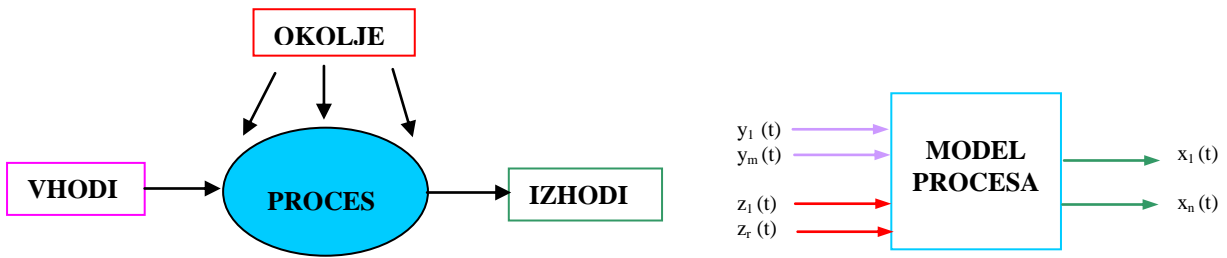


VODENJE PROCESA



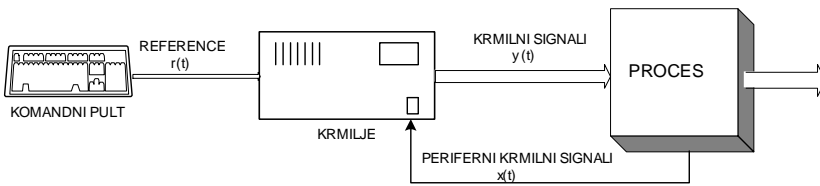
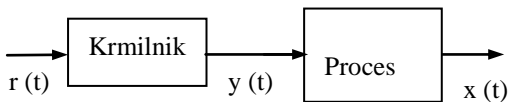
S pomočjo funkcijskih odvisnosti G lahko zapišemo sistem modela:

$$x_1 = G_1 (y_1, y_2, \dots, y_m; z_1, z_2, \dots, z_r)$$

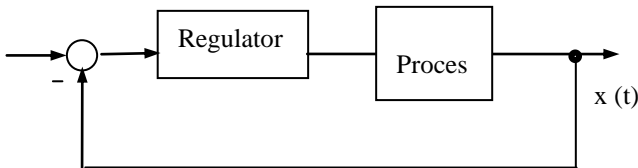
$$x_2 = G_2 (y_1, y_2, \dots, y_m; z_1, z_2, \dots, z_r)$$

$$x_n = G_n (y_1, y_2, \dots, y_m; z_1, z_2, \dots, z_r)$$

Odprto-zančni sistem: krmiljenje

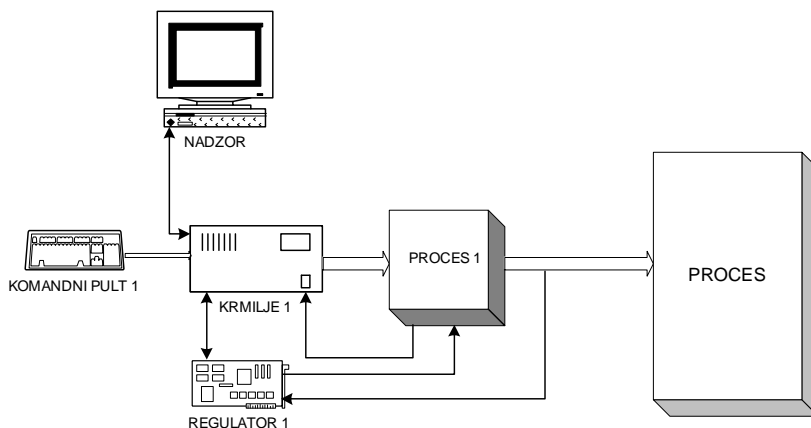


Zaprto-zančni sistem: regulacija



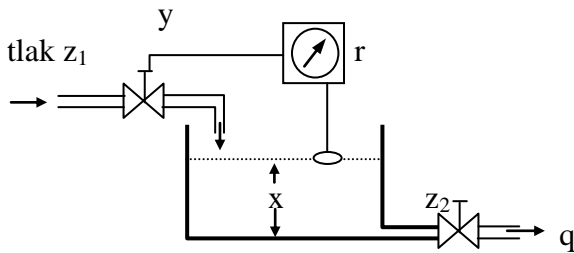
$r(t)$... referenčna veličina (veličina vodenja)
 $e(t)$... regulacijski pogrešek
 $y(t)$... regulirna (nastavitvena) veličina
 $x(t)$... regulirana veličina

Krmilno regulacijski sistem z nadzorom

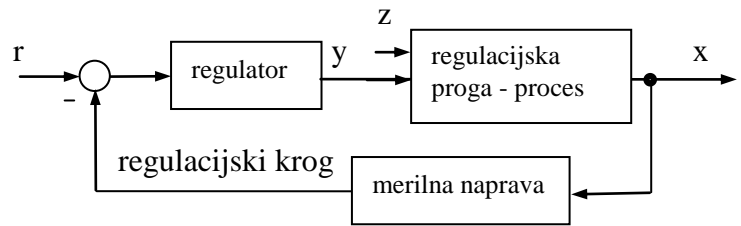


REGULACIJA PROCESA

Regulacija nivoja vode:



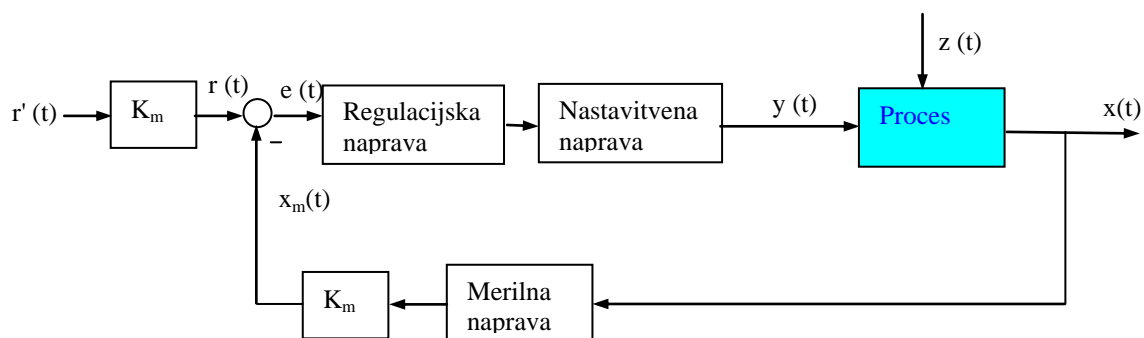
Blok shema regulacije:



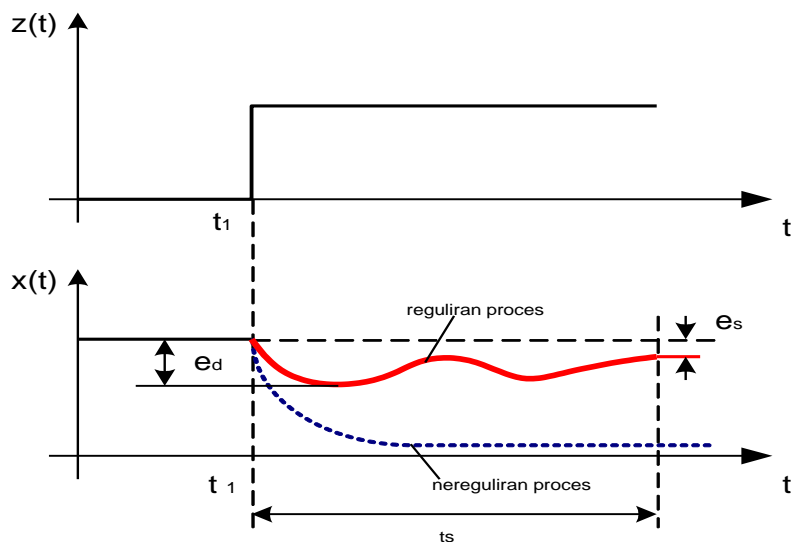
Osnovni pojmi regulacijske tehnike

Pojmi	Znak	Definicije po DIN 19226, DIN 19221
Veličina vodenja ali referenčna veličina	w r	Od regulacije neodvisna in v regulator dovedena veličina, kateri naj bi sledila regulirana veličina
Območje vodenja ali referenčno območje	W_h , R_h	Območje, v kateri sme biti veličina vodenja
Regulacijska naprava - regulator		Celotna naprava, preko katere nastavitveni člen zahtevam primerno vpliva na regulacijsko progo – proces.
Regulacijski krog		Vsi členi zaprtega poteka delovanja regulacije
Regulacijska proga		Del naprave, pri kateri je regulirana veličina primerno dosežena
Regulirana veličina	x	Veličina, ki naj bo konstantna ali poteka po določenem programu
Regulacijsko območje	X_h	Območje, v katerem je lahko regulirana veličina ob upoštevanju dovoljenih meja motilnih veličin
Regulacij. pogrešek	x_w	Razlika med regulirano veličino in veličino vodenja: $x_w = x - w(r)$
Regulacij. diferenca	e	Negativni regulacijski pogrešek: $e = w(r) - x$
Nastavitvena veličina	y	Prenaša krmilno delovanje regulatorja na regulacijsko progo (regulirna veličina)
Nastavitv. območje	Y_h	Območje, v katerem je nastavljava nastavitvena veličina
Nastavitveni člen ali izvršilni člen		Na vohu regulacijske proge postavljeni člen, ki vpliva na energijski tok glede na vrednost nastavitvene veličine
Motilna veličina	z	Iz okolja delujoče veličine, ki delujejo na regulacijsko progo in neželjeno vplivajo na regulirano veličino
Območje motenj	Z_h	Območje, v katerem smejo ležati motilne veličine, ne da bi bila prizadeta funkcijska sposobnost regulacije.

Regulacijski sistem:

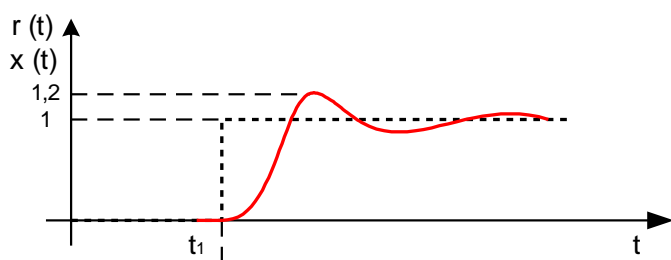


Časovni potek izhoda reguliranega procesa:

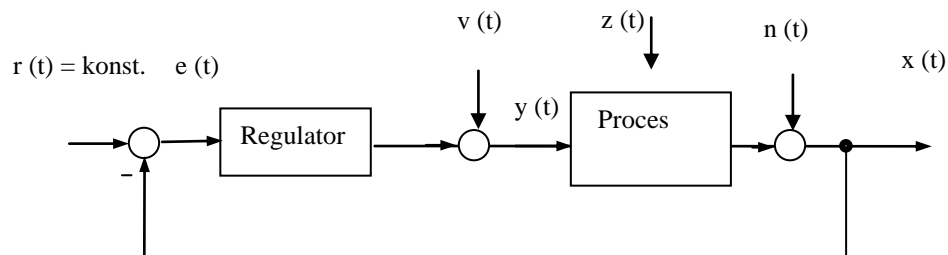


Delovanje regulacijskega sistema

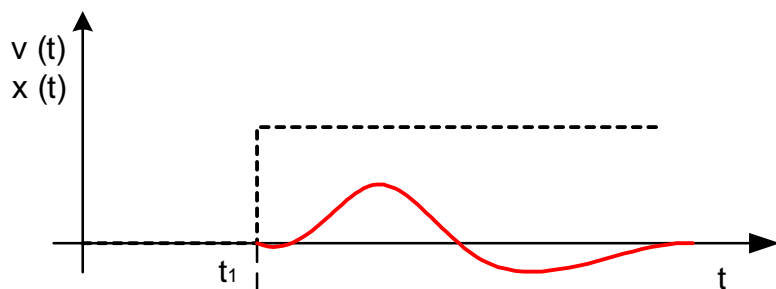
1. Sledilno delovanje



2. Regulacijsko delovanje

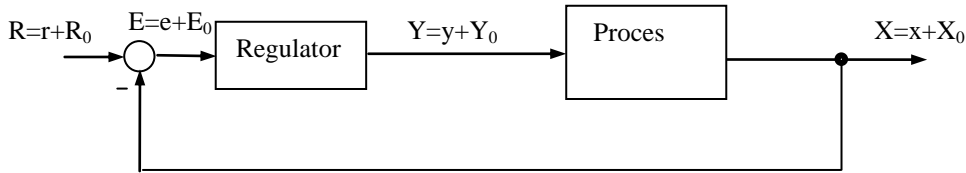


Odziv na motnjo na regulirni veličini v regulacijskem sistemu:



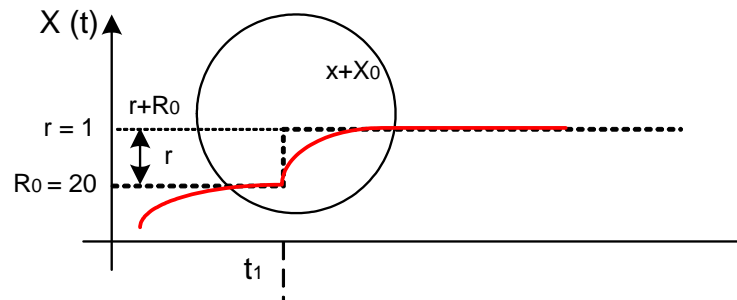
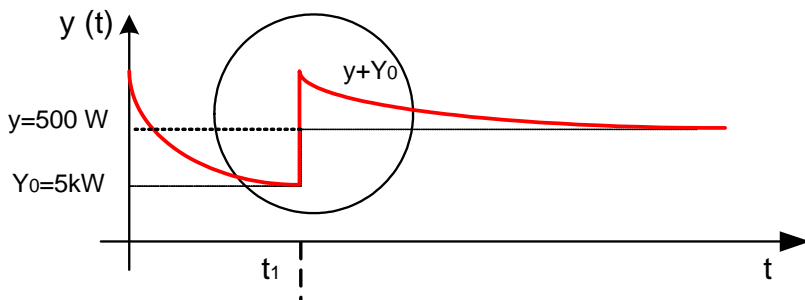
Regulacijski sistem v delovni točki

Spremembe signalov obravnavamo okoli delovne točke, pri čemer vrednosti delovne točke ne upoštevamo.



Primer delovanja regulacijskega sistema v delovni točki

V prostoru imamo nastavljeno želeno temperaturo na $20\text{ }^\circ\text{C}$. Ta temperatura se vzpostavi po določenem prehodnem pojavu in zahteva moč grelca 5 kW . Če spremenimo želeno temperaturo za $1\text{ }^\circ\text{C}$, se po prehodnem pojavu moč grela poveča za 500 W .



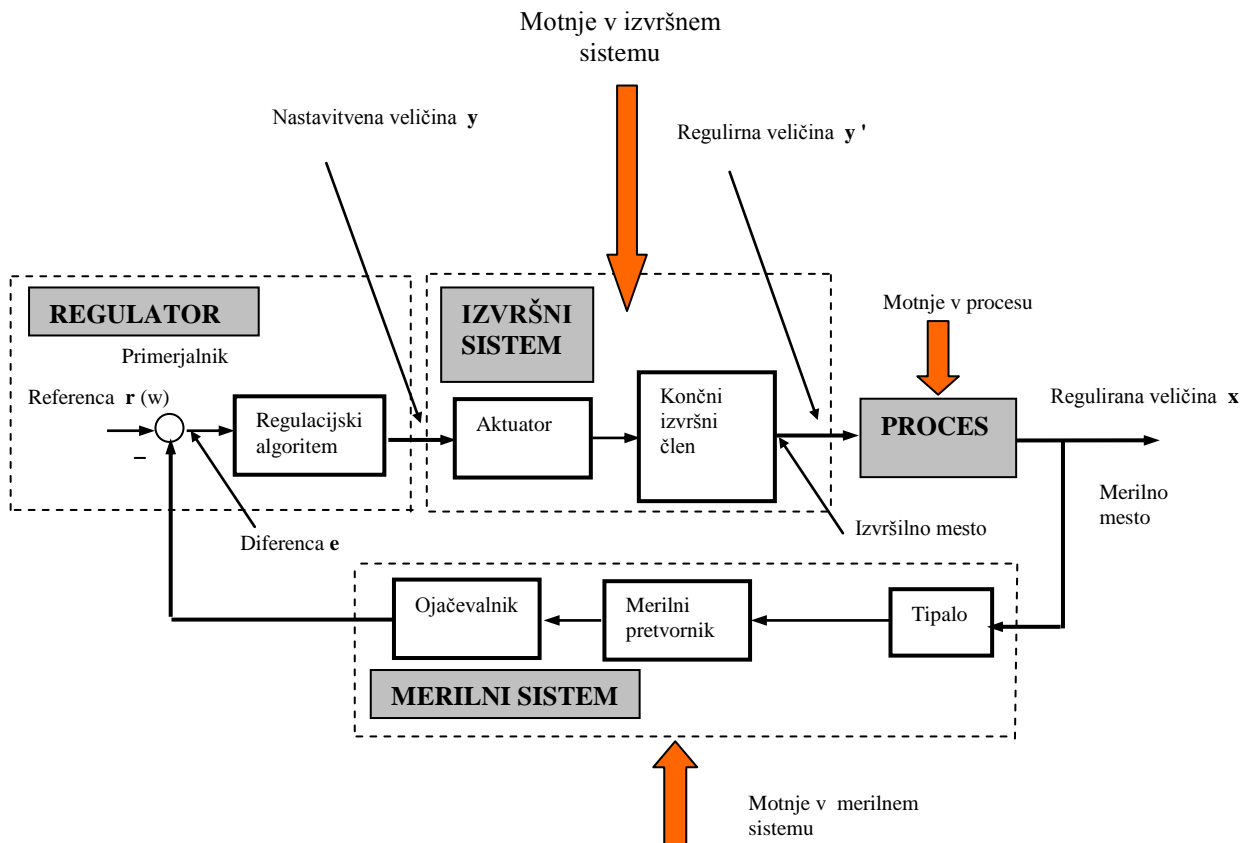
Tipi regulacijskih sistemov

- Servo sistem
- Procesni regulacijski sistem
- Stohastični regulacijski
- Adaptivni regulacijski sistem
- Samo-učeči regulacijski sistem (learning control systems)

Razdelitev regulacijskih sistemov

- Linearni in nelinearni regulacijski sistemi
- Časovno nespremenljivi in spremenljivi regulacijski sistemi
- Zvezni, diskretni in kombinirani regulacijski sistemi
- Zvezni in nezvezni regulacijski sistemi
- Eno in večkanalni regulacijski sistemi
- Deterministični in stohastični regulacijski sistem

IZVEDBA INDUSTRIJSKEGA REGULACIJSKEGA SISTEMA



Regulirni del regulacijskega sistema tvorijo: **merilni sistem, regulator in izvršni sistem.**

Merilni sistem

- **tipalo**; namenjeno je tipanju in zajemanju regulirane veličine na merilnem mestu,
- **merilni pretvornik**; namenjen je pretvorbi signala tipala v standardni normirani signal (npr.:4 – 20 mA),
- **ojačevalnik**; ojačanje merilnega signala in filtriranje motenj.

Regulator

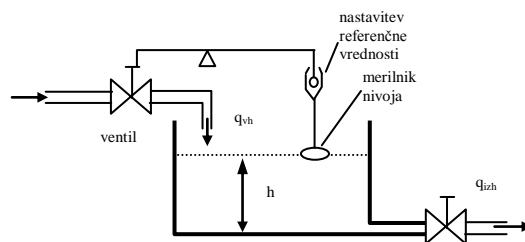
- **primerjalnik**; določanje razlike med želeno in pretvorjeno regulirano veličino (reg. diferenca),
- **regulacijski algoritem**; določanje regulirnega (nastavitvenega) signala,
- **vhodni filter**; izločanje motenj.

Izvršni sistem

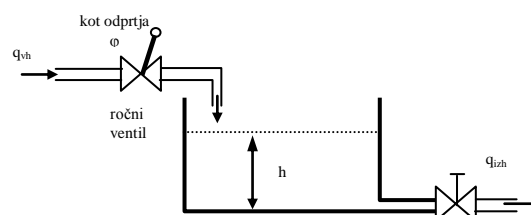
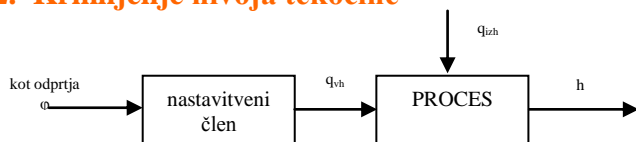
- **aktuator**; krmilni element končnega izvršnega člena (rele, kontaktor, tiristor, frekvenčni pretvornik, motor,...) in
- **končni izvršni člen**; neposredni krmilni element nastavljanja regulirne veličine (motorji, elektromagnetni ventili, lopute, zasuni,...).

Načini izvajanja krmilno – regulacijskih postopkov

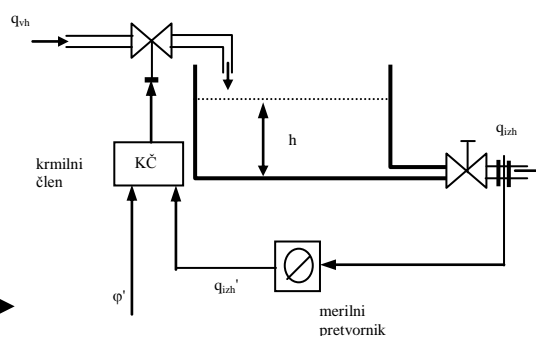
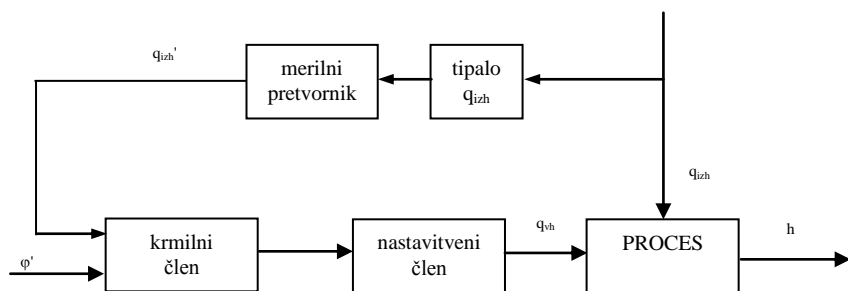
1. Regulacija nivoja tekočine brez pomožne energije



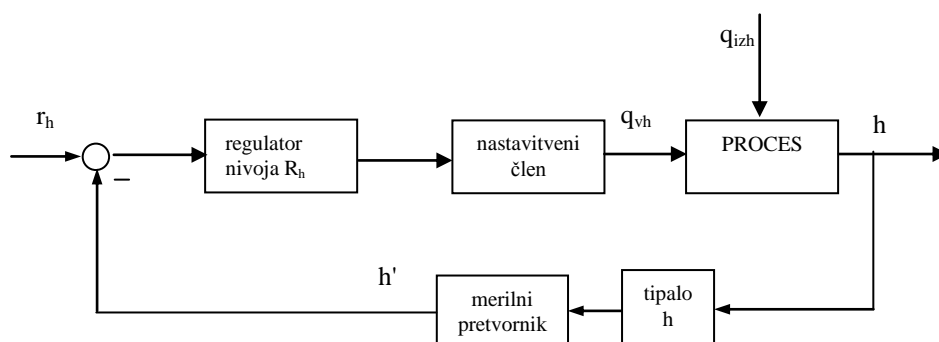
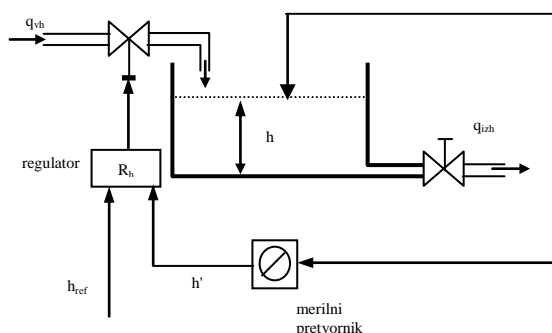
2. Krmiljenje nivoja tekočine



3. Krmiljenje z izločanjem motnje

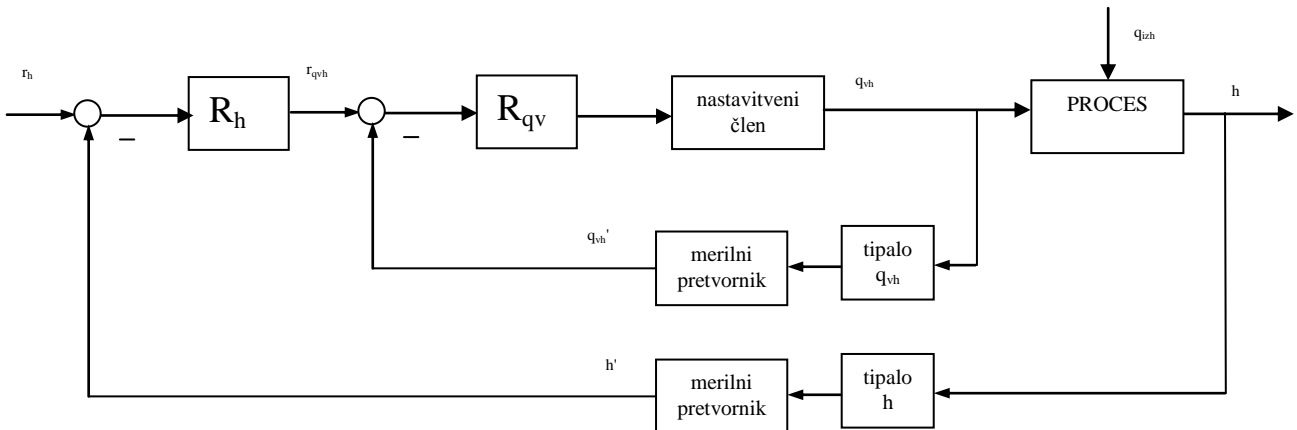
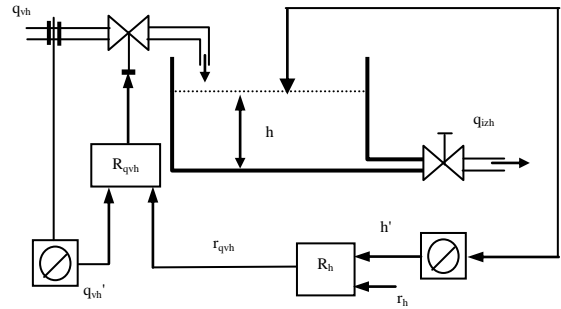


4. Regulacija nivoja



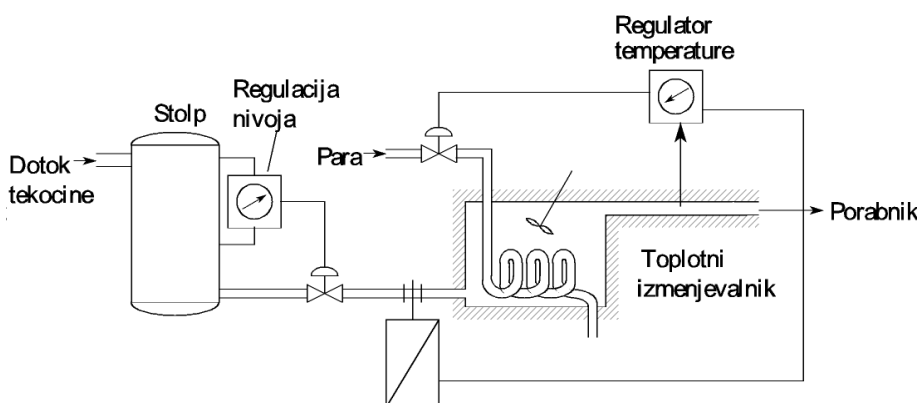
5. Kaskadna regulacija nivoja

Hitrost vodenja popravimo, če poleg nivoja merimo tudi pretok dotekajoče vode in namesto navadne regulacije uporabimo kaskadno regulacijsko strukturo.



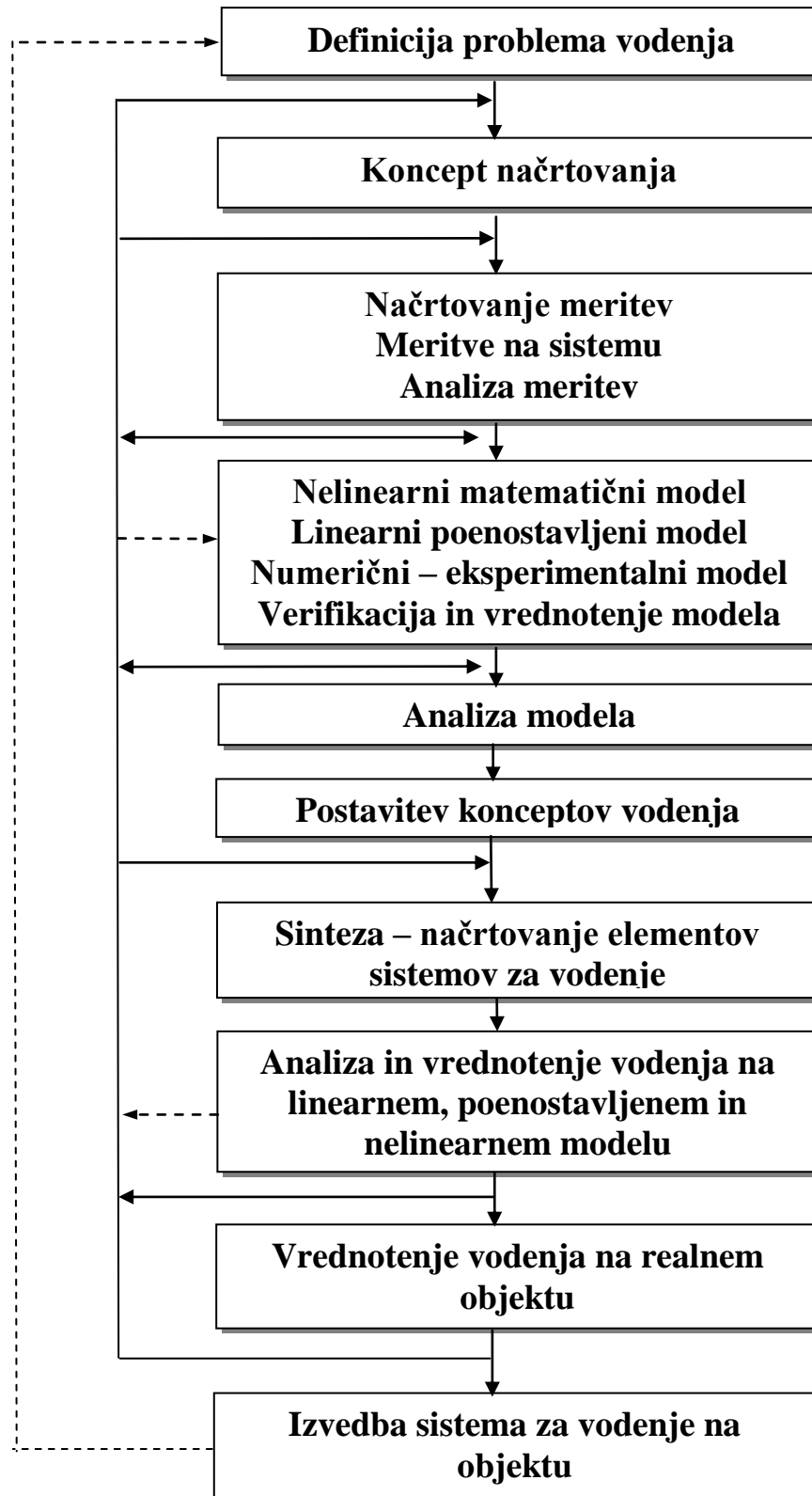
6. Krmiljenje z upoštevanjem motnje

Toplotni izmenjevalnik ogreva tekočino, ki prihaja iz stolpa k porabniku. Regulator meri temperaturo na izhodu in če ta odstopa od želene, spremeni pretok pare v toplotni izmenjevalnik. V sistem je dodano krmiljenje tako, da merimo spremembo pretoka (motnja), ki jo regulator takoj zazna.



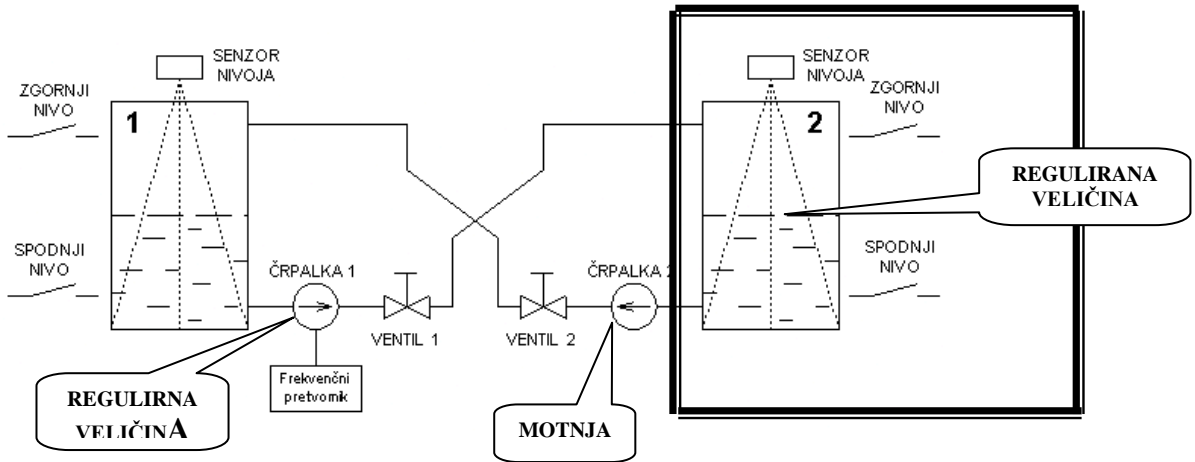
NAČRTOVANJE VODENJA SISTEMOV

Potek izgradnje krmilno-regulacijskega sistema

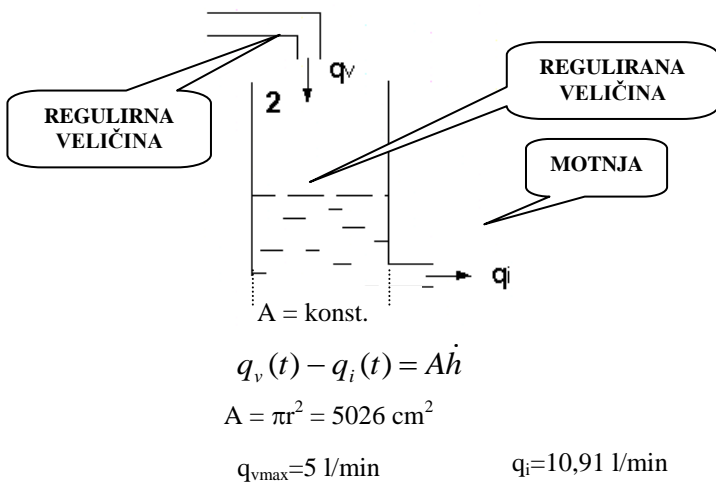


PRIMER REGULACIJE NIVOJA

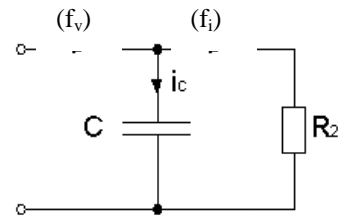
1. Tehnološka shema modela



2. Modeliranje

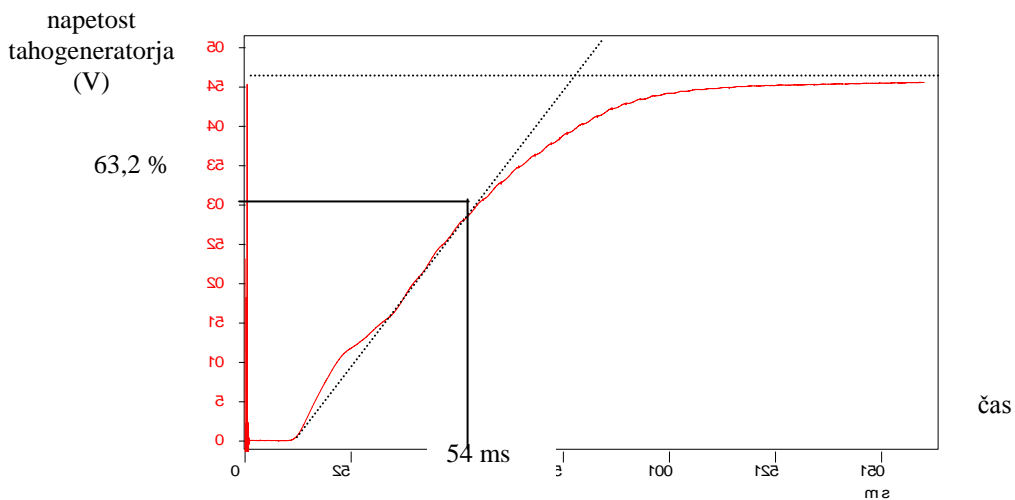


Električni ekvivalent posode:

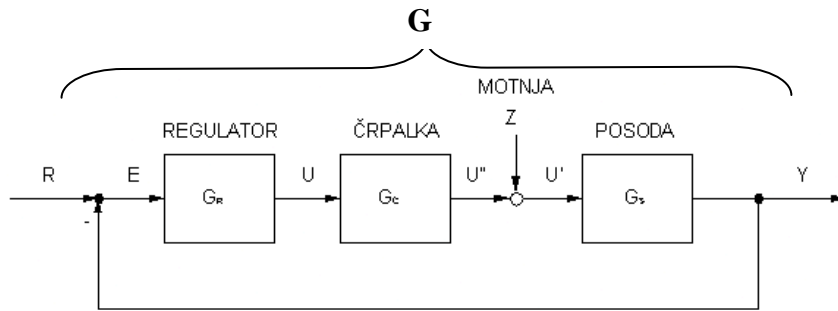


$$e = \frac{1}{C} \int (i_v(\tau) - i_i(\tau)) d\tau$$

$$\dot{e} C = i_v(t) - i_i(t)$$



3. Matematični model in regulacijska proga modela:



Izpeljava prenosne funkcije modela v primeru, ko je motnja enaka 0: $Z=0$

$$Y = G_S U = G_S G_C G_R E = G_S G_C G_R (R - Y)$$

$$Y = \frac{G_S G_C G_R}{1 + G_S G_C G_R} R \quad G_S = \frac{1}{T_S s} \quad G_C = \frac{1}{1 + s T_C}$$

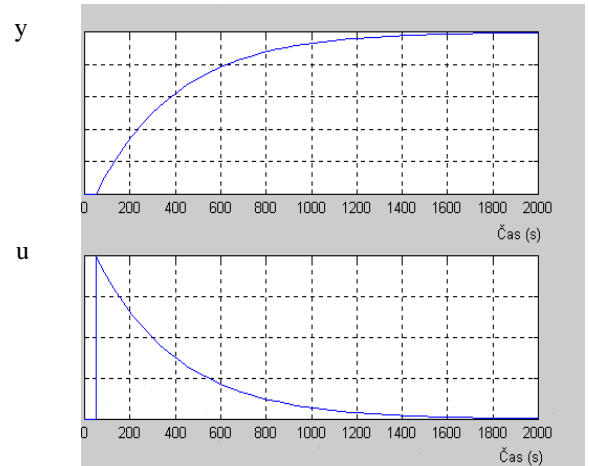
a.) P-REGULATOR

$$\underline{\underline{G_R = K_P}}$$

$$Y = \frac{\frac{1}{s T_S} \frac{1}{1 + s T_C} K_P}{1 + \frac{1}{s T_S} \frac{1}{1 + s T_C} K_P} R \quad \underline{\underline{Y = \frac{K_P}{s T_S (1 + s T_C) + K_P} R}}$$

$$G = \frac{Y}{R} = \frac{K_P}{s T_S (1 + s T_C) + K_P} = \frac{K_P}{s^2 T_S T_C + (T_S + T_C) s + K_P}$$

$$t \rightarrow \infty \longrightarrow s \rightarrow 0 \longrightarrow \underline{\underline{G = 1}}$$



b.) PI-REGULATOR

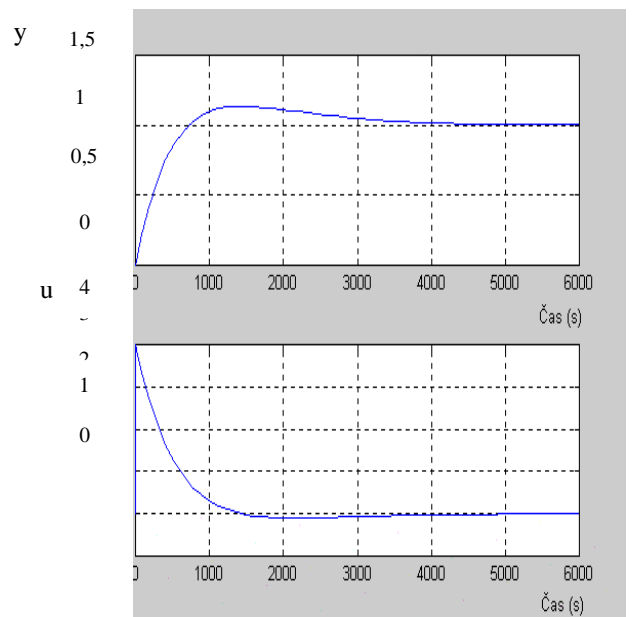
$$\underline{\underline{G_R = K_P + \frac{1}{s T_i}}}$$

$$Y = \frac{\frac{1}{s T_S} \frac{1}{1 + s T_C} \left(K_P + \frac{1}{s T_i} \right)}{1 + \frac{1}{s T_S} \frac{1}{1 + s T_C} \left(K_P + \frac{1}{s T_i} \right)} R$$

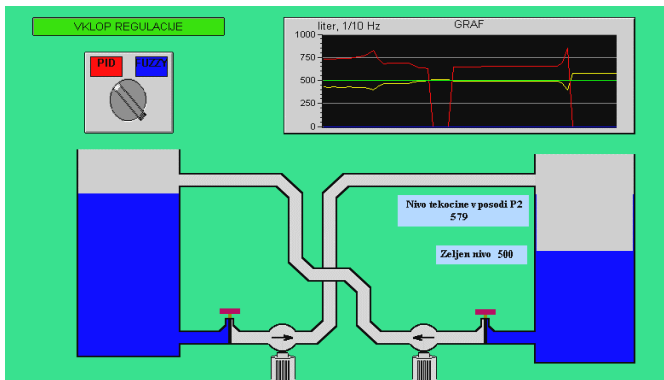
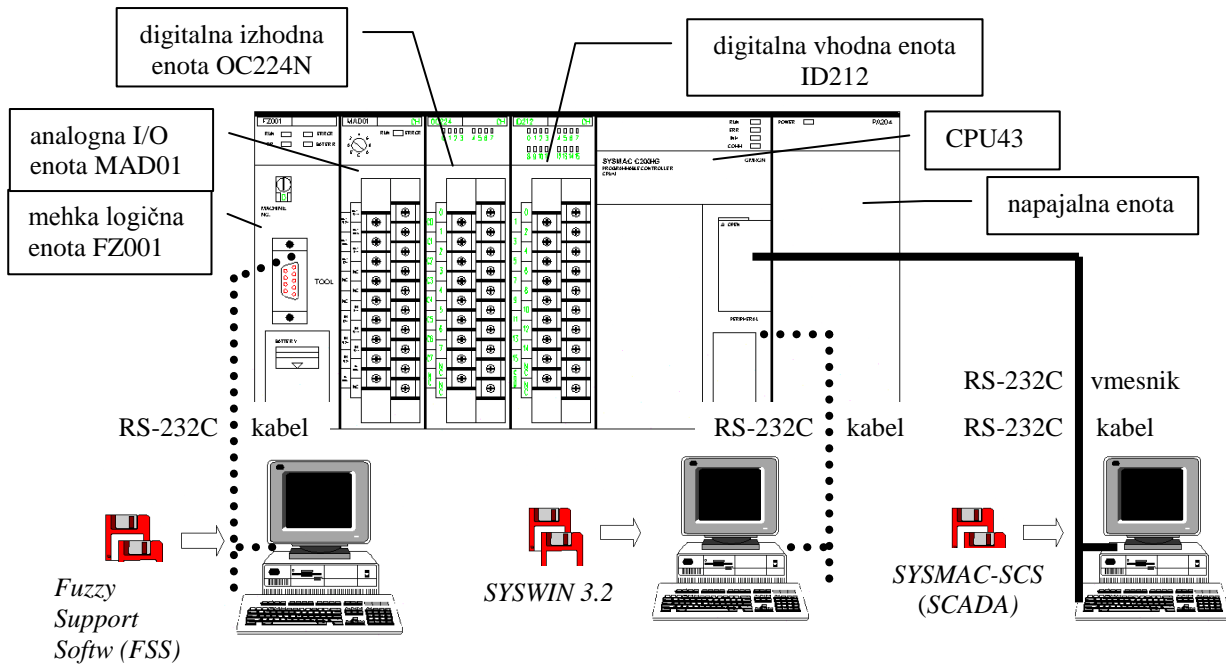
$$\underline{\underline{Y = \frac{s T_i K_P + 1}{s T_S (1 + s T_C) s T_i + K_P s T_i + 1} R}}$$

$$G = \frac{Y}{R} = \frac{s T_i K_P + 1}{s^3 T_S T_C T_i + s^2 T_S T_i + K_P s T_i + 1}$$

$$t \rightarrow \infty \longrightarrow s \rightarrow 0 \longrightarrow \underline{\underline{G = 1}}$$



3. Krmilno – regulacijska oprema



P regulator - sprememba želenega nivoja

