

1. Uvod

Zbog moguće razlike u stečenom predznanju i u nastojanju svodenja na približno istu početnu razinu, u ovom je poglavlju riječ o detaljnijem objašnjenju pojmova na kojima počiva nastavni predmet. Radi se u prvom redu o postupku upravljanja i o objektima na koje se ono odnosi.

1.1. Upravljanje, regulacija, automatizacija

Upravljanje je postupak pri kojem jedna ili više ulaznih veličina u ograničenom sustavu utječu na izlaznu veličinu prema zakonitostima svojstvenim tom sustavu. Informacija se prenosi u upravljačkom nizu ili u tzv. otvorenom krugu. Prenosi se signalom kao vremenskom funkcijom fizikalne veličine. ▶

Kod upravljanja sustav ne može doći u nestabilno stanje i dinamičke pojave nisu posebno zanimljive, ali je osjetljiv na poremećaje, pa je teško održavati točne odnose između ulaznih i izlaznih veličina.

Regulacija je postupak pri kojem izlazna veličina u ograničenom sustavu djeluje povratno na ulaznu veličinu, održavajući zadano ili željeno stanje. Informacija se prenosi u regulacijskoj petlji ili u tzv. zatvorenom krugu. ▶

Zbog postojanja povratne veze regulacijski sustav može postati nestabilan, pa su dinamičke pojave od posebne važnosti. Regulacijom se mogu eliminirati utjecaji poremećaja i postići visoka točnost izlazne veličine.

Stabilnost je najvažnije svojstvo regulacijskog sustava, a odražava način reakcije na poremećaj. Zatim je tu točnost koja odražava procese izjednačavanja među dvama stacionarnim stanjima. I na kraju brzina odziva kojom se odigrava proces izjednačavanja povezana s tromošću sustava.

Višestruka regulacija sadržava više međusobno spregnutih regulacijskih krugova s nekoliko različitih ulaznih i izlaznih veličina. ▶

Iako je postupak upravljanja jednostavniji od regulacije, u tehničkoj izvedbi može biti puno složeniji.

Automatizacija je kombinacija upravljanja i regulacije kod složenih sustava a obuhvaća vođenje procesa zadano programom u procesnom računalu ili u složenom računalnom sustavu.

Dok se kod upravljanja i regulacije informacije mogu prenositi analognim ili digitalnim signalima, kod automatizacije se one prenose isključivo digitalnim.

1.2. Analiza i sinteza regulacijskog sustava

Sustav je skup fizikalnih elemenata i sklopova povezanih međusobnim djelovanjem. On se može ponašati deterministički, ako mu se karakteristične veličine mijenjaju prema unaprijed određenim zakonitostima, ili stohastički, ako mu se te veličine mijenjaju nepredvidivo.

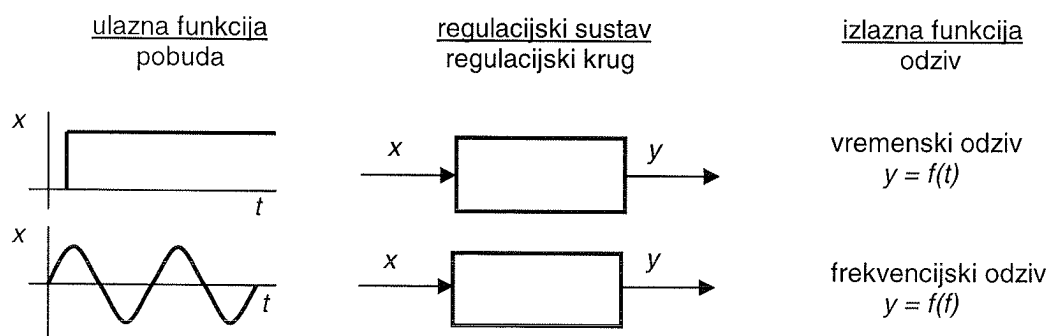
Analiza je postupak kojim se za poznate parametre sustava i za poznatu pobudu određuje odziv.

Sinteza je postupak kojim se za poznatu pobudu i zadani odziv određuju parametri još nepoznatog sustava. U inženjerskoj praksi se to naziva i projektiranjem u kojem se traži najoptimalnije rješenje, što se opet svodi na analizu pojedinih izvedbi.

Dok se statička stanja opisuju algebarskim jednadžbama dinamička se opisuju diferencijalnim, pa se analiza svodi na njihovo rješavanje. Ponašanje jednostavnih sustava opisuje se jednom jednadžbom, a složenijih sustava s više ulaznih i izlaznih veličina tzv. simultanim diferencijalnim jednadžbama.

Vremensko ponašanje dinamičkih sustava prisutnih u regulacijskoj tehnici daje se opisati linearnim diferencijalnim jednadžbama s konstantnim koeficijentima. Njihova je prednost u poznatim metodama rješavanja i u egzaktnim rješenjima.

Pobudne su funkcije u analizi uobičajeno odskočnog ili sinusnog tipa, a odzivi su im vremenskog ili frekvencijskog oblika. Pored njih mogu se koristiti pobudne jedinične funkcije nagibnog, paraboličnog i impulsnog tipa.



Frekvencijski se odziv sastoji iz dva dijela:

- amplitudni odziv: $\hat{y}/\hat{x} = f(f)$ ili $\hat{y}/\hat{x} = f(\omega)$

- fazni odziv (pomak u fazi): $\varphi = f(f)$ ili $\varphi = f(\omega)$

Oba se grafički prikazuju zajedno u tzv. Bodeovom dijagramu. Amplitudni u dvostruko logaritamsko-logaritamskom i fazni u linearno-logaritamskom prikazu. Kako je fazni pomak uvijek negativan jer odražava kašnjenje, ordinata faznog odziva je negativna.

Vremenski odziv se najviše primjenjuje u regulaciji procesnih postrojenja, gdje u pravilu nije moguće uspostaviti matematički model procesa koji treba regulirati.

Frekvencijski odziv je prikladniji u projektiranju, jer omogućuje identificiranje svakog pojedinog člana kao i njegov utjecaj na čitav regulacijski sustav.

Umjesto diferencijalnih jednadžbi u opisu ponašanja sustava često se koristi i Laplaceova transformacija, operatorska metoda koja povezuje vremenski i frekvencijski odziv. Tu se uvođenjem prijenosne funkcije znatno pojednostavnjuje pronalaženje rješenja za ispitani sustav.

Prijenosnom funkcijom može se opisati ponašanje čitavog sustava a da pritom ostane vidljiv utjecaj svakog pojedinog člana ili skupa članova. Jednostavnom zamjenom operatora s sa d/dt može se rješenje sustava prikazati u vremenskom području, a zamjenom operatora s s kompleksnom frekvencijom $j\omega$ povezuje se s frekvencijskim područjem.

1.3. Prijenosna funkcija

Analiza u vremenskom području. Prikaže li se regulacijski sustav diferencijalnom jednadžbom, transformira li se svaki član jednadžbe i zatim izluči zajednički faktor dobiva se prijenosna funkcija sustava:

$$G(s) = \frac{X_{iz}(s)}{X_{ul}(s)}$$

Vremenski odzivi i prijenosne funkcije osnovnih sustava ili članova složenijih sustava (proporcionalni: P0, P1, P2; integracijski: I0, I1; derivacijski: D0, D1) su poznati. Svrha je analize da se kod složenijih sustava broj blokova sažima sve dotle dok se ne dobije jedan jedini blok s jednom ulaznom i jednom izlaznom veličinom.

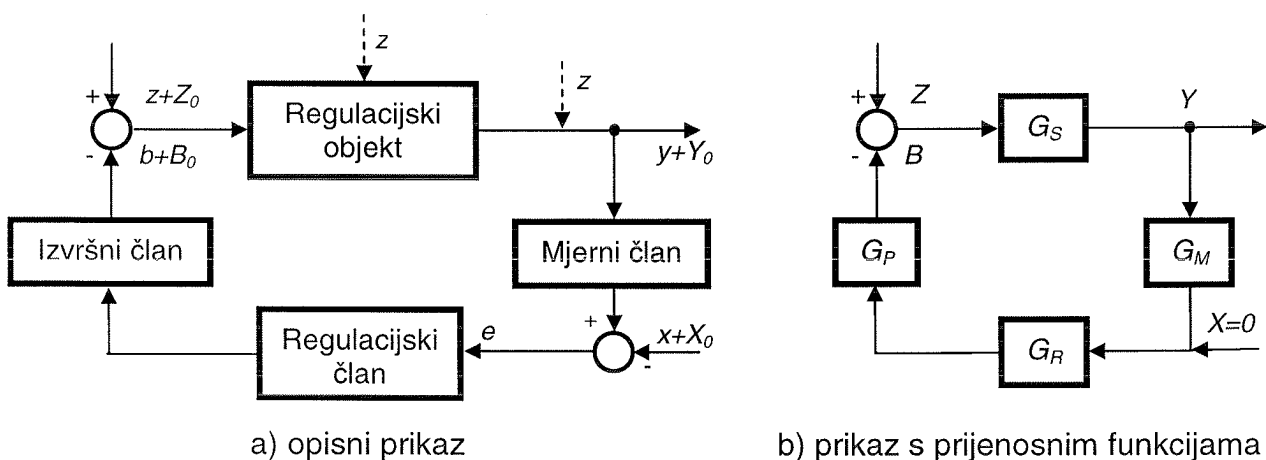
Analiza u frekvencijskom području. Za sinusnu pobudnu funkciju dobije se sinusna prijenosna funkcija oblika:

$$G(j\omega) = \frac{X_{iz}(j\omega)}{X_{ul}(j\omega)}$$

Frekvencijski odzivi i prienosne funkcije osnovnih sustava ili članova složenijih sustava (P0, P1, P2, I0, I1, D0, D1) su također poznati.

Pored samog objekta regulacije (regulacijske staze) regulacijski krugovi sadrže i mjerne, regulacijske i postavne članove. Početne vrijednosti regulirane veličine Y_0 , vodeće veličine X_0 kao i poremećajne veličine Z_0 međusobno su zavisne, ali tako namještene da u regulacijskom krugu postoji ravnoteža. Promjena bilo koje ulazne veličine, poremećajne z ili vodeće x , izaziva i odgovarajuću promjenu regulirane veličine y . Pojavljuje se regulacijsko odstupanje e koje se mora odstraniti preko postavne veličine b .

Tipični regulacijski krug s jednim ulazom i jednim izlazom

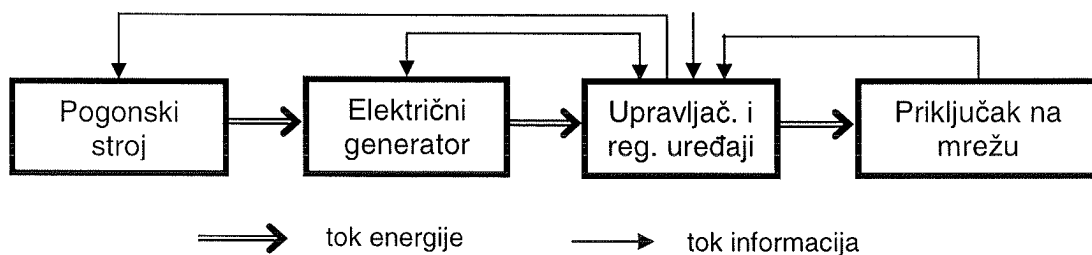


1.4. Električni strojevi kao objekti upravljanja i regulacije

Ovisno o smjeru energije električni stroj može raditi kao generator ili kao motor, a zadaci upravljanja i regulacije prilagođavaju se njegovoj namjeni.

Tipični zadaci upravljanja i regulacije

a) kod generatora



Upravljanje

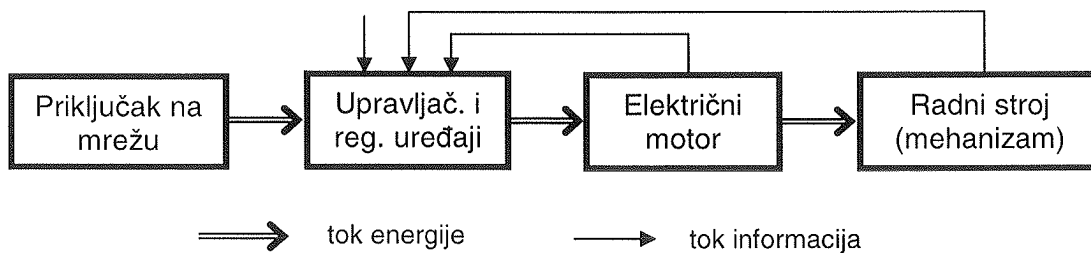
- pokretanje
- sinkronizacija
- zaustavljanje

- uključivanje
- isključivanje
- zaštita

Regulacija

- brzina vrtnje
- izlazni napon

b) ► kod motora



Upravljanje

- uključivanje
- isključivanje
- zaštita

- pokretanje
- kočenje
- podešavanje brzine
- promjena smjera vrtnje

Regulacija

- brzina vrtnje
- položaj
- okretni moment
- magnetski tok

Zadaci upravljanja i regulacije posebno su postali složenima kod tzv. servomotora koji se primjenjuju kao aktuatori u automatiziranim sustavima.

Kod pogona motorima uobičajeno je razlikovati upravljane i regulirane pogone. Kod generatora međutim reguliranje je uvijek prisutno.

Kod **upravljanih pogona** se zahvatom u napajanju motora može dobiti njegova izvedena karakteristika tipčna za svaku vrstu zahvata, a postignuta pogonska točka leži u presjecištu s karakteristikom tereta. Ostvarena brzina vrtnje je ovdje ovisna o opterećenju.

Kod **reguliranih pogona** se složenim uređajima može postići i održavati svaka željena brzina vrtnje neovisno o opterećenju. To se postiže u načelu s dva regulacijska kruga. Jednim za brzinu vrtnje koji je nadređen, i drugim za okretni moment koji je podređen. Kao mjera za okretni moment često se koristi struja napajanja motora.

Poznavanje dinamike pogona izraženo je u slučajevima u kojima je prisutno češće podešavanje brzine vrtnje i u kojima se javljaju česti zaleti i zaustavljanja. Radi se dakle o upravljanim, o reguliranim i o automatiziranim pogonima. U njima je bitno znati kako se promjene i brzine vrtnje i razvijenog momenta motora odvijaju vremenski, kako se može izabrati najpogodniji motor i koliko pogon u tim uvjetima radi ekonomično.

Pri dinamici pogona promjena jedne fizikalne veličine uzrokuje promjenu druge i one se međusobno nadovezuju (nalaze se u interakciji).

a) Istosmjerni strojevi

- Regulacija izlaznog napona istosmjernih generatora ▶
- Podešavanje brzine vrtnje (upravljanje) i održavanje pogonske točke (regulacija) kod istosmjernih motora ▶

b) Asinkroni strojevi

- Podešavanje brzine vrtnje (upravljanje) i održavanje pogonske točke (regulacija) kod asinkronih motora (kavezni, kolutni) ▶

c) Sinkroni strojevi

- Regulacija izlaznog napona sinkronog generatora (U, f) ▶
- Podešavanje brzine vrtnje (upravljanje) i održavanje pogonske točke (regulacija) kod sinkronog motora ▶

1.5. Upravljački i regulacijski uređaji

Ako su **upravljački** uređaji u energetsom dijelu električnog stroja (pogona) izvedeni mehaničkim kontaktima (prekidači, preklopke, sklopnici), riječ je o binarnom upravljanju. Oni mogu imati dva stanja, biti uključeni ili isključeni. U upravljačkom dijelu pogona koriste se tipkala, releji, vremenski releji, programatori, krajnji kontakti, signalizatori, bimetalni releji i sl., ali i logički operatori.

Ako su ti uređaji izvedeni kao sklopovi energetske elektronike (ispravljači, izmjenjivači, usmjerivači, pretvarači), riječ je o impulsnom upravljanju. Oni su najčešće pretpojeni električnom stroju i na njihovom izlazu su naponi i struje impulsnog oblika. U upravljačkom dijelu ovih pogona se pored uređaja već navedenih kod binarnog upravljanja susreću i složeniji sklopovi upravljačke elektronike.

Dok se upravljački uređaji nalaze u energetsom dijelu stroja (pogona), **regulacijski** su u informacijskom, pa ne moraju biti pod utjecajem izvedbe energetske dijela. Veliki broj njih izvodi se u obliku integriranih poluvodičkih sklopova (IC sklopovi), pakuje u čipove i smješta na kartice. U njih se svrstavaju: funkcijski simulatori, regulacijska pojačala, postavni i mjerni članovi i sl.

Kod regulacija generatora češće se javlja jedan regulacijski krug i time jednostruka regulacija, a kod regulacija motora njih više povezanih pa tvore višestruku regulaciju, s nekoliko unutarnjih i jednim vanjskim regulacijskim krugom.