

Primena PLC u elektroenergetici

■ Davači (Senzori)

Predavanje nastalo na osnovu knjige

Popović M.: SENZORI I MERENJA, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Srpsko Sarajevo, 2004.

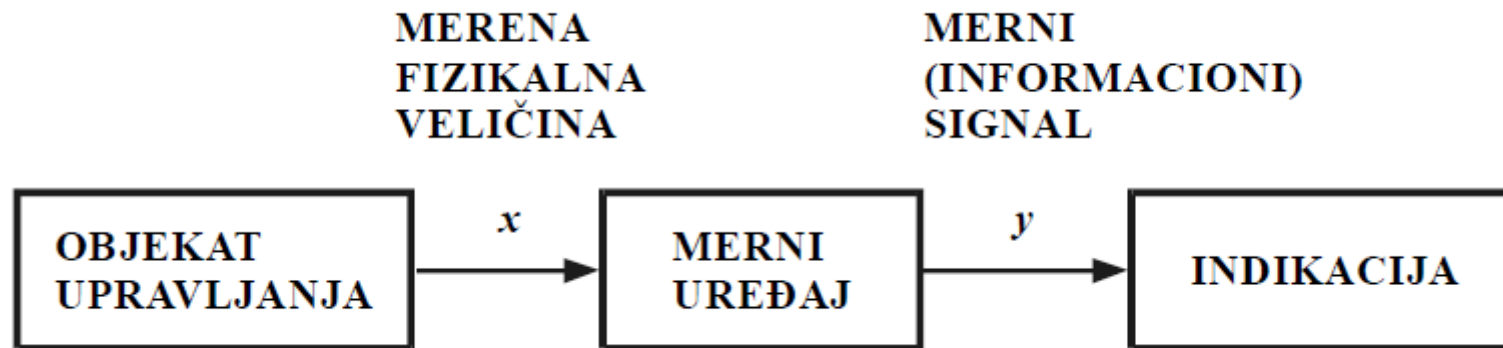
u kojoj studenti mogu pronaći mnogo više detalja potrebnih za razumevanje ovog dela materije i polaganje ispita.

Ukoliko je neko zainteresovan za knjigu, neka se javi predmetnom profesoru.

■ Senzori

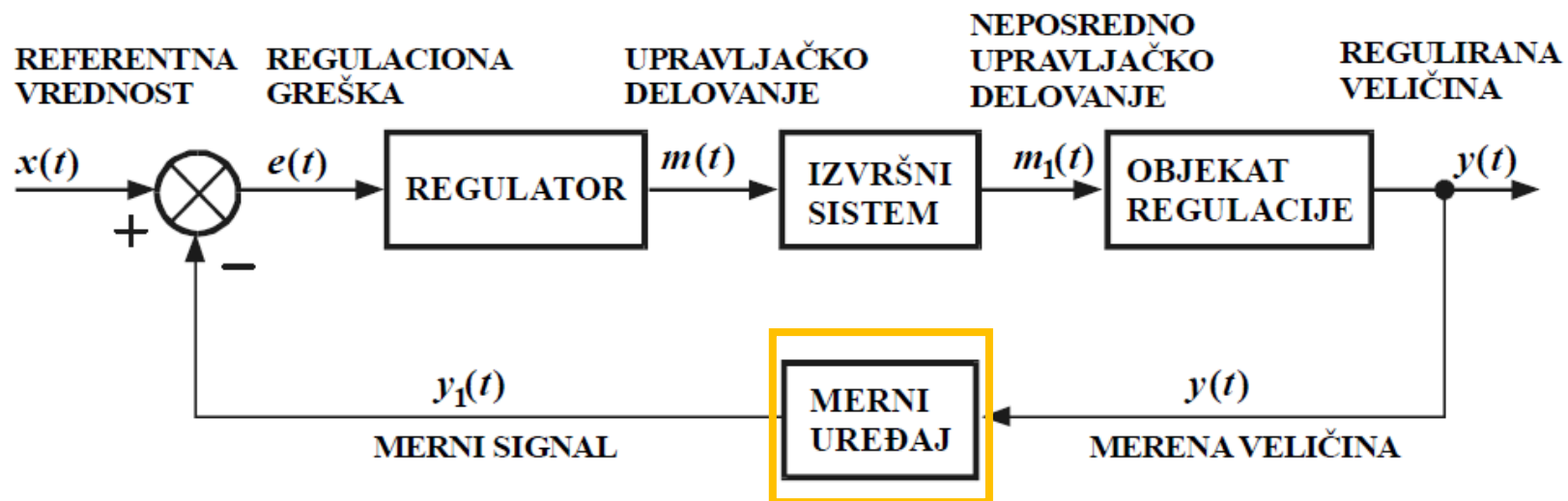
Šta su senzori i gde se koriste?

Merni uređaj je merni instrument koji pretvara merenu veličinu u pokazivanje ili ekvivalentnu informaciju. Ekvivalentna informacija je danas uglavnom neki od parametara električnog signala, napon, struja, frekvencija ...

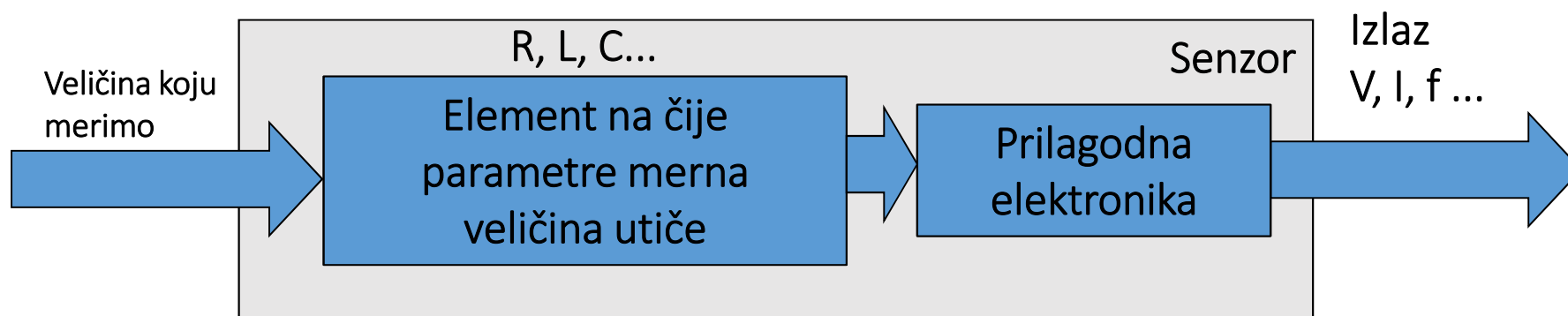


■ Senzori

Merni uređaj u sklopu sistema automatskog upravljanja.

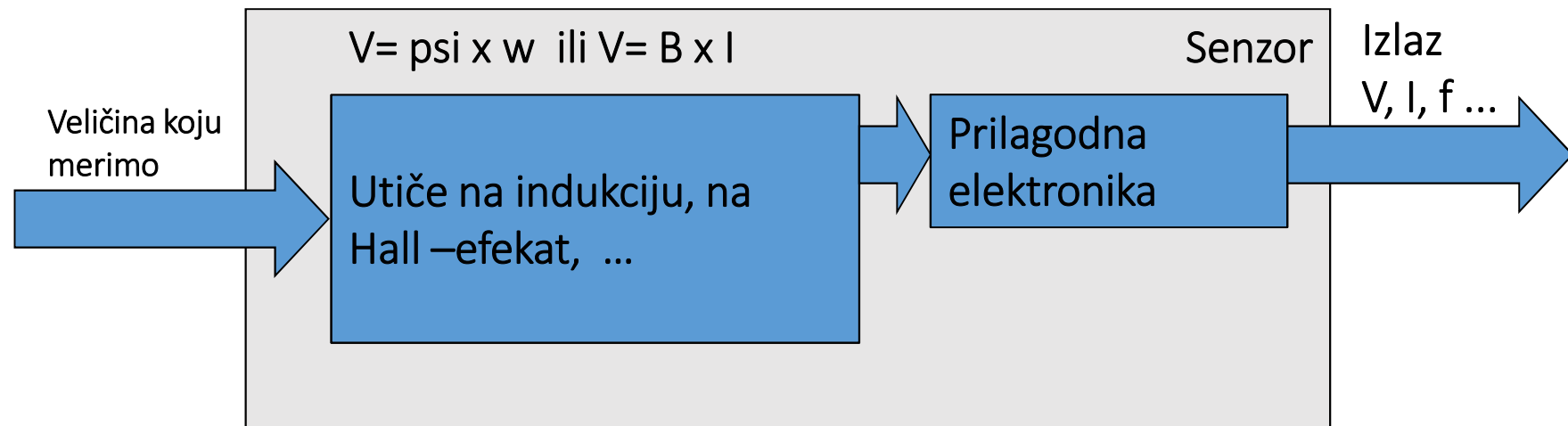


Princip rada senzora:



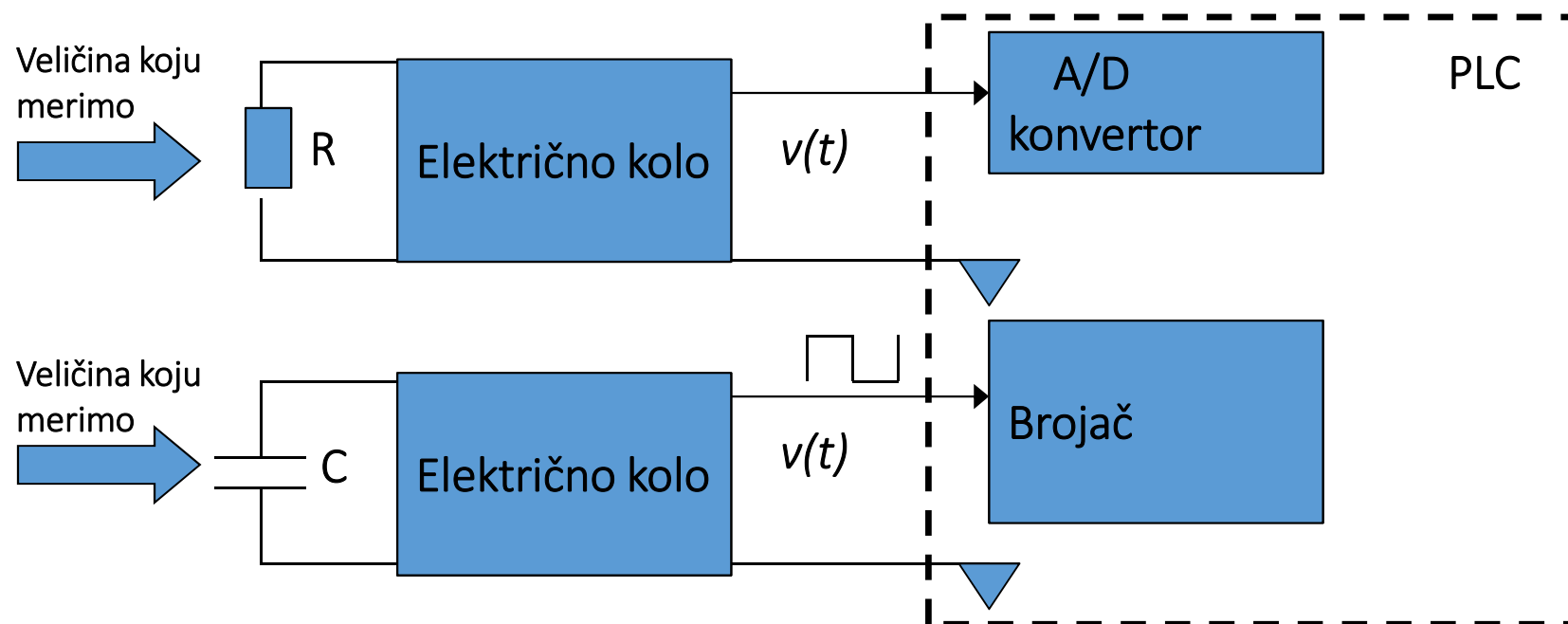
■ Senzori

Na primer,
Temperatura menja otpornost
Pomeraj menja kapacitivnost /induktivnost
Uvećanje ugaone brzine uvećava indukovan napon
Uvećanje struje pojačava Hall-ov efekat.



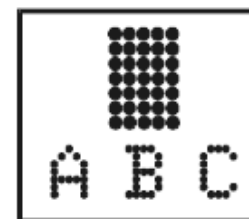
Korišćenje informacije sa senzora:

Primer za senzore R i C tipa od kojih jedan menja amplitudu izlaznog napona a drugi frekvenciju izlazne pavorke impulsa.



Prikaz informacije sa senzora:

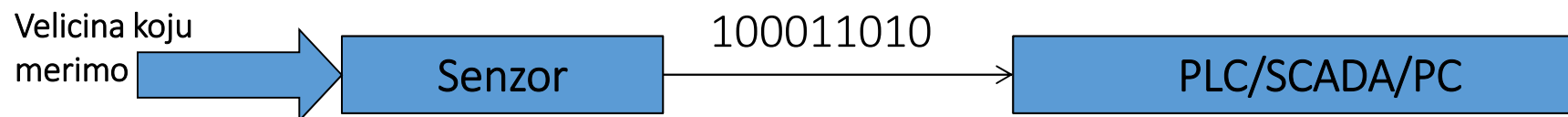
Lokalni prikaz merne informacije u pogodnom obliku.



1. Analogni indikatori i displeji

2. Digitalni displeji

3. Savremeni način je slanje informacije na dalju obradu serijskom vezom .



Podela senzora po principu rada:

1. Otpornički
2. Kapacitivni
3. Elektromagnetni - Induktivni, Indukcioni i Hall-ovi senzori
4. Piezoelektrični
5. Optoelektronski ili optički

1. Otpornički senzori

Princip rada:

Promena otpora u zavisnosti od delovanja mehaničke sile, temperature, zračenja ...

Formula za otpor metalnih senzora:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

1.1. Delovanje mehaničke sile odražava se na otpornički senzor od metala kao promena njegovih geometrijskih parametara – dužine l i preseka S .

$$\frac{\Delta R}{\Delta S} = -\rho \frac{l}{S^2}$$

$$\frac{\Delta R}{\Delta l} = \frac{\rho}{S}$$

1.2. Otpor zavisi i od temperature.

$$R_t = R_0 \left[1 + \alpha(T - T_0) + \beta(T - T_0)^2 + \gamma(T - T_0)^3 + \dots \right]$$

R_0 - Otpor na referentnoj temperaturi T_0 (najčešće 0C ili 20C),

α, β, γ , temperaturni koeficienti otpora

PT100 – platina, 100 Ohm na 20C.

2. Kapacitivni senzori

Princip rada

Dve metalne ploče između kojih se nalazi dielektrični (izolacioni) materijal grade kondenzator.

Formula za kapacitivnost:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{S}{d}$$

ε_0 - dielektrična konstanta vakuma

ε - relativna dielektrična konstanta

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} 10^{-9} [F / m]$$

Ukoliko se na S , d ili ε utiče nekom neelektričnom veličinom, tada kapacitet C zavisi od te veličine i dobijamo kapacitivni senzor.



2. Kapacitivni senzori

Princip rada

Dve metalne ploče između kojih se nalazi dielektrični (izolacioni) materijal grade kondenzator.

Formula za kapacitivnost:

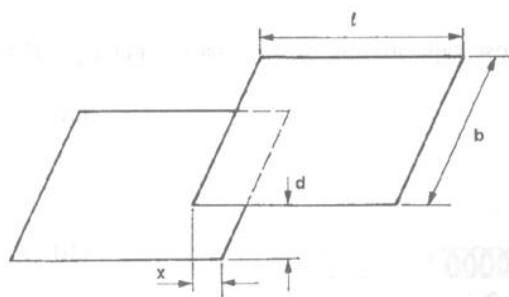
$$C = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{S}{d}$$

Ukoliko se na S , d ili ε utiče nekom neelektričnom veličinom, tada kapacitet C zavisi od te veličine i dobijamo kapacitivni senzor.

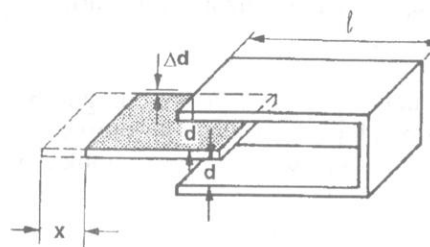
2.1. Kapacitivni senzor promjenjive površine

$$\frac{\Delta C}{\Delta S} = k_1 = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{1}{d} = \text{const.}$$

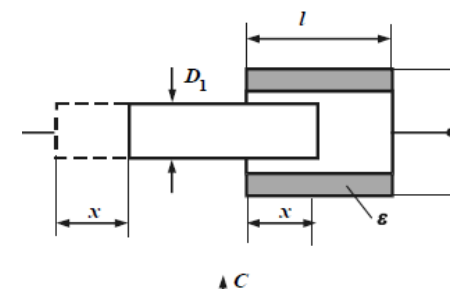
2.1.1. Prosti pločasti kapacitivni senzor



2.1.2. Poboljšani pločasti



2.1.3. cilindrični



■ Senzori

2. Kapacitivni senzori

Princip rada

Dve metalne ploče između kojih se nalazi dielektrični (izolacioni) materijal grade kondenzator.

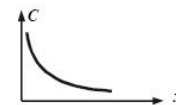
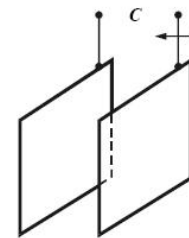
Formula za kapacitivnost:

$$C = \epsilon_0 \epsilon \frac{S}{d}$$

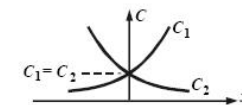
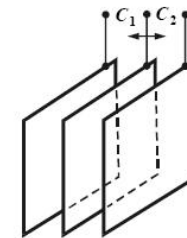
Ukoliko se na S , d ili ϵ utiče nekom neelektričnom veličinom, tada kapacitet C zavisi od te veličine i dobijamo kapacitivni senzor.

2.2. Kapacitivni senzor promenljivog razmaka između ploča

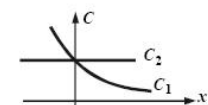
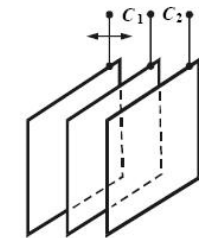
$$\frac{\Delta C}{\Delta x} = -\frac{k_2}{d^2} = -\epsilon_0 \epsilon \frac{S}{d^2} \neq \text{const}$$



a)



b)



c)

■ Senzori

2. Kapacitivni senzori

Princip rada

Dve metalne ploče između kojih se nalazi dielektrični (izolacioni) materijal grade kondenzator.

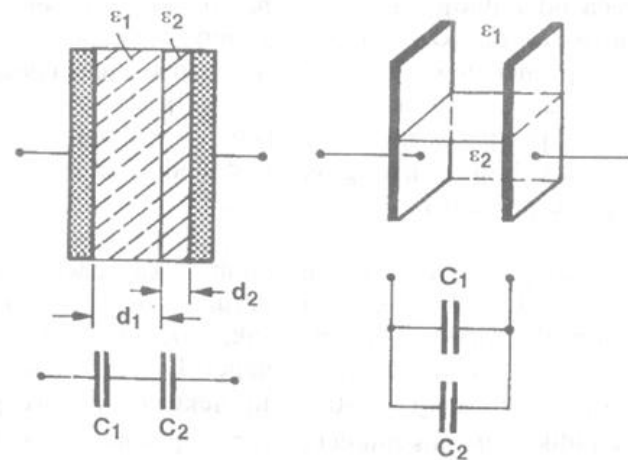
Formula za kapacitivnost:

$$C = \varepsilon_0 \varepsilon \frac{S}{d}$$

Ukoliko se na S , d ili ε utiče nekom neelektričnom veličinom, tada kapacitet C zavisi od te veličine i dobijamo kapacitivni senzor.

2.3. Kapacitivni senzor promjenljivog dielektrika

$$\frac{\Delta C}{\Delta \varepsilon} = k_3 = \varepsilon_0 \frac{S}{d} = \text{const.}$$



3.1. Elektromagnetni (Induktivni) senzori

Princip rada

Induktivnosti kalemata se menja sa promenom otpora elektromagnetnog kola.

Induktivnost kalemata sa jezgrom od feromagnetnog materijala i vazдушnim zazorom iznosi

$$L = \frac{\mu_0 N^2 S_\delta}{2\delta}$$

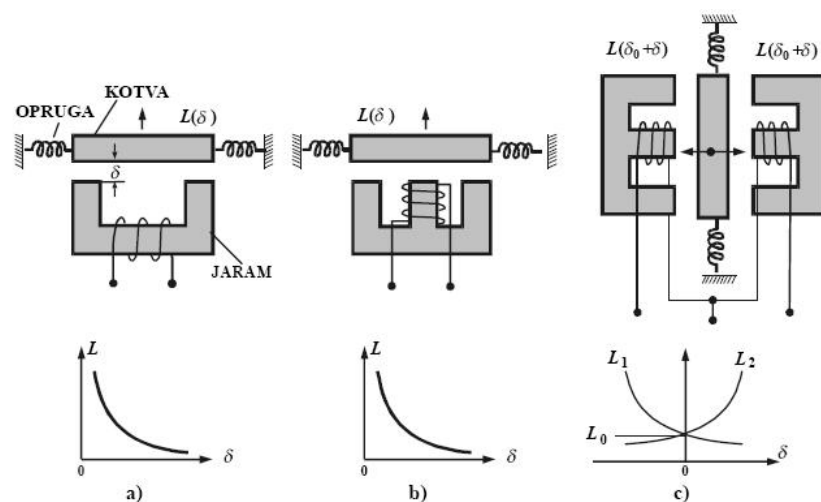
μ_0 – magnet. permeabilnost vakuma

μ - relativna magnet. permeabilnost

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

Ukoliko se na δ , S ili μ utiče nekom neelektričnom veličinom, tada L zavisi od te veličine i dobijamo induktivni senzor.

3.1.1. Induktivni senzor promenljivog zazora - δ



$$L = L(\delta) = k_1 \frac{1}{\delta}$$



3.1. Elektromagnetni (Induktivni) senzori

Princip rada

Induktivnosti kalema se menja sa promenom otpora elektromagnetnog kola.

Induktivnost kalema sa jezgrom od feromagnetog materijala i vazдушnim zazorom iznosi

$$L = \frac{\mu_0 N^2 S_\delta}{2\delta}$$

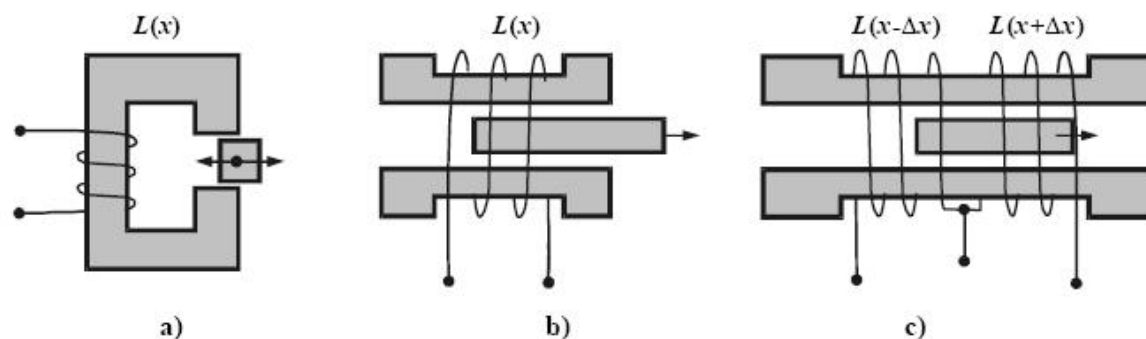
μ_0 – magnet. permeabilnost vakuma

μ - relativna magnet. permeabilnost

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

Ukoliko se na δ , S ili μ utiče nekom neelektričnom veličinom, tada L zavisi od te veličine i dobijamo induktivni senzor.

3.1.2. Induktivni promenjive površine - S



$$L = L(S_\delta) = k_2 S_\delta$$

3.1. Elektromagnetni (Induktivni) senzori

Princip rada

Induktivnosti kalema se menja sa promenom otpora elektromagnetnog kola.

Induktivnost kalema sa jezgrom od feromagnetog materijala i vazдушnim zazorom iznosi

$$L = \frac{\mu_0 N^2 S_\delta}{2\delta}$$

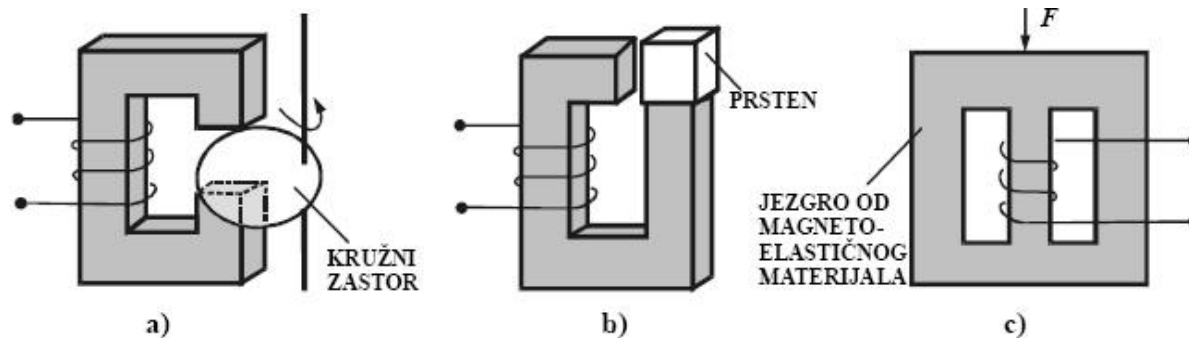
μ_0 – magnet. permeabilnost vakuma

μ - relativna magnet. permeabilnost

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ N/A}^2$$

Ukoliko se na δ , S ili μ utiče nekom neelektričnom veličinom, tada L zavisi od te veličine i dobijamo induktivni senzor.

3.1.3. Induktivni promenjive permeabilnosti



$$L = L(\mu_0) = k_3 \mu_0$$



3.2. Elektromagnetni (Indukcioni) senzori

Princip rada

Elektromagnetna indukcija. Pojava potencijalne razlike na krajevima provodnika koji se nalazi u promenljivom magnetnom polju.

Linearno kretanje

U provodniku koji se kreće i preseca magnetno polje indukuje se napon. Na provodniku dužine l , sa N navoja, koji se kreće kroz magnetno polje indukcije B brzinom v indukuje se napon V .

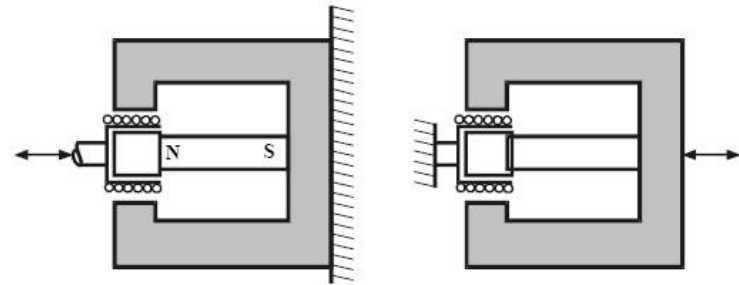
Napon proporcionalan BRZINI.

$$U_{ind} = N \cdot l \cdot B \cdot v$$

Rotaciono o kretanje

Napon je proporcionalan UGAONOJ BRZINI

$$U_{ind} = \Psi \cdot \omega$$



Pokretni namotaj ili magnet

Primena: Merenje brzine motora sa DC ili AC generatorom !

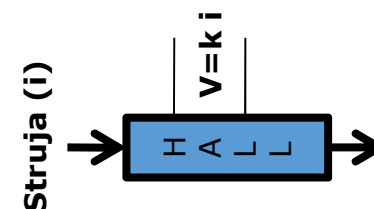


3.3. Elektromagnetni (Hall efekt) senzori

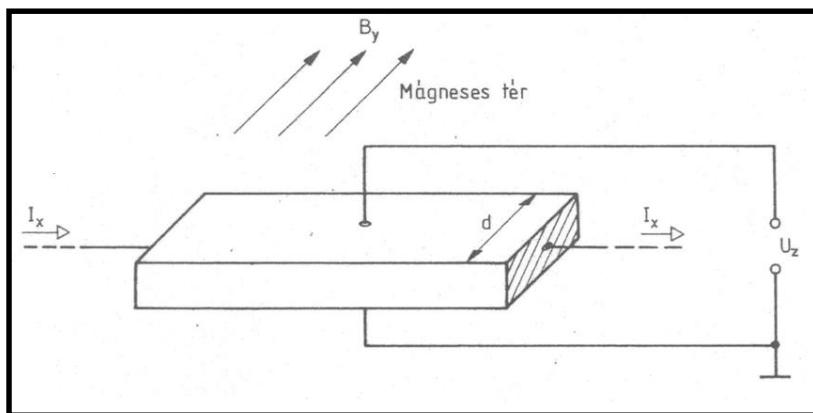
Princip rada
Hall efekt

$$U_i = K_h \frac{BI_h}{d}$$

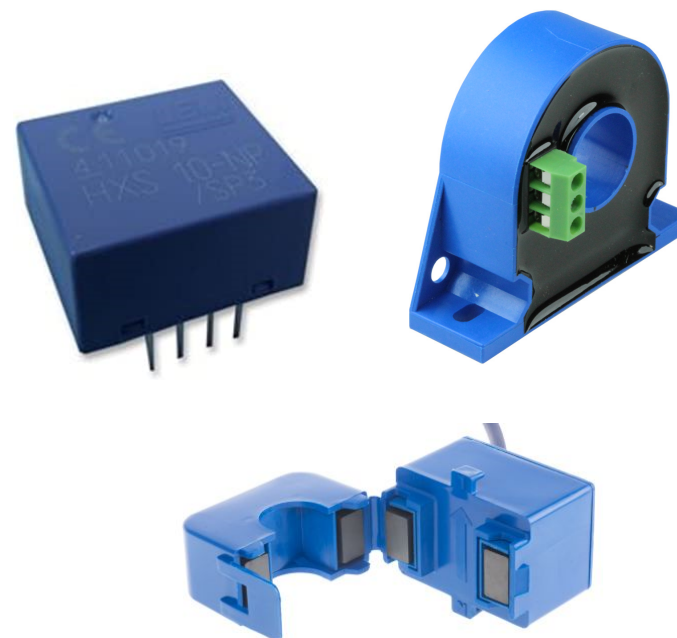
d - debljina pločice,
 K_h - Holova konstanta
 B - Indukcija



Osetljivi Hall element je poluprovodnička pločica, kroz koju se pušta konstantna struja I_h . Ako se pločica nalazi u homogenom magnetnom polju indukcije B , na bočnim krajevima pločice indukuje se napon.



Primena:
Merenje struje namotaja motora

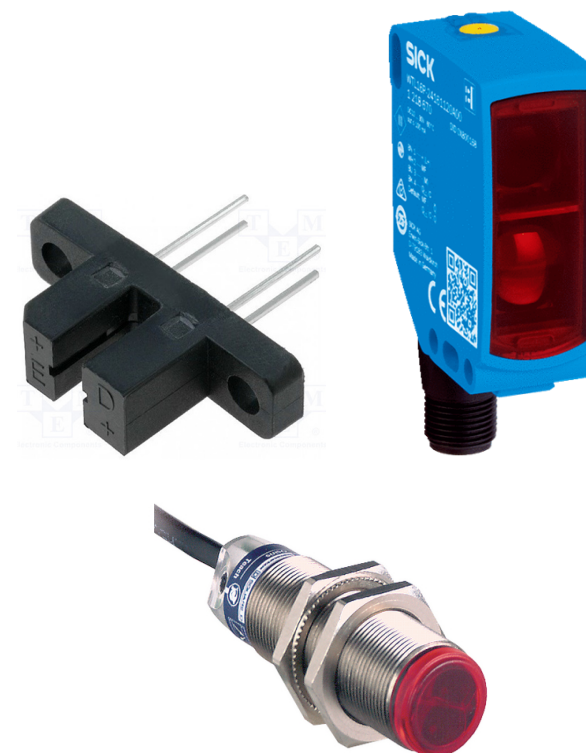
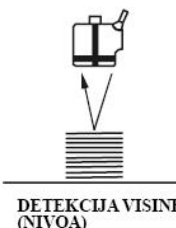


5. Optički senzori

Princip rada impulsnih svetlosnih senzora

Prekidanje svetlosne veze predajnik-prijemnik.

Predajnik, svetlosni izvor, šalje svetlost u pravcu prijemnika. Prijemnik menja stanje izlaza svaki put kada se svetlosni snop prekine.



Induktivni vs Kapacitivni vs Optički senzori prisustva (proximity sensors)

Detektuju objekte od različitih materijala;
Koriste izvor svetlosti i prijemnik svetlosti za detekciju;
Mogu da detektuju objekte koji su na velikim rastojanjima;
Mogu da detektuju brze promene ($\sim 10\text{Hz}$);
Nisu otporni na zaprljanost sredine (prašinu, itd.);
Skupi su.

Detektuju objekte od različitih materijala;
Koriste „električno“ polje za detekciju;
Mogu da detektuju objekte koji su na nešto većim rastojanjima;
Ne mogu da detektuju brze promene ($\sim 10\text{Hz}$);
Nisu otporni na zaprljanost sredine (prašinu, itd.);
Relativno su skupi;

Detektuju (fero)metalne objekte;
Koriste „magnetno“ polje za detekciju;
Mogu da detektuju objekte koji su na malim rastojanjima;
Mogu da detektuju relativno brze promene ($\sim \text{kHz}$);
Otporni na zaprljanost sredine (prašinu, itd.).
Relativno su jeftini;

Podela senzora po veličinama koje mere:

1. Senzori brzine – tahometri
2. Senzori ugaonog pomeraja –enkoderi
3. Senzori ubrzanja - akceleratori
4. Senzori sile i momenta
5. Senzori pritiska
6. Senzori nivoa
7. Senzori protoka
8. Senzori temperature
9. Senzori blizine
10. Markeri
11.

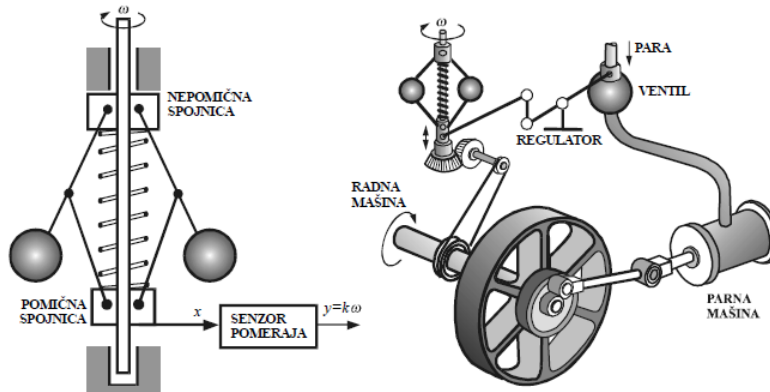
■ Senzori

1. Senzori ugaone brzine

Stroboskop i centifugalni senzor

Stroboskopski senzor ugaone brzine radi na principu strob. efekta, tj. na prividnom zaustavljanju rotirajuće osovine kada se ona osvetljava impulsima svetlosti čija je frekvencija jednaka frekvenciji vrtnje osovine (ili je N puta veća).

Centrifugalni senzor ugaone brzine radi na osnovu centrifugalne sile. Vat je na osnovu njega napravio regulator brzine parne mašine.

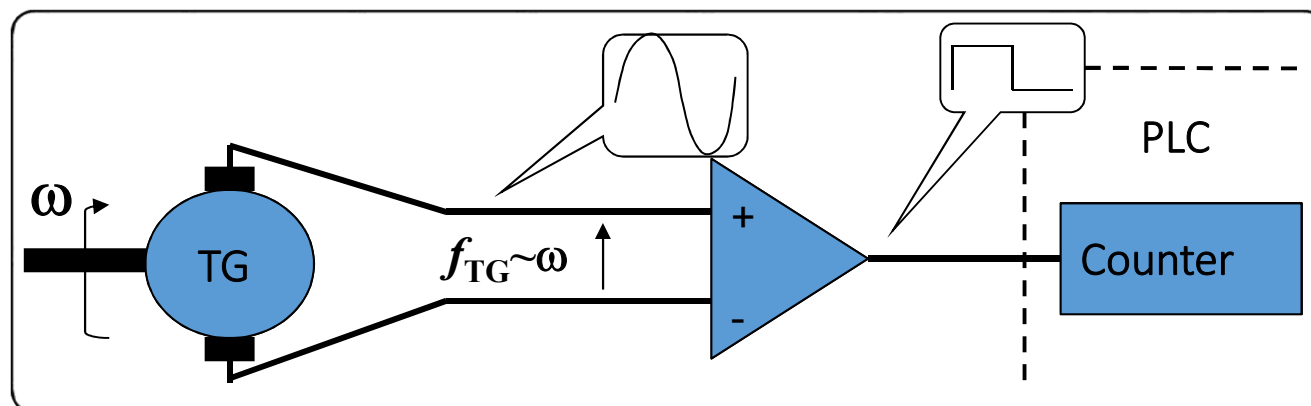


■ Senzori

1. Senzori ugaone brzine

AC tahometar - senzor ugaone brzine

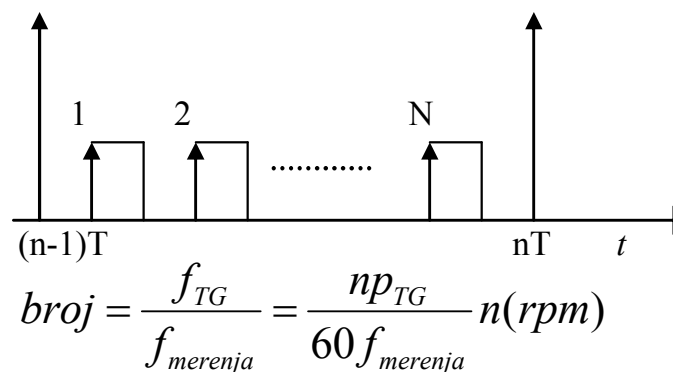
Naizmenični generator čija je frekvencija proporc. brzini – magnet rotira i indukuje napon na statoru



$$f_{TG}(Hz) \approx n(rpm)$$

Broju pristiglih impulsa u intervalu
proporcionalan brzini

$$\omega_r = kN$$

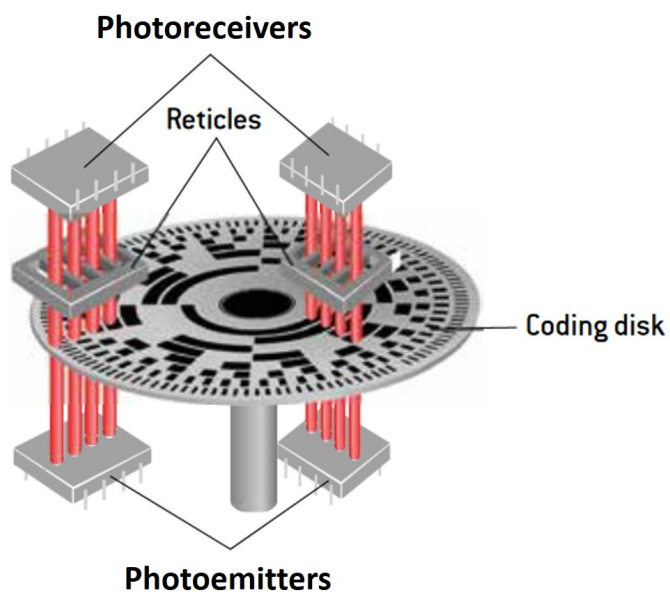
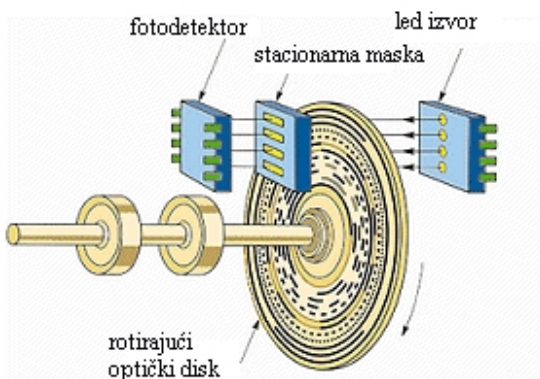


■ Senzori

2. Senzori ugaonog pomeraja

Enkoder – senzor ugaonog pomeraja

Pozicioni enkoder (svaki položaj nova maska)

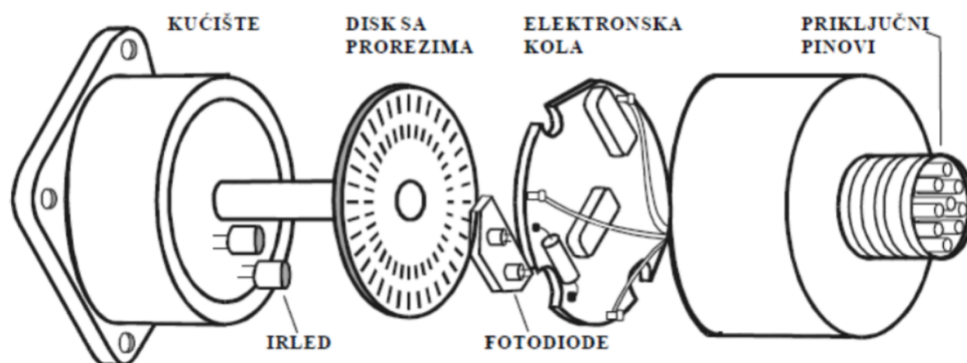


■ Senzori

2. Senzori ugaonog pomeraja

Enkoder – senzor ugaonog pomeraja

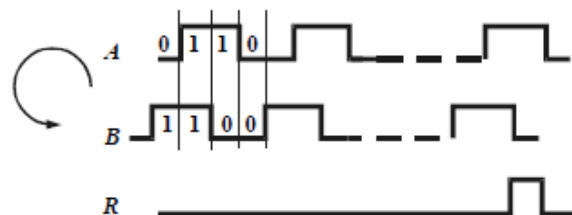
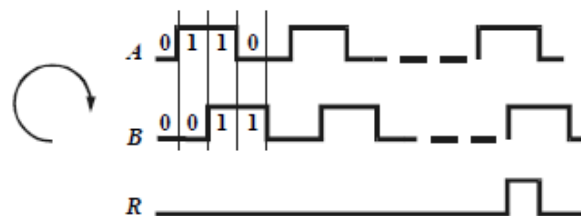
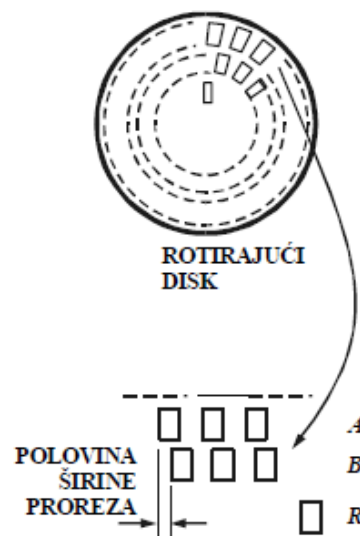
Inkementalni enkoder (svaki pomeraj novi impulsi)



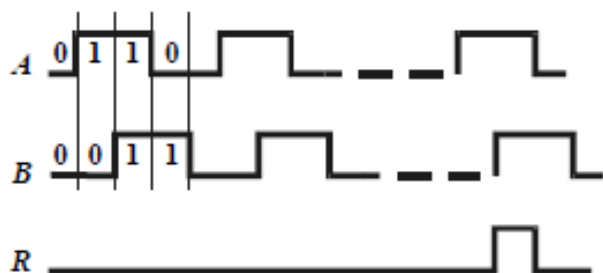
2. Senzori ugaonog pomeraja

Inkrementalni enkoder – senzor ugaonog pomeraja

Princip rada



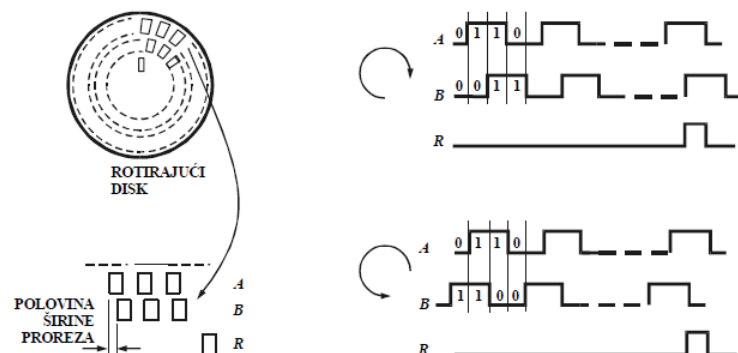
Merenje ugla



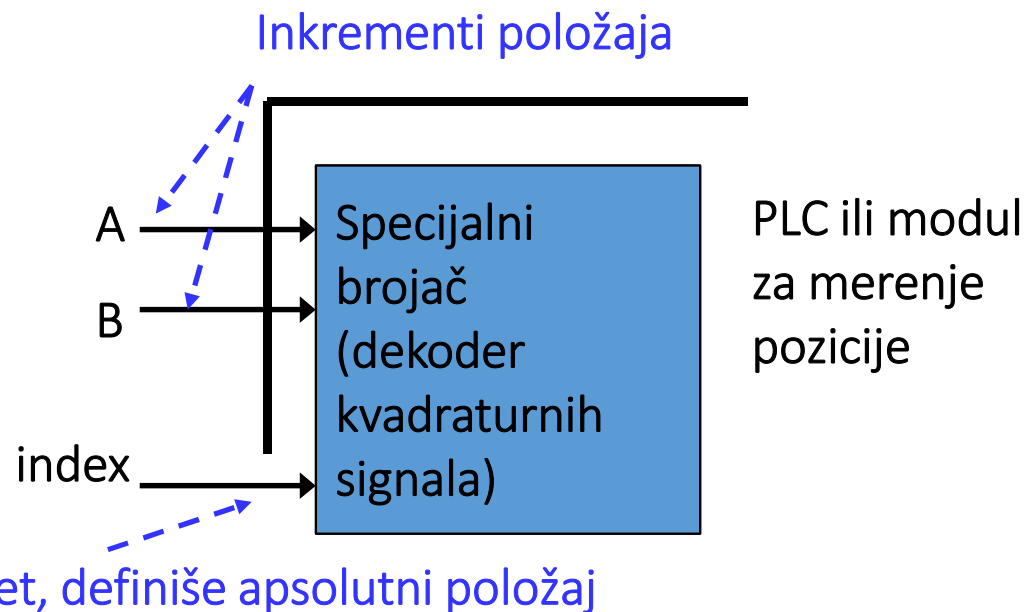
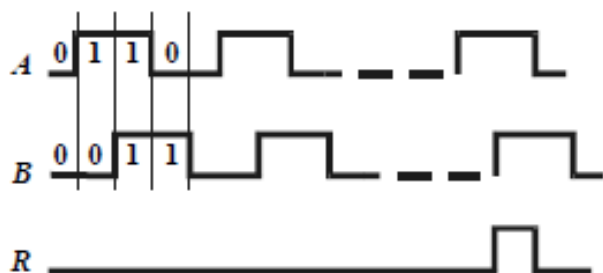
2. Senzori ugaonog pomeraja

Inkrementalni enkoder – senzor ugaonog pomeraja

Princip rada



Merenje ugla



2. Senzori ugaonog pomeraja

Inkrementalni enkoder – senzor ugaonog pomeraja

Broj izbrojanih impulsa proporcionalan ugaonom pomeraju

Na osnovu tog broja se dobija promena ugla u radijanima

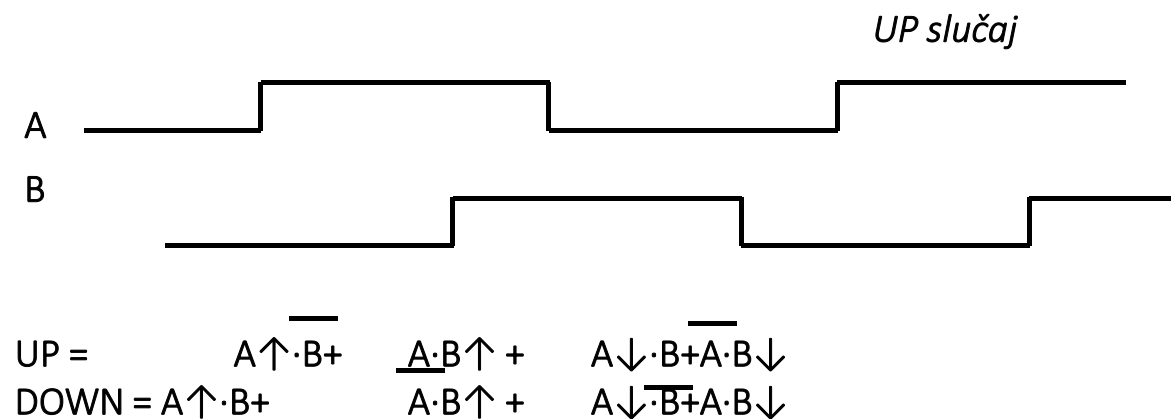
$$\theta_m = 2\pi \frac{n}{N}$$

N – broj impulsa po punom krugu (512, 1024, 5000)
 n – broj prebrojanih impulsa u vremenskom intervalu.
 (ako je n=N , napravljen je pun krug)

Uvećanja rezolucije enkodera za četiri puta, ne broje se impulsi nego ivice. Time se detektuje i smer.

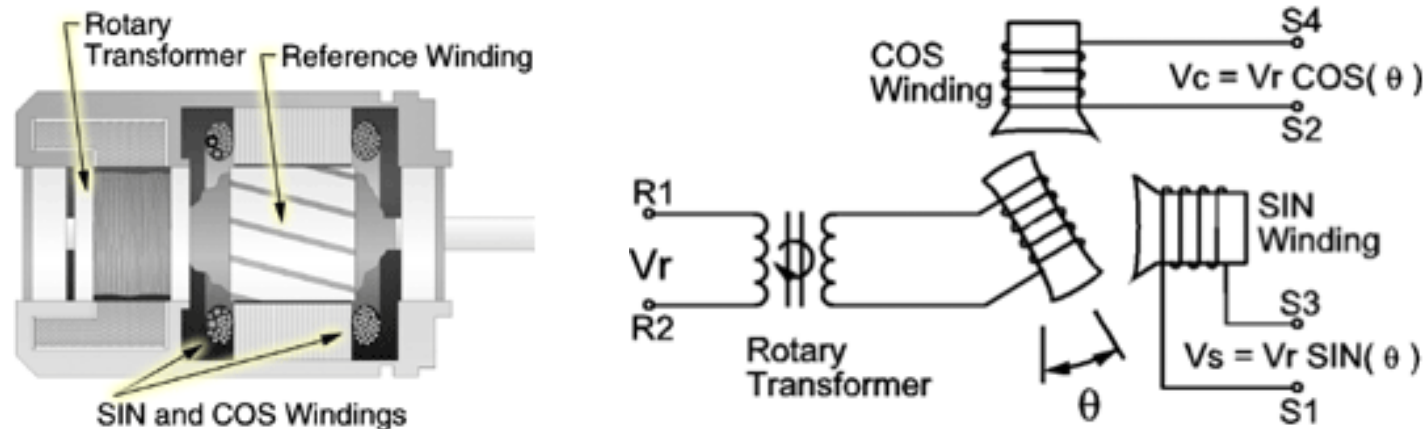
$$\theta_m = 2\pi \frac{n}{4N}$$

Imamo ugao kao broj i važi $4N = 2\pi$



2. Senzori ugaonog pomeraja

Resolver (rotacioni transformator) – senzor ugaonog pomeraja



„Magnet“ se okreće i u pod 90° pomerenim namotajima na statoru se indukuje:

$$u_1(t) = \cos(\theta_m) \quad u_2(t) = \sin(\theta_m)$$

Kako se dobija pozicija:

$$\theta_m = \arctan \frac{u_1}{u_2} \quad \text{ili ... PLL (phase lock loop)}$$



2. Senzori ugaonog pomeraja

Resolver vs Enkoder

