● Kolicina materijala izrazena u zapremini koja je prosla kroz poprecni presek za neki vremenski period dobijemo Qv.

Poprecni presek treba da bude konstantan. Zapreminski protok je brzina puta poprecni presek -> svede se na odredjivanje brzine posto znamo poprecni presek.

Maseni protok- kolika masa materijala prodje kroz poprecni presek u jedinici vremena.

Odredjujemo srednju brzinu na poprecnom preseku.

●Gustina zavisi od temperature i pritiska. Zapreminski protok ne predstavlja istu kolicinu materijala na razlicitim temperaturama i pritiscima -> odredjuje se maseni protok gasa. Zapreminski protok mnozimo sa gustinom gasa na toj temperaturi i pritisku na kojim smo odredili taj protok.

●Svodi se na merenje tezine tj. mase materijala. Dobije se maseni protok. Koriste se transportne trake jer se tako najcesce prenosi materijal pa se taj sistem koristi i za merenje protoka. Ako imamo transportnu traku, imamo valjke preko kojih prelazi traka, u jednom delu trake se postavi sistem za merenje tezine gde se meri kolika je kolicina materijala u tom trenutku u tom delu trake -> zna se brzina kretanja materijala = brzina kretanja trake, i zna se duzina segmenta trake na kom merimo masu, i dobijemo maseni protok. L se odredjuje na osnovu konstrukcionog resenja. Nemamo poprecni presek.

● Sluzi za merenje brzine kretanja fluida u cevovodu. Mnozenjem brzine sa poprecnim presekom cevi dobija se protok. Kad se postavi prepreka, fluid na izlazu iz prepreke ima povecanu brzinu. K zavisi od odnosa poprecnog preseka cevovoda i merne blende (prigusnice) i zavisi od karakteristike fluida.

●Posto je u toj cevi suzenje manjeg poprecnog preseka, fluid ce morati da poveca brzinu da bi brzina puta poprecni presek u tacki A0 bila jednaka brzina puta poprecni presek u tacki A1. Posto dolazi do povecanja brzine i vazi Bernulijeva jednacina, pritisak se smanji u toj tacki -> pritisak u A0 manji. Zbog svoje prirode, fluid kad protice jos vise smanjuje poprecni presek -> na izlasku iz suzenja se poprecni presek smanjuje i posle se povecava i vraca u normalni. Najjednostavnije je merna blenda- disk probusen na sredini. Meri se diferencijalni pritisak- razlika pritisaka sa jedne i druge strane blende, dobijemo brzinu na osnovu toga, pomnozimo sa poprecnim presekom i dobijemo zapreminski protok. Moze biti problem kad imamo strujanje materijala, merna blenda osim toga sto dovodi do pada pritiska na izlazu tu gde merimo onda nekad dovodi do gubitka u pritisku i citavom sistemu -> kad se posle uspostavi normalan merni protok, on ce biti manji nego normalan pre ulaska u blendu -> bledna ubacuje odredjene

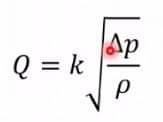
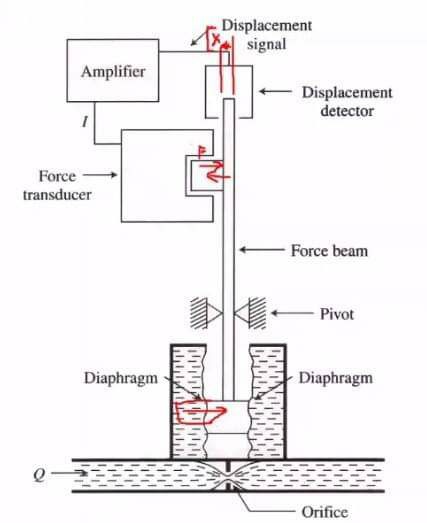
gubitke i pored toga ako materijal ima abrazivne necistoce, moze doci do habanja blende pa se umesto nje moze staviti merna mlaznica koja radi isto samo manje agresivno pravi promenu u strujanju i dovodi do manjeg pada pritiska tj. manjih gubitaka kasnije i manje je habanje. Mgze i Venturijeva mlaznica gde se postepeno povecava poprecni presek cevi i jos manje gubitke unosi. Ili Venturijeva cev koja postepeno unosi smanjenje poprecnog preseka i merimo razliku pritiska na najmanjem poprecnom preseku i na pocetnom poprecnom preseku. Najkontrolisanija je i zauzima veliki prostor

Najcesce se merna blenda koristi. Moze pritisak da se meri u okolini merne blende ili na tacki koja je udaljena od merne blende za jedan precnik na ulasku i na izlasku na tacki na kojoj se nalazi najmanji poprecni presek (vena contracta, oko 0.4 x precnik cevovoda).

Treba meriti direktni diferencijalni pritisak pomocu diferencijalnog senzora pritiska da bismo dobili sto manju gresku merenja, a ne oba

pritiska pa oduzmemo, jer mozemo imati veliku gresku (10% od max razlike koju treba da izmerimo) kad oduzmemo pritiske.

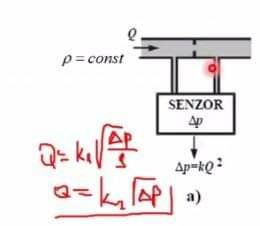
● Diferencijalni senzor pritiska kompenzacijskog tipa- pritisak koji ide ispred se dovodi sa jedne strane membrane (levo), koji ide iza sa druge (desno), i posto je pritisak ispred veci nego pritisak iza, dolazilo bi do toga da se sa leve strane generise sila koja deluje (desno) na mehanicki sistem gde imamo polugu koja ce delovati na levu stranu i dolazi gore do pomeranja poluge x koje ide na pojacavac. Sto vece pomeranje generise vecu struju i ta struja povecava silu na pretvaracu sile i on generise kontrasilu na desno i ona ce se povecavati dok x ne bude jednako 0. Sila koju generise oretcarac sile ce biti mera sile koju smo dobili kao pritisak puta povrsina poprecnog preseka membrane. Mozemo znati kolika se sila generisala na pretvaracu sile, a onda znamo kolika je sila i na membrani pa znamo koliki je i diferencijalni



pritisak.

Posto je zavisnost protoka od diferencijalnog pritiska takva da je

posto je ro za fluide konstantno, zavisnost lrotoka od diferencijalnog pritiska je korena pa je zavisnost izlaznog signala od protoka kvadratna. Signal na slici predstavlja dp.



● A) Obican, najnormalniji senzor protoka koji koristi senzor diferencijalnog pritiska, ako imamo tecnost na priblizno konstantnoj temperaturi, zapremina ce biti konstantna i ako merimo razliku pritisaka posto je ro = const, ro ulazi u konstantu k.

B) Ako ne merimo protok fluida konstante gustine, moramo da stavimo senzor gustine ako sistem ima mogucnost da se montira i na osnovu signala sa senzora gustine i senzora diferencijalnog pritiska moze da se odredi protok. Odredimo gustinu u radnim uslovima, zatim zapreminski protok u radnim uslovima i onda maseni protok u radnim uslovima kad Q



pomnozimo sa ro.

C) Ako merimo protok gasova, sigurno nam treba ro, ako ne merimo direktno ro, onda stavljamo senzor temperature, senzor pritiska i na osnovu ovog izraza

dobijemo ro.

I onda ako znamo ro u normalnim uslovima posto je senzor na slici za normalne uslove tj. ne meri se preko senzora nego se zna za taj gas u normalnim uslovima kolika je gustina, na osnovu pritiska, temperature i gustine u normalnim uslovima moze se odrediti gustina u radnim uslovima i ubaci se u formulu za Q pod B) zajedno sa merenim ro i dobije se zapreminski protok.

D) Tecnosti kod kojih se znacajno menja temperatura pa i zapremina, mora se meriti temperatura i na osnovu senzora temperature i poznavanja karakteristika materijala (gustina na odredjenim temperaturama- ti podaci se nalaze

u mikroprocesoru), znamo kolika je gustina, opet ubacimo u formulu pod B).

Prvi je najjednostavniji, ili za gasove koristimo pod C) gde se meri pritisak i temperatura i na osnovu toga se odredjuje gustina gasa.

● Unutar cevovoda s emkntira turbina koja mora da ima nosace na kojima treba da lezi, neko vratilo, rotor lezi na nosacima. Prednji nosac sluzi kao prilagodjavac toka, usmera se njegov tok i prelazi preko rotora tj. preko turbine. Usled protoka fluida deluje na rotor i dolazi do obrtanja turbine. Broj obrtaja tj. brzina obrtanja je direktno proporcionalna brzini fluida. Poznavanjem broja obrtaja turbine u jedinici vremena i poznavanjem k mozemo odrediti brzinu fluida i obrnuto, ako znamo brzinu fluida pkmnozimo je sa poprecnim presekom cevovoda i dobijemo zapreminski protok. K je konstanta proporcionalnosti izmedju brzine i broja obrtaja. Moramo znati koliko brzo se obrce turbina, to se prati tako sto sto imamo induktivni senzor koji

sluzi za merenje brzine, a turbina je od feromagnetnog materijala i kad se lopatica turbine priblizi induktuvnom senzoru dolazi do promene induktivnosti kalema koji je osnova senzora i generise se visa vrednost signala na izlazu iz senzora. Kad nema lopatice dobicemo smanjenu induktivnost. Na izlazu senzora imamo periodican signal i vrh signala kad je lopatica ispred senzora, frekvencija tog signala zavisi od brzine kretanja rotora. Taj signal preko pretvaraca moze da se pretvori u kontinualan signal pa sam senzor moze da radi kao enkoder, a moze i takos to ce se frekvencija pretvoriti u standardni strujni ili naponski signal. U je proporcionalno n.

● Mozemo imati i permanentni magnet na svakom obrtaju i na samom cevovodu namotaj koji sluzi za detekciju magneta ili senzor za detekciju magneta kad lopatica sa magnetom prodje ispod njega.

● k nije vas konstantno za sve opsege brzine kretanja fluida, zato se uzima r/Nk. N/K bi bio protok. Bazdarena kriva nije u potpunosti linearna jer za male lrotoke nece biti generisana dovoljna sila da se savlada trenje u lezajevima turbine. Povecavanjem protoka i brzine se smanjuje trenje. Izmejdu Qmin i Qmax izmedju kojih bi trebalo da se koristi turbinski protokomer zavisnost je dosta linearna. Koliko dovro je linearna definise se na samom senzoru, definise se opseg A. Greska u linearnosti u mernom opsegu je definisana odstupanjem koeficienta protokomera od njegove srednje vrednosti. Na mernom opsegu A izmejdu 40 i 100% je mala greska linearnosti, a za opseg od 10-100% imamo gresku u linearnosti B koja je veca. I onda se definisu greske u linearnosti za opsege A i B. Za malo vece protoke mogu se smatrati da su linearni, za male i ne.

● Zasnivaju se na odvajanju vrtloga iza prepreke koja je postavljena u toku fluida. Imamo cevovod

i fluid brzine V dolazi do prepreke, on zaobilazi prepreku, smanjuje se prostor kroz koji moze da prodje i zbog jednacine kontinuiteta dolazi do povecanja brzine da bi sa vecom brzinom kroz manji poprecni presek odrzali protok. Posto brzina raste, zbog Bernulijeve jednacine pritisak ce postepeno da pada oko te rpepreke, a kad prodje prepreku brzina ce se smanjivati jer raste poprecni presek, pritisak raste i zbog toga se sa jedne strane prepreke formira visi pritisak, sa druge nizi i zbog te razlike u pritiscima se odvaja pogranicni sloj fluida iza preprege u oblikh vrtloga koji se naizmenicno stvaraju da gornjoj i donjoj strani. Direktna zavisnost frekvencije vrtloga od brzine toka. Zavisi i od preseka cevovoda. Ta medjuzavisnost se naziva Stohalov broj. Ako poznajemo Stohalov broj za te uslove strujanja, precnik cevovoda i merenu frekvenciju mozemo dobiti brzinu toka. Stohalov broj zavisi od vrste cevovoda, uslova strujanja...

● Da bismo izracunali brzinu moramo da odredimo frekvenciju odvajanja vrtloga jer zbog turbulencija koje se desavaju zbog vrtloga dolazi do fluktuacije brzine i pritiska na tim mestima, i frekvencina oscilovanja brzine i pritiska jednaka je frekvenciji odvajanja. Da bismo detektovali vrtloge mozemo upotrebiti senzor brzine ili senzor pritiska iza prepreke. Najcesce je to senzor pritiska. Najcesce se detektuje preko piezoelementa ili mehanickog senzora.

\*Imamo neki element koji je kao klackalica i klacka se svaki put kad naidje vrtlog na jednu i na drugu stranu. Odredjivanjem frekvencije klackanja se dobije frekvencija odvajanja vrtloga. Toliko je dobro uravnotezen da vibracije samog cevovoda nece uticati na klackanje, vec samo vrtlozi. Veca brzina-brze oscilacije. Ako je brzina previse mala, moze da se napravi suzenje.

\*Indukcioni (magnetski) protokomer- radi na principu Faradejevog zakona indukcije = ako

imamo relativno kretanje provodnika u odnosu na magentno polje, na osnovu gustine magnetnog fluksa normalnog na provodnik moze da se doredi koliki je napon na krajevima provodnika. E=Blv

B = Gustina magnetnig fluksa

l = Duzina provodnika

V= Relativna brzina kretanja provodnika u odnosu na magnetno polje

To je princip na kom rade istosmerni generatori napona.

Imamo fluid koji se krece kroz magnetno polje. Ako fluid dekuje kao provodnik, on mora biti od provodne tecnosti -> kao da imamo provodnik duzine l koji odgovara poprecnom preseku cevovda D -> mozemo meriti napon da krajevima cevovoda i on je Blv. Treba vkditi eacuna da deo cevovoda kroz koji protice fluod i gde je mintiran protokomer mora biti od nekog neferomagnetnog materijala, mora biti od izolatora, jer ako nije, doci ce do kratkog spoja fluida sa obe strane i ne bi bilo napona. Ako je

neferomagnetni materijal provodan, mora biti oblozen dodatnim izolatorom.

\*Pravi se magnetno polje duzinom celog cevovda, postave se 2 prikljucka sa unutrasnjih strana i merimo napon izmedju te 2 tacke. Treba biti cevovod od neferomagnetnog materijala i izolovan. Usled delovanja magnetnog polja kad dodje do protoka doci ce do skupljanja + i - cedtica i merenjem napona se odredjuje protok. Veca brzina -> veci napon. Desava se da kad se meri napon, mogu da se pojave smetnje isled eksternih ili sama tecnkst da generise neki svoj napon koja je posledica elektrohemijskog efekta. Te smetnje su kontantnog intenziteta i uvek se sabiraju ili oduzimaju s nasim naponom. I zato se napravi promenljivo magnetno polje (menjamo sta je sever sta je jug kod magneta) pa ce i sinusidalno da se menja naponski signal, ofset je konstantan i on ce lako da se izgubi jer nam treba amplituda tog prostoperiodicnog signala da bi se isfiltrirao.

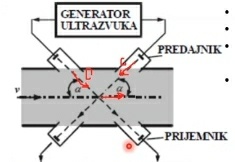
● Moze da se napravi elektromagnet na osnovu promenljivog napona , tj. promenljivim magnetnim poljem dobijamo promenljiv (prostoperiodican) napon i merenjem samo amplitude na odgkvarjaucoj frekvenciji mozemo dobiti bolju informaciju tj. otklonjen signal smetnji konstantne amplitude. Merimo indukovan AC napon i posle se iz njega izmeri DC komponenta.

\* Kod ultrazvucnih postavi se predajnik s jedne i prijemnik s druge strane na vise mesta poprecnog preseka cevovoda kako mi se dobio profil brzine po poprecnom oreseku ili mera prosecne brzine kretanja fluida. Generise se ultrazvucni signal s jedne strane, s druge se detektuje. Za generisanje ultrazvucnog signala koristi se piezoelektricni element koji osciluje nekom visokom frekvencijom i piezoelektricni element za detekciju. Kad se fluid krece, ako se krece u smeru ultrazvucnog talasa dovodi do

toga da se ultrazvucni talas krece brze, a ako se krece suprotno fluid, sporije. Merenjem razlike vremena koje je potrebno ultrazvuku da dodje od predajnika do prijemanika kad se krece u smeru kretanja fluida i kad se krece u suprotnom smeru, uporedjivanjem ta 2 vremena dobije se brzina kretanja fluida. Veca brzina -> brze dolazi talas u smeru, a sporije dolazi onaj u suprotnom smeru. Ultrazvucni senzori mogu da se montiraju direktno na cevovod, ne mora da se busi. Prijemnici mogu biti i sa iste strane (signal se odbija od cevi pa ide do prijemnika) pa se pod uglom emituje i naizmenicno rade kao predajnik/prijemnik. Ili ako je veliki cevovod, mogu na suprotnim stranama.

●Na osnovu kasnjenja talasa pri prijemu u suprotnom smeru i u istom smeru mkze da se odredi brzina fluida.

Naizmenicno se prijemnik i predajnik menjaju.



●Merenje vremena prostiranja

Za nase izvodjenje koristimo 2 ultrazvucne sonde postavljenje pod istim uglom. 2 para predajnik/prijemnik. \ detektuje ultrazvucni talasa koji sekrece u smeru kretanja fluida, / detektuje u suprotnom smeru kretanja fluida. Mozemo isto to postici i ako ovde \ u svakom kraju imamo i prijemnik i predajnik.

Dodajemo tj. oduzima projekciju v.

● Moze i odredjivanje fazne razlike izmedju poslatog i primljenog prostoperiodicnog ultrazvucnog signala u istom i suprotnom smeru toka. Ta razlika se pretvori kasnije u razliku vremena prostiranja u istom i suprotnom smeru. Merimo fazno pomeranje u odnosu na referentni poslati signal. Ako je u smeru brze je pa je fazno

pomeranje manje. Protok zavisi linearno od promene faze.

●Doplerov efekat

Kod nas je fluid medijum koji se krece, a predajnik i prijemnik stoje. I.amo predajnik i prijemnih i uglove koji ne moraju biti isti. Ultrazvucni talas koji se emituje sa predajnika ide prema fluidu i odbija se od necistoca unutar fluida i dolazi do prijemnika. Talas dosao do cestica, one se krecu sa fluidom i ssd predstavljaju prijemnik. Predajnik ima relativnu brzinu u odnosu na fluid, a relativna brzina cestica tj. fluida =0. Frekvencija utlrazvucnih talasa na cesticama je c/c+vi puta fi.

fi frekvencija talasa na izvoru

vi relativna brzina izvora

Cestice koje su bile prijemnik sada postaju izvor za prijemnik. Drugi prijemnik ima relativnu brzinu u odnosu na medijum vp i dobijemo frekvenciju prijemnika. Projektujemo brzinu kretanja fluida za vi i vp.

●Kalorimetarski

Uvek za merenje masenog protoka. Fluid koji protice kroz cevovod ako mu damo kolicinu toplote, moci ce da u sebi apsorbuje neku kolicinu toplote, tj. zagreje se. Ima nekoli principa. Prvi: Imamo 2 senzkra tempersture i grejac koji daje snagu na svom izlazu koja se pretcvra u toplotnu energiju koja je konstantna. Meri se razlika temperatura fluida ispred i iza grejaca. Staticka karakteristika je linearna samo za male brzine.

● Kod merenja T2 se meri T2 i grejac tj. propusta se kod njega struja koja omogucava da se u njegovoj okolini zagreje fluid. To je neki otpornicki senzor uglavnom. Sluzi i kao senzor i kao grejac i primena snage na tom grejacu se omogucava dT konstatno.

\*Ako imamo 2 senzora, jedan sluzi za merenje T1, a drugi za merenje T2 i zagrevanje fluida. Onda kroz taj 2. senzor se propusta struja koja ce

dovesti do odrzavanja konstantne razlike temleratura bez obzira koliki je pdotok i povezivanjem te struje sa snagom na grejacu, moze se postignuti zavisnost pdotoka od snage. Veca struja -> veca snaga, manja toplota se odvodi sa grejaca. Sto je brzi fluid, vecu kolicinu toplote odovodi. Ne zavisi to samo od brzine nego i od toga kolika kolicina materijala dolazi u jedinici vremena, veca kolicina cestica za istu brzinu odnosi vecu kolicinu toplote. Mora se znati koji je fluid (materijal) jer neki imaju vece cestice. Montira se da bude sto blize cevovodu.