

The concept of the device to simulate low-calorie mixture of gaseous fuel to power diesel engines.

Abstract: The paper describes the composition and properties of low caloric gases may serve as fuel to power Diesel engines, where ignition is initiated with a piloting dose. Properties of individual gases inclusive in the mixture of gas used for fuel were characterized and presented. A devices to measure and control the flow of individual gases, in order to determine concentrations of individual gases request were presented. A concept of a device for creating a mixture of given composition, used to power the engine fueled with known parameters, to determine its performance characteristics.

Key words: Self-ignition, wood gas, biogas, fuel mixture, gas parameters, simulator

Konceptcja urządzenia do symulowania składu mieszanki nisko-kalorycznych paliw gazowych do zasilania silników o zapłonie samoczynnym.

Streszczenie: W pracy omówiono skład i właściwości niskokalorycznych gazów mogących służyć jako paliwo do zasilania silników o zapłonie samoczynnym, których zapłon inicjowany jest przy pomocy wtrysku dawki pilotującej. Scharakteryzowano i przedstawiono właściwości poszczególnych gazów wchodzących w skład mieszaniny gazów służących jako paliwo. Zaprezentowano urządzenia służące do pomiaru oraz kontroli przepływu poszczególnych gazów składowych, w celu ustalenia ich stężeń. Przedstawiono koncepcję urządzenia do tworzenia mieszanki o zadanym składzie, służącego do zasilania silnika paliwem o znanych parametrach, celem optymalizacji jego pracy z zadanym paliwie.

Słowa kluczowe: Zapłon samoczynny, gaz drzewny, biogaz, skład mieszanki, parametry gazu, symulator

Wprowadzenie

W obecnych czasach niebywałym dobrem jest posiadanie złóż paliw, których energię możemy wykorzystywać dla naszych potrzeb. Coraz większa świadomość ekologiczna wymusza poszukiwanie i stosowanie paliw nie tylko kopalnych, których złóż w naszym kraju jest mniej niż wynika z naszych potrzeb. Sytuacja ta skłania do poszukiwania alternatywnych źródeł energii, którą potrafimy przekształcać w użyteczne formy. Przy użyciu znanych technologii fermentacji, czy zgazowania otrzymujemy z biomasy niskoenergetyczne paliwa alternatywne, które po dokonaniu odpowiednich zabiegów oczyszczania i wzbogacania mogą być wykorzystanego zasilania silników spalinowych. Stosowanie otrzymanych w ten sposób paliw do zasilania układów kogeneracyjnych dodatkowo zwiększa wykorzystanie zmagazynowanej w nich energii. Szczególnie uzasadnione jest stosowanie takich układów w miejscach, w których nadmiar biomasy można przekształcić w paliwo. Problem stanowi odpowiednie dobranie parametrów pracy silnika spalinowego, który ma być zasilany tymi paliwami, tak aby jego praca odbywała się z naj-

wyższą sprawnością i aby nie następowało nadmierne jego zużycie, przy spełnieniu norm emisji zanieczyszczeń spalin.

Przedmiotem opracowania jest koncepcja urządzenia do przyrządzania mieszanki gazowej symulującej niskokaloryczne gazy takie jak: gaz wysypiskowy, gaz z fermentacji biologicznej (np. oczyszczalnie ścieków, biogazownie rolnicze i komunalne) oraz gazu ze zgazowania paliw stałych, biomasy i odpadów. Zadaniem urządzenia jest przygotowanie paliwa gazowego do zasilania silników o ZS, aby możliwe było dostosowanie parametrów jego pracy, do funkcjonowania na konkretnym paliwie w warunkach laboratoryjnych.

2. Ogólna charakterystyka niskokalorycznych paliw gazowych dla silników ZS

W zależności od pochodzenia i rodzaju biomasy oraz procesów, którym jest ona podawana otrzymujemy gaz o własnościach mogących znacznie różnić się od siebie. Właściwości determinujące przydatność paliwa gazowego do zasilania nim silników spalinowych to:

- skład chemiczny,
- wartość opałowa,
- liczba metanowa,
- wartość liczby Wobbego,
- odporność na spalanie detonacyjne,
- prędkość spalania mieszanki paliwo- powietrze,
- zawartość zanieczyszczeń.

Wartość opałowa paliwa zależy od składu chemicznego gazu. Liczba metanowa określa odporność paliwa gazowego na spalanie detonacyjne. Wraz z jej wzrostem rośnie odporność paliwa na spalanie stukowe. Wartość liczby metanowej paliw gazowych zależy od zawartości metanu i innych węglowodorów oraz od udziału gazów obojętnych takich jak CO₂ i N₂. Liczba Wobbego jest parametrem określającym możliwość zamiennego stosowania różnych paliw gazowych. Paliwa gazowe o tej samej wartości liczby Wobbego wymagają do spalania takiej samej ilości powietrza [1].

Wyróżnia się:

- dolną Liczbę Wobbego – gdy za wartość kaloryczną przyjmuje się jego wartość opałową;
- górną Liczbę Wobbego – gdy za wartość kaloryczną przyjmuje się jego ciepło spalania.

Wartości liczby Wobbego dla przykładowych gazów prezentuje tabela 2.1.

Table 2.1. Wobbe index values for sample gasses [8].

Tabela 2.1. Wartości liczby Wobbego dla przykładowych gazów [8].

Paliwo gazowe	Górna liczba Wobbego (Kcal / Nm ³)	Dolna liczba Wobbego (Kcal / Nm ³)
Wodór	11,528	9,714
Metan	12,735	11,452
Etan	16,298	14,931
Gaz ziemny	12,837	11,597
Propan	19,376	17,814
LPG	20,755	19,106
Acetylen	14,655	14,141
Tlenek węgla	3,06	3,06

a) Sposoby otrzymywania biogazów metodą fermentacji.

Podstawowymi źródłami biogazów są: oczyszczalnie ścieków, wysypiska odpadów, biogazownie rolnicze i komunalne, procesy fermentacyjne biomasy.

Gaz fermentacyjny powstaje w wyniku aktywności metanogennych bakterii beztlenowych, powodujących rozkład substancji organicznych. Jego

głównymi składnikami są metan CH₄ i dwutlenek węgla CO₂.

Gaz wysypiskowy powstaje w procesie biologicznego rozkładu substancji organicznej zawartej w składowanych odpadach. Pozyskiwanie gazu można podzielić na systemy pasywne oraz aktywne. Pasywny system polega na przemieszczaniu gazu pod wpływem różnicy ciśnień z wnętrza składowiska na zewnątrz, natomiast system aktywny na odsysaniu gazu. Gaz wysypiskowy z dobrze utworzonego i eksploatowanego złoża składa się w ok. 45-58% z metanu, 32-45% dwutlenku węgla, 0-5% azotu, 1-2% wodoru, 2% tlenu oraz śladowych ilości związków takich jak chlorowodór, węglowodory wyższych rzędów, siarkowodór, tlenek węgla, amoniak. W tabeli 2.2 zestawione są objętościowe składy gazów wysypiskowych z wybranych składowisk odpadów komunalnych.

Table 2.2. Volumetric composition of landfill gas from municipal landfills selected [2].

Tabela 2.2. Objętościowy skład gazu wysypiskowego z wybranych składowisk komunalnych [2].

Składnik gazu	Wysypisko 1	Wysypisko 2
CH ₄ [%]	33,8	25,2
CO ₂ [%]	28,2	17,8
H ₂ [%]	15,6	4,2
O ₂ [%]	22,2	48,7
N ₂ [%]	0,2	4,1
Wartość opałowa [kJ/mn ³]	12 000	10 600

b) Otrzymywanie biogazów w procesach zgazowania biomasy.

Zgazowanie to wielokierunkowe endo- i egzotermiczne reakcje chemiczne połączone z procesami wymiany ciepła i masy, prowadzące do przemiany paliwa stałego w gazowe. Ponadto w procesie zgazowania bierze udział czynnik utleniający. Zgazowaniu można poddawać organiczne substancje stałe, takie jak: torf, drewno, odpady, pozostałości rafineryjne, mieszaninę odpadów komunalnych i węgla oraz inne [1]. Zgazowanie paliw stałych (piroliza tlenowa) polega na niecałkowitym utlenieniu paliwa stałego do postaci gazowej. Produkt takich przemian termochemicznych nazywa się gazem generatorowym, a proces zgazowaniem (pirolizą tlenową).[7] Proces przebiega w temperaturze ok. 1000°C w urządzeniu zwanym gazogeneratorem (gazyfikatorem). W gazyfikatorze biomasa najpierw jest suszona, następnie następuje proces odgazowania zwanego pirolizą beztlenową. W procesie pirolizy powstaje gaz, którego podstawowymi składnikami są: CO₂, CO, CH₄ i H₂. Następ-

nie gorący gaz pirolityczny poddawany jest reakcji utleniania. Czynnikiem utleniającym może być powietrze, para wodna lub tlen. Uzyskany w taki sposób gaz składa się ze składników palnych takich jak: CH₄, CO i H₂ oraz balastu w postaci: CO₂, N₂ i H₂O. Gaz po wyjściu z generatora zawiera wiele zanieczyszczeń takich, jak cząstki stałe, smoły, siarkowodór, oraz inne związki siarki, śladowe ilości chloru, fluoru, magnezu, krzemu, potasu. W tabeli 2.3 prezentowane są przykładowe składy gazów uzyskiwane w gazyfikatorach przeciwprądowy, i współprądowym na złożu stałym.

Table 2.3. An example of the gas composition obtained in solid bed gas generators[2].

Tabela 2.3. Przykładowy skład gazu uzyskiwanego w procesie gazyfikacji na złożu stałym [2].

Składnik	Gazyfikator przeciwprądowy	Gazyfikator współprądowy
CO [%]	15 – 20	10 – 22
H ₂ [%]	10 – 14	15 – 21
CO ₂ [%]	8 – 10	11 – 13
CH ₄ [%]	2 – 3	1 – 5
N ₂ [%]	pozostałość	pozostałość
H ₂ O [%]	10 – 20	10 – 20
Wartość opałowa [MJ/ mn ³]	3,7 – 5,1	4,0 – 5,6
Cząstki stałe [mg/mn ³]	100 – 3000	20 – 8000
Zanieczyszczenia smoliste [mg/mn ³]	10000 – 150000	10 – 6000

3. Wpływ składu gazu na parametry pracy silnika

Próby badawcze z silnikami zasilanymi paliwami alternatywnymi ukazały problemy jakie stwarza zastosowanie mieszanek tego typu. Parametry takie jak:

- moc i moment obrotowy generowany przez silnik,
- skład i temperatura spalin,
- emisja NO_x,
- temperatura elementów silnika,
- trwałość jednostki napędowej,

są ściśle związane z rodzajem i składem mieszanki gazowej, którą zasilany jest silnik. Poszczególne gazy wchodzące w skład niskokalorycznych paliw gazowych służących do zasilania silników spalinyowych charakteryzują się odmiennymi właściwościami. Wybrane właściwości fizyczne i chemiczne poszczególnych gazów przedstawia tabela 3.1.

Autorzy artykułów udowodnili w swoich badaniach [3, 4, 5, 6], że skład gazów ma wpływ na takie parametry pracy silnika jak:

- Temperatura spalania ładunku w cylindrze,
- Spalanie stukowe,
- Maksymalne ciśnienie spalania mieszanki,
- Prędkość narastania ciśnienia w cylindrze,
- Moment obrotowy,
- Trwałość,
- Utrudniona praca silnika.

Table 3.1. Characteristic of component gasses of resulting by fermentation and gasification (p=1,01325bar; T=273,15 K) [9, 10, 11, 12, 13, 14].

Tabela 3.1. Charakterystyka gazów składowych gazów fermentacyjnych oraz powstałych w procesach zgazowania (p=1,01325bar; T=273,15 K) [9, 10, 11, 12, 13, 14].

	Metan	Wodór	Tlenek węgla	Azot	Dwu-tlenek węgla	Tlen
Postać fizyczna/kolor	bezbardwy gaz					
Zapach	bez zapachu					
Wzór chemiczny	CH ₄	H ₂	CO	N ₂	CO ₂	O ₂
Masa molowa [kg/kmol]	16,04	2,0156	28,01	28,016	44	32
Gęstość [kg/m ³]	0,7168	0,08987	1,25	1,2505	1,52	1,42895
Temperatura topnienia [K]	90,65	13,95	68,15	63,13	216,55	54,32
Temperatura wrzenia [K]	111,45	20,37	81,65	77,34	194,65	90,14
Temperatura samozapłonu [K]	868,15	833,15	893,15	nie dotyczy		
Ciepło właściwe [kJ/(kg·K)]	2,177	14,235	1,051	1,043	1,292	0,913
Granica palności [%V]	4,4 – 15	4 – 75	11 – 74	nie dotyczy		

Problemy te pojawiały się niezależnie od tego czy zapłon w silniku inicjowany był iskrą świecy zapłonowej, czy też wtryskiem dawki pilotującej oleju napędowego (niezależnie od systemu wtryskowego), oraz czy silnik wyposażony był w turbodoładowanie czy też nie. Dlatego też istotnym jest dostosowanie parametrów pracy silnika takich jak [5]:

- Procentowy udział paliwa gazowego i dawki pilotującej w całkowitym ładunku dostarczanym do cylindra,
- Ilość mieszanki gazowej dostarczanej do silnika,
- Ilość ciepła którą należy odebrać z silnika aby nie dopuścić do jego przegrzania,

- Ciśnienie wtrysku dawki pilotującej,
- Czas inicjacji spalania poprzez ustawienie początku wtrysku dawki pilotującej.

W związku z tym pojawia się zapotrzebowanie na urządzenie pozwalające na przygotowywanie mieszanki gazów odpowiadającej rzeczywistym gazom (m.in. gaz wysypiskowy, gaz z fermentacji biologicznej) w warunkach badawczych. Dzięki symulacji mieszanki można zasilać silnik bez konieczności problematycznego, a często niemożliwego, transportu silnika wraz z potrzebną aparaturą na miejsce wydobycia gazu celem dostosowania jego parametrów do pracy na danym gazie. Dzięki symulatorowi gazów, wystarczy zmierzyć ich stężenie w miejscu uzyskania i na tej podstawie przygotować odpowiednią mieszankę w laboratorium. Korzystając z przygotowanej mieszanki odpowiadającej rzeczywistemu składowi gazu można zasilać nią silnik, wykonywać pomiary jego parametrów i dostosować je tak aby silnik, czy cały układ kogeneracyjny zasilany konkretnym gazem pracował w sposób optymalny.

4. Projekt urządzenia do symulowania składu mieszanki niskokalorycznych gazów.

Zadaniem urządzenia ma być przygotowanie mieszaniny gazów o składzie gazów powstających w wyniku zgazowania biomasy, gazów wysypiskowych czy powstających w procesie fermentacji biologicznej. Gazami wchodzącymi w skład mieszanki są: wodór (H_2), metan (CH_4), tlenek węgla (CO), dwutlenek węgla (CO_2), tlen (O_2) oraz gaz wypełniający nie wchodzący w reakcje z żadnym z wymienionych gazów np. azot (N_2).

Wymagania stawiane urządzeniu:

- Na wejściu mają znajdować się butle z gazami (H_2 , CH_4 , CO , gazy wypełniający),
- Użytkownik wprowadza procentowy udział każdego gazu w wyjściowej mieszance,
- Na wyjściu należy otrzymać mieszankę, której skład zależeć będzie od wprowadzonych przez użytkownika wartości (np. 15% H_2 , 20% CH_4 , 15% CO , 50% gaz wypełniający),
- Natężenie przepływu mieszanki wyjściowej wynosi max $2m^3/min.$,
- Urządzenie powinno pozwalać na dynamiczną zmianę parametrów mieszanki wyjściowej,
- Gaz na wyjściu musi być homogeniczną mieszaniną gazów wejściowych.

Schemat blokowy urządzenia będzie przedstawiał się następująco:

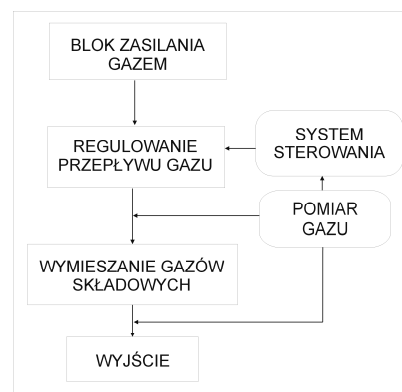


Fig 4.1. Gas mixture simulating device block scheme.

Rys 4.1. Schemat blokowy urządzenia do symulowania mieszanki gazów.

W skład bloku zasilania gazem wchodzić będą butle z gazami składowymi. Na wyjściu każdej butli powinien znaleźć się reduktor ciśnieniowy.

Regulowanie przepływu gazów będzie wykonywane przy użyciu odpowiednio dobranych zaworów sterowanych elektrycznie. Przepływ danego gazu będzie zależał od danych wprowadzonych do systemu sterowania i będzie kontrolowany przez odpowiednio dobrane urządzenia pomiarowe.

W celu otrzymania na wyjściu jednorodnej mieszanki wszystkie doprowadzone gazy wejściowe muszą być ze sobą wymieszane. Ilość gazu opuszczająca mieszalnik zostanie zmierzona w celu sprawdzenia czy suma objętości gazów wejściowych równa się objętości gazu wyjściowego dla sprawdzenia poprawności pracy układu i możliwości wykrycia w nim usterek, np. nieszczelności.

4.1. Plan budowy urządzenia

Koncepcja dotyczy wykorzystania do kontrolowania przepływu gazów zaworów z regulowanym przepływem. Użytkownik podaje procentowy skład gazu wyjściowego. Dane te będą wprowadzane do systemu sterowania, który przeliczy je na odpowiednią wartość sygnału. Sygnałem tym będą sterowane zawory. W zależności od wartości sygnału przepływ gazu przez zawór będzie ulegał zmianie. Za każdym zaworem znajduje się przepływomierz, który przesyła informację dotyczącą wartości przepływu danego gazu do systemu sterowania w pętli sprzężenia zwrotnego. Wartość zmierzona porównywana jest z wartością wprowadzoną przez użytkownika. W przypadku niezgodności sterownik dokonuje korekcji sygnału sterującego odpowiednim zaworem. Rysunek 4.2 przedstawia schemat sterowania przepływem dla jednego gazu. Ilość

zaworów w urządzeniu będzie równa liczbie gazów wejściowych.

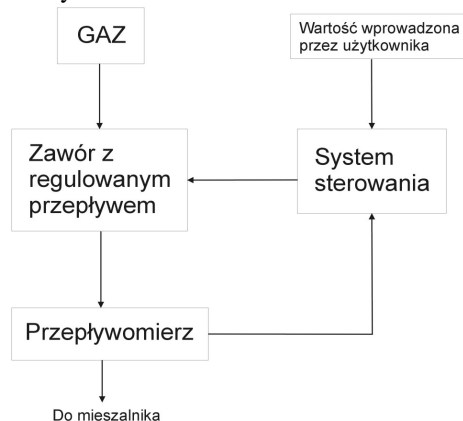


Fig 4.2 Steering scheme of adjustable flow valve.

Rys. 4.2. Schemat sterowania zaworem z regulowanym przepływem.

Po ustaleniu odpowiedniego przepływu dla każdego z gazów, następuje wymieszanie ich tak aby uzyskana mieszanina była jednorodna. Za mieszalnikiem znajduje się przepływomierz mierzący przepływ gazu wyjściowego, który mierzy jego wartość. Informacja o wartości przepływu dostarczana jest do systemu sterowania, gdzie następuje porównanie wartości wyjściowych z wartościami wejściowymi. W wypadku niezgodności następuje procedura awaryjna, np. zamknięcie zaworów gazów wejściowych i wyświetlenie komunikatu o zaistniałym błędzie na panelu operatorskim.

5. Dobór urządzeń

Skład mieszanek wyjściowej regulowany jest poprzez zmienny przepływ poszczególnych gazów składowych. Do regulacji przepływu gazów wykorzystane są elektrozawory. Elektrozawory sterowane są poprzez odpowiedni system sterowania (odpowiednio zaprogramowany mikrokontroler, sterownik przemysłowy, komputer wraz z kartą wejść/wyjść itp.). Do systemu sterowania użytkownik wprowadza procentowy skład oraz natężenie przepływu wyjściowej mieszanki gazowej. System sterowania otrzymuje sygnały z przepływomierzy w celu określenia stopnia otwarcia elektrozaworów, natężenia przepływu mieszanek wyjściowej oraz kontroli pracy układu. Wszystkie gazy składowe są doprowadzone do mieszalnika, gdzie zostają wymieszane. Za mieszalnikiem otrzymujemy jednorodną mieszaninę gazów o składzie i przepływie określonym na wejściu.

a) Butle z gazem i reduktory

W rozdziale drugim został opisany proces otrzymywania i skład gazów, które urządzenie jest

w stanie zasymulować. W różnych konfiguracjach na gazy te składają się następujące gazy składowe: CH₄, H₂, CO, O₂, CO₂, N₂, H₂O (pominięte zostały gazy i zanieczyszczenia o znikomym udziale w rzeczywistym gazie). Na podstawie analizy niskokalorycznych gazów z rozdziału drugiego można wywnioskować, iż na każdy gaz składa się maksymalnie pięć z siedmiu wymienionych gazów składowych. Oznacza to iż na wejściu urządzenia musi znaleźć się pięć butli z gazami składowymi. Dokonując wyboru gazu trzeba kierować się jego czystością i opakowaniem: rodzaj butli, pojemność, ciśnienie oraz rodzaj przyłącza, aby butla była kompatybilna z resztą urządzenia.

W całym układzie obowiązuje jednolite ciśnienie, gdyż wraz ze zmianą ciśnienia zmienia się natężenie przepływu gazu. Dodatkowo gaz znajdujący się w butli znajduje się pod wysokim ciśnieniem, które zmienia się wraz z jej opróżnianiem. Z tych powodów na wyjściach z butli zastosowano reduktory ciśnieniowe.

b) Elektrozawory z regulowanym przepływem

Gazy o stałym ciśnieniu przepływają przez elektrozawory z regulowanym przepływem. Na każdy gaz składowy w instalacji przypada jeden elektrozawór. Wybierając elektrozawór należy uwzględnić takie parametry jak: minimalne i maksymalne natężenie przepływu, ciśnienie pracy, rodzaje przyłączy oraz sposób sterowania. Zgodnie z założeniami natężenie przepływu wyjściowej mieszanki gazowej wynosi maksymalnie 2m³/min., wartość ta jest sumą przepływów wszystkich gazów składowych. Przy założeniu że udział poszczególnego gazu w wyjściowej mieszance będzie nie większy niż 75%, można przyjąć maksymalny wyjściowy przepływ każdego z elektrozaworów na 1,5m³. Do projektu instalacji wybrane zostały elektrozawory z regulowanym przepływem Brooks modele SLA5863. Charakteryzują się one regulacją przepływu odpowiednio 0,1 – 2m³/min oraz 0,02 – 0,1m³/min. Czas nastawiania przepływu wynosi poniżej jednej sekundy. Dokładność nastaw waha się w granicach ±1% przy przepływie rzędu 20-100% lub ±0,2% dla przepływu poniżej 20% przepływu maksymalnego [15]. Praca elektrozaworów sterowana jest przez system sterowania

c) System sterowania

Jednostka sterująca instalacją musi posiadać co najmniej 5 wyjść sterujących elektrozaworami z regulowanym przepływem oraz minimum 6 wejść odbierających sygnały z przepływomierzy. Są to wymagania minimalne przy obecnej koncepcji urządzenia, jednakże aby możliwa była rozbudowa urządzenia o symulowanie składów innych mieszanek gazowych, należy dobrać sterownik z większą ilością wejść i wyjść. Do tego celu wykorzystano

sterownik przemysłowy np. Siemens Simatic S7-200. Do sterowania opracowywanym układem model CPU 224 posiadający 14/10 wejść/wyjść [18]. Aby użytkownik mógł wprowadzać i modyfikować skład mieszanki sterownik należy wzbogacić o panel operatorski, lub odpowiednio oprogramowany komputer z właściwym połączeniem ze sterownikiem.

d) Przepływomierze

Zadaniem przepływomierzy jest pomiar przepływu gazu za regulowanymi zaworami. Zakres ich odczytów musi więc odpowiadać zakresom pracy zaworów, czyli $0,1 - 2 \text{ m}^3$ oraz $0,02 - 0,1 \text{ m}^3$. Przepływomierz musi wysyłać sygnał wyjściowy interpretowalny przez system sterowania, który jest potrzebny do sterowania stopniem otwarcia elektrozaworu dozującego ten gaz. W projekcie instalacji wykorzystane są przepływomierze M+W Instruments modele D6270 o zakresie $0,1 - 2 \text{ m}^3/\text{min}$. Dokładność pomiaru tych elementów wynosi $\pm 3\%$ zakresu, w tym błąd nieliniowości [16]. Po przejściu przez przepływomierz gaz składowy trafia do mieszalnika, w którym następuje wymieszanie poszczególnych gazów składowych.

e) Mieszalnik

W mieszalniku wszystkie gazy składowe dokładnie mieszają się ze sobą, w celu otrzymania na wyjściu mieszanki homogenicznej. Mieszalnik zastosowany w projekcie ma kształt walca, zawiera także szereg przegród, mających zapewnić dokładniejsze wymieszanie gazów składowych. Objętość mieszalnika wynosi około $0,15 \text{ m}^3$. Rysunek poglądowy mieszalnika wykorzystanego w instalacji przedstawiony jest na rysunku 5.1.

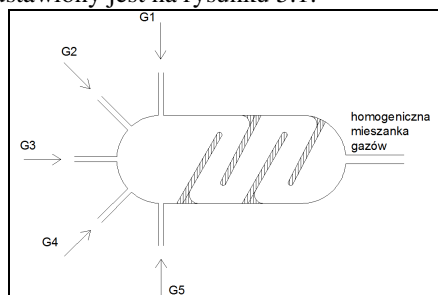


Fig 5.1. The illustration of flow gas homogenizer.

Rys. 5.1. Rysunek poglądowy przepływowego mieszalnika gazów.

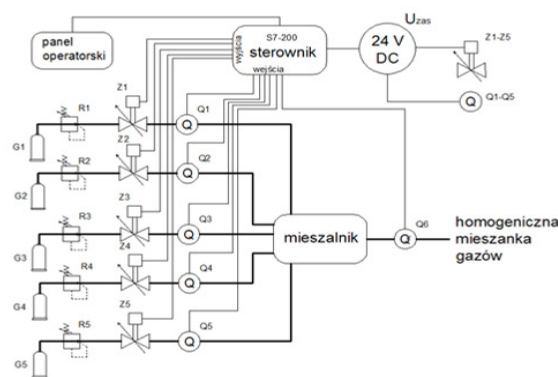


Fig 5.2. Schematic diagram of the device to simulate low-calorie mixture of gaseous fuel.

Rys. 5.2. Schemat ideowy urządzenia do symulowania niskokalorycznych gazów.

5.2. Algorytm sterowania urządzeniami

Użytkownik wprowadza do programu następujące dane: skład procentowy wyjściowej mieszanki %G1, %G2, %G3, %G4, %G5 oraz natężenie przepływu wyjściowej mieszanki gazów Qw. Jednostka sterująca przeliczy wartości procentowe na wartości poszczególnych przepływów X1, X2, X3, X4 i X5. Na podstawie tych wartości wstępnie ustawia przepustowość zaworów regulujących przepływ każdego gazu z osobna.

Na zasadzie porównywania informacji zadanych przez użytkownika oraz informacji otrzymywanych z przepływomierzy następuje odpowiednie zwiększenie lub zmniejszenie przepływu poszczególnych gazów. Sterownik otrzymuje jednocześnie 6 sygnałów z przepływomierzy w pętli sprzężenia zwrotnego. Pięć z nich niesie informacje o przepływie poszczególnych gazów składowych, a szósty o przepływie wyjściowej mieszanki gazów. Jeżeli suma przepływów poszczególnych gazów składowych równa z informacją z przepływomierza znajdującego się na wylocie z mieszalnika program porównuje procentowe wartości przepływu zadane przez użytkownika z wartościami z przepływomierzy. Jeżeli wartości się zgadzają następuje ponowny odczyt wartości z przepływomierzy i porównywanie. W przypadku niezgodności system porównuje wartość otrzymaną z wartością zadaną i w zależności od wyniku porównania reguluje przepływ poszczególnego gazu składowego w celu osiągnięcia wartości zadanych przez użytkownika.

Ponadto w sytuacji gdy suma poszczególnych przepływów składowych będzie różniła się od przepływu gazu wyjściowego opuszczającego urządzenie nastąpi zamknięcie wszystkich zaworów, gdyż oznaczać to będzie awarię instalacji.

Schemat algorytmu sterowania urządzeniem został przedstawiony na rysunku 5.3.

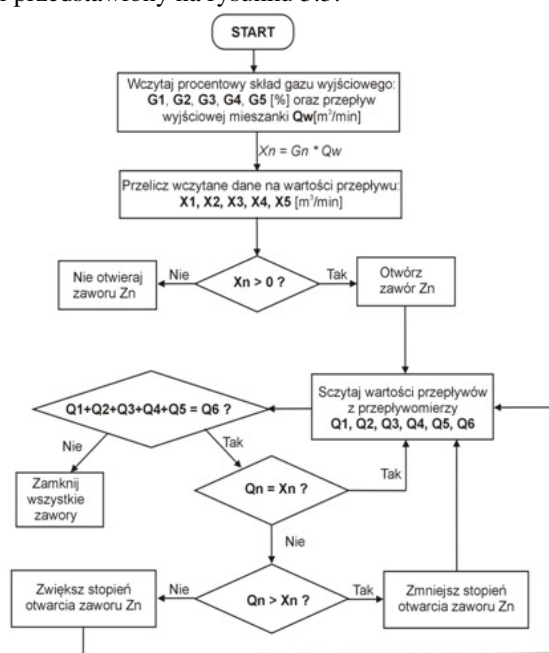


Fig 5.3. Diagram of the control algorithm of simulator.

Rys. 5.3. Schemat algorytmu sterowania instalacją do symulowania składu mieszanki gazów.

6. Wnioski

Urządzenie którego projekt został przedstawiony wydaje się być bardzo przydatny ze względu na możliwość symulowania w warunkach laboratoryj-

nych składu mieszanek paliw gazowych. Pomysł symulowania mieszanek gazowych przydaje się w celu dostosowania parametrów silnika zasilanego tymi paliwami do optymalizacji pracy na danym paliwie. Dostosowanie silnika do pracy na konkretnym paliwie w warunkach laboratoryjnych – hamownianych znacznie ułatwia prace przy tym procesie i nie naraża aparatury badawczej na uszkodzenia związane z jej transportem, często nie możliwej do przewożenia.

Przedstawiona modułowa koncepcja pozwala na rozbudowę układu w celu uzupełnienia jej o gazy, które nie są ujęte w obecnym projekcie.

Koncepcja oparta o sterowanie zaworami z regulowanym przepływem sterowanymi przepływomierzami w pętli sprzężenia zwrotnego została wybrana ze względu na:

- niewielką liczbę elementów wykonawczych,
- zależności składu mieszanki wyjściowej wyłącznie od stopnia otwarcia zaworu,
- mało skomplikowany system sterowania,
- możliwość łatwego wymieszania gazów, ze względu na ciągłość strugi gazu,
- płynną regulację otwarcia zaworów sterujących.

Do dodatkowych rozważań pozostaje kwestia bezpieczeństwa ponieważ w przewodzie wylotowym z urządzenia znajduje się palna mieszanina gazowo powietrzna, która jest dostarczana do silnika, do kanału dolotowego powietrza. W skrajnych przypadkach mieszanina ta może się zapalić np., od płomienia zwrotnego powodując wybuch.

Bibliography/Literatura

- [1] Skorek J., Kalina J. Gazowe układy kogeneracyjne. Warszawa 2005.
- [2] Skorek J., Kalina J. Seminarium cykliczne „Elektroenergetyka w procesie przemian” – Generacja rozproszona. Paliwa gazowe dla układów kogeneracyjnych.
- [3] Motyl, K., Lisowski, A., Wpływ temperatury i składu mieszaniny palnej na pracę silnika HCCI zasilanego biogazem, Inżynieria Rolnicza 1(99)/2008.
- [4] Flekiewicz, M., Kubica, G., Combustion temperature and exhaust gas composition in SI engine fuelled with gaseous hydrocarbon fuels, Journal of KONES Poertrain and transport, Vol. 17, No. 3 2010.
- [5] Imiołek, M., Pięta, A., Wierzbicki, S., The effect of fuel injection parameters on the combustion process in a self-ignition engine, Journal of KONES Poertrain and transport, Vol. 17, No. 3 2010.
- [6] Różycki, A., Analyses of performance of dual fuel turbocharged compression ignition engine, Journal of KONES Poertrain and transport, Vol. 17, No. 3 2010.
- [7] Wandrasz, J. W., Wandrasz, A. J., Paliwa formowane. Biopaliwa i paliwa z odpadów w procesach termicznych, Warszawa, 2006.
- [8] www.engineeringtoolbox.com
- [9] Karta charakterystyki metanu
- [10] Karta charakterystyki wodoru
- [11] Karta charakterystyki tlenku węgla
- [12] Karta charakterystyki azotu
- [13] Karta charakterystyki dwutlenku węgla

Finansowane z budżetu Zadania Badawczego nr 4 pt. „Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów rolniczych i innych” w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych pt.: „Zaawansowane technologie pozyskiwania energii” realizowanego ze środków NCBiR i ENEGRA S.A

[14] *Karta charakterystyki tlenu*

Technical documentation/Dokumentacje techniczne

[15] Dokumentacja elektrozaworów DS-TMF-SLA5800-MFC-eng.

Mr Andrzej Pięta, DSc., DEng. – Professor in the Faculty of Technical Sciences at University of Warmia and Mazury.

Dr hab. inż. Andrzej Pięta – profesor na Wydziale Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, e-mail: apietak@uwm.edu.pl



[16] Karta katalogowa przepływomierzy MFM M+W Instruments 62xx

[17] Karta katalogowa reduktora BASELINE C 106/1

[18] Dokumentacja sterownika SIMATIC S7-200.

Mr Kamil Duda, MSc., - Assistant Lecturer in the Faculty of Technical Sciences at University of Warmia and Mazury.

Mgr inż. Kamil Duda - asystent na Wydziale Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, e-mail: kamil.duda@uwm.edu.pl

