UPRAVLJAČKE KONTURE SA DOPUNSKIM INFORMACIJAMA

5.1. UVOD

Osnovni razlog koji ograničava brzinu djelovanja regulatora,a samim tim i tačnost regulisanja je inercionost objekta kao i kašnjenja bilo kojeg tipa unutar konture. Povećanje tačnosti regulisanja putem uvećavanja koeficijenta pojačanja regulatora nije moguće s obzirom na ograničenja koja diktira unaprijed zadata relativna stabilnost konture.

Problem povećanja tačnosti rada, sistema u tim uslovima može biti riješen putem odgovarajućeg usložnjavanja zakona upravljanja u regulatoru (dodatno diferenciranje, uvođenje specijalnih nelinearnih veza itd). Medjutim, u praksi automatizacije tehnoloških procesa do danas se primjenjuju skoro isključivo nekoliko najprostijih zakona upravljanja koji su ranije razmotreni. To se objašnjava prije svega veoma oštrim zahtjevima koje tehnika eksploatacije sistema automatskog upravljanja nameće u pogledu jednostavnosti, pouzdanosti i prostoće podešavanja aparatura od kojih se sintetišu upravljački sistemi. Zato se, u slučajevima kada prosta jednokonturna šema ne može obezbijediti neophodnu tačnost pri korišćenju najprostijih zakona upravljanja ne ide na usložnjavanje tih zakona nego na usložnjavanje šema regulisanja. Taj put je opravdan i time što se realizacija složenijih struktura može ostvariti i bez povećanja nomenklature aparata što omogućava ostvarenje automatizacije složenih procesa na osnovu relativno malog broja tipičnih aparatura. Navedeni problem sa proširenjem nomenklature upravljačkih algoritama je prevaziđen upotrebom digitalnih višekonturnih upravljačkih stanica unutar kojih se na jedinstvenoj opremi softverskim putem lagano organizuje bilo koji upravljački funkcionalni algoritam. Na primjer, promjena i usložnjavanje algoritma sa PID na PID kod koga je u kanalu proporcionalne obrade signala kvadrat greške ili na PID kod koga je u kanalu integralne obrade kvadrat greške ili prelaz na bilo koji drugi algoritam iz repertoara unaprijed smještenog u permanentnu memoriju stanice izvodi se davanjem jedne instrukcije koju bira algoritam u stanici.

Ali i u tom slučaju, bez obzira na fleksibilnost izbora i broja algoritama kojima raspolaže repetoar digitalne stanice, postoje određena ograničenja za primjenu različitog od klasičnog PID:

- najveća i najegzaktnija znanja kojima raspolaže projektantski i operativni personal vezana su za PID algoritam, jer je taj algoritam zasnovan na linearnoj teoriji automatskog upravljanja, te se najveća sigurnost u primjeni odnosi upravo na njega. Ostali algoritmi se koriste restriktivno i naknadno i uglavnom podešavaju eksperimentalno, nakon što je kontura podešavanja PID algoritma dovedena na maksimalni kvalitet koji je njime moguće dostići, sa nadom da se drugim algoritmima eventualno nešto i bolje postigne nego što je moguće sa PID algoritmom;
- ideja složenih kontura se sa informacionog aspekta svodi na povećanje količine informacija koje regulator dobija sa objekta. Regulatoru se dovode informacije koje dopunjavaju one informacije koje regulator prima u jednokonturnoj šemi. Obično se to svodi na davanje regulatoru informacija koje su više aktuelne sa vremenskog stanovišta (manje zakašnjele) nego one koje daje mjerenje regulisane veličine i formiranje greške poslije komparacije sa zadatom vrijednošću. A dovođenje povećanog prirodnog informacionog sadržaja koji ima kvalitet predikcionih karakter, uvijek je vezano sa manje teškoća i većim kvalitetom predikcionih informacija nego što je generisanje tih informacija u digitalnoj stanici.

To je i osnovni razlog što su i nakon pojave digitalnih stanica konture sa dopunskim informacijama i dalje veoma aktuelne, jer se praksa ne odriče strukturnih metoda za poboljšanje kvaliteta konture.

Dva su glavna tipa složenih kontura:

1.- kada u objektu postoji mogućnost kontrole nekih pomoćnih koordinata, koje se odzivaju na smetnje sa manjim kašnjenjem nego osnovna regulisana veličina (nekada su te veličine i same smetnje, ako su mjerljive).

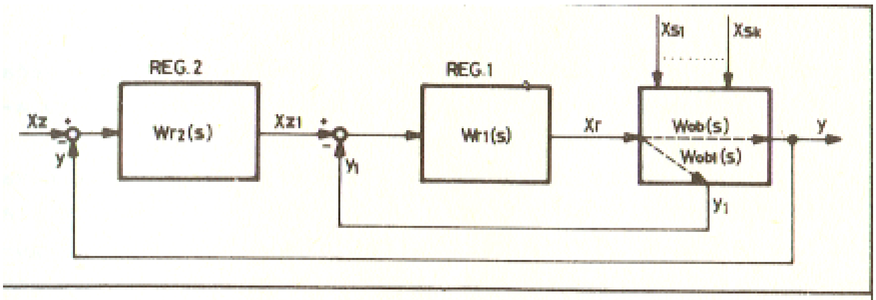
2.- kada objekat napadaju velike, mjerljive smetnje - informacije o tim smetnjama se uvode po posebnom informacionom kanalu.

Prvi tip šema se naziva KASKADNIM tipom, a drugi tip se naziva UPRAVLJANJE PO SMETNJI. Kao što če kasnije biti pokazano, u ove druge spadaju i šeme upravljanja objektima sa medjuvezanim koordinatama.

5. 2. KASKADNE ŠEME

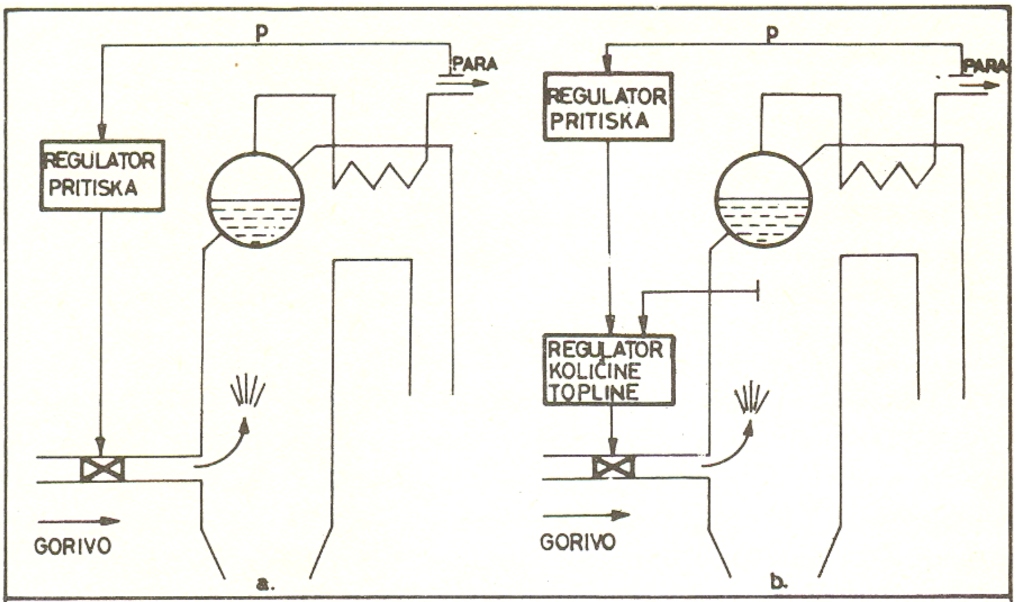
Jedna od rasprostranjenih šema regulisanja medju složenijim strukturama je šema u kojoj se uvodi dopunska stabilizacija neke pomoćne veličine dopunskim regulatorom.

Strukturna šema takvog sistema je pokazana na sl. 87.



Slika 87

Ovdje se regulisanje rada objekta sprovodi sa dva regulatora pri čemu **REG 2** koji kontroliše osnovnu regulisanu veličinu **y** pri njenom odstupanju od zadate vrijednosti djeluje ne na izvršni organ objekta nego na pomoćni regulator **REG 1** dajući mu zadatu vrijednost. Taj regulator održava na zadatoj vrijednosti neku pomoćnu velčinu $\mathbf{y_1}$ uzetu iz neke medjutačke regulisanog objekta. Pri tome se često može pokazati da uvodjenje pomoćnog regulacionog kruga nije neophodno po rad sistema u cjelini, medjutim, njegovo uvođenje, u pravilu, daje mogućnosti za značajno povećanje tačnosti rada i kvaliteta regulisanja. Ove šeme su posebno efikasne u slučajevima kada na objekat djeluju velike smetnje na strani izvršnog organa, a pomoćna regulisana veličina se odziva na te smetnje sa znatno manjim kašnjenjem i inercionošcu nego osnovna regulisana veličina.
Prema tome, da bi kaskadna regulacija uopšte imala smisla potrebno je naći pomoćnu veličinu koja je na pogodan način korelirana sa glavnom regulisanom veličinom, a da bi šema dobro radila potrebno je da pomoćna veličina ispunjava uslov koji traži njen brži odziv na smetnju u odnosu na brzinu odziva glavne regulisane veličine.
Na pr. takvo regulisanje je korisno primjeniti na regulisanje pritiska na parnom kotlu, ako se u njegov gorionik uvodi gorivo kod koga se mogu desiti nagle izmjene kvaliteta (kalorične moći). U tom slučaju, umjesto jednokonturne sheme (sl.88a) se upotrebljava dvokonturna (sl.88.b) sa stabilizacijom pomoćne veličine - u ovom slučaju količine toplote u gorioniku.



Slika 88.

Zadata vrijednost količine toplote se odredjuje u svakom trenutku regulatorom pritiska.

U ovoj šemi poslije pojave smetnje sa strane goriva, vrlo brzo sa vrlo malim kašnjenjem dolazi do promjene količine toplote razvijene u gorioniku što se vrlo brzo izreguliše regulatorom količine toplote. Pošto je inercionost objekta u ovoj konturi (gorivo- gorionik - količina toplote) relativno neznatna u odnosu na objekat (gorivo - gorionik - količina toplote - temperatura vode - pritisak pare) u glavnoj konturi, brzina ovog regulisanja je tako, relativno velika. Zato se kao rezultat stabilizacije procesa gorenja na smetnje od strane goriva dobija veoma malo djelovanje te iste smetnje na glavnu regulisanu veličinu - pritisak pare.

S druge strane, pri pojavi drugih smetnji (promjena opterećenja potrošnja pare i sl.) regulator na odgovarajući način mjenja količinu toplote koja treba da se razvija u gorioniku i time vraća pritisak na zadatu vrijednost.

U skladu sa tim, regulator koji stabiliše pomoćnu veličinu naziva se **stabilizacioni,** a onaj koji mu koriguje zadatu vrijednost naziva se **korekcionim** regulatorom.

5.2.1. Podešavanje regulatora u kaskadnoj strukturi

U opštem slučaju odredjivanje optimalnog podešavanja kaskadnih šema je vrlo komplikovan postupak. Na pr. u slučaju koji je opisan u prethodnom članu, za dva PI regulatora postoje četiri stepena slobode za podešavanje, te se zadatak podešavanja može uspješno i sigurno rješiti samo uz primjenu računara.
Medjutim, najčešće je moguće postupiti podešavanju približnim metodama od kojih svaka pristupa problemu sa istog stanovišta - pretpostavlja se mogućnost proračuna jedne konture nezavisno od druge. U opštem slučaju, to se čini kao prethodna analiza prije pristupa računarskoj obradi, ali se u većini praktičnih slučajeva sa dovoljnim stepenom tačnosti na tom približnom postupku može i ostati. Posebno u dva slučaja:

1.- U radu regulacionog sistema moguće je na kratko vrijeme isključenje korekcionog regulatora te se stabilizacioni podesi kao samostalan. Nakon toga se podesi korekcioni regulator koji u tom slučaju kao objekat osjeća cijeli ostatak strukture uključujući i već podešeni stabilizacioni regulator.
2. - Kada se inercionost stabilizacione konture može smatrati znatno manjom nego što je inercionost glavne konture. U tom slučaju prelazni procesi stabilizacione konture se praktično potpuno smire prije nego se pojave u glavnoj konturi. Tada je moguće sprovesti podešavanje jednog regulatora nezavisno od drugog. Ako se prisjetimo da se dvokonturna kaskadna regulacija najčešće primjenjuje tada kada je inercionost stabilizacione konture vrlo mala - tada se može sagledati važnost ovog slučaja za praksu.

1. SLUČAJ:

Podešavanje se može sprovesti slijedećim redom:

1.Po amplitudno-faznoj karakteristici objekta W_{ob1} (jω) koja vezuje pomoćnu regulisanu veličinu y1 i regulacionu veličinu x_r pronadje se običnim postupkom optimalna podešenost stabilizacionog regulatora uz pretpostavku da je korekcioni regulator isključen.

2.Odredi se optimalna podešenost korekcionog regulatora. Pri tome se smatra da pod objekat spada cijeli sistem koji u sebe uključuje i stabilizacioni regulator.

Zato je potrebno prije svega konstruisati: karakteristiku toga složenog objekta W_{obe2}(jω) za taj regulator. Prenosna funkcija toga ekvivalentnog objekta se nadje iz slijedećeg sistema jednačina koji opisuje sl. 87.

$$\begin{aligned} Y(s) &= W_{ob}(s)\bullet X_r(s) \\ X_r(s) &= W_{r1}(s)\bullet\left[X_{z1}(s)-Y_1(s)\right] \\ Y_1(s) &= W_{ob1}(s)\bullet X_r(s) \end{aligned} \qquad (309)$$

Eliminišući X_r(s) i Y_1(s) dobije se

$$\frac{Y(s)}{X_{z1}(s)} = W_{obe2}(s) = \frac{W_{ob}(s)\bullet W_{r1}(s)}{1+W_{ob1}(s)\bullet W_{r1}(s)} \qquad (310)$$

Ako se prenosna funkcija stabilizacionog regulatora REG1 predstavi u vidu $W_{r1}(s)=k_{r1}W'_{r1}(s)$ gdje je k_{r1} pojačanje tog regulatora – tada se jednačina (310) može pisati kao

$$W_{obe2}(s) = \frac{W_{ob}(s)\bullet W'_{r1}(s)}{\frac{1}{k_{r1}}+W_{ob1}(s)\bullet W'_{r1}(s)} \qquad (311)$$

Iz jed. (311) slijedi da za konstruiranje W_{obe2}(jω) prije svega treba nacrtati W_{ob}(jω).W'_{r1}(jω) i W_{ob1}(jω) W'_{r1}(jω) i zatim iz te dvije karakteristike odrediti Wob2 kao količnok dijeljenja vektora amplitudno-fazne karakteristike Wob(jω).W'r1(jω) (vektor od

koordinatnog početka do tačke na karakteristici za odredjenu frekvenciju) sa vektorom $W_{ob1}(j\omega)$ $W'_{r1(j\omega)}$ (vektor od tačke 1/kr na negativnoj realnoj osi do tačke na karakteristici za odredjenu frekvenciju ω).
(Karakteristika $W_{ob1}(j\omega)$ $W'_{r1}(j\omega)$ je već bila nacrtana prilikom odredjivanja podešenosti stabilizacionog regulatora).

Poslije odredjivanja karakteristike $W_{ob2}(j\omega)$ dalji postupak za odredjivanje podešenosti korekcionog regulatora REG 2 je standardan, kao za jednokonturnu šemu.

2 SLUČAJ

Ako je inercionost objekta s obzirom na pomocnu varijablu znatno manja nego s obzirom na glavnu varijablu, tada se brzina regulatora REG 1 može načiniti znatno većom nego brzina REG2. U vezi s tim, promjena zadate vrijednosti regulatora **REG 1** - x_{z1} je vrlo spora što praktično znači da taj regulator održava veličinu x na konstantnoj vrijednosti, tj. u prvoj aproksimaciji može se obzirom na prelazne pojave u glavnoj regulacionoj konturi smatrati da je

$$y_1 \approx x_{z1} \qquad (312)$$

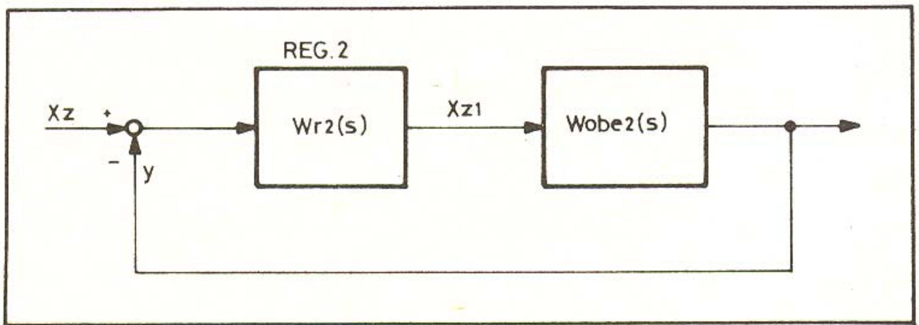
Tada se ekvivalentna prenosna funkcija objekta s obzirom na regulator **REG2** može naći iz sistema jednačina:

$$\begin{aligned} Y_1(s) &= W_{ob1}(s) \cdot X_r(s) \\ Y(s) &= W_{ob}(s) \cdot X_r(s) \\ Y_1(s) &= X_{z1}(s) \end{aligned} \qquad (313)$$

Eliminisanjem $X_r(s)$ i $Y_1(s)$ dobije se

$$\frac{Y(s)}{X_{z1}(s)} = W_{obe2}(s) \approx \frac{W_{ob}(s)}{W_{ob1}(s)} \qquad (314)$$

U tom slučaju strukturna šema sa sl.87. može se zamjeniti približnom šemom jednokonturnog sistema sa jednim korekcionim regulatorom REG 2 i objektom sa prenosnom funkcijom Wobe2(s).



Slika 89

Približnost šeme 89. realnoj situaciji odredjena je približnošču (312) koja zahtijeva da su prelazni procesi stabilizacione konture mnogo kraći od prelaznih procesa glavne konture.

Poslije odredjivanja optimalne podešenosti korekcionog regulatora REG 2 po amplitudno faznoj karakteristici $W_{obe2}(s)$ nalazi se optimalna podešenost stabilizacionog regulatora **REG 1**.

Prenosna funkcija ekvivalentnog objekta za taj regulator se odredjuje na osnovu sl. 87.

$$W_{obe1}(s) = W_{ob1}(s) + W_{ob}(s) W_{r2}(s) \tag{315}$$

Nacrtavši amplitudno-faznu karakteristiku ekvivalentnog objekta može se običnim postupkom odrediti optimalna podešenost stabilizacionog regulatora REG 1.

Preporučuje se slijedeći postupak proračuna:

1.- Iz zadatih amplitudno faznih karakteristika objekta $W_{ob1}(s)$ i $W_{ob}(s)$ crta se amplitudno fazna karakteristika $W_{obe2}(j\omega)$ za regulator **REG 2**. Za to treba svaki vektor karakteristike $W_{ob}(j\omega)$ podjeliti odgovarajućim vektorom $W_{ob1}(j\omega)$ za odgovarajuću frekvenciju.
2.- Iz nadjene amplitudno-fazne karakteristike $W_{obe2}(j\omega)$ nalazi se optimalna podešenost korekcionog regulatora REG 2 standardnim postupkom.
3.- Crta se amplitudno-fazna karakteristika $W_{ob}(j\omega).W_{r2}(j\omega)$ poslije čega primjenjući pravilo paralelograma za sabiranje vektora, nalazimo karakteristiku ekvivalentnog objekta $W_{ob1}(j\omega) + W_{ob}(j\omega)\, W_{r2}(j\omega)$ za regulator **REG 1**.
4.- Iz nadjene karakteristike $W_{obe1}(j\omega)$ nalazi se optimalna podešenost stabilizacionog regulatora **REG 1**.

5.2.2 Šema sa uvodjenjem diferenciranja –pomoćne veličine

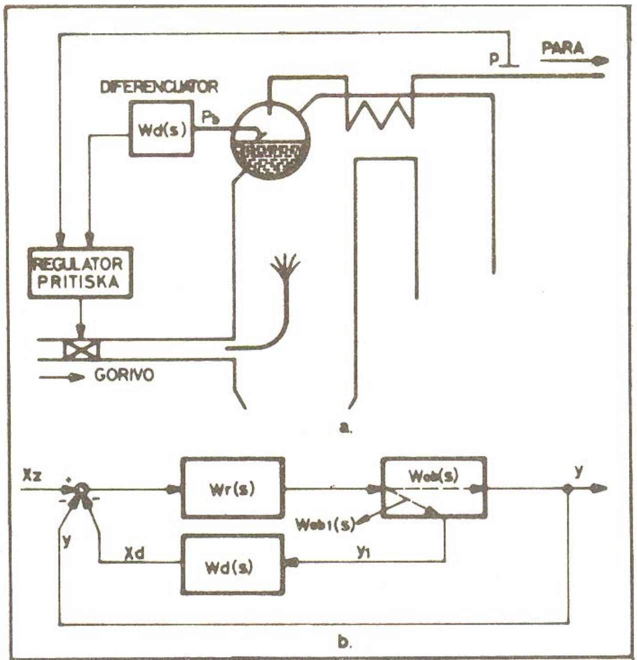
Uopšteno govoreći šema sa uvodjenjem diferencijala pomoćne veličine se može razmatrati kao specijalni slučaj šeme za kaskadnu regulaciju. Jedina razlika je u činjenici što se stabilizacioni regulator zamjenjuje blokom diferenciranja (realni diferencijator)

$$W_d(s) = \frac{k_d T_d \bullet s}{T_d \bullet s + 1} \tag{316}$$

Idealni diferencijator **kd Td • s** se ne koristi zbog poznate činjenice da diferencijator izuzetno ističe uvijek prisutni šum na korisnom signalu. Oblast primjene ovih struktura sa diferenciranjem pomoćne veličine je identična onoj za kaskadnu regulaciju sa napomenom da je upotreba diferencijatora i jeftinija nego primjena stabilizacionog regulatora.

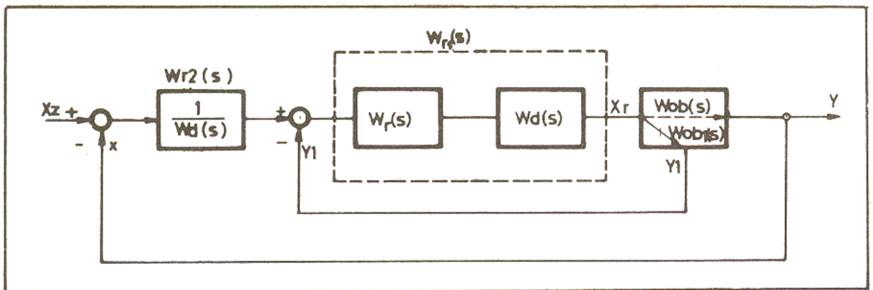
Diferenciranje, a ne proporcionalna funkcionalnost se koristi zato što u stacionarnom stanju uticaj pomoćne regulisane veličine treba da iščezne (u protivnom slučaju regulator bi održavao glavnu regulisanu veličinu ne na zadatoj vrijednosti nego na sumi zadate i pomoćne regulisane veličine).

Sa te tačke gledišta diferenciranje je ovdje (za razliku od uvodjenja diferenciranja u zakon regulisanja) potrebno ne za poboljšanje dinamike regulisanja nego za dobijanje vremenski iščezavajućeg djelovanja (koji opet svojim postojanjem posebno poboljšava kvalitet regulisanja). Sl.90. pokazuje primjer primjene ovakve šeme u kojem se uzima diferencijal od pritiska u bubnju parnog kotla kao dopunska informacija.



Slika 90

Strukturna šema sa slike 90 b formalno se može zamijeniti šemom sa slike 91. koja se ničim ne razlikuje od šeme sa stabilizacionim regulatorom s slike 87. ako se označi



Slika 91

$$W_{r1}(s) = W_d(s) \bullet W_r(s) \qquad (317)$$

$$W_{r2}(s) = \frac{1}{W_d(s)} \qquad (318)$$

Ovdje su $W_{r1}(s)$ i $W_{r2}(s)$ prenosne funkcije regulatora sa sl. 87., a $W_r(s)$ i $W_d(s)$ prenosna funkcija regulatora i diferencijatora sa sl.80.b.

Tako se na pr. ako je u šemi sa diferenciranjem upotrebljen PI regulator tada su prenosne funkcije:

$$W_{r2}(s) = \frac{1}{k_d} \frac{T_d s + 1}{T_d\, s} \qquad (317)$$

$$W_{r1}(s) = k_d k_r \frac{T_d}{T_i} \frac{T_i s + 1}{T_d s + 1} \qquad (318)$$

tj. korekcioni regulator je PI , a stabilizacioni ima vid integralno-diferencijalnog bloka.

Za slučaj kada je inercionost unutrašnje konture znatno manja nego inercionost vanjske preporučuje se sledeći postupak proračuna podešavanja:

Iz poznatih amplitudsko-faznih karakteristika $W_{ob}(j\omega)$ i $W_{ob1}(j\omega)$ konstruiše se karakteristika

$$\frac{W_{ob}(j\omega)}{W_{ob1}(j\omega)}$$

iz koje se zatim nađe optimalna podešenost parametara korekcionog regulatora $W_{r2}(s)$. Znajućite parametre lako je naći optimalne parametre diferencijatora

Odredi se amplitudno- fazna karakteristika ekvivalentnog objekta za regulator $W_r(s)$ sa sl. 90.b.

$$W_{obe}(j\omega) = W_{ob1}(j\omega)W_d(j\omega) + W_{ob}(j\omega) \qquad (321)$$

po kojoj se standardnim postupkom odredi optimalna podešenost regulatora $W_r(s)$.

5.3. Sistemi za upravljanje po smetnji

5.3.1. Uslovi invarijantnosti regulisane veličine sa obzirom na smetnju

Kod svih ranije posmatranih sistema bilo je nemoguće postići potpuni nestanak odstupanja regulisane veličine od zadate vrijednosti. To se objašnjava činjenicom što se regulator koji se nalazi u zatvorenoj konturi nije moguće pretjerano povećavati pojačanje u cilju povećanja tačnosti rada sistema zbog gubitka stabilnosti sistema. Uvodjenje dodatnih kontura u pravilu popravlja tačnost sistema, ali ne može potpuno otstraniti grešku u regulisanju. Sa te tačke gledišta, znatnim prednostima nad sistemima sa zatvorenom povratnom spregom raspolažu sistemi sa tzv. djelovanjem u otvorenoj konturi.

Najprostija varijanta strukturne šeme takvog sistema je prikazana na sl.92. a. U toj šemi nema povratne sprege i prema tome nema uslova za pojavu nestabilnog rada. U vezi sa tim, postoji velika sloboda izbora parametara regulatora prema zahtjevima upravljanja. Za tu strukturu važi:

$$Y(s) = W_r(s)W_{ob}(s)X_z(s) \qquad (322)$$

gdje su Wr(s) i Wob(s) prenosne funkcij regulatora 6dnosno objekta. U skladu sa tim izrazom, ako se odabere prenosna funkcija regulatora

$$W_r(s) = \frac{1}{W_{ob}(s)} \qquad (323)$$

tada ce biti ispunjeno idealno regulisanje, tj.

$$y = x_z \qquad (324)$$

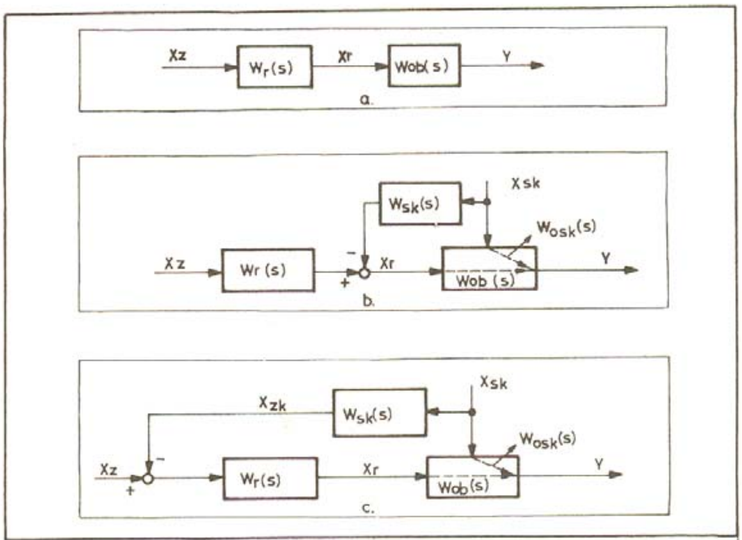
odnosno, regulirana veličina ce apsolutno tačno slijediti promjenu zadate vrijednosti, ili će regulisana veličina apsolutno tačno biti održavana na zadatoj vrijednosti.

Medjutim, osnovni nedostatak ovakvog otvorenog sistema je mogućnost proizvoljnog otklanjanja regulisane veličine od zadate vrijednosti uslijed djelovanja vanjskih smetnji. Jedan od puteva i to najradikalniji da se otkloni uticaj smetnji je prelazak na sistem sa povratnom spregom, ali postoji i drugi put - upravljanje po smetnji. Strukturna šema sistema koji radi na tom principu se vidi na sl.92.b.

U tom sistemu dodatni regulator na osnovu informacije o smetnji djeluje na regulisani objekat u cilju spriječavanja otstupanja regulisane veličine u zavisnosti od smetnje.

$$Y(s)=\left[W_{osk}(s)-W_{sk}(s)W_{ob}(s)\right]X_{sk}(s) \tag{325}$$

gdje je: $W_{osk}(s)$ – prenosna funkcija objekta s obzirom na smetnju x_{sk},
$W_{sk}(s)$ - prenosna funkcija regulatora koji djeluje po smetnji



slika 92

Iz (325) slijedi da ako se prenosna funkcija regulatora po smetnji izabere iz uslova

$$W_{osk}(s)-W_{sk}(s)W_{ob}(s)=0 \tag{326}$$

tj.

$$W_{sk}(s)=\frac{W_{osk}(s)}{W_{ob}(s)} \tag{327}$$

tada je y=0 i regulisana veličina y uopšte ne reaguje na smetnju xsk ili drugim riječima regulisana veličina je invarijantna s obzirom na tu smetnju.

Vidi se da ova šema nema zatvorenih kontura, da radi na principu kompenzacije smetnje i zato izbor parametara regulatora u njoj nije ograničen uslovima stabilnosti.

Druga varijanta strukturne šeme sistema za upravljanje po smetnji je na sl. 92.c. Ovdje izlazna veličina regulatora po smetnji (ili kako će se ovaj regulator ubuduće zvati – uređaj za djelovanje po smetnji) dolazi na ulaz regulatora i djeluje zajedno sa zadatom vrijednošću

Odstupanje regulisane veličine u tom sistemu je dato sa

$$Y(s)=\left[W_{osk}(s)-W_{sk}(s)W_{r}(s)W_{ob}(s)\right]X_{sk}(s) \tag{328}$$

Ako se prenosna funkcija uređaja za uvođenje djelovanja po smetnji odredi iz uslova

$$W_{osk}(s) - W_{sk}(s) W_r(s) W_{ob}(s) = 0 \tag{329}$$

tj.

$$W_{sk}(s) = \frac{W_{osk}(s)}{W_r(s) W_{ob}(s)} \tag{330}$$

tada će sistem biti invarijantan s obzirom na smetnju. Uzimajući uz to u obzir i izraz za optimalnu prenosnu funkciju regulatora koji djeluje na objekat regulacionom veličinom, saglasno jednačini (323)

$$W_r(s) = \frac{1}{W_{ob}(s)}$$

dobije se

$$W_{sk}(s) = W_{osk}(s) \tag{331}$$

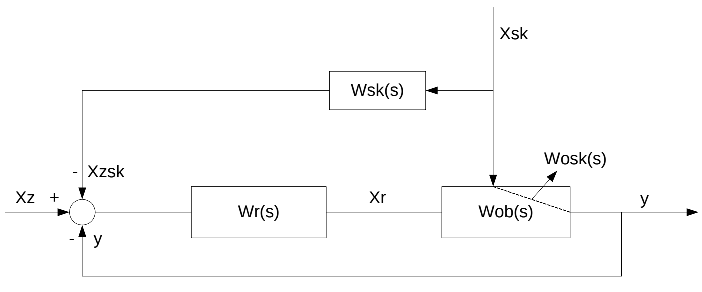
tj. uređaj za uvođenje djelovanja po smetnji treba da bude doslovni model prenosne funkcije objekta s obzirom na smetnju i zato će se u daljem tekstu kratko nazivati "model".

Međutim u realnim sistemima nije moguće obuhvatiti mjerenjem sve smetnje koje mogu djelovati na objekat i upravljati po njima. Zato ovaj ti uređaja ne može zadovoljiti osim u vrlo rijetkim slučajevima kada značajno veliko samoizravnavanje objekta svodi otklanjanje regulisane veličine uslijed neobuhvaćenih smetnji za zadovoljavajuće malu mjeru. Zato se ovakvi sistemi upotrebljavaju zajedno sa sistemima sa povratnom spregom i nazivaju se kombinovanim sistemima.

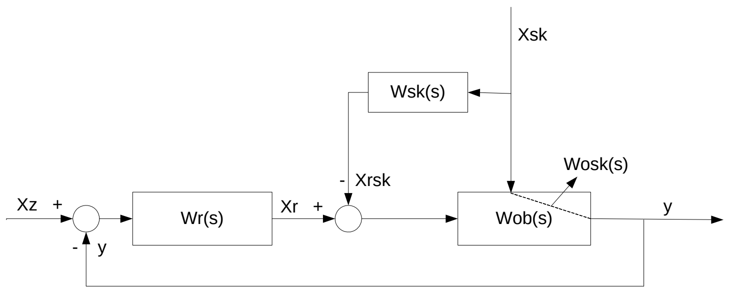
5.3.2. Kombinovani sistemi

Šema prikazana na slici 93.a prikazuje principijelnu strukturu djelovanja kombinovanog sistema po smetnji na ulazu regulatora, a slika 93.b šemu sa djelovanjem po smetnji na ulazu objekta. Kao primjer kombinovane strukture biće prikazana tzv. "dvoimpulsna" regulacija napajanja bubnja kotla vodom sl.94. Za razliku od "jednoimpulsne" šeme, kod koje na ulaz regulatora dolazi samo podatak o nivou u bubnju kotla, u ovoj šmi na ulaz regulatora dolazi i dodatno djelovanje o potrošnji pare iz kotla

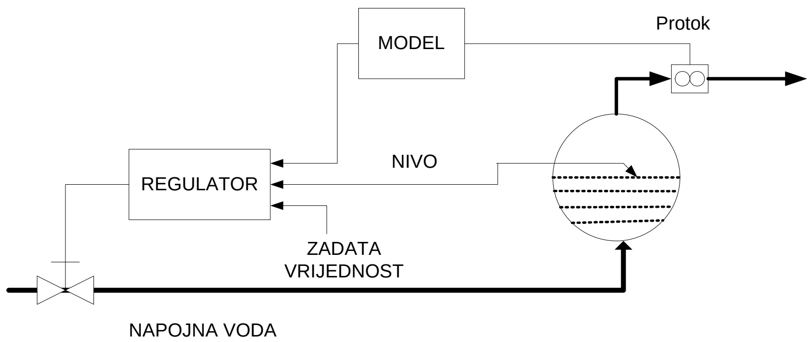
Kod kombinovanih sistema osnovna prednost u odnosu na prosti regulacioni krug je činjenica da postoji mogućnost izbora željene prenosne funkcije "modela" bez obaziranja na stabilnost sistema.



Slika 93. a



Slika 93. b



Slika 94.

Za sliku 93. a vrijedi

$$Y(s) = W_{ob}(s)X_r(s) + W_{osk}(s)X_{sk}(s) \qquad (332)$$

$$X_r(s) = W_r(s)\left[X_z(s) - Y(s) - W_{sk}(s)X_{sk}(s)\right] \qquad (333)$$

gdje je $W_{sk}(s)=X_{zsk}(s)/X_{sk}(s)$ prenosna funkcija uređaja za uvođenje djelovanja po smetnji ("modela").

Isključivši iz tog sistema jednačina koordinatu $X_r(s)$ dobije se:

$$Y(s) = \frac{W_{ob}(s)W_r(s)}{1+W_{ob}(s)W_r(s)}X_z(s) + \frac{W_{osk}(s) - W_{ob}(s)W_r(s)W_{sk}(s)}{1+W_{ob}(s)W_r(s)}X_{sk}(s) \qquad (334)$$

Ovaj izraz se može napisati i kao:

$$Y(s) = \Phi_y(s)\left[X_z(s) + W_{\Phi sk}(s)X_{sk}(s)\right] \qquad (335)$$

Pri ovakvom obliku šema saslike 93 a se može prikazati slikom 95. gdje je dio sa prenosnom funkcijom

$$\Phi_y(s) = \frac{W_{ob}(s)W_r(s)}{1+W_{ob}(s)W_r(s)} \qquad (336)$$

određuje stabilnost, a dio sistema sa prenosnom funkcijom

$$W_{\Phi sk}(s) = \frac{W_{osk}(s)}{W_{ob}(s)W_r(s)} - W_{sk}(s) \qquad (337)$$

ima ulogu filtra koji prolaze smetnje prije svog ulaska u sistem.

Ove poslednje formule odgovaraju onima koje su izvedene za jednokonturne sisteme sa razlikom što kod jednokonturnih sistema povećanje filterske sposobnosti filtera je moguće samo izmjenom podešenosti regulatora, što vodi istovremenom pogoršanju stabilnosti sistema jer prenosna funkcija regulatora ulazi i u izraz za prenosnu funkciju filtera i u izraz za prenosnu funkciju zatvorenog sistema Φy(s) dok se kod kombinovanih sistema podešavanje filterskih sposobnosti filtera može provesti ne samo promjenom parametara regulatora nego i promjenom parametara "modela".

Konkretno ako se prenosna funkcija "modela" za k-tu smetnju odabere po uslovu

$$W_{sk}(s) = \frac{W_{osk}(s)}{W_{ob}(s)\,W_r(s)} \tag{338}$$

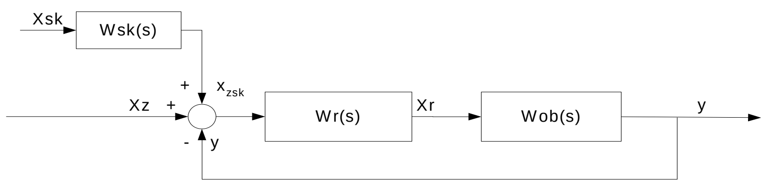
koja slijedi iz jednačine (335) odstupanje regulisane veličine pri djelovanju te smetnje će biti jednako nuli jer filter u tom slučaju uopšte ne propušta smetnju. Prema tome, ovaj uslov je uslov apsolutne invarijantnosti regulisane veličine sa obzirom na k-tu smetnju.

Analognim putem se može pokazati da je za šemu sa sl.93 b prenosna funkcija filtra s obzirom na k-tu smetnju

$$W_{\Phi sk}(s) = \frac{W_{osk}(s)}{W_{ob}(s)\,W_r(s)} - \frac{W_{sk}(s)}{W_r(s)} \tag{339}$$

a uslov apsolutne invarijantnosti se ostvaruje blokom

$$W_{sk}(s) = \frac{W_{osk}(s)}{W_{ob}(s)} \tag{340}$$



Slika 95