

GLAVNA MERNO REGULACIONA STANICA "RUMENKA" I SIMULACIJA STRUJANJA GASA KROZ SIGURNOSNI VENTIL**MAIN MEASURING AND CONTROL STATION "RUMENKA" AND SIMULATION OF GAS FLOW THROUGH THE SAFETY VALVE**Mladen Đurić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MAŠINSTVO**

Kratak sadržaj – U ovom radu prikazana je priprema i transport prirodnog gasa koji se koristi u Glavnoj merno regulacionoj stanici "Rumenka". Izabrani su elementi i oprema na osnovu proračuna. Prikazana je simulacija sigurnosnog ventila koji se koristi u "GMRS", te su dobijeni rezultati simulacije prikazani numerički i analitički.

Ključne reči: Sigurnosni ventil, Prirodni gas, "GMRS"

Abstract – This paper presents the preparation and transport of natural gas used in the Main Measurement and Regulation Station "Rumenka". Elements and equipment were selected based on the budget. The simulation of the safety valve used in "GMRS" is presented, and the obtained simulation results are presented numerically and analytically.

Keywords: Safetyvalve, natural gas, "GMRS"

1. UVOD

Pre transporta prirodnog gasa, vrši se njegova priprema a zatim transport magistralnim cevovodom do Glavne merno regulacione stanice. Tu se pritisak spušta na predviđene vrednosti.

Kao zaštita od previsokih pritisaka koristi se sigurnosni ventil. On ispušta određenu količinu gasa dok se pritisak ne spusti na prvobitnu vrednost, odnosno funkcioniše na principu zavisnosti protoka od pritiska.

Minimalna količina gasa koja se ispusti kroz njega iznosi od 1 do 10 % vrednosti protoka kroz regulator.

2. ZADATAK RADA

Zadatak rada jeste izbor i provera već usvojene opreme za glavnu merno regulacionu stanicu "Rumenka". Tome prethodi teorijski opis prirodnog gasa i njegovog transporta i načina pripreme prije transporta magistralnim cevovodom.

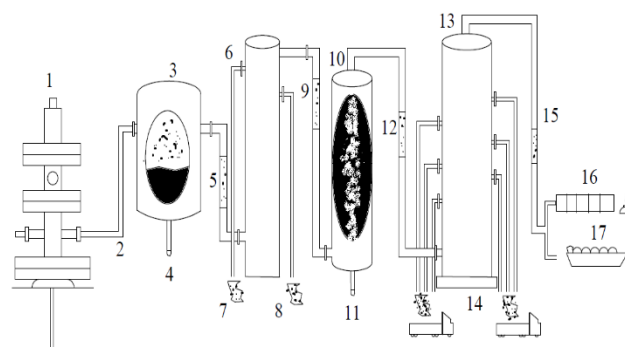
Takođe treba izvršiti simulaciju usvojenog sigurnosnog ventila. Simulira se zavisnost masenog protoka prirodnog gasa (metana) i razlike pritisaka u ventilu. Dobijeni numerički rezultati porede se sa analitičkim i prikazuju se na dijagramu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Maša Bukurov, red. prof.

3. PRIPREMA I OPREMA ZA PRIPREMU PRIRODNOG GASA

Oprema za pripremu prirodnog gasa prikazana je na slici 1. sa delovima:



Slika 1. Oprema za pripremu prirodnog gasa [1]

(1-Bušotinska glava; 2-Cevovod sirovog prirodnog gasa; 3-Separator tečne faze; 4-Odvojena voda i kondezat; 5-Delimično prečišćen gas; 6- Separator kiselih gasova; 7-Odvojeni H₂S; 8-Odvojeni CO₂; 9-Značajno prečišćen gas; 10-Dehidrator gasa; 11-Odvojena voda; 12-Značajno pripremljen gas; 13-Frikciona kolona; 14-Odvojeni etan, propan, butan; 15- Pripremljen prirodni gas; 16-Magistralni gasovod; 17-Transport TPG (LNG))

Uobičajeni procesi za uklanjanje različitih primesa su [2]:

- Odvajanje tečnosti od prirodnog gasa,
- Uklanjanje sumpora i ugljen dioksida (kiselih gasova),
- Dehidracija prirodnog gasa,
- Degazolinaža (frakcionisanje).

4. TEHNIČKI OPIS GMRS „RUMENKA“

Glavna merno regulaciona stanica služi da kod većih potrošača gasa pritisak magistralnog gasovoda koji može biti i 50 bar redukuje na radni pritisak potrošača od 6 bar i da meri potrošenu količinu gasa. U oblasti široke potrošnje gas se mora odorizovati, pa se u sistem postavlja i uređaj za odorizaciju gasa [3].

Projekat obuhvata glavnu merno regulacionu stanicu „Rumenka“ i kotlarnicu koja se nalazi unutar zajedničke ograde.

Osnovne karakteristike glavno-merno regulacione stanice:

- Pritisak gasa na ulazu:
 $p_{ul} = (18 \div 50)$ bar (man),
- Pritisak gasa na izlazu:
 $p_{iz} = (8 \div 12)$ bar (man),

- Maksimalni protok gasa:
 $Q_{smax} = 14200 \text{ Sm}^3/\text{h}$,
- Minimalni protok gasa:
 $Q_{smin} = 300 \text{ Sm}^3/\text{h}$.

Za snižavanje i regulacija pritiska gasa predviđene su dve identične linije (radna i rezervna) koje se sastoje od:

- Sigurnosnog blok ventila,
- Regulatora pritiska,
- Sigurnosnog ventila
- Zapornog organa.

5. PRORAČUN OSNOVNIH VELIČINA GMRS „RUMENKA“

Proračunate veličine za GMRS prikazane su u sledećoj tabeli:

Tabela 1. Rezultati proračuna

Svojstva gasa	Brojna vrednost	Jedinica
Molekulska masa	16,63	kg/kmol
Gustina gasa pri normalnim uslovima	0,74	kg/m ³
Gustina gasa pri standardnim uslovima	0,71	kg/m ³
Relativna gustina gasa	0,58	–
Kritični apsolutni pritisak	46,61	bar
Kritična temperatura gasa	192,79	K
Kritična gustina gasa	165,72	kg/kmol
Specifična toplota gasa pri normalnim uslovima	2,21	kJ/kgK
Koeficijent toplotne provodljivosti gasa pri normalnim uslovima	0,030	W/mK
Donja toplotna moć gasa pri standardnim uslovima	34062,8	kJ/m ³
Dinamička viskoznost gasa	10,38	10 ⁻⁶ Pas
Kinematska viskoznost gasa	13,95	10 ⁻⁶ m ² /s
Koeficijent adijabate	1,30	–

6. IZBOR I PROVERA OPREME ZA GMRS "RUMENKA"

Izvršena je provera i izmena usvojene sledeće opreme:

1. Fini filter za gas:
 - Tip: Fini filter za gas 1020
 - Proizvođač: "Energ sistem" Novi Sad, Republika Srbija.
2. Zagejač gasa:
 - Tip: 421-V-200-1/18,
 - Proizvođač: "GasTeh" Indija, Republika Srbija.
3. Sigurnosni blok ventil na vodenoj strain zagrejača za gas:
 - Tip: RMG 790 K1/F2,
 - Proizvođač: "RMG", Republika Nemačka.
4. Sigurnosni blok ventil:

Na osnovu pritiska otvaranja $P_{otv} = P_{iz} \cdot 1,15 = 9,2 \text{ bar}$, pritisak blokade iznosi $P_{bl} = 10,12 \text{ bar}$, što je veće za 10 % od pritiska otvaranja.

- Tip: 234-BV,

- Proizvođač: "GasTeh" Indija, Republika Srbija.
5. Regulator pritiska:
 - Tip: 139 - BV,
 - Proizvođač: "GasTeh" Indija, Republika Srbija.
 6. Sigurnosni ventil:
 - Tip: 530-25/2,
 - Proizvođač: "Energ sistem" Novi Sad, Republika Srbija.
 7. Turbinsko merilo protoka:
 - Tip: Turbinsko merilo, SM-RI-X,
 - Proizvođač: "Elster Instrument".
 8. Merilo protoka sa rotacionim klipovima:
 - Tip: Turbinsko merilo, SM-RI-X,
 - Proizvođač: "Elster Instrument".
 9. Regulator protoka.

7. IZBOR I PROVERA OPREME ZA KOTLARNICU GMRS "RUMENKA"

Izvršena je provera i izmena sledeće opreme:

1. Toplovodni kotao:
 - Tip: eco TEC plus VU INT 806/5-5 1206/5-5,
 - Proizvođač: "VAILLANT", Republika Nemačka.
2. Regulator pritiska sa sigurnosnim blok ventilom i sigurnosnim ispusnim ventilom
 - Tip: RMG-300,
 - Proizvođač: "RMG", Republika Nemačka.
3. Dimnjak

Na osnovu proračunskih parametara [4]:

- Koeficijent viška vazduha: $\alpha = 1,15$,
- Minimalna količina vazduha potrebna za sagorevanje: $V_{(vaz)min} = 9,52 \text{ m}_n^3/\text{m}_n^3$,

usvaja se dimnjak $\varnothing 200 \text{ mm}$ radne visine 5 m

4. Ekspanzioni sud:
 - Tip: ER 18 CE,
 - Proizvođač: "ETAŽ" Beograd, Republika Srbija.
5. Razdelnik i sabirnik tople vode:

Usvaja se prečnik razdelnika $\varnothing 80,9 \times 3,2 \text{ mm}$ i dužina 2000 mm.

6. Termoregulacioni ventil
7. Cirkulaciona pumpa:
 - Tip: Cirkulaciona pumpa 1CVR,
 - Proizvođač: "Sever" Subotica, Republika Srbija
8. Ventilacija kotlarnice:

Minimalna efektivna površina dovodnog otvora za ventilaciju [4]:

$$A_d = 5,8 \cdot P_k = 5,8 \cdot 182 = 1055,6 \text{ cm}^2 \quad (1)$$

Minimalna efektivna površina odvodnog otvora za ventilaciju kotlarnice [4]:

$$A_o = \frac{1}{3} \cdot A_d = \frac{1}{3} \cdot 1055,6 = 351,87 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

8. SIMULACIJA STRUJANJA GASA KROZ SIGURNOSNI VENTIL

Simulacija je izvršena za usvojeni sigurnosni ventil:

- Tip: 530 - 25/2,
- Proizvođač: "Energo sistem" Novi Sad, Republika Srbija.

Simulacija je urađena za tri vrednosti protoka odnosno brzine kroz sigurnosni ventil u zavisnosti od tri položaja diska:

- 15 % otvoren ventil,
- 30 % otvoren ventili,
- 50% otvoren ventil.

Razmatramo tri vrednosti protoka kroz ventil za tri navedena položaja diska:

1. 10 % vrednosti regulatora pritiska:

$$Q_{sv} = 0,1 \cdot Q_{reg} \quad (3)$$

$$Q_{sv} = 0,1 \cdot 1023,2 = 102,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. 5 % vrednosti regulatora pritiska:

$$Q_{sv} = 0,05 \cdot Q_{reg} \quad (4)$$

$$Q_{sv} = 0,05 \cdot 1023,2 = 51,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

3. 1 % vrednosti regulatora pritiska:

$$Q_{sv} = 0,01 \cdot Q_{reg} \quad (5)$$

$$Q_{sv} = 0,01 \cdot 1023,2 = 10,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Brzina kroz sigurnosni ventil za računa se preko izraza:

$$w = \frac{4 \cdot Q_v}{D^2 \cdot \pi \cdot 3600} \quad (6)$$

i iznosi:

1. $w = 22,6 \text{ m/s}$,
2. $w = 11,31 \text{ m/s}$,
3. $w = 2,3 \text{ m/s}$,

Zavisnost masenog protoka i pada pritiska u sigurnosnom ventilu se aproksimira na osnovu formule [5]:

$$\dot{m} = C_0 \cdot A_0 \cdot Y \sqrt{\frac{p_1 \cdot \rho_1}{1 - \beta^4} \left[2 \left(1 - \frac{p_2}{p_1} \right) \right]^{1/2}}, \quad (7)$$

Gde su:

- C_0 - koeficijent otvora,
- A_0 - otvor sedišta diska (m),
- $\beta = \frac{d}{D}$ odnos prečnika otvora sedišta diska i prečnika cevi ventila,
- Y - ekspanzioni faktor (-),
- p_1 - ulazni pritisak (bar),
- p_2 - pritisak iza sedišta diska (bar).

Ekspanzioni faktor Y računa se na osnovu sledeće formule [5]:

$$Y = 1 - \frac{\Delta p}{\kappa p_1} (0,41 + 0,35 \cdot \beta^4) \quad (8)$$

Gde su:

- Δp - razlika pritiska p_1 i p_2 (bar),
- κ - koeficijent adijabate (-).

9. NUMERIČKA ANALIZA

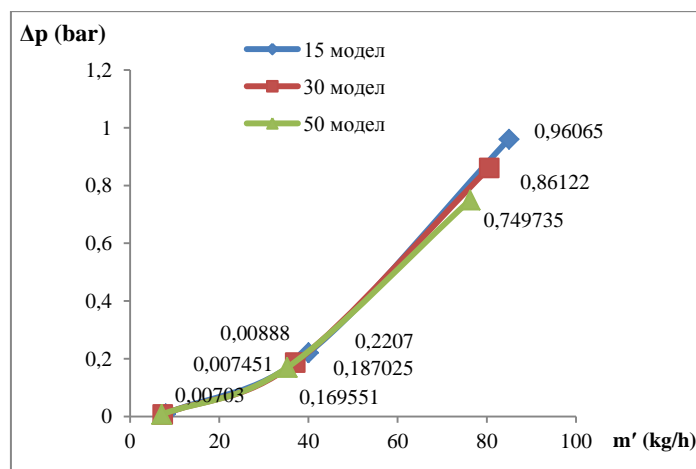
Numerička analiza svodi se na analizu simulacije struje gasa kroz sigurnosni ventil.

Iz simulacije očitavaju se rezultati pritiska p_1 i p_2 čije vrednosti se ubacuju u izraz za maseni protok prikazan jednačinom (7). Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati mernog protoka za različit položaj ventila

15 % Otvoren ventil					
Brzina	Vrednost	Jed.	Maseni protok	Vrednost	Jed.
w	22,6	m/s	\dot{m}	84,9680	
	11,3			40,0217	
	2,3			8	
30% Otvoren ventil					
w	22,6	m/s	\dot{m}	80,5257	
	11,4			37,0413	
	2,3			7,317	
50% Otvoren ventil					
w	22,6	m/s	\dot{m}	76,264	
	11,3			35,243	
	2,3			7,11	

Na sledećoj slici prikazan je dijagram zavisnosti masenog protoka i razlike pritiska u sigurnosnom ventilu za sva tri položaja ventila.



Slika 2. Numerički dobijena zavisnost masenog protoka i razlike pritiska za sva tri položaja ventila

Sa slike 2. vidi se da sa porastom masenog protoka raste i razlika pritiska.

Ta promena je manje izražena kod slučaja kada je ventil otvoren 50 %.

10. ANALITIČKA ANALIZA

Analitička analiza se svodi na proračun jednačina datih u sledećoj tabeli:

Tabela 3. Jednačine za analitičku analizu [6]:

Fizička veličina	Oznaka	Jednačina	Jed.
Sp. gasna konstanta metana	R	$R = \frac{R_u}{M}$	J/kgK
Gustina	ρ	$\rho = \kappa \cdot \frac{p}{RT}$	kg/m ³
Brzina zvuka	c	$c = \sqrt{\kappa \cdot \frac{p}{\rho}}$	m/s
Mahov broj	Ma	$Ma = \frac{w}{c}$	–
Totalni pritisak	p_t	$p_t = p_1 \cdot \left[1 + \frac{\kappa - 1}{2} \cdot M_1^2 \right]^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}$	
Pritisak iza sedišta diska	p_2	$p_2 = \frac{p_t}{\left[1 + \frac{\kappa + 1}{1} \right]^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}}$	
Razlika pritisaka	Δp	$\Delta p = p_1 - p_2$	

Na osnovu jednačine kontinuiteta:

$$\rho_1 \cdot w_1 \cdot A_1 = w_2 \cdot \rho_2 \cdot A_2, \quad (9)$$

računa se maseni protok:

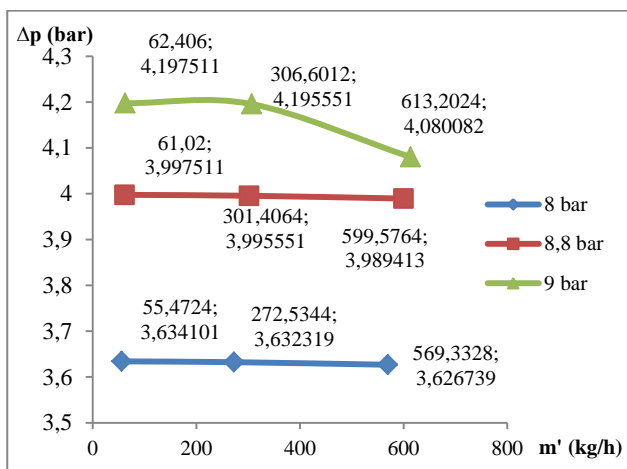
$$\dot{m} = \rho \cdot w \cdot A. \quad (10)$$

Proračun se izvodi za tri različita pritiska:

- $p_1 = 8$ bar,
- $p_1 = 8,8$ bar,
- $p_1 = 9$ bar,

U analitičkom proračunu se usled različitog protoka kroz sigurnosni ventil menjaju tri brzine dobijene u izrazima (6).

Na slici 3. prikazana je zavisnost masenog protoka i razlike pritisaka u sigurnosnom ventilu



Slika 3. Analitički dobijena zavisnost masenog protoka i razlike pritisaka za sva tri položaja ventila

Sa slike 3. vidi se da sa porastom masenog protoka opada razlika pritisaka usled porasta pritiska p_2 . Pri većim pritiscima sa porastom protoka razlika više opada

12. ZAKLJUČAK

U master radu izvršen je izbor opreme i provera iste na za GMRS "Rumenka" osnovu prikazanog proračuna, Izabran je sigurnosni ventil nad kojim je urađen eksperiment pomoću programskog paketa STAR CCM.

Simulacija prikazuje količinu gasa koja istekne u atmosferu u zavisnosti od pritiska u ventilu. Sa porastom masenog protoka raste i razlika pritisaka. Ta promena je više izražena u slučaju ventila otvorenog za 50% nego kod ventila otvorenog 15 %, Razlog tome su veće vrednosti pritiskau slučaju manje otvorenog ventila,

Analitička analiza izvršena je na osnovu zavisnosti izraza za maseni protok (7) i pritiska p_1 i p_2 . Iz analitičkih rezultata vidi se da sa porastom masenog protoka razlika pritisaka opada. Pritisak p_1 je konstantan dok pritisak p_2 raste, što je i razlog samnjenja razlike pritisaka.

13. LITERATURA

- [1] Prof. dr. Dušan Uzelac; Novi Sad, FTN izdavaštvo 2019. „Gasovodi“; ISBN 978-86-6022-176-8.
- [2] NaturalGas.org. [online]. Available at: <http://naturalgas.org/naturalgas/processing-ng/>. [Accessed: 21.3.2020].
- [3] Branka Bogner, Dario Bogner, Izdavač -ETA, Milana Rakića 4, 11000 Beograd; „Priručnik za gasnu tehniku“ „Gas Teh“ Indija, Republika Srbija.
- [4] Vladimir Strelec i suradnici; Energerika marketing,Zagreb; „Plinarski priručnik“; 5. izdanje,
- [5] Ron Darby; “Chemical Engineering Fluid Mechanics”, Second Edition, Revised and Expanded;
- [6] „Energetske mašine“, Poglavlje 2: „Termodinamičke osnove toplotnih turbomašina“ Available at: https://www.researchgate.net/profile/Zdravko_Milovanovic/publication/272075118_Poglavlje_2_TERMODINAMICKE_OSNOVE_TOPLLOTNIH_TURBOMASINA/links/54d9de0e0cf2970e4e7cfab5/Poglavlje-2-TERMODINAMICKE-OSNOVE-TOPLLOTNIH-TURBOMASINA.pdf

Kratka biografija:



Mladen Đurić rođen je 29.07. 1996. god. u Doboju, Republika Srpska, BiH. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka na temu glavna merno regulaciona stanica „Rumenka“ i simulacija struje gasa kroz sigurnosni ventil odbranio je 2020- te god.