

## 4. Izvršni elementi (izvršni organi)

### 4.1 Opšti pojmovi, princip rada i podela izvršnih elemenata

Osnovni zadatak sistema automatskog upravljanja i regulacije jeste da deluje na upravljani objekat tako da se njegova izlazna veličina približava zadatoj vrednosti. To delovanje se često sastoji u pomeranju pokretnog dela, na primer: nekog zatvarača za protok fluida, ili pokretnog dela neke radne mašine, bilo u zadati položaj, bilo zatom brzinom.

Finalni elementi upravljanja su aktuatori. Aktuator se sastoji od *pojačavača* i *izvršnog organa*. On na svom ulazu dobija signal iz upravljačkog dela sistema koji treba da: 1. pojača, i 2. konvertuje u oblik pogodan za delovanje na proces. Signal iz upravljačkog dela (regulatora) ima malu snagu, a trebao bi da prouzrokuje neki željeni efekat: zatvori neki ventil, poveća pritisak ili temperaturu itd. Ulazni deo aktuatora je pojačavač koji pojačava taj signal. Drugi deo aktuatora je *izvršni organ*. Izvršni organ neposredno deluje na proces – pretvara ulaznu veličinu u različite oblike: električnu snagu u kretanje, struju u toplotu...

U zavisnosti od energije koja se koristi, izvršni organi mogu biti:

- električni,
- hidraulični,
- pneumatski.

Kao što je opšte poznato, električni uređaji koriste električnu energiju. Hidraulični uređaji koriste tečnost pod pritiskom (najčešće ulje), a kod pneumatskih uređaja radni fluid je vazduh pod pritiskom ili inertni gas pod pritiskom. Pneumatski i hidraulični uređaji se primenjuju zbog jednostavne konstrukcije, relativno malih dimenzija, velike sigurnosti i trajnosti, kao i mogućnosti prenošenja velike snage.

Prema načinu delovanja na proces, izvršni organi se dele na:

- kontinualne i
- diskretne.

*Kontinualni izvršni organi* se primenjuju kada je potrebno uspostaviti vrednost izlaznog signala u kontinualnom opsegu (Primer: sušara – ako treba da se poveća temperatura komore za neki procenat treba da se poveća struja kroz grejač za taj procenat, ako treba da se poveća vreme koje materijal provodi u komori za sušenje treba smanjiti brzinu motora koji pokreće materijal kroz sušaru).

*Diskretni izvršni organi* se koriste za upravljanje procesima, mašinama i opremom koji mogu da imaju SAMO DVA STANJA (1/0, uključeno/isključeno, tačno/pogrešno, predmet jeste/nije prisutan, visok/nizak napon,...).

### 4.2 Električne mašine kao električni izvršni organi – elektromotori

Elektromotori se dele na motore jednosmerne struje i motore naizmjenične struje.

Elektromotori u principu na izlaznoj osovini ostvaruju veliku brzinu okretanja (i do 5000 obrtaja u minuti) i relativno mali momenat. Takva brzina je po pravilu prevelika u odnosu na kretanja koja se u praksi zahtevaju, dok je momenat suviše mali. Zbog toga se uz elektromotore nalaze reduktori – mehanički sklopovi koji će smanjiti brzinu, a povećati momenat. To usložnjava konstrukciju i smanjuje efikasnost, budući da se deo snage gubi na savlađivanje otpora u reduktoru.

Dobra prednost elektromotora je njihova kompaktnost i autonomnost. Naime, oni ne zahtevaju nikakve spoljne prateće uređaje već samo priključak za struju.

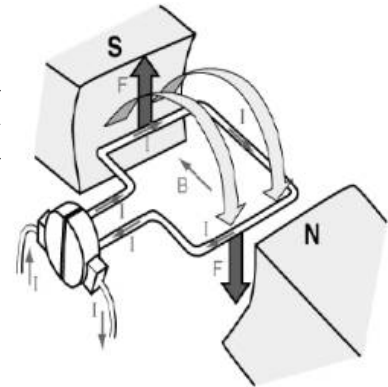
#### 4.2.1 Elektromotori jednosmerne struje

Elektromotor jednosmerne struje sastoji se od statora i rotora. Na statoru se nalaze stalni magneti ili namotaji žice koji se napajaju jednosmernom strujom formirajući tako elektromagnete koji zamenjuju stalne magnete. Kod motora snage do 2 kW obično se primenjuju statori sa stalnim magnetima. Na rotoru se nalaze namotaji koji se takođe napajaju jednosmernom strujom.

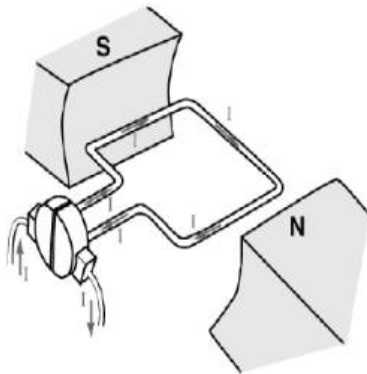
Da bismo objasnili princip rada motora jednosmerne struje sa stalnim magnetom poslužićemo se pojednostavljenim modelom prikazanim na slici 4.

Princip rada DC motora:

*Električna struja* se dovodi preko komutatora i četkica. Magnetska sila  $F=IlB$  deluje okomito na navoj.  $B$  je jačina magnetskog polja, a  $l$  dužina provodnika u magnetskom polju. Kada struja prolazi kroz navoj (kalem) u magnetskom polju, magnetska sila proizvodi **moment** koji pokreće (zakreće) DC motor. (slika 4.1)



Slika 4.1.

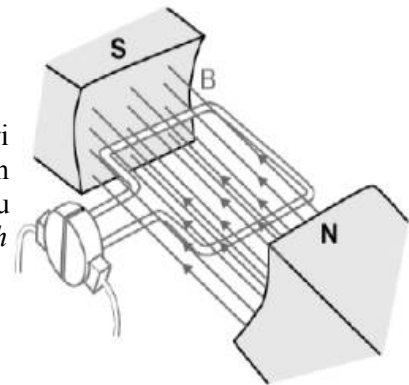


Slika 4.2.

Struja u DC motoru (slika 4.2): Kolektor menja smer struje svakih pola obrtaja kako bi se zadržao isti smer okretanja namotaja usled delovanja momenta. Kolektor služi za ispravljanje naizmeničnog napona indukovano u rotoru u jednosmerni napon na stezaljkama motora.

Magnetsko polje u DC motoru (slika 4.3):

Magnetsko polje ima smer od N-pola ka S-polu. Motori imalu veći broj namotaja na rotoru kako bi se proizveo ujednačen obrtni moment. Magnetsko polje se stvara pomoću *elektromagneta* (pobudnih namotaja) ili pomoću *stalnih* (permaentnih) magneta.



Slika 4.3.

Magnetska sila u DC motoru (slika 4.4):

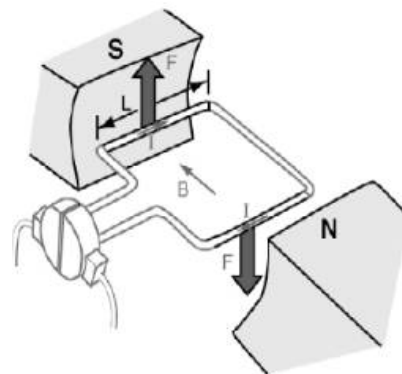
*Lorenz-ov zakon sile:*

$$F=IlB$$

Smer sile se određuje pravilom desne ruke:

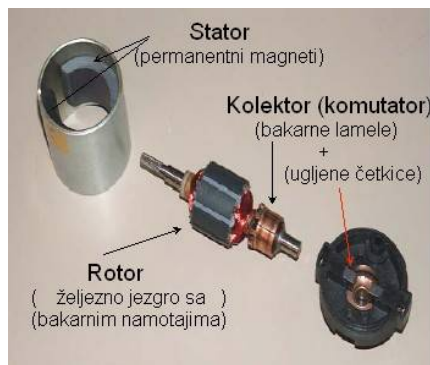
Postaviti palac u smeru struje, srednji prst u smeru delovanja magnetskog polja (indukcije), tada smer sile izlazi iz dlana.

Magnetska sila  $F=IlB$  deluje okomito na navoj i magnetsko polje.



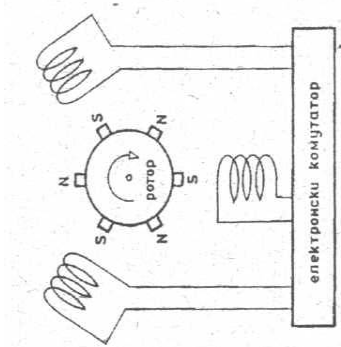
Slika 4.4.

DC motori se mogu podeliti na:



Slika 4.5. DC motor sa kolektorom i četkicama

- Jednosmerni motori sa četkicama (DC brush motors) – Ovakvi motori imaju nepokretne statorske magnete za stvaranje magnetskog polja, četkice (odnosno komutator) snabdevaju strujom pokretni deo – rotor, rotor može biti od stalnog (permanentnog) magneta ili sastavljen od željeznog jezgra sa bakarnim namotajima (slika 4.5). Postoje dve vrste ovih motora: 1. motori sa pobudom na rotoru (nezavisna, serijska, paralelna, ...) i 2. motori kod kojih su stalni magneti na rotoru. Treba napomenuti da je ugaona brzina proporcionalna primenjenom naponu, a da je moment proporcionalan struji.



Slika 4.6. DC motor bez četkica

- Jednosmerni motori bez četkica (DC brushless motors) – to je u suštini AC motor sa elektronskom komutacijom. Na rotoru se nalaze stalni magneti za stvaranje magnetskog polja (slika 4.6). Statorskim namotajima se upravlja pomoću elektronskog preklopčavanja. Brzinom se može precizno elektronski upravljati. Moment je često konstantan u celom području radne brzine.



Slika 4.7. Step motor

- Koračni motori (stepper, stepping motors, step motori) – svrstani su u posebni kategoriju iako su i oni bez četkica. To je elektromehanički uređaj koji konvertuje električne impulse u diskretno mehaničko kretanje (slika 4.7). Svi namoti su na statoru. Rotor je permanentni magnet. Brzina rotiranja je direktno proporcionalna učestanosti primenjene sekvence impulsa.

Elektromotor jednosmerne struje možemo posmatrati kao uređaj kome na ulaz dovodimo pobudu u vidu električnog napona kojim upravljamo radom motora.

Dobra osobina motora jednosmerne struje pre svega je u tome što se njim lako upravlja menjanjem napona napajanja. Primenjuje se na mestima gde se zahtevaju precizna kretanja (na primer pomoćna kretanja alata na strugu).

Nedostatak je problem komutacije. Kod motora sa mehaničkim komutatorom dolazi do varničenja što je posledica istovremeno i velike struje i velike brzine, što dovodi do trošenja četkica. Ovi nedostaci prevazilaze se elektronskom komutacijom.

## 4.2.2. Koračni (step) motori

Specifična vrsta elektromotora su takozvani koračni ili step motori. (engl. *Stepper motors, stepping motors*). Nazvani su tako zato što se kreću praveći niz diskretnih ugaonih pomeraja – koraka. Brojem ovih koraka se može upravljati, pa se na taj način upravlja i položajem. S obzirom na to da se upravlja diskretnim pomeranjima, ovi motori su veoma pogodni za sprezanje sa upravljačkim računarom. Obično se koriste kod robota manje nosivosti i za pomoćna kretanja alatnih mašina.



Slika 4.8. Step motori

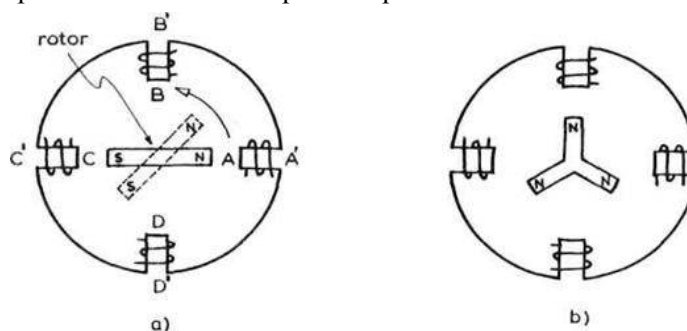
Motivacija: proizvesti motor koji bi se mogao neposredno upravljati pomoću digitalnog računara i čiji bi se izlazni signal neposredno dovodio računaru bez složenih A/D i D/A pretarača. Od takvih motora se zahtevaju diskretni, odnosno koračni mehanički pomaci, odakle i potiče naziv koračni motori (eng. *stepper motors*). Koračni motori su elektromehanički pretvarači energije, koji impulsnu, odnosno koračnu električnu pobudu pretvaraju u koračni mehanički pomak. Izrađuju se u rotacionoj i translatornoj izvedbi (preovladava rotaciona). Na malim koračnim brzinama rotor se zaustavlja na svakom koračnom položaju.

Koračni motor je električni motor bez komutatora. Svi namoti su smešteni na statoru, a rotor je permanentni magnet. Komunikacijom se upravlja izvana sa kontrolerom, pri čemu su motori i kontroleri dizajnirani na takav način da motor može doći u bilo koju fiksnu poziciju.

Prednosti: Niska cena, male dimenzije i masa, pretvara digitalne ulazne impulse u analogno kretanje. Broj koraka jednak je broju upravljačkih impulsa (jedan korak odgovara određenom fiksnom uglu zakretanja). Jednostavne su konstrukcije i ne zahtevaju održavanje. Precizno pozicioniranje i ponovljivost pokreta. Može se realizovati široko područje raspoloživih brzina jer je brzina proporcionalna učestanosti ulaznih impulsa.

Nedostaci: Fiksni korak, ograničene mogućnosti pokretanja tereta s velikim momentom inercije, mogućnost pojave rezonancije ako nije adekvatno upravljanje.

Objasnićemo princip rada ovih motora na primeru prikazanom na slici 4.8a.



Slika 4.8. Dve vrste step motora

Kada se kroz namotaje AA' propusti struja, kraj A postaje južni pol elektromagneta. Rotor sa stalnim magnetom tada će se postaviti tako da mu severni pol (N) bude naspram tačke A. Ako se sada struja propusti kroz namotaje BB', a ostavi se da teče i kroz AA', tada će A i B biti južni polovi. Rotor će se sada obrnuti za  $45^\circ$  i postaviti tako da severni pol bude između tačaka A i B. Sada se isključuje struja u namotajuma AA', pa će se rotor obrnuti još za  $45^\circ$  da bi severni pol bio naspram tačke B. Ovakav postupak se nastavlja dok rotor ne obrne pun krug. Tako dobijamo obrtanje rotora sa konačnim korakom koji iznosi  $45^\circ$ . Korak se može smanjiti povećanjem broja polova na statoru.

Jedan drugačiji tip step motora prikazan je na slici 4.8b. Prikazani motor ima korak od  $30^\circ$ , a korak se može smanjiti povećanjem broja polova.

Kod step motora digitalni signal koji se dobija iz upravljačke jedinice treba dovesti na prekidačku šemu koja će obezbediti proticanje struje iz izvora napajanja kroz određene namotaje.

Step motori mogu da rade u tri različita režima i to:

- o Monofaznom modu
- o Dvofaznom modu
- o Modu polukoraka

Pretpostavimo da imamo step motor sa četiri namotaja. U monofaznom modu se za svaki korak dovodi napon samo na jedan namotaj što je dato u donjoj tabeli. Ta sekvenca se ponavlja onoliko puta koliko želimo da imamo koraka. Budući da se napaja samo jedan namotaj to je i mali pokretni momenat motora.

| Korak | Namotaj 4 | Namotaj 3 | Namotaj 2 | Namotaj 1 |  |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| a. 1  | 1         | 0         | 0         | 0         |  |
| a. 2  | 0         | 1         | 0         | 0         |  |
| a. 3  | 0         | 0         | 1         | 0         |  |
| a. 4  | 0         | 0         | 0         | 1         |  |

U dvofaznom modu napajaju se po dva namotaja istovremeno. Ovo je i najčešće primenjivan postupak jer je tada i pokretni momenat motora najveći. Ovaj mod je prikazan u donjoj tabeli .

| Korak | Namotaj 4 | Namotaj 3 | Namotaj 2 | Namotaj 1 |  |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| b. 1  | 1         | 1         | 0         | 0         |  |
| b. 2  | 0         | 1         | 1         | 0         |  |
| b. 3  | 0         | 0         | 1         | 1         |  |
| b. 4  | 1         | 0         | 0         | 1         |  |

U modu polukoraka se smenjuju dvofazni sa monofaznim modom naizmenično. Na ovaj se način postiže dvostruko veći broj koraka step motora. Međutim njegova je glavna mana promenljivi momenat. U donjoj tabeli je prikazan ovaj način rada.

Jedan od uzme step m

| Korak | Namotaj 4 | Namotaj 2 | Namotaj 2 | Namotaj 1 |  |
|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| a.1   | 1         | 0         | 0         | 0         |  |
| b.1   | 1         | 1         | 0         | 0         |  |
| a.2   | 0         | 1         | 0         | 0         |  |
| b.2   | 0         | 1         | 1         | 0         |  |
| a.3   | 0         | 0         | 1         | 0         |  |
| b.3   | 0         | 0         | 1         | 1         |  |
| a.4   | 0         | 0         | 0         | 1         |  |
| b.4   | 1         | 0         | 0         | 1         |  |

rajva (5.25")

### 4.2.3. Elektromotori naizmjenične struje

Motori naizmjenične struje mogu biti asinhroni (indukcioni) i sinhroni.

a) **Asinhroni motor** za neizmjeničnu struju sastoji se od statora i rotora. Na statoru se nalaze namotaji koji se priključuju na izvor naizmjenične struje. Rotor motora je kratko spojen (nema komutatora i četkica).

Ovo su najčešće upotrebljavani električni motori. Princip rada se zasniva na indukcijskom dejstvu između statora i rotora (obrotnom magnetnom polju). Asinhroni motor je dobio ime zbog toga što brzina obrtnog magnetnog polja i brzina rotora nije ista, kao što je slučaj sa sinhronim motorom. Rotor se ne napaja strujom iz spoljnog izvora (za razliku od sinhronog motora). Struja se indukuje u rotoru zbog obrtnog magnetnog polja statora. Zbog toga se asinhroni motor često naziva i indukcijski motor. Na taj način se postiže pretvaranje električne energije u mehaničku bez električnih kontakata na rotirajućim delovima mašine.

Takav princip rada omogućuje jednostavnu, robusnu i jeftinu izvedbu asinhronih motora. To su velike prednosti u odnosu na kolektorske motore. Međutim, asinhroni motori imaju značajan nedostatak – njima se teško upravlja. Rotor asinhronog motora prirodno teži da se vrti brzinom obrtnog magnetnog polja koje proizvodi stator, pa brzina obrtanja rotora mašine izrazito zavisi od učestanosti izvora napajanja. Da bi se bez velikih gubitaka energije mejnala brzina obrtanja asinhronog motora eophodno je istovremeno menjati i učestanost i napon napajanja mašine. Svaka od ovih promena može se izvesti zasebno uz ne tako velike troškove, ali obe zahtevaju uređaje čija je cena relativno visoka u odnosu na cenu samog motora. Razvoj poluprovodničke tehnike omogućuje izradu sve jeftinijih uređaja za upravljanje naizmjeničnim motorima. Zbog toga asinhroni motori imaju perspektivu u primenama u regulisanim pogonima, gre su do sad primat imali jednosmerni motori.

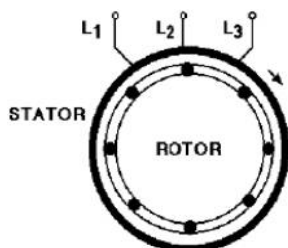
#### Izvedbe asinhronih motora:

Statorski i rotorski namotaji asinhronog motora načinjeni su od provodnika položenih u žlebove, koji su ravnomerno raspoređeni po obodu motora. Najčešće je rotor načinjen od bakarnog ili aluminijumskog kaveza. Takvi motori se nazivaju *asinhroni kavezni motori*. Takođe se izrađuju motori sa namotajima na rotoru, čiji se završeci izvode preko kliznih pstenova i spajaju na spoljne otpornike. Takvi motori se nazivaju *asinhroni kliznokolutni motori*. Upotreba asinhronog motora kao generatora takođe je moguća, ali se u praksi ređe susreće.

#### Konstrukcija asinhronih motora:

Asinhroni motori se izrađuju kao *jednofazni, dvofazni, trofazni i višefazni*. Najčešće se koriste trofašni asinhroni motori, koji se sastoje od tri fazna namota na statoru i rotoru. Konstrukcija asinhronog motora prikazana je na slici.

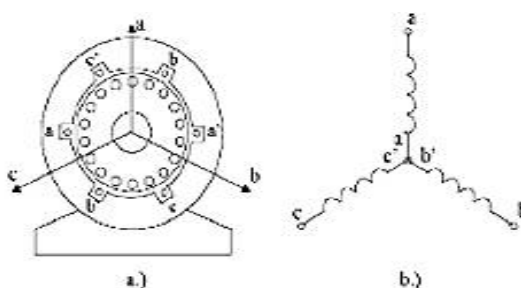
Stator je napravljen u obliku šupljeg valjka od dinamo limova, a uzduž valjka na unutrašnjoj strani nalaze se žlebovi u koje se stavlja trofazni namot. Kućište motora služi kao nosač i zaštita limova i namota, a izrađuje se od livenog željeza, čelika silumina itd. U sredini se nalaze ležajni štitovi u obliku poklopca gde su smešteni ležajevi za osovinu na kojoj se nalazi rotor. Rotor je sastavljen slično kao i stator, a sastoji se od osovine i rotorskog paketa. Rotorski paket je izveden u obliku valjka od dinamo limova, a u uzdužnom smjeru na vanjskoj strani valjka nalaze se žlebovi za smještaj rotorskog namota. Ako je rotorski namot izveden od štapova bakra, mesinga, bronzne ili aluminijuma, koji su s obe strane prstenima kratko spojeni i liči na kavez, tada je to **kavezni asinhroni motor**. Ali, ako je rotorski namot izveden kao i statorski tj. od namotaja koji su spojeni na tri koluta po kojima klize četkice koje služe za spajanje na rotorske otpornike, tada je to **klizno kolutni asinhroni motor**, kao na slici.



Slika 4.10. Kavezni asinhroni motor

Slika 4.11. Klizno kolutni asinhroni motor

Na sledećoj slici je prikazan kavezni asinhroni motor. Stator je sa trofaznim simetrično raspoređenim namotom.



Slika 4.12.

Princip rada asinhronog motora:

Priključivanjem statorskog **primarnog** namota na naizmeničnu trofaznu mrežu kroz trofazni namot proteći će trofazna naizmjenična struja stvarajući obrtno magnetsko polje koje rotira sinhronom brzinom  $n_s$  i zatvara se kroz stator i rotorski **sekundarni** namot.

$$n_s = \frac{60f_1}{p}$$

gde je:

$f_1$  – učestanost na kojoj radi motor,

$p$  – broj pari polova statorskog namota motora.

Obrtno magnetno polje indukuje u provodnicima rotora napone koji kroz namotaje teraju struju. Interakcijom struja rotora i obrtnog magnetnog polja stvara se sila na provodnike rotora koja zakreće rotor u smeru za obrtnim poljem.

Smer obrtanja obrtnog magnetnog polja i smer kretanja rotora su isti. Ako želimo da promenimo smer okretanja rotora, treba da promenimo smer okretanja obrtnog magnetnog polja zamenom dveju faza.

Brzina rotora  $n$  uvijek je manja od sinhronne brzine  $n_s$  kojom se okreće obrtno magnetsko polje i zavisi od tereta na motoru. Rotor ne može nikada postići sinhronu brzinu okretanja, a kad bi rotor postigao sinhronu brzinu, ne bi više bilo razlike brzina između obrtnog magnetnog polja i rotora i ne bi postojalo presecanje namota rotora silnicama magnetnog polja. Zbog toga se ne bi u rotorskom namotu inducirala EMS i ne bi bilo delovanja mehaničkih sila na provodnike, te se ne može stvoriti moment za rotaciju.

Rotor se uvek okreće **asinhrono**, po čemu je ovaj motor i dobio svoje ime.

b) **Sinhroni motor** je električna mašina čiji se rotor vrti brzinom jednakom brzini obrtnog magnetnog polja koje ga pokreće. Sinhroni motor za naizmeničnu struju ima trofazne namotaje na statoru dok je rotor ili u obliku stalnog magneta ili u obliku namotaja napajanih jednosmernom strujom. U savremenim sistemima se skoro po pravilu sreću motori sa rotorom u obliku stalnog magneta. Statorski namotaji se najčešće napajaju trofaznom naizmeničnom strujom. Pošto je stator motora priključen na višefaznu mrežu, naizmenična električna struja koja protiče kroz njegove namotaje stvara obrtno magnetno polje u jezgri motora, zbog kojeg se rotor pretvara u električnu energiju u mehaničku. Stator sa trofaznom strujom stvara obrtno magnetno polje sinhronne brzine  $\omega_s$ . Ovo polje deluje na polove stalnog magneta stvarajući obrtno magnetno polje oko osovine motora. Rotor će se obrtati istom brzinom kao i polje ( $\omega_s$ ), ali će zaostajati za ugao koji je utoliko veći ukoliko je veće opterećenje na osovinu motora.

Regulacija brzine ovakvih motora ostvaruje se promenom učestanosti napajanja i promenom broja polova, što menja sinhronu brzinu.

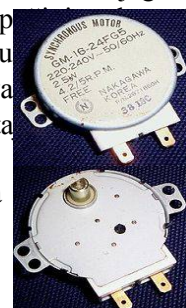
Na slici je prikazan mali sinhroni motor s reduktorom iz mikrotalasne rerne.

Sinhroni motor se sastoji od sledećih delova:

**Stator** je spoljni, nepokretni deo motora, na kojeg je namotan armaturni namotaj. Faze armaturnog namotaja su prostorno pomerene za ugao određen brojem faza mreže; u slučaju trofazne mreže, to je  $120^\circ$ . Kroz armaturni namotaj teče struja koja stvara obrtno magnetno polje.

**Rotor** je dio motora koji se okreće. Na njega je namotan pobudni namotaj, kojim teče jednosmerna, pobudna struja, koja stvara magnetno polje zbog kojeg rotor sledi obrtno magnetno polje sa statora. Umesto pobudnog namota se ponekad koriste permanentni magneti.

Pobudna struja na rotor dolazi preko *kliznih prstenova*.





Princip rada sinhronog motora je relativno jednostavan:

Kroz amaterski namotaj na statoru protiče trofazna struja. Prolaskom kroz namote na statoru, naizmenična struja stvara obrtno magnetno polje unutar njega. Na rotoru pobudni namot ili permanentni magneti stvaraju statičko magnetsko polje, koje se zbog prisutnosti obrtnog polja počinje vrtiti za njim, i pritom za sobom vuče rotor. U normalnom pogonu, dok se rotor vrti za obrtnim magnetnim poljem jednakom brzinom, motor je u sinhronizmu. Brzina obrtanja zavisi od učestanosti mreže na koju je motor priključen i od broja polova motora:

$$n = \frac{60 \times f}{p}$$

pri čemu je  $n$  brzina obrtanja (u obrtajima u minuti),  $f$  učestanost mreže, a  $p$  broj pari polova motora (2 pola = 1 par polova). Kako je broj  $p$  prirodan broj, brzine obrtanja sinhronog motora pri određenoj učestanosti poprimaju fiksne vrednosti u zavisnosti od broja polova motora. Tako se dvopolni sinhroni motor priključen na mrežu od 50 Hz vrti brzinom od 3000 obrtaja u minuti, četvoropolni 1500 ob/min, itd. Nije neuobičajeno da sinhroni motor ima i 30, pa i više polova, zbog čega se sporo vrti. Takvi motori najčešće nalaze primjenu u hidroelektranama.

### 4.3. Pneumatski izvršni elementi

Pneumatski izvršni elementi pretvaraju potencijalnu energiju vazduha pod pritiskom u mehanički rad. Pneumatski pogon zasniva se na pokretanju klipa u cilindru pomoću pritiska komprimovanog vazduha. Način rada je donekle sličan hidrauličnom pogonu ali uz bitnu napomenu – vazduh je, za razliku od ulja, stišljiv. Još treba naglasiti da pneumatski pogon radi sa znatno nižim pritiscima nego hidraulični.

Komprimovani vazduh se po pravilu dobija iz glavnog fabričkog kompresora, odnosno rezervoara smeštenih u njegovoj blizini. Fabrička razvodna mreža obezbeđuje komprimovani vazduh na radnom mestu.

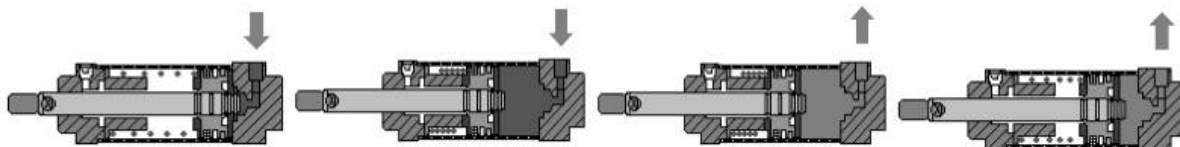
Pneumatski izvršni elementi mogu da budu linearni i rotacioni. Linearno kretanje se izvodi pomoću pneumatskih cilindara koji mogu biti sa jednosmernim ili dvosmernim dejstvom.



Slika 4.13 Pneum.cilindar sa jednosmernim dejstvom

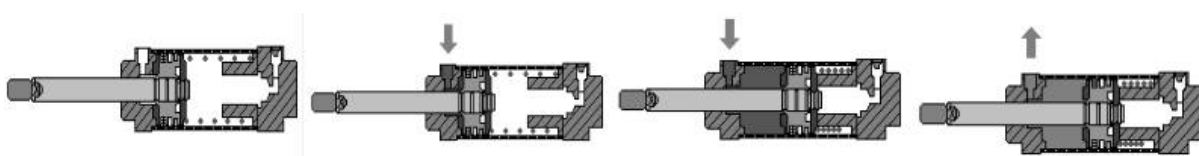
Pneumatski cilindri jednosmernog dejstva deluju silom samo u jednom smeru. Imaju oprugu koja vraća klip u suprotnom smeru.

Prvi način je da se pod uticajem vazduha pod pritiskom klip pomera prema napolje. Kada nema vazduha pod pritiskom, opruga vraća klip unutra (slika 4.14).



Slika 4.14

Ili se klip pomera prema unutra pod uticajem vazduha pod pritiskom. Kada nema vazduha pod pritiskom, opruga gura klip prema napolje (slika 4.15).



Slika 4.15

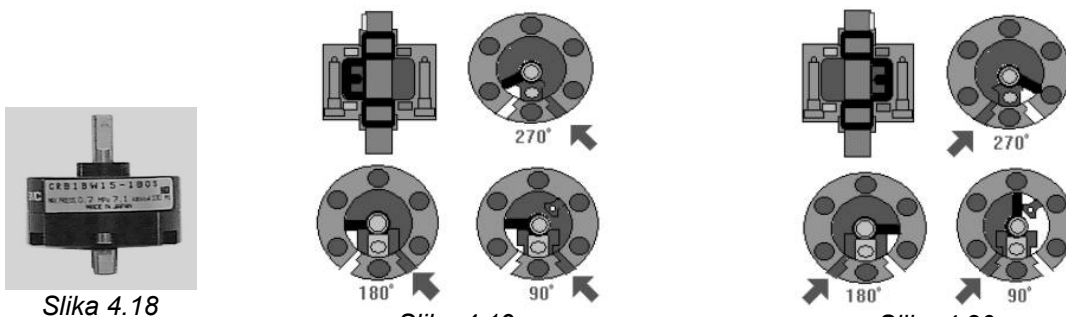
## Pneumatski cilindri dvosmernog dejstva



U ovom slučaju cilindar može da deluje u oba smera (i izvlačenje i uvlačenje klipa), zavisno od toga na koju stranu cilindra se dovodi vazduh pod pritiskom (slika 4.17).

Slika 4.17

Kao primer rotacionog izvršnog elementa može da posluži rotacioni cilindar (slika 4.18).



Kada se komprimovani vazduh dovodi na jednu stranu, pokreće lopaticu na osovini, čime se osovina rotira za određeni ugao. A ako se vazduh ispušta na toj strani a dovodi na drugu, onde se osovina obrće u suprotnom smeru. Ovo je ilustrovano na slikama 4.19 i 4.20.

Glavni problem kod hidrauličnih izvršnih elemenata je regulisanje kretanja, odnosno ostvarivanje kretanja klipa sa zatom promenom brzine. Zato se pneumatski pogon prvenstveno koristi kod prostih industrijskih manipulatora. U tim slučajevima klip u cilindru se pod pritiskom brzo kreće od jednog do drugog kraja po nekom nelinearnom zakonu na koji ne utičemo. To je često dovoljno za prosto premeštanje radnih predmeta.

Treba na kraju pomenuti i neke komponente na koje nailazmo kod pneumatskog pogona: uređaji za filtriranje vazduha, prigušivači buke, itd. Pri tom su posebno važni prigušivači buke, jer je za pneumatski pogon karakteristična jaka buka koja nastaje prilikom ispuštanja vazduha u spoljnu sredinu.

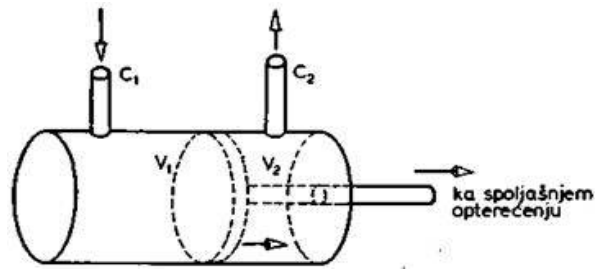
## 4.4. Hidraulični izvršni elementi

Hidraulički izvršni elementi transformišu hidrauličku energiju iz rezervoara u mehaničku energiju pomoću odgovarajućih pumpi. Nosilac kretanja je tečnost, najčešće ulje. Pogodnosti hidrauličkih izvršnih elemenata su: velika brzina odziva, veliki koeficijent pojačanja snage, stabilnosti brzine, manja zapremina. Najveći nedostaci su: potreban pomoćni izvor energije, visok nivo šuma, zagađenje okoline usled isticanja ulja.

Opšta karakteristika hidrauličnog pogona je mogućnost dobijanja velikih sila ili momenata, bez korišćenja reduktora. Ovo ih čini pogodnim za savlađivanje velikih opterećenja (bageri, utovarivači, roboti velike nosivosti), uz relativno malu brzinu kretanja.

Hidraulični pogonski sistem sastoji se od cilindra kao izvršnog elementa i pumpe kao izvora pritiska.

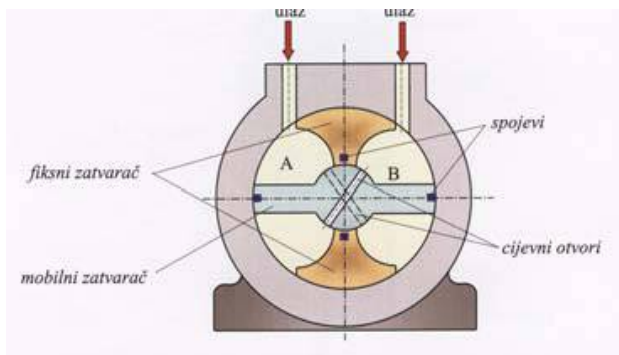
Cilindar sa klipom prikazan je na slici 4.21.



Slika 4.21. Hidraulični cilindar

Napajanje se vrši hidrauličnim uljem veoma male stišljivosti. Ako se ulje pod pritiskom dovodi na ulaz  $C_1$ , klip će se pomerati udesno. Zapremina  $V_1$  će se povećavati, a  $V_2$  smanjivati. Kroz izlaz  $C_2$  oticaće ulje iz cilindra. Ukoliko želimo da se klip pokreće ulevo promenićemo smer protoka ulja.  $C_2$  postaje ulaz, a  $C_1$  izlaz. Protoci razlika u pritisku određuju ne samo smer već i brzinu kretanja klipa. Klip vezujemo za određene spoljašnje mehanizme koje želimo da pokrenemo i koje nazivamo spoljašnjim opterećenjem (na primer, zglob robota).

Na istom principu moguće je ostvariti i obrtno kretanje (slika 4.22).



Slika 4.22. Obrtni (zakretni) hidraulični motor

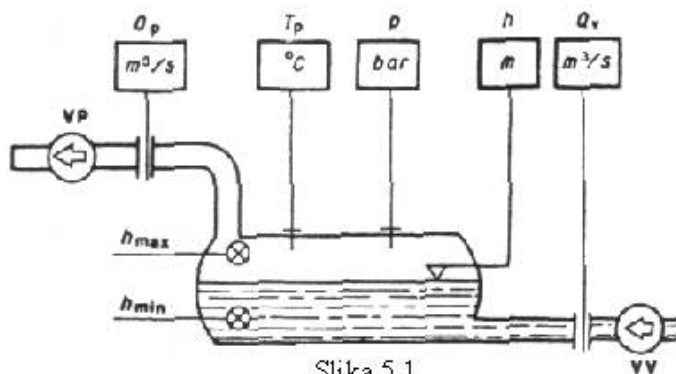
Umesto klipa postoji rotor sa krilima. Tako, ostvarujući pritisak na krilo rotora dobijamo obrtno kretanje. Drugačije konstrukcije, međutim, omogućavaju kontinualno obrtanje bez ograničenja.

## 5. SIGNALIZACIJA I ZAŠTITA

### 5.1. Uloga i značaj signalizacije i zaštite u praćenju i nadzoru tehnoloških procesa

Upravljanje tehnološkim procesima, po savremenim koncepcijama, ostvaruje se kroz tri osnovne funkcije upravljanja. To su:

- informativna funkcija upravljanja,
- izvršna funkcija upravljanja i
- zaštitna funkcija upravljanja.



Slika 5.1

*Informativna funkcija upravljanja* se ostvaruje kroz prikupljanje informacija o stanju proizvodnog procesa u svim njegovim fazama. Pored informacija o normalnom toku proizvodnog procesa, informativna funkcija upravljanja obezbeđuje i podatke o raznim poremećenim stanjima proizvodnog procesa. Sve ove informacije se dobijaju merenjem i signalizacijom. Merenja se izvode mernim pretvaračima i drugim elementima sistema za merenje, a signalizacija uređajima za signalizaciju.

Radi jasnijeg sagledavanja značaja informativne funkcije upravljanja, posmatraćemo proces proizvodnje vodene pare u parnom kotlu (parogeneratoru) za pogon parne turbine. Na slici 5.1 prikazana je (pojednostavljeno) principijska šema parnog kotla. Za potrebe upravljanja procesom proizvodnje vodene pare, kao jednim delom složenog tehnološkog procesa proizvodnje električne energije, vrše se merenja koja su simbolički označena na ovoj slici. Pored tih merenja, radi dobijanja potpunije informacije o proizvodnom procesu, vrši se i signalizacija stanja ventila (otvoren ili zatvoren) za dovod vode u kotao (VV), kao i ventila za odvod pare (VP). Radi ostvarenja potpune kontrole procesa vrši se signalizacija graničnih vrednosti veličina procesa, a to su: minimalni nivo vode u kotlu, maksimalna i minimalna temperatura pare i maksimalni pritisak pare. Sve ove signalizacije su svetlosne, pomoću specijalnih signalnih svetiljki, postavljenih na sinoptičkoj šemi procesa u komandnoj prostoriji.

Tokom rada nekog postrojenja mogući su poremećaji u tehnološkom procesu, a i nepredvidivi kvarovi na opremi. Neželjene posledice takvih događaja bitno zavise od pravovremenog delovanja operatera. Uređaji za signalizaciju upozoravaju operatera na pojavu nenormalnog stanja i daju informacije o mestu i prirodi smetnje ili kvara.

Kada neka od mernih veličina dostigne kritičnu vrednost, automatski stupaju u rad odgovarajući uređaji zaštite, koji, u prvom stepenu, deluju na otklanjanje kritične vrednosti (povećanje dotoka vode radi sniženja temperature pare, kao i radi povećanja nivoa vode iznad minimalnog). Ako se delovanjem zaštite ne uklone granične vrednosti, aktivira se zaštita koja zaustavlja proizvodni proces. U tom slučaju aktivira se i zvučna signalizacija (alarm), kojom se informišu rukovaoci da je došlo do opasnog poremećaja zbog kojeg je proizvodni proces morao biti zaustavljen. Svetlosna signalizacija ukazuje na vrstu poremećaja (visoka temperatura, nedostatak vode i drugo).

Iz navedenog primera je jasno da se signalizacijom dolazi do informacija koje su značajne kako za praćenje proizvodnog procesa, tako i za otklanjanje uzroka raznih poremećaja u cilju zaštite od havarija.

*Zaštitna funkcija upravljanja:*

U situacijama koje zahtevaju brzo i tačno sprovođenje određenih postupaka nakon pojave kvara ili nenormalnog stanja na pogonu, velika je opasnost od pogrešnog delovanja čoveka. Zbog toga se

postrojenja opremaju i sredstvima zaštite koji štite celo postrojenje i tehnološku opremu od nastanka i posledica štetnih događaja. Sredstva zaštite se mogu svrstati u dve grupe, zavisno od načina delovanja:

Pasivne zaštite (nazivaju ih i blokade) deluju tako da pomoću tehničkih sredstava onemogućavaju da operater sprovede bilo kakve postupke koji bi u datim uslovima mogli ugroziti sigurnost postrojenja. Na primer, blokadna zaštita ne dozvoljava puštanje postrojenja u rad ako nisu obezbeđeni svi potrebni uslovi za normalan i bezbedan rad. Ovi uslovi se nazivaju kriterijumi zaštite.

Aktivne zaštite se ostvaruju pomoću tehničkih sredstava koji neprekidno nadziru kritične veličine u tehnološkom procesu (kritične sa stanovišta sigurnosti). Ti uređaji deluju automatski u slučaju prekoračenja sigurnosne granice u cilju sprečavanja štetnih posledica. Na primer, kod sistema čiji izvršni organi vrše mehaničko pomeranje (regulacioni ventili, pokretni delovi alatnih mašina i sl.) redovno se primenjuje zaštita od prekoračenja krajnjih položaja izvršnog organa. Ova zaštita se izvodi pomoću krajnjih prekidača. Dalje, zaštita električnih generatora i transformatora od preopterećenja se ostvaruje pomoću specijalnih releja za prekostrujnu zaštitu, a zaštita od kratkih spojeva u mreži pomoću osigurača.

## 5.2. Signalizatori procesnih veličina

Signalizatori procesnih veličina su elementi sistema upravljanja koji daju informacije o graničnim vrednostima procesnih veličina. To su specijalni releji, koji se aktiviraju kada kontrolisana veličina dostigne (ili pređe) graničnu vrednost (minimalnu ili maksimalnu). Njihovi kontakti služe za uključivanje svetlosne signalizacije i/ili za zaustavljanje proizvodnog procesa u cilju zaštite.

### 5.2.1. Signalizatori temperature

Kod signalizatora temperature se primenjuju isti fizički principi kao kod pretvarača temperature za kontinualna merenja. Signalizatori temperature su konstruktivno jednostavniji od mernih pretvarača, jer se od njih traži informacija samo o jednom manjem broju vrednosti (obično jednoj) temperature. Za signalizaciju određene vrednosti temperature najčešće se primenjuju sledeće fizičke pojave: promene dimenzija čvrstih tela, promene zapremine tečnosti pri konstantnom pritisku, promena pritiska u tečnostima i gasovima pri konstantnoj zapremini, sa promenom temperature i sl.

Signalizator temperature na principu promene dimenzija čvrstih tela (slika 5.3) sastoji se iz cevi (1) od metala sa velikim temperaturnim koeficijentom promene dužine, u kojoj je smeštena metalna šipka (2) sa malim temperaturnim koeficijentom promene dužine. Slobodan kraj šipke pritiska na jedan krak poluge (3), čiji drugi kraj naleže na mikroprekidač (4). Signalizator se montira tako što se u zidu komore (parnog kotla, peći i drugih), u kojoj se razvija temperatura, izbuši otvor i kroz taj otvor uvuče cev termostata u komoru. Cev se zavari za zidove komore.

Pri porastu temperature povećava se dužina cevi po poznatom obrascu:

$$l_1 = l_{10}(1 + \alpha_1(\theta - \theta_0)), \quad (5.1)$$

gde je:  $l_1$  — dužina cevi na temperaturi  $\theta$ ,  $l_{10}$  - dužina na početnoj temperaturi (obično sobnoj)  $\theta_0$ , a  $\alpha_1$  - temperaturni koeficijent promene dužine materijala cevi.

Ako sa  $\alpha_2$  označimo temperaturni koeficijent promene dužine materijala šipke (2), njena dužina na povišenoj temperaturi  $\theta$  biće:

$$l_2 = l_{20}(1 + \alpha_2(\theta - \theta_0)), \quad (5.2)$$

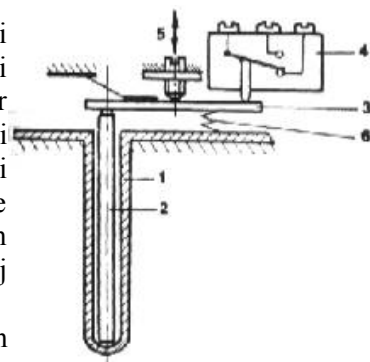
Pomeraj slobodnog kraja šipke, koji nastaje usled promene temperature, jednak je razlici dužina šipke i cevi na početnoj temperaturi i na povišenoj, to jest:

$$\Delta l = (l_1 - l_2) - (l_{10} - l_{20}), \quad (5.3)$$

Kada se ove razlike izračunaju pomoću obrazaca (5.1) i (5.2), dobija se:

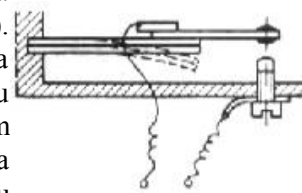
$$\Delta l = (l_{10}\alpha_1 - l_{20}\alpha_2)(\theta - \theta_0), \quad (5.4)$$

Drugi kraj poluge (3) pomera se naviše pod dejstvom elastično sabijene opruge (6), pomerajući kontakt mikroprekidača (4). Zavrtanj (5) služi za podešavanje dužine pomeraja, odnosno temperature  $\theta$ , pri kojoj će kontakt mikroprekidača da pređe u radni položaj.



Slika 5.3

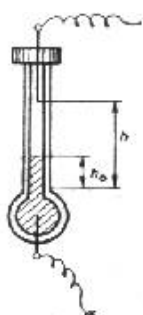
Kod opisanog signalizatora promena dužine, dovoljna za aktiviranje mikroprekidača, nastaje pri relativno visokim temperaturama, pa se opisani termostat i primenjuje za signalizaciju visokih temperatura (nekoliko stotina stepeni Celzijusovih). Za signalizaciju manjih promena temperature primenjuju se termostati sa bimetalom (slika 5.4). Bimetalna traka ima osobinu da se, pri porastu temperature, savija na stranu metala sa manjim temperaturnim koeficijentom širenja. Ugib trake, koji pri tome nastaje, dovoljan je da prebaci kontakt mikroprekidača iz mirnog položaja u radni. Pomoću bimetalnih signalizatora mogu se signalizirati vrednosti temperature niže od 100°C.



Slika 5.4.

Pojava promene zapremine tečnosti usled promene temperature poznata je kod živinih termometara. Kako je živa provodnik to se živin termometar veoma jednostavno koristi za signalizaciju temperature. Na slici 5.5 prikazan je termostat sa živom. Termostat se sastoji od staklene cevi sa proširenjem pri dnu u kome je smeštena živa. Cev je od stakla, jer se staklo odlikuje veoma malim temperaturnim koeficijentom promene dimenzija. Živa, kao i većina metala, ima relativno veliki koeficijent promene zapremine. Promena zapremine žive, pri promenama temperature, određena je obrascem:

$$V = V_0(1 + \beta(\Theta - \Theta_0)) , \quad (5.5)$$



slika 5.5

gde je  $\beta$  — temperaturni koeficijent promene zapremine žive.

Priraštaj zapremine žive jednak je razlici živinog stuba u cevi termostata na povišenoj i na početnoj temperaturi, to jest:

$$\Delta V = S(h - h_0) , \quad (5.6)$$

Na osnovu jednačine (5.5) sledi

$$S(h - h_0) = Sh_0\beta(\Theta - \Theta_0) ,$$

odnosno:

$$\Delta h = h - h_0 = h_0\beta(\Theta - \Theta_0) . \quad (5.7)$$

Termostat je snabdeven dvema elektrodama od kojih je jedna stalno uronjena u živu, a druga se spaja sa živom na određenoj temperaturi. Položaj gornje elektrode može se menjati pomoću navrtke sa stalnim magnetom jer je staklena cev hermetički zatvorena. Na taj način se ostvaruje signalizacija željene vrednosti temperature.

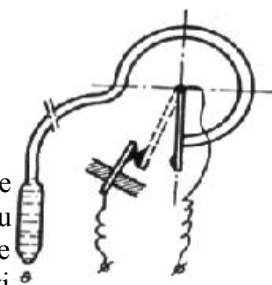
Termostati na principu promene pritiska u tečnostima i gasovima, pri konstantnoj zapremini, koriste poznati zakon termodinamike, po kome je:

$$\frac{P_\theta}{T} = \frac{P_0}{T_0} | V = const , \quad (5.8)$$

odakle je:

$$P_\theta = \frac{P_0}{T_0} T . \quad (5.9)$$

Termostat se sastoji od rezervoara (slika 5.6), cevovoda i Burdonove cevi, ispunjenih tečnošću (najčešće parafinskim uljem). Pri porastu temperature raste pritisak u tečnosti, jer su zidovi sistema kruti, pa se zapremina ne može menjati. Usled pritiska tečnosti na zidove Burdonove cevi ona se savija i pomera pokretni kontakt mikroprekidača.

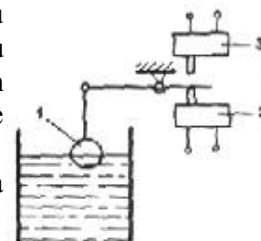


Slika 5.6

### 5.2.2. Signalizatori nivoa

Signalizatori nivoa upotrebljavaju se za nadzor ili regulaciju nivoa u otvorenim ili zatvorenim rezervoarima kao i posudama pod pritiskom. Mogu se koristiti kao signalizatori određenog nivoa zvučnim ili svetlosnim signalom ili kao element za regulaciju nivoa kojim se uključuje ili isključuje pumpa ili otvara i zatvara ventil.

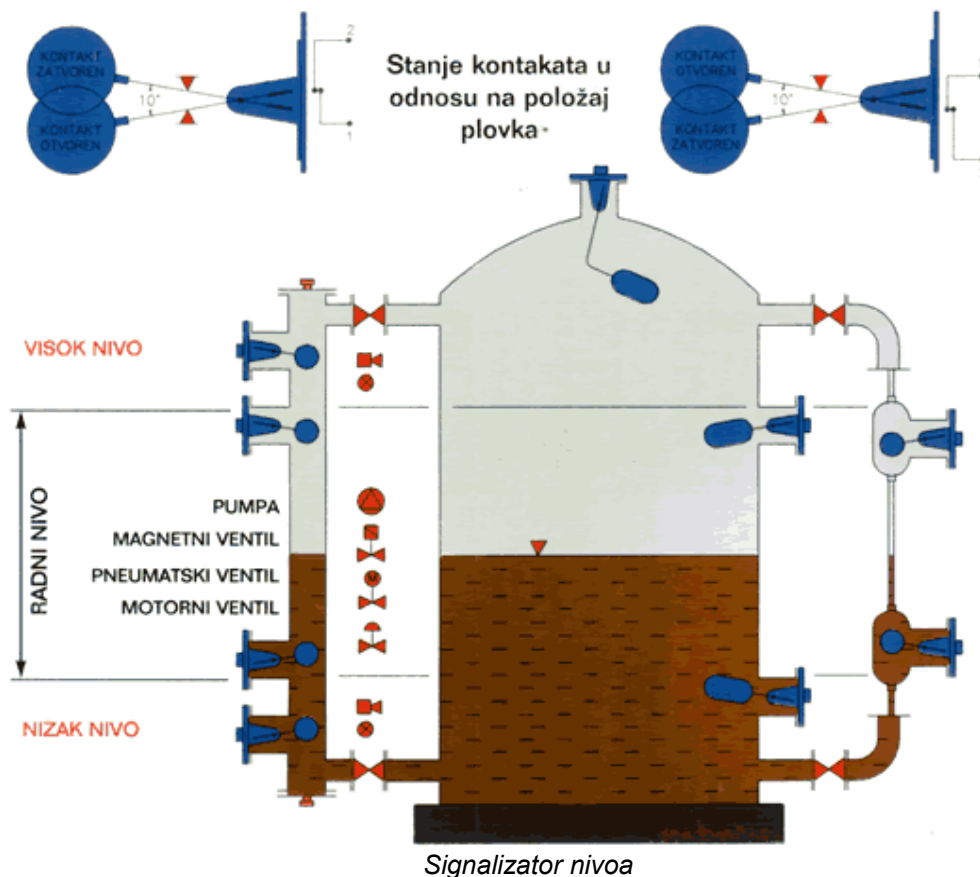
Postoji veliki broj konstruktivnih rešenja za signalizatore nivoa, koja



Slika 5.7

zavise od fizičkih i hemijskih osobina tečnosti (temperature, viskoznosti, hemijske agresivnosti i dr.). Međutim, u široj primeni je mali broj fizičkih principa. Najčešće se primenjuje pretvaranje promena nivoa u mehanički pomeraj pomoću plovlaka i sistema poluga, kao i korišćenje električne provodnosti tečnosti.

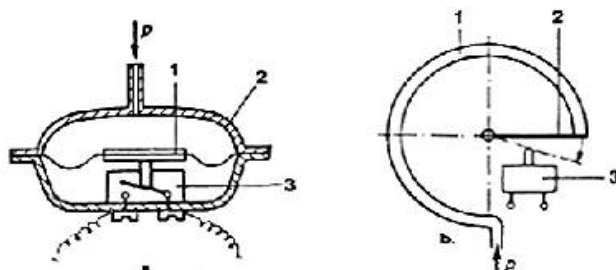
Signalizator sa plovkom (slika 5.7) sastoji se od plovka (1), sa sistemom poluga, i mikroprekidača (2) i (3) za signalizaciju minimalnog i maksimalnog nivoa. Drugi primer signalizatora nivoa prikazan je na sledećoj slici.



Signalizator se sastoji od plovka sa magnetom, pregradne priрубnice i magnetske sklopke SMK-4. Plovak sa magnetom pričvršćen je na pregradnu priрубnicu s unutrašnje strane, a na vanjsku stranu priрубnice pričvršćena je magnetska sklopka. Pregradna priрубница izrađena je od nemagnetskog materijala. Porastom ili padom nivoa u rezervoaru plovak se kreće i uključuje odnosno isključuje magnetsku sklopku. U ovisnosti o načinu ugradnje signalizatora i položaja plovka otvara se ili zatvara kontakt na magnetskoj sklopki, a time se postiže konačna namjena signalizatora.

### 5.2.3. Signalizatori pritiska

Za signalizaciju pritiska u tečnostima i gasovima primenjuju se isti fizički principi kao za kontinualna merenja. To su: elastične deformacije membrane i Burdonove cevi. Međutim, Signalizatori pritiska jednostavnije su konstrukcije od kontinualnih pretvarača pritiska.



Slika 5.9

Na slici 5.9a prikazana je principiska šema signalizatora sa membranom, a na slici 5.9b, sa Burdonovom cevju. Kod prvoga se, pod dejstvom spoljnog pritiska  $p$ , elastično ugiba membrana (1) i pritiska na mikroprekidač (3). Kod drugoga se, pod dejstvom pritiska, savija Burdonova cev, koja svojim slobodnim krajem pomera polugu (2), a ova, pri određenoj vrednosti pritiska, aktivira mikroprekidač (3).

Signalizatori diferencijalnog pritiska mogu se koristiti u različite svrhe:

- Za nadzor zapunjenosti filtera (za tekuće i plinske medije)
- Za signalizaciju razlike pritisaka na mernim elementima za merenje protoka kroz cevovode
- Za nadzor začepljenosti kanala kod rashladnih sistema i sistema za podmazivanje

Pritisak pre prigušenja (+) spoji se na donju ploču navojnim spojem, a pritisak posle prigušenja (-) spoji se na gornju ploču drugim navojnim spojem. Pomoću priteznog vijka opruga se pritegne sa odgovarajuću vrednost dif. pritiska (početna vrednost). Ako nema razlike pritisaka na prigušnom elementu opruga će magnet sa membranom potisnuti u donji položaj, a kontakti na sklopci su otvoreni. Pojavom razlike pritisaka na prigušnom elementu membrana sa magnetom će krenuti prema gore i kada se ta razlika pritisaka izjednači sa postavljenom vrednosti na opruzi magnet će zatvoriti kontakti sklop, a to daje željeni signal ili obavi neku drugu radnju.



signalizator  
diferencijalnog pritiska

#### 5.2.4. Signalizatori protoka

**Signalizator protoka** upotrebljava se za nadzor protoka fluida kroz cevovode. Može se koristiti za uključivanje i isključivanje pumpi, kao i signalizator ima li ili nema protoka.

**Signalizatori nivoa** upotrebljavaju se za nadzor ili regulaciju nivoa u otvorenim ili zatvorenim rezervoarima kao i posudama pod pritiskom. Mogu se koristiti kao signalizatori određenog nivoa zvučnim ili svetlosnim signalom ili kao element za regulaciju nivoa kojim se uključuje ili isključuje pumpa ili otvara i zatvara ventil.

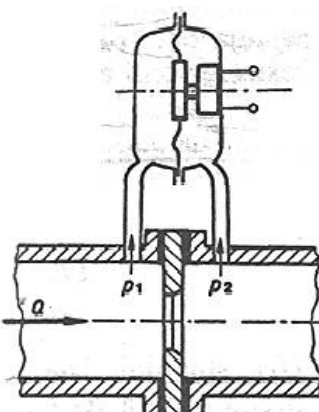
Za signalizaciju graničnih vrednosti protoka tečnosti i gasova najčešće se koriste diferencijalni pretvarači pritiska sa pretvaračima protoka u razliku pritisaka. Elementi, koji pretvaraju protok u razliku pritisaka nazivaju se prigušnice. To su pregrade sa otvorom određenog preseka i profila kroz koji prolazi fluid (tečnost ili gas). Usled naglog smanjenja slobodne površine kroz koju protiče fluid pritisak iza pregrade je niži od pritiska ispred pregrade. Postoji poznata relacija između protoka i pada pritiska na prigušnici (slika 5.10):

$$q = kS \sqrt{\frac{2}{\rho} (p_1 - p_2)}, \quad (5.12)$$

gde je:  $q$  — protok u  $m^3/s$ ,  $S$  — površina otvora u prigušnici u  $m^2$ ,  $\rho$  — specifična gustina fluida u  $kg/m^3$ , a  $k$  — konstanta srazmernosti.

Iz poslednje relacije vidimo da određenoj vrednosti protoka odgovara određena razlika pritisaka  $p_1 - p_2$ . Prema tome, ova razlika pritisaka se može koristiti kao mera za određivanje protoka.

Na sledećoj slici je dat još jedan praktičan primer signalizatora nivoa



Slika 5.10



signalizator nivoa

Struja fluida koji protiče kroz cijevovod udara čeonu u pločicu signalizatora, a pločica sa grebenom zakreće se u smjeru protoka. Greben zakretanjem podiže magnet a magnet zatvara kontakti sklop i signalizira postojanje protoka. Nestankom protoka pločica se vraća u prvobitan položaj, a kontakti sklop daje signal da nema protoka.



## 5.3. Zaštita od smetnji

### 5.3.1. Zaštita od elektromagnetnih smetnji

Pod elektromagnetnom smetnjom se podrazumeva pojava nepoželjnih naponskih ili strujnih impulsa koji se od jednog potrošača električne energije prenose do drugog potrošača električne energije putem električnog polja (kapacitivna sprega), magnetnog polja (induktivna sprega), elektromagnetnog polja (visokofrekventni telekomunikacioni talasi) ili preko provodnika (galvanska veza).

Trajanje smetnji može biti različito. Podrazumeva se da su smetnje trenutne ako je njihovo trajanje ispod 200ms, a trajne ako je njihovo trajanje duže od 400ms.

U starijim uređajima automatike, čija je izgradnja zasnovana na primeni relejnih elemenata, smetnje ovog tipa nisu mogle izazvati takve posledice koje bi bitno uticale na funkcionisanje uređaja. Kod savremenih digitalizovanih sistema, koji rade sa vrlo niskim energetske signanima i na vrlo visokim učestanostima, pojava smetnji može poremetiti osnovno funkcionisanje tj izazvati kvar.

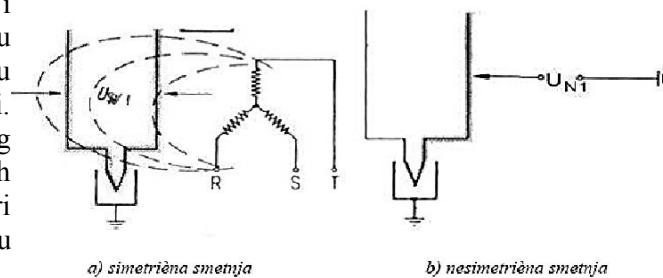
Smetnje mogu biti unutrašnje i spoljašnje. Unutrašnje smetnjenastaju u samom uređaju na provodnicima, poluprovodničkim elementima itd. zbog prolaska električne struje. Spoljašnje smetnje nastaju od komutacija na elektromotorima, od uključivanja elektromotora i energetskih vodova, primene aparata za elektrolyčno zavarivanje, releja, visokofrekventnih medicinskih uređaja, telekomunikacionih talasa, atmosferskih promena, itd.

### 5.3.2. Vrste i izvori elektromagnetnih smetnji

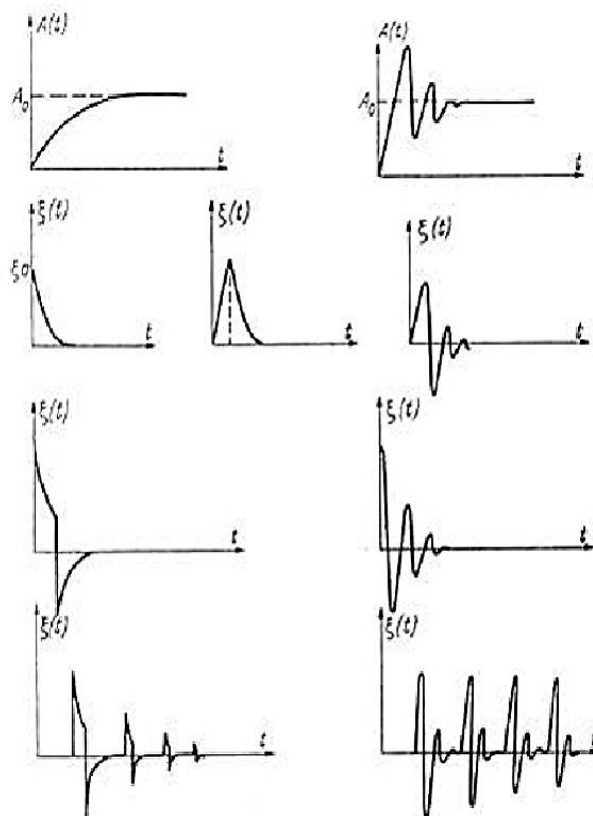
Smetnje mogu biti simetrične i nesimetrične. Simetrične smetnje nastaju u provodnicima istog strujnog kruga ako su položeni paralelno sa nekim izvorom smetnji. Nesimetrične smetnje nastaju zbog kapacitivnih veza sa podom od plastičnih materijala, iskre koja nastaje pri elektrolytičkom pražnjenju pri dodiru tastature, itd.

Na slici 5.11 su prikazani principi nastajanja a) simetričnih i b) nesimetričnih smetnji.

Na slici 5.12. prikazani su tipični oblici signala smetnji.



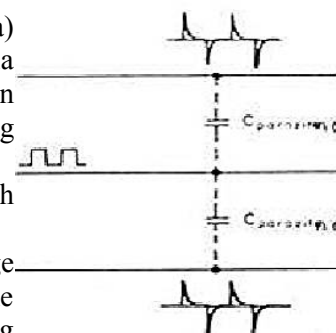
Slika 5.11 Nastajanje smetnji



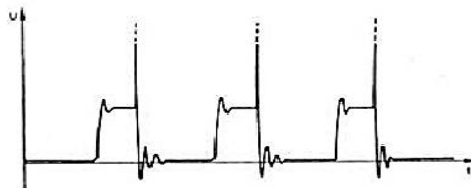
Slika 5.12. Tipični oblici smetnji

U zavisnosti od izvora i ulaska smetnji u neki strujni krug smetnje se mogu podeliti na:

1. Konduktivne smetnje – nastaju zbog promena (kvara) izolacije. Pojavljuju se kod uređaja u kojima se obrada signala ostvaruje u elektronskim kolima visoke impedanse. Tipičan primer je smetnja kod termoelementa koja nastaje zbog termičkih naprezanja keramičke košuljice.
2. Kapacitivne smetnje – nastaju zbog parazitnih kapacitivnih veza između provodnika.
3. Induktivne smetnje – nastaju zbog elektromagnetne sprege između vodova ako se u izvoru smetnje odvijaju impulsne promene struje zbog uključenja i isključenja induktivnog potrošača, komutacije motora, itd.
4. Smetnje preslušavanja - nastaju u slučaju primene zajedničkih izvora napona i paralelnog vođenja signalnih vodova različitih nivoa signala.
5. Jednosmerne smetnje – nastaju zbog termonapona kontakata itd.



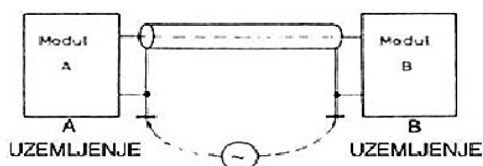
Slika 5.13. nastajanje simetrične kapacitivne smetnje



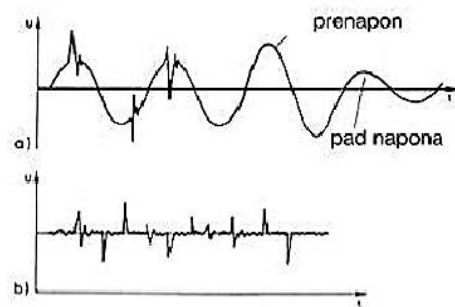
Slika 5.14. Smetnje nastale uključivanjem i isključivanjem induktivnog potrošača

6. Smetnje zbog korišćenja zajedničkih masa i uzemljivača postavljenih u neekvipotencijalnim tačkama. Ova smetnja može u nekim slučajevima da ima amplitudu od 5 – 10V. Ako se dva modula (A i B) koji su u galvanskoj sprezi spoje na masu (uzemljenje) u različitim tačkama između kojih je neka potencijalna razlika, tada u provodniku mase (uzemljivača i zemlje) nastaje struja koja može indukovati smetnju u strujnom kolu prenosa signala.

7. Smetnje iz izvora napajanja – nastaju zbog uključivanja i isključivanja potrošača na zajednički izvor. Pored smetnji nastaju i prenaponi i padovi napona.



Slika 5.15. Smetnje zbog korišćenja zajedničke mase



a) naizmjenični izvor b) jednosmerni izvor

Slika 5.16. Smetnje na napojnim vodovima

### 5.3.3. Metode otklanjanja smetnji

Smanjenje negativnih efekata smetnji može se postići:

- sprečavanjem nastanka i širenja uzročnika smetnje u samom izvoru smetnje,
- sprečavanje prodora smetnje u potencijalne primaoca smetnji stvaranjem zaštite od smetnji,
- primenom takvih obrada signala u sistemima automatskog upravljanja koji su neosetljivi, tj robustni na smetnje.

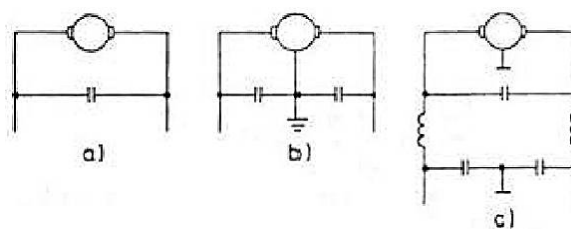
Mere smanjivanja uticaja smetnji se svode na mere za smanjivanje napona smetnji, mere za smanjivanje jačina električnih i magnetnih polja i trajanja i učestanosti smetnji.

*Mere za sprečavanje nastanka i širenje signala smetnji*

Zbog teškoća lokalizacije izvora smetnji ovu meru je u praksi najteže sprovesti. Često se lokalizacija ne može izvesti jer su procesi koji stvaraju smetnju u principu osnovni procesi uređaja kao što je to npr. kod odašiljača telekomunikacionih signala.

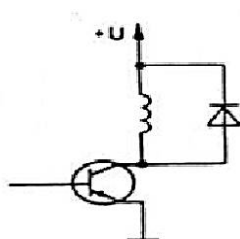
Najjednostavnije, ali često i veoma skupo rešenje je postavljanje izvora smetnje u metalno kućište tj Faradejev kavez. U daljem tekstu će se navesti neke od jednostavnijih metoda za otklanjanje nekih konkretnih smetnji.

Smetnje koje nastaju zbog komutacije otklanjaju se paralelno vezanim kondenzatorima. Paralelnom vezom induktiviteta motora i kondenzatora nastaje rezonantno kolo čija rezonantna učestanost mora biti izvan frekventnog područja u kom uređaj automatskog upravljanja radi.

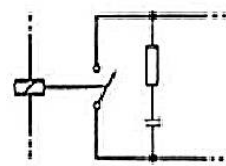


Slika 5.17. Suzbijanje smetnji nastalih zbog komutacije

Kod induktivnih potrošača (elektromagneti, motori) može se primeniti dioda za ograničenje prenapona pri isključenju.



Slika 5.18. Primena diode za ograničenje prenapona

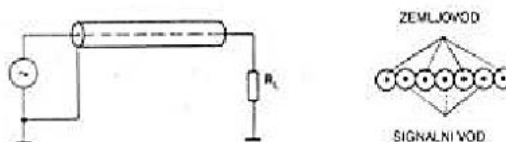


Slika 5.19. Primena RC kola kod releja

Kod releja paralelno sa kontaktima vezuje se RC kolo kao što je to prikazano na slici 5.19.

### Mere za sprečavanje prodora smetnji preko signalnih vodova

Prodor smetnji u signalne vodove je najčešće preko parazitnih kapacitivnih sprega. Efikasnu zaštitu od električnih polja obezbeđuje stavljanje signalnih provodnika u oklop. Ako se koristi više žila, poželjno je svaku žilu staviti u poseban oklop. Oklop se mora uzemljiti. Ova mera gubi svoje efekte kod visokofrekventnih signala.

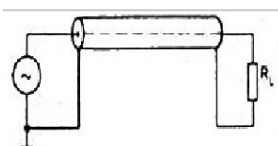


Slika 5.20. Oklapanje signalnih provodnika

Zaštita od magnetnih polja postiže se:

- postavljanjem provodnika po mogućnosti vertikalno a ne paralelno sa linijama magnetnog polja,
- izbegavanjem zatvorenih petlji,
- smanjenjem površine prolaska fluksa čvrstim pripajanjem provodnika jedan uz drugog,
- primena optičkih provodnika.

Kod viših učestanosti (do 1GHz) primenjuju se koaksijalni kablovi. Spoljašnji omotač u ovom slučaju nije oklop već se neutrališe polje u odnosu na spoljnu sredonu. Praktično ova kombinacija ne stvara niti prima smetnje.



Slika 5.21. Koaksijalni kabel

### Zaštita od atmosferskih prenapona

U objektima u kojima se smeštaju sistemi automatskog upravljanja nalaze se različite instalacije kao što su gromobranske instalacije, elektroenergetske instalacije niskog napona, instalacije automatike, telefonske instalacije, instalacije protivpožarne zaštite, instalacije računarskih mreža, itd. Sve ove instalacije u principu koriste isti sistem uzemljenja i nalaze se na različitim potencijalima u odnosu na uzemljivač. U slučaju direktnog atmosferskog pražnjenja u gromobransku instalaciju

objekta može se pojaviti povišenje potencijala uzemljivača do te mere da se ugrozi izolacija između različitih instalacija. Pri tom posledice uticaja atmosferskog pražnjenja mogu biti:

- neposredno ugrožavanje života i zdravlja osoba u kontaktu sa uređajem kojije pod uticajem atmosferskog pražnjenja,
- oštećenje komponenti uređaja pod uticajem atmosferskog pražnjenja,
- neispravan rad uređaja i gubitak informacija.

Da bi se sprečile štetne posledice atmosferskih pražnjenja na instalacije automatike svi uređaji unutar jednog objekta moraju biti povezani radi izjednačenja potencijala, s tim da mreža za povezivanje može, mada ne mora uvek da bude uzemljena. Ukoliko je instalacija direktno galvanski povezana sa napojnim sistemom i telekomunikacionim vezama sa sistemima van objekta, tada svi vodovi koji dolaze u posmatrani objekat moraju biti dovedeni na isti potencijal preko šine za izjednačavanje potencijala. Ako su naponski sistem i telekomunikacione veze galvanski odvojene preko razdvojnih transformatora ili optičkih veza, tada instalacija automatike ne mora da bude povezana sa zajedničkim uzemljivačem.

#### *Zaštita od električnog udara*

Pod električnim udarom se podrazumeva proticanje električne struje kroz čovečije telo. U tom slučaju struja može da izazove razne efekte, kao što su: remećenje električnih impulsa neurovegetativnog sistema, toplotno i elektrohemijsko dejstvo, itd. Stepent opasnosti od dejstva električne struje koja protiče kroz čovečije teko zavisi od njene jačine, učestanosti i dužine trajanja.

Do proticanja el. struje kroz telo čoveka dolazi kada se između pojedinih delova tela javi potencijalna razlika. Ona se može javiti pri dodiru elektroprovrdnih delova koji se iz bilo kakvih razloga nalaze na potencijalu različitom od nule.

Da bi se sprečila mogućnost električnog udara primenjuju se odgovarajuće mere zaštite.

Zaštita od direktnog dodira može da se sprovede na sledeće načine:

- električnim izolovanjem,
- postavljanjem pregrada i kućišta,
- postavljanjem prepreka,
- postavljanjem van dohvata ruke,
- dopunskim zaštitnim uređajem (prekidačem) struje (FID sklopka).

Zaštita od indirektnog dodira može da se sprovede na sledeće načine:

- automatskim isključenjem napajanja dela gde je došlo do kvara,
- upotrebom komponenti koje imaju dopunsku električnu izolaciju,
- izradom elektroneprovodnih prostorija,...

Kod instalacija u automatici koje sadrže releje, daljinske upravljačke sklopke, kontaktore i drugo, mora se obezbediti zaštita od direktnog dodira:

- pregradama i kućištima,
- odgovarajućom instalacijom.

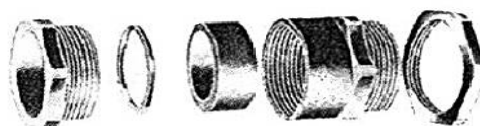
#### *Mehanička zaštita*

Električne komponente, vodovi, spojevi vodova se smeštaju u različite neelektrične komponente instalacija koje pored nosećih funkcija obezbeđuju odvajanje od okoline u cilju bezbednosti i okoline i samih komponenti. Ovi elementi štite električne komponente od udara, vlage, stranih tela, temperaturnih uticaja okoline itd. Istovremeno ovi elementi obezbeđuju i zaštitu od direktnog dodira.

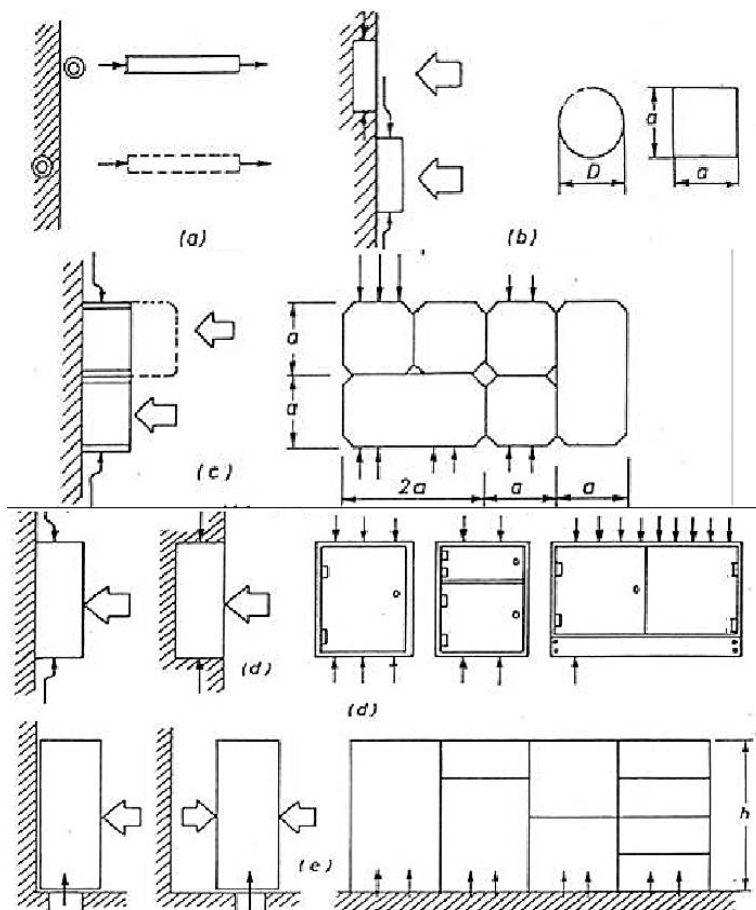
U praksi se uglavnom koristi sledeći elementi:

- metalne i plastične cevi u koje se uvlače provodnici, a postavljaju se na i u elemente građevinske i mašinske konstrukcije,
- metalne i plastične razvodne ili instalacione kutije manjih dimenzija, koje služe za nastavljanje i grananje provodnika ili za pojedinačno postavljanje nekih električnih komponenti, a postavljaju se u i na elemente građevinske i mašinske konstrukcije,
- metalni i plastični viseći razvodni ormani srednjih dimenzija, za postavljanje na ili u elemente građevinske ili mašinske konstrukcije, u koje se postavlja veći broj električnih komponenti,

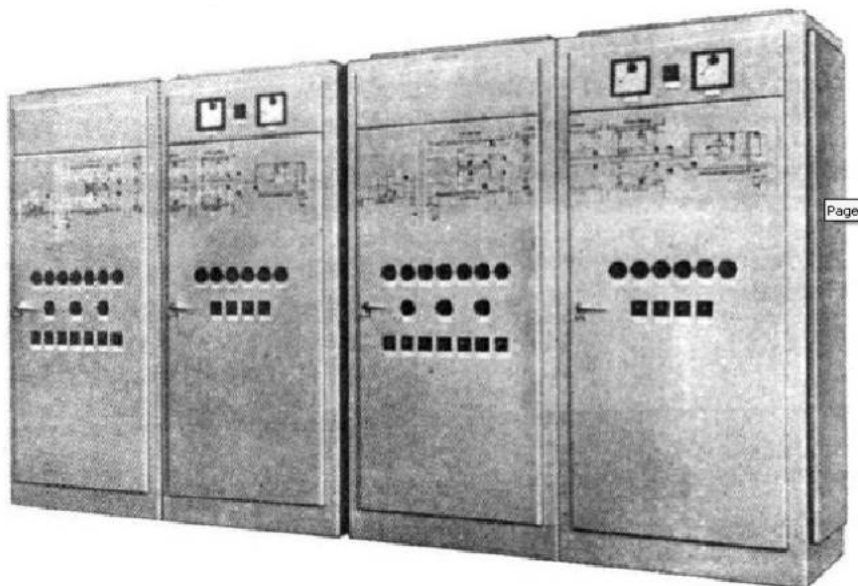
- metalni i slobodno stojeći razvodni ormani sa vratima, većih dimenzija u koje se postavlja veći broj električnih komponenti,
- Kablovske uvednice za uvođenje kablova u ormane,
- Nosači provodnika i kablova itd.



Slika 5.22. Kablovska uvednica



Slika 5.23. Neke neelektrične komponente električnih instalacija: instalacione cevi (a) i kutije (b) "baterije" razvodnih ormara (c), viseći razvodni ormani (d) i slobodno stojeći razvodni ormani (e)



Slika 5.24. Upravljački ormani