Odabir instrumenata za mjerenje razine u procesnoj industriji

Boni, Robert

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

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:200:927350

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-26**

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 INFORMATIKE

ODABIR INSTRUMENATA ZA MJERENJE RAZINE U PROCESNOJ INDUSTRIJI

ZAVRŠNI RAD

ROBERT BONI

Osijek, 2017. godine

SADRŽAJ

1. UVOD……..5

2. MJERENJE NEELEKTRIČNIH VELIČINA……6

2.1. UVOD U AUTOMATIZACIJU PROCESA……...7

2.2. OSJETILA I MJERNI PRETVORNICI……..……18

3. METODE MJERENJA RAZINE ZA TEKUĆINE I SIPINE……23

3.1. METODE MJERENJA RAZINE……..23

3.1.1. MEHANIČKI PRETVORNICI RAZINE…….23

3.1.2. TLAČNA MJERILA RAZINE..……25

3.1.3. KAPACITIVNA MJERILA RAZINE..……28

3.1.4. MJERENJE RASTEZNIM OSJETILOM..……..……30

3.1.5. ULTRAZVUČNA MJERILA RAZINE..……..31

3.1.6. MJERENJE RAZINE S PROPUHIVANJEM CIJEVI……..33

3.1.7. ELEKTROMEHANIČKA MJERILA RAZINE..……34

3.1.8. VIBRACIJSKA MJERILA RAZINE..……..35

3.1.9. KONDUKTIVNA MJERILA RAZINE……36

3.1.10. MIKROVALNA MJERILA RAZINE..……...36

3.1.11. RADARSKA MJERILA RAZINE...……37

3.1.12. RADIJACIJSKA MJERILA RAZINE..……..40

3.2. FAKTORI KOJI UTJEČU NA IZBOR SENZORA RAZINE…….…..…43

3.2.1. UTJECAJ OBLIKA SPREMNIKA NA MJERENJE RAZINE….46

3.2.2. UTJECAJ KLJUČANJA I KRIOGENE TEKUĆINE……...….46

3.2.3. UTJECAJ VRSTE MEDIJA NA MJERENJA RAZINE……48

3.2.4. UMJERAVANJE (KALIBRACIJA)..……50

3.2.5. UTJECAJ DIELEKTRIČNE KONSTANTE MEDIJA……..52

3.2.6. ODRŽAVANJE, REZERVNI DIJELOVI I SERVIS..…….54

4. PRAKTIČNI PRIMJER ODABIRA OSJETILA ZA MJERENJE RAZINE…..56

4.1. IZBOR MJERNOG OSJETILA RAZINE VODE ZA SUSTAV ZA NAVODNJAVANJE……56

5. ZAKLJUČAK……...……63
6. LITERATURA…….64
7. ŽIVOTOPIS……..65
8. PRILOZI……...66

Sažetak:

U ovom završnom radu, opisane su metode mjerenja i uređaji koji se koriste pri mjerenju razine tekućina i sipina u procesnoj industriji. Poznavajući principe rada pojedinih uređaja za mjerenje razina moguće je odabrati odgovarajući način mjerenja za pojedinu primjenu. Pravilan odabir može u znatnoj mjeri smanjiti investicijske troškove, povećati pouzdanost proizvodnih procesa i smanjiti troškove montaže i održavanja. U svakom konkretnom slučaju primjene, na odabir instrumenata utječe niz faktora. Izbor mjernih pretvornika i senzora ovisi o očekivanom opsegu promjene mjerene veličine, njezinoj frekvenciji, očekivanoj točnosti mjerenja, vrsti i razini normiranog izlaznog signala, dozvoljenom vlastitom potrošku, utjecaju ili interakciji mjerene veličine s ostalim fizikalnim veličinama. Prilikom odabira mjerne instrumentacije korisno je obaviti razgovore sa stručnjacima koji imaju praktična iskustva i koji će kontaktirati tehnologe, servisere, izvođače radova kao i poduzeća za automatizaciju.

Ključne riječi:

Mjerenje razine, metode mjerenja razine, mjerni pretvornici i osjetila razine

Abstract:

In this graduate thesis, the methods of measurement and the devices used to measure the level of liquids and liquids in the process industry are described. Knowing the operating principles of some level measuring devices, it is possible to choose the appropriate measurement method for each application. Proper selection can significantly reduce investment costs, increase reliability of production processes, and reduce montage and maintenance costs. In each particular case of application, selection of instruments is influenced by a number of factors. The selection of measuring transducers and sensors depends on the expected extent of the change in the measured size, its frequency, expected metering accuracy, type and level of the standard output signal, its own consumption, influence or interaction of the measured size with other physical sizes. When selecting measurement instrumentation, it is useful to conduct conversations with experts who have practical experience and who will contact technologists, service providers, contractors and automation companies.

Keywords:

Level Measurement, Level Measurement Methods, Measurement Transducers and Level Sensors

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

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

Osijek, 16.07.2017.

Odboru za završne i diplomske ispite

Imenovanje Povjerenstva za obranu završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju

Ime i prezime studenta:	Robert Boni
Studij, smjer:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Informatika
Mat. br. studenta, godina upisa:	A 4110, 06.10.2015.
OIB studenta:	02568022743
Mentor:	Mr.sc. Dražen Dorić
Sumentor:	
Sumentor iz tvrtke:	
Predsjednik Povjerenstva:	Doc.dr.sc. Marinko Barukčić
Član Povjerenstva:	Mr.sc. Venco Ćorluka
Naslov završnog rada:	Odabir instrumenata za mjerenje razine u procesnoj industriji
Znanstvena grana rada:	**Automatizacija i robotika (zn. polje elektrotehnika)**
Zadatak završnog rada	U procesnoj industriji regulacija procesa se vrši na temelju mjerenja procesnih veličina od interesa. Razina je jedna od veličina koja se često prati u modernoj procesnoj industriji. U okviru završnog rada potrebno je obraditi metode mjerenja i uređaje koji se koriste pri mjerenju razine tekućine i sipina u procesnoj industriji. Potrebno je napraviti pregled izvedbi instrumenata, pregled njihovih značajki, kao i opisati proces odabira u konkretnoj primjeni te dati ilustrativne primjere.
Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (završnog rada):	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 2 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
Datum prijedloga ocjene mentora:	16.07.2017.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis: Dorić Datum: 18.07.2017.

FERIT
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK**

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek, 27.07.2017.

Ime i prezime studenta:	Robert Boni
Studij:	Preddiplomski stručni studij Elektrotehnika, smjer Informatika
Mat. br. studenta, godina upisa:	A 4110, 06.10.2015.
Ephorus podudaranje [%]:	15

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Odabir instrumenata za mjerenje razine u procesnoj industriji**

izrađen pod vodstvom mentora Mr.sc. Dražen Dorić

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:

Robert Boni

1. UVOD

Zadatak završnog rada je obraditi metode mjerenja i uređaje za mjerenje razine tekućina i sipina u procesnoj industriji, te prikazati izvedbe instrumenata i njihovih značajki. U prvom dijelu završnog rada opisano je mjerenje neelektričnih veličina, te način i osnove rada mjernih osjetila i mjernih pretvornika. Pri tome su opisana mjerna osjetila i mjerni pretvornici za mjerenje razine tekućina i sipina i navedene su njihove značajke. Nakon toga su opisane osnove tehničkog procesa i načini vođenja i upravljanja u automatskom sustavu.

U glavnom dijelu završnog rada prikazane su osnovne metode mjerenja razine za tekućine i sipine, te izvedbe i karakteristike mjernih pretvornika i osjetila razine. Za svako mjerno osjetilo naveden je osnovni princip rada i moguće izvedbe. U tom dijelu ukazano je na bitne faktore koji utječu na izbor mjernog pretvornika i osjetila razine. Prilikom odabira mjernog osjetila za pojedini proizvodni proces moraju su uzeti u obzir različiti faktori, uvjeti i pokazatelji, kako bi izbor bio što racionalniji ekonomski isplativ.

U završnom dijelu opisan je postupak odabira mjernog osjetila za mjerenje razine tekućina uz pomoć aplikacije, koja se nalazi na Internet stranici proizvođača. Odabrano je mjerno osjetilo za mjerenje razine sustava za navodnjavanje. Pri tome su detaljno razrađeni svi uvjeti u kojima osjetilo treba obavljati svoj rad, te su definirane sve potrebne značajke koje mora imati to mjerno osjetilo. Odluka o izboru određenog mjernog osjetila donešena je tek nakon ekonomske analize, budući da je više mjernih osjetila, svojim značajkama, zadovoljilo potrebe primjene.

2. MJERENJE NEELEKTRIČNIH VELIČINA

Mjerenje je proces dobivanja brojčanog podatka u odnosu na jedinicu mjere, tj. kod mjerenja fizikalnih veličina predstavlja uspoređivanje s etalonima tih fizikalnih veličina. Mjerenje se izvodi mjernim instrumentom. Mjerenjem se dobije mjerni rezultat, brojčana vrijednost, koja opisuje koliko je puta neka mjerna veličina veća ili manja od osnovne mjerne jedinice. Mjerenja služe u svrhu: promatranja procesa, vođenja procesa ili eksperimentalne analize.

Mjerenje u svrhu promatranja procesa izvodi se onda kada se žele dobiti podaci o stanju procesa, a ti se podaci ne koriste za njegovo vođenje. Primjer takvih mjerenja su vodomjeri, plinomjeri i električna brojila u kućanstvu, kod kojih oni ne služe za reguliranje potrošnje, nego samo za njezin obračun. Mjerenje u svrhu vođenja procesa izvodi se tako da se rezultati mjerenja koriste kao temeljna informacija sustavu vođenja ili reguliranja. Primjer za takvo mjerenje je mjerenje temperature u bojleru pomoću bimetalnog termometra, kod kojeg taj podatak odmah služi i za održavanje zadane vrijednosti temperature vode. Eksperimentalna analiza se koristi u rješavanju znanstvenih i tehničkih zadataka. Analizom se dobivaju podaci o toku i uvjetima rada određenih procesa i ti se podaci zatim koriste u svrhu postizanja optimalnih rezultata tih procesa.

Mjerenja se izvode pomoću mjernih uređaja ili instrumenata. Svaki mjerni instrument se u pravilu sastoji od: mjernog osjetila, mjernog pretvornika i pokazivala.

Mjerna osjetila dolaze u posredan ili neposredan dodir s materijalom kojoj mjerimo karakterističnu mjerenu veličinu i taj signal, s istom vrstom energije, daje na svom izlazu. Za mjerno osjetilo je karakteristično da ne pretvara mjerni signal iz jedne u drugu vrstu energije. Mjerna osjetila troše energiju mjerene veličine. Ponekad je teško odrediti granice između mjernog osjetila i pretvornika, pa se zbog toga mjerno osjetilo smatra sastavnim dijelom mjernog pretvornika.

Mjerni pretvornici pretvaraju signale mjerenih veličina iz jednih u drugu vrstu energija. To pretvaranje u jednom mjernom slogu može biti višestruko, ovisno o tome na koji se način mjerni signal želi koristiti. Radi toga se mjerni pretvornici mogu podijeliti u dvije osnovne skupine:

1. Pretvornici primarnih u sekundarne neelektrične veličine,
2. Pretvornici sekundarnih neelektričnih u električne veličine.

Primarne neelektrične veličine su: put, brzina, ubrzanje, razina, hrapavost površine, sila, tlak, tvrdoća, mehaničko naprezanje, moment naprezanja, vibracije. Sekundarne neelektrične veličine

su: pravocrtni pomak ili kutni pomak. Pretvornici navedenih skupina mogu biti aktivni ili pasivni. Aktivni pretvornici daju izlazne signale na temelju samih ulaznih signala i njihove energije. Pasivni pretvornici, osim energije ulaznih signala trebaju i pomoćnu energiju na temelju kojih daju izlazne signale.

Mjerni pretvornik je tehnički element koji izlaznu veličinu mjernog osjetila pretvara u analognu fizikalnu veličinu prikladnu za prijenos ili dovod na pokazivalo. Energija što je daje pretvornik obično je mehanička ili električna, iskazana kao standardizirani signal (0.2 - 1 bar ili 4 - 20 mA).

Pokazivalo je tehnički element koji na neki način pokazuje vrijednost mjerene veličine. Mjerni pretvornici, koji se najčešće pojavljuju u vođenju procesa su: mjerni pretvornici tlaka, temperature, protoka i razine. Njihovo vladanje je usko povezano s tipom mjerene veličine i osjetila koji se upotrebljavaju za odgovarajuće mjerenje.

U suvremenim mjerenjima neelektričnih veličina najčešći stupnjevi pretvorbe su slijedeći:

1. Pretvaranje sekundarnih neelektričnih signala u električne (npr. otpornički, induktivni, kapacitivni, generatorski, piezoelektrični, fotoelektrični i radioaktivni pretvornici).

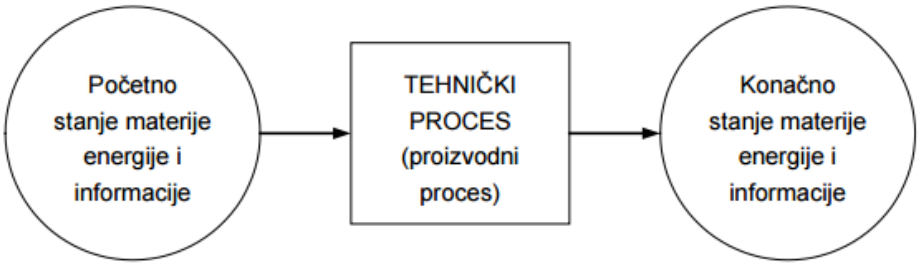
2. Pretvaranje mjernih signala s izlaza pretvornika prvog stupnja u standardizirane mjerne signale (naponske, strujne ili pneumatske) s propisanim područjima vrijednosti signala.

3. Pretvaranje signala mjerenih veličina iz analognih u digitalne ili iz digitalnih u analogne signale i priprema tih signala za primjenu, za vođenje procesa pomoću računala ili za drugačiju obradu i evidentiranje ili pokazivanje.

2.1. UVOD U AUTOMATIZACIJU PROCESA

2.1.1. TEHNIČKI PROCES

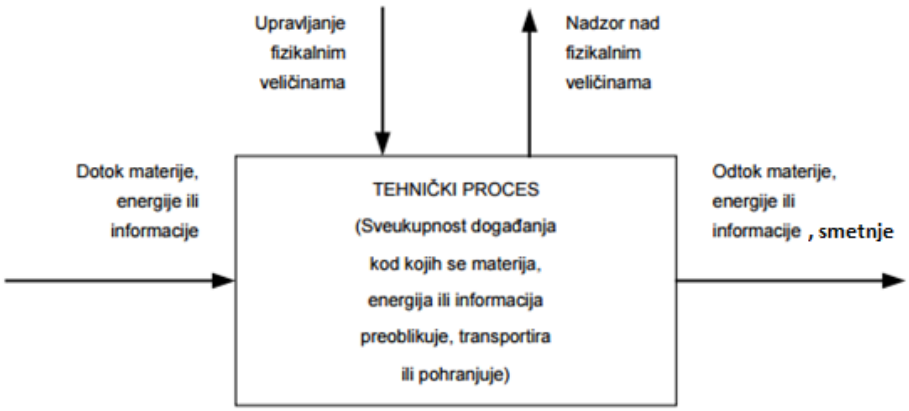
Općenito se pod procesom podrazumijeva događanje koje izaziva promjenu stanja materijalnih tvari, energija ili informacija. Tehnički proces je događanje kroz koje se mijenja stanje materije, energije ili informacije. Ova promjena stanja može se shvatiti kao prijelaz iz početnog stanja u konačno stanje. Na Sl. 2.1. prikazan je tehnički proces koji izaziva promjenu stanja.



Sl. 2.1. Tehnički proces koji izaziva promjenu stanja

Prijelaz iz početnog stanja u konačno stanje određen je vremenskim tijekom interaktivnih događanja u sustavu pri čemu se materija, energija ili informacija preoblikuje, transportira ili pohranjuje. Da bi se ostvarila kontinuirana pretvorba dotoka materije, energije ili informacije u odgovarajući dotok materije, energije ili informacije, zahtjeva se upravljanje veličinama procesa. Jednako tako, u svrhu nadzora nad procesom potrebno je mjeriti ili nadzirati veličine procesa. Iz ovoga slijedi nešto konkretnija definicija tehničkog procesa:

Tehnički proces je sveukupnost događanja kod kojih se pomoću tehničkih sredstava upravlja i nadzire fizikalne veličine procesa.



Sl.2.2. Tehnički proces kao sveukupnost događanja sa stajališta upravljanja i nadzora

2.1.2. PROCESNO RAČUNALO

Procesno računalo je slobodno programirljivo digitalno računalo koje je povezano s tehničkim procesom tako da na osnovi mjerenja fizikalnih veličina procesa upravlja tim procesom. Prema tome, bitno je svojstvo procesnog računala da u određenom vremenskom intervalu prikupi i obradi mjerne signale te stvori upravljačke signale koji djeluju na proces. Procesno računalo može biti

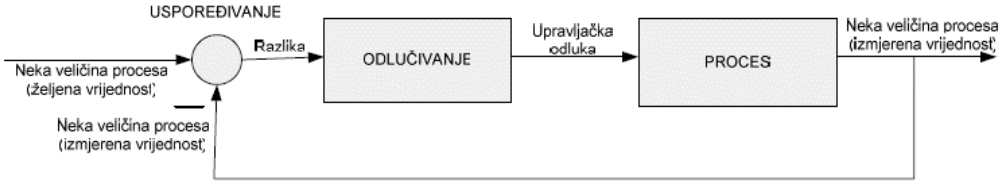
izvedeno na više različitih načina. Ranije primjenjivana procesna računala realizirana pomoću mini računala sve više se potiskuju procesnim računalima realiziranim pomoću mikroračunala. Tako se danas susreću procesna računala raznih razina složenosti izvedena kao:

- Jednočipno mikroračunalo (mikrokontroler);
- Mikroračunalo u obliku modula (jednokartično mikroračunalo);
- Mikroračunalo izvedeno kao „stolni uređaj“;
- Mikroračunalo kao uložni blok;
- Mikroračunalo u konstrukciji ormara.

Za složenije tehničke procese koristi se više međusobno povezanih procesnih računala pa se u tom slučaju govori o sustavu procesnih računala.

2.1.3. REGULACIJA I UPRAVLJANJE PROCESOM

Automatska regulacija predstavlja automatsko održavanje željenog stanja nekog procesa, bez obzira na djelovanje vanjskih i unutarnjih poremećaja. To se postiže pomoću povratne veze, koja omogućava usporedbu izmjerene vrijednosti neke veličine reguliranog procesa sa njenom željenom vrijednosti. Na temelju razlike tih dviju vrijednosti vrši se upravljanja s tokom energije ili tvari u nekom tehničkom procesu.



Sl. 2.3. Regulacijski zatvoreni krug

Vođenje procesa je općeniti pojam koji obuhvaća i upravljanje i regulaciju. Vođenje procesa je povezano uz upravljanje i regulaciju složenijih sustava pomoću računala.

Vođenje procesa (process control) obuhvaća proučavanje dinamičkog vladanja procesa i izvođenje dinamičkih modela procesa (radi se o vremenski promjenljivim procesima ili sustavima). Poznavanje načela vođenja procesa nužno je za svakog inženjera. Tako na primjer projektanti

moraju predvidjeti dinamičko vladanje procesa i procesne opreme jer postrojenja uvijek rade u dinamičkim uvjetima. Zadatak je inženjera projektirati, nadgledati izvedbu i voditi sustav na željeni način i pri definiranim radnim uvjetima. Razvoj teorije vođenja, nove metode regulacije, suvremeni mjerni instrumenti, inteligentna osjetila i primjena računalnih metoda neprestano donose nove izazove. Automatika je danas sastavni dio znanosti o sustavima. To je znanstveno-tehnička disciplina koja obuhvaća analizu i sintezu jedinica za vođenje, sva različita pitanja njihove izvedbe i gradnje te široko područje teorije vođenja. U području automatskog vođenja procesa koristi se niz pojmova koji su važni za razumijevanje rada i upravljanja procesa.

Kibernetika je znanost o općim zakonitostima procesa vođenja, reguliranja, pohranjivanja, pretvorbe i prijenosa informacija u sustavima, neovisno o njihovoj fizikalnoj prirodi. Automatska regulacija je jedna od grana kibernetike, a sustav s povratnom vezom smatra se najvažnijim oblikom osnovnog sustava za kibernetiku i za automatizaciju.

Upravljanje je postupak pri kojem jedna ili više ulaznih veličina utječu na jednu ili više izlaznih veličina nekog procesa. Pri tome se upravljanje odvija u otvorenom krugu, bez povratne veze.

Automatizacija (engl. automatisation) predstavlja postupke uvođenja i primjene automatskog vođenja.

Regulacija (engl. regulation) je tradicionalni naziv za jednostavne načine vođenja.

Pri sustavnom razmatranju procesa i za razumijevanje automatskog vođenja vrlo je važno razlučiti tri važna pojma vezana uz sve procese:

– vođene varijable (engl. controlled variables).

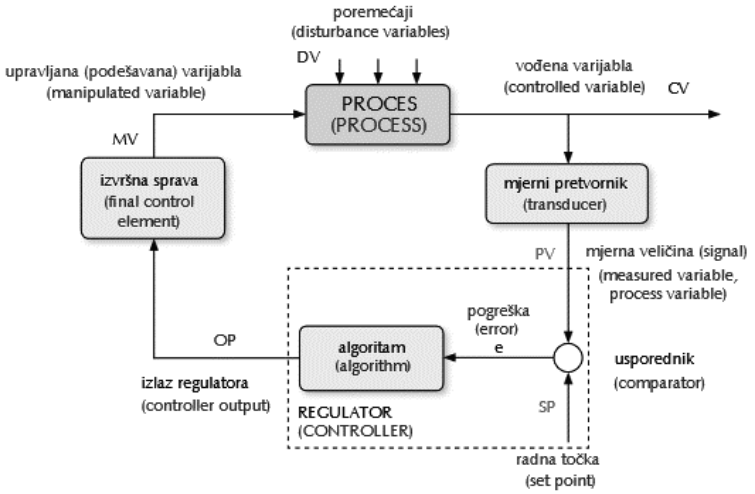
– upravljane (podešavane) varijable (engl. manipulated variables).

– poremećajne varijable ili poremećaji (engl. disturbances), kako je to prikazano na slici (Sl. 2.4.).

Vođene varijable su oni procesni tokovi ili stanja koje treba voditi ili održavati na željenoj vrijednosti. To mogu biti protok, razina, tlak, temperatura, koncentracija/sastav i druge procesne varijable. One predstavljaju posljedicu promjena u procesu i pri sustavnom razmatranju smatraju se izlazima (engl. outputs). Za svaku vođenu varijablu zadaje se stanovita željena vrijednost koja se naziva radna točka ili referentna (zadana) vrijednost (engl. set point). Svakoj vođenoj varijabli pridružuje se odgovarajuća upravljana varijabla. Kod vođenja procesa uglavnom se upravlja

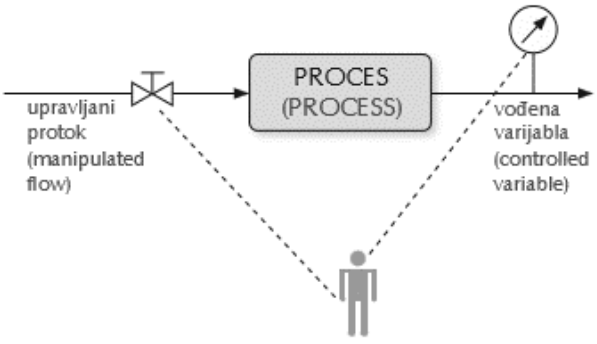
(podešava) regulacijski ventil. Poremećaji djeluju na proces i pomiču vođenu varijablu dalje od referentne vrijednosti. Upravljane varijable i poremećaji predstavljaju uzrok promjena u procesu i nazivaju se ulazi (engl. inputs).

Zadatak sustava za automatsko vođenje je mijenjati upravljane varijable tako da zadana vrijednost vođene varijable bude zadržana unatoč djelovanju poremećaja. To se u slučaju stalne vrijednosti radne točke naziva automatska stabilizacija. Također je moguće mijenjati željenu vrijednost pa se i u tom slučaju upravljane varijable moraju promijeniti kako bi slijedile vrijednost vođene varijable. To se naziva slijedno vođenje (engl. tracking control).



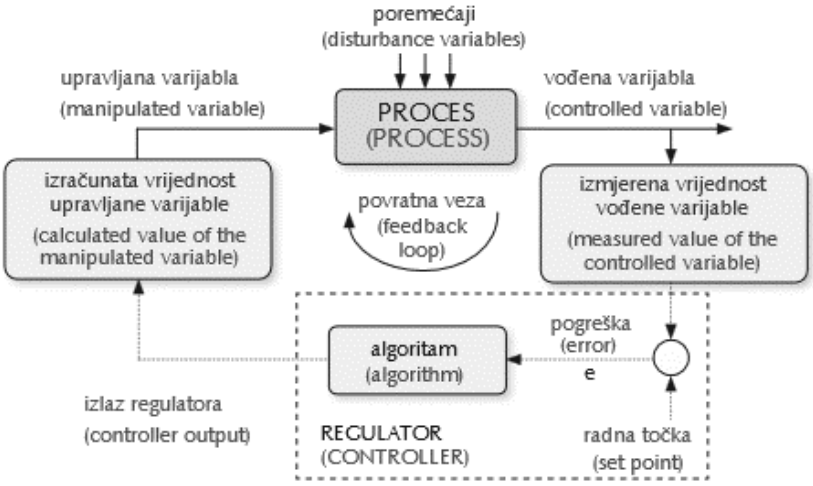
Sl.2.4. Regulacijski krug

Ručno vođenje (engl. manual control) prikazano je na slici (Sl.2.5.). Na izlaznom toku procesa je indikator koji operatoru daje informaciju o trenutačnoj vrijednosti vođene veličine. Operator očitava indikator i ručno podešava ventil kako bi postigao željenu vrijednost vođene veličine. Sve odluke donosi sam operator.



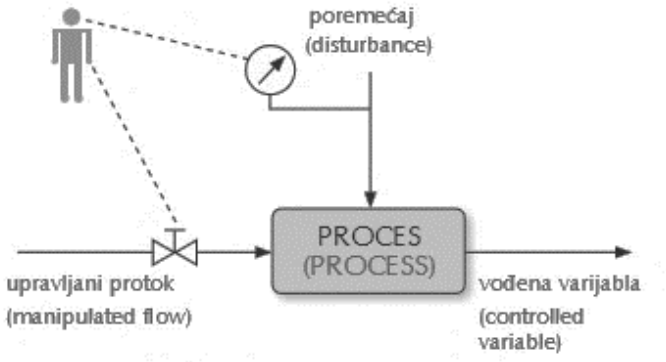
Sl. 2.5. Ručno vođenje

Vođenje povratnom vezom (engl. feedback control) je temeljni način automatskog vođenja procesa. Zamisao je prikazana na slici (Sl.2.6.). Osjetila ili mjerni instrumenti kontinuirano mjere vrijednosti vođenih varijabli. Te vrijednosti se prenose do jedinice za vođenje (regulatora) koja djeluje povratnom vezom – automatski uspoređuje željene i izmjerene vrijednosti vođene varijable. Na temelju njihove razlike regulator računa iznos izlaz regulatora koji predstavlja potrebnu vrijednost upravljane varijable. Signali se prenose do izvršnih elemenata (obično regulacijski ventil) koji podešavaju ulaze procesa.



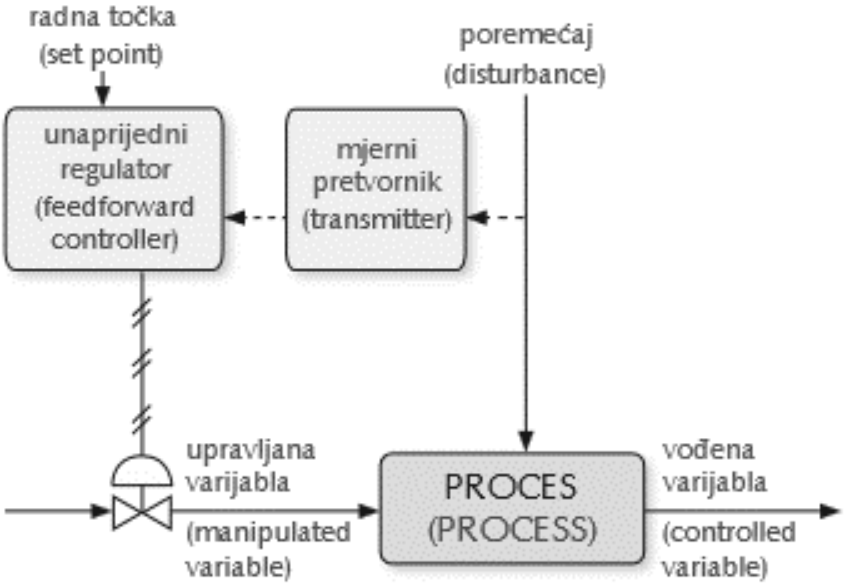
Sl.2.6. Vođenje povratnom vezom

Vođenje na načelu unaprijedne veze (engl. feedforward control) konceptualno se razlikuje od vođenja na načelu povratne veze. Ručna provedba ovakvog vođenja prikazana je na slici (Sl. 2.7.). Operator prati ulazni poremećaj (engl. disturbance) ili teret (engl. load) u procesu putem indikatora i na temelju te informacije namješta upravljanu varijablu tako da spriječi veću promjenu ili varijaciju vođene varijable.



Sl. 2.7. Ručno unaprijedno vođenje

Slika (Sl. 2.8.) prikazuje zamisao automatskog vođenja unaprijednom vezom (engl. automatic feedforward control). Na slici su prikazani, poremećaj koji djeluje na proces i osjetilo koje mjeri taj poremećaj. Na temelju izmjerene vrijednosti poremećaja, regulator djeluje na unaprijednom načelu računajući potrebnu vrijednost upravljane varijable. Unaprijedni regulator računa vrijednost upravljane varijable potrebne da kompenzira poremećaje. Ako postoji dobar matematički model, unaprijedni regulator može automatski izračunati promjenu upravljane varijable potrebne da se poremećaji kompenziraju. Prema tome, za unaprijedno vođenje potrebno je inženjersko znanje o procesu i određene tehničke vještine. U praksi se unaprijedno vođenje, u pravilu, primjenjuje zajedno s vođenjem povratnom vezom (engl. feedforward-feedback control). Povratnom vezom se kompenzira nesavršenost modela za unaprijedno djelovanje. Još jedno područje na koje valja upozoriti su objekti u gibanju ili pokretni objekti (engl. moving objects), koji predstavljaju posebnu grupu vezanu uz svrhovito gibanje cijelog objekta ili samo jednog njegova dijela. Karakteristični primjeri su gibanje alata u alatnim strojevima, gibanje hvataljke industrijskog manipulatora, gibanje broda, automobila ili zrakoplova, odnosno područje robotike. Kod vođenja objekta u gibanju vodi se baš taj dio koji se giba ili, ako se giba cijeli objekt, onda se vodi on sam. Pojam vezan uz vođenje objekata u gibanju je i navođenje (engl. guide), na primjer navođeni projektil (engl. guided missile). Kod vođenja objekata u gibanju pomoću povratne veze uobičajeno je da se takav regulacijski sustav naziva servosustav (engl. servo system).



Sl. 2.8. Vođenje unaprijednom vezom

2.1.4. INFORMACIJSKI SUSTAV

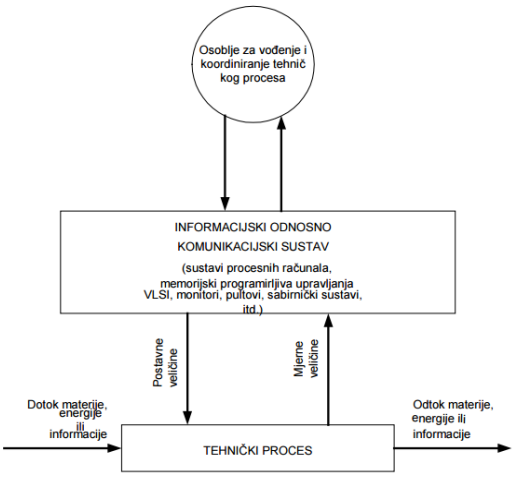
U takozvanoj "konvencionalnoj" tehnici (neprogramirljivoj tehnici) primjenjivali su se zasebni uređaji za mjerenje, upravljanje i regulaciju što je doprinijelo i nastajanju samostalnih stručnih disciplina: mjerne tehnike, upravljačke tehnike i regulacijske tehnike. Često se u praksi susreće i naziv MUR (Mjerni, Upravljački i Regulacijski uređaji). Primjenom procesnih računala i mikroelektroničkih komponenata visokog stupnja integracije navedene tri tehničke discipline postaju integralni dio novog stručnog područja koje se naziva automatizacija procesa, ili vođenje procesa ili informatizacija procesa, što su sinonimi.

Kod automatizacije procesa, odnosno vođenja procesa, odnosno informatizacije procesa, radi se o međudjelovanju slijedećih faktora:

- Osoblja koje prati procesna događanja preko odgovarajućih prikaznih medija (npr. monitora) i koje vodi proces (upravlja procesom). Ako se radi o automatiziranom procesu, uloga je osoblja da intervenira samo u iznimnim situacijama (npr. u nuždi ili pri nenormalnim režimima rada);

- Sustava za prikupljanje, obradu i prikaz informacija te za tvorbu upravljačkih djelovanja na proces. Uz ovaj sustav često se koristi i odgovarajući komunikacijski sustav;

- Tehničkog procesa s odgovarajućim mjernim članovima (osjetilima) i postavnim članovima.



Sl. 2.8. Međudjelovanje osoblja, informacijskog odnosno komunikacijskog sustava i tehničkog procesa

Sustav prikazan na slici (Sl.2.8). može se promatrati s različitih aspekata, a povezano s tim i različito nazivati:

- Ako je cilj da se događanja u tehničkom procesu što više automatiziraju pomoću odgovarajućih uređaja za obradu informacija, onda čovjeku ostaje manje operativnih aktivnosti, (npr. zadavanje željenih vrijednosti temperatura prostorije u slučaju sustava za zagrijavanje), onda se sustav na slici (Sl. 2.8.) naziva sustavom za automatizaciju procesa.

- Ako je uloga čovjeka da, osim operativnih aktivnosti, vodi tijek tehničkog procesa (dakle, značajno utječe na odvijanje tehničkog procesa), onda se sustav prikazan na slici (Sl. 2.8.) naziva sustavom za vođenje procesa (ovdje se "vođenje“ shvaća kao sveobuhvatniji pojam od "upravljanje" i "regulacija").

- Sa stajališta informatike ovdje se radi o specijalnoj vrsti obrade podataka (informacija), čija se posebnost ogleda u tome da se ne rješavaju komercijalni ili tehničko-znanstveni problemi, nego problemi povezani s vođenjem tehničkih procesa. Stoga se sustav prikazan na slici (Sl. 2.8.) u ovom slučaju naziva sustavom za informatizaciju procesa.

Važan aspekt pri uvođenju sustava za automatizaciju procesa (sprava, strojeva i postrojenja) jest cijena sustava. Zbog toga se treba pri projektiranju sustava detaljno analizirati koja zbivanja u tehničkom procesu nije smisleno automatizirati. Ovo ima za posljedicu da se od slučaja do slučaja razlikuje opseg događanja koja su uključena u automatizaciju, što se kvantificira stupnjem automatizacije. Stupanj automatizacije 0% odgovara potpuno neautomatiziranom procesu. Potpuno automatizirani proces ima stupanj automatizacije 100%. U potpuno automatiziranom procesu osoblju je u pravilu prepušteno zadavanje referentnih vrijednosti te intervencije u iznimnim situacijama.

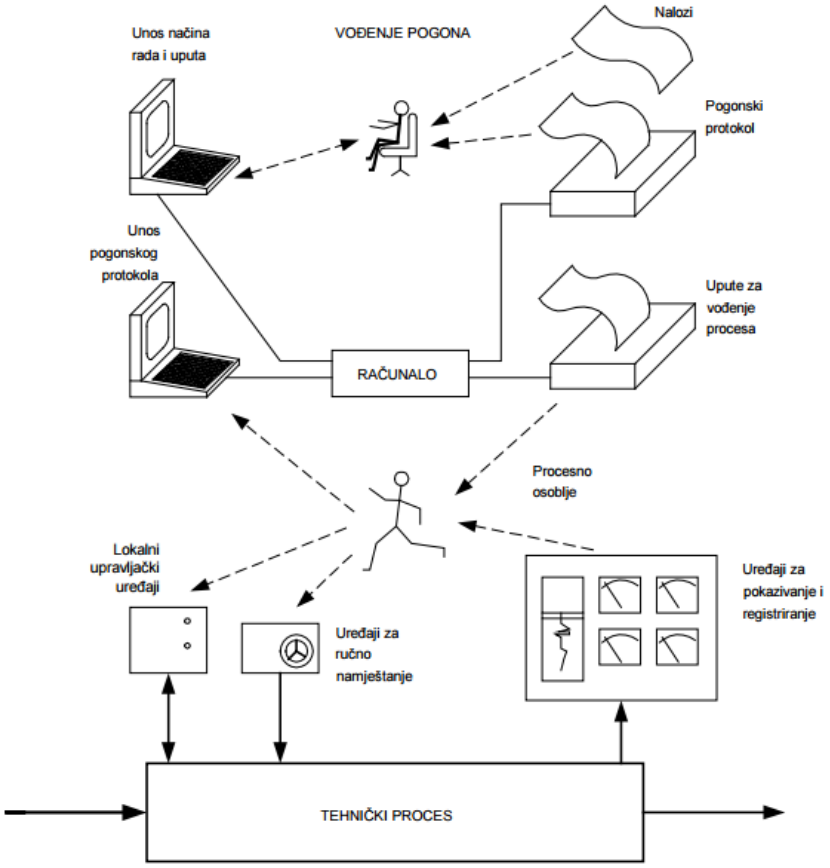
S obzirom na stupanj automatizacije razlikuju se slijedeći načini primjene računala:

- Off-line rad s vrlo malim stupnjem automatizacije.

- On-line rad u otvorenoj petlji sa srednjim stupnjem automatizacije.

- On-line rad u zatvorenoj petlji s visokim stupnjem automatizacije

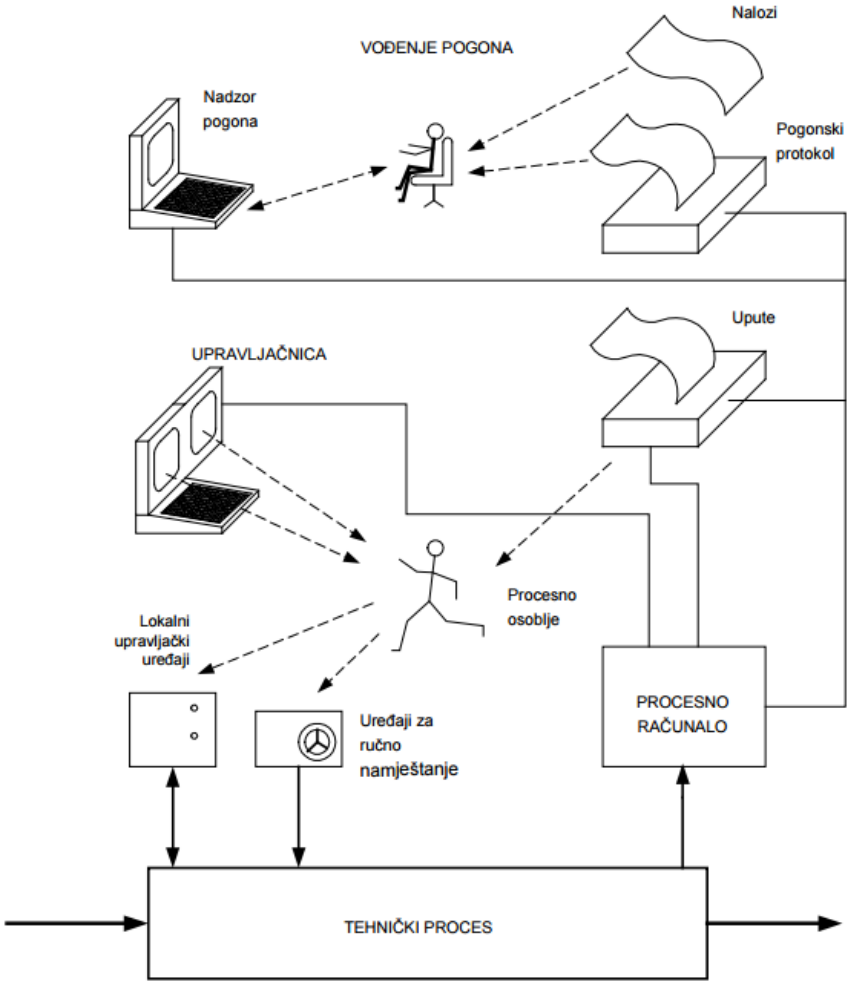
Najjednostavniji način primjene računala na slici (Sl. 2.9.) ne povećava stupanj automatizacije s obzirom da je vođenje procesa isključivo prepušteno procesnom osoblju. Računalo (ovdje se ne radi o procesnom računalu) jedino obavlja određene proračune i obrade. Unos podataka u računalo obavlja se preko terminala ili pomoću uobičajenih nositelja podataka. Izlazni podaci dobivaju se na pisaču ili na uobičajenim nositeljima podataka.



Sl. 2.9. Off-line primjena računala

U On-line radu procesnog računala u otvorenoj petlji, procesno računalo je neposredno povezano s procesom preko odgovarajućih vodova (Sl. 2.10.). Informacije o procesnim događanjima prenose se u računalo u stvarnom vremenu, pa se ovakav način rada naziva radom u stvarnom vremenu. Na temelju rezultata obrade procesnih veličina procesno osoblje poduzima odgovarajuće upravljačke akcije. Evidentno je da na ovom stupnju automatizacije procesa pogonsko osoblje ima veliku odgovornost i neposredno je odgovorno za pogonsku sigurnost. Istovremeno je, međutim, izbjegnut rizik opasnih pogonskih stanja koja bi mogla biti prouzročena eventualnim smetnjama u računalu. To je i razlog zašto se u mnogim tehničkim procesima afirmirao on-line rad procesnog

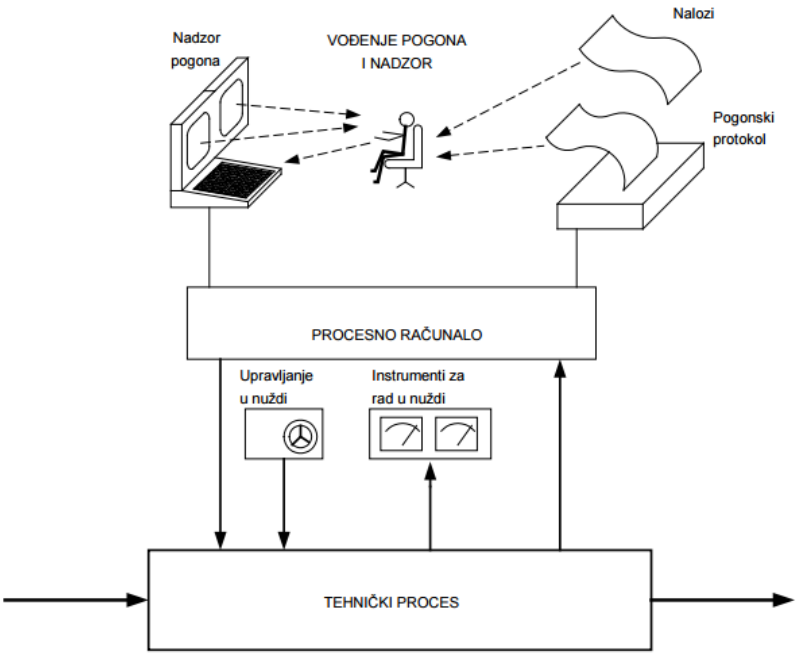
računala u otvorenoj petlji. Pri tome svakako valja računati na iskustvo procesnog osoblja, odnosno na "iskustveno znanje". Bez sumnje je da su veoma perspektivni "na znanju zasnovani sustavi" (engl. knowledge based systems) u kojima će biti pohranjena "iskustvena znanja" i na temelju kojih će se značajno moći unaprijediti stupanj automatizacije i u složenim tehničkim procesima.



Sl. 2.10. On-line rad procesnog računala u otvorenoj petlji

U on-line radu procesnog računala u zatvorenoj petlji, procesno računalo proračunava upravljačka djelovanja i neposredno djeluje na proces (Sl.2.11.). Ovakav način rada postavlja visoke zahtjeve na procesno računalo s obzirom na rad u stvarnom vremenu. S obzirom da procesno računalo radi u zatvorenoj petlji, ono treba obavljati i funkcije vezane za procesnu sigurnost, o čemu treba voditi

posebnu brigu u tzv. sigurnosno-kritičnim tehničkim procesima. Primjeri takvih procesa su: nuklearne elektrane, letjelice, željeznički promet.



Sl. 2.11. On-line rad procesnog računala u zatvorenoj petlji

2.2. OSJETILA I MJERNI PRETVORNICI

Osjetilo je tehnički element koji neposredno osjeća promjene u procesu i na svom izlazu daje odziv koji je analogan ulaznoj fizikalnoj veličini.

Mjerni pretvornik je tehnički element koji izlaznu veličinu osjetila pretvara u analognu fizikalnu veličinu prikladnu za prijenos ili dovod na pokazivalo. Energija što je daje mjerni pretvornik obično je mehanička ili električna, iskazana kao standardizirani signal (0.2 - 1 bar ili 4 – 20 mA).

Karakteristike su senzora:

1. mjerena veličina,
2. mjerni opseg (raspon mjerene veličine unutar kojeg senzor ostvaruje deklarirana svojstva),
3. točnost (određuje mjerna svojstva senzora u odnosu na stvarnu vrijednost mjerene veličine),
4. brzina odziva (kašnjenje izmjerene vrijednosti za mjerenom veličinom),

5. linearnost (odnos između mjerene veličine i izmjerene vrijednosti za čitav mjerni opseg),
6. vrsta izlaza (analogni ili digitalni),
7. temperaturni opseg (temperaturni opseg unutar kojeg senzor ostvaruje deklarirana svojstva).

Vrijednost fizičke veličine nije moguće odrediti senzorom bez pojave greške. Na točnost senzora utječu:

1. Statička pogreška je odstupanje izmjerene vrijednosti od stvarne vrijednosti mjerene veličine. Izražava se u postotku punog mjernog opsega senzora. Mjerena veličina treba biti konstantna.
2. Dinamička pogreška nastaje uslijed vremenske promjene mjerene veličine, tako da izmjerena vrijednost kasni za stvarnom vrijednosti mjerene veličine.
3. Ponovljivost je izražena preko statističkog odstupanja izmjerene vrijednosti od stvarne vrijednosti mjerene veličine. Kod senzora koji ima dobru ponovljivost moguće je kompenzirati statičku pogrešku.
4. Mrtvo vrijeme predstavlja vremenski interval između promjene mjerene veličine do promjene izmjerene vrijednosti.
5. Mrtva zona definirana je kao najveća promjena mjerene veličine koja neće izazvati promjenu izmjerene vrijednosti.

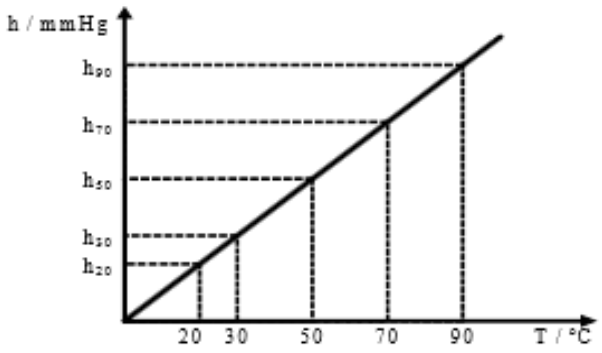
Brzina odziva senzora ovisi o nizu utjecaja. Na primjer, na brzinu odziva termopara utječu:

- toplinski otpor - ovisi o prirodi medija čija temperatura se mjeri (vrsta tekućine ili plina) i brzini protoka,
- toplinski kapacitet senzora. Toplinski kapacitet i vodljivosti dijelova izvan medija kojem se mjeri temperatura,
- kašnjenje u prijenosu, tj. vrijeme od promjene temperature na mjernoj točki termopara do promjene izmjerene vrijednosti.

2.2.1. STATIČKE KARAKTERISTIKE MJERNIH PRETVORNIKA

Statičke karakteristike su one koje se ne mijenjaju s vremenom. Dobiju se izvođenjem statičke analize tako da se pobudi određena promjena vrijednosti ulazne veličine, a kad se sustav ustali određuje se nastala promjena izlazne veličine. Primjer za određivanje statičke karakteristike možemo vidjeti na primjeru živinog staklenog termometra.

Termometar se drži na temperaturi okoline (20 °C), a zatim se uranja u četiri kupke u kojima se održava određena temperatura (30 °C, 50 °C, 70 °C i 90 °C). Pri svakoj ovoj temperaturi stupac žive u kapilari termometra se ustali na nekoj vrijednosti (h30, h50, h70, i h90). Zavisnost stupca žive, h, o temperaturi predstavlja statičku karakteristiku živinog staklenog termometra. Na slici (Sl 2.12.) prikazana je statička karakteristika živinog staklenog termometra.



Sl. 2.12. Statička karakteristika živinog staklenog termometra

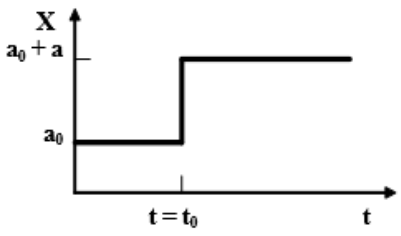
2.2.2. DINAMIČKE KARAKTERISTIKE MJERNIH PRETVORNIKA

Dinamičke karakteristike se dobiju kao rezultat dinamičke analize, pri čemu se ispituju vremenske promjene izlaznih veličina prema vremenskim promjenama ulaznih veličina.

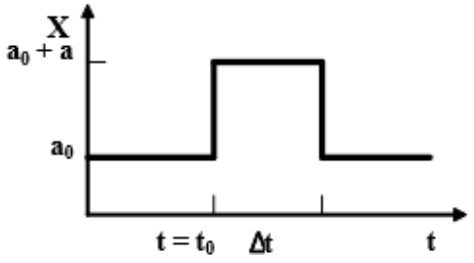
Pri dinamičkoj analizi izvode se različite pobude. Primjenjuju se tri osnovne vrste pobuda (promjena): prijelazne i periodične koje spadaju u determinirane, te slučajne ili stohastičke.

Prijelazne pobude su:

a) skokomične - ulazna vrijednost mijenja vrijednost skokomice, trenutačno. (Sl.2.13.)



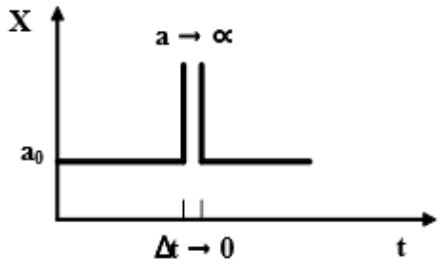
Sl. 2.13. Skokomična pobuda



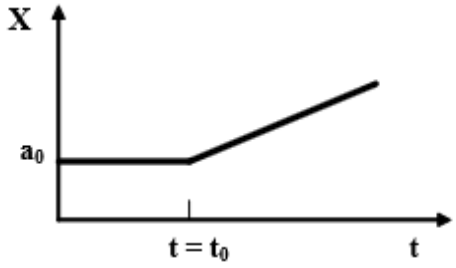
Sl. 2.14. Impulsna pobuda

b) impulsna - ulazna veličina mijenja vrijednost skokomice, kratkotrajno zadržava tu vrijednost, te opet skokomice poprima početnu vrijednost. To su zapravo dvije uzastopne vremenski pomaknute skokomične pobude istih iznosa, a suprotnih djelovanja. (Sl.2.14.)

c) δ pobuda (Dirack-ova pobuda) - ulazna veličina poprima za trenutak beskonačno veliku vrijednost. (Sl.2.15.)



Sl. 2.15. δ pobuda

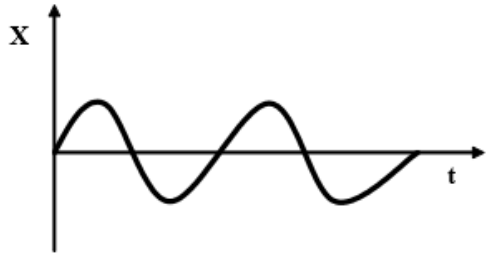


Sl. 2.16. Linearna ulazna pobuda

d) uzlazna (linearna) - ulazna veličina mijenja vrijednost postupno.(Sl.2.16.)

Periodične pobude se koriste pri određivanju dinamičkog vladanja u okolišu danog ustaljenog stanja, a mogu biti:

a) sinusne - ulazna veličina mijenja vrijednost u skladu sa sinusnom funkcijom.(Sl.2.17.)

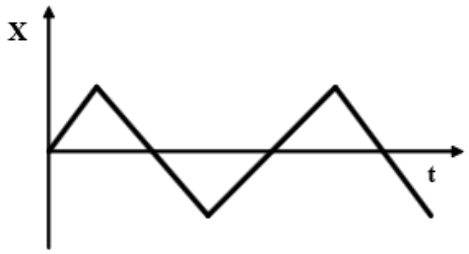


Sl. 2.17. Sinusna pobuda

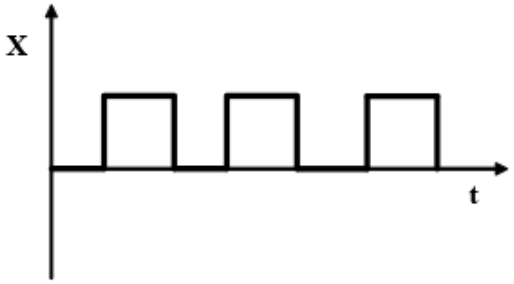
Sl. 2.18. Pilasta pobuda

b) pilasta - ulazna veličina mijenja vrijednost jednolikom brzinom, dostiže danu vrijednost, te trenutačno pada na početnu vrijednost, ponovno mijenja vrijednost jednolikom brzinom, itd..(Sl.2.18.)

c) trokutasta - vrijednost ulazne veličine raste jednolikom brzinom, dostiže danu najveću vrijednost, te pada istom jednolikom brzinom, dostiže danu najnižu vrijednost, ponovno raste itd..(Sl.2.19.)



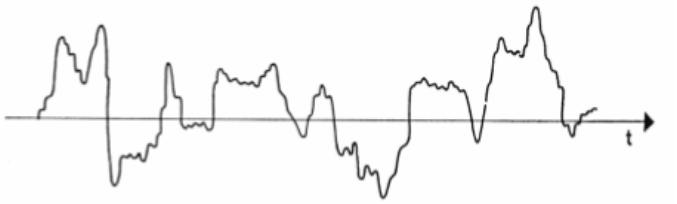
Sl. 2.19. Trokutasta pobuda



Sl. 2.20. Pravokutna pobuda

d) pravokutna - ulaznu veličinu čini slijed impulsnih pobuda. (Sl.2.20.)

Slučajne pobude predstavljaju takve promjene ulaznih veličina, kojima se ni u jednom trenutku vremena ne može predvidjeti način niti vrijednost promjene.



Sl. 2.21. Slučajna pobuda

3. METODE MJERENJA RAZINE ZA TEKUĆINE I SIPINE

Razina se definira kao visina stupca kapljevine (ili sipkog materijala) u nekom spremniku, reaktoru ili nekoj drugoj procesnoj jedinici. Uobičajena oznaka za razinu je h i izražava se u metrima, h (m). Mjerenje razine kapljevina i krutina u spremnicima i posudama služi u osnovi kao mjera njihova volumena ili mase. Različite karakteristike tvari te različite posude i uvjeti u kojima se te tvari nalaze u ovim posudama čine katkada zadatak mjerenja razine vrlo složenim.

Mjerenje razine sastavni je dio procesne kontrole i može se koristiti u mnogim industrijskim granama. Mjerenje razine može se podijeliti u dvije kategorije: točkasto mjerenje razine (signalizacija) – digitalno mjerenje i kontinuirano mjerenje razine – analogno mjerenje. Točkasto mjerenje razine koristi se za označavanje pojedine diskretne visine tekućine, unaprijed određene razine stanja. Općenito, ova vrsta senzora se koristi kako bi se signaliziralo postojanje podešenog visokog stanja ili za signaliziranje podešenog minimalnog stanja razine. Složeniji senzori za kontinuirano mjerenje razine mogu pružiti potpuni nadzor i upravljanje sa stanjem razine u nekom rezervoaru ili prostoru. Kontinuirani senzor razine, kao što to ime govori, mjeri razinu tekućine u rasponu mjerenja, a ne na određenoj, jednoj točki. Kontinuirani senzor razine pruža analogni izlaz koji izravno korelira s razinom medija koji se nalazi unutar posude. Taj analogni signal iz senzora može biti izravno povezan s vizualnim pokazivačem ili s petljom za kontrolu procesa, stvarajući sustav upravljanja razinom određenog medija.

3.1. METODE MJERENJA RAZINE

Dva glavna načina mjerenja razine su:

1. Kontinuirano mjerenje razine (analogno mjerenje AI),
2. Točkasto mjerenje razine ili signalizacija (digitalno mjerenje DI) .

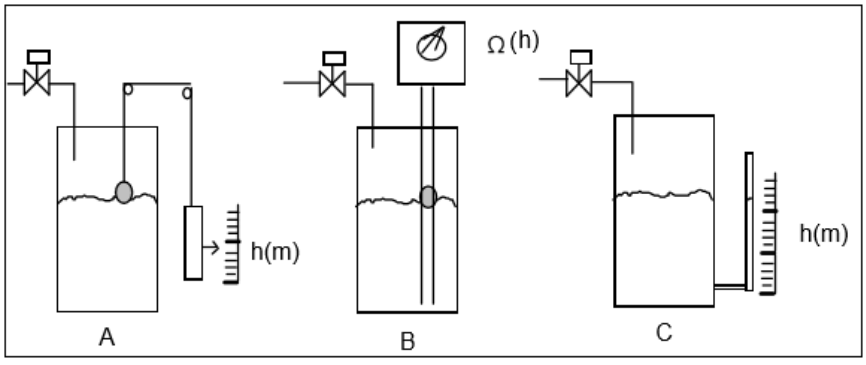
Najčešće korištene izvedbe mjernih pretvornika za mjerenje razine su:

1. MEHANIČKI PRETVORNICI RAZINE,
2. TLAČNA MJERILA RAZINE,
3. KAPACITIVNO MJERILO RAZINE,
4. MJERENJE RAZINE RASTEZNIM OSJETILOM (VAGA ZA MJERENJE RAZINE),

5. ULTRAZVUČNA MJERILA RAZINE,
6. MJERILO RAZINE S PROPUHIVANJEM CIJEVI,
7. ELEKTROMEHANIČKA MJERILA RAZINE.
8. VIBRACIJSKA MJERILA RAZINE.
9. KONDUKTIVNA MJERILA RAZINE.
10. MIKROVALNA MJERILA RAZINE.
11. RADARSKA MJERILA RAZINE.
12. RADIJACIJSKA MJERILA RAZINE.

3.1.1. MEHANIČKI PRETVORNICI RAZINE

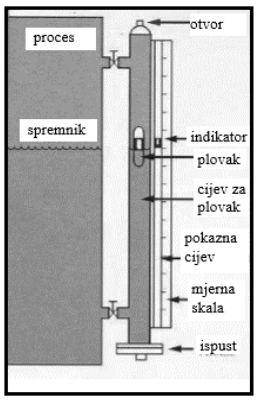
Mehanički pretvornici razine imaju različite izvedbe kod kojih se uz pomoć pomaka šuplje kugle u obliku plovka dobiva mjerni signal. Jednostavan primjer takvog uređaja prikazan je na slici (Sl-3.1.(A)). Plovak je povezan preko kolotura s protuutegom čiji položaj se može očitati na skali. Položaj protuutega može se pretvoriti u električni signal ako se mehanički poveže s kliznikom potenciometra. Pad napona na takvom potenciometru je proporcionalan pomaku, odnosno razini kapljevine u posudi.



Sl. 3.1. Shematski prikaz načela mehaničkih pretvornika razine (A), elektromehaničkog (B) i " pokazne cijevi" (C).

Umjesto prijenosa pomaka plovka na vanjski potenciometar, mogu se upotrijebiti uronjene otporne žice po kojima klizi plovak. U ovom slučaju je plovak ujedno i kliznik potenciometra (B).

Otporne žice su priključene na otpornički mjerni most, tako da se dobije otpor Ω(h) ili napon V(h) kao mjerni signal.



Sl. 3.2. Mjerni uređaj za mjerenje razine s pokaznom cijevi.

Isto tako jednostavan način mjerenja razine je upotreba "pokazne cijevi", (Sl. 3.2.). Pokazna cijev i spremnik su spojene posude i razina u cijevi slijedi razinu kapljevine u spremniku.

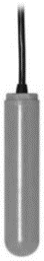
MJERILO RAZINE S PLOVKOM

Princip rada:

Podizanjem plovka zbog uzgona uključuje se kontakt.

Izvedba:

Kontakt s metalnom kuglicom



Sl. 3.3. Detektor razine s plovkom

Sl. 3.4. Izvedbe detektora razine s plovkom

MJERILO RAZINE S LOPATICOM

Princip rada:

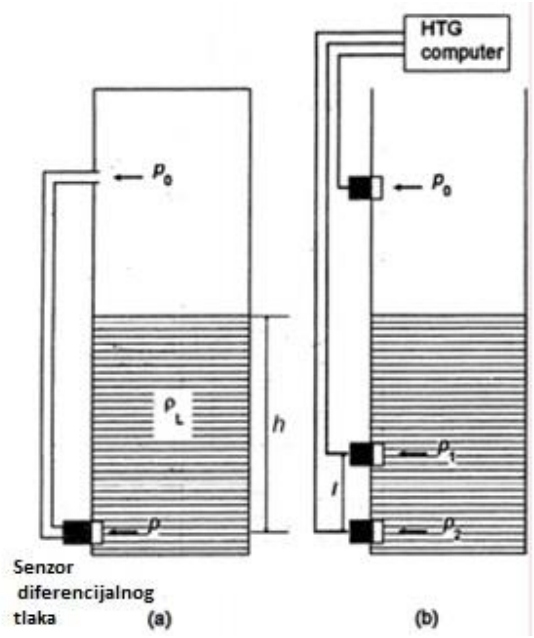
Motor rotira lopaticu sve dok je krutina ne zaustavi – tada se generira signal.

Izvedba:

Sl. 3.5. Detektori razine s lopaticom Sl. 3.6. Izvedba detektora razine s lopaticom

3.1.2. TLAČNA MJERILA RAZINE

Povezanost hidrostatskog tlaka i razine se koristi za tlačna mjerila. Jednostavan način mjerenja je ugradnja dva manometra pri dnu i na vrhu spremnika.



Sl. 3.7. Načela tlačnih postupaka mjerenja razine.

Postoje slijedeće izvedbe tlačnih mjerila razine:

(a) Mjerenje razine kod zatvorenih spremnika.

(b) Mjerenje razine kod otvorenih spremnika.

(c) Mjerenje razine pomoću mjehurića zraka (Bublers).

(a) Mjerenje razine kod zatvorenih spremnika

Hidrostatski tlak u zatvorenom spremniku iznosi: $p = p_0 + g\,\dot{\rho}_L\,h$ (1.-3.1.2.)

h = visina stupca tekućine u rezervoaru

$\dot{\rho}_L$ = gustoća tekućine

p_0 = atmosferski tlak

Razina je izravno proporcionalna hidrostatskom tlaku pri čemu je potrebno poznavati gustoću tekućine: $h = p / (\dot{\rho} g)$. (2.-3.1.2.)

Sl.3.8. Mjerenje razine zatvorenog spremnika

Sl.3.9. Izvedbe hidrostatskih mjerila razine

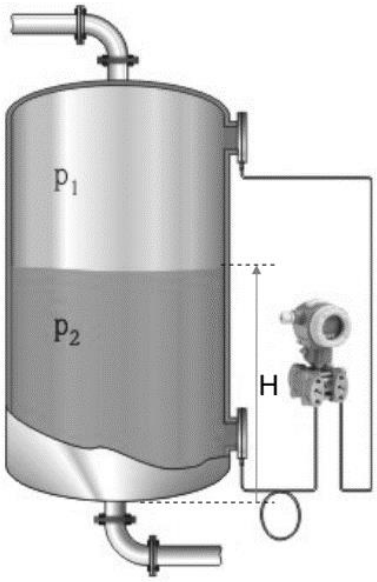
(b) Mjerenje razine kod otvorenih spremnika.

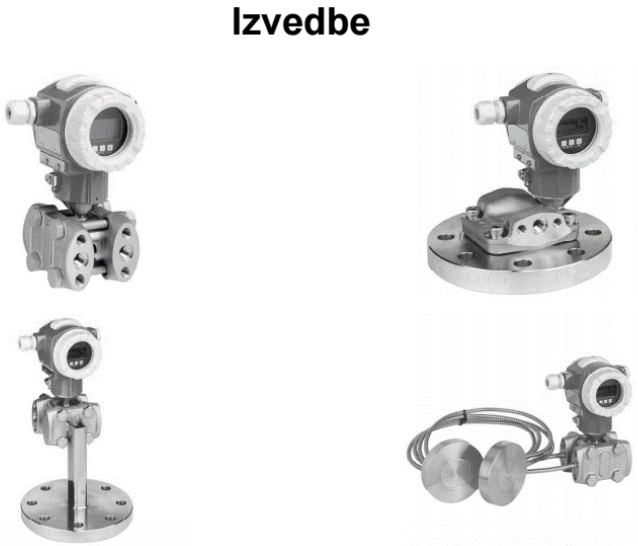
Kod otvorenog spremnika mjeri se diferencijalni tlak unutar tekućine radi kompenzacije varijacije gustoće tekućine (engl. HTG = hydrostatic tank gaging).

Manometar pri dnu pokazuje tlak p_2 koji je jednak zbroju hidrostatskog tlaka i tlaka iznad kapljevine $p_2 = \rho g h + p_1$. Razlika dvaju tlakova omogućuje određivanje razine

$$H = \frac{\Delta p}{\rho g} = \frac{(p_2 + p_1) - p_1}{\rho g} = \frac{p_2}{\rho g} \qquad (3.\text{-}3.1.2.)$$

Promjena sastava kapljevine ili temperatura, mogu utjecati na varijacije gustoće tako da je za precizno mjerenje razine potrebno točno poznavati gustoću sredstva.

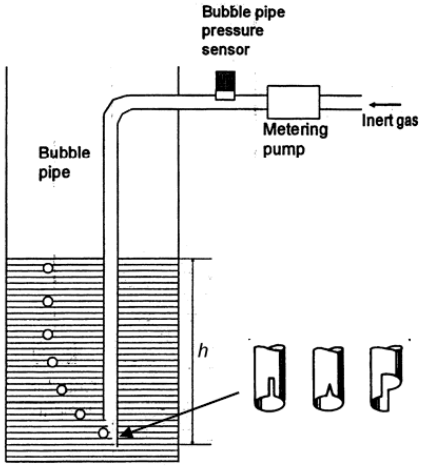




Sl.3.10. Mjerenje razine otvorenog spremnika Sl.3.11. Izvedbe hidrostatskih mjerila razine

(c) Mjerenje razine pomoću mjehurića zraka (engl. Bublers)

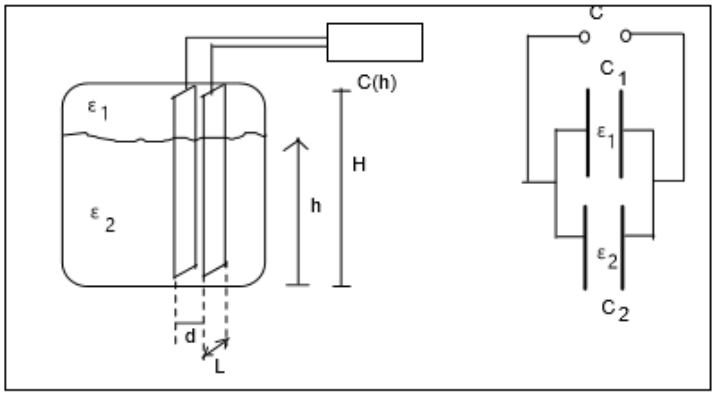
Drugi način tlačnog mjerenja razine kod otvorenog spremnika zasniva se na mjerenju tlaka zraka u kapilari. Pomoću regulatora tlaka zraka u kapilari postepeno se otvara ventil i povećava tlak. U početku kada je tlak u kapilari manji od hidrostatskog tlaka povećanje otvora ventila ima za posljedicu povećanje tlaka, sve dok se tlak u kapilari ne izjednači s hidrostatskim tlakom. Pri tom tlaku iz kapilare izlazi zrak u obliku mjehurića i daljnjim otvaranjem ventila se tlak više ne mijenja. Razina se izračunava iz hidrostatske formule. Ovaj način mjerenja razine se koristi kod otvorenih spremnika koji sadrže korozivne, ljepljive ili viskozne tekućine.



Sl.3.12. Tlačno osjetilo razine

3.1.3. KAPACITIVNA MJERILA RAZINE

Kapacitivno mjerenje razine zasniva se na razlici dielektrične konstante plina (zraka) iznad kapljevine i dielektrične konstante kapljevine. U posudi se nalaze uronjene dvije ravne ploče između kojih se nalazi kapljevina i plin iznad kapljevine. Između ploča se nalazi razlika električnog potencijala tako da ploče tvore ravni kondenzator. Ukupan kapacitet je zbroj kapaciteta C_1, kondenzatora za koji je dielektrik zrak i dijela C_2, za koji je dielektrik tekućina.



Sl.3.13. Shematski prikaz načela kapacitivnog mjerenja razine

Oba kondenzatora su spojena paralelno, tako da je ukupan kondenzator jednak zbroju kapaciteta

$$C = C_1 + C_2 \qquad (1.\text{-}3.1.3.)$$

Pojedini kapaciteti su:

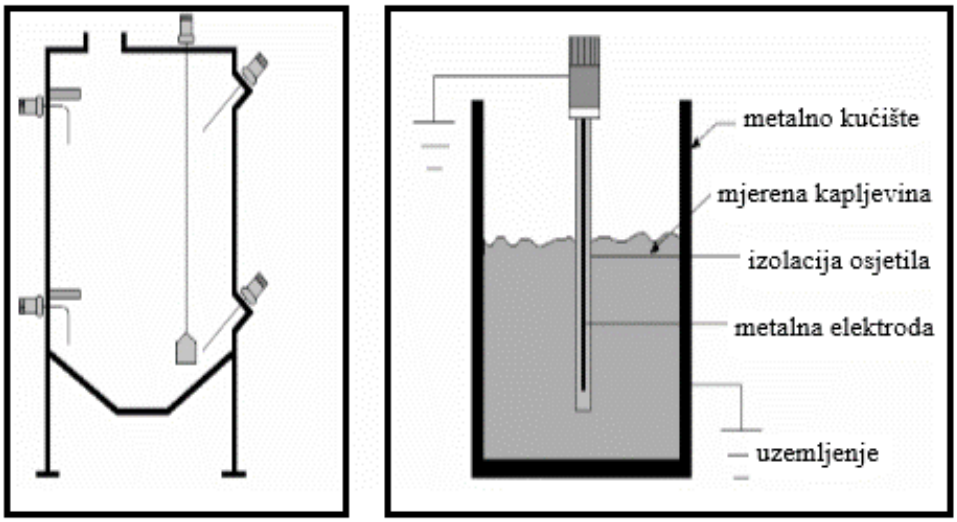
$$C_1 = \varepsilon_1 \cdot \frac{L \cdot (H - h)}{d} \qquad C_2 = \varepsilon_2 \cdot \frac{L \cdot h}{d} \qquad (2.\text{-}3.1.3.)$$

Ukupan kapacitet je:

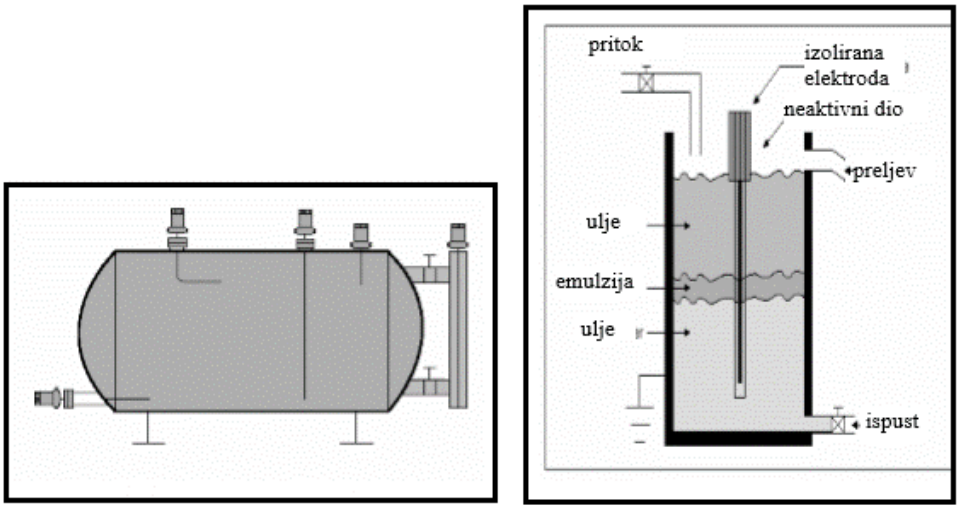
$$C = \varepsilon_1 \cdot \frac{L \cdot H}{d} + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \cdot \frac{L}{d} \cdot h \qquad (3.\text{-}3.1.3.)$$

Kapacitet C je proporcionalan razini h i koeficijent osjetljivosti je određen razlikom dielektričnih konstanti. Kondenzator se priključuje na kapacitivni mjerni most koji je napajan

izmjeničnom strujom i ispravljeni signal s dijagonale mosta se nakon pojačala koristi kao mjerni signal.



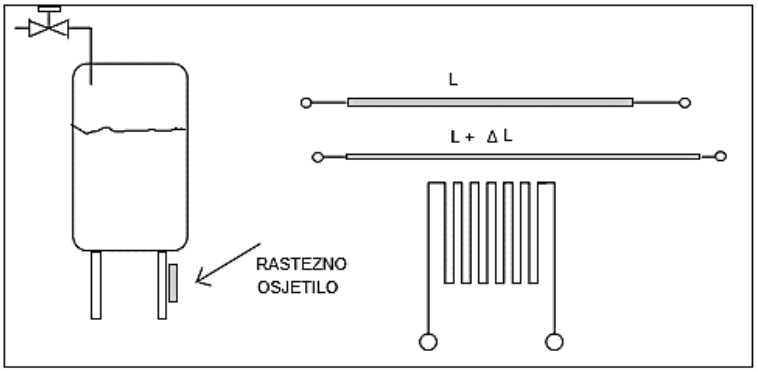
Sl. 3.14. Primjeri kapacitivnog mjerenja razine: A)signalizacija graničnih položaja, B) mjerenje razine vodljive kapljevine.



Sl. 3.15. Mjerenje razine: A) graničnih položaja u položenom spremniku, B) mjerenje položaja granične plohe dviju kapljevina koji se ne miješaju (ulje-voda).

3.1.4. MJERENJE RAZINE RASTEZNIM OSJETILOM

Jedan od suvremenih načina mjerenja razine je upotreba rasteznih osjetila. Takav način mjerenja razine se vrlo često koristi kod mjerenja razine u biokemijskim reaktorima. Rastezna osjetila su metalni ili poluvodički otpornici izvedeni u obliku dugih i tankih savitljivih niti (Sl.3.16.).

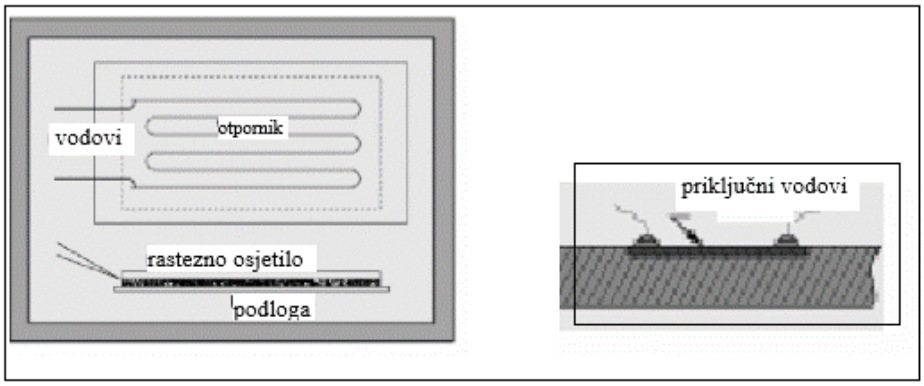


Sl. 3.16. Shematski prikaz načela mjerenja razine rasteznim osjetilom.

Takva osjetila su posebnim ljepilima zalijepljena na metalne podloge koje se deformiraju pod djelovanjem sile (na primjer pod težinom kapljevine). Deformacija podloge se direktno prenosi na deformaciju rastezne trake koja se pri tome izdužuje ili skraćuje. Zbog promjene dužine otpornika dolazi i do promjene njegovog električnog otpora. Otpor niti je proporcionalan električnom specifičnom otporu materijala ρ, dužini niti L, i obrnuto proporcionalan presjeku niti S.

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \qquad (1.\text{-}3.1.4.)$$

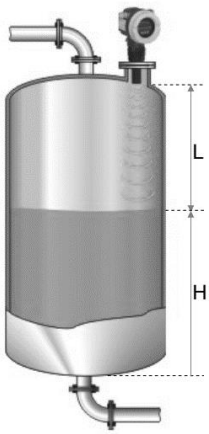
Rastezna osjetila se spajaju u otpornički mjerni most koji ujedno omogućava kompenzaciju temperaturne promjene otpora. Električni signal je pad napona u dijagonali mosta i nakon pojačanja pretvara se u naponski ili strujni signal za povezivanje s računalom. Tako dugo dok se radi o elastičnoj deformaciji mjerni signal je linearan u odnosu na razinu ili masu kapljevine. Baždarenje je vrlo jednostavno i pouzdano a mjerna metoda ima brzi vremenski odaziv, malu vremensku konstantu.



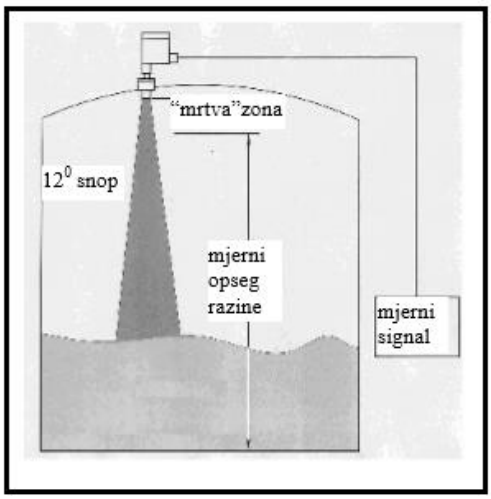
Sl. 3.17. Shematski prikaz rasteznih osjetila: A) metalni vodič, B) poluvodič

3.1.5. ULTRAZVUČNA MJERILA RAZINE

Primjena ultrazvuka omogućava beskontaktno mjerenje razine. Metoda se primjenjuje za mjerenje razine kapljevina i sipina. Mjerni signal je razlika u vremenu između impulsa emitiranog iz izvora ultrazvuka i signala koji se vraća u detektor nakon refleksije s površine sipine ili kapljevine.

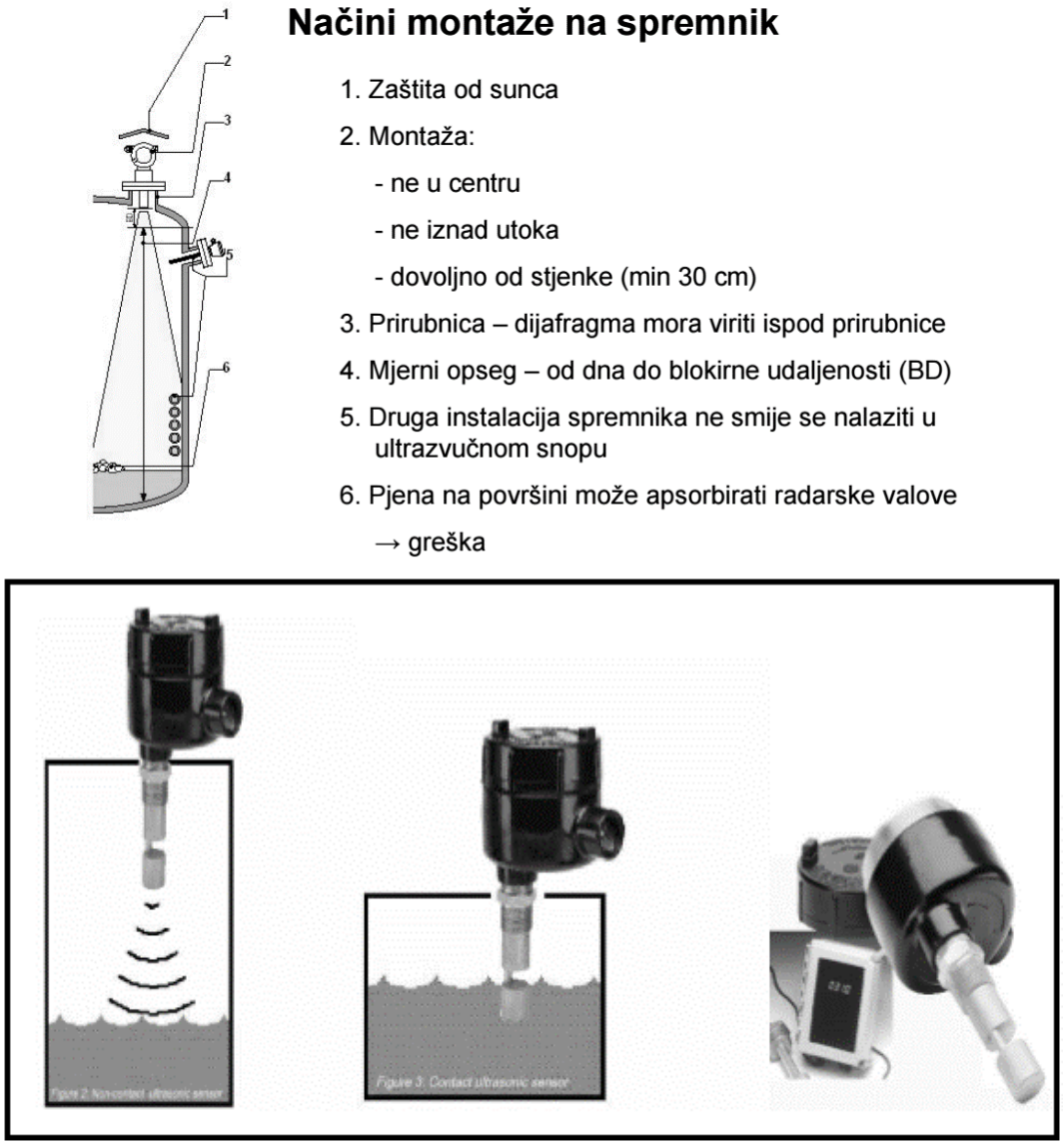


Uređaj odašilje ultrazvučne impulse koji se odbijaju od površine i vraćaju u uređaj. Vrijeme povratka reflektiranog impulsa je proporcionalno udaljenosti L od uređaja do površine . Ako je poznata geometrija spremnika može se izračunati razina H .



Sl. 3.18. Shematski prikaz prostiranja ultrazvučnog vala za mjerenje razine.

Na granici zraka i kapljevine ili sipkog materijala dolazi da refleksije ultrazvučnog vala. Instrumentom se precizno mjeri trenutak emitiranja impulsa ultrazvuka i zatim vrijeme kada se reflektirani impuls registrira u detektoru. Ultrazvučni val je usmjeren prema dnu posude pod točno određenim kutom tako da se iz razlike vremena Δt može jednostavno odrediti razina u spremniku. Metoda se odlikuje izuzetnim karakteristikama. Baždarna funkcija je linearna, jednostavna i pouzdana. Mjerni signal ne ovisi o uvjetima, kao što su tlak i temperatura, te promjene sastava materijala ne utječu na mjerenje. Instrument se povezuje on-line s računalom za nadzor i upravljanje procesa.



Sl. 3.19. Prikaz mogućih položaja ultrazvučnog mjerila razine.

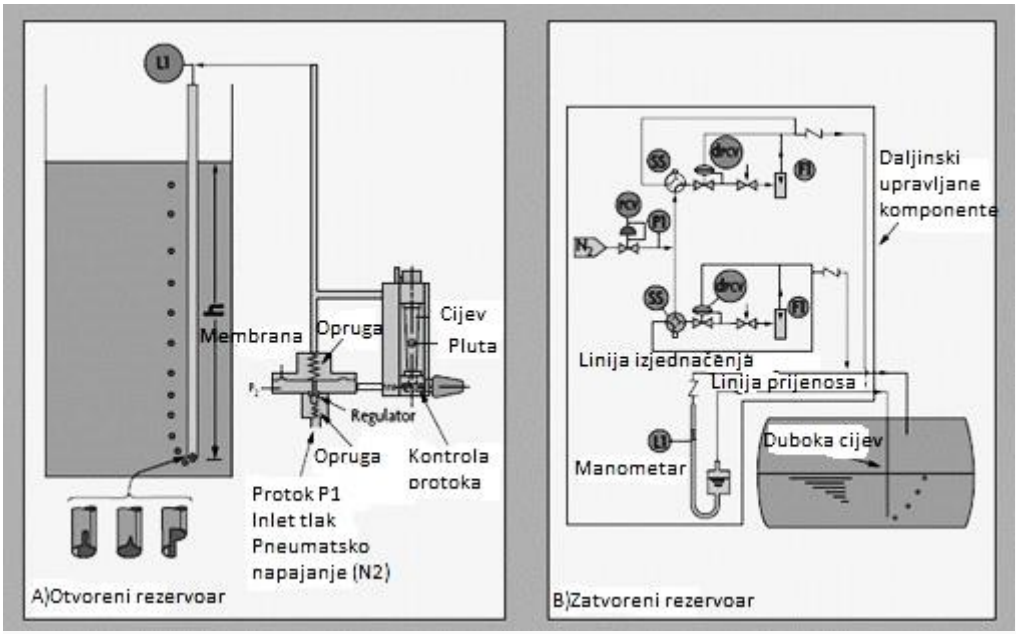
Sl. 3.20. Izvedbe ultrazvučnih mjerila razine

3.1.6. MJERENJE RAZINE S PROPUHIVANJEM CIJEVI

Propuhivanje cijevi osigurava jednostavan i jeftin, ali manje precizan (± 1-2%), sustav mjerenja razine za primjene kod korozivnih medija ili medija kašastog tipa. Za propuhivanje se koristi zrak ili inertni plin (obično dušik) koji se uvodi kroz uronjenu cijev (Slika 3.21.A). Protok plina reguliran je konstantnom brzinom (obično na oko 500 cc / min). Regulator diferencijalnog tlaka preko rotametra održava konstantan protok, dok se razina spremnika određuje povratnim tlakom. Kako se razina spušta, povratni tlak se proporcionalno smanjuje, a razina se očitava u postocima razine ili na manometru ili odašiljaču. Uronjena cijev mora imati relativno velik promjer (oko 50 mm), tako da je pad tlaka zanemariv. Završetak uronjene cijevi bi trebao biti smješten dovoljno daleko iznad dna bazena, tako da sedimenti ili mulj ne zatvore priključak cijevi. Također, njegov vrh mora biti zarezan s utorom što mora osigurati jednolik i kontinuirani protok malih mjehurića. Uronjena cijev u spremniku trebala bi biti na mjestu gdje je vanjska komora spojena na spremnik. U spremnicima pod tlakom za mjerenje razine je potrebno korištenje dva seta DIP cijevi (Slika 3.21.B). Dva povratna tlaka na dvije DIP-cijevi može biti spojeno na dvije strane manometra U-cijevi, strana diferencijalnog tlaka ili D / p stanica / odašiljač. Pneumatske cijevni ili cijevi u sustavu propuhivanja trebaju biti nagnuti prema rezervoaru tako da kondenzirane procesne pare ne slegnu nazad u spremnik ako je dovod tlaka smanjen.

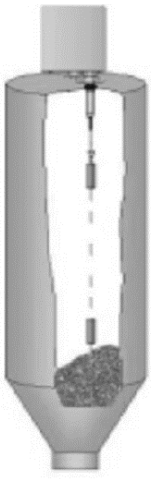
Opskrba zrakom treba biti čista, suha i dostupna na tlaku najmanje 10 jedinica većim od očekivanog maksimalnog ukupnog potrebnog tlaka (kad je spremnik pun i kada je tlak pare na svom maksimumu). Alternativa kontinuiranom propuhivanju je korištenje ručne pumpe (slično

pumpanju gume na bicikli) što pruža čisti zrak samo kada se očitava razina. Kod propuhivanja cijevi ne smiju se koristiti inertni plinovi koji se kasnije mogu akumulirati. Oni također zahtijevaju održavanje kako bi se osiguralo da je čisti plin uvijek na raspolaganju i da sustav treba dobro podesiti i kalibrirati.



Sl. 3.21. Mjerenje razine s propuhivanjem cijevi

3.1.7. ELEKTROMEHANIČKA MJERILA RAZINE



Princip mjerenja:

Na stropu spremnika je bubanj s mjernom trakom na kojoj visi uteg. Elektromotor s vagom spušta uteg dok ne dotakne (zaroni) u medij. Uz poznatu geometriju spremnika razina se izračunava iz duljine mjerne trake L.

Sl. 3.24. Elektromehanička mjerila razine

Sl. 3.25. Izvedbe elektromehaničkih mjerila razine

3.1.8. VIBRACIJSKA MJERILA RAZINE

Princip detekcije razine za tekućine:

Senzor je izveden u obliku rezonantne viljuške. Piezoelektrički aktuator pobuđuje viljušku koja titra na rezonantnoj frekvenciji. Kada zbog porasta razine viljuška uđe u tekućinu promjeni se frekvencija što registrira elektronički sklop.

Sl. 3.26. Vibracijski detektori razine

Princip detekcije razine za krutine:

Senzor je izveden u obliku rezonantnog štapa ili viljuške. .

Piezoelektrički aktuator pobuđuje viljušku koja titra na rezonantnoj frekvenciji. Kada zbog porasta razine viljuška uđe u medij promjeni se frekvencija što registrira elektronički sklop.

Sl. 3.27. Vibracijska mjerila razine

Sl. 3.28. Izvedbe vibracijskih mjerila razine

3.1.9. KONDUKTIVNA MJERILA RAZINE

Princip mjerenja:

Vodljivost između dvije elektrode se promijeni kada zbog porasta razine elektrode uđu u tekućinu. Kao jedna elektroda može poslužiti i metalna stijenka spremnika. Promjenu otpora registrira elektronički sklop.

Sl 3.29. Konduktivna mjerila razine

Sl. 3.30. Izvedbe konduktivnih mjerila razine

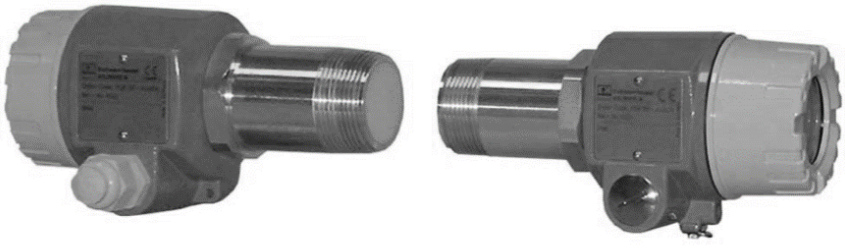
3.1.10. MIKROVALNA MJERILA RAZINE (BARIJERA)

Princip detekcije razine za krutine:

Predajnik odašilje snop mikrovalnih impulsa prema prijemniku. Kada razina krutine zapriječi prolaz impulsa, prijemnik generira signal.

Sl. 3.31. Mikrovalna barijera

Sl. 3.32. Princip rada mikrovalnog mjerila razine



Sl. 3. 33. Izvedbe mikrovalnog mjerila razine

3.1.11. **RADARSKA MJERILA RAZINE**

Mjerenja razina tekućina i rasutog tereta na brodovima vrlo često se izvodi radarskim uređajima. Radarsko mjerenje razina može omogućiti pouzdana mjerenja, ali zbog neodgovarajuće primjene, također može doći do komplikacija koje mogu znatno otežati primjenu na pojedinim objektima. Za pravilnu primjenu radarskog mjerenja razina neophodno je detaljno analizirati fizikalne pojave na kojima se temelji mjerenje. Takve analize korisne su stoga što omogućuju razumijevanje ograničenja u pogledu točnosti i pouzdanosti samog mjernog principa i elektroničkog sklopa.

MIKROVALNI RADARI

Mjerni sustav mikrovalnih radara sastoji se od odašiljača (transmitter), antene, staze kroz koju putuje val do reflektora (transmission path), te prijemnika (receiver). Važno je napomenuti da sustav mjeri vrijeme od trenutka odašiljanja s odašiljača do trenutka dolaska u prijemnik. Udaljenost antena – reflektor (transmission part) proračunava se na osnovu izmjerenog vremena proleta i poznate brzine rasprostiranja mikrovalnog snopa.

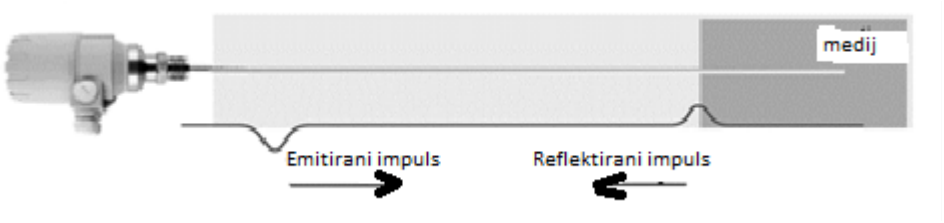
Mikrovalni radari se, prema principu rada, dijele na dva osnovna tipa:

1. FMCW radar – radar s frekventno moduliranim kontinuiranim signalom.
2. Guided radar - vođeni radar.

Sl. 3.34. FMCW radar

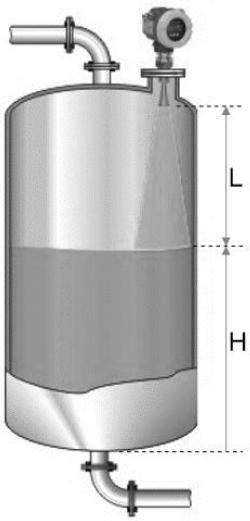
FMCW radari svoj rad temelje na proračunavanju vremena proleta odašiljač – reflektor – prijemnik. Vrijeme proleta proračunava se mjerenjem razlike frekvencija internog moduliranog oscilatora i reflektiranog signala. Odašiljač odašilje frekventno modulirani signal od 9 GHz do 10 GHz. Vrijeme i brzina modulacije su poznati. Frekventno modulirani signal prelazi stazu dužine **a** od antene do reflektora, i stazu dužine **a** od reflektora do antene. Frekventno modulirani signal koji je prešao stazu **2a** i vratio se u antenu ima nižu frekvenciju od trenutne frekvencije odašiljača. Poznavajući brzinu porasta frekvencije odašiljača i mjereći razliku frekvencija odašiljača i reflektiranog signala biti će moguće izračunati vrijeme prolaza kroz stazu **2a**. Poznavajući brzinu

prostiranja mikrovalova kroz stazu **a** bit će moguće proračunati duljinu staze **a**. Razlika frekvencija mjeri se tako da se signal oscilatora odašiljača i reflektirani signal miješaju i na takvom se signalu obavlja FFT.



Sl. 3.35. Vođeni radar

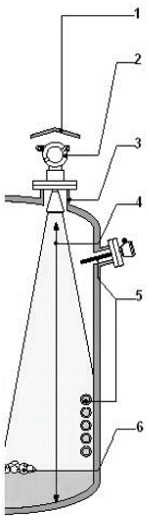
Za razliku od FMCW radara koji odašilje mikrovalno polje u obliku stošca, vođeni radar ima šipku ili sajlu ili dvije sajle ili koaksijalni kabel i njegovo mikrovalno polje neće biti šireno u prostoru nego će biti u blizini produžetka. Takvim principom rada, vođeni radar moći će pouzdano raditi i u uskim i malim rezervoarima. Princip rada je slijedeći: Vođeni radar odašilje sinkronizirane impulse u trajanju oko 1ns i taktu oko 300 ns. Signal vala reflektiranog s površine semplira se kao u visokofrekventnim osciloskopima i na taj način je moguće ostvariti točnost mjerenja od +/- 5 mm.



Uređaj odašilje radarske impulse od površine i vraća ju u uređaj. Vrijeme povratka reflektiranog impulsa je proporcionalno udaljenosti L od uređaja do površine. Ako je poznata geometrija spremnika može se izračunati razina h.

Oblik antene se odabire prema namjeni i mjernom opsegu.

Sl. 3.36. Radarska mjerila razine



Načini montaže na spremnik

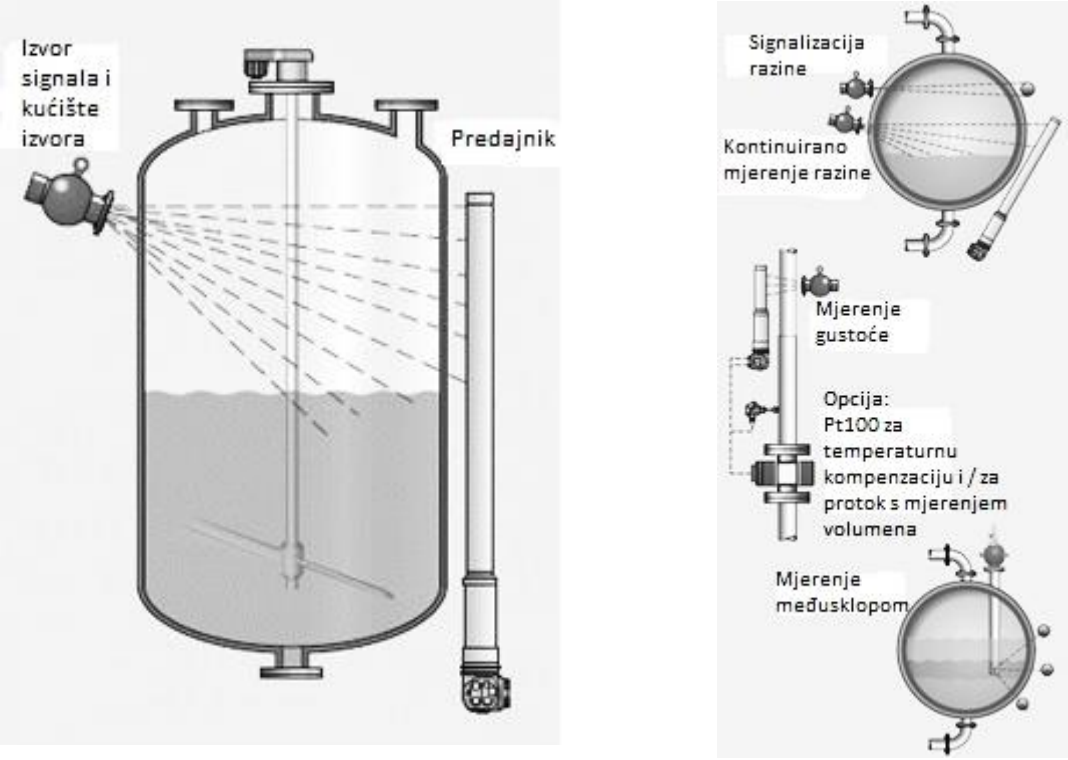
1. Zaštita od sunca
2. Montaža:
   - ne u centru
   - ne iznad utoka
   - dovoljno od stjenke (15-30 cm)
3. Prirubnica – antena mora viriti ispod prirubnice
4. Mjerni opseg – ovisi o tipu antene
5. Druga instalacija spremnika ne smije se nalaziti u radarskom snopu
6. Pjena na površini može apsorbirati radarske valove
   → greška

Sl. 3.37. Načini montaže na spremnik

Slika 3.38. Izvedbe radarskih mjerila razine

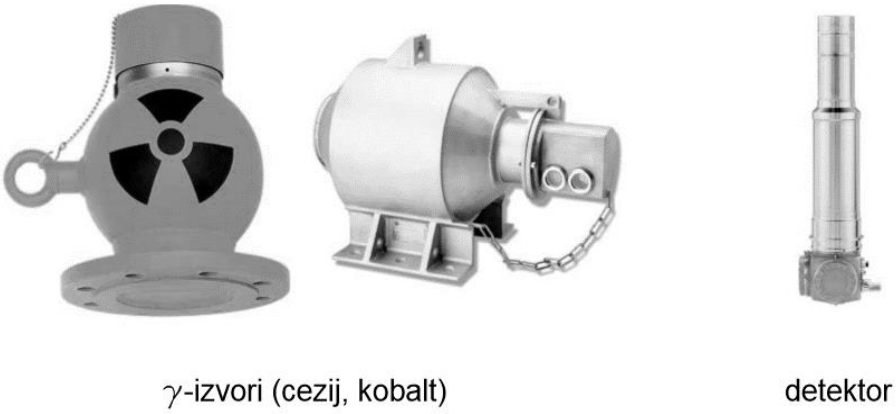
3.1.12. RADIJACIJSKA MJERILA RAZINE

Radijacijska mjerila razine se koriste kada se druga mjerna načela ne mogu koristiti zbog ekstremnih uvjeta industrijskih procesa ili zbog mehaničkih, geometrijskih ili građevinskih uvjeta. Osnovni princip rada radijacijskih mjerila razine je da se uz pomoć gama izvora (cezijev ili kobaltov izotop) emitira elektromagnetsko zračenje koje se prigušuje tijekom prolaska kroz razne materijale. Predajnik je montiran na suprotnoj strani spremnika ili cijevi i on pretvara primljeno zračenje u električni signal. Intenzitet ovog signala ovisi o udaljenosti od izvora do odašiljača kao i o debljini materijala i njegovoj gustoći.



Sl.3.39. Princip mjerenja radijacijskog mjerila razine

Zračenje γ – izvora se prigušuje prolazom kroz materijal. Razina je proporcionalna apsorpciji zračenja. Koristi se za neinvanzivne metode mjerenja (izvan spremnika) – za vrlo agresivne tekućine.



Sl. 3.40. Izvedbe radijacijskih mjerila razine

3.2. FAKTORI KOJI UTJEČU NA IZBOR SENZORA RAZINE

Mjerenje razine je znatno složeniji proces od jednostavnog određivanja prisutnosti ili odsutnosti tekućine na određenoj visini u rezervoaru. To možemo ilustrirati događajem od 28. ožujka 1979., u SAD-u, kada je tisuće ljudi pobjeglo iz nuklearne centrale Three Mile Island (u blizini Harrisburga, u državi Pensilvaniji), kada je sustav za hlađenje nuklearnog reaktora zakazao. Ova opasna situacija dogodila se jer su kontrole mjerila razine isključile dotok rashladne tekućine u reaktor kada su otkrili prisutnost vode za hlađenje pri vrhu spremnika. Nažalost, voda je stigla do vrha reaktorske posude, ne zato što je nivo vode porastao već zato jer je voda bila vrela zbog visoke temperature blizu ključanja. Pravilan izbor osjetila i mjernog pretvornika razine, za svaki pojedinačni slučaj primjene, je izuzetno važan postupak zbog ispravnog funkcioniranja mjerenja razine.

Prilikom izbora vrsta senzora razine koje treba koristiti za određenu primjenu, postoji niz pitanja na koja treba odgovoriti:

- Može li se senzor razine postaviti u spremnik ili bi trebao biti montiran izvan spremnika?
- Da li će senzor detektirati razinu kontinuirano ili će se koristiti točkasti senzor?
- Može li senzor doći u dodir s medijem procesa ili mora biti smješten u prostoru gdje su pare?
- Da li je potrebno izravno mjerenje razine ili možemo koristiti indirektno mjerenje?
- Da li će se mjeriti razina tekućina ili čvrstih tvari?
- Da li se temperatura i tlak mijenjaju u tijeku mjerenja razine?
- Koje mjerno područje trebate za mjerenje razine?
- Da li je materijal instrumenta za mjerenje razine električki provodljiv?
- Da li ima turbulencije koja uzrokuje pjenu ili pare na površini tekućine?
- Da li će trebati kontaktno ili bez kontaktno mjerilo razine?
- Kakav izlaz trebate-analogni, relej, digitalni zaslon?

Izbor je dodatno sužen s obzirom na samo one senzore koji se mogu smjestiti u potrebnim materijalima konstrukcije i može funkcionirati na zahtijevanu točnost, radnu temperaturu, itd (Tablica 3.1. u prilogu). Kada se mjeri razina materijala različitih agregatnih stanja (tekuća, čvrsta, gusta, pjena, ili je sučelje između dva tekuća sloja), preporučljivo je proučiti ne samo tablicu (Tablicu 3.1.u prilogu), već i druge preporuke, kao što se vidi u tablici (Tablici 3.2.).

Prema prethodnoj orijentacijskoj tablici (Tablica 3.1. u prilogu) za izbor senzora razine i za tekućine i za sipine, najbolje karakteristike imaju radarski, radijacijski ultrazvučni, s vibracijskom sklopkom i laserski senzor. Što se tiče primjene senzora razine za krutine (prah, zrnate i ljepljive tvari) najbolje rezultate možemo postići sa senzorom razine s vibracijskom sklopkom i senzorom razine s mikrovalnom sklopkom. Uz to moramo naglasiti da se za svaku primjenu određenog senzora razine moraju razmotriti svi uvjeti koji se događaju unutar industrijskog procesa i potrebne karakteristike, kao i ograničenja pojedinih senzora.

Ako se utvrdi da određeni oblik senzora razine može zadovoljiti zahtjeve primjene, tada treba uzeti u obzir tradicije i sklonosti pojedinog medija ili pojedine procesne industrije, zbog iskustva korisnika i dostupnosti rezervnih dijelova. Na primjer, naftne industrije općenito preferiraju korištenje senzora razine tipa istiskivanja, a kemijska industrija favorizira senzore s diferencijalnim tlakom. Isto tako, naftna industrija će koristiti senzore s diferencijalnim tlakom, kada je raspon između 152,4 do 203,2 mm.

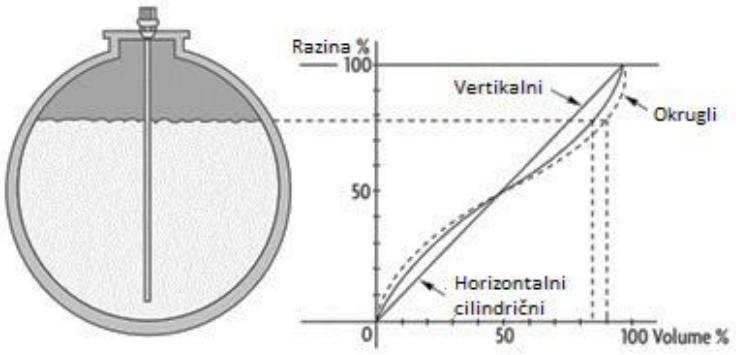
Isto tako je izuzetno važno utvrditi cijenu pojedinih izvedbi mjernih osjetila, te usporediti nekoliko različitih vrsta osjetila koji zadovoljavaju tehničke kriterije mjerenja, budući da je u slučaju kupovine većeg broja osjetila i druge prateće mjerne opreme, važno znati ukupnu cijenu i tek tada se treba odlučiti za najpovoljniju izvedbu.

Tablica 3.2. : Primjena senzora razine za različite materijale

		Tekućine		Tekućina/ Tekuća sučelja		Pjena		Mulj		Suspendirane krute tvari		Prašnjave krute tvari		Zrnaste krute tvari		Masivne krute tvari		Ljepljive vlažne krute tvari	
S prekidačem		*	*	*	*	2	*	*	*	*	*	1	*	1	*	1	*	1	*
S mjehurićima		1	1	*	*	*	*	3	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Kapacitivni		1	1	1	1	1	2	1	2	*	*	2	2	1	2	2	2	1	2
Provodni		1	*	2	*	1	*	1	*	*	*	3	*	3	*	3	*	1	*
Diferencijalni tlak		2	1	2	1	*	*	2	2	*	*	3	3	*	*	*	*	*	*
Elektromehanički	Membranski	1	1	2	*	*	*	2	2	*	*	1	3	1	*	3	*	2	3
	S istiskivanjem	1	2	2	2	*	*	3	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Plutajući	1	*	2	*	*	*	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Plutajuće/ trake	3	1	*	*	*	*	*	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	S lopaticom	*	*	*	*	*	*	3	*	*	*	2	*	1	*	3	*	2	*
	Težina/ kabel	3	1	*	*	*	*	*	1	*	1	*	1	*	1	*	1	*	1
	Stakleni	1	1	2	2	3	3	3	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	Magnetski	1	1	*	*	3	3	3	3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Induktivni		*	*	*	*	*	*	2	*	*	*	2	2	2	2	2	2	3	3
Mikrovalni		1	1	*	*	*	*	1	1	*	*	1	2	1	1	1	1	1	1
Radijacijski		1	1	*	*	*	*	1	1	*	*	1	1	1	1	1	1	1	1
Zvučni odjek	Sonarni	*	*	2	2	*	*	*	3	1	1	*	*	*	*	*	*	*	*
	Zvučni	1	1	3	3	*	*	1	1	2	2	*	3	1	1	1	1	2	1
	Ultrazvučni	1	2	2	2	*	*	1	2	1	1	*	3	2	2	1	2	2	2
Toplinski		1	*	1	*	2	*	2	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Vibracijski		2	*	3	*	*	*	2	*	1	*	1	*	1	*	2	*	1	*

3.2.1. UTJECAJ OBLIKA SPREMNIKA NA MJERENJE RAZINE

Odnos između razine i volumena spremnika je funkcija oblika poprečnog presjeka spremnika. S vertikalnim spremnikom taj odnos je linearan, dok je s horizontalnim ili sfernim spremnikom to nelinearni odnos (Sl.3.41).



Sl.3.41. Utjecaj oblika spremnika na mjerenje razine

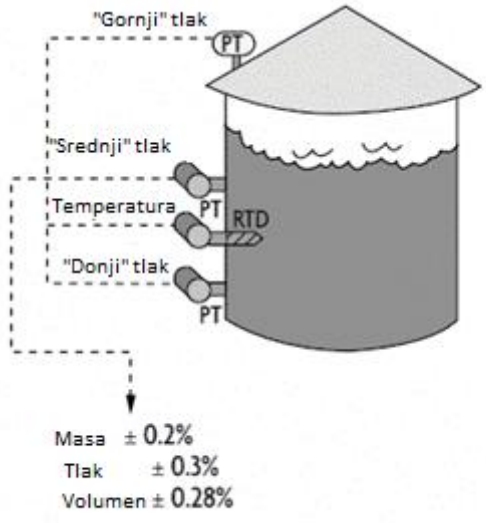
Postoje i inteligentne mjerne jedinice koje mogu izvršiti automatsku samokalibraciju ili pretvoriti razinu u kuglastim, nepravilnim ili vodoravnim cilindričnim spremnicima u stvarni volumen. Također se mogu koristiti u složenijim instalacijama (s više različitih spremnika i različitih medija u njima), koje putem multipleksiranja, mogu smanjiti jedinične troškove mjerenja razine.

3.2.2. UTJECAJ KLJUČANJA I KRIOGENE TEKUĆINE

Ako se koristi spremnik s nemirnim medijem, onda često ne postoji prostor u kojem se može umetnuti osjetila u obliku sonde. Osim toga, budući da površina tekućine nije ravna, akustični, ultrazvučni ili radarski uređaji se obično ne mogu koristiti. Čak i kod senzora na istiskivanje ili kod senzora s diferencijalnim tlakom, uznemirenost medija može uzrokovati promjenu razine signala u određenim vremenskim ciklusima. Ovi impulsi se mogu filtrirati tako da se prvo utvrdi maksimalna brzina pri kojoj se razina može promijeniti (zbog punjenja ili pražnjenja), a zanemarujući bilo kakve promjene koje se događaju brže od toga.

Ako se razina u spremniku mora mjeriti pomoću senzora s mjerenjem hidrostatskog tlaka, onda je potrebno upotrijebiti više sustava prijenosa i odašiljača pri čemu se:

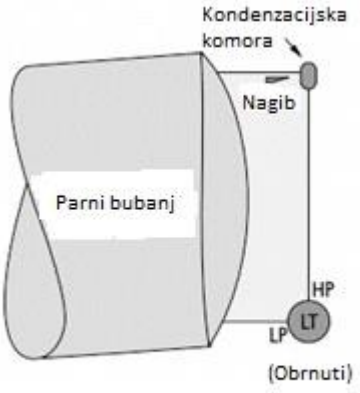
- Detektira prava razina, dok temperatura ili gustoća procesa variraju;
- Mjere obje razine i gustoće;
- Mjeri volumen i masa (težina) u spremniku.



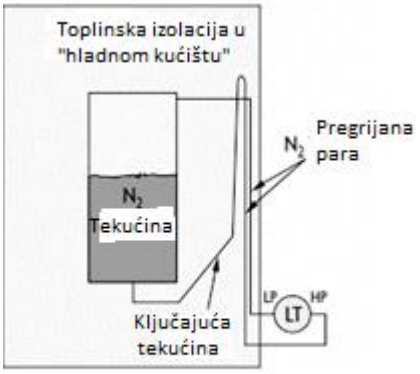
Sl.3.42. Inteligentni paket trostrukog odašiljača

Mjerenjem jedne temperature i tri tlaka, sustav prikazan na slici (Sl.3.42.) je u stanju istovremeno mjeriti volumen (razinu), masu (težinu) i gustoću, sve s točnošću od 0,3% punog raspona.

Kada se koristi hidrostatski senzor za mjerenje razine u parnom bubnju, onda se obično instalira povratni predajnik (Sl.3.43.). Komora s neizoliranom kondenzacijom se koristi za povezivanje strane s visokim tlakom (HP) s hidrostatskom ćelijom u prostor pare na vrhu bubnja. Para se kondenzira u ovoj komori i ispunjava mokru nogu s vodom na sobnoj temperaturi, dok strana niskog tlaka (LP) d / p otkriva s hidrostatskom glavom kipuću vodu unutar bubnja. Izlaz iz d / p ćelije odražava količinu vode u bubnju. Izlazna razina se dobiva kao masa vode u kapima bubnja (jer je stopa parenja povezana s povećanjem istjecanja) i to je u stvari preporučeni obrnuti (reverzni) način rada D/P ćelije.



Sl.3.43. Mokra noga u parnom bubnju



Sl.3.44. Korištenje termički izoliranog spremnika

Kada je medij u procesu tekući dušik (ili neki drugi materijal na niskoj temperaturi), onda je spremnik obično obložen toplinskom izolacijom i time se uklanja utjecaj hladnog kućišta spremnika. Ovdje je strana s niskim tlakom (LP), ćelije s izravnim djelovanjem d / p povezan s prostorom pare iznad kriogene tekućine (Sl.3.44.). Kada tekućina poput dušika dosegne stranu s visokim tlakom (HP) d / p ćelije (koja je na sobnoj temperaturi izvan hladne kutije), njegova temperatura počinje rasti. Kada temperatura dosegne točku ključanja dušika, on će ključati, a od tog trenutka, priključna linija će biti ispunjena parom dušika što može uzrokovati smetnje u mjerenju razine. Zbog toga je potrebno, tekućinom ispunjeni dio spojne cijevi nagnuti prema natrag u spremnik. Isto tako, poprečni presjek voda treba biti velik (oko 2,54 mm u promjeru).

3.2.3. UTJECAJ VRSTE MEDIJA NA MJERENJE RAZINE (MULJ, PJENA, RASTALJENI METAL)

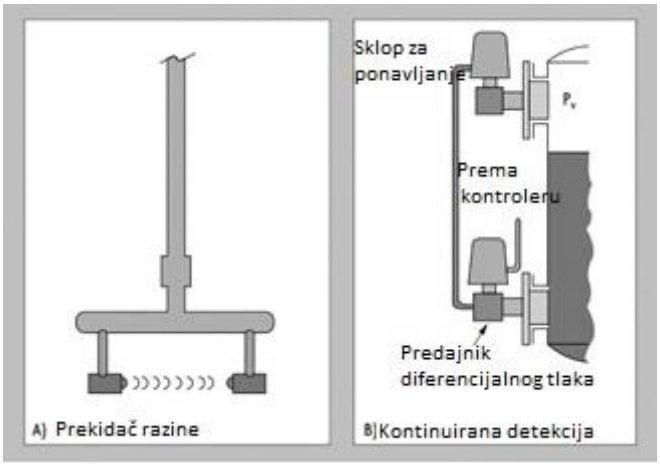
Mnogi mediji, koji se koriste u procesima, su agresivni ili je s njima teško rukovati i tada je najbolje izbjegavati fizički kontakt s njima. To se može postići postavljanjem osjetila razine izvan spremnika (kod radijacijskih mjerila razine) ili postavljanjem senzora u prostoru pare (ultrazvučna, radarska, mikrovalna mjerila razine) iznad tekućine procesa. Kada ove opcije nisu dostupne ili prihvatljive, onda moramo nastojati minimizirati održavanje i fizički kontakt s procesnim medijem.

Kada je procesni medij mulj, blato ili vrlo viskozni polimer, a cilj je određivanje razine točkastim (signalizacijskim) senzorom, onda se koristi spoj prikazan na slici (Sl.3.45.A).). Ultrazvučni ili optički signal izvora i prijemnika obično su razdvojeni za više od 15 mm, tako da je proces

izlučivanja u međuprostoru tekućine slobodan. Nakon završenog dijela na visokoj razini, automatski se aktivira sprej za pranje.

Kada se razina mulja ili smjese mjeri kontinuirano, onda je jedan od ciljeva da se eliminiraju završne šupljine gdje se mulj mogao zaustaviti. Osim toga, sve površine koje su izložene tekućim medijem bi trebale biti pokrivene teflonom. Slika (Sl.3.45.B). pokazuje takvu instalaciju, gdje je korišten teflon s kojim su obložene proširene membrane kako bi se smanjile nakupine materijala.

U odstranjivačima, gdje je cilj prijenos otapala u najkraćem vremenskom razdoblju, osnovni zadatak je zadržati razinu pjene ispod maksimuma. U drugim postupcima, poželjno je da se odvojeno kontrolira i razina tekućine ispod pjene i debljina pjene. U papirnoj industriji za takve primjene se koristi beta detektor radijacije (Kraft obrada), dok se u ostalim proizvodnim sektorima koriste razne neizravne metode za određivanje stupnja pjenjenja medija (mjerenjem povezane varijable, kao što su toplinski ulaz ili protok pare i svi su opremljeni s automatskim perilicama).



Sl.3.45. Izvedba spremnika za praćenje mulja, pjene i tekućeg metala

Mjerenje razine rastaljenog stakla ili metala je jedan poseban problem. Najskuplja (ali i najtočnija) tehnika za mjerenje razine može postići rezoluciju mjerenja od 0,1 mm do 15,24 cm. Ako tako visoka rezolucija mjerenja nije potrebna, a potrebno je smanjiti troškove, onda se može napraviti plovak od vatrostalnog materijala i priložiti linearno varijabilni diferencijalni transformator (LVDT), ili napraviti propuhivanje cijevi od vatrostalnog materijala i mjehurića argona ili dušika kroz nju.

3.2.4. UMJERAVANJE (KALIBRACIJA)

Umjeravanje ili kalibracija mjerila razine, predstavlja postupak koji se mora provesti prilikom instaliranja novog mjerila razine, kako bi mjerni rezultati bili što točniji. Ovdje je prikazan način umjeravanja ultrazvučnog i mikrovalnog mjerila razine poduzeća ABM senzor technology inc..

3.2.4.1. Unutarnje umjeravanje (kalibracija) spremnika pomoću tipkala PUSH.

Mjerilo razine mora biti montirano, instalirano prema danom uputstvu. Za umjeravanje praznog spremnika (4mA umjeravanje), spremnik mora biti na minimalnoj razini, po mogućnosti na razini koja je vertikalno poravnata sa senzorom. Za umjeravanje punog spremnika (20 mA kalibracija) materijal u spremniku mora biti ispod razine uređaja DEAD ZONE (Minimum Range). Uređaj razine mora biti uključen i zeleno svjetlo uključeno. Za umjeravanje LED dioda ima dvije boje. Žuta odgovara 20mA i crvena boja odgovara 4mA. Za 4mA isprazni se spremnik i pritisne tipkalo PUSH i drži se dok LED dioda ne postane crvena (mijenja se od zelene do žute, a zatim crvene za 20 m.).

Sl.3.46. Unutarnje umjeravanje spremnika

3.2.4.2. Umjeravanje izvan spremnika

Koristi se samo za uređaje bez komunikacijskih priključaka (RS232, RS485). Za ultrazvučnu metodu umjeravanja (kalibracije) koristi se ravna i tvrda površina. Za radarska osjetila koristi se vodljiva (metalna) površina. Površina treba biti dimenzija 91,44 x 91,44 cm ili veća. Za umjeravanje praznog spremnika (4 mA kalibracija), postavlja se uređaj na udaljenosti do ravne površine jednako s udaljenosti nulte razine praznog spremnika. Za umjeravanje punog spremnika

(20 mA kalibracija) uređaj se postavlja na razinu koja je jednaka punom spremniku. U slučaju radarskog osjetila pozicioniranje za puni spremnik obavlja se tek kada je radar isključen. Antena mora biti okomita na površinu. Nakon toga se uključi uređaj i pričeka se nekoliko sekundi dok ne zasvijetli zeleno svjetlo.

Sl.3.47. Umjeravanje uz pomoć ravne i tvrde površine

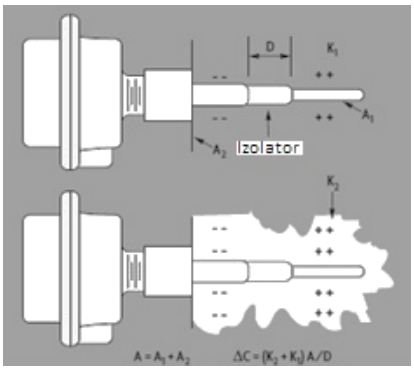
3.2.4.3.Programsko umjeravanje (kalibracija)

Za umjeravanje pomoću računalnog programa nema potrebe za pozicioniranjem praznog ili punog spremnika. Za umjeravanje se koristi aplikacija, ABM komunikacijski program. Prije umjeravanja se priključi kabel u komunikacijski priključak. Uključi se uređaj za mjerenje razine i postavlja se na bilo koju površinu (za radarsko mjerilo se preporučuje ravna metalna površina). LED dioda na uređaju za mjerenje razine mora biti zelene boje. Zatim se uključi PC program ABM Gateway, te pri prvom umjeravanju treba biti siguran da je odabran pravi priključeni serijski priključak. Zatim, klikom miša na Pokretanje umjeravanja (Start data link), kada komunikacija proradi, klikne se na Prikaži kalibracijske podatke (Show calibration data) i onda će se moći pročitati udaljenost između praznog spremnika (4mA umjeravanje) i kalibriranog punog spremnika (20mA umjeravanje). Ako se želi promijeniti vrijednost, klikom na Alate (tools) i klikne se na Isprazni udaljenost unutar spremnika (Empty Tank Distance Calibration(4mA calibration)), nakon toga se dobije poruku: Isprazni udaljenost unutar spremnika (Empty Tank Distance Calibration (4mA calibration)? , odgovor je OK. Na slijedećem displeju će tražiti vrijednosti u stopama i inčima (ne ostavljaj se prazno mjesto). Kad su vrijednosti Udaljenosti unutar spremnika (Empty Tank Distance) ispravne, kliknite na OK. Sličan je postupak i za umjeravanje (kalibraciju) udaljenosti punog spremnika

(Full Tank Distance Calibration) (20mA kalibracija). Nakon izvršenog umjeravanja (kalibracije) provjere se vrijednosti klikom na Prikaži umjeravane podatke (Show Calibration Data).

3.2.5. UTJECAJ DIELEKTRIČNE KONSTANTE MEDIJA

Dielektrična konstanta procesnog materijala je najvažniji aspekt procesnih podataka. Što je veća razlika između dielektričnih konstanti (procesnog materijala i prostora pare), to je lakše mjerenje. Ako je razlika dielektričnih konstanti mala (K2 i K1 <1,0 na slici 8-2), onda se mora koristiti visoko osjetljivi dizajn (0,5 pF). U slučaju vodoravno montiranog mjerila razine (Sl.3.48.), vodljiva sonda tvori jednu od ploča kondenzatora (A1), a stijenka posude (pod pretpostavkom da je izrađena od vodljivog materijala) tvori drugu (A2). Izolator s niskom dielektričnom konstantom koristi se za izoliranje vodljive sonde iz kućišta, koje je povezano sa zidom posude. Sonda je spojena na senzor razine preko vodljivih navoja kućišta. Mjerenje se vrši primjenom RF signala između provodne sonde i stijenke posude.



Sl.3.48. Horizontalno smješteno kapacitivno osjetilo razine

Svako osjetilo ima prag kapaciteta, definiran kao količina promjene kapaciteta koja uzrokuje promjenu u izlazu osjetila. Dielektrična konstanta materijala može se mijenjati zbog varijacija temperature, vlažnosti, vlage, gustoće materijala i veličine čestica. Ako promjena u dielektričnoj konstanti rezultira većom izmjenom kapaciteta od kalibriranog kapacitivnog praga osjetila, to će rezultirati pogrešnim očitanjem. Ovo stanje se obično može ispraviti smanjujući osjetljivost (povećanje kapacitivnog praga) osjetila.

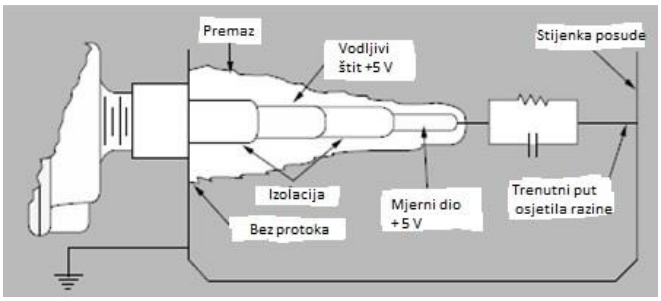
Ograničenja temperature okoline obično su određena od strane proizvođača, ali je teško procijeniti provođenje topline iz procesa visokih temperatura. Provođenje topline može se smanjiti korištenjem produžene spojke za montažu ili one s niskim materijalom za toplinsku vodljivost.

Ako takvi postupci nisu dovoljni, elektronika se može montirati do 6 metara udaljenosti i spojiti putem koaksijalnog kabela. Međutim, inherentni kapacitet kabela smanjuje ukupnu osjetljivost sustava. Kućišta moraju biti kompatibilna sa zahtjevima za opasne, isprane, mokre i / ili prašnjave prostore.

Sl.3.49. Kapacitivno osjetilo presvučeno teflonom

Ako je procesni materijal korozivan onda osjetilo treba izvesti od nehrđajućeg čelika i obložiti ju teflonom za zaštitu, kao što je prikazano na slici (Sl.3.49.).

Ako je procesni materijal (medij) vlažan i ljepljiv, onda je potrebno izvesti dodatni zaštitni izolacijski premaz i dodati drugi aktivni dio osjetila, kao što je to prikazano na slici (Sl.3.50.).

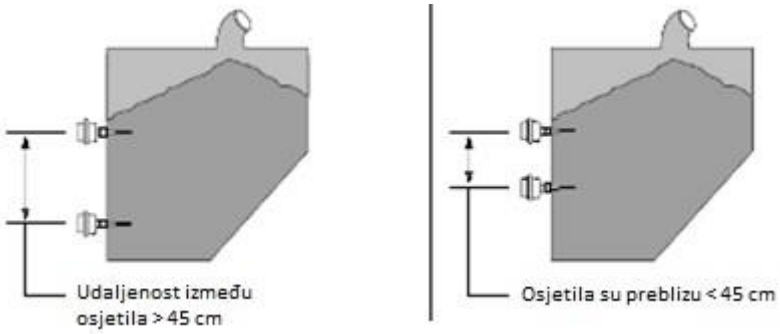


Sl.3.50. Montaža osjetila kod ljepljivog medija

Kod mjerenja medija s malim dielektričnim konstantama, važno je da cijelo osjetilo bude prekriveno, a ne samo vrh, za osjetila koja se montiraju sa strane kućišta, (Slika 3.51.).

Sl.3.51. Način montaže osjetila kod medija s malom dielektričnom konstantom

Ako je u posudu postavljeno više kapacitivnih osjetila razine, onda između osjetila treba biti minimalna udaljenost od 45 cm, kao što je to prikazano na slici (Sl.3.52.) jer se na manjim udaljenostima njihova elektromagnetska polja međusobno ometaju.



Sl.3.52. Minimalna udaljenost između dva kapacitivna osjetila

3.2.6. ODRŽAVANJE, REZERVNI DIJELOVI I SERVIS

Uz svaki kupljeni mjerni uređaj, proizvođač daje detaljne upute za uporabu, montažu, instalaciju programa, umjeravanje, postupke i načine preventivnog i redovnog održavanja, te i druge informacije. Isto tako, osigurava nabavku rezervnih dijelova koji se češće moraju mijenjati ili nabavku onih dijelova koji su dijagnostikom kvara utvrđeni kao neispravni. Isto tako osiguravaju servis i dijagnostiku u slučaju bilo kakvih problema u eksploataciji njihovih uređaja.

Poduzeće Siemens, prema web stranici: https://support.industry.siemens.com/cs/sc?lc=en-WW korisnicima pruža slijedeće usluge iz tog područja:

1. Digitalni servis – Poduzeće Siemens integrira aplikacije Digital Twin i Digital services s horizontalnom aplikacijom Digital Enterprise Software, čime povezuje sve podatke iz pojedinačnih primjena u zajedničku širu primjenu čime se pomaže u istraživanju potencijalnih prilika.
2. Trening servis – ovdje poduzeće Siemens nudi obuku ili trening za cijeli asortiman proizvoda i za osposobljavanje korisnika mjerne opreme.
3. Tehnička i inženjerska podrška - Tehnička i inženjerska podrška pomaže tvrtkama kroz cijeli projekt automatizacije - od razvoja precizne strukture tijekom pokretanja projekta do pripreme za provedbu projekta. Postoji i podrška putem stalne internetske veze (online support).

4. Informacijske i konzultantske usluge - Informacijske i konzultantske usluge pružaju podršku u odabiru proizvoda i sustava za učinkovita industrijska postrojenja. Usluge se pružaju od planiranja, konzultacija i koncepcije do brifinga proizvoda, podrške aplikacijama, provjere konfiguracije i industrijske sigurnosti u procesu proizvodnje.
5. Siemensova usluga opskrbe rezervnim dijelovima, dostupne su širom svijeta i pružaju glatku i brzu opskrbu rezervnih dijelova - a time i optimalnu dostupnost postrojenja.
6. Servisne usluge - Siemensovi stručnjaci analiziraju, popravljaju, održavaju i optimiziraju sve komponente mjerne opreme. Poduzimaju sve servisne zadatke tijekom čitavog životnog ciklusa proizvoda, od funkcionalnog održavanja sve do povećanja performansi.
7. Usluge održavanja - Usluge održavanja pomažu pri puštanju u pogon i održavanju postrojenja te rješavanje problema. Sveobuhvatni koncepti održavanja i ugovori o uslugama optimiziraju dostupnost postrojenja i korištenje proizvoda i sustava.
8. Usluge modernizacije i optimizacije pogonskih sustava - obično je ekonomičnije rješenje za produljenje životnog ciklusa cjelokupnog postrojenja.

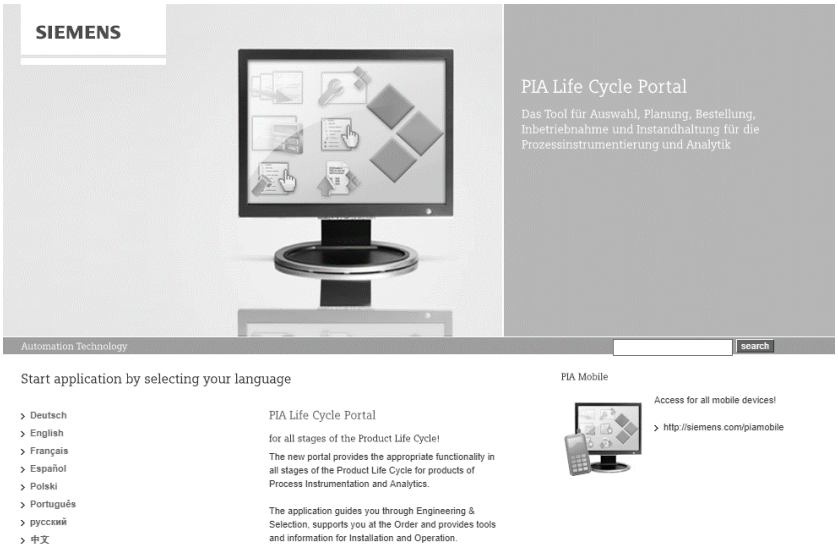
4. PRAKTIČNI PRIMJER ODABIRA OSJETILA ZA MJERENJE RAZINE TEKUĆINA

Na tržištu mjernih pretvornika i osjetila razine ima veliki broj poduzeća koje, svaka na svoj način, reklamiraju i predstavljaju svoje proizvode, te u tom dijelu i pomažu potencijalnim kupcima da sami odaberu, prema svojim potrebama i tehničkim referencama najbolje rješenje. Najpoznatiji proizvođači opreme za mjerenje razine su: Siemens, Endress+Hauser, Honeywell, ABB Group , Emerson, Omega Engineering, ABM senzor tehnology inc. i drugi. Većina proizvođača ima na svojim internetskim stranicama, osim direktne prodaje (Web shop), mogućnost stalne veze kupca, odnosno korisnika sa službom za održavanje i servis u poduzeću, kako bi u slučaju bilo kakvih problema u primjeni mjernih osjetila, otklanjanje problema bilo što brže i učinkovitije. Isto tako, poduzeća pružaju savjete i pomoć za što efikasnije održavanje korištene mjerne opreme, te je isto tako osigurana mreža za servis i nabavku rezervnih dijelova za sve vrste i izvedbe mjernih osjetila iz njihovog proizvodnog programa.

4.1. IZBOR MJERNOG OSJETILA RAZINE VODE ZA SUSTAV ZA NAVODNJAVANJE

A)Pokretanje internetske stranice za odabir željenog proizvoda

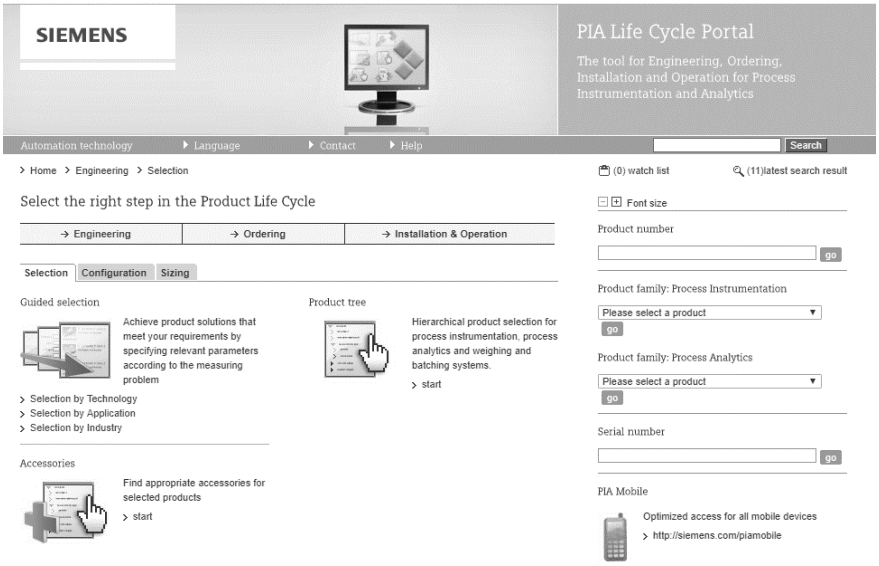
Poduzeće Siemens na svojoj web stranici: https://www.pia-portal.automation.siemens.com pruža mogućnost brzog pronalaženja mjernog pretvornika i osjetila razine. Nakon odabira jezika za komunikaciju pokreće se izbornik za odabir potrebnog mjernog osjetila.



Sl.4.1. Početni izbornik za odabir mjernog osjetila razine

B) Pokretanje aplikacije za konfiguriranje mjernog osjetila

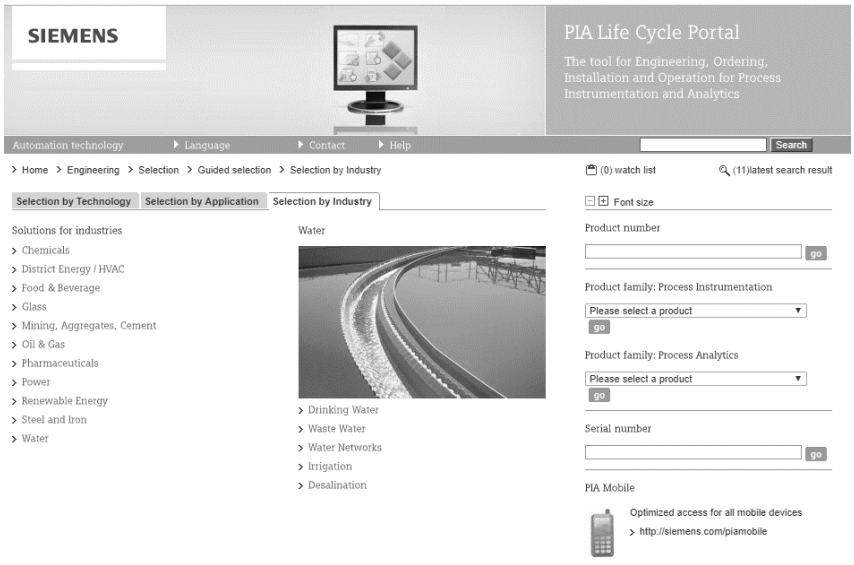
Na početku postupka odabira mora se odabrati put konfiguriranja željenog proizvoda od 3 moguća: putem izbora tehnologije, odnosno principa djelovanja mjernog osjetila razine, zatim putem analize procesa primjene i putem izbora industrije u kojoj će se osjetilo upotrijebiti.



Sl.4.2. Početni izbornik za izbor osjetila poduzeća Siemens

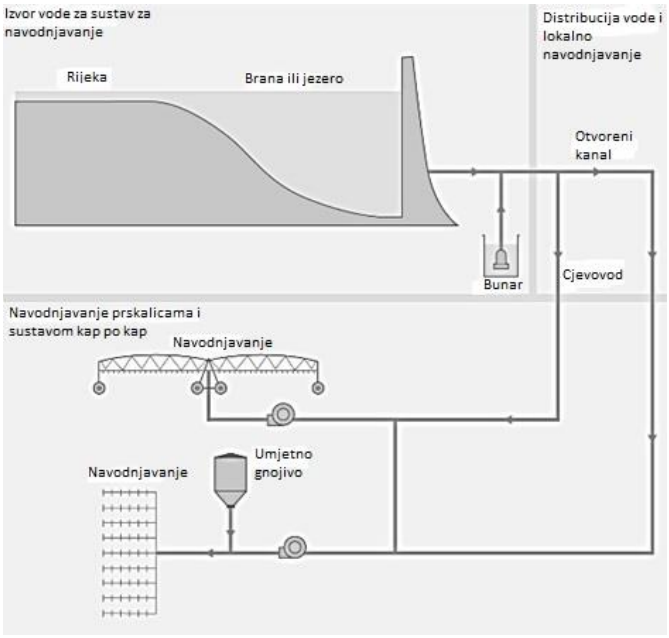
C) Izbor potrebnog osjetila razine za sustav za navodnjavanje putem izbora industrije

Izbor industrije – Voda – Sustav za navodnjavanje (Irrigation).

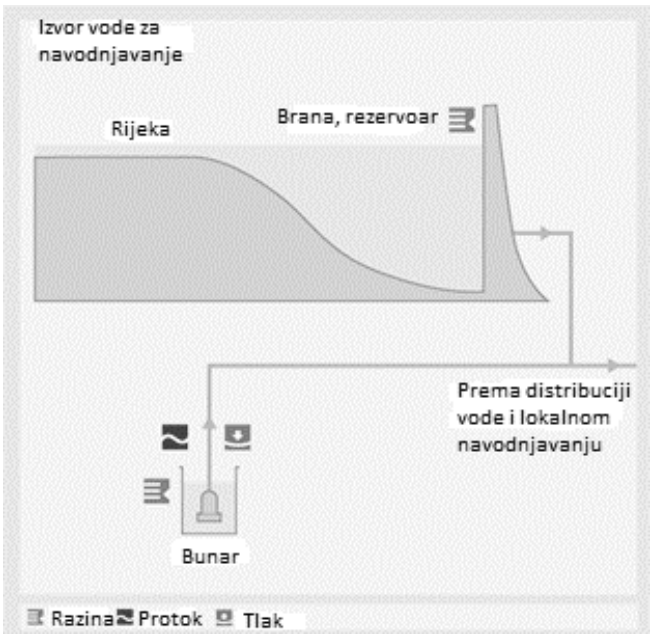


Sl.4.3. Izbor industrije vode, sustav za navodnjavanje

Klikom miša na sustav za navodnjavanje (irrigation) otvara se shema cjelokupnog sustava za navodnjavanje, kao što je to prikazano na slici (Sl.4.4.). Shema je podjeljena na tri dijela: izvor vode, distribucija vode lokalno navodnjavanje, te navodnjavanje prskalicama ili kap po kap. Ako kliknemo mišem na prvi dio, izvor vode, otvara se shema kao što je prikazano na slici (Sl.4.5.).



Sl. 4.4. Shema sustava za navodnjavanje podijeljena u 3 dijela

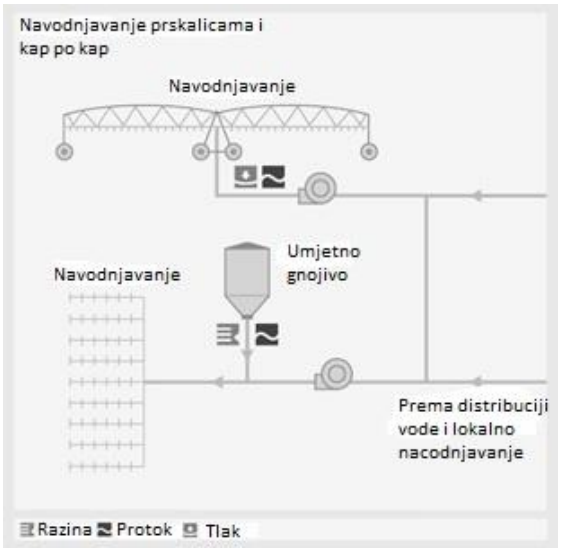


Sl.4.5. Prvi dio sustava, izvor vode za navodnjavanje

Prema slici (Sl.4.5.) može se odabrati mjesto mjerila razine u tom sustavu: mjerenje razine vode na brani (jezeru) ili u rezervoaru ili na izlasku vode iz bunara. Klikom miša na simbol za mjerilo razine otvara se prikaz onih mjerila razine koji zadovljavaju mjerenje razine na tom mjestu. U daljnjem dijelu se vrši usporedba parametara pojedinih mjernih osjetila i konačno konfiguriranje odabranog proizvoda.

Sl.4.6. Drugi dio sustava, distribucija vode i lokalno navodnjavanje

Prema slici (Sl.4.6.) klikom miša na simbol za mjerilo razine otvara se prikaz onih mjerila razine koji zadovljavaju mjerenje razine na tom mjestu. U daljnjem dijelu se vrši usporedba parametara pojedinih mjernih osjetila i konačno konfiguriranje odabranog proizvoda.

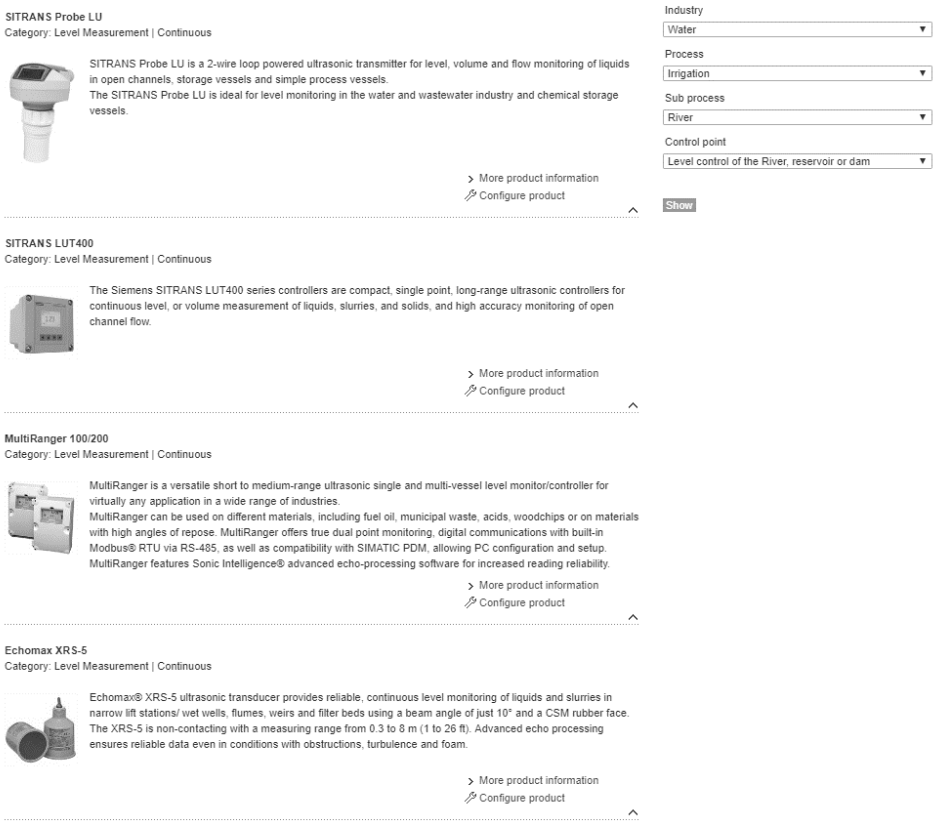


Sl.4.7. Treći dio sustava, navodnjavanje prskalicama i kap po kap

Prema slici (Sl.4.7.) klikom miša na simbol za mjerilo razine otvara se prikaz onih mjerila razine koji zadovljavaju mjerenje razine na tom mjestu. U daljnjem dijelu se vrši usporedba parametara pojedinih mjernih osjetila i konačno konfiguriranje odabranog proizvoda.

D) Konačni odabir mjernih osjetila razine (po 1 mjerno osjetilo u svakom dijelu sustava)

U prvom dijelu sheme sustava za navodnjavanje, pri mjerenju razine na izvoru vode tj. brani, jezeru ili rezervoaru, aplikacijom za odabir, dobiveni rezultat pokazuje 4 mjerna osjetila s ultrazvučnom metodom mjerenja razine.



Sl.4.8. Odabir prvog mjernog mjesta u sustavu za navodnjavanje

1. SITRANS Probe LU je ultrazvučno mjerno osjetilo za nadzor razine, volumena i protoka tekućina u otvorenim kanalima, spremnicima i jednostavnim procesnim posudama, idealno je za praćenje razine u industriji vode i otpadnih voda te u kemijskim spremnicima.

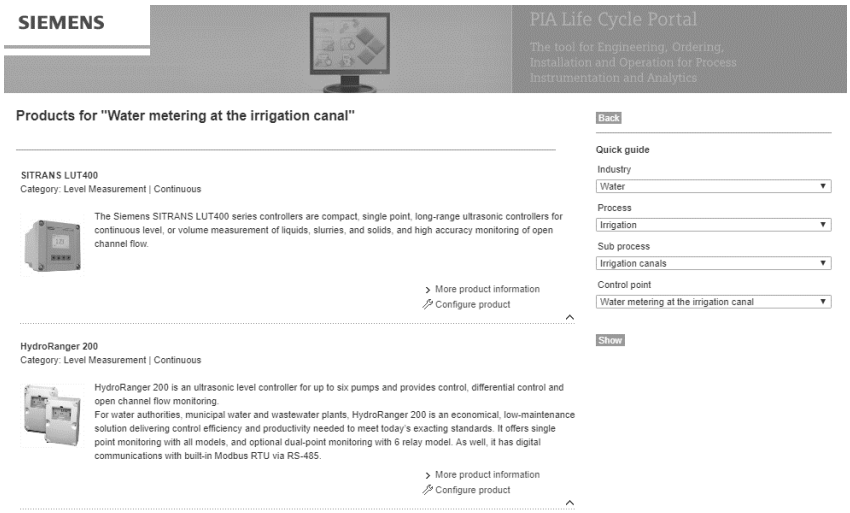
2. SITRANS LUT400 kontroleri serije SITRANS su kompaktni, jednosmjerni, ultrazvučni kontroleri za kontinuirano mjerenje razine i mjerenje volumena tekućina, suspenzija i krutih tvari te precizan nadzor protoka otvorenog kanala.

3. MultiRanger je višenamjensko i višedijelno ultrazvučno mjerno osjetilo, monitor / kontroler za gotovo sve aplikacije u širokom rasponu industrije. MultiRanger se može koristiti na različitim materijalima, uključujući loživo ulje, komunalni otpad, kiseline ili na materijalima s visokim kutovima odstupanja. MultiRanger nudi istinsko praćenje dvojnih točaka, digitalnu komunikaciju s ugrađenim Modbus® RTU preko RS-485, kao i kompatibilnost s SIMATIC PDM, omogućujući konfiguriranje i postavljanje računala.

4. Echomax XRS-5 je ultrazvučno mjerno osjetilo koje omogućuje pouzdano i kontinuirano praćenje razina tekućina i mulja u uskim stanicama za podizanje / mokrim bunarima i kavezima uz kut zraka od samo 10 °. XRS-5 je bezkontaktno osjetilo s mjernim rasponom od 0,3 do 8 m.

Sva 4 mjerna osjetila su istog principa rada ali s različitim mogućnostima mjerenja tako da je za ovu primjenu odabrano mjerno osjetilo SITRANS Probe LU, koje zadovoljava sve potrebne parametre. U prilogu (Prilog broj 2a. i Prilog broj 2b.) su vidljivi detaljni parametri navedenog ultrazvučnog mjernog osjetila na tom mjestu sustava za navodnjavanje.

U drugom dijelu sheme sustava za navodnjavanje potrebno je bilo odabrati mjerno osjetilo za mjerenje razine na otvorenom kanalu. Konfiguracijskim programom su dobivena dva mjerna osjetila prema slici (Sl.4.9.).



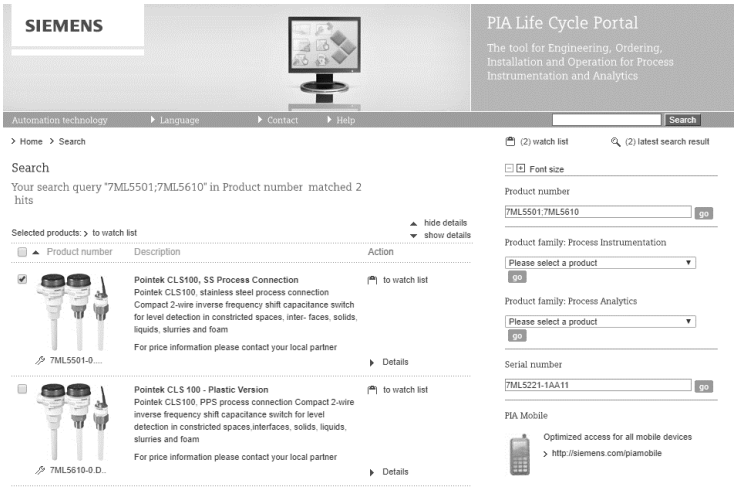
Sl.4.9. Odabir drugog mjernog mjesta u sustavu za navodnjavanje

1.SITRANS LUT400 je kompaktno ultrazvučno mjerno osjetilo za kontinuirano mjerenje razine ili mjerenje volumena tekućina, suspenzija i krutih tvari te precizan nadzor protoka otvorenog kanala.

2. HydroRanger 200 je ultrazvučno mjerilo razine za do šest pumpi i osigurava kontrolu i nadzor protoka otvorenog kanala. HydroRanger 200 je ekonomično rješenje s niskom razinom održavanja koja pruža učinkovitost i produktivnost kontrole potrebne za zadovoljavanje današnjih zahtjevnih standarda. Osim toga, ima i digitalnu komunikaciju s ugrađenim Modbus RTU preko RS-485.

Oba mjerna osjetila su ultrazvučna s različitim mogućostima tako da je za ovu primjenu odabrano mjerno osjetilo SITRANS LUT400, koje zadovoljava sve potrebne parametre. U prilogu (Prilog broj 3a. i Prilog broj 3b.) su vidljivi detaljni parametri navedenog ultrazvučnog mjernog osjetila na tom mjestu sustava za navodnjavanje.

Mjerno osjetilo razine u trećem dijelu sustava za navodnjavanje nalazi se kod rezervoara za prihranu i umjetno gnojivo. Nakon odabira, klikom miša, tog mjesta dolazi se do mjernog osjetila Pointek CLS100 kapacitivno mjerno osjetilo za signalizaciju.



Sl.4.10. Odabir trećeg mjernog mjesta u sustavu za navodnjavanje

Za treće mjerno mjesto sustava za navodnjavanje odabrano je kapacitivno mjerno osjetilo za signalizaciju Pointek CLS100, a u prilogu (Prilog broj 4a. i Prilog broj 4b.) su vidljivi parametri ovog osjetila.

5. ZAKLJUČAK

Poznavajući principe rada pojedinih uređaja za mjerenje razine moguće je odabrati odgovarajući način mjerenja za pojedinu primjenu. Pravilan odabir može u znatnoj mjeri smanjiti investicijske troškove, povećati pouzdanost proizvodnih procesa i smanjiti troškove montaže i održavanja. Poznavanje fizikalnih principa na kojima se temelje postupci mjerenja neophodno je kod procjene mogućnosti mjernog elektroničkog sklopovlja kao i procjena mogućnosti suvremenih tehnologija. Isto tako je potrebno poznavati što više tehničkih i tehnoloških detalja o potrebama i uvjetima eksploatacije mjernih osjetila razine, kako bi prilikom planiranja i projektiranja svih potrebnih parametara mjernih osjetila uzeli sve u obzir kako bi funkcioniralo bez ikakvih problema.

Uz to se mora naglasiti da se za svaku primjenu određenog senzora razine moraju razmotriti svi uvjeti koji se događaju unutar industrijskog procesa i potrebne karakteristike, kao i ograničenja pojedinih senzora. Isto tako je izuzetno važno utvrditi cijenu pojedinih izvedbi mjernih osjetila, te usporediti nekoliko različitih vrsta osjetila koji zadovoljavaju tehničke kriterije mjerenja.

Prateći razvoj i istraživanja mjernih osjetila, tijekom posljednjih godina, mjerna osjetila općenito, a pogotovo mjerna osjetila razine doživjela su mnoga tehnološka unaprjeđenja u vidu kompaktnih izvedbi, kod kojih mnoge izvedbe, osim mjernog osjetila sadrže i predajnik s potrebnom elektronikom za prijenos rezultata mjerenja na određenu udaljenost bežičnim putem. Isto tako, često se koriste komunikacijski alati mobilnog prijenosa i aplikacije pomoću kojih se također mogu pratiti ili preuzeti određeni mjerni rezultati. Korisnici takve opreme moraju biti dobro educirani, kako bi opremu koristili na najbolji mogući način, što racionalnije i bez zastoju u radu. Zato i ne čudi da kod većine najpoznatijih proizvođača mjernih osjetila razine postoji tendencija pružanja stalne internetske veze i podrške u svakom pogledu i pri izboru osjetila tako i pri montaži, umjeravanju, održavanju, servisu i dijagnostici.

Na kraju završnog rada opisan je postupak odabira mjernog osjetila razine pomoću konfiguracijskog alata na internetskoj stranici proizvođača, za praktičnu primjenu u sustavu za navodnjavanje. Ovim postupkom je pokazano kako na jednostavan način možemo sami konfigurirati mjerna osjetila, s vrlo pouzdanim i točnim parametrima, koje se mogu vidjeti u prilozima uz završni rad.

6. LITERATURA:

[1] Florijan Rajić dipl.inž.: Osnove automatike, ŠC „Ruđer Bošković“ Zagreb.1990.

[2] Juraj Božičević: Temelji automatike 2, Mjerni pretvornici i mjerenje, Školska knjiga, Zagreb, 2000.

[3] B. Bolf: Automatsko vođenje procesa, Školska knjiga, Zagreb, 1989.

[4] V. Bego: Mjerenja u elektrotehnici, 9. izdanje, Graphis, Zagreb, 2003.

[5] A. Muharemović: Električna mjerenja, ETF Sarajevo 2005.

[6] Tugomir Šurina Dr. ing.: Automatska regulacija, Školska knjiga, Zagreb, 2000.

[7] Internet stranica poduzeća Omega, područje mjerenja razine, http://www.omega.com/section/level-measurement.html , 17. travnja 2017.

[8] Časopis poduzeća Omega : TRANSACTIONS in measurement and control: http://www.omega.com/literature/transactions/transactions_Vol_IV.pdf

[9] Internet stranica poduzeća Siemens, područje mjerenja razine, https://www.pia-portal.automation.siemens.com/SIE , 27. svibnja 2017.

[10] Internet stranica poduzeća Endress+Hauser, područje mjerenja razine, https://www.endress.com/en/Field-instruments-overview/level-measurement , 11. srpnja 2017.

[11] Internet stranica poduzeća ABM, Calibration of the Ultrasonic and Microwave Level Devices, http://www.abmsensor.com/pdf/calibration.pdf , 11.srpnja 2017.

[12] Internet stranica poduzeća Coulton, radarsko osjetilo razine, http://www.coulton.com/guided_wave_radar.html , 23.lipnja 2017.

7.ŽIVOTOPIS

Robert Boni rođen je 17. siječnja 1993. godine u Mohaču, Republika Mađarska, otac Tibor Boni i majka Jasmina Boni (rođena Martinko).

1999. godine upisao Osnovnu školu u Dardi završio je 2007. godine. Iste godine upisao srednju školu zanimanje Tehničar za računalstvo u Elektrotehničkoj i prometnoj školi Osijek, završio je 2011. godine. Iste godine položio ispite Državne mature.

2011. Pohađao i završio tečaj za ECDL specijalistu na Pučkom otvorenom učilištu Algebra.

2011. Upisao prvu godinu na FERIT-u ,stručnog studija, smjer Informatika.

2016. godine osnovao Udrugu za sport i rekreaciju RBAK Centar u kojoj i danas obnaša funkeiju predsjednika i voditelja fitnes rekreacijskog programa za sve uzraste.

2017. godine upisao i završio program osposobljavanja za Instruktora Grupnog fitnesa uz glazbu u Ustanovi za cjeloživotno učenje Magistra Pula.

2017. godine dao zadnji ispit na stručnom studiju i priprema obranu Završnog rada.

Od svoje šeste godine do danas aktivno se bavi sportom i član je STK Darda trenutno aktivni igrač stolnog tenisa u 1. Županijskoj ligi i licencirani sudac 1. Hrvatske lige.

Robert Boni

8. PRILOZI

POPIS PRILOGA:

Prilog broj 1.: Tablica 3.1. Orijentacijska tablica za izbor senzora razine

Prilog broj 2a: Konfigurirani parametri SITRANS Probe LU

Prilog broj 2b: Parametri SITRANS Probe LU

Prilog broj 2c: Detalji proizvoda SITRANS Probe LU

Prilog broj 3a: Konfigurirani parametri SITRANS LUT400

Prilog broj 3b: Parametri SITRANS LUT400

Prilog broj 3c: Detalji proizvoda SITRANS LUT400

Prilog broj 4a: Konfigurirani parametri POINTEK CLS100

Prilog broj 4b: Parametri POINTEK CLS100

Prilog broj 4c: Detalji proizvoda POINTEK CLS100

Prilog broj 1. Tablica 3.1. Orijentacijska tablica za izbor senzora razine

TABLICA 3.1. : ORIJENTACIJSKA TABLICA ZA IZBOR SENZORA RAZINE												
TIP				**PRIMJENE**								
				TEKUĆINE					**KRUTINE**			OGRANIČENJA **E**-ODLIČAN **G**-DOBAR **L**-OGRANIČEN **P**-SLABO **UL**-BEZ OGRANIČENJA **F**-KOREKTAN **AS**-POSTOTAK AKTUALNOG RASPONA **FS**-POSTOTAK PUNE SKALE
	MAKS. TEMPERATURA (°C)	**RASPOLOŽIVO BESKONTAKTNO**	**NETOČNOST (1 inch=2.54 mm)**	**ČISTA**	**VISKOZNA**	**EMULZIJA /MULJ**	**MEĐUSKLOP (SUČELJE)**	**PJENA**	**PUDER**	**ZRNASTE**	**LJEPLJIVE**	
SA ZRAČNIM MJEHURIĆIMA	UL		1-2 % FS	G	F	P	F					UVOĐENJE NOVIH TVARI U PROCES, VISOKO ODRŽAVANJE
KAPACITIVNI	1093		1-2 % FS	G	F-G	F	G-L	P	F	F	P	SUČELJE IZMEĐU VODLJIVIH SLOJEVA I PROBLEM DETEKCIJE PJENE
S VODLJIVOM SKLOPKOM	982		0,32 mm	F	P	F	L	L	L	L	L	MOŽE DETEKTIRATI SUČELJE SAMO IZMEĐU VODLJIVE I NEVODLJIVE TEKUĆINE
MEMBRANSKI	177		0.5 % FS	G	F	F			F	F	P	MIJENJA SE SAMO KOD KRUTINA
S DIFERENCIJALNM TLAKOM	649		0.1 % AS	E	G-E	G	P					SAMO VANJSKA MEMBRANSKA BRTVA MOŽE ELIMINIRATI ZAČEPLJENJA
S ISTISKIVANJEM	454		0.5% FS	E	P	P	F-G					NE PREPORUČUJE SE PRIMJENA ZA MULJ ILI EMULZIJU
PLUTAJUĆI	260		1% FS	G	P	P	F					POKRETNI DIJELOVI OGRANIČAVAJU VEĆINU DIZAJNA ZA ČIŠĆENJE
LASERSKI	UL	X	0.5 in	L	G	G		F	F	F	F	OGRANIČENO ZA NEPROZIRNE TEKUĆINE I ČVRSTE TVARI U PROZIRNIM SPREMNICIMA

SA STALNOM RAZINOM	371		0.25 in	G	F	P	F					STAKLO NIJE DOZVOLJENO U NEKIM PROCESIMA
S MIKROVALNOM SKLOPKOM	204	X	0.5 in	G	G	F	G		G	G	F	DEBELI PREMAZ JE OGRANIČENJE
S OPTIČKOM SKLOPKOM	127	X	0.25 in	G	F	E	F-G	F	F	P	F	TIP LOMA ZA ČISTE TEKUĆINE; TIP REFLEKSIJE ZAHTJEVA ČISTI PROSTOR
RADARSKI	232	X	**0**.12 in	G	G	F	P		P	F	P	SMETNJE OD PREMAZA, OD LOPATICE MJEŠALICE, SPREJA I PRETJERANE TURBULENCIJE
RADIJACIJSKI	UL	X	0.25 in	G	E	E	G	F	G	E	E	ZAHTIJEVA NRC LICENCU
S OTPORNOM TRAKOM	107		0.5 in	G	G	G						OGRANIČENO ZA TEKUĆINE BLIZU ATMOSFERSKOG TLAKA I TEMPERATURE
S ROTIRAJUĆOM LOPATICOM	260		1 in						G	F	P	OGRANIČENO ZA DETEKCIJU SUHIH TVARI, NEKOROZIVNE I KRUTINE NISKOG TLAKA
S KLIZNIM CIJEVIMA	93		0.5 in	F	P	P						NESIGURAN ZA RUČNU UPORABU
TRAKASTI SENZORI RAZINE	149		0.1 in	E	F	P	G		G	F	F	SAMO INDUKTIVNO SPREGNUTI PLOVAK JE POGODAN ZA MJERENJE. PLUTAJUĆA PREPREKA JE POTENCIJALNI PROBLEM KOD VEĆINE IZVEDBI.
TERMALNI	454		0.5 in	G	F	F	P	F				PJENA I MEĐUSKLOP DETEKTIRAJU OGRANIČENU TOPLINSKU VODLJIVOST.
ULTRAZVUČNI	149	X	1% FS	F-G	G	G	F-G	F	F	F	G	PRISUTNOST PRAŠINE, PJENE I ROSE U PROSTORU PARE.
S VIBRACIJSKOM SKLOPKOM	149		0.2 in	F	G	G	F		F	G	G	PRETJERANE NASLAGE MATERIJALA MOGU SPRIJEČITI RAD

Prilog broj 2a: Konfigurirani parametri SITRANS Probe LU

SIEMENS

Pos. Tag - ID	Description	Quantity	Unit	Price (EUR) Total
0	7ML5221-0AA11	1 PC		on demand
	Sitrans Probe LU 2-wire,loop powered ultrasonic transmitter for level, volume and flow monitoring of liquids in open channels, storage vessels and simple process vessels. 0 Enclosure/Cable Inlet: Plastic (PBT), 1 x M20x1.5 and 1 x 1/2" NPT (no cable glands supplied) A Range / Transducer material: 6 meter (20 ft), ETFE A Process Connection: 2" NPT ((Taper), ANSI/ASME B1.20.1) 1 Communication / Output: 4-20mA, HART 1 Approval: General purpose, FM, CSA, CE, C-TICK, KCC Netweight: 2.200 KG Delivery time (working days): 10 plus transportation time Price group: 851 LKZ: CA AL: N ECCN: EAR99 Commodity code: 9026100010			
		Total Price		**on demand**

Date 07/24/2017

Page 1 of 1

Prilog broj 2b: Parametri SITRANS Probe LU

SIEMENS

Datasheet for

Sitrans Probe LU 2-wire,loop powered ultrasonic transmitter for level, volume and flow monitoring of liquids in open channels, storage vessels and simple process vessels.

Ordering data: **7ML52211AA11**

General	
Manufacturer	Siemens
Supplier	Siemens
Brand name	SITRANS Probe LU
Type designation	Sitrans Probe LU 2-wire,loop powered ultrasonic transmitter for level, volume and flow monitoring of liquids in open channels, storage vessels and simple process vessels.
Order number	7ML52211AA11
Net weight	3.683 kg

Mode of operation and application	
Measuring principle	ultrasonic
Operating frequency of the sensor	54 kHz
Beam angle	10 Degree

Input	
Measuring range	
Measuring range	0.25 m...6 m
Interval 1	0.25 m...4 m
Interval 2	4 m...6 m

Output	
Current output	
Signal range	4 ... 20 mA

Accuracy	
Base factor	Span
Measurement deviation at the analog output, interval 1 (maximum)	6 mm
Measurement deviation at the analog output, interval 2 (maximum)	0.15 %

Operating conditions	
Process temperature	-40 °C...+85 °C
Degree of pollution	4
Overvoltage class	Installation category I
Pressure	
Operating pressure, relative (maximum)	0.5 bar
Environmental conditions	
Ambient temperature during operation	-40 °C...+80 °C
Degree of protection	
IP rating	IP67, IP68
NEMA rating	NEMA 4X, NEMA 6

SIEMENS

Datasheet for

Sitrans Probe LU 2-wire,loop powered ultrasonic transmitter for level, volume and flow monitoring of liquids in open channels, storage vessels and simple process vessels.

Ordering data: **7ML52211AA11**

Design	
Mechanical design	
Design of the housing	compact version, sensor integrated
Process connection	
Design	Thread adapter
Standard	ANSI B1.20.1
Nominal size	2"-11½ NPT
Material	
Housing	
Material	Polybutylene terephthalate (PBT)
Material of the lid	Polyetherimide (PEI)
Sensor	
Material of the active surface of the ultrasonic transmitter	Ethylene tetrafluoroethylene (ETFE)
Electrical connections	
Connection technology	2-wire technology
Number of cable entries	2
Design of the cable entry	M20 x 1.5
Display and controls	
Display	with display
Design of the display	LCD

Power supply	
Electrical	
Voltage type	DC
Nominal voltage, DC	24 V
Supply voltage, DC	16.7 V...30 V

Communication	
Protocol	HART
Protocol version	Version 5

The information provided in this data sheet contains descriptions or characteristics of performance which in case of actual use do not always apply as described or which may change as a result of further development of the products. An obligation to provide the respective characteristics shall only exist if expressly agreed in the terms of contract. Availability and technical specifications are subject to change without notice.

Prilog broj 2c: Detalji proizvoda SITRANS Probe LU

SIEMENS

SITRANS Probe LU

You are here: > Home > Automation Technology > Process Instrumentation > Level Measurement > Continuous > Ultrasonic > Transmitters > SITRANS Probe LU

SITRANS Probe LU

Overview

> Description

> Detail

> Benefits

> **Description**

SITRANS Probe LU is a 2-wire loop powered ultrasonic transmitter for level, volume and flow monitoring of liquids in open channels, storage vessels and simple process vessels.

The SITRANS Probe LU is ideal for level monitoring in the water and wastewater industry and chemical storage vessels.

The range of SITRANS Probe LU is 6 or 12 m (20 or 40 ft). Using Auto False-Echo Suppression for fixed obstruction avoidance, as well as an improved signal-to-noise ratio and improved accuracy of 0.15% of range or 6 mm (0.25"), the Probe LU provides unmatched reliability.

SITRANS Probe LU includes Sonic Intelligence® signal processing from the field-proven Probe and incorporates new echo processing features and the latest micro-processor and communications technology. The Probe LU offers two communications options: HART or PROFIBUS PA (Profile version 3.0, Class B).

The transducer on the Probe LU is available as ETFE or PVDF to suit the chemical conditions of your application. As well, for applications with varying material and process temperatures, the Probe LU incorporates an internal temperature sensor to compensate for temperature changes.

Key Applications: chemical storage vessels, filter beds, liquid storage vessels.

Supplementary Components are designed to work with most types of instrumentation to provide enhanced functionality such as remote displays and remote monitoring solutions. Please find more information > here.

Don't forget that the safest engineered level measurement solution includes switches for back-up, overfill, low level and dry run protection. Click > here for more information

> **Detail**

Range	0.25 to 12 m (0.8 to 39 ft)
Process temperature	-40 to 85 °C (-40 to 185 °F)
Output	-4 to 20 mA/HART -PROFIBUS PA - Intrinsically Safe (optional)

> **Benefits**

- Continuous level measurement up to 12 m (40 ft) range
- Easy installation and simple start-up
- Programming using infrared Intrinsically Safe handheld programmer, SIMATIC PDM or HART® Communicator
- Communication using HART or PROFIBUS PA
- ETFE or PVDF transducers for chemical compatibility
- Patented Sonic Intelligence signal processing
- Extremely high signal-to-noise ratio
- Auto False-Echo Suppression for fixed obstruction avoidance
- Level to volume or level to flow conversion

Prilog broj 3a: Konfigurirani parametri SITRANS LUT400

SIEMENS

Pos. Tag - ID	Description	Quantity	Unit	Price (EUR) Total
0	7ML5050-0AA21-1DA0-Z C11	1 PC		on demand

SITRANS LUT400: The Siemens SITRANS LUT400 series controllers are compact, single point, long-range ultrasonic controllers for continuous level measurement of liquids,slurries,and solids, accuracy monitoring of open channel flow.

0	-
A	Model: SITRANS LUT420 - Level controller
A	Enclosure Display Options: With display
2	Input Voltage: 10 to 32 V DC
1	Cable Inlet: 3 cable inlets, cable glands not supplied
1	Number of measurement points: Single point system (includes one transducer input,one mA output and one external temperature sensor input)
D	Communications & I/O: HART, 2 discrete inputs, 3 relays
A	Approvals: General Purpose CE, FM, CSA US/C, UL, RCM,EAC,KCC
0	-
C11	Test Certificate: Manufacturer's test certificate M to DIN 55350, Part 18 and to ISO 9000

Netweight: 6.000 KG
Delivery time (working days): 10 plus transportation time
Price group: 851
LKZ: CA
AL: N
ECCN: 3A991X
Commodity code: 9032890029

	Total Price	on demand

Date 07/13/2017

Page 1 of 1

Prilog broj 3b: Parametri SITRANS LUT400

SIEMENS

Datasheet for

SITRANS LUT400: The Siemens SITRANS LUT400 series controllers are compact, single point, long-range ultrasonic controllers for continuous level measurement of liquids,slurries,and solids, accuracy monitoring of open channel flow.

Ordering data: **7ML50500....1D.0**

General	
Manufacturer	Siemens
Supplier	Siemens
Product designation	Ultrasonic Transmitter
Type designation	SITRANS LUT400: The Siemens SITRANS LUT400 series controllers are compact, single point, long-range ultrasonic controllers for continuous level measurement of liquids,slurries,and solids, accuracy monitoring of open channel flow.
Net weight	0.937 kg

Mode of operation and application	
Measuring principle	ultrasonic
Operating frequency of the transmitter	10 kHz...52 kHz

Input	
Measurand	Level
Digital input	
Input voltage, DC	0 V...50 V
Input voltage signal 0, DC (minimum)	9.9 V
Input voltage signal 1, DC (minimum)	10 V
Input voltage signal 1, DC (maximum)	50 V
Input current (maximum)	3 mA
Measuring range	
Measuring range	0.3 m...60 m

Output	
Current output	
Signal range	4 ... 20 mA
Load, at active output (maximum)	600 Ohm
Load, at passive output (maximum)	750 Ohm
Digital output	
Type	relais
Relay output	
Number of outputs	3
Type 1	Change over (NO/NC)
Number of outputs 1	1
Switching capacity voltage, AC (maximum) 1	250 V
Switching capacity current, AC (maximum) 1	1 A
Switching capacity voltage, DC (maximum) 1	30 V
Switching capacity current, DC (maximum) 1	3 A
Type 2	Normally open (NO)
Number of outputs 2	2
Switching capacity voltage, AC (maximum) 2	250 V
Switching capacity current, AC (maximum) 2	5 A
Switching capacity voltage, DC (maximum) 2	30 V
Switching capacity current, DC (maximum) 2	3 A

SIEMENS

Datasheet for

SITRANS LUT400: The Siemens SITRANS LUT400 series controllers are compact, single point, long-range ultrasonic controllers for continuous level measurement of liquids,slurries,and solids, accuracy monitoring of open channel flow.

Ordering data: **7ML50500....1D.0**

Accuracy

Measurand resolution of the A/D converter (percental)	0.1 %

Operating conditions

Degree of pollution	Pollution degree 4
Overvoltage class	2

Environmental conditions

Ambient temperature during operation	-20 °C...+50 °C

Design

Mechanical design

Material

Housing

Material	Polycarbonate (PC)

Mounting

Location	Indoor area, Outdoor area

Electrical connections

Connection technology	4-wire technology
Potential insulation	to all outputs

Communication

Protocol	HART
Protocol version	Version 7

The information provided in this data sheet contains descriptions or characteristics of performance which in case of actual use do not always apply as described or which may change as a result of further development of the products. An obligation to provide the respective characteristics shall only exist if expressly agreed in the terms of contract. Availability and technical specifications are subject to change without notice.

Prilog broj 3c: Detalji proizvoda SITRANS LUT400

SIEMENS

SITRANS LUT400

You are here: > Home > Automation Technology > Process Instrumentation > Level Measurement > Continuous > Ultrasonic > Controllers > SITRANS LUT400

SITRANS LUT400

Overview

> Description

> Detail

> Benefits

>

Description

The Siemens SITRANS LUT400 series controllers are compact, single point, long-range ultrasonic controllers for continuous level, or volume measurement of liquids, slurries, and solids, and high accuracy monitoring of open channel flow.

The SITRANS LUT400 comes in three different models, depending on the application, level of performance and functionality required:

SITRANS LUT420 Level Controller: Level or volume measurement of liquids, slurries, and solids, as well as basic pump control functions, and basic data logging capability

SITRANS LUT430 Level, volume, Pump and Flow Controller: Includes all features of the LUT420 plus a full suite of advanced pump control and alarm functionality, open channel flow monitoring, and basic flow data logging capability

SITRANS LUT440 High Accuracy OCM: Our most featured, highest accuracy model. Includes all features of the LUT430, plus the industry's best accuracy (± 1 mm within 3 m), full suite of advanced control functionality, and enhanced flow logging capability

Key applications: wet wells, reservoirs, flumes/weirs, chemical storage, liquid storage, hoppers, crusher bins, dry solids storage

Supplementary Components are designed to work with most types of instrumentation to provide enhanced functionality such as remote displays and remote monitoring solutions. Please find more information > here.

Don't forget that the safest engineered level measurement solution includes switches for back-up, overfill, low level and dry run protection. Click > here for more information

>

Detail

Range	0.3 ... 60 m (1 ... 196 ft), transducer dependent
Compatible transducers	All EchoMax and ST-H series transducers
Accuracy	- Standard operation: ± 1 mm (0.04 inch) plus 0.17 % of measured distance - High accuracy OCM: ± 1 mm (0.04 inch), within 3 m (9.84 ft) range

>

Benefits

Small 1/2 DIN enclosure [144 h x 144 d x 146 w mm (5.7 x 5.7 x 5.75 inch)] with standard universal mounting bracket for wall, pipe, and DIN rail, plus an optional panel mount

Easy to use LUI display with local four-button programming, menu-driven parameters, and Wizard support for key applications

Level, Volume, OCM Flow monitoring

Three relays combined with a suite of pump, alarm, and relay control features

HART Communications

EDDs for SIMATIC PDM, AMS Device Manager, and Field Communicator 375/475, plus DTMs for FDTs (Field Device Tools)

Web browser for local programming from an intuitive web-based interface

Two discrete inputs for backup level override and pump interlock functions

Echo profile and trend views from the local display

Patented digital receiver for improved performance in electrically noisy applications (close proximity to VSDs)

Real time clock with daylight savings time, supporting an integrated datalogger and energy saving algorithms for minimizing pump operation during high cost energy periods

Removable terminal blocks for ease of wiring

Prilog broj 4a: Konfigurirani parametri POINTEK CLS100

SIEMENS

Pos. Tag - ID	Description	Quantity	Unit	Price (EUR) Total
10	7ML5501-0....	1 PC		on demand
	Pointek CLS100, stainless steel process connection Compact 2-wire inverse frequency shift capacitance switch for level detection in constricted spaces, inter- faces, solids, liquids, slurries and foam 0 . .			
	Netweight: 0.600 KG Delivery time (working days): 5 plus transportation time Price group: 853 LKZ: CA AL: N ECCN: EAR99 Commodity code: 9031800090			
		Total Price		on demand

Date 07/13/2017

Page 1 of 1

Prilog broj 4b: Parametri POINTEK CLS100

SIEMENS

Datasheet for

Pointek CLS100, stainless steel process connection Compact 2-wire inverse frequency shift capacitance switch for level detection in constricted spaces, inter- faces, solids, liquids, slurries and foam

Ordering data: **7ML55010AA10**

A22

General	
Manufacturer	Siemens
Supplier	Siemens
Product designation	Point level measurement - Capacitance switch
Brand name	Pointek CLS100
Type designation	Pointek CLS100, stainless steel process connection Compact 2-wire inverse frequency shift capacitance switch for level detection in constricted spaces, inter- faces, solids, liquids, slurries and foam
Net weight	0.037 kg

Mode of operation and application	
Measuring principle	capacitive

Input	
Measurand	Level
Unit of the measurand	pF

Output	
Current output	
Signal range	0 ... 5 V
Digital output	
Relay output	
Number of outputs	1
Switching capacity voltage, AC (maximum)	30 V
Switching capacity voltage, DC (maximum)	30 V
Switching capacity current, AC (maximum)	82 mA
Switching capacity current, DC (maximum)	82 mA

Accuracy	
Precission accuracy	2 mm

Operating conditions	
Process temperature	-30 °C...+100 °C
Vibration resistance during operation (maximum)	40 m/s2
Degree of pollution	Pollution degree 4
Overvoltage class	Installation category I
Process medium	
Dielectric constant (minimum)	1.5
Pressure	
Operating pressure, relative	-1 bar...10 bar
Environmental conditions	
Ambient temperature during operation	-30 °C...+85 °C
Degree of protection	
IP rating	IP68
NEMA rating	NEMA 4

This is only an extract from the technical data. For more details, see the FI 01 catalog or the Industry Mall.
Creation date: 07/13/2017

Page 1 of 3

SIEMENS

Datasheet for

Pointek CLS100, stainless steel process connection Compact 2-wire inverse frequency shift capacitance switch for level detection in constricted spaces, inter- faces, solids, liquids, slurries and foam

Ordering data: **7ML55010AA10**

A22

Electromagnetic compatibility EMC

Standard for EMC	2004/108/EC

Design

Mechanical design

Design of the housing	compact version, transmitter integrated

Process connection

Design	male thread
Standard	ANSI B1.20.1
Nominal size	3/4"-14 NPT

Material

Process connection

Material	stainless steel
Material number according to AISI	316L
Gasket	perfluoro-elastomere (FFKM/FFPM/Kalrez)

Housing

Material	stainless steel
Material number according to DIN EN 10027-2	1.4404
Material number according to AISI	316L

Sensor

Material of the wetted parts	polyphenylensulfide (PPS)

Mounting

Mounting position	any

Electrical connections

Connection technology	2-wire technology
Shielding of the connection cable	shielded
Length of the connection cable	1 m
Number of conductors of the connection cable	4
Cross-sectional area of the connection cable	0.5 mm²
AWG wire size (maximum)	22

Display and controls

Display	LED

Power supply

Electrical

Voltage type	DC
Supply voltage, DC	12 V...33 V

Certificates and approvals

Verification of suitability	C-Tick (RCM), CE, CSA, FM
Marine approval	Lloyd's Register of Shipping (LR)
Environmental class according to Lloys´s Register approval system	ENV1, ENV2, ENV5

Prilog broj 4c: Detalji proizvoda POINTEK CLS100

SIEMENS

Pointek CLS100

You are here: > Home > Automation Technology > Process Instrumentation > Level Measurement > Point Level > Capacitance > Pointek CLS100

Pointek CLS100

Overview

> Description
> Detail
> Benefits

> **Description**

Pointek CLS100 is a compact 2-wire inverse frequency shift capacitance switch for level detection in constricted spaces, interfaces, solids, liquids, slurries and foam.

Pointek CLS100's short insertion length of 100 mm (4") and versatility in various applications and in vessels or pipes makes it a good replacement for traditional capacitance sensors.

Its advanced tip-sensing technology provides accurate, repeatable switchpoint performance. The PPS (Polyphenylene sulfide) probe [optional PVDF (Polyvinylidene Fluoride)] is chemically resistant with an effective process operating temperature range from -30 to +100 °C (-22 to +212 °F) (7ML5501), and -10 to +100 °C (+14 to +212 °F) (7ML5610). The fully potted design ensures reliability in a vibrating environment such as agitated tanks up to 4 g. When used with a SensGuard protection cover, the CLS100 is protected from shearing, impact and abrasion in tough primary processes.

The Pointek CLS100 > is available in three versions. The integral cable version has a stainless steel process connection and probe options of PPS or PVDF. The fully synthetic version has a thermoplastic polyester enclosure with a PPS process connection combined with a PPS probe. The standard enclosure version has a thermoplastic polyester enclosure with a stainless steel process connection in combination with a PPS or PVDF probe.

Key Applications: liquids, slurries, powders, granules, food and pharmaceuticals, chemicals, hazardous areas

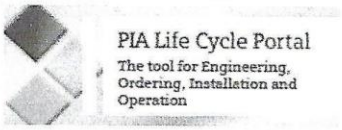
> **Detail**

Range	100mm (4")
Process Temperature	-30 to 100 °C (-40 to 212 °F)
Process Pressure	Up to 10 bar g (145 psi g)

> **Benefits**

- Easy installation with verification by built-in LED
- Low maintenance with no moving parts
- Sensitivity adjustment
- Integrated cable or PBT enclosure versions available
- Intrinsically Safe, Dust Ignition Proof and General Purpose options available

Share this Page: > > > >



More information

> Application guides