

2.

Signali, karakteristike i označavanje senzora

Ključni pojmovi:

- signal
- mjerena veličina
- objekt mjerenja
- standardizirani signal
- analogni signal
- digitalni signal
- binarni signal
- naponski signal
- strujni signal
- statičke karakteristike
- dinamičke karakteristike
- linearnost
- histereza
- mjerno područje
- osjetljivost senzora
- ponovljivost senzora
- preciznost senzora
- razlučivost senzora
- točnost senzora
- vremenska konstanta
- vrijeme odziva
- uvjeti okruženja
- IP klase zaštite
- analogni senzori
- binarni senzori
- radni kontakt
- mirni kontakt
- preklopni kontakt
- PNP senzor
- NPN senzor
- konfiguracija vodova
- dvožilni senzor
- trožilni senzor
- četverožilni senzor

Ciljevi:

- navesti vrste signala
- objasniti objekt mjerenja
- objasniti analogni signal
- usporediti analogni i binarni signal
- objasniti digitalni signal
- usporediti karakteristike naponskog i strujnog signala
- nabrojiti najčešće naponske signale
- nabrojiti najčešće strujne signale
- razlikovati statičke i dinamičke karakteristike senzora
- nabrojiti statičke karakteristike senzora
- prepoznati linearnost kod senzora
- objasniti histerezu senzora
- navesti definiciju mjernog područja senzora
- objasniti osjetljivost senzora
- navesti definiciju ponovljivosti senzora
- objasniti razliku između ponovljivosti i preciznosti senzora
- objasniti kako razlučivost utječe na točnost senzora
- nabrojiti dinamičke karakteristike senzora
- povezati vrijeme odziva s vremenskom konstantom senzora
- objasniti kako temperatura utječe na karakteristike senzora
- opisati djelovanje tlaka na točnost senzora
- navesti probleme koji senzori imaju s elektromagnetskim poljem
- objasniti oznake IP klase zaštite
- razlikovati analogne i binarne senzore
- usporediti radni, mirni i preklopni kontakt
- objasniti razliku između PNP i NPN senzora
- navesti moguće konfiguracije vodova senzora

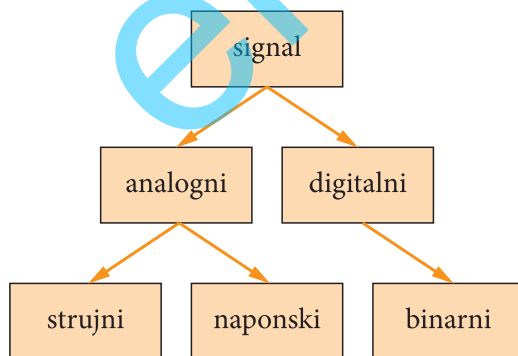
Prije nego se može početi učiti o konkretnim vrstama senzora, moraju se upoznati i naučiti vrste signala, mnogobrojne karakteristike i načini označavanja senzora. Ovo je poglavlje vjerojatno manje zanimljivo od samih senzora, ali je neophodno za razumijevanje mogućnosti pojedinih senzora. Kada će se kasnije opisivati neki konkretan senzor, spominjat će se barem neki od ovih pojmova kod svakog od njih. Kod nekih će se senzora moći čuti izrazi kao npr. *histereza*, *ponovljivost* ili *PNP senzor* koji ne bi bili razumljivi ako ih se najprije ne spomene i objasni.

2.1. Vrste signala u senzoric

Signali u senzoric uglavnom su električni signali. Najbitnija je karakteristika tih signala mogućnost izmjene svoje vrijednosti ovisno o promjeni mjerene veličine ili položaju objekta mjerenja.

Dok je **mjerena veličina** jasan pojam koji obuhvaća kemijske ili fizikalne veličine detektirane senzorom, treba definirati objekt mjerenja jer do sada nije spomenut. **Objekt mjerenja** fizički je prisutan objekt koji senzori detektiraju. Može biti u bilo kojem agregatnom stanju, iako je najčešće čvrsti objekt. Kad senzor detektira neki objekt, šalje signal da ga je detektirao. Ovo je vrlo čest slučaj u mnogim industrijama gdje se samo želi detektirati postojanje ili nepostojanje objekta. U tom slučaju senzor šalje jednu od dviju mogućih informacija – *objekt je detektiran* ili *objekt nije detektiran*.

Senzor, odnosno onaj dio senzora koji se naziva mjerni pretvornik, pretvara informaciju o vrijednosti izmjerene veličine u **standardizirane signale**. Signali moraju biti standardizirani kako bi ih upravljački uređaji mogli obraditi.



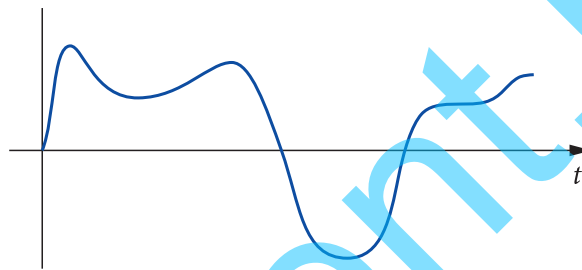
Slika 2.1. Podjela signala u senzoric

U senzoric se signali dijele na dva glavna tipa: digitalne i analogne (slika 2.1). U digitalne signale ubrajamo i binarne signale, čije ime i samo govori da ovi signali mogu imati samo 2 stanja koja se obično zovu 0 i 1 ili visoko i nisko stanje signala. Ti nam senzori najčešće šalju samo informaciju je li neki objekt prisutan ili nije.

S obzirom na to da su signali najčešće električne veličine, kod analognih senzora postoje 2 mogućnosti – strujni i naponski signali. Samo ime signala govori o kojim se električnim veličinama radi.

Signali ne moraju nužno biti električne veličine, iako je to najčešći slučaj. Mogu biti i npr. pneumatski signali u slučajevima gdje u procesima nije dozvoljeno koristiti se električnom energijom. Tada npr. pneumatskim elementima neće se upravljati putem razvodnika koji su aktivirani električnom energijom, nego tlakom zraka. Takvi se sustavi primjenjuju u drvenoj industriji gdje se zbog mogućnosti od zapaljenja fine piljevine upotrebljavaju pneumatski cilindri s pneumatskim upravljanjem i pneumatskim signalima.

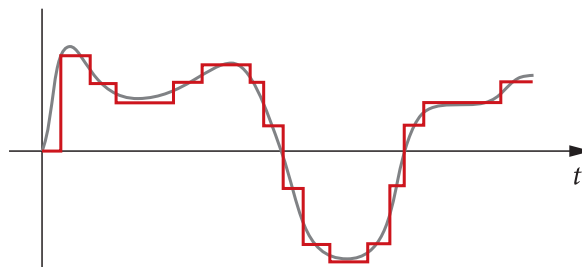
Analogni signal jest signal koji može poprimiti bilo koju vrijednost u nekom zadanom opsegu i u vremenu se može mijenjati od svoje minimalne do maksimalne vrijednosti (slika 2.2).



Slika 2.2. Primjer analognog signala

Napomena. U senzoricima se najčešće koristimo istosmjernim izvorima napajanja. Stoga, ako se upotrebljavaju naponski signali, onda su opsezi signala ograničeni naponom napajanja. To znači da nije moguće stvoriti signal npr. od 0 V do 10 V ako sensor se koristi napajanjem koje daje napon od 5 V.

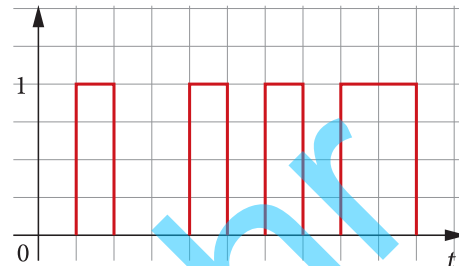
Digitalni signal jest signal koji može imati samo unaprijed određene diskretne vrijednosti, ali u okviru zadanog raspona, jednako kao i analogni signal. Upotrebljava se kod upravljačkih uređaja koji primaju analogne signale jer se mora izvršiti digitalizacija analognih signala da bi ti uređaji mogli prepoznati vrijednost signala. Na slici 2.3. sivom je bojom prikazan analogni signal, a crvenom digitalizirana inačica istog signala.



Slika 2.3. Digitalizirani analogni signal

Binarni signal (slika 2.4.) jest signal koji može imati samo visoku i nisku vrijednost. Te se vrijednosti obično zovu logička jedinica i logička nula. Mjerni pretvornik na izlazu iz senzora za ovaj tip signala daje najčešće neku fiksnu vrijednost napona ako izlaz mora biti jedinica. U suprotnom, ako izlaz mora biti nula, neće dati nikakav napon.

U praksi to znači – ako senzor detektira objekt, promijenit će mu se stanje izlaza. Kod detekcije objekta senzor ne mora davati logičku jedinicu, to može biti i logička nula, ovisno o vrsti kontakta na izlazu senzora.



Slika 2.4. Binarni signal

Ovaj dio o signalima završit će se malom raspravom o razlici između strujnih i naponskih signala. Iako se obje vrste signala upotrebljavaju, ipak svaki ima svoje specifičnosti te neke prednosti i nedostatke pred onim drugim. Upravljački uređaji bez proširenja za ulaze i izlaze obično primaju samo jedan tip signala i to s određenim opsegom, pa na to treba obratiti pozornost kod izbora senzora. Ponekad senzori imaju oba tipa signala, ali i dalje opseg analognog signala na izlazu iz senzora mora odgovarati opsegu signala koji prima taj upravljački uređaj.

Naponski signal može se upotrijebiti kada je prijenos signala potreban na kraće udaljenosti, u okolini gdje nema elektromagnetskih i radijskih smetnji. Prenosjenjem naponskog signala na veće udaljenosti napon pada zbog otpora vodiča. Senzori s naponskim signalima su u pravilu jeftiniji od onih sa strujnim. Najčešći rasponi naponskih signala su:

$$0 \text{ V} \dots 10 \text{ V} \quad -10 \text{ V} \dots +10 \text{ V} \quad 0 \text{ V} \dots 5 \text{ V} \quad -5 \text{ V} \dots 5 \text{ V}$$

Strujni signal dobar je izbor za prijenos signala kod srednjih udaljenosti. Nisu osjetljivi na elektromagnetske smetnje i signal se ne gubi zbog otpora vodiča kao kod naponskih signala. Mogu se bez problema prenositi na udaljenosti do nekoliko desetaka metara. Uređaji sa strujnim signalima obično budu nešto skuplji od uređaja s naponskim signalima. Najčešći rasponi strujnih signala su:

$$4 - 20 \text{ mA} \quad 0 - 20 \text{ mA}$$

Raspon $4 - 20 \text{ mA}$ odabire se češće nego raspon $0 - 20 \text{ mA}$ jer se eventualni prekid vodiča može lako detektirati. U slučaju kad se koristimo rasponom od 0 do 20 mA , ne može se znati je li signal logička nula ili je vodič prekinut. Kod raspona 4 do 20 mA minimalna će vrijednost signala biti 4 mA , a ako dođe do prekida vodiča, onda će očitavanje biti 0 mA i bit će jasno da je u pitanju prekid ili kvar.

2.2. Karakteristike senzora

Kod izbora senzora mora se voditi računa o njegovim mnogobrojnim karakteristikama. Proces u kojem ćemo se njime koristiti može biti specifičan i može zahtijevati da izabrani senzor ima točno određene specifikacije. Ovdje će biti spomenute samo neke od najvažnijih karakteristika senzora iako ih ima mnogo. Navest ćemo nezaobilazne karakteristike koje se moraju poznavati da bi se izabrao senzor koji će zadovoljiti specifičnu namjenu. Uobičajena je podjela na statičke i dinamičke karakteristike senzora (slika 2.5).



Slika 2.5. Statičke i dinamičke karakteristike senzora

Statičke karakteristike senzora odraz su stacionarnog stanja senzora, tj. gledaju se karakteristike nevezane za promjenu mjerene veličine tijekom vremena.

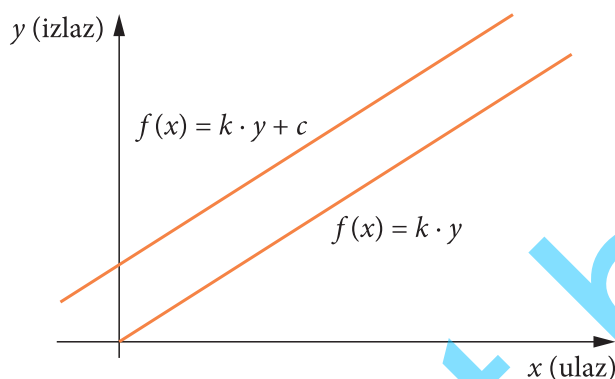
Dinamičke karakteristike senzora vezane su za vrijeme i promjenu mjerene veličine. One objašnjavaju kako će se senzor ponašati u vremenu, obično nakon promjene mjerene veličine.

2.2.1. Statičke karakteristike senzora

Statička karakteristika senzora predstavlja odnos mjerene veličine (x) i signala (y) senzora. Najčešće je prikazana grafički u koordinatnom sustavu. Horizontalna os (x) je vrijednost ulazne (mjerene) veličine, a vertikalna os (y) predstavlja izlazni signal senzora.

Linearnost je jedna od najbitnijih statičkih karakteristika senzora. Ona je pokazatelj da se odnos vrijednosti ulaza i izlaza senzora može prikazati jednostavnom linearnom jed-

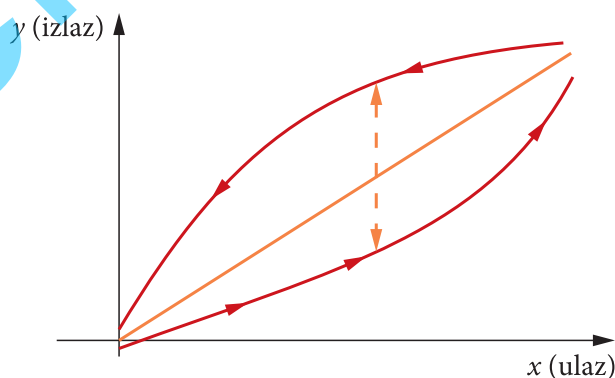
nadžbom (slika 2.6). To znači da izlazni signal raste ili pada linearno u odnosu na mjernu veličinu.



Slika 2.6. Linearne statičke karakteristike senzora

Linearna statička karakteristika senzora vrlo je korisna jer se jednostavnom formulom može prikazati ponašanje izlaznog signala iz senzora pri promjeni mjerne veličine. To je važno jer se na taj način najlakše otkrije ako je senzor pokvaren ili nekalibriran, a i mjerni pretvornik može biti jednostavniji i jeftiniji. Programiranje upravljačke jedinice također je olakšano. Postoje neki senzori čija je statička karakteristika linearna samo u jednom dijelu, pa se onda tim rasponom koristimo za mjerenje. Ipak, u praksi senzori često nemaju linearnu statičku karakteristiku, a pogotovo ne idealnu.

Histereza senzora jedna je od, uglavnom, neželjenih statičkih karakteristika. Histerezom se naziva fenomen kada senzor za istu vrijednost mjerene veličine na izlazu daje 2 različite izlazne vrijednosti. Razlika će biti u tome što se jedna izlazna vrijednost mjeri dok vrijednost mjerene veličine raste, a druga se izlazna vrijednost mjeri dok vrijednost mjerene veličine pada (slika 2.7).

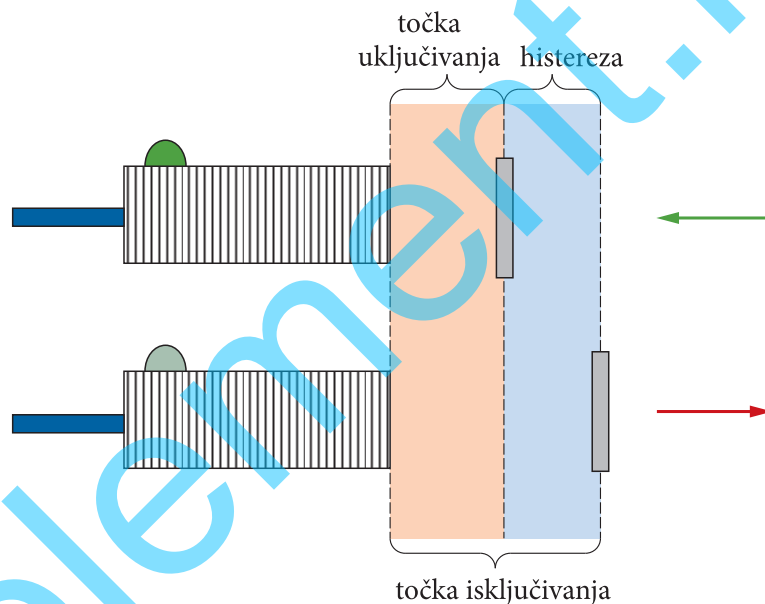


Slika 2.7. Histereza senzora

Strelice na slici prikazuju smjer kretanja mjerene veličine. Može se vidjeti da će kod rasta mjerene veličine izlazni signal biti manji nego kod pada mjerene veličine. Narančasti pravac bila bi idealna linearna karakteristika tog senzora.

Primjer na slici daleko preuveličava veličinu histereze samo zbog lakšeg razumijevanja i preglednosti. Histereza je kod većine senzora puno manja i samo u rijetkim slučajevima prelazi 20 %.

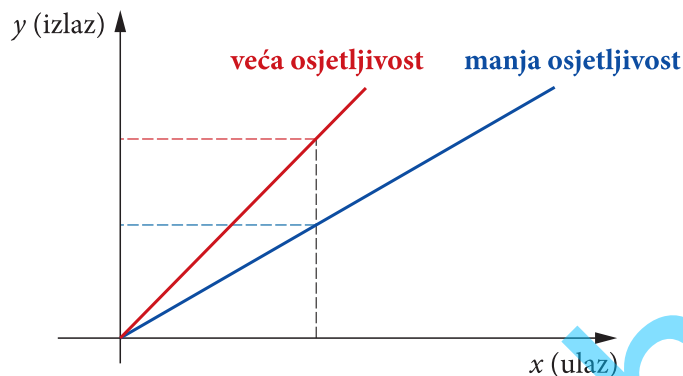
Histereza kod senzora blizine i drugih binarnih senzora manifestira se kao razlika u točki uključivanja i točki isključivanja signala (slika 2.8). Ovisno o tome je li se predmet približava ili udaljava od senzora, točka u kojoj dolazi do prebacivanja izlaznog signala neće biti ista u oba slučaja.



Slika 2.8. Histereza kod senzora blizine

Mjerno područje senzora raspon je vrijednosti mjerene veličine za koje se senzor može upotrebljavati. Proizvođač ga uvijek definira u tehničkom listu senzora, ali se senzori često mogu namjestiti da rade u manjem mjernom području kako bi se dobili točniji rezultati.

Osjetljivost senzora karakteristika je senzora kojom se utvrđuje koliko promjena ulaza djeluje na promjenu izlaza senzora. Kaže se da je senzor više osjetljiv što veću izlaznu vrijednost daje za istu vrijednost mjerene veličine (slika 2.9).



Slika 2.9. Osjetljivost senzora

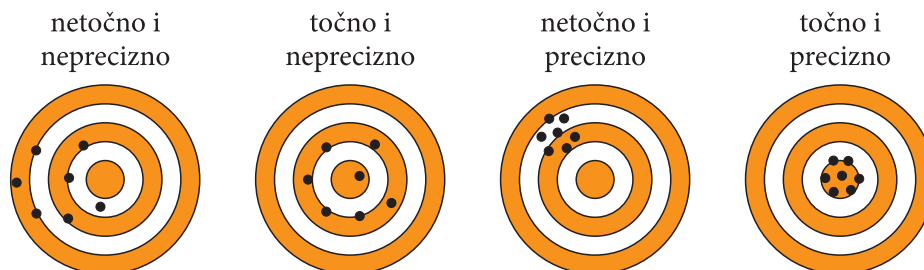
Osjetljivost se često može namjestiti i nakon proizvodnje senzora, no samo u granicama koje je odredio proizvođač. Iako to namještanje izgleda kao promjena mjernog područja senzora, zapravo se mijenja osjetljivost čime se utječe na mjerno područje senzora.

Ponovljivost senzora njegova je sposobnost da, kod **istih** okolišnih uvjeta, u **uzastopnim** mjerenjima daje identičnu vrijednost izlazne veličine za **istu** vrijednost mjerene veličine. Ponekad se krivo naziva i preciznost senzora, no preciznost je širi pojam i obuhvaća i situacije kada se mijenjaju neki parametri kao npr. vrijeme, mjesto ili osoba koja vrši mjerenje.

Ponovljivost kod senzora može biti loša kao posljedica histereze, ali i drugih faktora koje je nemoguće isključiti. Ona se obično daje za senzor kao postotak razlike gornje i donje granice mjernog područja.

Npr. neki senzor tlaka koji ima mjerno područje od 0 do 10 bara ima ponovljivost od 1 %. Vrlo je lako izračunati da će ponovljivost biti 0,1 bar i to zato što je 1 % od 10 bara upravo taj 0,1 bar.

Preciznost senzora karakteristika je u koju ubrajamo i ponovljivost, ali preciznost obuhvaća i slučajeve kada se mjerenje vrši ne nužno uzastopno i ne nužno uz identične uvjete. Ona predstavlja, kao i npr. preciznost kod gađanja neke mete, mjeru raspršenosti rezultata mjerenja, odnosno koliko su dobro rezultati mjerenja grupirani (slika 2.10).



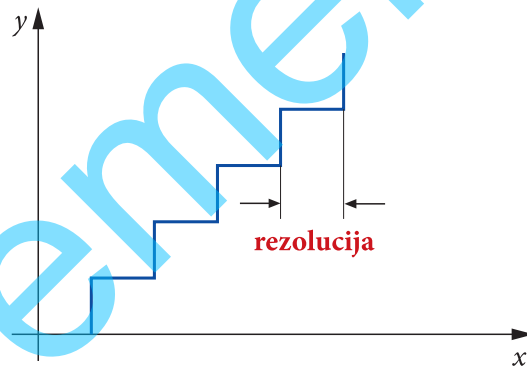
Slika 2.10. Razlika između preciznosti i točnosti

Što su rezultati mjerenja za istu vrijednost mjerene veličine bliži jedni drugima, kaže se da je preciznost veća. Treba paziti da se ne zamijeni s točnošću senzora jer preciznost ne uzima u obzir koliko je dobiveni rezultat mjerenja točan u odnosu na stvarni iznos mjerene veličine.

Razlučivost ili **rezolucija** najmanja je promjena mjerene veličine koju senzor može prikazati u izlaznom signalu. Ona se, poput ponovljivosti, može izraziti postocima, no izražava se i apsolutnom vrijednosti mjerene veličine.

Ako se uzme u obzir rezolucija, graf statičke karakteristike bilo kojeg senzora ne bi bio glatka krivulja ili pravac, već bi izgledao stepeničasto (slika 2.11). Iz slike se može vidjeti da postoji neka najmanja vrijednost promjene mjerene veličine (x os) nakon koje će reagirati senzor i promijeniti izlazni signal (y os).

Treba napomenuti i to da je, kao i kod zaslona, visoka rezolucija bolja od niske. Naime, kada se kaže viša rezolucija, time se misli da će "stepenice" na grafu biti manje, tj. proizvođač će kod više rezolucije deklarirati manju apsolutnu vrijednost rezolucije. Isto je i kod zaslona – za istu veličinu ekrana, točkice na zaslonu s višom rezolucijom bit će manje.



Slika 2.11. Rezolucija senzora

Točnost senzora karakteristika je koja govori koliko je maksimalno odstupanje dobivenog rezultata mjerenja od stvarne vrijednosti mjerene veličine. Taj će podatak uvijek biti prisutan u tehničkom listu senzora. Može se izraziti na više načina, a najčešće se izražava u jedinicama mjerene veličine. Drugi način izražavanja točnosti senzora je u postocima od mjernog područja senzora, a treći je matematički izraz za izračunavanje točnosti ovisno o raznim faktorima. Kod trećeg načina točnost senzora može biti ovisna o tome u kojem se dijelu mjernog područja vrši mjerenje ili ovisna o temperaturi i drugim uvjetima rada.