

Projektno-eksploatacioni aspekti realizacije distributivnih gasnih mreža za široku potrošnju

Laslo Nađ, dipl. inž., NIS-inženjering,
Bulevar 23. oktobra 37, 21000 Novi Sad

Upoređeno je nekoliko mogućih rešenja realizacije distributivne mreže za široku potrošnju, na primeru gasne mreže u Starom Bečeju. Razmatraju se sledeći uticaji na definisanje gasne mreže: ulazni pritisak gasa, broj mesta napajanja i konfiguracija sistema. Obradena rešenja su analizirana sa aspekta visine ukupnih ulaganja, eksploatacionih troškova, gubitka gasa prilikom havarije, mogućnosti povećanja kapaciteta, te akumulativne sposobnosti i stabilnosti sistema u toku rada. Na osnovu toga su ocenjena ponuđena rešenja.

1. Uvod

Projektovanje i analiziranje gasovodnih sistema, uključujući i distributivne gasne mreže za široku potrošnju, su danas nezamislivi bez upotrebe računara. U zavisnosti od raspoloživog softvera i hardvera, projektantske kuće (i u redem slučaju distributeri) su u mogućnosti da sa manjom ili većom tačnošću odrede i analiziraju neke projektne i eksploatacione parametre gasnih mreža. Povećanjem stepena kompleksnosti sprovedene analize skokovito raste i broj parametara obuhvaćenih analizom, što zahteva sve složeniji softver koji se teško nabavlja i još teže pravi. Zbog toga je u svakodnevnoj inženjerskoj praksi najrasprostranjenija analiza vrlo malog broja uticajnih faktora, a najčešće je pri projektovanju u odlučivanju presudan samo jedan – visina ukupnih ulaganja. Ovakva praksa, koja ne vodi računa o drugim parametrima koji ispoljavaju svoj uticaj tek nakon puštanja investicionog objekta u pogon, stvara nepotpunu i često pogrešnu sliku o analiziranom sistemu. Jer, ne mora se investiciono najpovoljnija gasna mreža pokazati i kao najpovoljnija tokom eksploatacije. Cilj ovog rada je da prikaže jedno od mogućih razmišljanja, kojim bi se numerički vrednovali projektne i eksploatacioni pokazatelji gasnih mreža, na način blizak inženjerskoj praksi u inostranstvu [1, 2].

2. Analizirani gasovodni sistem

Analiza je izvršena na primeru gasovodnog sistema u Starom Bečeju, u okviru kojeg se planira izgradnja i distributivne mreže za široku potrošnju.

Ranijim Glavnim projektom glavnog gradskog gasovoda u Starom Bečeju je predložena distributivna gasna mreža sa jednom tačkom napajanja i radnim natpritisakom od 3 bara. Napajanje bi se vršilo iz nove glavne merno-regulacione stanice koja bi bila locirana pored postojeće GMRS. Ovaj sis-

tem je trebalo da snabdeva gasom ukupno 4 029 domaćinstava u rejonima grada koji nisu predviđeni za toplifikaciju.

Povećanjem broja domaćinstava prema DUP-u na 8 000 i izdavanjem novih UTU za gasnu mrežu, nametnulo se rešenje za sekundarni gasovodni sistem sa tri tačke napajanja – iz tri MRS koje bi bile locirane u samom naselju, a gasom bi se napajale iz primarnog sistema srednjeg pritiska (tzv. "čelični razvod"). U razmatranje su uzeti sledeći radni natpritisaci u mreži: 100 mbara, 1 bar i 2 bara.

Da bi se stvorila osnova za realno upoređenje navedenih varijanti, konfiguracijski su, na osnovu postojećih UTU, na nivou glavnih projekata razrađene dve mreže: sa jednom i sa tri tačke napajanja. Obe konfiguracije predviđaju gasifikaciju svih potrošača po DUP-u, koji se ne priključuju direktno na razvodni gasovod srednjeg pritiska ili toplovodni sistem. Uprošćene šeme gasnih mreža su prikazane na slici 1.

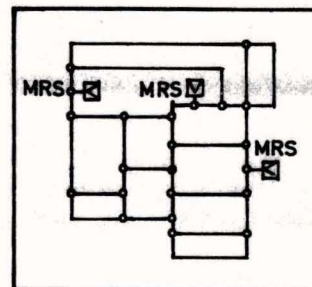
Mreže su razrađene kao kombinacija petljastih i računvastih razvoda, što omogućuju snabdevanje istog potrošača gasom iz više pravaca, bez obzira na broj izvora koji napajaju sistem.

Mreže su zatim dimenzionisane za navedene radne pritiske gasa i za maksimalnu proračunsku potrošnju pojedinih potrošača, vodeći računa o koeficijentima istovremenosti potrošnje. Za sve vidove potrošnje energije predviđena je potpuna substitucija korišćenih goriva prirodnim gasom.

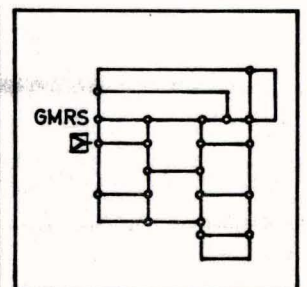
Za sve deonice uličnih razvoda analiziranih mreža su predviđene polietilenske cevi za gasovode, gustoće veće od 930 kg/m³, po JUS G.C6.601, i to serije 5 (za radne natpritiske od 1, 2 i 3 bara) i serije 8 (za radni pritisak od 100 mbara).

3. Korišćeni softver

Proračunska analiza protoka gasa u razmatranim varijantama mreža, kao i simulacija rada samih mreža u eksploatacionim uslovima je urađena metodom simulacije, pomoću programa TGFS na računarskom sistemu R20; kao ulazna jedinica je korišćen IBM-ov kompatibilni PC sa matematičkim koprocesorom. Program TGFS koristi teoretsku metodu Stonera,



Slika 1a. Uprošćena šema gasne mreže sa tri tačke napajanja



Slika 1b. Uprošćena šema gasne mreže sa jednom tačkom napajanja

Tabela 1.

Varijanta mreže	1.	2.	3.	4.
Broj tačaka napajanja	3	3	3	1
Radni natpritisak gasa	100 mbara	1 bar	2 bara	3 bara
Dužina cevi u pojedinim varijantama gasne mreže, bez kućnih priključaka [m]				
355 mm	190	–	–	–
315 mm	5.710	–	–	1.030
280 mm	510	–	–	–
225 mm	17.000	4.010	–	–
200 mm	–	–	–	6.800
160 mm	12.910	2.400	4.420	2.130
110 mm	12.600	14.970	10.350	8.730
90 mm	100.600	9.760	6.880	6.970
63 mm	16.720	12.910	13.340	5.120
40 mm	–	121.140	10.510	5.160
32 mm	230	920	120.510	130.070
25 mm	–	360	460	460
ukupno	166.470	166.470	166.470	166.470
Ukupan broj priključaka u gasnoj mreži	7.764	7.764	7.764	7.764
Ukupan broj fittinga i fazonskih komada u mreži	38.497	59.812	61.310	61.870
Ukupna zapremina gasne mreže [m ³]	1.972	431	283	422
Ukupna cena kompletne gasne mreže	2.260.539	1.502.650	1.314.279	1.468.021
Ukupna dužina dovodnog gasovoda [m]	12.168	12.168	12.168	–
Ukupna cena dovodnog gasovoda	156.377	156.377	156.377	–
Ukupna cena (G)MRS	99.768	88.021	61.205	40.601
Ukupni deo široke potrošnje u ceni dovodnog gasovoda i (G)MRS	224.869	213.123	186.306	40.601
Ukupna cena sistema za široku potrošnju (dovodni gasovod + GMRS + mreža)	2.485.408	1.715.773	1.500.585	1.508.622

Napomena: cene su u hiljadama dinara na dan 15. 8. 1992. godine.

koja je bazirana na vremenski promenljivoj jednačini kontinuiteta napisanoj za pojedine čvorove sistema [3, 4, 5].

Najranija verzija programa datira iz 1977. godine i bazirana je na programu PAN (Program to Analyze Networks) British Gas Plc [6]. Softver omogućava analizu sledećih problema vezanih za projektovanje i eksploataciju gasovitih sistema:

- u sistemima sa više ulaza određivanje granica snabdevanja pojedinih izvora;
- utvrđivanje glavnih transportnih pravaca u složenom sistemu;
- ispitivanje uticaja povećanja opterećenja pojedinih elemenata na ceo sistem, bez proširenja mreže;
- analiza mogućnosti zadovoljenja novonastalih potreba u sklopu postojećih sistema;
- analiza uticaja mogućih proširenja mreže na funkcionisanje celog sistema;
- utvrđivanje porasta transportnog kapaciteta sistema nastalog usled proširenja radnog pritiska;
- uticaj promene pritiska u ulaznim tačkama sistema na granice snabdevanja pojedinih stanica;
- analiza rada sistema sa više ulaza u slučaju zastoja u radu pojedinih izvora;
- analiza rada sistema u slučaju havarije;
- analiza ponašanja mreže u slučaju isključenja pojedinih potrošačkih celina.

Najnovija verzija TGFS omogućava i analizu stabilnosti mreže u toku eksploatacije, tj. brzinu anuliranja tranzijentnih poremećaja i povratak na režim rada najbliži stacionarnom [7].

Ponašanje ispitivanih mreža je analizirano za po 15 karakte-

rističnih slučajeva odstupanja od konačnih varijanti, uključujući razne mogućnosti obustavljanja napajanja iz pojedinih izvora, havarije na važnijim deonicama, isključenje pojedinih potrošača i sistemskih celina, te razne kombinacije mogućih prečnika cevi.

4. Analizirani parametri

Elementi koji određuju analizirane parametre su prikazani u tabeli 1.

Prilikom određivanja visine ukupnih ulaganja u sistem uzeta je u obzir cena mašinske opreme i materijal sa neophodnim radovima na izgradnji, ispitivanjima i puštanju u pogon. Obuhvaćeni su i kompletni građevinski radovi sa potrebnim materijalom, kao i troškovi elektro-opreme, materijala i radova, odnosno katodne zaštite gde je to neophodno. Ovaj faktor je posebno značajan za investitora, ukoliko to nije kasnije, nakon puštanja sistema u pogon, i distributer, odnosno korisnik.

U nedostatku dugoročnih domaćih iskustava vezanih za troškove održavanja distributivnih mreža pri svim analiziranim pritiscima, usvojena je metodologija British Gas/Wales Plc. Za određivanje gubitaka gasa iz sistema prilikom havarije je korišćen rad [8].

Kao pokazatelj mogućnosti sistema za lagerovanje određenih količina gasa koji bi se koristile u špicevima potrošnje, akumulativna sposobnost mreže, kao i prethodna dva parametra, ima izuzetnu važnost za distributera odnosno korisnika mreže.

Zadatak gasne mreže je da razvodi gas u potrebnim količina-

Tabela 2

Ocena važnosti	Uticajni faktor	Varijanta mreže			
		1.	2.	3.	4.
8	Visina ukupnih ulaganja	6	8	10	10
6	Visina ukupnih troškova održavanja	10	10	10	10
8	Zaptivanje i gubici gasa prilikom havarije	10	8	6	4
2	Akumulativna sposobnost sistema	10	4	3	8
2	Stabilnost sistema	3	9	8	10
2	Mogućnost povećanja kapaciteta sistema	2	7	10	9
	Ukupno:	218	228	230	226

ma do svih potrošača, koji su razmešteni na različitim međusobnim rastojanjima i koji su posredno ili neposredno povezani. Zbog razlika u veličini i karakteru potrošnje pojedinih potrošača, stvarni protok gasa u deonicama mreže je promenljiv tokom vremena. Imajući u vidu i stepen međusobne povezanosti pojedinih potrošača odnosno deonica, očigledno je da promena protoka u jednoj deonici mreže utiče na promenu protoka u svim ostalim deonicama povezanim u petljasti razvod. Zbog toga se rad distributivne mreže može posmatrati kao niz tranzijentnih stanja prouzrokovanih poremećajima nastalim usled stalnih oscilacija u potrošnji. Sposobnost sistema da se u toku određenog vremenskog intervala iz tranzijentnog stanja vrati u režim blizak stacionarnom, naziva se stabilnost sistema; ona se manifestuje kroz moguća zaгуšenja u pojedinim delovima mreže usled poremećaja u protoku.

Usled proširenja naselja, odnosno pojave novih potrošača, nameće se potreba proširenja gasne mreže. Kolika je sposobnost sistema da prihvati naknadna proširenja, odnosno kolike su rezerve mreže da kroz postojeću konfiguraciju i prečnike snabdeva dodatne potrošače, vidi se kroz mogućnost povećanja kapaciteta sistema u tabeli 2; u njoj je izvršeno vrednovanje opisanih projektno-eksploatacionih parametara za analizirane varijante. Tabela prikazuje međusobni odnos uticajnih faktora izraženih u numeričkoj formi; faktori su grupisani na levoj strani tabele i svakom od njih je pridodata odgovarajuća brojčana vrednost koja predstavlja "težinu" odnosno "važnost" tog faktora u celokupnoj analizi. U desnom delu tabele su vrednovani rezultati analize (prema tabeli 1. i simulacijama). Svako obrađenoj varijanti mreže je predviđena ocena od 1 do 10, koja u brojčanoj formi opisuje odgovarajući faktor. Umnoški opštih ocena važnosti i konkretnih ocena parametara za pojedine varijante mreže daju rezultate koji se u koloni za svaku varijantu sabiraju, formirajući ukupni rezultat na osnovu kojeg se vrši vrednovanje varijante.

Prema dobijenim rezultatima, od upoređenih varijanti je najbolja gasna mreža sa tri tačke napajanja i radnim natpritiskom od 2 bara. Visina ukupnih ulaganja u ovaj sistem je najmanja, bez obzira što je za napajanje neophodno izgraditi i razvodni gasovod srednjeg pritiska od čeličnih cevi, sa tri MRS (što važi i za druge dve mreže sa tri tačke napajanja). Mada ova mreža ima najmanju akumulativnu sposobnost, zbog povoljnog izbora prečnika cevi u pojedinim deonicama; ovaj prečnik cevi je zbog izrazito negativnog uticaja na akumulativnu sposobnost predviđen samo za deonice u računskom razvodu (najmanja dimenzija cevi u deonicama petljastog dela je 63 mm).

Gasna mreža sa tri tačke napajanja i radnim natpritiskom od 1 bara ne ispoljava značajna odstupanja nijednog parametra od proseka, osim akumulativne sposobnosti. Najmanja dimenzija cevi u uličnom razvodu je 40 mm, odnosno 90 mm u deonicama petljastog razvoda. Promene prečnika cevi u mreži nisu značajno uticale na stabilnost sistema.

Visina ulaganja u gasnu mrežu sa jednom tačkom napajanja i radnim natpritiskom od 3 bara je neznatno veća od sistema sa tri tačke napajanja i 2 bara; za realizaciju ove varijante je dovoljno izgraditi odgovarajuću GMRS za široku potrošnju, bez razvodnog gasovoda od čeličnih cevi. Zbog visokog radnog pritiska, velika je verovatnoća pojave problema vezanih za zaptivanje, te intenzivnog isticanja gasa u slučaju havarije. Iako mreža ima manju zapreminu, zbog veće mogućnosti variranja pritiska može se ostvariti veća akumulacija i povećanje kapaciteta. Sistem ima najveću stabilnost rada koju postiže sa cevima dimenzija 200 odnosno 32 mm (umesto uobičajenih 225 odnosno 40 mm).

Varijanta sistema sa tri tačke napajanja i radnim pritiskom 100 mbara je tokom simulacije ispoljila značajnu inertnost, bez obzira na razne kombinacije prečnika cevi u mreži. Proračunom se pokazalo da na dinamička svojstva sistema povoljno deluje prečnik cevi od 280 mm umesto prvobitno predviđenih 250 mm. Mreža je posebno osetljiva na potrošače preko 200 m³/h uslovima koji je destabilizuju. Problem sa zaptivanjem spojeva je manji, zbog nižeg pritiska u mreži nastaju manja propuštanja u odnosu na ostale varijante, te je prištećenju cevi izlaženje gasa manje intenzivno; mogućnosti za transport dodatnih količina gasa su najmanje.

Na osnovu izložene analize investitoru je predložena izgradnja distributivne gasne mreže u Starom Bečeju od polietilenskih cevi, koja bi se iz čeličnog razvodnog gasovoda srednjeg pritiska napajala u tri tačke, sa radnim natpritiskom gasa u sistemu od 2 bara.

6. Zaključak

U radu je prikazano određivanje optimalne varijante distributivne gasne mreže za široku potrošnju, metodom vrednovanja projektnih i eksploatacionih parametara sistema. Ocena pojedinih parametara je izvršena na osnovu podataka dobijenih simulacijom rada četiri obrađene varijante zadate mreže, dok je vrednovanje važnosti pojedinih parametara urađeno na bazi višegodišnjeg iskustva investitora, projektanata, izvođača i distributera/korisnika ovakvih objekata.

Broj parametara uzetih u obzir prilikom sastavljanja tabele 2. može da se menja, kao i odgovarajuće ocena važnosti, što is-

ključivo zavisi od dogovora stručnjaka koji učestvuju u izradi analize. Na taj način bi se moglo doći i do drugačijeg krajnjeg redosleda analiziranih varijanti, što uopšte ne bi dovelo u pitanje suštinu prezentovane metode donošenja odluke.

Literatura

- [1] HAYAT, A.: *A Gas Distribution Renewal Project*, PLI, Vol. 69 No. 2, Houston, 1988
- [2] GOSI, P.: *Földgázelosztás, Műszaki Konyvkiadó, Budapest*, 1989
- [3] STONER, M. A.: *Analysis And Control Of Unsteady Flows In Natural Gas Systems*, PhD Dissertation, University of Michigan, Ann Arbor, 1968
- [4] STONER, M. A.: *A New Way To Design Natural Gas Systems*, Gulf Publishing Co., Houston, 1970
- [5] WYLIE, E. B., Stoner, M. A., Streeter, V. L.: *Network System Transient Calculations By Implicit Method*, SPE Paper #2963
- [6] ELLIS, D. W., Worrall, K. E., Miller, S. P.: *The Computer Design And Control of Pressures In Distribution Networks*, Communication 1354, 53rd Autumn Meeting, The Institution of Gas Engineers, London, 1987
- [7] SCHROEDER, D.: *Steady-state Assumption: What It Means And How It Works*, PLI, Vol. 75 No. 3, Houston, 1992
- [8] MCKEE, R. J.: *Simplified Blowdown Calculations*, Applied Physics Division of Southwest Research Institute, San Antonio, 1990.