

Laboratorium odnawialnych źródeł energii

Temat: Badanie kotła ATOLA 17 z podgrzewaczem C.W.U. firmy Veissmann.

Politechnika Gdańska
Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej
VI semestr

1. Wstęp.

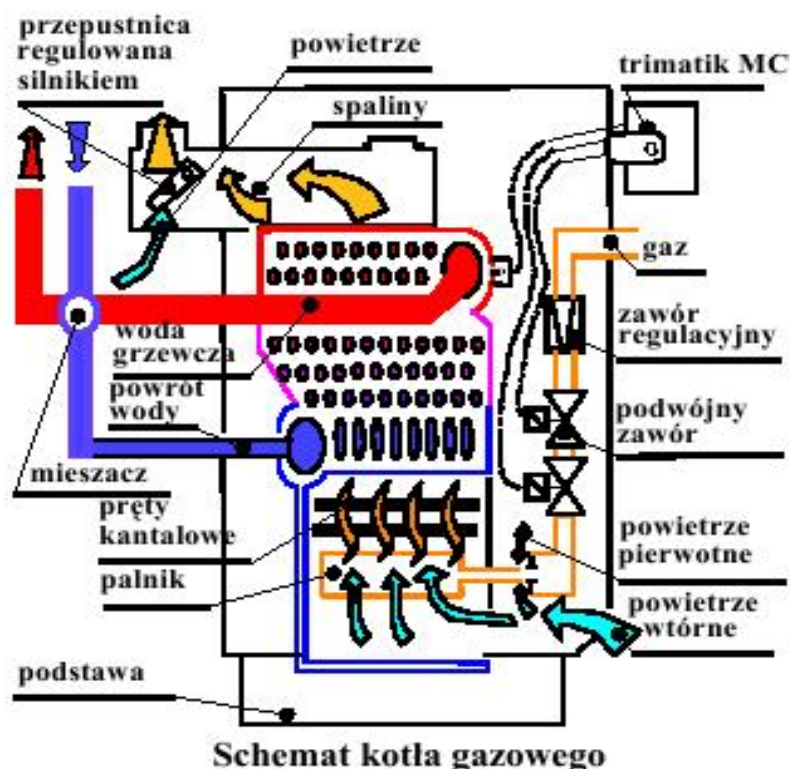
Badany kocioł jest niskotemperaturowym kotłem gazowym z palnikami inżektorowymi, z bezstopniową i automatyczną regulacją wody w kotle. Jest on wykonany z żeliwa sferoidalnego. Pracuje w układzie pionowym z chłodzoną, również od dołu, komorą spalania. Chłodzenie komory spalania pozwala na obniżenie emisji tlenków NO_x do atmosfery. Jest to istotny czynnik, gdyż przy dwukrotnym wzroście temperatury spalania emisja ww. tlenków do atmosfery wzrasta 20-krotnie, a ich zawartość w atmosferze ma duży wpływ na powstawanie tzw. kwaśnych deszczy – bardzo destrukcyjnego i niebezpiecznego dla obecnej przyrody zjawiska, wywołanego ludzką działalnością.

Badany kocioł jest również wyposażony w sterowaną silnikiem przepustnicę, która dławi dopływ powietrza w czasie postojów, przez co zredukowano straty gotowości ruchowej. Kocioł posiada dobrą izolację cieplną o współczynniku przenikania ciepła $k = 0.45 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Izolacja ta w połączeniu z chłodzoną komorą spalania zapewniają minimalne straty ciepła do otoczenia, a co za tym idzie – dużą sprawność kotła.

Kocioł ten można stosować do centralnego ogrzewania obiektów o powierzchni do 150m². W połączeniu z podgrzewaczem może on służyć także do zaopatrzenia w ciepłą wodę użytkową.

Wygodę obsługi kotła zapewnia regulator Trimatic-MC z cyfrowym zegarem sterującym pracą kotła w cyklu dziennym i tygodniowym z kompensacją pogodową.

Schemat kotła przedstawia poniższy rysunek.



2. Przebieg pomiarów.

Z bilansu energii wynika, że energia chemiczna zawarta w paliwie Q_B częściowo zostaje wykorzystana na podgrzanie wody Q_u , resztę stanowią straty Q_s :

$$Q_B = Q_u + Q_s \text{ [kJ]}$$

Strumień energii chemicznej paliwa i moc cieplna kotła wynoszą:

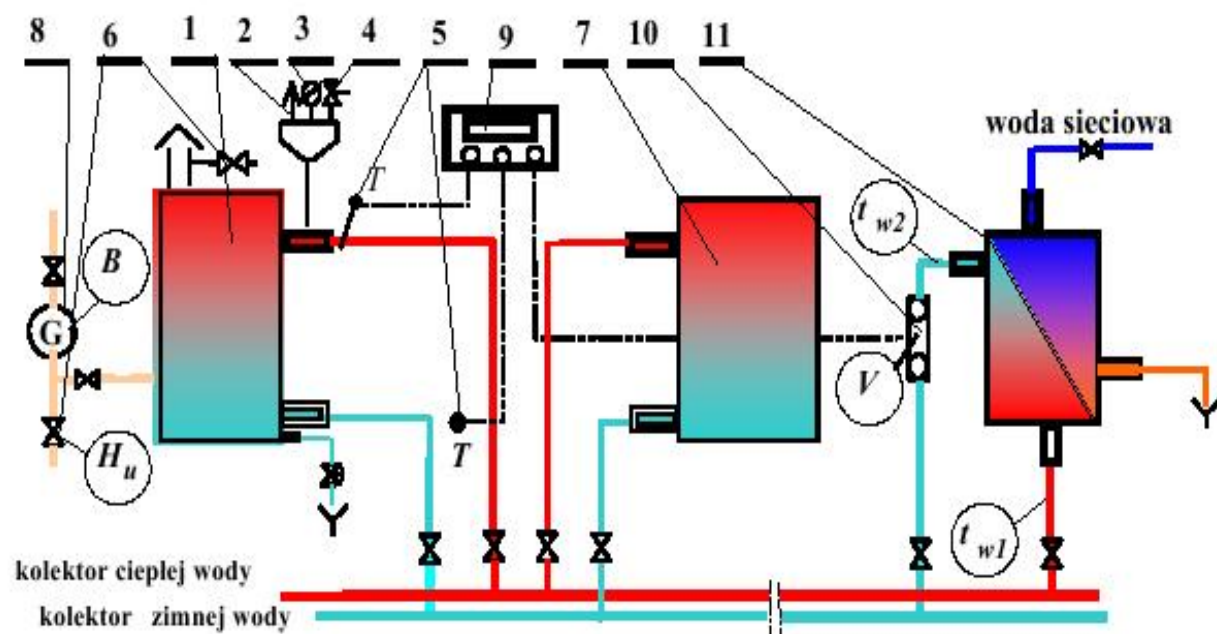
$$Q_B = B \cdot H_u \text{ [kJ]}$$

$$Q_u = m c_p (t_{w2} - t_{w1}) \text{ [kJ]}$$

gdzie: B [m^3/s] – strumień paliwa o wartości opałowej H_u [kJ/m^3], m [kg/s] – strumień masy wody o temperaturze wlotowej t_{w1} i wylotowej t_{w2} [$^{\circ}\text{C}$], natomiast c_p to ciepło właściwe wody [$\text{kJ}/(\text{kgK})$].

Sprawność brutto kotła wynosi: $\eta = \frac{Q_u}{Q_B} 100\%$.

Schemat stanowiska pomiarowego przedstawia poniższy rysunek.



1. Kocioł gazowy Atola
2. Zawór odpowietrzający
3. Manometr
4. Sprężynowy zawór bezp.
5. Pt 1000 ESMA 2 szt.
6. 2 Kurki probiercze 003L0197 trójnik 003L0191 króciec redukcyjny 003L0186

7. Podgrzewacz VertiCell-HG 130
8. Licznik gazowy
9. Wielofunkcyjny regulator Trimatic-MC
10. Ultradźwiękowy przepływomierz EEM-Q II 6.0 m/h
11. Wymiennik ciepła f-my APV

Schemat podłączenia kotła gazowego

Pomiary mocy i sprawności cieplnej kotła przeprowadza się w stanie ustalonym. Kocioł jest podłączony poprzez kolektory ciepłej i zimnej wody do wymiennika ciepła. Regulując natężeniem wody sieciowej w wymienniku (nastawy zaworów w grzejnikach) można regulować temperaturą wody powrotnej t_{w2} i tym samym różnicą temperatur na wlocie i wylocie kotła. Dzięki pomiarowi objętościowego natężenia przepływu wody z kotła można, po przemnożeniu i scałkowaniu, wyznaczyć ilość ciepła przekazywanego z kotła do odbiornika (moc cieplna kotła) zgodnie ze wzorem:

$$Q = \int m \cdot c_p \cdot (t_{w2} - t_{w1}) d\tau \text{ [GJ]}$$

$$Q_u = \frac{Q}{\tau} \text{ [kW]}$$

$$\text{Strumień energii chemicznej paliwa: } Q_B = \frac{B \cdot H_U}{\tau} \text{ [kW].}$$

$$\text{Sprawność cieplna kotła: } \eta = \frac{Q_u}{Q_B} 100\% \text{ [%].}$$

3. Wyniki pomiarów.

W trakcie pomiarów otrzymano następujące wyniki .

t [min]	B [m3]	t_{w1} [°C]	t_{w2} [°C]	Vw [l/godz]	nastawa
0	1,52	29,6	26,5	616	3
5	1,63	35,9	30,7	629	
10	1,74	48,5	39,4	625	
15	1,75	44,2	39,3	609	
20	1,75	43,8	39,6	611	
25	1,85	42,8	39	633	4
30	1,88	50,9	44,6	627	
35	1,88	45,5	41,4	628	
40	1,897	43,8	40,4	617	
45	1,991	46,2	41,5	627	5
50	1,991	43,8	40,7	625	
55	2,004	44,3	41	628	
60	2,117	45,8	41,8	639	
65	2,203	60,1	50,9	624	

Przy użyciu wymienionych powyżej wzorów obliczono moce pobrane przez kocioł od gazu, dostarczona do wody oraz moc strat, a także sprawności kotła w poszczególnych momentach. Wyniki owych obliczeń, a także rachunek błędów przedstawiono poniżej .

Niepewności:

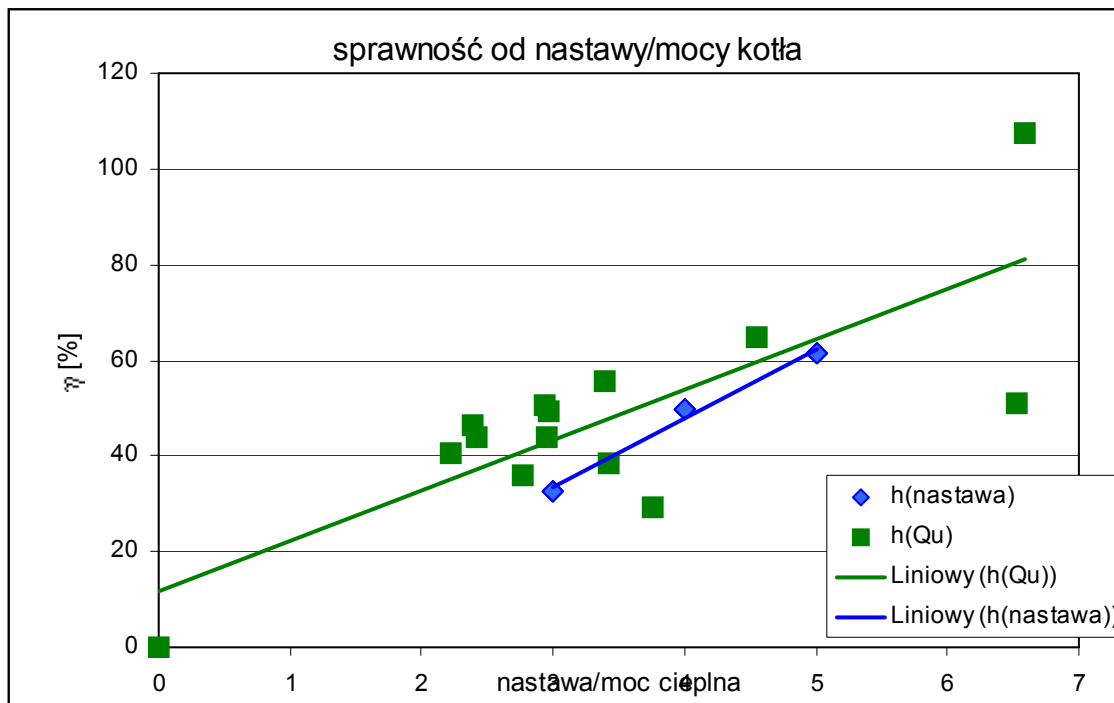
- pomiaru czasu: niepewność eksperymentatora: $\Delta e = 5s = 0,083 \text{ min.}$; niepewność wzorcowania: $\Delta w = 0,1s = 0,00167 \text{ min.}$; $S_t = \sqrt{\frac{1}{3}\Delta e^2 + \frac{1}{3}\Delta w^2} = 0,0479 \text{ min} = 2,87s.$
- pomiaru objętości gazu: niepewność eksperymentatora: $\Delta e = 0,005 \text{ m}^3$; niepewność wzorcowania: $\Delta w = 0,001 \text{ m}^3$; $S_B = \sqrt{\frac{1}{3}\Delta e^2 + \frac{1}{3}\Delta w^2} = 0,00294 \text{ m}^3$;
- pomiaru temperatury : niepewność eksperymentatora: $\Delta e = 0$; niepewność wzorcowania: $\Delta w = 0,01 \text{ stC}$; $S_T = \sqrt{\frac{1}{3}\Delta e^2 + \frac{1}{3}\Delta w^2} = 0,00577 \text{ stC}$;

- pomiaru objętości wody: niepewność eksperymentatora: $\Delta e = 0$; niepewność wzorcowania: $\Delta w = 0,1$ l/godz ; $S_{v_w} = \sqrt{\frac{1}{3}\Delta e^2 + \frac{1}{3}\Delta w^2} = 0,0577$ l/godz;
- obliczenia strumienia masy wody: $S_m = \sqrt{\rho * S_v^2}$;
- obliczenia strumienia energii gazu: $S_{QB} = \sqrt{\left(\frac{H * S_B}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{H * B * S_\tau}{\tau^2}\right)^2}$;
- obliczenia mocy cieplnej kotła
 $S_{QU} = \sqrt{\left(\frac{c_p * \Delta t_w * \Delta t}{\tau} * S_m\right)^2 + \left(\frac{m c_p \Delta \tau}{\tau} * S_{tW}\right)^2 + \left(\frac{m * c_p * \Delta t_w * S_\tau}{\tau}\right)^2 + \left(\frac{m * c_p * \Delta t_w * \Delta t * \Delta \tau_2}{\tau^2}\right)^2}$;
- strumienia strat energii : $Q_s = \sqrt{S_{QG}^2 + S_{QU}^2}$;
- sprawności : $S_\eta = \sqrt{\left(\frac{S_{QS}}{S_{QG}}\right)^2 + \left(\frac{S_{QG}}{Q_G^2}\right)^2}$;
- strumienia masy wody : $S_m = \sqrt{(\rho * S_v)^2} = 0.024$;

Wyniki obliczeń:

m [kg/s]	Sm [kg/s]	QB [kW]	SQB [%]	Qu [kW]	SQu [%]	Qs [kW]	Sqs [%]	η [%]	Sη [%]
0,1706	0,000670	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,1740	0,000670	12,8333	34,4128	3,7643	1,9841	9,0691	34,4700	29,3320	25,9928
0,1723	0,000670	12,8333	17,1788	6,5348	2,8069	6,2986	17,4066	50,9202	24,2321
0,1679	0,000670	8,9444	11,4460	3,4305	1,4821	5,5140	11,5415	38,3531	21,8917
0,1684	0,000670	6,7083	8,5820	2,9508	1,2691	3,7575	8,6754	43,9878	26,8625
0,1745	0,000670	7,7000	6,8646	2,7664	1,1595	4,9336	6,9618	35,9271	18,9949
0,1728	0,000670	7,0000	5,7198	4,5434	1,8304	2,4566	6,0056	64,9056	28,6365
0,1731	0,000670	6,0000	4,9023	2,9618	1,2299	3,0382	5,0543	49,3625	24,6096
0,1701	0,000670	5,4979	4,2893	2,4132	1,0416	3,0847	4,4139	43,8930	23,6709
0,1728	0,000670	6,1056	3,8125	3,3901	1,3863	2,7154	4,0567	55,5251	24,9020
0,1723	0,000670	5,4950	3,4311	2,2290	0,9653	3,2660	3,5643	40,5638	20,9212
0,1731	0,000670	5,1333	3,1191	2,3842	1,0166	2,7491	3,2806	46,4463	23,0712
0,1761	0,000670	5,8042	2,8591	2,9407	1,2007	2,8635	3,1010	50,6651	22,3598
0,1713	0,000670	6,1295	2,6392	6,5818	2,6144	-0,4523	3,7148	107,3789	43,2267

Poniższy wykres przedstawia zależność sprawności od nastawy (temperatury odbiornika) oraz mocy cieplnej kotła (Q_u).



4. Wnioski.

Badany kocioł nie osiągnął w trakcie doświadczenia swojej mocy znamionowej ze względu na stosunkowo wysoką temperaturę otoczenia, co powodowało również częste odcięcia ogrzewania. Największą moc strat można zaobserwować na początku grzania, co wynika z nie rozgrzanej instalacji wodnej – są to straty na ogrzanie owej instalacji. Jednocześnie w okresie tym nastąpiło największe spalanie, ponieważ woda w instalacji miała wtedy najniższą temperaturę, wobec czego czujniki wbudowane w kocioł wymuszały intensywne ogrzewanie tej wody. Zmiana nastaw na wyższe umożliwiła dalsze ogrzewanie wody, gdyby tego nie uczyniono kocioł włączałby się w późniejszym czasie w większych odstępach czasu.

Rosnący charakter prostej obrazującej zależność sprawności od nastawy oraz mocy cieplnej kotła sugeruje spory 'zapas' mocy kotła, co jest w pełni zrozumiałe – kocioł został zaprojektowany tak, aby sprostał surowszym wymaganiom, niż postawione przed nim w stosunkowo ciepły dzień.

Wszystkie wartości sprawności są obarczone sporym odchyleniem, czego powodem jest duże odchylenie wartości mocy zawartej w spalonym gazie, która była obliczana min. z objętości spalonego gazu. Objętość ta była mierzona miernikiem mechanicznym, prawdopodobnie to miało największy wpływ na odchylenie wyniku. Ostatnia wartość sprawności z pewnością można pominąć, gdyż jest ona obarczona zbyt dużym odchyleniem.