

Sustav za mjerenje i kontrolu razine

Markić, Nikola

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:690633>

Rights / Prava: [In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-03**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

Stručni studij

SUSTAV ZA MJERENJE I KONTROLU RAZINE

Završni rad

Nikola Markić

Osijek, 2016.



FERIT

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1S: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju

Osijek, 30.09.2016.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada
na preddiplomskom stručnom studiju**

Ime i prezime studenta:	Nikola Markić
Studij, smjer:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	a4146, 29.08.2013.
OIB studenta:	73577073164
Mentor:	Mr.sc. Venco Čorluka
Sumentor:	
Predsjednik Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Marinko Barukčić
Član Povjerenstva:	Mr.sc. Dražen Dorić
Naslov završnog rada:	Sustav za mjerjenje i kontrolu razine
Znanstvena grana rada:	Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)
Zadatak završnog rada	U raznim industrijskim pogonima potrebno je mjeriti, nadzirati i upravljati razinom. U ovom radu potrebno je navesti i opisati sve mjerne uređaje za mjerjenje razine, vrste senzora koje koriste, primjena te prednosti i nedostatke. Za odabrani primjer prikazati mjerni sustav za mjerjenje razine , kontrolu i upravljanje u procesnoj industriji.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Vrlo dobar (4)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomske radova:	Primjena znanja stičenih na fakultetu: 2 Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 Jasnoća pismenog izražavanja: 3 Razina samostalnosti: 2
Datum prijedloga ocjene mentora:	30.09.2016.

Potpis mentora za predaju konačne verzije
rada u Studentsku službu pri završetku studija:

Potpis:

Datum:



FERIT

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 06.10.2016.

Ime i prezime studenta:	Nikola Markić
Studij:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Elektroenergetika
Mat. br. studenta, godina upisa:	a4146, 29.08.2013.
Ephorus podudaranje [%]:	0%

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Sustav za mjerenje i kontrolu razine**

izrađen pod vodstvom mentora Mr.sc. Venco Čorluka

i sumentora

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

SADRŽAJ:

1. UVOD.....	1
2. IZRAVNE (KONTINUIRANE) METODE MJERENJA RAZINE	2
2.1 Mjerenje razine pomoću plovka i ronila.....	2
2.2 Mjerenje razine staklenom cjevčicom.....	6
3. NEIZRAVNE (DISKRETNE) METODE MJERENJA RAZINE	8
3.1 Hidrostatsko mjerenje razine	8
3.2 Konduktivno mjerenje razine	11
3.3 Kapacitivno mjerenje razine	12
3.4 Ultrazvučno mjerenje razine.....	16
3.5 Mikrovalno mjerenje razine	19
3.6 Optičko mjerenje razine	22
3.7 Radiometrijsko mjerenje razine.....	24
4. UPOTREBA SENZORA U MJERNJU RAZINE	28
4.1 Fizikalni princip rada senzora	28
4.2 Dijelovi senzora	28
4.3 Svojstva senzora	29
4.4 Klasifikacija senzora	29
4.4.1 Aktivni senzori	30
4.4.2 Pasivni senzori.....	32
4.5 Tehničke karakteristike senzora	32
4.5.1 Statičke karakteristike senzora	32
4.5.2 Dinamičke karakteristike senzora.....	33
4.5.3 Statističke karakteristike senzora	33

5. PRIMJER MJERNOG SUSTAVA U PROCESNOJ INDUSTRICI	34
5.1 Uvod u mjerjenje	34
5.2 Matematički model sustava za mjerjenje i kontrolu razine	34
5.3 Blok shema sustava za mjerjenje i kontrolu razine	36
5.4 Izrada simulacijskog programa.....	36
6. ZAKLJUČAK.....	40
7. LITERATURA	41
SAŽETAK	43
ABSTRACT	44
ŽIVOTOPIS	45

1. UVOD

U današnje vrijeme se gospodarstvo ne može zamisliti bez mjerena. Ono je postalo bitan dio svakodnevnice jer predstavlja jedan od temelja industrijskog upravljanja kvalitetom, i općenito govoreći, kod suvremenih industrija troškovi mjerena čine 10 % - 15 % troškova proizvodnje. Cilj ovog završnog rada pod nazivom Sustav za mjerjenje i kontrolu razine je navesti i opisati mjerne metode i uređaje, senzore koji se koriste pri mjerenu razine, te je potrebno prikazati primjer mjernog sustava u procesnoj industriji. U uvodnom i središnjem dijelu ovog završnog rada opisivati ćemo izravne i neizravne metode mjerena razine, njihov princip rada, prednosti i nedostatke te primjenu. U završnom dijelu rada će biti opisani senzori koji se koriste kod takvih mjerena, princip rada, dijelovi, svojstva te karakteristike, i biti će obrađen primjer mjernog sustava u grafičkom simulacijskom programu.

2. IZRAVNE (KONTINUIRANE) METODE MJERENJA RAZINE

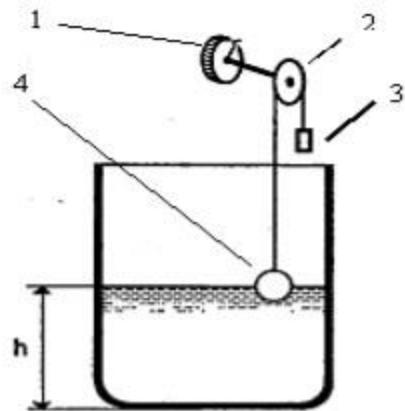
Pod pojmom izravnog mjerjenja razine promatra se vizualno razina i ne koriste se druga fizikalna svojstva tekućine te je omogućeno stalno praćenje trenutne vrijednosti nivoa.[1]

Izravne metode se izvode [2]:

- mjernim štapovima uronjenim u tekućinu
- plovkom (ronilom) raznih oblika
- staklenom cjevčicom

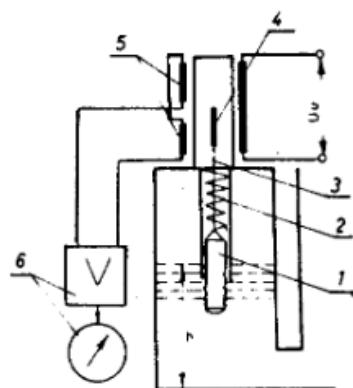
2.1 Mjerjenje razine pomoću plovka i ronila

Mjerni sustav se sastoji od potenciometra (1), kolture (2), protu-utega (3) i plovka (4). Na temelju Arhimedova zakona plovak će uvijek plivati na površini tekućine i to je ostvareno samo ako je materijal od kojeg je plovak izrađen manje gustoće od gustoće tekućine u spremniku. Promjena razine tekućine (h) u spremniku je razmjerna pomaku plovka (4). Kako je plovak povezan mehaničkim putem sa kliznikom potenciometra (1), kliznik se zakreće i mijenja električni otpor potenciometru koji služi kao izlazna jedinica i tada električni signal šalje nekom od pokaznika razine ili na daljnju obradu. Plovak putem mehaničke veze (2) djeluje na protuuteg (3) i tada protuuteg služi za održavanje ravnotežnog stanja sustava i regulaciju osjetljivosti plovka na promjene razine tekućine (Sl. 2.1.1). Prednost ovakve izvedbe je jer potenciometarski spoj ima samo dva voda između pokaznog uređaja i mjernog pretvornika, a nedostatak je osjetljivost na promjene temperature i stabilnost napona. [3]



Slika 2.1.1 Princip rada pretvornika razine s plovkom. [3]

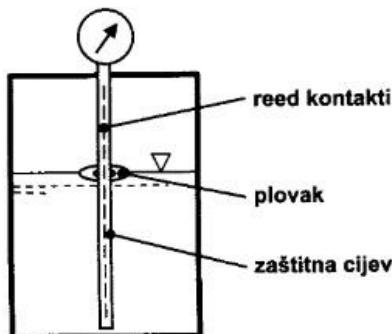
Moguća je izvedba i sa diferencijalnim transformatorom kao što je prikazano na slici 2.1.2.



Slika 2.1.2 Mjerni uređaj s plovkom i diferencijalnim transformatorom.[3]

Osnovni dijelovi mjernog pretvornika sa slike 2.1.2 su: plovak (1), protu-uteg (2), prijenosni mehanizam (3), pomična jezgra diferencijalnog transformatora (4), sekundar transformatora (5) i sklop pokaznog uređaja (6). Kod ove izvedbe je povoljno što nema kliznih elemenata sa galvanskom vezom koji u zatvorenoj atmosferi, zbog oksidacije kontakata, unose pogrešku mjerena. [3]

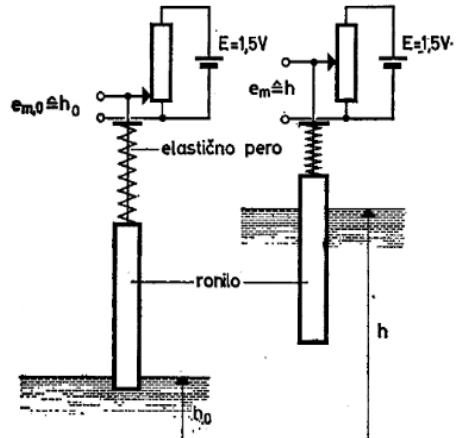
Na slici 2.1.3 je prikazana suvremenija izvedba mjernog pretvornika s plovkom.[2]



Slika 2.1.3 Mjerni uređaj s plovkom.[2]

Plovak sadrži permanentni magnet koji kliže gore-dolje uzduž zaštitne cijevi od nemagnetskog materijala i tada u njoj aktivira lamelaste (reed) kontakte uključujući i isključujući dijelove otporničkog potenciometra. Pri konstantnom naponu na potenciometru broj uključenih otpornika određuje visinu izlaznog napona koji je razmjeran razini.[2]

Kao i kod plovka, princip rada mjernih uređaja s ronilom se temelji na djelovanju sile uzgona na uronjeno tijelo (ronilo). Ono je cilindričnog oblika i izrađeno je od metala. Da bi tijelo ronilo, prema Arhimedovu zakonu, gustoća tijela mora biti veća od gustoće tekućine u koju je ono uronjeno, pa je stoga metal pogodan za izradu ronila. Na slici 2.1.4 prikazana je metoda mjerjenja razine korištenjem ronila. Ronilo ne reagira na promjenu razine već promjena razine djeluje na sustav ravnoteže sile ronilo-elastično pero, preko kojega se može regulirati osjetljivost mjerjenja zavisno o vrsti tekućine u spremniku. [3]



Slika 2.1.4 Mjerenje razine pomoću ronila.[1]

Kod porasta razine tekućine sa razine h_0 na h , na ronilo djeluje sila uzgona prema jednadžbi (2-1):

$$F_u = \rho g A (h - h_0) \quad (2-1)$$

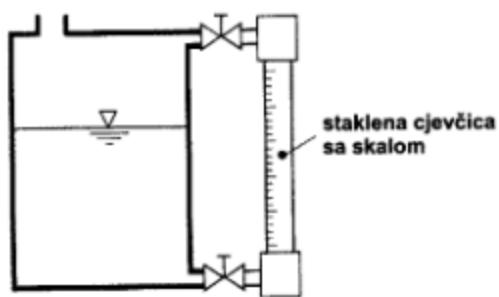
gdje je ρ gustoća tekućine, g ubrzanje sile teže, A dubina ronila, razlika $(h - h_0)$ je duljina ronila koje je uronjeno u tekućinu.

Sila koju ronilo prenosi na pretvornika jednaka je razlici težine ronila G_R i sili uzgona F_u prema izrazu (2-2).[3]

$$F = G_R - F_u \quad (2-2)$$

2.2 Mjerenje razine staklenom cjevčicom

Ova metoda mjerenja spada u najjednostavnije, a temelji se na jednom od osnovnih zakona hidrostatike tj. zakonu spojenih posuda. Staklena cjevčica predstavlja komoru koja je smještena izvan spremnika i kalibrirana je na razinu s obzirom na visinu stupca tekućine. Ona ne mora biti cijela izrađena od stakla, već je dovoljno da ima stakleni prozor u obliku trake po svojoj dužini, koji je također kalibriran. Mjerenje se vrši direktnim očitanjem sa mjerne skale koja je otisnuta na cjevčici. Slika 2.2.1 prikazuje mjerenje razine staklenom cjevčicom.[3]



Slika 2.2.1 Mjerni uređaj s pokaznom staklenom cjevčicom.[2]

Slikom 2.2.2 je prikazan mjerni uređaj KSR Kuebler sa staklenom cjevčicom.[4]



Slika 2.2.2 KSR Kuebler.[4]

Kod ovih mjerjenja, pogreške se mogu pojaviti prilikom krivog očitanja sa skale na cjevčici zbog utjecaja svojstva kapilarnosti tekućine. Takva metoda je primjenjiva u posudama koje nisu u vakuumu ili pod tlakom.[3]

3. NEIZRAVNE (DISKRETNE) METODE MJERENJA RAZINE

Jedno od bitnih svojstava ove vrste mjerena je da se koriste fizikalna svojstva tekućina.[3]

3.1 Hidrostatsko mjerjenje razine

Hidrostatsko mjerjenje razine se izvodi preko mjerena tlaka p kojim tekućina djeluje na dno zatvorenog spremnika.[2]

Princip mjerena se temelji na definiciji hidrostatskog tlaka i određuje se prema izrazu (3-1).[3]

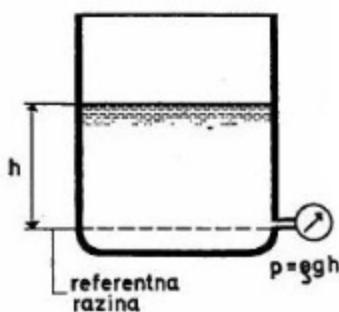
$$p = \rho gh \quad (3-1)$$

gdje je p tlak koji ovisi o gustoći tekućine ρ , ubrzanju sile teže g , i h razina tekućine.

Iz čega proizlazi da je visina h , odnosno razina jednaka izrazu (3-2). [3]

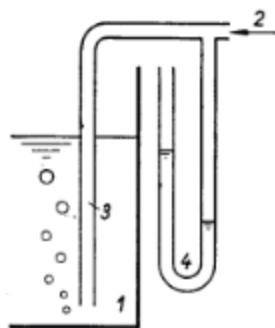
$$h = \frac{p}{\rho g} \quad (3-2)$$

Za navedeno mjerjenje potreban je manometar koji mjeri tlak na dnu otvorene posude kao što je prikazano na slici 3.1.1. [3]



Slika 3.1.1 Mjerjenje razine podsredstvom mjerena hidrostatskog tlaka.[3]

Pneumatsko mjerjenje razine je jedna vrsta hidrostatskog mjerjenja i naziv dolazi od samog načina izvođenja mjernog postupka pri kojem se kroz dovodnu cjevčicu upuhuje zrak ili neki drugi plin pod tlakom. Iznos tlaka potreban za upuhivanje zraka je jednak hidrostatskom tlaku. Iz iznosa tlaka se izračunava razina tekućine u otvorenoj posudi. Dovod zraka (2) se grana u U-cjevčicu i potopljenu cjevčicu. U potopljenoj cjevčici se suprotstavlja hidrostatski tlak tekućine (1), a u samoj cjevčici i odgovarajući stupac tekućine. Promjenom razine tekućine u spremniku promijeniti će se tlak u navedenim cjevčicama (3) i (4) pa se jedan stupac U-cjevčice može izbaždariti da se direktno očitava razina, kao što je prikazano na slici 3.1.2. [3]



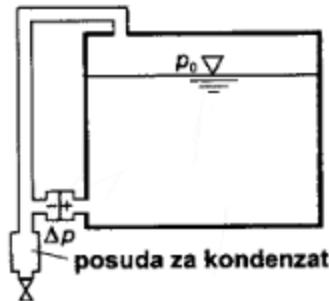
Slika 3.1.2 Pneumatsko mjerjenje razine.[3]

Mjerjenje razine korištenjem diferencijalnog tlaka je slično kao i kod pneumatskog mjerjenja razine, ali uz razliku što tekućinu tlači dodatni tlak jer je posuda pod tlakom. Ovdje se koriste dva manometra od kojih je jedan smješten pri dnu posude, a drugi na vrhu posude (Sl. 3.1.3). Mjerjenje razine se vrši preko diferencijalnog tlaka Δp . Manometar na dnu pokazuje tlak Δp koji je jednak zbroju tlaka koji tlači tekućinu p_0 , tlaka p i računa se prema formuli (3-3). [3]

$$\Delta p = p_0 + p = p_0 + \rho g h \quad (3-3)$$

iz čega proizlazi izraz (3-4). [3]

$$h = \frac{\Delta p}{\rho g} \quad (3-4)$$



Slika 3.1.3 Mjerenje razine upotrebom diferencijalnog tlaka. [2]

Mana ovakvih mjerena je pojava kondenziranja tekućine pri nižim temperaturama tekućine. Kondenzat se pojavljuje u obliku kapljica u pari tekućine i takav se lijepi za stjenke posude i cijevi za mjerjenje tlaka. Takav se kondenzat s vremenom pretvoriti u tekućinu koja se nakuplja na dnu cijevi za mjerjenje tlaka te se iz tog razloga na dno cijevi postavlja posuda za prikupljanje kondenzata. [3]

Slika 3.1.4 prikazuje uređaj Endress Hauser PMD 55 za hidrostatsko mjerjenje razine.[5]



Slika 3.1.4 Endress Hauser PMD 55.[5]

Svojstva uređaja sa slike 3.1.4 su [5]:

- kompaktan
- koristi se u kemijskim industrijama
- visoke su točnosti

3.2 Konduktivno mjerjenje razine

Osnova ovog mjerjenja se temelji na električnoj vodljivosti mjerne tvari koja treba biti veća od $5 \mu\text{s}/\text{cm}$. Mjerna tvar stvara vezu između dviju ili više štapnih elektroda ovisnu o dubini njihova urona u mjeru tvar. [2]

Konduktivni pretvornici razine se mogu svrstati u otporničke pretvornike, jer im se osnovni princip djelovanja očituje kroz vrijednost električnog otpora pri prolasku struje kroz tekućinu. [3]

Slikom 3.2.1 je prikazan mjerni pretvornik Endress Hauser FTW 31 za konduktivno mjerjenje razine.[3]



Slika 3.2.1 Endress Hauser FTW 31.[3]

Karakteristike uređaja sa slike 3.2.1 su [3]:

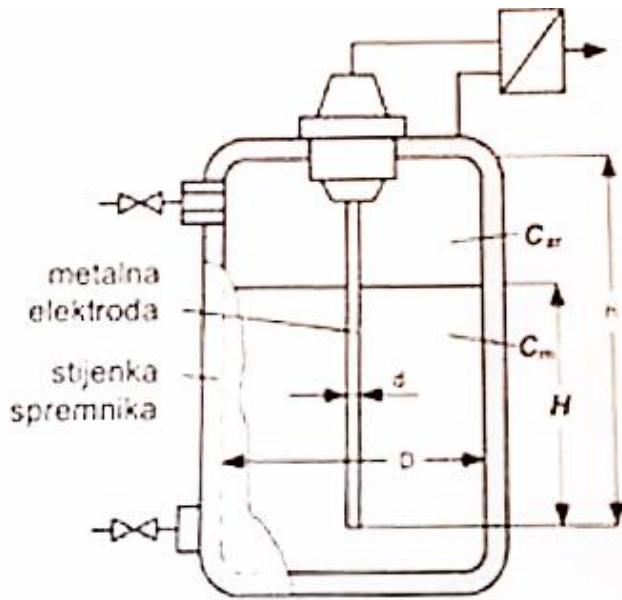
- mali troškovi održavanja
- jednostavnost izvedbe
- detekcija se vrši u više točaka sa jednim procesnim spajanjem
- temperaturno područje od -40°C do $+100^{\circ}\text{C}$
- područje tlaka od -1 do +10 bara
- mjerna duljina od 0,1 do 4 m
- DC, AC izlazni signal

3.3 Kapacitivno mjerjenje razine

Princip rada ovog mjerjenja temelji se na uronjenoj metalnoj elektrodi u obliku štapa koja tvori zajedno sa stjenkom spremnika kondenzator s mjernom tvari kao dielektrikom. [2]

Promjenom razine u spremniku se mijenja kapacitet. [3]

Kod izvedbe na slici 3.3.1 s cilindričnim spremnikom, nastaje kondenzator čiji je kapacitet jednak zbroju onog u mjernoj tvari C_m i onog u zraku iznad mjerne tvari C_{zr} . [2]



Slika 3.3.1 Mjerjenje s uronjenom elektrodom. [2]

Ukupni kapacitet $C_{uk} = C_m + C_{zr}$ glasi prema izrazu (3-5). [2]

$$C = \frac{2\pi}{\ln(\frac{D}{d})} [L\epsilon_m + (h - L)\epsilon_{zr}] \quad (3-5)$$

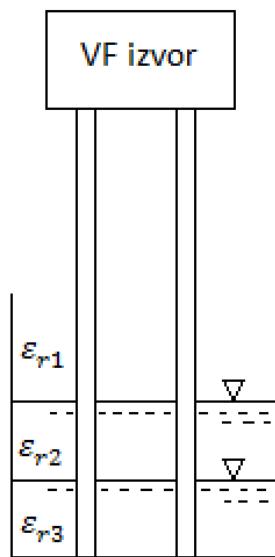
gdje je ϵ_m relativna dielektričnost tvari, a ϵ_{zr} relativna dielektričnost zraka.

Iraz za kapacitet cilindričnog kondenzatora računa se prema formuli (3-7). [2]

$$C = H \frac{2\pi\epsilon}{\ln(\frac{D}{d})} \quad (3-6)$$

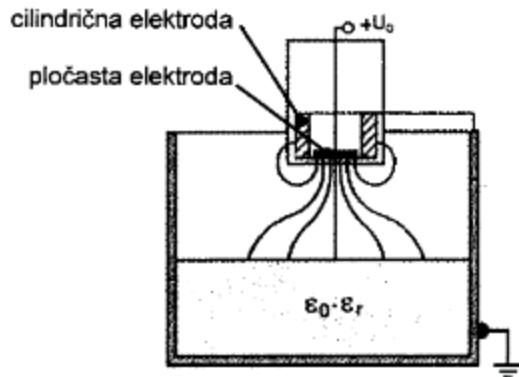
gdje je D širina spremnika, d promjer elektrode, H dubina uronjene elektrode.

Kod izvedbe s dvije elektrode prema slici 3.3.2., kapacitet, odnosno impedancija, mjeri se najčešće visokofrekventnim izmjeničnim naponom frekvencije 20 kHz do 2 MHz. Izmjerena impedancija ovisi o relativnoj dielektričnosti i o visini mjerne tvari. Koristi se za mjerjenje razine u spremnicima do 20 m. [2]



Slika 3.3.2 Mjerjenje s dvjema uronjenim elektrodama.[2]

Izvedba na slici 3.3.3 prikazuje mjerjenje razine kod koje je mjerni pretvornik smješten na vrhu spremnika iznad tekućine. [3]



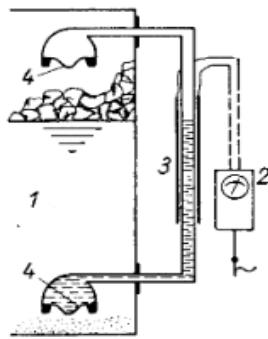
Slika 3.3.3 Mjerni uređaj iznad mjerne tvari.[3]

To je kondenzator s jednom pločastom elektrodom smještenom unutar druge cilindrične elektrode. Kapacitet je ovisan o razini u spremniku te o relativnoj dielektričnosti tekućine. Napajanje se dovodi iz visokofrekventnog naponskog izvora. Takva izvedba je pogodna za mjerjenje agresivnih tekućina jer su elektrode izvan mjerne tvari, a nedostatak je osjetljivost na vlagu iz okoline. [3]

Kod izvedbe koja služi za mjerjenje razina više mjernih tvari smještenih u jednom spremniku potrebno je nužno voditi brigu o vlažnosti zraka iznad mjerne tvari (kao i kod konduktivnog mjerjenja), pa se u slučaju dviju tekućina oblikuje kondenzator s trima relativnim dielektričnostima ϵ_{r2} i ϵ_{r3} za tekućine i ϵ_{r1} za zrak. [2]

Prednosti kapacitivnih pretvornika su jednostavnost konstrukcije, nemaju pokretnih dijelova. [3]

Na slici 3.3.4 prikazana je starija metoda mjerjenja kapaciteta sa tekućinom za uspoređivanje i razdvojnom membranom. [3]



Slika 3.3.4. Kapacitivno mjerjenje razine sa tekućinom za uspoređivanje i razdvojnom membranom. [3]

Takva metoda koristi princip djelovanja hidrostatskog tlaka mjerne tvari (1) koji djeluje na membranu (4). Membrane su povezane cjevčicom koja sadrži tekućinu za uspoređivanje. Na dijelu cjevčice nalaze se elektrode (3). Taj sustav tekućine unutar cjevčice i elektroda predstavlja promjenjivi kondenzator. Promjena razine mjerne tvari uzrokuje promjenu hidrostatskog tlaka, a time i razine tekućine za uspoređivanje unutar cjevčice, pa se ona, između elektroda pomiče gore-dolje i tako mijenja kapacitet koji je ovisan o razini. Napon se dovodi putem mjerne jedinice (2) u kojoj se obrađuje mjerni signal za prikaz izmjerene razine. Ovakva metoda se primjenjuje u zastarjelim kemijskim postrojenjima za mjerjenje razine pjenastih i kemijskih aktivnih tvari. Iz navedenih primjera kapacitivnih pretvornika razine, primjenjuju se elektrode zasićene slojem izolacijskog materijala koji je često i sloj oksida. Pogreške u mjerenu mogu nastati zbog utjecaja temperature, jer se promjenom temperature mijenjaju dielektrična konstanta i vodljivost mjernih tvari. [3]

Mjerni uređaj Endress Hauser FTC 968 za kapacitivno mjerjenje razine prikazan je na slici 3.3.5.[6]



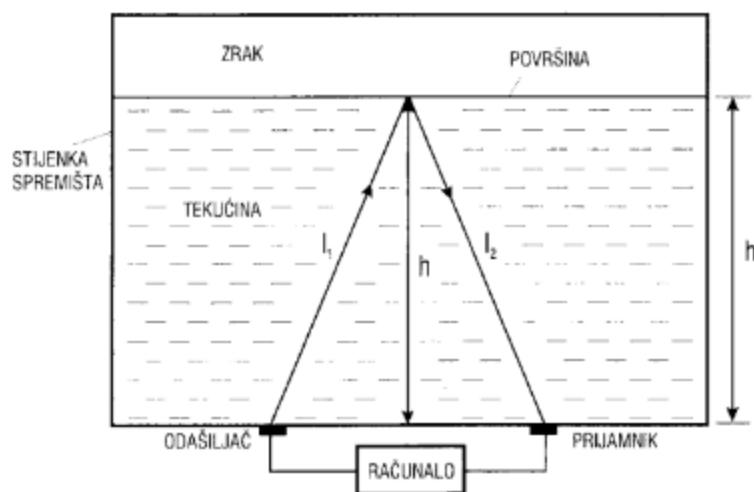
Slika 3.3.5 Endress Hauser FTC 968.[6]

Karakteristike uređaja sa slike 3.3.5 [6]:

- temperaturno područje od -20 °C do +80 °C
- područje tlaka od -1 do +6 bara
- DC, AC izlazni signal

3.4 Ultrazvučno mjerjenje razine

Princip mjerjenja razine ultrazvučnom metodom temelji se na emitiranju ultrazvučnih valova iz predajnika, prolaskom valova kroz mjernu tekućinu, te reflektiranju valova od površine tekućine i prijema u prijemniku ultrazvučnih valova. Ovom metodom se mjeri vrijeme koje proteče od trenutka odašiljanja ultrazvučnog vala iz predajnika do trenutka kada taj val evidentira ultrazvučni prijamnik. Promjena razine u spremniku povezana je sa duljinom puta kroz koji valovi prolaze, a time i vremenom koje je potrebno da se prijeđe taj put. Brzina rasprostiranja valova je kod svake tekućine različita pa je potrebno poznavati brzinu rasprostiranja valova kroz tekućinu. Na slici 3.4.1 prikazan je princip mjerjenja razine ultrazvučnim valovima. [3]



Slika 3.4.1 Princip mjerjenja razine ultrazvučnim valovima.[3]

Poznato je da se valovi odbijaju od reflektirajuće površine pod istim kutom pod kojim su emitirani prema istoj površini, pa gledajuću ukupni put (I), valovi tvore stranice (I_1 i I_2) jednakokračnog trokuta, pa uz poznati opseg trokuta može se izračunati iznos visine trokuta (h), koja je jednaka razini tekućine u spremniku. [3]

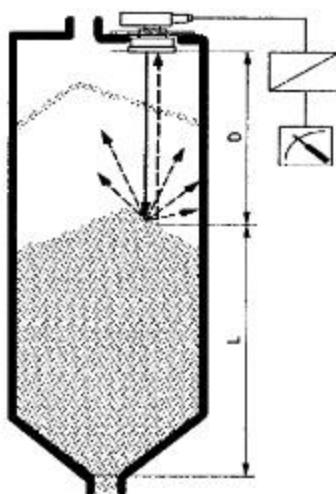
Opseg se računa prema jednadžbi (3-7). [3]

$$O = 2h + I_1 \quad (3-7)$$

Iz čega se dobiva razina tekućine prema formuli (3-8).[3]

$$h = \frac{1}{2}(O - I_1) \quad (3-8)$$

Prijamnik i predajnik valova mogu biti smješteni na dnu spremnika (slika 3.4.1) ili na vrhu spremnika (slika 3.4.2). Postoji i izvedba sa mjernom glavom u kojoj se nalazi prijamnik i predajnik ultrazvučnih valova (slika 3.4.2). [3]



Slika 3.4.2 Mjerenje razine rastresitih tvari s ultrazvučnom mjernom glavom.[2]

Na slici 3.4.2 prikazana je primjena uređaja za mjerjenje sipina gdje je D udaljenost ultrazvučnog senzora smještenog u mjernoj glavi, od gornje površine sipine, a L je izmjere na razina u spremniku. [3]

Ovakva metoda se koristi za mjerjenje razina tekućina u velikim spremnicima (visine i do 70 m), pouzdana je i nema pokretnih dijelova. [3]

Primjer ultrazvučnog uređaja Siemens Probe LU prikazan je na slici 3.4.3. [7]



Slika 3.4.3 Siemens Probe LU. [7]

Karakteristike uređaja sa slike 3.4.3 [7]:

- domet od 0,25 do 12 m
- temperaturno područje od -40 °C do +85 °C
- HART, PROFIBUS-PA izlaz

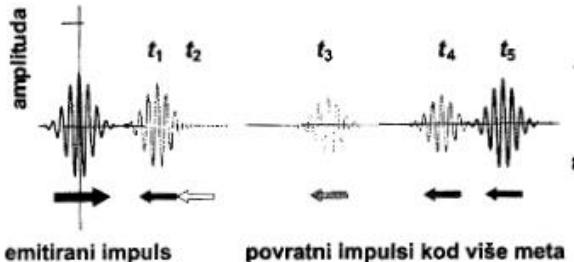
3.5 Mikrovalno mjerjenje razine

Mikrovalno mjerjenje razine se povezano sa ultrazvučnim mjerenjem jer ih povezuje sličan princip rada odašiljanja i prijema valova. Ovakvo mjerjenje se zasniva na svojstvima elektromagnetskih valova. Oni imaju jedan električni i magnetski vektor koji su međusobno okomiti, a pritom su okomiti i na smjer širenja vala. Kako je utjecaj dielektričnosti mjerne tvari veći od permeabilnosti, električni vektor ima veće zračenje od magnetskog pa je povratni signal ovisan o položaju razine. Kako je brzina prolaza vala kroz neku tvar funkcija njene dielektričnosti i permeabilnosti na granici dviju tvari dolazi do refleksije vala. Dielektrični upijaju mikrovalno zračenje, a električni vodiči vrlo malo, pa je električni signal kod vodljivih tvari veći no kod dielektrika. Za mjerjenje razine se koristi mikrovalni pojas oko 6,3 GHz i 26 GHz. Takvo mjerjenje se često naziva i radarsko mjerjenje. Brzina rasprostiranja mikrovalova je veća od brzine ultrazvučnih valova i ekvivalentna je brzini svjetlosti pa je vrijeme rasprostiranja vala kratko (nekoliko ns). Kako je to vrijeme teško mjerljivo, pristupa se metodi mjerjenja razine koristeći radar. Oni rade na principu odašiljanja i prijema valova pa im je princip emitiranja isti kao i kod ultrazvučnih pretvornika. [3]

Vrste radara koji se koriste za mjerjenje razine su [3]:

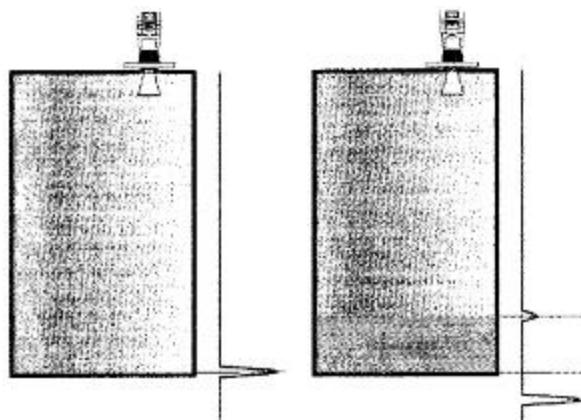
- FMCW radar tj. radar s frekventno moduliranim kontinuiranim signalom
- impulsni radar s impulsnim signalom

Kod radara s frekventno moduliranim kontinuiranim signalom, signal se emitira iz izvora, putuje kroz zrak u spremniku i odbija se od prepreke (mjerne tvari) te nastaje tzv. radarska jeka. Ona se vraća natrag u istom smjeru i detektira se na prijamniku. Signal se šalje u računalo i mjeri period između slanja signala i primitka odbijenog signala, te smjer iz kojeg je signal odbijen. Razlika frekvencije emitiranog i povratnog signala proporcionalna je udaljenosti radara od mjerne tvari. Prema tome radar je pogodan za mjerjenje kako tekućina tako i krutih tvari. Emitirani signal je moduliran tako da mu frekvencija postupno linearne raste pa naglo opada. Povratni signal ima isti oblik pa u određenom trenutku udaljenost do mete je razmjerna razlici frekvencije. Slika 3.5.1 prikazuje postojanje više meta pa je potrebna FFT analiza povratnih signala. [3]



Slika 3.5.1 Rasprostiranje mjernih impulsa radarskog mjernog pretvornika. [2]

Impulsni radar emitira radiovalove u kratkim impulsima trajanja periode od 0,05 do 1 ms. Radar mjeri vrijeme koje protekne od emitiranja jednog impulsa do prijema slijeda impulsa kod slučaja s više meta. Antena radara je istovremeno prijamnik i odašiljač. Generator šalje impulse odašiljaču, a istovremeno se i odvija prijem povratnih impulsa. Generator kontrolira vremensku bazu, a primljeni signal koristeći intenzitet zrake određuje vertikalni otklon. Druga os označava poziciju mjerne tvari, što omogućava mjerjenje razine. Takav radar se koristi za mjerjenje više različitih tekućina smještenih u istom spremniku. U slučaju praznog spremnika intenzitet povratnog signala, koji je odbijen od metalnog dna, će biti najdulji i najjači. Kada se u spremniku nalazi merna tvar prijamnik će signalizirati najmanje dva povratna impulsa. Prvi impuls slabijeg intenziteta detektira površinu mjerne tvari (razinu), a drugi impuls detektira dno. Ovaj princip prikazan je slikom 3.5.2. Takvi radari se koriste za mjerjenje razine u spremnicima preko 40 m, s točnošću mjerjenja ± 1 mm. Štedljiviji su u odnosu na FMCW radare jer im nije potrebna FFT analiza. [3]



Slika 3.5.2 Povratni signali kod praznog i dijelom punog spremnika.[2]

Dakle, ova metoda se koristi tamo gdje nije moguće koristiti ultrazvučno mjerjenje. To je npr. pri tvorenju magle ili pare iznad rastresite tvari, pri jakoj promjeni temperature.[3]

Slika 3.5.3 prikazuje uređaj za mikrovalno mjerjenje razine Endress Hauser FMP 50.[8]



Slika 3.5.3 Endress Hauser FMP 50.[8]

Svojstva uređaja sa slike 3.5.3 su [8]: koriste se u prašnjavim uvjetima rada, otporni su na visoke temperature i tlakove, koriste se u petrokemijskoj industriji.

3.6 Optičko mjerjenje razine

Ova metoda se zasniva na apsorpciji svjetlosnih zraka u tekućini ili njihovom reflektiranju od površine tekućine. Optičko mjerjenje razine se može izvesti na dva načina: primjenom lasera ili optičkih vlakana. Princip laserskog mjerjenja razine prikazan je na slici 3.6.1. [3]

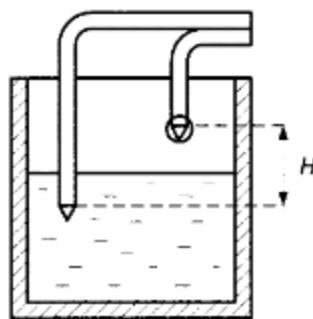
Ovakvi senzori su u praksi malo zastupljeni jer problemi nastaju u upijanju i refleksiji svjetlosnih zraka te u smanjenoj mjernoj osjetljivosti pri zaprljanju izvora i optičkog senzora.[2]



Slika 3.6.1 Lasersko mjerjenje razine.[2]

Laser predstavlja izvor usmjerenog snopa koherentnog elektromagnetskog zračenja. S obzirom na aktivno sredstvo iz kojeg laser emitira svjetlost razlikuju se čvrsti (kristali, staklo), plinski, poluvodički i tekućinski laseri. Kod mjerjenja razine koriste se poluvodički laseri sa poluvodičkom diodom. Senzor prema slici 3.6.1 mjeri razmak do gornje pohranjene tvari i ako je svjetlosna zraka laserska onda granična pogreška tj. točnost leži ispod ± 1 mm. Rade u području valnih duljina 0,5 do 40 μm s laserskim diodama kombinacija materijala PbSnTe (olovo-kositar-telurij), InGaAsP (indij-galij-arsen-fosfor) i PbSnSe (olovo-kositar-sele n). Fotodioda kao prijamnik i laserska dioda kao predajnik smješteni su u zajedničko kućište. Ova izvedba se koristi za kontinuirano mjerjenje razine za relativno male vrijednosti. [2]

Metoda optičkih vlakana koristi optičke vodiče koji se sastoje od dva snopa vrlo tankih vlakana. Kod mjerjenja razine se rabi izvedba optičkog voda sastavljenog od dvaju vodiča u zaštitnom omotaču. Promjer mu je od 0,5 do 1 mm. Jedan vodič vodi predajni signal koji je emitiran iz izvora svjetla, a drugi prijamni signal dobiven od senzora. Mjerni senzor se sastoji od optičkih vodova raznih duljina uronjenih okomito u mjerenu tekućinu. Kod voda čiji je kraj uronjen u tekućinu prigušenje emitiranog signala je jače no kod onih čiji su krajevi iznad mjerene tekućine. Na taj način se stupnjevito može odrediti visina pohranjene tekućine. Slika 3.6.2 prikazuje optičko mjerjenje razine u dvije točke. [2]



Slika 3.6.2 Mjerjenje razine u dvije točke.[2]

Na slici 3.6.3 prikazan je mjerni pretvornik Honeywell LLN koji se upotrebljava za optičko mjerjenje razine. [3]



Slika 3.6.3 Honeywell LLN.[2]

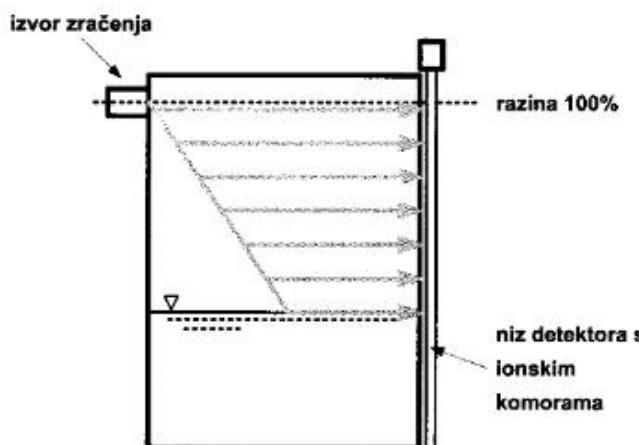
Svojstva uređaja na slici 3.6.3 su [2]:

- brzi odziv
- otporna čelična konstrukcija
- ugrađena zaštita od prenapona
- otpornost na teške uvjete mjerjenja prilikom visokih vibracija

3.7 Radiometrijsko mjerjenje razine

Ovakva mjerena se provode radioaktivnim ili radijacijskim pretvornicima razine. Mjerjenje se temelji na apsorpciji γ i β zraka koje su ovisne o debljini tvari između izvora zračenja i osjetnika. Detektor (osjetnik) predstavlja mjernu sondu koja reagira na radiaktivno zračenje te mjeri intenzitet prodirajućih zraka. Zrake se emitiraju iz izvora i pod određenim kutom pogađaju spremnik tj. mjernu tvar. Zrake se djelomično apsorbiraju u mjernej tvari, pritom se ne lome ni reflektiraju, a količina apsorbiranih zraka ovisi o vrsti mjerne tvari. Tako oslabljene zrake dolaze do detektora. Na temelju razlike u intenzitetu detektiranih i emitiranih zraka, merna jedinica određuje razinu mjerne tvari u spremniku. [3]

Na slici 3.7.1 prikazana je izvedba sa izvorom zračenja koji je smješten sa bočne strane spremnika i niza detektora s ionskim komorama kao osjetilom radioaktivnog zračenja.[3]

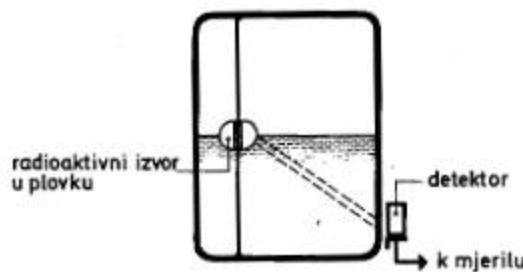


Slika 3.7.1 Radiometrijska metoda mjerena razine.[2]

Zrake se dijelom apsorbiraju u mjernoj tvari i tako dopiru do stupca s ionskim komorama. Njihov intenzitet je slabiji od intenziteta u slučaju praznog spremnika kada zrake iz izvora dopiru do ionskog detektora. [3]

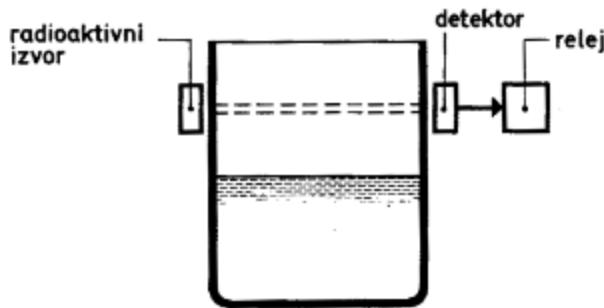
Slika 3.7.2 prikazuje izvedbu radioaktivnog mjerena razine gdje je izvor zračenja smješten u plovku.

Plovak pluta na površini tekućine i emitira radioaktivne zrake, one prolaze tekućinom i tako oslabljene dopiru do detektora. Kako se mijenja razina, tako se mijenja i kut pod kojim zrake upadaju u detektor, na temelju čega je moguće odrediti razinu tekućine u spremniku. [3]



Slika 3.7.2 Mjerni uređaj za mikrovalno mjerena razine.[3]

Slika 3.7.3 prikazuje primjenu radioaktivnog pretvornika razine koji se primjenjuje za detektiranje gornje granične razine tekućine u spremnicima. Radioaktivne zrake su neoslabljene sve dok nivo tekućine ne poraste do razine mjerena. Detektor zračenja reagira na oslabljene zrake i aktivira relej koji javlja prisutnost tekućine. [3]



Slika 3.7.3 Princip detektiranja razine radiometrijskom metodom.[3]

Takve metode mjerena razine se koriste pri ekstremnim uvjetima, npr. pri visokom tlakovima ili visokim temperaturama u spremnicima, ako je mjerna tvar agresivna, lako korodira ili otrovna. Koristi se za mjerjenje razine u spremnicima do 10 m. Ovakvo je mjerjenje opasno, vrlo skupo i traži posebne mjere zaštite. [2]

Na slici 3.7.4 prikazan je mjerni uređaj Endress Hauser FMG 60 za radiometrijsko mjerjenje razine. [9]



Slika 3.7.4 Endress Hauser FMG 60.[9]

Karakteristike uređaja sa slike 3.7.4 su [9]:

- koristi se u ekstremnim uvjetima
- bezkontaktni
- nema ograničenja tlaka i temperature
- vanjski i pouzdani
- osigurani su standardima SIL 2/3 i IEC 61508

4. UPOTREBA SENZORA U MJERNJU RAZINE

4.1 Fizikalni princip rada senzora

Princip rada se temelji na njihovoj interakciji sa procesom i to tako što reagiraju na stanja, a reakciju transformiraju u izlazni signal. Postoji veliki broj fizikalni pojava, metoda konverzije energije koji se mogu primijeniti pri gradnji senzora. Glavni nosilac informacije je masa ili energija. Mjerenje neelektričnih signala počinje pretvaranjem u električni signal pa se nakon toga obavlja procesiranje. Važnost imaju fizikalni efekti koji su bitni pri takvoj konverziji. Za neelektrično-električno pretvaranje potrebna je energija iz domene mjernog signala ili van njega. [10]

4.2 Dijelovi senzora

Većina mjernih pretvarača se sastoji od tri osnovna dijela: izvor informacija, mjernog sistema ili adaptera i podsistema za predstavljanje informacija ili displeja. Dio naznačen kao izvor informacija često se naziva primarni element. Takav dio koristi energiju posebnog izvora, u cilju stvaranja veličine koja predstavlja izmjerenu vrijednost. U adapteru ili sekundarnom elementu vrši se obrada signala iz primarnog elementa. Displej ili podsistem za predstavljanje informacija je dio mjernog pretvarača koji na razne načine iznosi rezultate mjerenja. [10]

4.3 Svojstva senzora

Klasifikacija senzora je mnogobrojna i njihove prednosti tj. nedostatci definirani su karakteristikama (svojstvima) senzora, a to su [14]:

- točnost – određuje mjerna svojstva senzora prema stvarnoj vrijednosti mjerene veličine
- mjerni opseg – predstavlja raspon mjerene veličine unutar kojeg senzor ostvaruje deklarirana svojstva
- brzina odziva – je kašnjenje izmjerene vrijednosti prema mjerenoj veličini
- linearnost – opisuje odnos između izmjerene vrijednosti za čitav mjerni opseg i mjerene veličine
- vrsta izlaza (analogni ili digitalni)
- temperaturni opseg – opseg unutar kojeg senzor ostvaruje deklarirana svojstva

4.4 Klasifikacija senzora

Klasifikacija senzora nije jednostavna i ona se vrši u odnosu na njihovo svojstvo: prema vrsti izlaznog signala, principu rada, prirodi mjerne veličine, prirodi izlazne veličine itd. Prema principu rada senzore dijelimo na aktivne i pasivne. [10]

4.4.1 Aktivni senzori

Aktivni senzori su mjerni uređaji koji proizvode naponske, strujne, ili naboje signale neposredno bez vanjskog izvora energije i koriste se za mjerjenje razine. Ova vrsta senzora se može podijeliti na [2]:

- elektrodinamičke senzore
- piezoelektrične senzore
- temperaturne senzore (termoelemente)
- optoelektričke senzore (fotoelementi, CCD senzori)
- kemijske senzore (pH senzore, biosenzore)
- magnetske senzore (Halova sonda)

Elektrodinamički senzori (tahogeneratori) su mali generatori koji proizvode električni napon razmjeran brzini vrtnje. Pogone se plosnatim ili zupčastim remenima i mogu proizvoditi izmjenični ili istosmjerni napon. Izmjenični generatori su izvedeni s rotirajućim permanentnim magnetima i s mirujućim svitcima. Inducirani napon najčešće se ispravlja i zatim privodi pokaznom instrumentu. Princip rada istosmjernog tahogeneratorsa temelji se na vrtnji polnog kotača s namotanim svitkom u magnetskom polju permanentnog magneta. U polnom kotaču se inducira napon koji je razmjeran brzini vrtnje. Ako se krajevi svitka priključe na komutator na izlazu se dobije pulsirajući istosmjerni napon čija je amplituda razmjerna brzini vrtnje. [2]

Piezoelektrički senzori funkcionišu na principu nastanka električnog signala djelovanjem tlaka na neki predmet. Piezoelektrični efekt je zapažen vrlo rano kod kristala kvarca, te ako se on izloži sili na njegovoj površini dolazi do razdvajanja električkih naboja. Ako se pločica kvarca optereti silom u smjeru jedne od električnih osi dolazi do malih deformacija. Nastalim pomicanjem atoma na nasuprotnim ploham dolazi do razdvajanja pozitivnih i negativnih naboja. Količina nastalog naboja je proporcionalna primijenjenoj sili. Takvi senzori se koriste za mjerjenje ubrzanja, plinova, protoka i razine. [2]

Osvijetli li se svjetlopropusni sloj na razdjelnici n i p vodljivih područja poluvodiča dolazi do grupiranja naboja i time do stvaranja razlike potencijala na fotoelementu. Zatvaranje m strujnoga kruga dolazi do rekombinacije pozitivnih šupljina i elektrona u tim područjima odnosno do pojave fotostruje. Jakost fotostruje je razmjerna jakosti svjetla i tako nastaje fotoefekt. Fotoelementi se ne koriste samo u mjerenu razine, već i kao izvor energije. Sunčeva energija se u njima pretvara u električnu, i oni se nazivaju fotoćelijama. CCD senzori se pojavljuju u čip izvedbi i koriste se za digitalnu obradu fotografija. [2]

pH senzori spadaju u grupu aktivnih senzora i služe za mjerenu pH-vrijednosti. pH vrijednost je kemijska veličina koja označava koncentraciju pozitivnih iona vodika u vodenoj otopini neke tvari i ukazuje na njenu lužnatost ili kiselost. U praksi se često koriste pH elektrode koje mjere razliku električnog potencijala dviju otopina. To su često dvije elektrode, mjerena i referentna. One su napunjene odabranim otopinama kako bi dobiveni napon ovisio samo o koncentraciji vodikovih iona, a ne i o kemijskim reakcijama. Biosenzori su kemijski senzori koji služe za utvrđivanje prisutnosti bioaktivnih supstancija u biološkim proizvodnim procesima. Rad takvih senzora se zasniva na biokemijski reakciji sloja bioaktivne supstancije dovedenog u dodir s analiziranim supstancijom, što izaziva električni signal. Koriste se u medicini, poljoprivredi itd. [2]

Halova sonda spada u grupu magnetskih senzora koja se temelji na Hallovom efektu. Hallov efekt je pojava otklona nositelja naboja upravljačke struje u magnetskom polju i nastanka razlike potencijala poprečno na tok te struje. Takve sonde su malih dimenzija i primjenu su našle u mjerenu magnetskih veličina u električnim strojevima itd. [2]

4.4.2 Pasivni senzori

Pasivni senzori su mjerna osjetila gdje mjerna veličina utječe na parametre električnog strujnog R, L ili C kruga. Dijele se na otporničke, kapacitivne i induktivne. [1]

4.5 Tehničke karakteristike senzora

Karakteristike senzora se mogu podijeliti na [16]:

- statičke
- dinamičke
- statističke

4.5.1 Statičke karakteristike senzora

Osnovni parametri statičke karakteristike senzora su [16]:

- mjerno područje
- opseg
- linearna statička karakteristika
- nelinearnost
- ambijentalni utjecaji
- osjetljivost na poremećaje
- zasićenje itd.

4.5.2 Dinamičke karakteristike senzora

Kada je mjerni element dio sistema upravljanja najčešće ga nije dovoljno opisati statičkom karakteristikom, već je potrebno uzeti i njegove dinamičke karakteristike. [16]

Parametri dinamičke karakteristike senzora su [16]:

- vrijeme zagrijavanja
- frekvencijski odziv
- gornja i donja granična frekvencija
- prijelazna i fazna karakteristika
- rezonantna frekvencija
- prigušenje

4.5.3 Statističke karakteristike senzora

Pod statističkim karakteristikama se podrazumijeva [16]:

- mjerna nesigurnost
- ponovljivost
- preciznost
- točnost

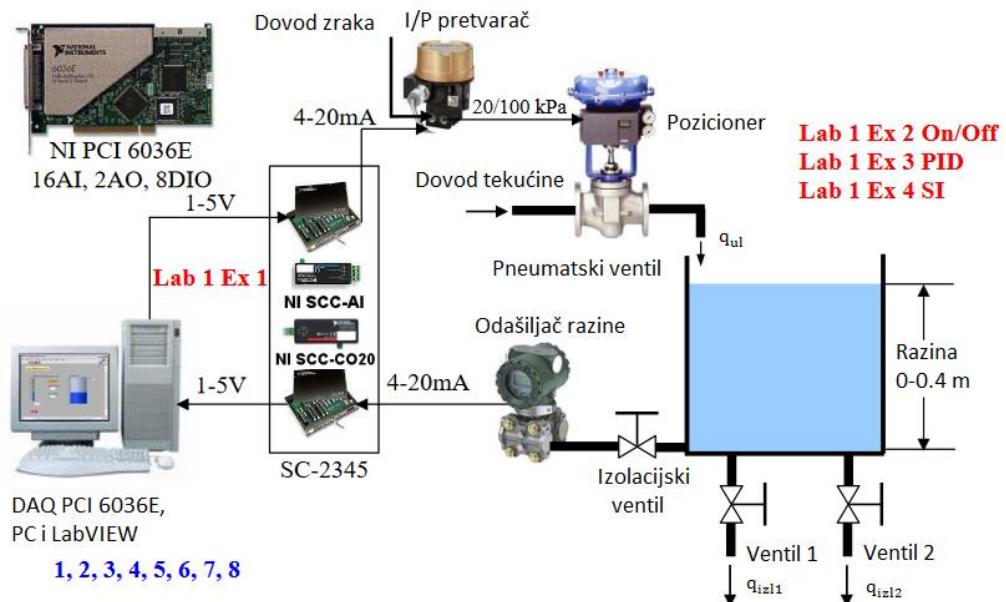
5. PRIMJER MJERNOG SUSTAVA U PROCESNOJ INDUSTRICI

5.1 Uvod u mjerjenje

Simulacija mjerjenja se odvijala u zgradama Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Cilj mjerjenja je bio prikazati primjer mjernog sustava korištenjem grafičkog programa LabView-a.

5.2 Matematički model sustava za mjerjenje i kontrolu razine

Na slici 5.1 prikazane su komponente sustava za mjerjenje i kontrolu razine, i način na koje su povezane. [17]



Slika 5.2.1 Način povezivanja i prikaz komponenata u sustavu za mjerjenje i kontrolu razine.
[17]

Odašiljač razine šalje signal, na temelju razine u spremniku, uređaju SC-2345 koji komunicira sa 68-pinskim komponentama za prikupljanje podataka. Takav signal se prenosi na uređaju za obradu signala – PCI 6036E i na kraju procesa rezultati mjerjenja razine se prikazuju u analognom ili digitalnom obliku.

Karakteristike sustava sa slike 5.1 su [17]:

- Mjerni opseg u spremniku: 0 – 400 mm
- Vrijednost struje koja je dobivena iz odašiljača razine: 4 – 20 mA → 1 – 5 V
- Napon doveden preko kartice za prikupljanje podataka PCI 6036E: 1 – 5 V
- Mjerena razina u voltima: 1 – 5 V

Vrijednost struje signala se računa, preko Ohmovog zakona, prema izrazu (4-1). [17]

$$u = \frac{u_{ul}[\text{V}]}{200 [\Omega]} \times 1000 [\text{mA}] \quad (4-1)$$

Vrijednost razine se izražava u milimetrima i računa se prema jednadžbi (4-2). [17]

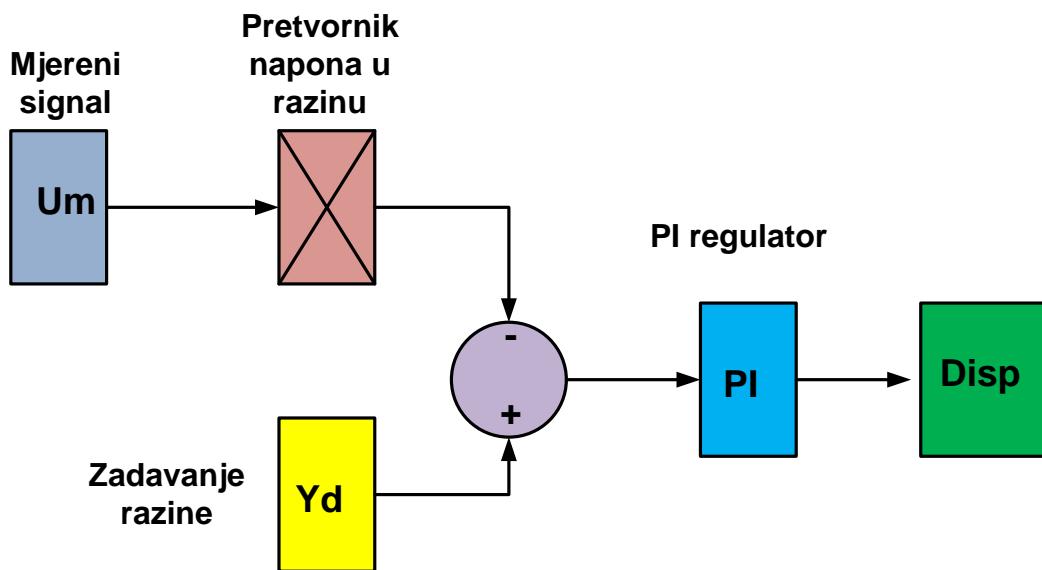
$$y = K (u - u_0) \quad (4-2)$$

gdje je vrijednost parametra $u_0 = 4 \text{ mA}$ i konstanta K (osjetljivost) se računa prema izrazu (4-3). [17]

$$K = \frac{y_{max} - y_{min}}{u_{max} - u_{min}} = \frac{400 \text{ mm} - 0 \text{ mm}}{20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}} = \frac{400 \text{ mm}}{16 \text{ mA}} = 25 \frac{\text{mm}}{\text{mA}} \quad (4-3)$$

5.3 Blok shema sustava za mjerjenje i kontrolu razine

Na slici 5.2 je prikazana blok shema sustava za kontrolu i mjerjenje razine. PI regulator, koji dobije informaciju o zadanoj razini i informaciju o razini koju je dobivena iz napona, šalje signal na displej koji prikazuje rezultate mjerjenja.



Slika 5.3.1 Blok shema sustava za mjerjenje i kontrolu razine

5.4 Izrada simulacijskog programa

Stvaranjem novog predloška u programu LabView se otvaraju dvije ploče, kontrolna ploča i funkcijkska ploča. Kontrolna ploča predstavlja korisničko sučelje, a funkcijkska ploča služi za određena izračunavanja u programu i izvršavanje algoritama.

Otvaram odgovarajućih alata u prethodno navedenim prozorima dodali smo naslov mjerjenja – „MJERENJE RAZINE“ i upisali smo jednadžbe koje su potrebne za rad ove simulacije.

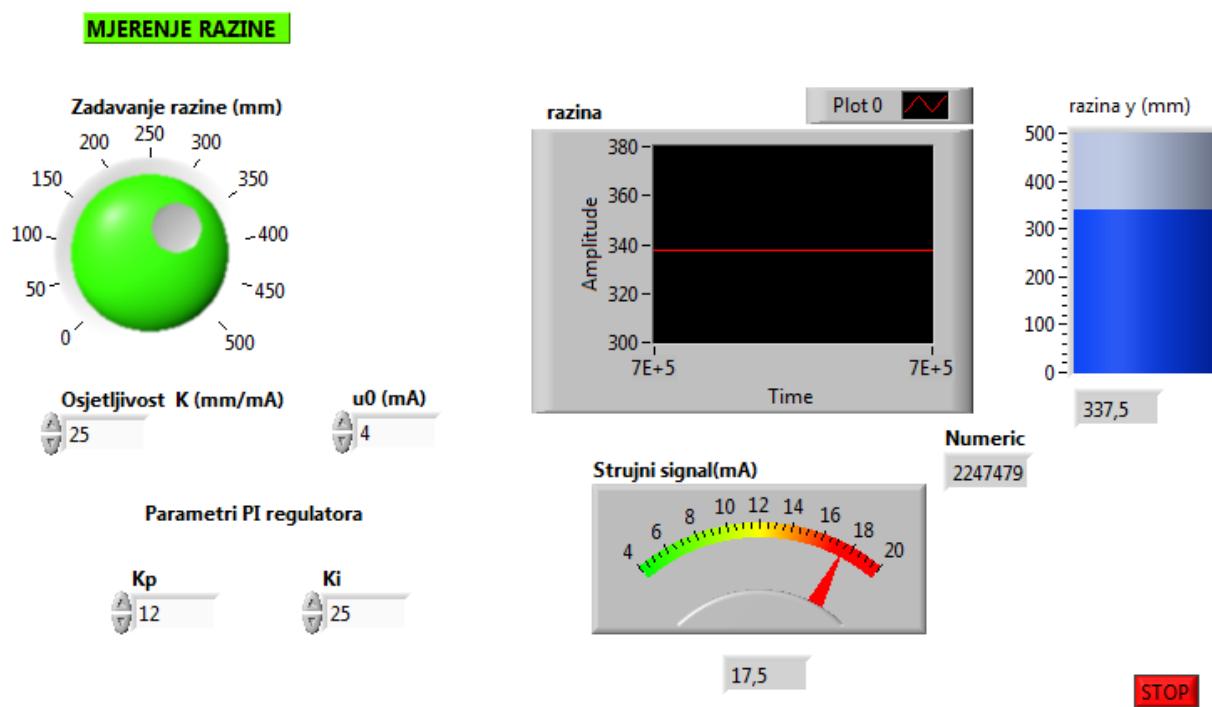
Dodavanjem kotačića smo omogućili mijenjanje razine u spremniku po želji korisnika. Njegovo glavno svojstvo je mjerni opseg. Minimalna vrijednost u spremniku je 0 mm, a maksimalna vrijednost je 500 mm.

Umetanjem elementa osjetljivosti (K elementa), elementa u0, smo omogućili numeričku kontrolu odgovarajućih parametara koji, preko prethodno napisanih jednadžbi, utječu na razinu u spremniku, te smo definirali parametre PI regulatora – Kp i Ki parametar.

Zatim smo dodali mjerač koji pokazuje vrijednost strujnog signala i definirali smo njegova svojstva: digitalni prikaz mjerene vrijednosti, mjerni opseg od 4 do 20 mA.

Na kontrolnu ploču smo dodali spremnik, kojemu smo definirali karakteristike: digitalni prikaz razine, minimalna vrijednost razine je 0 mm, a maksimalna 500 mm i na kraju smo postavili valni grafikon koji će prikazivati trenutnu razinu u spremniku koja je ovisna o vremenu.

Slika 5.4.1 prikazuje kontrolnu ploču sa svim dodanim elementima.



Slika 5.4.1 Kontrolna ploča sa svim elementima

Poslije dodavanja svih elemenata koji su potrebni za mjerjenje, smo programirali u funkcijskoj ploči radi stvaranja algoritma. Dodavanjem elemenata u prozoru prednje ploče se istovremeno dodaju elementi u prozoru funkcijске ploče.

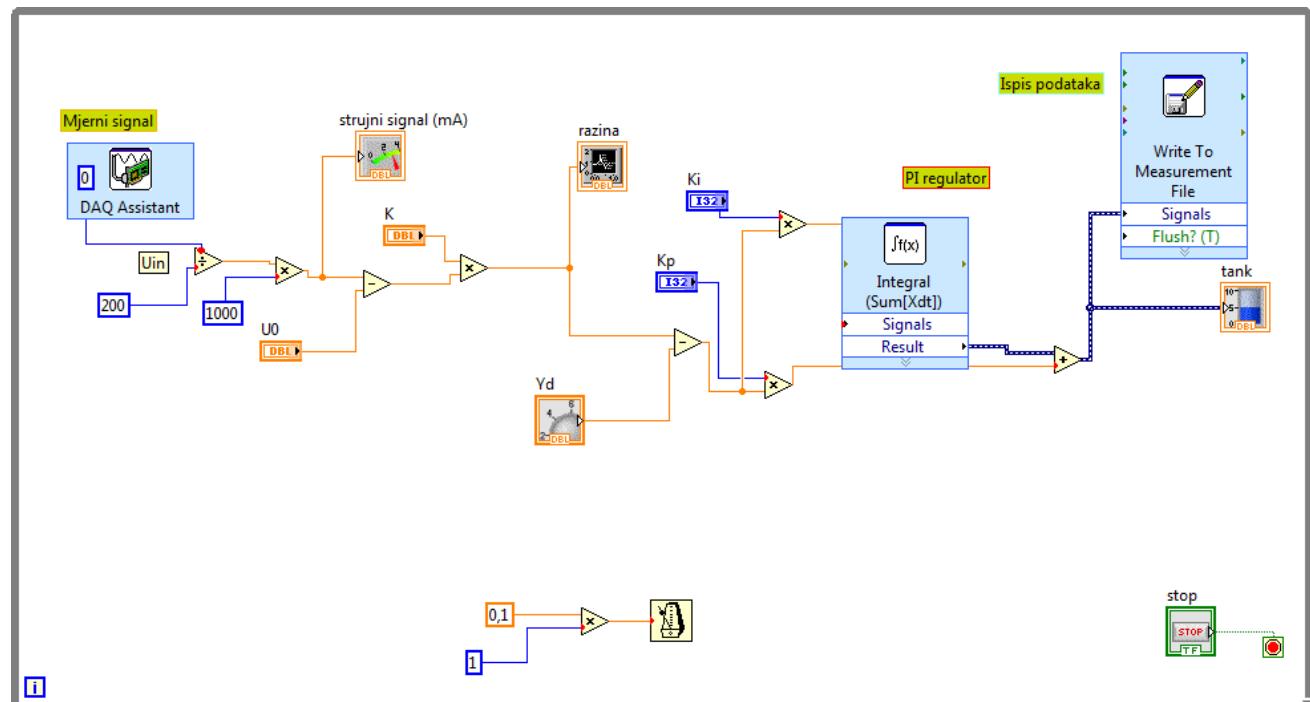
Bilo je potrebno umetnuti funkcije koje su potrebne radi obrade signala. Umetnuli smo *Addition* funkciju (funkciju zbrajanja), *Subtract* funkciju (funkciju oduzimanja), *Multiply* funkciju (funkciju množenja), *Divide* funkciju (funkciju dijeljenja). Zatim smo postavili blokove podataka koji služe za mjerjenje odgovarajuće fizikalne veličine na određenom kanalu, i blok za ispis podataka.

Dodavanjem metronoma smo omogućili da vrijeme ciklusa *while* petlje traje 0,1 sekundu.

Da bi svi elementi funkcionalirali kao cjelina, potrebno ih je bilo povezati.

Dodavanjem *while* petlje, obuhvativši sve dodane elemente, smo omogućili petlji da izvršava kod unutar svojih granica koje možemo proizvoljno suziti ili proširiti. Isto tako, stop funkcijom, koja je također dodana, se može zaustaviti rad petlje tj. cijelog programa.

Slika 5.4.2 prikazuje prozor funkcijске ploče nakon dodavanja i povezivanja svih elemenata.



Slika 5.4.2 Prozor funkcijске ploče nakon dodavanja i povezivanja svih elemenata

Na kraju postavljanja, definiranja i povezivanja svih elemenata, bilo je potrebno testirati simulaciju. Promjenom elementa osjetljivosti i u_0 elementa se mijenjala razina u spremniku.

6. ZAKLJUČAK

U ovom završnom radu su opisani osnovni principi mjerena i kontrole razine u raznim industrijskim pogonima. Procesna su mjerena jedan od najčešćih (a ponekad i najzahtjevnijih) pothvata u tijeku proizvodnje unutar industrijskog postrojenja. Takva mjerena se provode mjernim uređajima koji su sastavljeni od mjernih pretvornika, davača i mjernih osjetila. Mjerni pretvornici funkcionišu na principu nekih od osnovnih metoda koje su opisane u ovom završnom radu. Oni moraju biti točni, pouzdani, precizni, pa se kao karakteristike pretvornika navode ulazne, izlazne i prijenosne značajke, te skladnost s okolinom i kompatibilnost s drugim uređajima mjernog sustava. Mjerna osjetila (senzori) su također važna za ispravno i točno mjerene razine. Njihov zadat je mjerenu veličinu iz procesa mjerena izraziti pomoću električnih signala u analognom ili digitalnom obliku. Podjela senzora je mnogobrojna, a jedna od njih je podjela na aktivne i pasivne. Aktivni senzori ne zahtijevaju vanjski napon napajanja i koriste se za mjerene razine (elektromagnetni, piezoelektrični itd.), a pasivni zahtijevaju vanjski napon napajanja da bi se dobio izlazni električni signal (struja ili napon) i koriste se za mjerene pritiska (otporički, kapacitivni, induktivni). U završnom dijelu ovog završnog rada prikazan je primjer mjerena razine, kontrole i upravljanja u procesnoj industriji, u grafičkom programu LabVIEW-u, gdje smo, na početku, dodavali elemente i definirali njihove karakteristike, zatim programirali u funkcijskoj ploči i na kraju testirali program da provjerimo njegovu ispravnost.

Uređaji za mjerene razine sa svojim značajkama primjenjivi su u svim industrijskim postrojenjima kao što su: farmaceutska, petrokemijska, prehrambena, vodoopskrbna i kemijkska industrija.

7. LITERATURA

[1] Mjerenje razine, predavanja FER

https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/MUTP_9_Mjerenje_razine_2016.pdf

[2] Z. Valter: „Procesna mjerenja“, Osijek, 1994.

[3] T. Torman, „Primjena uređaja za mjerenje razine u industrijskim pogonima“, Osijek, 2015.

[4] Mjerni uređaj KSR Kuebler sa staklenom cjevčicom

<http://www.axflow.com/local/norge/produkt%20datablader/ksb%20kuebler/kuebler.pdf>

[5] Mjerni uređaj Endress Hauser PMD 55 za hidrostatsko mjerenje razine

<http://www.endress.com/en/Field-instruments-overview/pressure/Differential-pressure-Deltabar-PMD55>

[6] Mjerni uređaj Endress Hauser FTC 968 za kapacitivno mjerenje razine

<http://www.endress.com/en/Field-instruments-overview/level-measurement/Capacitance-level-Nivector-FTC968>

[7] Mjerni uređaj Siemens Probe LU za ultrazvučno mjerenje razine

<http://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/en/process-instrumentation/level-measurement-with-level-measuring-instruments/continuous/ultrasonic/transmitters/pages/sitrans-probe-lu.aspx>

[8] Mjerni uređaj za mikrovalno mjerenje razine Endress Hauser FMP 50

<http://www.endress.com/en/Field-instruments-overview/level-measurement/Guided-Radar-Levelflex-FMP50>

[9] Mjerni uređaj Endress Hauser FMG 60 za radiometrijsko mjerenje razine

<http://www.endress.com/en/Field-instruments-overview/level-measurement/Radiometric-level-Gammapilot-fmg60>

[10] Senzori, Eldina Šikić

www.am.unze.ba/mt/2013/Sisc%20Eldina%20senzori.docx

[11] Električni kapacitet, Wikipedija

https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dni_kapacitet

[12] Mjerila za mjerjenje protoka i razina kapljevina, Diplomski rad, FSB

http://repozitorij.fsb.hr/1247/1/10_02_2011_Diplomski_rad_-_Darijo_Rihtaric.pdf

[13] Mjerni pretvornici, predavanja FER

https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Mjerenje-Razine.pdf

[14] Senzori (osjetila),

http://ss-strukovna-djurdjevac.skole.hr/dokumenti?dm_document_id=267&dm_dnl=1

[15] Povećanje energetske upotrebljivosti mobilnih mašina upotrebom novih tehnologija i senzorike,

<https://www.scribd.com/doc/211052286/Samel-Seminarski-Inteligentni-Senzori>

[16] Senzori i mjerni pretvarači, Elektrotehnički fakultet Podgorica,

<http://www.etf.ucg.ac.me/materijal/1381258432senzori2.pdf>

[17] Mjerjenje razine

http://academic.amc.edu.au/~hnguyen/JEE344_11/tutorial01.pdf

SAŽETAK

U raznim industrijskim pogonima, potrebno je mjeriti razine pa je mjerjenje postalo bitan dio u procesu stvaranja proizvoda. Ovaj rad opisuje pojam mjerjenja u općem smislu, osnovne metode mjerjenja i mjerne uređaje koji su potrebni za izvođenje procesa mjerjenja. Neke od metoda mjerjenja razine su: kapacitivna, hidrostatska, optička i dr. Svaka metoda ima svoje prednosti i nedostatke pa je potrebno dobro razmisliti koju metodu treba primijeniti u određenom slučaju.

Ključne riječi: mjerjenje razine, metode mjerjenja razine, mjerne uređaji, prednosti, nedostatci.

ABSTRACT

In various industrial plants, it is necessary to measure level, so the measurement become an essential part in the process of creating a product. This paper describes the concept of measurement in a general sense, the basic measurement methods and measuring devices which are required to perform the measuring process. Some of the methods of measuring the levels are: capacitive, hydrostatic, optical, etc. Each method has its advantages and disadvantages, so it is necessary to think which method should be applied in a particular case.

SYSTEM FOR MEASURING AND CONTROL THE LEVEL

Keywords: level measurement, methods of measuring the level, measuring devices, advantages, disadvantages.

ŽIVOTOPIS

Rođen sam 11. siječnja 1995. godine u Zagrebu. Nakon završene osnovne škole Grgura Karlovčana u Đurđevcu, koju sam pohađao od 2001. do 2009. godine, upisao sam srednju strukovnu školu u Đurđevcu, smjer tehničar za mehatroniku u trajanju od 2009. do 2013.godine. Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku upisao sam 2013. godine, stručni studij smjer elektroenergetika, kojeg trenutno pohađam.

Vlastoručni potpis: _____