

Univerzitet u Beogradu

Gradjevinski fakultet

Katedra za hidrotehniku i vodno-ekološko inženjerstvo



Seminarski rad

Tema:

KORIOLOGIJSKA METODA MERENJA PROTOKA U SISTEMIMA POD PRITISKOM

Studenti:

Vuk Radović 667/19

Božica Savović 644/19

Dušica Marković 645/19

Janko Ćorović 642/19

Predmetni profesor:

prof.dr. Dušan Prodanović dipl. građ. inž.

Predmetni asistent:

doc.dr. Damjan Ivetić dipl. građ.inž.

Miloš Milašinović mast.grač.inž.

Beograd, maj 2020.

Sadržaj

Uvod.....	3
Koriolisov efekat i Koriolisova sila	4
Primena Koriolisove sile na merenje protoka.....	5
Delovi masenog merača	5
Princip merenja	6
Oblici cevi koriolisovih merača protoka.....	9
Senzori sa savijenom cevi – princip rada	10
Senzori sa blago zakrivljenom dvostrukom cevi.....	11
Senzori sa pravom cevi	12
Uticaj temperature i pritiska na tačnost merenja.....	13
Uticaj temperature protočnog medija.....	13
Uticaj pritiska protočnog medija	13
Kompenzacija	14
Tehnike izvođenja mehaničke kompenzacije	15
Prednosti i nedostaci Koriolisove metode.....	15
Proizvodnja Koriolisovih merača protoka	16
Zaključak.....	17
Literatura.....	17

Uvod

Merenje protoka tečnosti i gasova (fluida) neophodno je u mnogim oblastima čovekovog života i rada. Potrebno je znati koliko su građani potrošili vode, koliko gasa struji kroz priključak, koliki je dotok hemikalija u nekom procesu, itd. Metoda merenja protoka razvijene su u mnogim granama tehnike, u medicini, u meteorologiji, u zaštiti životne sredine u raznovrsnim i brojnim laboratorijama.

Protok je količina tečnosti ili gasa koji protekne kroz posmatrani poprečni presek za jedinicu vremena. Za razliku od čvrstih tela dejstvo spoljašnjih veličina na tečnosti i gasove ima posve drugačije efekte, zbog toga su senzori i merila za merenje parametara fluida zasnovani na nešto drugačijim principima. Parametri koji se najčešće mere u tehnici su pritisak, brzina (maseni protok) i nivo fluida. Opredeljivanje za određeni tip merila za merenje parametara fluida zavisi i od cene merila i od cene softvera koji ga prati, kao i od ograničenja koja nameću uslovi primene. Zahtevana tačnost merenja takodje direktno utiče na izbor opreme. Trendovi na tržištu često diktiraju izbor koji inženjerima stoji na raspolaganju. Razvoj digitalne i analogne elektronike, čini današnja merila sve pouzdanijim, lakšim za montažu, upotrebu i održavanje. Poboļšani i standardizovani komunikacioni interfejsi su velika prednost jer omogućavaju povezivanje merila na već postojeće sisteme digitalnog upravljanja u postrojenju. S obzirom da fluidi mogu biti i veoma agresivne sredine (organski rastavarači, kiseline itd.) i da se neretko nalaze pod povećanim pritiskom i temperaturom, posebna pažnja mora se posvetiti tipu materijala od koga je merilo napravljeno ili kojim je zaštićeno od spoljašnjih uticaja. Uređaj mora biti prilagođen vrsti i agresivnosti fluida, što često može da utiče odlučujuće na izbor tipa merila, a samim tim i na cenu.

Merenje protoka u sistemima pod pritiskom su uglavnom jednostavnija, nego merenja kod tokova sa slobodnom površinom. Razlog tome je sto je u sistemima pod pritiskom unapred poznat proticajni presek. Danas se sve češće koriste masene metode merenja protoka. Jedna od preciznijih masenih metoda merenja protoka u sistemima pod pritiskom je Koriolisova metoda. Ova metoda se najčešće primenjuje kada je potrebno tačno merenje, kod agresivnih fluida (često u tehnološkim postrojenjima) i gde nisu preveliki prečnici cevovoda.

Koriolisov efekat i Koriolisova sila

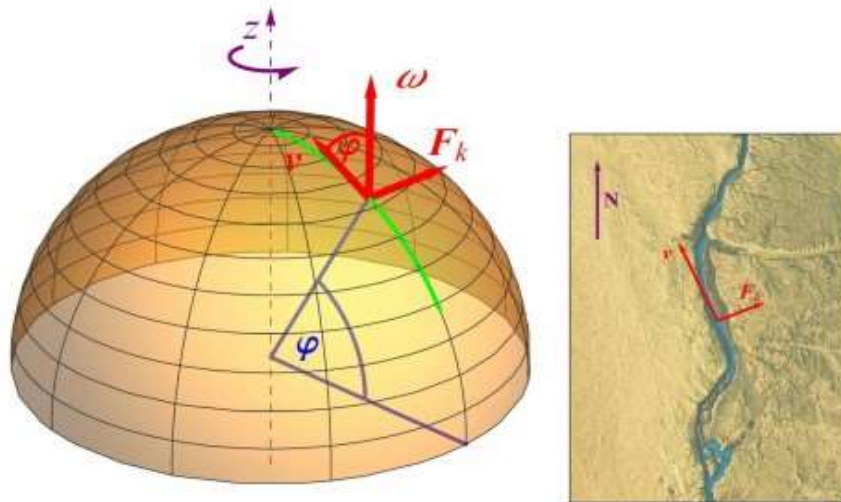
Koriolisov efekat je pojava zakrivljenja pravolinijske putanje objekta koji se kreće u rotirajućem koordinatnom sistemu. Efekat je dobio ime po Gasparu-Gustavu Koriolisu, francuskom naučniku, koji je pojavu opisao 1835. godine. Ovaj efekat je posledica rotacije Zemlje.

Koriolisov efekat je uzrokovan Koriolisovom silom, koja se javlja u jednačinama kretanja u rotirajućem koordinatnom sistemu. Ponekad ovu silu zovu i prividna sila (ili *pseudo sila*), zato što se ne manifestuje kada se posmatra kretanje unutar koordinatnog sistema. Jednačina Koriolisove sile je:

$$\vec{F}_C = -2m\vec{\omega} \times \vec{v}.$$

gde je v brzina elemenata rotirajućeg koordinatnog sistema, a ω vektora ugaone brzine (čiji je intenzitet jednak učestalosti rotacije i paralelan sa osom rotacije) u rotirajućem koordinatnom sistemu.

Ona je normalna na ravan koju, u svakom trenutku, određuju vektori v i ω . Smer se određuje po pravilu za vektorski proizvod. Dakle, ako se telo kreće u sistemu koji rotira na njega će delovati i centrifugalna i Koriolisova sila. Koriolisova sila je vrlo malog intenziteta za realistične brzine tela, ipak njeno delovanje se može primetiti.



Slika 1.

Uticaj Koriolisove sile na vodu je veliki. Delovanje Koriolisove sile se primećuje na obalama reka, naročito onim rekama koje teku približno duž meridijana. Pravac i smer Koriolisove sile koja deluje na telo koje se kreće ka severu, na severnoj polulopti je prikazano na slici 1. Premda je sila malog intenziteta, tokom dugog vremenskog perioda delovanja, sila izaziva nešto veću eroziju obale ka kojoj deluje. U primeru sa slike, to je desna obala reke. Na južnoj polulopti kod reka koje teku duž meridijana, više erodira leva obala. Čim se voda pokrene, Koriolisova sila utiče na njeno kretanje. Dakle, ispod površine, okeani su vrlo živa vodena prostranstva. Na sve velike vodene struje utiče Koriolisova sila.

Primena Koriolisove sile na merenje protoka

Koriolisovo ubrzanje je jednako dvostrukoj vrednosti vektorskog proizvoda ugaone brzine rotirajućeg sistema i linearne brzine objekta koji se kreće. Kada primenimo ovo na vibrirajuću cev, ugaona brzina ω potice od prinudne vibracije sistema koja osciluje sa jedne strane na drugu prirodnom frekvencijom. Linearne brzine dolazi usled protoka fluida kroz cev.

Prema drugom Njutnovom zakonu ubrzanje pri kretanju koje telo dobija srazmerno je jačini sile koja na nju deluje, a obrnuto srazmerna masi tog tela. Uzimanjem u obzir i masu fluida koji protice kroz cev dobija se Koriolisova sila koja deluje celom dužinom cevi. Kada nema protoka, usled prinudne vibracije, cev će se uniformno kretati u svim njenim delovima. Dok u slučaju kada ima protok Koriolisova sila će težiti da promeni oblik cevi, dolazi do promene prirodne frekvencije i do neusaglasenog kretanja delova cevi. Tako da se period oscilovanja ulaznog i izlaznog dela cevi razlikuju. Merenjem tih razlika možemo da sračunamo maseni protok.

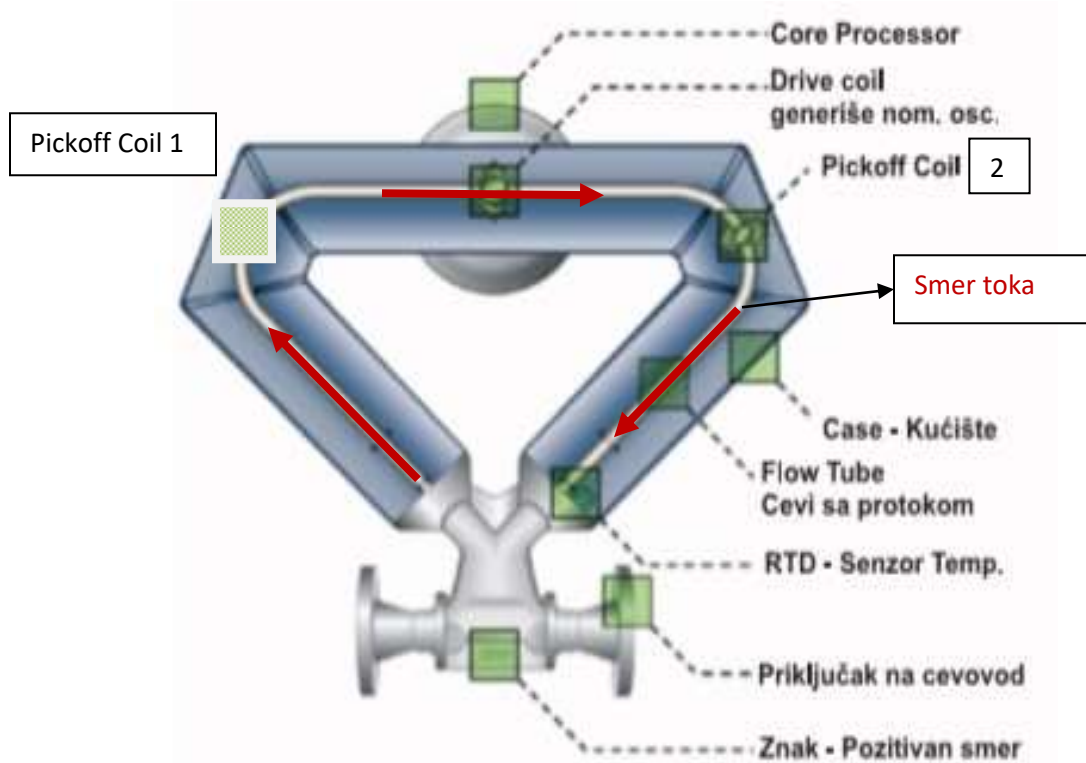
Delovi masenog merača

Najčešća konstrukcija masenog merača prikazanog na Slici 2. Glavni delovi masenog merača su:

- dve paralelne cevi (flow tube) kroz koje istovremeno protiče ista količina tečnosti,
- elektromagnetni pokretač (drive coil) koji stvara oscilovanje cevi na rezonantnoj učestanosti,
- elektromagnetni senzori (pickoff coil) postavljeni na simetričnim krajevima cevi u odnosu na elektromagnetni pokretač koji generiše nominalne oscilacije, a u kojima se indukuje elektromotorna sila, tj meri električni signal,
- merno-upravljački električni sklop (core processor) - sofisticirana elektronika i upravljanje senzorom, obrada signala i sva neophodna izračunavanja,

-davač temperature RTD sensor,

-kućište sa priključkom na cevovod - zaštita elektronskih komponenti i zaštita od spoljašnje korozije.



Slika 2.

Princip merenja

Kada je Koriolis merač ispunjen tečnošću, gasom ili mešavinom centrifugalna sila deluje na teže fluide, potiskujući ih prema spoljnom delu cevi dok lakši fluidi ostaju u unutrašnjem delu. Ukoliko je u cevi nestišljiv fluid, fluid i cev se pomeraju zajedno što omogućava tačno merenje masenog protoka i gustine.

Cev prinudno osciluje sopstvenom frekvencijom normalno na pravac kretanja tečnosti. Usled delovanja Koriolisove sile dolazi do uvrtnja. Pojava Koriolisovog ubrzanja kome se opire fluid svojom masom je posledica istovremenog postojanja translatorne brzine fluida zbog njegovog

proticanja kroz cev senzora i prenosne ugaone brzine nastale usled prinudnog oscilovanja iste cevi. Koriolisovo ubrzanje je vektorski proizvod ugaone i translatorne brzine tako da Koriolisova inercijalna sila u prikazanom merilu deluje u ravni koja je normalna na ravan cevi u smeru koji se menja u zavisnosti od smera kretanja cevi usled oscilacija (Slika 3.). Koriolisova sila na levom kraju merača ima suprotan smer od onog na desnom kraju što dovodi do „izvijanja“ cevi i faznog pomaka između leve i desne sinusoide..

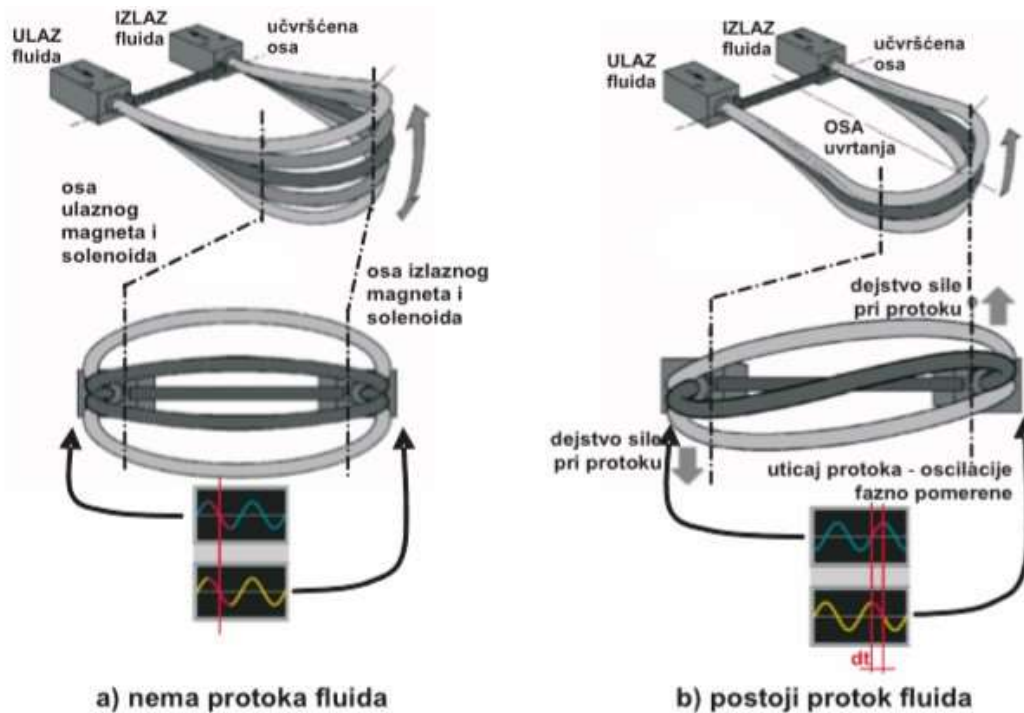
Pomoću elektromagnetnog pokretača, pogonskog kalema (drive coil), ove dve cevi se dovode u rezonantno oscilovanje oko fiksne ose u ulaznom kalem. Elektromagnetni induktivni kalem koji se nalazi na cevi blize ulazu fluida, će se indukovati elektromotorna sila E_1 :

$$E_1 = E_1 \sin(2\pi f_1 t + \varphi_1)$$

U izlaznom kalem, elektromagnetni induktivni kalem koji se nalazi na cevi bliže izlazu fluida, takođe će se indukovati elektromotorna sila:

$$E_2 = E_2 \sin(2\pi f_2 t + \varphi_2)$$

Učestalosti ove dve elektromotorne sile će uvek biti jednake $f_1=f_2$, a razlika faza $\Delta\varphi$ će zavistiti od protoka fluida. Fazna razlika indukovanih elektricnih signala je u direktnoj srazmeri sa apsolutnom vrednošću Koriolisove sile. Princip rada merača je prikazan na slici (Slika 3.)



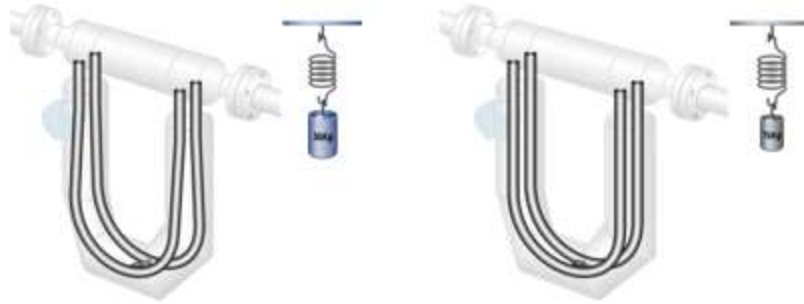
Slika 3

U slučaju da nema protoka fluida, tada izostaje delovanje Koriolisove sile pa su ova dva električna signala u fazi.

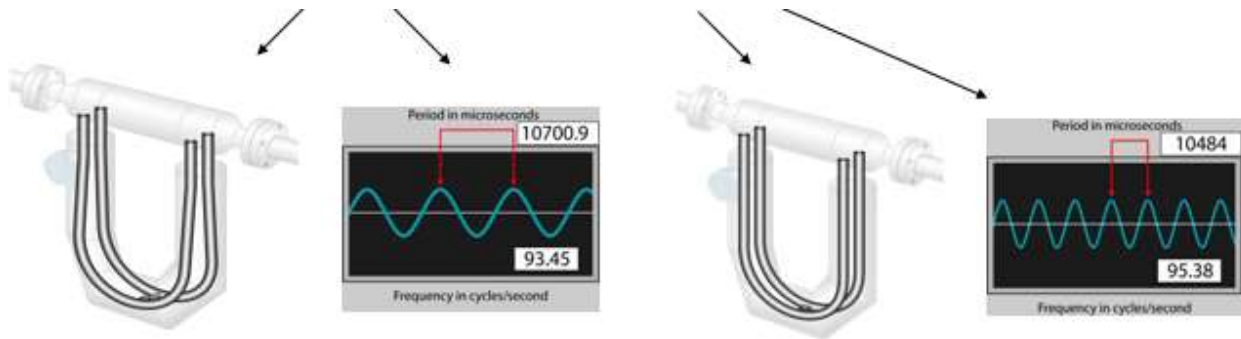
Analogija Koriolis senzora sa sistemom opruge i mase:

- cevi protoka = opruga
- masa cevi + masa fluida = masa na kraju opruge

Namotaj pobude uzrokuje oscilacije cevi na njihovoj prirodnoj frekvenciji. Povećanjem mase fluida smanjuje se prirodna frekvencija i obratno. Gustina se meri pomoću merenja izmerenog perioda cevi u μs , direktno je proporcionalna periodu cevi.



Slika 4



Slika 5 Povećanje i smanjenje gustine

Oblici cevi koriolisovih merača protoka

Cevi koriolisovih merača protoka se izrađuju u različitim oblicima:

1. Dvostruka zakrivljena cev – najbolje performanse

- Najveća osetljivost
- Najveći opseg merenja “turndown”

(odnos minimalnog i maksimalnog protoka koji se meri traženom tačnošću)



- Najbolja tačnost merenja gustine
- Niska učestalost – najbolje performanse pri dvofaznom protoku

2. Blago zakrivljena dvostruka cev – kompaktnost

- Lošije performanse u odnosu na zakrivljene cevi
- Niža tačnost merenja gustine
- Viša frekvencija oscilovanja ograničava rad pri dvofaznom fluidu
- Mogućnost dreniranja



3. Ravna cev

- Optimizovana da spreči zapušavanje, obezbedi dreniranje i čišćenje
- Lošije performanse u smislu opsega i tačnosti u odnosu na zakrivljene senzore
- Osetljiviji na sekundarne efekte od zakrivljenih merača



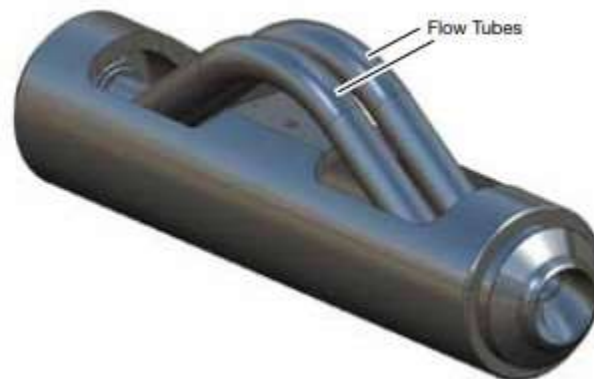
Senzori sa savijenom cevi – princip rada

Dvostruka zakrivljena cev spada u merače sa najboljim performansama, sa visokim nivoom tačnosti. Polovina fluida prolazi kroz svaku cev. Pobuda proizvodi oscilacije cevi, a *pickoff* namotaji se nalaze na jednoj cevi a magneti na opozicionoj. Svaki namotaj se ravnomerno kreće kroz magnetno polje susednog magneta. Napon je generisan od svakog *pickoff*-a i kreira sinusni talas. Sinusni talasi se javljaju usled kretanja jedne cevi u odnosu na drugu (pomeraj). Ako nema protoka, nema Koriolis sile, i sinusni talasi su u fazi. Kada se protok pojavi, dolazi do dejstva Koriolisove sile i torzije cevi. Tada se javlja vremensko kašnjenje između sinusnih talasa (ulaz kasni za izlazom). To kašnjenje (ΔT – meri se u μs) direktno je proporcionalno vrednosti masenog protoka. Cev je od nerđajućeg čelika. Tanje cevi se koriste za merenje protoka gasova, a deblje za tečnosti. Vibriranje cevi se ostvaruje spoljašnjim elektromehaničkim sistemom. Uvrtnje cevi je direktno proporcionalno masenom protoku



Slika 6

Senzori sa blago zakrivljenom dvostrukom cevi



Slika 7

Ovi senzori imaju losije performanse u odnosu na zakrivljene cevi. Poseduju nižu tačnost merenja gustine. Zbog više frekvencije oscilovanja omogućen je rad pri dvofaznom fluidu.

Senzori sa pravom cevi

Instalacija je u liniji sa procesnim cevovodom .To omogućava lako pražnjenje cevi.

Fluid prolazi kroz samo jednu cev okruženu sa referentnom (praznom) cevi. Referentna cev se savija protivdejavujuće u odnosu na cev protoka i prilagođava svoju oscilaciju cevi protoka. Kućište prelaza obezbeđuje izolaciju od spoljašnjih vibracija. Ravna cev je optimizovana da spreči zapušavanje, obezbedi dreniranje i čišćenje. Ima lošije performanse u smislu opsega i tačnosti u odnosu na zakrivljene senzore.



Slika 7

Osobine senzora sa pravom cevi:

- prednost – mali pad pritiska na meraču,
- delovi slični kao i kod senzora sa savijenom cevi – ima još tzv. referentnu cev i kućište prelaza,
- koriste se cevi od titanijuma,
- referentna cev – deluje kao sekundarna cev protoka, služi kao držač za namotaje, osciluje u protivdejavstvu na cev protoka,
- kućište prelaza – pričvrćuje merni sistem (cev protoka i referentnu cev) za kućište,
- namotaji (pobuda i *pickoff*-ovi) se nalaze na referentnoj cevi, a magneti na cevi protoka.

Uticaj temperature i pritiska na tačnost merenja

Kalibracija masenih merila se obično vrši na kalibracionom prstenu vodom u ambijentalnim uslovima pod pritiskom od 1 bar. Dobijeni kalibracioni koeficient reprezentuje elastičnost (krutost) materijala cevi senzora i njegovu konstrukciju u uslovima kalibracije. U nastavku se smatra da se konstrukcija merila ne menja usled promene temperature i pritiska. Obzirom da je elastičnost (krutost) materijala posledica njegove strukture logično je pretpostaviti da će se ona menjati usled promene temperature i pritiska.

Uticaj temperature protočnog medija

Zbog mogućnosti zabune naglašava se da se razmatra isključivo uticaj promene temperature na merilo jer uticaja temperature na masu fluida nema. Povećanjem temperature se smanjuje krutost cevi što dovodi do toga da se fazni pomak između leve i desne sinusoide za isti protok povećava. Tačna mera ovog uticaja zavisnosti od materijala, konstrukcije i veličine merila i iznosi oko 4% merene vrednosti za promenu temperature od 100 K. Imajući u vidu da je promena temperature procesnih medija očekivana u većini procesa, svi proizvođači merila su uveli obavezno kompenzaciono merenje temperature cevi u samom merilu i na taj način eliminisali uticaj promene temperature na tačnost merenja.

Uticaj pritiska protočnog medija

Analogno uticaju temperature razmatramo i uticaj pritiska. Porastom pritiska povećava se krutost cevi čime se skraćuje fazni pomak između leve i desne sinusoide u odnosu na pomak pri uslovima kalibracije. Ovaj efekat je takođe merljiv iznosi 0.003% – 0.015% po jednom bar-u razlike pritiska u odnosu na kalibracioni. Kompenzacija ovog efekta nije usvojena ka obavezno svojstvo merila masenog protoka.

Kompenzacija

Odluka o uvođenju kompenzacije uticaja varijacije pritiska na tačnost merenja zavisi, ne samo od tehničkih mogućnosti, već i od komercijalne opravdanosti za pojedine aplikacije merenja protoka fluida.

Treba imati u vidu da postoje dve uobičajene tehnike kompenzacije:

- Statička kompenzacija je kompenzacija unošenjem približnog radnog pritiska u softver merila koji će izračunati efekat razlike pritiska u odnosu na kalibracioni i za izračunati iznos korigovati izmeren maseni protok.
- Dinamička kompenzacija koja obezbeđuje kontinualno merenje radnog pritiska ispred merila, izračunavanje efekta razlike pritiska u odnosu na kalibracioni i korekcije izmerenog masenog protoka.

Jedan od ciljeva je predstavljanje efekta promene pritiska u zavisnosti od primene i time objektivno sagledavanje potrebe za statičkom i dinamičkom kompenzacijom.

Imajući u vidu naveden podatak o uticaju promene pritiska i usvajajući da je dozvoljen uticaj promene pritiska 1/3 ukupne dozvoljene greške merila mogu se izneti sledeći jednostavni zaključci:

- Statička kompenzacija uticaja pritiska za merila klase tačnosti 0.5% ima smisla ukoliko se očekuje rad na pritisku koji je za 10 bara veći od kalibracionog ali se očekuje da je radni pritisak stabilan. Za očekivan promenljiv radni pritisak čiji je opseg promane 10 bar ili veći potrebna je dinamička kompenzacija pritiska.
- Statička kompenzacija uticaja pritiska za merila klase tačnosti 0.3% ima smisla ukoliko se očekuje rad na pritisku koji je za 7 bara veći od kalibracionog ali se očekuje da je radni pritisak stabilan. Za očekivan promenljiv radni pritisak čiji je opseg promane 7 bar ili veći potrebna je dinamička kompenzacija pritiska.
- Statička kompenzacija uticaja pritiska za merila klase tačnosti 0.1% ima smisla ukoliko se očekuje rad na pritisku koji je za 2 bara veći od kalibracionog ali se očekuje da je radni pritisak stabilan. Za očekivan promenljiv radni pritisak čiji je opseg promane 2 bar ili veći potrebna je dinamička kompenzacija pritiska.

U procesnim uslovima je održavanje pritiska u opsegu od 2 bara oko neke radne tačke moguće u slučaju da se merilo protoka nalazi blizu mesta gde je ostvarena regulacija pritiska. Međutim redak je slučaj da postoji samo jedna radna tačka i zato je poželjno da uvek postoji dinamička kompenzacija pritiska za merilo klase 0.1%

- Prethodni zaključak je još izraženiji za merila tačnosti 0.05%.

Tehnike izvođenja mehaničke kompenzacije

Za sada na tržištu postoje dve ostvarene tehnike kompenzacije uticaja pritiska na tačnost merenja masenog merila protoka:

1. Statička kompenzacija koja se ostvaruje upisom radnog pritiska kao kompenzacionog parametra. Ovakva statička kompenzacija se može unaprediti u kvazidinamički ukoliko se transponder protoka poveže sa sistemom upravljanja (DCS, PLC) digitalnom komunikacionom vezom i iz tog sistema se povremeno promeni vrednost radnog pritiska kada sistem kontrolisano menja radnu tačku ili kada meri radni pritisak.
2. Pravu dinamičku kompenzaciju po pritisku je za sada realizovao jedino proizvođač Emerson-Micro Motion. Ispred coriolis merila se na cevovod postavlja dvožični transponder pritiska sa sa HART izlazom. Transponder se tada povezuje na primarni analogni izlaz transpondera protoka. Koristeći HART protokol informacija o izmerenom pritisku se predaje merilu protoka koji je koristi za korekciju. Na ovaj način transponder protoka očitava vrednost pritiska sa merila pritiska jednom u sekundi preračunava efekat i koriguje mereni maseni protok.

Prednosti i nedostaci Koriolisove metode

Prednosti: Najveća prednost Koriolisovih merača protoka je u tome što mere maseni protok, a ne zapreminski. Upravo zato što je masa nezavisna od promene pritiska, temperature, viskoznosti i gustine, oscilacije tih parametara u određenim granicama nemaju uticaj na tačnost merača, koja je obično oko 0,05% masenog protoka. Koriolisovi merači protoka mogu meriti gustinu fluida upoređujući rezonantnu frekvencu merene tečnosti sa gustinom vode. Poznavajući gustinu moguće je softverski izračunati masu u zapreminu ili procenat čvrstog. Koriolisovi merači protoka imaju zanemarljivo mali pad pritiska za fluide sa malom viskoznošću. Odnos maksimalnog i minimalnog protoka (engl. turndown) od 100:1 nije redak slučaj. Vek trajanja i pouzdanost Koriolisovih merača protoka su veliki ako u fluidu nema čvrstih čestica. Ako se ugradi pravilno, vertikalno instaliran merač se prazni, tako da neće zadržavati fluid kada je cev prazna.

Nedostaci: Zbog svoje tačnosti i pouzdanosti Koriolisovi merači protoka su relativno skupi. Ako se uzme u obzir relativno jeftina ugradnja i činjenica da Koriolisovi merači protoka mogu, zbog svoje tačnosti, znatno smanjiti troškove proizvodnje i povećati efikasnost, ulaganje je isplativo. Glavno ograničenje Koriolisovog merača protoka je u tome da pad pritiska kroz merač raste sa porastom viskoznosti. Za vrlo viskozne fluide potrebno je proveriti da li je pad pritiska na maksimalnom protoku prihvatljiv i unutar dopuštenih granica. Još jedan od nedostataka ovih merača je to što se ne rade za velike protoke i prečnike. Kada je cev ispunjena kompresibilnim gasom, molekuli gasa se pomeraju više od pomeraja cevi što dovodi do pozitivne greške pri očitavanju masenog protoka i gustine. Ako je oscilujuća cev ispunjena delimično kompresibilnom mešavinom molekuli težeg fluida se pomeraju više, a molekuli lakšeg manje od pomeraja cevi što dovodi do pozitivne greške pri očitavanju masenog protoka i gustine koja se ne može korigovati

Proizvodnja Koriolisovih merača protoka

Koriolisovi merači protoka predstavljaju skuplje senzore i cena im se obično kreće od 7000 do 27000 \$, jer su posebno pogodni za obračunska merenja, pre svega u naftnoj industriji. Senzor nema pokretnih delova, pa je održavanje jednostavno i isplativo. Brojni su proizvođači koriolisovih merača protoka. Neki od najpoznatijih proizvođača su Emerson, ABB, Krohne, Bronkhorst, Sierra i dr. Nazivni prečnici koriolis merača protoka su u opsegu od DN1 do DN250. Prosečne temperature se kreću u velikom rasponu, od -50 do 200 °C. Nazivni pritisci su PN16...PN400, CI 150...600, JIS10...63K. Tačnost merenja varira od proizvođača do proizvođača. Kao primer uzećemo ELITE senzore, koji se smatraju kao jedna od najnaprednijih familija koriolis masenih merača. Neke od osnovnih tehničkih karakteristika ovog proizvođača su:

-tačnost izmerenog protoka tečnosti $\varepsilon(q_m) \leq \pm 0,05\%$

-tačnost izmerene gustine tečnosti $\varepsilon(\rho) \leq \pm 0,02\%$

-tačnost izmerene temperature tečnosti..... $\varepsilon(t) \leq \pm 0,5\%$

Zaključak

Koriolis ili maseni merači su veoma pouzdani uređaji koji omogućavaju merenje masenog i zapreminskog protoka, gustine, koncentracije i temperature pomoću jednog mernog uređaja. Masa bilo kog sistema ostaje uvek ista bez obzira na procese koji se u njemu odvijaju. Masa je mera količine supstancije i nijedna fizička veličina se ne može porediti sa masom.

Česte su primene na merenju koncentracije i protoka rastvora šećera, alkohola kao i gustine mleka u prehrambenoj industriji.

Druge tipične primene su doziranje skupih biocida i visoko precizno snabdevanje gorivom gorionika u elektranama gde se značajno povećava efikasnost putem direktnog merenja mase goriva. U hemijskoj i petrohemijskoj industriji je idealan za doziranje raznih vrsta viskozni fluida, ulja, rastvarača hemikalija.

U hidrotehnici se Koriolisovi merači protoka sve češće upotrebljavaju u sistemima za proveru tačnosti drugih, jeftinijih merila protoka. Vrhunska preciznost, superioran dizajn, male ugradbene mere i jednostavna ugradnja su samo neki od razloga zbog sve češće primene ovih merača protoka. Ovi merači protoka daju pouzdane i tačne rezultate u bezbrojnim aplikacijama za merenje protoka.

Literatura

<http://nobel.etf.bg.ac.rs/studiranje/kursevi/of3ftm/materijali/secure/FTM%20-%20Prezentacija%2010%20-%20Merenje%20protoka.pdf?fbclid=IwAR1pY1T5BKdf0EW4vSVcZmaEhgQFDojjO4IxfBYHVxjEACT6lzb1JcCagKc>

<https://mehatronika.gomodesign.rs/coriolis-maseni-meraci/?fbclid=IwAR17KC73ahvHKN6j2WEHGhhu5Poa5qOss1cXaA-NXVRHLYUd-4t2V4xCDoc>

https://www.automatika.rs/vesti/novi-proizvodi/merenje-protoka-vrhunska-ekspertiza-u-razlicitim-aplikacijama.html?fbclid=IwAR05pwxGXkR_29kSdpN_C32CWVqkRo4b82Cv9pEVQu5Vuuz_FvUKDLQ_FKY

https://www.flowcontrolnetwork.com/instrumentation/flow-measurement/coriolis/article/15555628/coriolis-effect-flow-meters-all-you-need-to-know?fbclid=IwAR3c0KJ5eZzK51WnTuSLvRw2lFhuZ2doiqLHyfnDng0JA_B6LbcazYiG8M

https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/coriolis-meter?fbclid=IwAR3RGvVAD0jgQORtTQ_gcxzSG8yK7auimWqS5V8sQw42CCKPIe8j_6S4GI

https://sr.wikipedia.org/sr-ec/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%81%D0%BE%D0%B2_%D0%B5%D1%84%D0%B5%D0%BA%D0%B0%D1%82