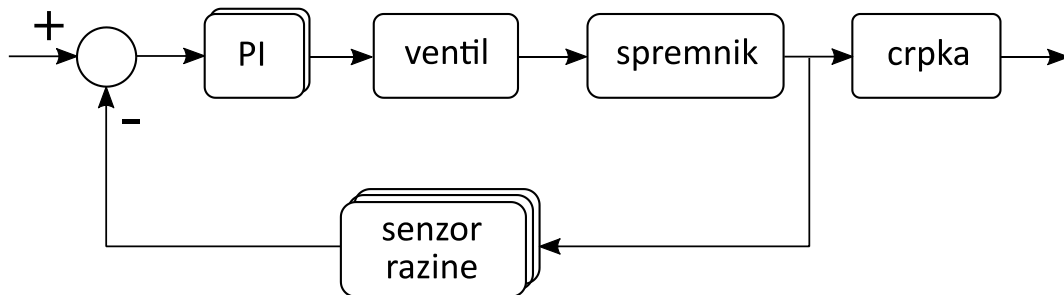
Zadano je:

$A = 2 \text{ m}^2$ - površina spremnika
 $A_c = 0.02 \text{ m}^2$ - površina presjeka izlazne cijevi
 $k_{vu} = 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s} \sqrt{\text{Pa}}}$ - konstanta ventila
 $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ - ubrzanje sile teže
 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ - gustoća vode

$\Delta P_{cn} = 1.2 \text{ bar}$ - nominalna razlika tlakova na krajevima crpke;
 $P_u = 2 \text{ bar}$ - tlak na ulazu u ventil
 $P_i = 3 \text{ bar}$ - tlak na izlazu iz crpke
 $\Delta P_{cm} = 2\Delta P_{cn}$ - razlika tlakova na krajevima crpke pri nultom protoku
 $Q_{cn} = Q_{i0}$ - nominalni protok crpke

Zadatak 2. (15 bodova)

Blokovska shema sustava upravljanja iz Zadatka 1. prikazana je na slici 2. U svrhu povećanja pouzdanosti sustava, uvedena su dva dodatna redundantna mjerna člana razine tekućine u spremniku koja su povezana u strukturi statičke redundancije (većinska odluka 2 od 3). Funkcionalnost PI regulatora implementirana je u procesnom računalu. U sustav je također uvedeno redundantno računalo s istovjetnim algoritmom regulatora koje je s osnovnim računalom povezano u strukturi dinamičke slijepe redundancije. Srednja vremena između dvaju uzastopnih ispada pojedinih elemenata sustava zadana su Tablicom 1 i svi navedeni elementi imaju funkciju pouzdanosti oblika $R(t) = e^{-\lambda t}$.



Slika 2. Blokovska shema sustava

Element	MTBF u danima
mjerni član razine (bez redundancije)	750
sklop za usporedbu u strukturi statičke redundancije	5000
ventil	1400
crpka	2000
procesno računalo (bez redundancije)	2800
spremnik	10000

Tablica 1. MTBF elemenata sustava

- (4 boda) Odredite funkciju pouzdanosti mjernih članova razine tekućine u strukturi statičke redundancije.
- (6 bodova) Odredite funkciju pouzdanosti PI regulatora u strukturi dinamičke slijepe redundancije.
- (3 boda) Odredite funkciju pouzdanosti cijelog sustava upravljanja.
- (2 boda) Kolika je vjerojatnost da će sustav ispravno raditi i nakon 1 godine?