

4.4 Gasne stanice

4.4.1 Opšte o gasnim stanicama

Posmatrajući sistem gasovoda može se uočiti da postoji više zona radnih pritisaka celog sistema. Područje rada magistralnih gasovoda je do 100 bar, distributivnih između 4 bar i 16 bar, i na kraju potrošačkih do 100 mbar. Na svakom prelazu iz jednog područja u drugo, pritisak se mora regulisati (sniziti) a to se postiže gasnim stanicama ili regulacijskim stanicama (RS). Ako je na ovim mestima potrebno uraditi i kontrolu protoka (merenje) gasne stanice pored pratećeg obaveznog dela imaju i merilo protoka gasa, i u tom slučaju nazivaju se merno regulacijske stanice (MRS). Gasne stanice se po pravilu sastoje od:

- regulišućih uređaja;
- sigurnosnih uređaja;
- zapornih uređaja;
- cevi, cevica (fazonski komadi), spojnih elemenata, zaptivača;
- prečistača (filteri);
- mernih uređaja (merila protoka, termometri, manometri itd.) i
- ostalih uređaja (uređaji za odorizaciju, odvajajući tečnosti itd.).

U zavisnosti od mesta gde se nalaze, gasne stanice mogu biti:

- magistralne;
- distributivne i
- potrošačke.

U zavisnosti od namene gasne stanice mogu biti:

- primo-predajne (PPMRS);
- merno-regulacione (GMRS, MRS, KMRS) i
- regulacione (RS).

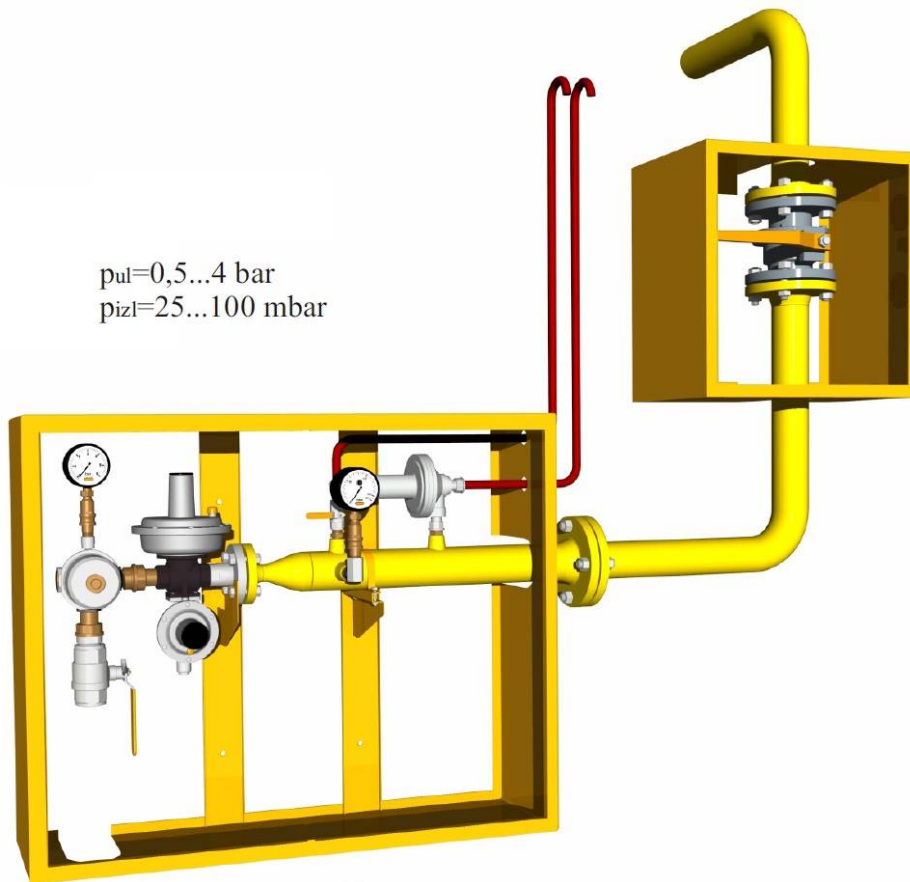
Gasne stanice se mogu izvoditi kao:

- jednolinijske (jedna redukcija ili dve), s grejanjem gasa ili bez njega;
- dvolinijske (dve linije, svaka linija sa 100% ukupnog kapaciteta), sa jednom ili dve redukcije sa grejanjem ili bez njega;
- trolinijske (tri linije, svaka linija sa 50% ukupnog kapaciteta), sa jednom ili dve redukcije sa grejanjem ili bez njega i
- višelinijne.

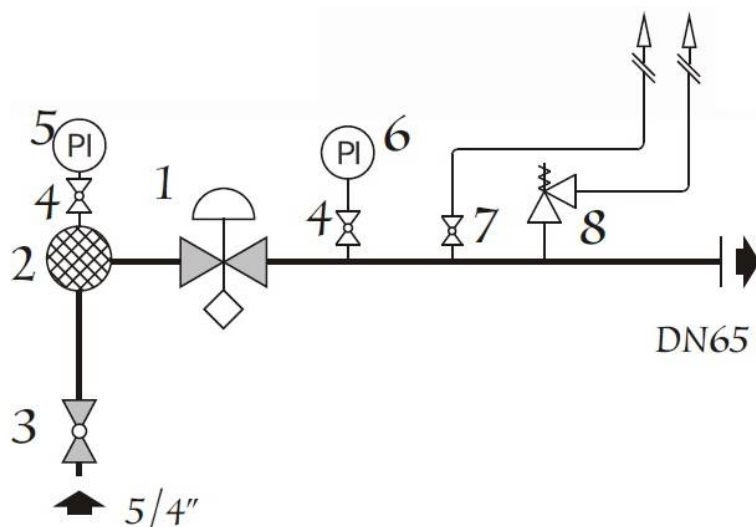
Na *slici 4.2* se može videti izgled jednolinijske regulacijske gasne stanice (RS), dok se na *slici 4.3* može videti njen šematski prikaz. Komponente prikazane regulacijske stanice su:

1. regulator pritiska gasa sa blok ventilom;
2. filter za gas;
3. kuglasta slavina za gas;
4. rasteretni manometarski ventil;
5. manometar;
6. manometar;

- 7. kuglasta slavina za gas i
- 8. sigurnosni ispusni ventil.



Slika 4.2 Izgled jednolinijske regulacijske stanice (RS)



Slika 4.3 Šematski prikaz jednolinijske gasne stanice (RS)

Gas ulazi u stanicu kroz cevovod, prolazi kroz kuglastu slavinu i prečišćava se u filteru. Nakon uklonjenih nečistoća, gas dalje nastavlja do regulatora pritiska gde se vrši redukcija pritiska tako

da pritisak iza regulatora ostaje postojan, bez obzira na opterećenje gasne stanice. Ako se pritisak iza gasne stanice poveća, prvo se otvara sigurnosni ispusni (odušni) ventil koji ispušta višak pritiska u atmosferu. Ovim je moguće rasteretiti samo manje poraste pritiska koji nastaju usled neravnomernosti u radu gasne instalacije (mreže) iza gasne stanice. Ako pritisak i dalje nastavi da raste zatvoriće se regulator pritiska (konstrukcija regulatora je takva da u sebi ima ugrađen i blok ventil) i na taj način prekinuti protok gasa kroz instalaciju.

Osnovni cilj gasne stanice ja da razdvoji dva područja sa različitim pritiscima, u ovom slučaju područje sa pritiskom od (0,25÷4) bar ispred gasne stanice i područje pritiska od (25÷100) mbar iza gasne stanice.

4.4.2 Reguatori pritiska

Osnovni zadatak regulatora pritiska je da održava pritisak u unapred podešenim granicama. Karakteristične vrednosti na koje se treba obratiti pažnja prilikom izbora regulatora su:

- ulazni pritisak;
- izlazni pritisak;
- protok kroz regulator i
- radni medijum.

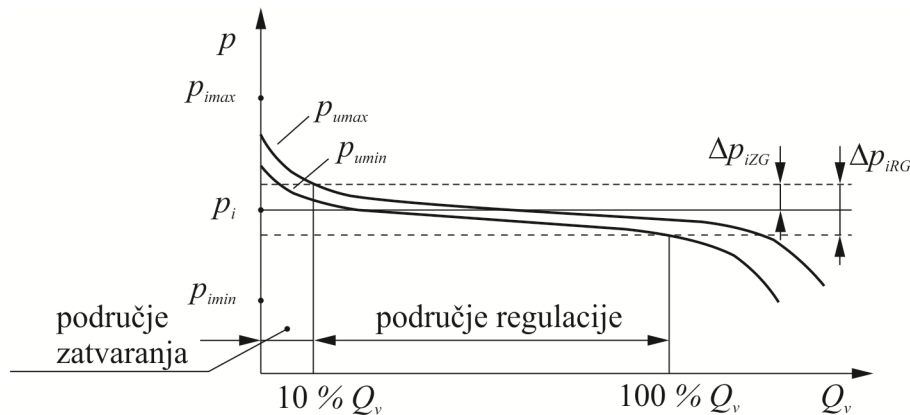
Ulazni pritisak je onaj pritisak koji se javlja na ulazu u regulator i izražava se u bar. Kreće se između najveće i najmanje vrednosti pritiska u gasovodu ispred regulatora. Izlazni pritisak je pritisak iza regulatora, a izražava se u bar ili mbar. Visina ovog pritiska zavisi od gasne instalacije koja se nalazi iza regulatora i može da oscilira, ali samo unutar dozvoljenih granica odstupanja.

Područje regulacije ili regulacijska grupa (RG) predstavlja granicu dozvoljenog odstupanja vrednosti izlaznog pritiska od zadate vrednosti na regulatoru za svaki regulator. Ovo odstupanje se izražava u procentima izlaznog pritiska i razlikuje se više područja:

- RG 20: $\pm 20\% p_i$;
- RG 10: $\pm 10\% p_i$;
- RG 5: $\pm 5\% p_i$;
- RG 2,5: $\pm 2,5\% p_i$,

gde je p_i zadata vrednost izlaznog pritiska na regulatoru. Ako se u regulatoru pojavi vrednost veća od podešene vrednosti izlaznog pritiska (gornja vrednost regulacijske grupe), regulator će zatvoriti tj. obustaviti protok. Pored regulacijske grupe, regulator poseduje i zatvornu grupu (ZG) koja predstavlja najveće dozvoljeno pozitivno odstupanje zatvornog pritiska izraženu u procentima od nominalne vrednosti izlaznog pritiska. Slično kao i kod RG tako i ZG poznaju više različitih područja: ZG 10: $+10\% p_i$, ZG 20: $+20\% p_i$ itd.

Protok kroz regulator Q_v predstavlja količinu gasa koja prolazi kroz regulator. Izražava se u m^3/h (pri 1013 mbar i 288 K, a pri ovim uslovima se označava kao $Q_{v,n}$) i na osnovu ovoga se određuje kapacitet regulatora. Na slici 4.4 mogu da se vide krive izlaznog pritiska, te raspored područja regulacije i područja zatvaranja, u zavisnosti od protoka.



Slika 4.4 Karakteristika regulatora

4.4.3 Sigurnosni uređaji

Sigurnosni uređaji mogu biti:

- sigurnosno zaporni (prekidni) ventili;
- sigurnosno odušni (ispusni) ventili ili
- sigurnosno zaporni ventili.

Sigurnosno zaporni ventili su u normalnom pogonu otvoreni. Glavni zadatak im je da se automatski zatvore (obustave protok) kada dođe do odstupanja vrednosti pritiska gasa od vrednosti određene regulacijom ventila. Ponovna aktivacija ovih ventila se može uraditi samo ručno. Sigurnosni zaporni ventili mogu biti direktnog i indirektnog dejstva (napajanje iz drugog izvora).

Za razliku od predhodno spomenutih ventila sigurnosno odušni ventili su u normalnom pogonu zatvoreni. U slučaju prekoračenja zadate vrednosti pritiska, sigurnosni odušni ventil će se otvoriti i fluid ispustiti u atmosferu. Na taj način se smanjuje nagli porast pritiska, a po vraćanju vrednosti pritiska u šticeu sistem na predhodno zadatu, ventil se sam (automatski) zatvara. Kao i kod sigurnosno zapornih ventila i ovde postoje dva tipa, direktnog i indirektnog dejstva (napajanje iz drugog izvora).

Za svaki od ovih ventila postoji važan podatak, a to je pritisak aktiviranja, koji je u stvari podešena vrednost pritiska aktiviranja unutar područja aktiviranja. Još jedan od važnih pojmova je i aktivaciona grupa (AG) koja predstavlja vrednost najvećeg dozvoljenog pozitivnog i negativnog odstupanja pritiska aktiviranja. Ova vrednost se izražava za svaki sigurnosni uređaj u procentima od zadate vrednosti pritiska aktiviranja.

4.4.4 Zaporni uređaji

Zaporni uređaji u gasnoj tehnici služe za zatvaranje protoka. Ovi uređaji isključivo rade na ON – OFF principu (ili su zatvoreni ili otvoreni) i strogo je zabranjena njihova upotreba kao regulišućih uređaja.

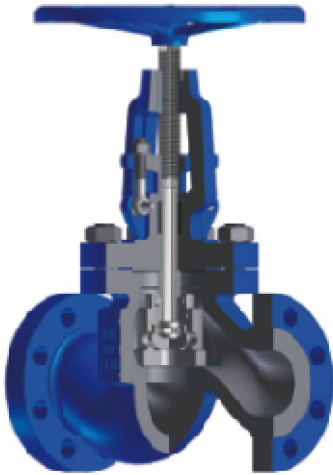
Postoje sledeće vrste zapornih uređaja:

- zaporni ventili;
- zasuni i
- kuglaste slavine.

Zaporni ventili su najrasprostranjeniji zaporni uređaji, *slika 4.5*. Da bi se protok zaustavio kroz ventil neophodno je da zaporno telo nalegne na sedište ventila, a to se postiže okretanjem vretena za koje je fiksirano zaporno telo.

Zasuni su zaporni uređaji kod kojih se upravnim pokretanjem zapornog tela na pravac kretanja fluida prekida protok fluida kroz gasovod, *slika 4.6*. U zavisnosti od zapornog tela, zasuni mogu biti sa diskom ili klinom.

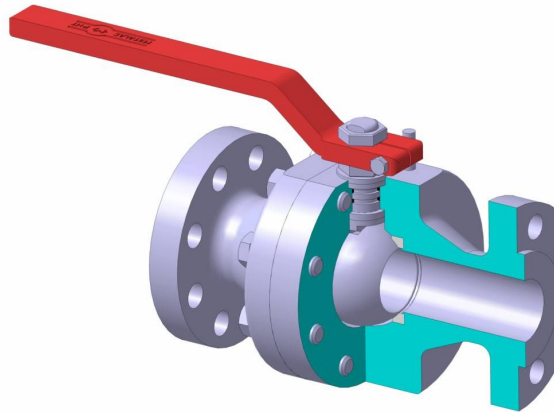
Zaporni element kod kuglastih slavina je u obliku kugle, sa simetričnim odseccima i cilindričnim otvorima kroz telo kugle upravno na površinu odsečka, *slika 4.7*.



Slika 4.5 Zaporni ventil



Slika 4.6 Zasun



Slika 4.7 Kuglasta slavina

4.4.5 Merenje protoka gasa

U današnjem vremenu skupe energije velika pažnja se posvećuje merenju protekle količine gasa. Protekle količine gasa se mere gasomerima koji protekli gas registruju kao zapreminsku veličinu, mada postoje i drugi principi na kojima počivaju pojedini gasomeri (ultrazvuk, merna blenda, vrtložna merila itd.).

Svaki gasomer ima oznaku na osnovu koje može da se očita nominalni protok gasa, *tabeli 4.1*. Manji potrošači npr. kućna domaćinstva i manji industrijski pogoni koriste gasomere sa mehom ili sa rotirajućim klipovima, dok veći potrošači koriste turbinska merila ili ultrazvučna merila protoka.

Tabela 4.1 Oznake i nominalni protoci gasomera

Oznaka gasomera	Nominalni protok [m ³ /h]	Oznaka gasomera	Nominalni protok [m ³ /h]
G 1,6	2,5	G 250	400
G 2,5	4	G 400	650
G 4	6	G 650	1000
G 6	10	G 1000	1600
G 10	16	G 1600	2500
G 16	25	G 2500	4000
G 25	40	G 4000	6500
G 40	65	G 6500	10000
G 65	100	G 10000	16000
G 100	160	G 16000	25000
G 160	250	G 25000	40000

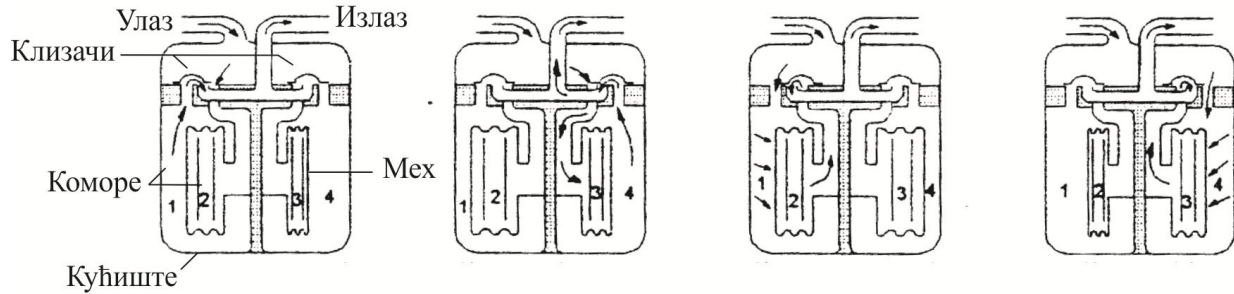
Gasomer sa mehom čiji je izgled prikazan na *slici 4.8*, predstavlja uređaj koji je našao najširu primenu za merenje zapremine prirodnog gasa u domaćinstvima i zanatskim delatnostima (tamo gde potrošnja gasa osciluje u velikim granicama).



Slika 4.8 Gasomer sa mehovima

Princip na kom funkcioniše ovo merilo datira još iz XIX veka, a suština je da se četiri merne komore naizmenično pune i prazne. Prateći mehanizam prati broj punjenja i pražnjenja komora i tako dolazi do količine proteklog gasa.

Na *slici 4.9* dat je šematski prikaz gasomera sa mehom, dok su na *slici 4.10* prikazani osnovni elementi gasomera sa mehom. U kućištu merila pomoću mehova formirane su četiri merne komore.



Slika 4.9 Šematski prikaz gasomera sa mehom



Slika 4.10 Elementi gasomera sa mehom

Pokretačka sila meha je pritisak struje gasa na meh, koja nastaje usled razlike pritiska gasa na ulazu i izlazu gasomera.

Gas iz priključka ulazi u komoru (2) tako da se meh između komora (1 i 2) pomera u levo potiskujući gas iz komore (1) u unutrašnju gasnu instalaciju (UGI). Pomeranjem meha kreću se klizači, tako da kad meh dođe u krajnji levi položaj klizači su u položaju da omogućuju ulaz gasa u komoru (3), dok onemogućuju ulaz u ostale komore.

Meh između komora (3 i 4) pomera se u desno potiskujući gas iz komore (4) u UGI. Pomeranjem meha pokreću se i klizači, tako da kad meh dođe u krajnji desni položaj klizači su u položaju da omogućuju ulaz gasa u komoru (1), dok onemogućuju ulaz u ostale komore.

Meh između komora (1 i 2) pomera se sada u desno potiskujući gas iz komore (2) u UGI. Pomeranjem meha pokreću se i klizači, tako da kad meh dođe u krajnji desni položaj klizači su u položaju da omogućuju ulaz gasa u komoru (4), dok onemogućuju ulaz u ostale komore.

Meh između komora (3 i 4) pomera se sada u levo potiskujući gas iz komore (3) u UGI. Pomeranjem meha pokreću se i klizači, tako da kad meh dođe u krajnji levi položaj klizači su u položaju da omogućuju ulaz gasa u komoru (2), dok onemogućuju ulaz u ostale komore.

Prikazani ciklus se naizmenično ponavlja gde se translatorno kretanje klizača prenosi na obrtno kretanje brojačnika preko parova zupčanika.

Osnovne karakteristike i prednosti gasomera sa mehom su:

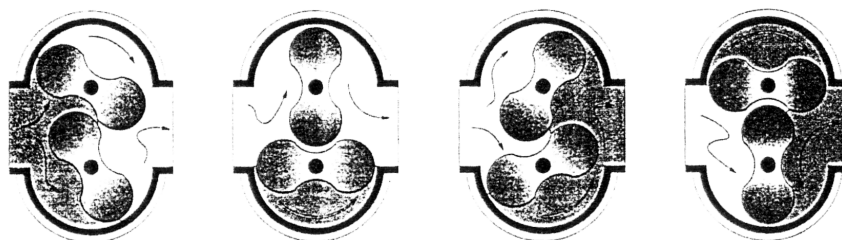
- veliki merni opseg 1:160;
- merna nesigurnost pri minimalnim protocima je +/- 3 %,
- dok je kod ostalih protoka +/- 2 %;
- dug vek trajanja (15, 20 ili 25 godina);
- masovna, jednostavna i jeftina proizvodnja i
- mogućnost dogradnje temperaturne kompenzacije i uređaja za daljinsko očitavanje protekle zapremine gasa.

Nedostatak gasomera sa mehom je taj što mogu da se koriste za merenje protekle zapremine gasa samo pri nižim vrednostima pritiska.

Gasomeri sa rotacionim klipovima (rotacioni gasomeri) spadaju u grupu zapreminskih merila protoka, *slika 4.11*. Rotirajući klipovi su u preseku u obliku broja osam i nalaze se u direktnom kontaktu sa strujom gasa, *slika 4.12*. Pokretačka sila je pritisak struje fluida na rotirajuće klipove, koja nastaje usled razlike pritiska fluida na ulazu i izlazu merila. Rotirajući klipovi su tako postavljeni da neprekidni tok gasne struje mehanički dele na niz parcijalnih količina prirodnog gasa poznate zapremine. Ukupna količina gasa koja je protekla kroz gasomer se dobija brojanjem i sabiranjem parcijalni zapremina. Očitana vrednost na gasomeru je u m^3 . Za merenje gasa mogu da se primenjuju u svim oblastima radnog pritiska, gde im je merni opseg 1:50.

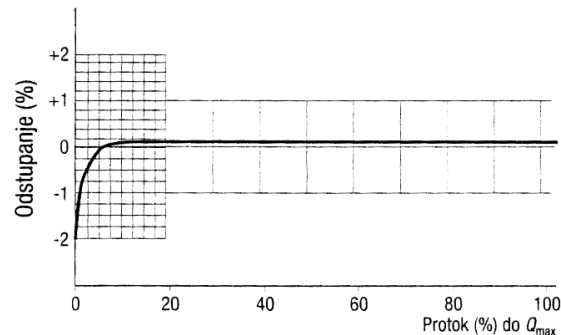


Slika 4.11 Gasomer sa rotirajućim klipovima



Slika 4.12 Princip rada gasomera sa rotirajućim klipovima

Sile otpora kod merila sa rotirajućim klipovima su trenje zupčanika, trenje u ležajevima, te otpori strujanja fluida usled trenja i lokalnih gubitaka. Sile otpora i gubitak fluida zbog strujanja kroz zazor između klipova i kućišta uzrokuju grešku merenja, slika 4.13.



Slika 4.13 Merna nesigurnost gasomera sa rotirajućim klipovima

Merna nesigurnost je najveća pri malim protocima, zbog unutrašnje propusnosti. Za male protoke prave se merila sa umetkom koja imaju znatno manje zazole između klipa i kućišta. Na ovaj način dobija se merilo protoka sa rotirajućim klipovima koje pri merenju protoka gasa ima merni opseg 1:300.

$$V = n \cdot q, \quad (4.15)$$

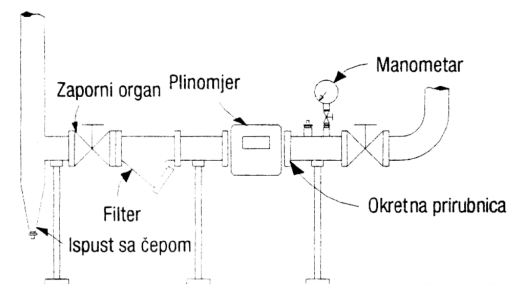
gde su:

V - ukupno izmerena zapremina fluida [m^3];

q - zapremina merne komore [m^3] i

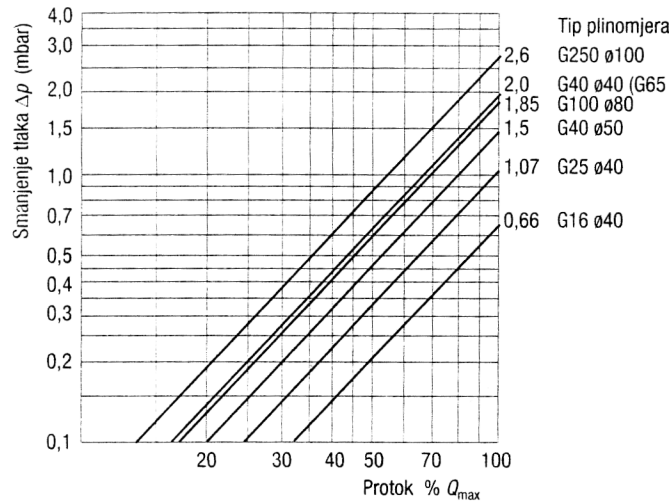
n - broj punjenja i pražnjenja u jednom ciklusu, najčešće $n = 4$ [-].

Pri merenju merilima protoka sa rotirajućim klipovima zahteva se filtriranje fluida, usled malog zazora između klipova i kućišta (od 0,1 do 0,3 mm). Obično se ugrađuju filteri finoće 5 mm. Ne trebaju ravne deonice ispred i iza merila, slika 4.13. Ne koristi se jedno merilo za veće protoke, već više manjih ili turbinsko merilo protoka, usled osetljivosti na preoptereenje.



Slika 4.13 Ugradnja gasomera sa rotirajućim klipovima

Padovi pritiska su od 0,66 do 2,6 mbar, slika 4.14. Što je manji pad pritiska to je manji uticaj trenja, otpora strujanja i viskoznosti na tačnost merenja.

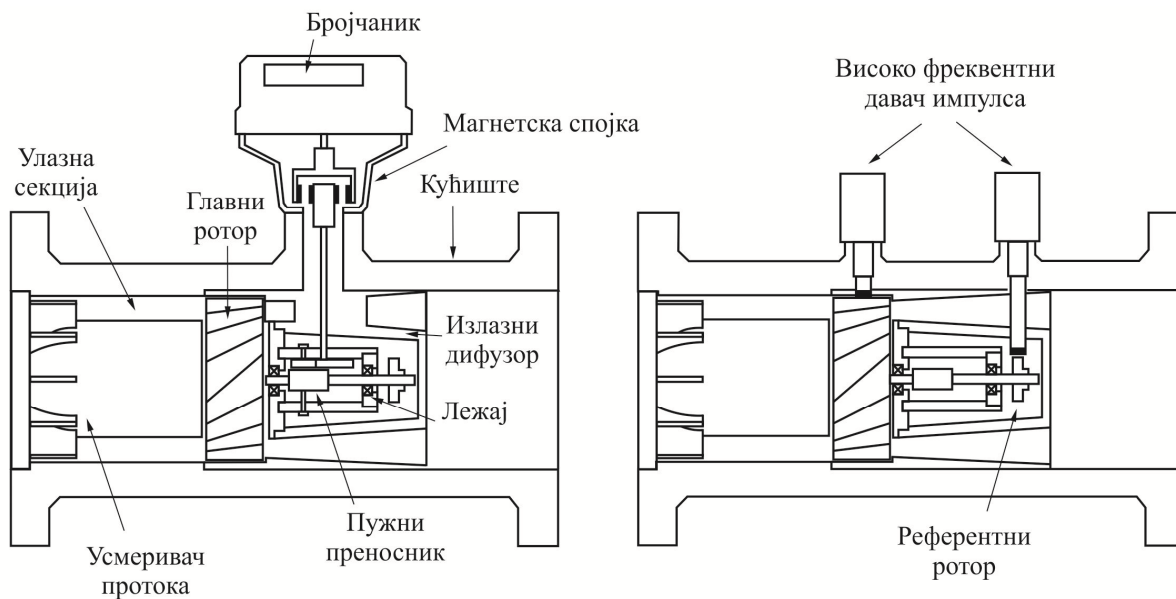


Slika 4.14. Padovi pritiska na gasomeru sa rotirajućim klipovima

Turbinska merila protoka gasa koriste se za merenje većih količina gasa. Na slici 4.15 dat je šematski prikaz, dok je na slici 4.16 dat izgled turbinskog merila protoka gasa.

Fluid ulazi u mernu sekciju turbinskog merila pri čemu se usled smanjenja površine poprečnog preseka povećava brzina strujanja (slici 4.15 (levo)). Rotor pokreće obimska komponenta sile koja nastaje usled strujanja gasa preko lopatice. Obrtno kretanje rotora prenosi se na pužni prenosnik u izlaznom difuzoru, te preko dodatnih zupčastih prenosnika na brojčanik glave merila, gde se očitava zapreminski protok. Magnetska sklopka prevodi informaciju o broju obrtaja u naponski signal.

Osnova merenja protoka pomoću turbinskog merila je proporcionalnost između ugaone brzine rotora i brzine gasa. U idealnim uslovima rotor ne bi smeo da troši kinetičku energiju gasa, ali kako je to u realnim uslovima nemoguće, onda se gleda da se taj gubitak smanji na najmanji moguć. Na netačnost merenja utiču trenje u ležajevima i otpori u prenosnom mehanizmu i pokaznom uređaju (brojčaniku). Ovo merilo ima veliku grešku kada su i pitanju male brzine strujanja tj. na samom početku mernog opsega, dok pri većim brzinama strujanja gasa, ugaona brzina odgovara proračunskim vrednostima.



Slika 4.15. Šematski prikaz turbinskog gasomera



Slika 4.16. Izgled turbinskog gasomera

Iznad rotora ugrađuju se visokofrekventni davači impulsa *slici 4.15* (desno), jedan iznad glavnog rotora i drugi iznad referentnog rotora. Kod varijante turbinskog merila protoka gasa sa visokofrekventnim davačima rotori se izrađuju od aluminijuma. Poređenjem količine impulsa sa glavnog i referentnog rotora moguća je indikacija oštećenja ili loma lopatica glavnog rotora. Najčešće se davač impulsa sa referentnog rotora koristi kao triger za početak merenja broja impulsa na glavnom rotoru.

Rotor uređaja nalazi se u zoni gasa pod pritiskom, dok se brojčаник i magnetna sklopka nalaze u zoni van gasa, tj. nisu pod pritiskom.

Prednosti turbinskog merila protoka gasa:

- merna nesigurnost $\pm 2\%$;
- mali pad pritiska kroz merilo;
- veliki merni opseg 1:20 i
- jednostavno baždarenje uređaja.

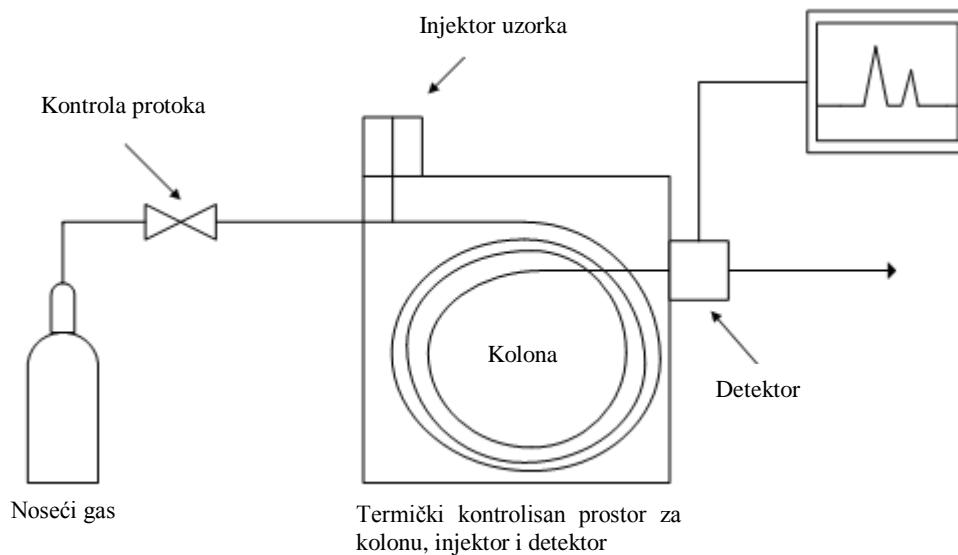
Nedostaci turbinskog merila protoka gasa:

- mehanički uređaj;
- pruža otpor strujanju;
- potrebna ravna deonica ispred i iza merila (20 DN i 5 DN);
- osetljiv na nečistoće (zazori između rotora i kućišta mikronski);
- ne mogu da se koriste pri malim protocima i
- moraju da se baždare na uslove pri kojima će se koristiti.

Turbinsko merilo protoka gasa je brzinsko merilo i na ulaznoj sekciji mu se povećava brzina strujanja gasa. Iz tog razloga na mestu rotora mora da se meri pritisak gasa da bi se znalo pri kom pritisku je izmerena brzina strujanja gasa. Pored pritiska meri se i temperatura gasa, kako bi se izmerena, pogonska količina gasa svela na standardne uslove.

4.4.6 Gasni hromatograf

Prilikom primo-predaje prirodnog gasa neophodno je znati njegov „kvalitet“, gde se na prvom mestu pod „kvalitetom“ podrazumeva toplotna vrednost prirodnog gasa, ali i druge osobine kao što su gustina, faktor stišljivosti itd. Sve navedeno se može definisati pod uslovom da se hemijskom analizom razdvoje komponente iz smeše datog uzorka prirodnog gasa. Uređaji koji omogućavaju razdvajanje komponenti iz smeše datog uzorka su gasni hromatografi. U primeni su laboratorijski i procesni gasni hromatografi čiji sistem rada isti i prikazan je na slici 4.17.



Slika 4.17 Funkcionalna šema gasnog hromatografa

Gas iz boce za uzorkovanje ili iz gasovoda, nošen gasom nosačem (najčešće je to helijum) prolazi kroz kolonu koja razdvaja uzorak na komponente u zavisnosti od fizičkih i hemijskih osobina komponenti i njihovih mogućih uzajamnih odnosa sa stacionarnom fazom, kolonskim punjenjem. Razdvajanje komponenta smeše, različitim vremenskim zadržavanjem u koloni i njihovom detekcijom se vrši identifikacija pojedinih komponenta. Na kraju kolone je detektor koji električnim putem registruje pojedine komponente uzorka, jer su sve razdvojene i svaka

posebno nailazi na detektor. Pomoću detektora i vremena zadržavanja, identifikuje se svaka pojedina komponenta i koncentracija svake u datom uzorku. Brzina prolaska uzorka kroz kolonu se određuje temperaturom kolone u peći i podešavanjem brzine prolaska nosećeg gasa.

Podrazumeva se da uz procesni gasni hromatograf mora biti kalibracioni gas sa sastavom koji odgovara očekivanom prosečnom sastavu gasa koji će biti analiziran. Boca mora imati na sebi regulator pritiska koji će obezbeđivati izlazni pritisak nosećeg gasa koji zahteva analizator hromatografa.

Noseći gas je helijum, a gas koji se koristi za pogon pneumatskih ventila potrebno je da bude azot zbog smanjenja troškova rada i lakše nabavke na našem tržištu.

4.4.7 Korekcija izmerenih količina prirodnog gasa

Izmerena zapremina na merilima protoka je zapremina proteklog gasa u pogonskim uslovima ("stanje merenja"). Kako bi ista bila merodavna za obračun između zainteresovanih strana, mora se svesti na standardne uslove ("bazno stanje"). To znači da je gasomeru potrebno pridružiti korektor protekle zapremine (računar protoka). To je merni sistem koji proteklu zapreminu na pogonskim uslovima svodi na zapreminu u standardnom, odnosno baznom stanju.

Pod "baznim stanjem" gasa podrazumeva se dogovoreno referentno stanje gasa koje podrazumeva vrednost apsolutnog statičkog pritiska $p_b = 1,01325$ bar i apsolutnu temperaturu T_b , koja može biti dogovorena kao vrednost od 0°C, 15 °C ili 20 °C. U zemljama EU, usvojeno je kao bazno stanje gasa: $p_b = 1,01325$ bar i $T_b = 273,15$ K (0 °C), a u Srbiji i zemljama okruženja: $p_b = 1,01325$ bar i $T_b = 288,15$ K (15 °C). Gasomeru je potrebno pridružiti korektor protekle zapremine (računar protoka).

Osnovni zadatak merila koje koriguje zapreminu proteklog prirodnog gasa (korektor) sastoji se u tome da zapreminu prirodnog gasa, koja se nalazi u "stanju merenja" (V_p), izmerenu gasomerom, preračuna u "zapreminu u baznom stanju" (V_b) čime se dobijaju informacije, osim o bruto zapremini proteklog gasa i o neto zapremini proteklog gasa.

U grešci korektora, kao mernog sistema, osim greške gasomera, uključene su i greške mernih pretvarača pritiska i temperature. Odstupanja ponašanja prirodnog gasa od zakona koji važe za idealan gas koriguju se pomoću faktora kompresibilnosti.

Kako je u Srbiji dogovoreno da bazno stanje bude stanje pri standardnim uslovima, u daljem tekstu će se koristiti termin standardnih uslova.

Jednačina stanja realnog gasa kod pogonskog stanja glasi:

$$p_p \cdot V_p = z_p \cdot m \cdot R \cdot T_p, \quad (4.16)$$

gde su:

p_p - apsolutni pritisak gasa u pogonskom stanju [Pa];
 V_p - zapremina gasa u pogonskom stanju [m³];
 m - masa gasa [kg];
 z_p - faktor kompresibilnosti pri pogonskom stanju [-];
 R - gasna konstanta [J/kgK] i
 T_p - temperatura gasa u pogonskom stanju [K].

Jednačina stanja realnog gasa pri standardnim uslovima glasi:

$$p_s \cdot V_s = z_s \cdot m \cdot R \cdot T_s, \quad (4.17)$$

p_s - apsolutni pritisak gasa pri standardnim uslovima [Pa];
 V_s - zapremina gasa pri standardnim uslovima [m³];
 m - masa gasa [kg];
 z_s - faktor kompresibilnosti pri standardnim uslovima [-];
 R - gasna konstanta [J/kgK] i
 T_s - temperatura gasa pri standardnim uslovima [K].

Podelom predhodne dve jednačine stanja, dolazi se do protokle zapremine gasa svedene na standardne uslove:

$$V_s = V_p \frac{p_p}{p_s} \frac{T_s}{T_p} \frac{z_s}{z_p} = V_p C, \quad (4.18)$$

gde je:

$$C = \frac{p_p}{p_s} \frac{T_s}{T_p} \frac{z_s}{z_p}, \quad (4.19)$$

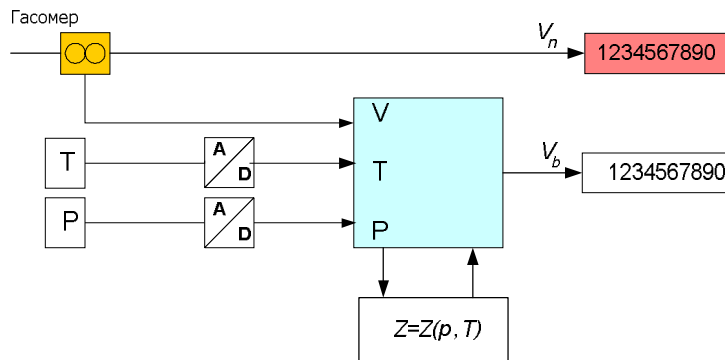
korekcionni faktor C koji svodi stanje zapreminu gasa sa pogonskog stanja (pritisak p_p , temperatura T_p i sastav z_p) na standardno stanje (pritisak p_s , temperatura T_s i sastav z_s).

Danas su u upotrebi sledeći opšti tipovi korektora:

- korektori koji vrše korekciju u funkciji samo od temperature (tzv. T-korektori);
- korektori koji vrše korekciju u funkciji pritiska i temperature sa konstantnim faktorom kompresibilnosti (tzv. PT-korektori) i
- korektori koji vrše korekciju u funkciji pritiska i temperature, uzimajući u obzir i faktor kompresibilnosti (tzv. PTZ-korektori).

Navedeni uređaji se uglavnom sastoje od elektronske jedinice (koja obično sadrži i pokazivač-display) i mernog pretvarača temperature ili elektronske jedinice i mernih pretvarača temperature i pritiska. Između navedenih elemenata moguće je da postoje i uređaji za konverziju. Svaki od

nabrojanih delova može imati doprinosa u ukupnoj grešci korektora. Tipična konfiguracija korektora sa osnovnim funkcijama data je na slici 4.18.



Slika 4.18 Tipična konfiguracija korektora

Jednačinom (4.19) prikazan je faktor korekcije PTZ korektora.

Za PT korektore faktor korekcije glasi:

$$C = K' \frac{p_p}{T_p}, \quad (4.20)$$

gde je K' konstantna vrednost i izračunava se iz izraza:

$$K' = T_s \cdot \frac{1}{p_s} \cdot \frac{z_s}{z_p}. \quad (4.21)$$

Za T korektore faktor korekcije glasi:

$$C = \frac{K}{T_p}, \quad (4.22)$$

gde je K konstantna vrednost i izračunava se iz izraza:

$$K = T_s \cdot \frac{p_p}{p_s} \cdot \frac{z_s}{z_p}. \quad (4.23)$$

Pri korišćenju etaloniranog mernog pretvarača pritiska, treba uvažiti vrednosti lokalnog srednjeg atmosferskog pritiska gde se korektor koristi. Npr srednja vrednost atmosferskog pritiska za Vojvodinu iznosi 1,00375 bar.

Atmosferski pritisak se ne meri već se određuje se iz izraza:

$$p_a = 1016 - 0,108 \cdot h, \quad (4.24)$$

gde je h nadmorska visina merno regulacione stanice [m].

Distributeri gasa u Republici Srbiji proteklu zapreminu gasa svode na standardne uslove koristeći sledeću jednačinu:

$$V_s = V_p \cdot \frac{(p_m + p_a)}{p_s} \cdot \frac{T_s}{T_p} \cdot \frac{1}{z_p}, \quad (4.25)$$

gde su:

- p_m - nadpritisak gasa u pogonskom stanju [Pa];
- p_a - atmosferski pritisak gasa [Pa];
- $p_s = 101325$ Pa – standardni apsolutni pritisak gasa [Pa];
- $T_s = 288,15$ K – standardna temperatura gasa [K].
- T_p – temperatura gasa u pogonskom stanju [K] i
- z_p – faktor kompresibilnosti pri pogonskom stanju [-].

Nadpritisak gasa p_m u pogonskom stanju je vrednost nadpritiska podešena na regulatoru pritiska, atmosferski pritisak se računa izrazom (4.24), dok se faktor kompresibilnosti određuje iz uprošćenog izraza:

$$z = \frac{1}{(1 + k \cdot p_m)}, \quad (4.26)$$

gde su:

- $k=0$ 1/bar za nadpritisak gasa $p_m < 1$ bar i
- $k=0,003$ 1/bar za nadpritisak gasa $p_m \geq 8$ bar.

Zapremina gasa svedena na standardne uslove treba da se koristi za određivanje energije koja je isporučena gasom, *slika 4.19*.

Energija koja se isporučuje zapreminom svedenom na standardne uslove određuje se iz izraza:

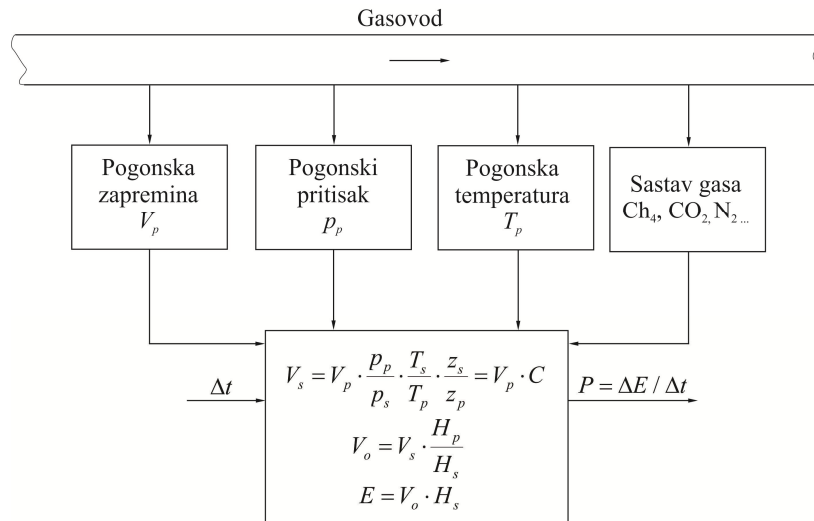
$$E = V_o \cdot H_s, \quad (4.27)$$

gde se korigovana zapremina određuje iz izraza:

$$V_o = V_s \frac{H_p}{H_s}. \quad (4.28)$$

Snaga gasa definiše se kao:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}. \quad (4.29)$$



Slika 4.19 Šematski prikaz određivanja energije isporučene gasom

Regulator pritiska na kućnom merno-regulacionom setu (KMRS) podešen je na vrednost nadpritiska $p_m=22$ mbar. KMRS se nalazi na nadmorskoj visini $h=18,51$ m. Merilo zapremine gasa registrovalo je zapreminu gasa od $V_p=35$ m³ pri temperaturi od $t=10$ °C. Ukoliko je ugovorena donja toplotna moć gasa pri standardnim uslovima $H_s=33338,5$ kJ/m³, kolika je energija koja je isporučena potrošaču pri standardnim uslovima.

Rešenje:

Atmosferski pritisak na datoj nadmorskoj visini iznosi:

$$p_{atm} = 1016 - 0,108 \cdot h = 1014 \text{ mbar} .$$

Koeficijent stišljivosti određuje se izraza:

$$Z = \frac{1}{1 + k \cdot p_m} ,$$

gde su:

$k=0$ 1/bar za nadpritisk gasa $p_m < 1$ bar i

$k=0,003$ 1/bar za nadpritisk gasa $p_m > 1$ bar.

Koeficijenti stišljivosti za pogonske i standardne uslove iznose:

$$Z_p = Z_s = \frac{1}{1 + 0 \cdot p_m} = 1 .$$

Isporučena zapremina gasa na standardnim uslovima određuje se iz izraza:

$$V_s = V_p \cdot \frac{p_p}{p_s} \cdot \frac{T_s}{T_p} \cdot \frac{Z_s}{Z_p} = V_p \cdot \frac{(p_{am} + p_m)}{p_s} \cdot \frac{(273,15 + t_s)}{(273,15 + t_p)} \cdot \frac{1}{1} =$$

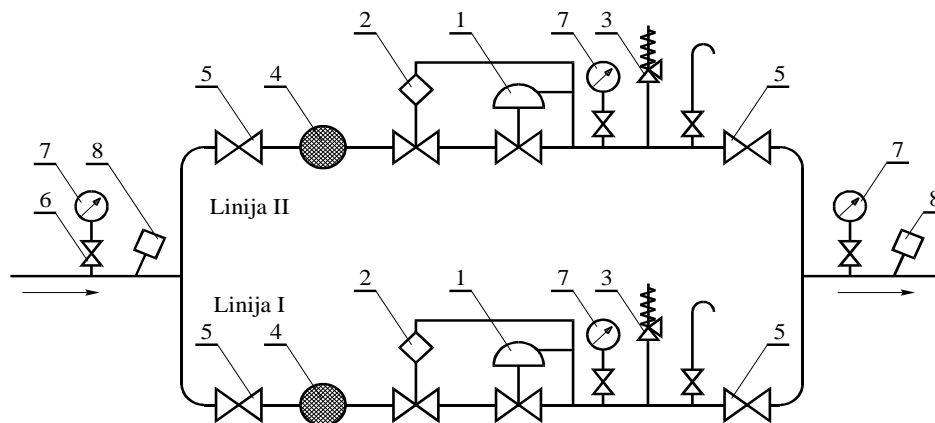
$$= 36,4 \cdot \frac{(101400 + 2200)}{101325} \cdot \frac{(273,15 + 15)}{(273,15 + 10)} = 36,4 \text{ Sm}^3$$

Energija koja je pri datim uslovima isporučena potrošaču iznosi:

$$E = V_s \cdot H_s = 36,4 \cdot 33,3385 = 1213 \text{ MJ} = 336,9 \text{ kWh}.$$

4.4.8 Podešavanje gasnih stanica

Upravljanje radom gasne stanice (*slika 4.20*) se svodi na uspostavljanje ili obustavljanje protoka gasa kroz stanicu, odnosno podešavanjem pritiska iza gasne stanice ili protoka kroz stanicu. Po pravilu ovaj proces je automatizovan i stoga je važno pravilno ga uraditi da bi se obezbedilo sigurno i pouzdano funkcionisanje gasne stanice. Aktiviranje elemenata gasne stanice može biti direktno (energija za aktiviranje elemenata dolazi od radnog fluida – prirodnog gasa) ili posebno itd. Posebno aktiviranje je aktiviranje iz nekog udaljenog centra tj. teledirigovano komandovanje. Kod ovakvog upravljanja potrebno je očitavati vrednosti parametra procesa na daljinu i preneti ih u centar za upravljanje (telemetrija). Maksimalna sigurnost upravljanja na daljinu se postiže telemetrijom zajedno sa teledirigovanim komandovanjem. U nastavku će više reči biti o direktnom upravljanju gasnim stanicama.



Slika 4.20 Šematski prikaz dvolinijske gasne stanice

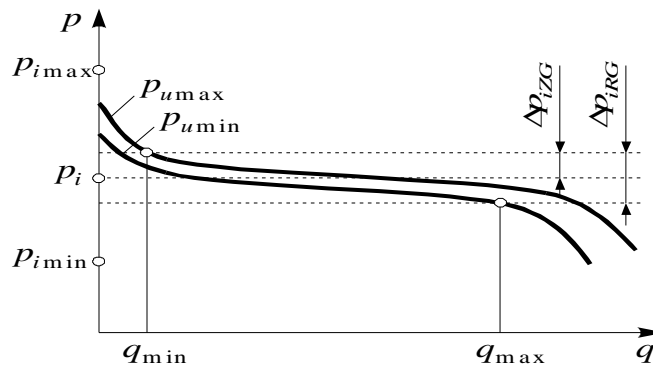
Direktno upravljanje gasnim stanicama se ostvaruje podešavanjem potrebnih upravljačkih elemenata – regulatora pritiska, sigurnosno odušnih ventila, sigurnosno zapornih ventila itd. Kao primer za prikaz upravljanja radom gasne stanice biće korišćena dvolinijska gasna stanica. Kod dvolinijske gasne stanice, jedna linija je radna, a druga rezervna. Svi elementi na radnoj i rezervnoj liniji su identični. Linija se sastoji od regulatora pritiska, manometra, termometra,

sigurnosno zapornog ventila (blok ventil), sigurnosno odušnog ventila, zaporne slavine, prečistača (filtera) i ventil manometra.

Radna linija (linija I) je u funkciji. Pritisak na ulazu u gasnu stanicu se kreće u velikom opsegu od minimalnog (p_{umin}) do maksimalnog (p_{umax}), dok se pritisak na izlazu iz gasne stanice podešava na vrednost p_i koja varira u veoma uskim granicama i zavisi od regulacijske grupe (RG) i zatvorne grupe (ZG) regulatora pritiska.

Termometri i manometri služe za merenje temperature i pritiska na ulazu i izlazu iz gasne stanice. U slučaju havarije ili potrebnog održavanja, delovi gasne stanice se mogu izolovati pomoću zapornih slavina i tak kad su one zatvorene pristupa se održavanju elemenata koji se nalaze unutar te sekcije (deonice). Za uklanjanje čestica koje mogu da oštete elemente na gasnoj stanice se koriste filteri koji se montiraju na samom početku stanice. Posle filtera, gas dolazi do regulatora pritiska. Regulator pritiska obezbeđuje da se pritisak na izlazu iz njega kreće u veoma malim granicama (granice RG). Izlazna vrednost pritiska se može podesiti, i posle je regulator održava unutar granice regulacijske grupe. Iza regulatora se nalazi sigurnosni zaporni ventil (blok ventil) koji je u normalnom radu otvoren. Kada dođe do povećanja pritiska izvan granice regulacijske grupe regulatora, blok ventil se aktivira i obustavlja protok gasa kroz gasnu stanicu. Sigurnosno odušni ventil se nalazi odmah iza sigurnosno zapornog ventila i njegova glavna uloga je da onemogući aktiviranje sigurnosno zapornog ventila usled kratkotrajnih porasta pritiska iza regulatora. Kapacitet sigurnosno odušnog ventila je tek nekih 10% od ukupnog kapaciteta gasne stanice, tako da će dugotrajno povećanje pritiska svakako aktivirati sigurnosno zaporni ventil. Uloga sigurnosno odušnog ventila se može svesti na obezbeđivanje većeg komfora u radu gasne stanice.

Radi lakšeg objašnjenja podešavanja gasnih stanica, koristiće se energetske karakteristike gasne stanice. Energetske karakteristike gasne stanice se dobijaju spajanjem pojedinačnih karakteristika elemenata gasne stanice, od kojih su najvažniji regulatori pritiska, sigurnosno odušni ventili i sigurnosno zaporni ventili.



Slika 4.21 Karakteristika regulatora pritiska

Karakteristika regulatora se može videti na slici 4.21. Na apscisi se nalaze vrednosti protoka q svedene na normirane uslove, a na ordinati se nalaze vrednosti pritiska iza regulatora p_i . Podešavanjem regulatora izlazni pritisak može da bude najviši p_{imax} ili najmanji p_{imin} . Kada je kao nominalna vrednost izlaznog pritiska podešena vrednost p_i , najviši i najniži ulazni pritisci variraju od p_{umax} do p_{umin} . Obe krive na dijagramu predstavljaju zavisnost izlaznog pritiska i

protoka kroz regulator pri konstantnoj vrednosti ulaznog pritiska, s tim što jedna predstavlja zavisnost pri minimalnom ulaznom pritisku p_{umin} , a druga pri maksimalnom p_{umax} . Na slici se može uočiti i Δp_{ZG} koje predstavlja odstupanje pritiska od nominalne vrednosti pri slučaju kada je ventil zatvoren, odnosno kada nema protoka kroz regulator ($q = 0$). Ovo odstupanje definiše zatvornu grupu ZG kao vrednost najvećeg dozvoljenog odstupanja zatvornog pritiska izraženu u procentima od nominalne vrednosti izlaznog pritiska:

$$ZG [\%] = \frac{\Delta p_{ZG}}{p_i} \times 100. \quad (4.30)$$

Prilikom otvorenog ventila ($q > 0$) odstupanje izlaznog pritiska od nominalne vrednosti iznosi:

$$\pm \left(\frac{\Delta p_{RG}}{2} \right). \quad (4.31)$$

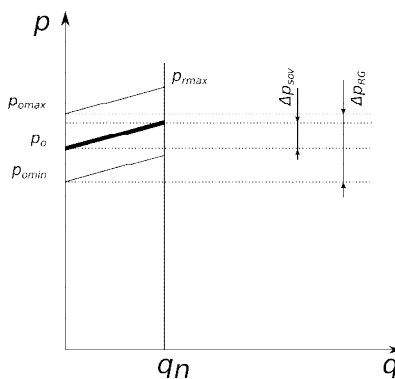
Ovo odstupanje definiše regulacijsku grupu RG kao vrednost najvećeg i najmanjeg odstupanja izraženu u procentima od nominalne vrednosti izlaznog pritiska:

$$RG [\%] = \frac{\Delta p_{RG}}{2 p_i} \times 100. \quad (4.31)$$

Važno je još i napomenuti da će regulator pritiska održavati pritisak u granicama definisanim regulacijskom grupom, samo ako je protok kroz regulator u granicama tj. $q_{min} \leq q \leq q_{max}$.

Na slici 4.22 može se videti karakteristika sigurnosno odušnog ventila. Slično kao i kod karakteristike regulatora, ovde se na ordinati nalaze vrednosti pritiska otvaranja ventila, a na apscisi vrednosti protoka kroz ventil, svedene na normirane uslove. Stvaran pritisak otvaranja može da odstupa od nominalne vrednosti u granicama od p_{omin} do p_{omax} . Opseg granice u kojoj pritisak varira zavisi od kvaliteta ventila, odnosno što je ventil kvalitetniji opseg granice je uži (manji). Ove granice su definisane aktivacionom grupom:

$$AG [\%] = \frac{\Delta p_{AG}}{p_o} \times 100. \quad (4.32)$$



Slika 4.22 Karakteristika sigurnosno odušnog ventila

Dozvoljeni pritisak otvaranja Δp_{sov} određuje nominalni protok q_n ventila. Za podešeni pritisak otvaranja p_o , najniža vrednost pritiska pri kojoj se ventil može otvoriti je p_{omin} , a najviša p_{omax} , s tim da je najveća (dozvoljena) vrednost pritiska u samom ventilu p_{rmax} .

Sigurnosno zaporni ventil ima sličnu karakteristiku kao i sigurnosno odušni ventil, ali je ipak jednostavnija jer zaporni ventil ima samo dva položaja: ili potpuno otvoren ili potpuno zatvoren.

Delimična automatizacija gasne stanice se postiže podešavanjem elemenata gasne stanice na sledeće parametre:

- | | | |
|----|---|-----------|
| 1. | Regulator pritiska na liniji I: | p_{il} |
| 2. | Regulator pritiska na liniji II: | p_{iII} |
| 3. | Sigurnosni odušni ventil na liniji I: | p_{ol} |
| 4. | Sigurnosni odušni ventil na liniji II: | p_{oII} |
| 5. | Sigurnosni zaporni ventil na liniji I: | p_{zl} |
| 6. | Sigurnosni zaporni ventil na liniji II: | p_{zII} |

Svi elementi imaju definisane regulacijske grupe RG, zatvorne grupe ZG i aktivacione grupe AG. Prvi element koji se podešava je regulator na liniji I, tj njegov izlazni pritisak p_{il} . Svi ostali elementi tj. vrednosti se podešavaju u odnosu na izlazni pritisak p_{il} .

$$p_{iII} = p_{il} - \frac{\Delta p_{RG_I}}{2} - \Delta p_{ZG_{II}} = \frac{1 - \frac{RG_I}{100}}{1 + \frac{ZG_{II}}{100}} \times p_{il} = \frac{1 - \frac{RG_I}{100}}{c_1} \times p_{il}, \quad (4.33)$$

$$p_{ol} = p_{il} + \Delta p_{ZG_I} + \frac{\Delta p_{ol}}{2} = \frac{1 + \frac{ZG_I}{100}}{1 - \frac{AG_{sovI}}{100}} \times p_{il} = c_2 \times p_{il}, \quad (4.34)$$

$$p_{oII} = p_{il} + \Delta p_{ZG_I} + \Delta p_{ol} + \frac{\Delta p_{oII}}{2} = \frac{c_1 + c_2}{1 + \frac{AG_{sovII}}{100}} \times p_{il} = c_3 \times p_{il}, \quad (4.35)$$

$$p_{zl} = p_{il} + \Delta p_{ZG_I} + \Delta p_{ol} + \Delta p_{oII} + \frac{\Delta p_{zl}}{2} = \frac{c_1 + c_2 + c_3}{1 + \frac{AG_{szvI}}{100}} \times p_{il} = c_4 \times p_{il}, \quad (4.36)$$

$$p_{zII} = p_{il} + \Delta p_{ZG_I} + \Delta p_{ol} + \Delta p_{oII} + \Delta p_{zl} + \frac{\Delta p_{zII}}{2} = \frac{c_1 + c_2 + c_3 + c_4}{1 + \frac{AG_{szvII}}{100}} \times p_{il}. \quad (4.37)$$

Posle podešavanja parametara po prethodnom modelu gasna stanica će raditi automatizovano, a snabdevanje potrošača gasom će biti sigurnije (pouzdanije).

Gasna stanica je podešena tako da je pritisak na izlazu iz gasne stanice (linije I) p_{il} . Dok je protok kroz liniju I u granicama od q_{min} do q_{max} , vrednost izlaznog pritiska se kreće u granicama od:

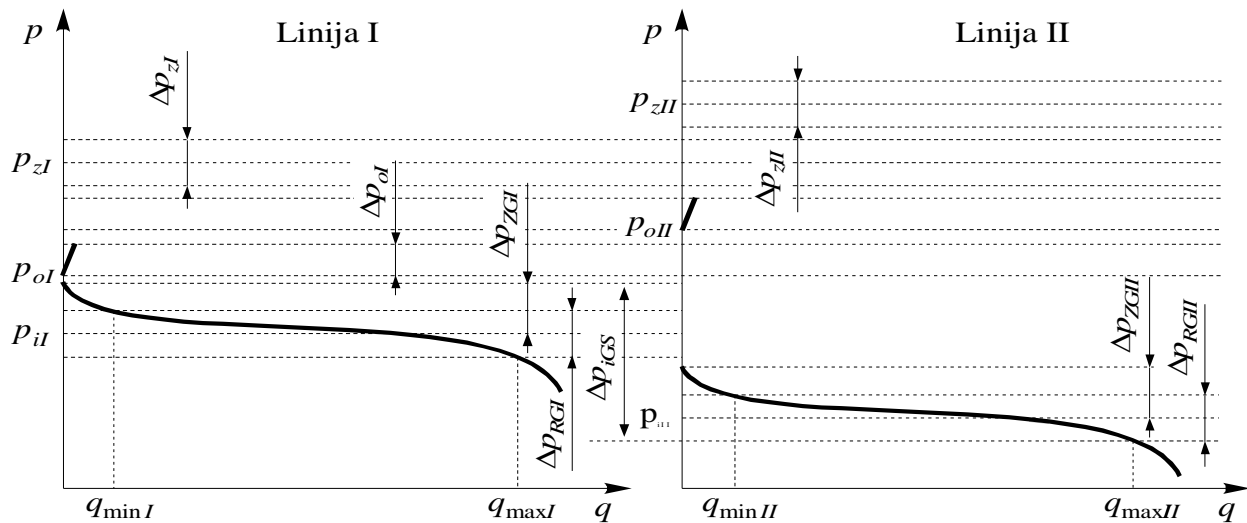
$$\left(1 - \frac{RG_I}{100}\right) \times p_{il} \div \left(1 + \frac{RG_I}{100}\right) \times p_{il}. \quad (4.38)$$

Ako je protok kroz liniju manji od q_{min} , pritisak može da dostigne vrednost do:

$$\left(1 + \frac{ZG_I}{100}\right) \times p_{il}. \quad (4.39)$$

U slučaju protoka većeg od q_{max} , (retko se dešava) potrebno je postaviti ograničavač protoka na izlazu iz gasne stanice da bi se potrošači zaštitili od preniskog pritiska.

Kako pritisak na regulatoru linije I uslovljava sve ostale vrednosti, tako onda i pritisak na regulatoru na liniji II zavisi od njega i u normalnom radu regulator će biti zatvoren. To se može videti i iz *slike 4.23*, gde je regulator na liniji II podešen na pritisak p_{iII} koji je uvek manji od pritiska iza regulatora pritiska na liniji I.



Slika 4.23 Ilustracija podešavanja parametara gasne stanice

Kada regulator na liniji I otkáže, on će se potpuno otvoriti i omogućiti porast pritiska iza sebe. Pritisak na liniji I će da raste sve dok ne dođe od vrednosti koja će aktivirati sigurnosni zaporni ventil na liniji I. Ovim se protok kroz liniju I obustavlja. Sigurnosno zaporni ventil na liniji II je podešen na pritisak aktiviranja koji je dovoljno veći od pritiska aktiviranja sigurnosno zapornog ventila na liniji I i samim tim se neće aktivirati. Zbog zatvorene linije I (sigurnosni zaporni ventil je obustavio protok) pritisak će polako da opada, i kada dovoljno opadne aktiviraće se regulator na liniji II. Na ovaj način je obezbeđeno sigurno i automatsko snabdevanje potrošača.

Podesiti elemente gasne stanice:

1. regulator na radnoj liniji, ako je $p_i=10$ bar, RG5, ZG10;
2. regulator na rezervnoj liniji ako je RG5, ZG10;
3. ventil sigurnosti na radnoj liniji ako je AG5;
4. ventil sigurnosti na rezervnoj liniji ako je AG5;
5. blok ventil na radnoj liniji ako je AG2,5;
6. blok ventil na rezervnoj liniji ako je AG2,5 i
7. koliki je najmanji a koliki najveći pritisak koji može da se javi u sistemu.

Rešenje

1) $p_i=10$ bar, RG5, ZG10;

$$10 \text{ bar} \cdot 0,95 = 9,5 \text{ bar}$$

$$10 \text{ bar} \cdot 1,05 = 10,5 \text{ bar}$$

$$10 \text{ bar} \cdot 1,1 = 11 \text{ bar}$$

Regulator na radnoj liniji radi u interval pritisaka 9,5 bar do 10,5 bar, a izuzetno do 11 bar.

2) Regulator na rezervnoj liniji (RG5, ZG10) podešava se prema regulatoru na radnoj liniji, i to tako da je minimalni pritisak regulatora na radnoj liniji jednak maksimalnom pritisku regulatora na rezervnoj liniji.

$$9,5 \text{ bar} / 1,1 = 8,64 \text{ bar}$$

$$8,64 \text{ bar} \cdot 0,95 = 8,21 \text{ bar}$$

$$8,64 \text{ bar} \cdot 1,05 = 9,07 \text{ bar}$$

Regulator na rezervnoj liniji radi u interval pritisaka 8,21 bar do 9,07 bar, a izuzetno do 9,5 bar.

3) Ventil sigurnosti na radnoj liniji (AG5) podešava se prema regulatoru na radnoj liniji, i to tako da je minimalni pritisak ventila sigurnosti na radnoj liniji jednak maksimalnom pritisku regulatora na radnoj liniji.

$$11 \text{ bar} / 0,95 = 11,58 \text{ bar}$$

$$11,58 \text{ bar} \cdot 1,05 = 12,16 \text{ bar}$$

Ventil sigurnosti na radnoj liniji radi u intervalu pritisaka 11 bar do 12,16 bar.

4) Ventil sigurnosti na rezervnoj liniji AG5 podešava se isto kao i ventil sigurnosti na radnoj liniji, i radi u intervalu pritisaka 11 bar do 12,16 bar.

5) Blok ventil na radnoj liniji (AG2,5) podešava se prema ventilu sigurnosti na radnoj liniji, i to tako da je minimalni pritisak blok ventila na radnoj liniji jednak maksimalnom pritisku ventila sigurnosti na radnoj liniji.

$$12,16 \text{ bar} / 0,975 = 12,47 \text{ bar}$$

$$12,47 \text{ bar} \cdot 1,025 = 12,78 \text{ bar}$$

Blok ventil na radnoj liniji radi u intervalu pritisaka 12,16 bar do 12,78 bar.

6) Blok ventil na rezervnoj liniji AG2,5 podešava se prema blok ventilu na radnoj liniji, i to tako da je minimalni pritisak blok ventila na rezervnoj liniji jednak maksimalnom pritisku blok ventila na radnoj liniji.

$$12,78 \text{ bar} / 0,975 = 13,11 \text{ bar}$$

$$13,11 \text{ bar} \cdot 1,025 = 13,44 \text{ bar}$$

Blok ventil na rezervnoj liniji radi u intervalu pritisaka 12,78 bar do 13,44 bar.

7) Najmanji pritisak koji može da se javi u sistemu je 8,21 bar (regulator na rezervnoj liniji), a maksimalni pritisak koji može da se javi u sistemu je 13,44 bar (blok ventil na rezervnoj liniji).