УДК 629.113
UDC 629.113

SYSTEM STEROWANIA GENERATORA GAZU WODOROTLENOWEGO (HHO)

BALAWENDER Krzysztof, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
KUSZEWSKI Hubert, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska
USTRZYCKI Adam, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Rzeszów, Polska

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ГЕНЕРАТОРА ВОДНЕВОВМІСНОГО ГАЗУ (HHO)

БАЛАВЕНДЕР Кшиштоф, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
ЯВОРСКІ Артур, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
КУШЕВСКІ Хуберт, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща
УСТШИЦКІ Адам, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Жешув, Польща

CONTROL SYSTEM FOR OXYHYDROGEN GAS GENERATOR (HHO)

BALAWENDER Krzysztof, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
JAWORSKI Arthur, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
KUSZEWSKI Hubert, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland
USTRZYCKI Adam, PhD., Rzeszow University of Technology, Rzeszow, Poland

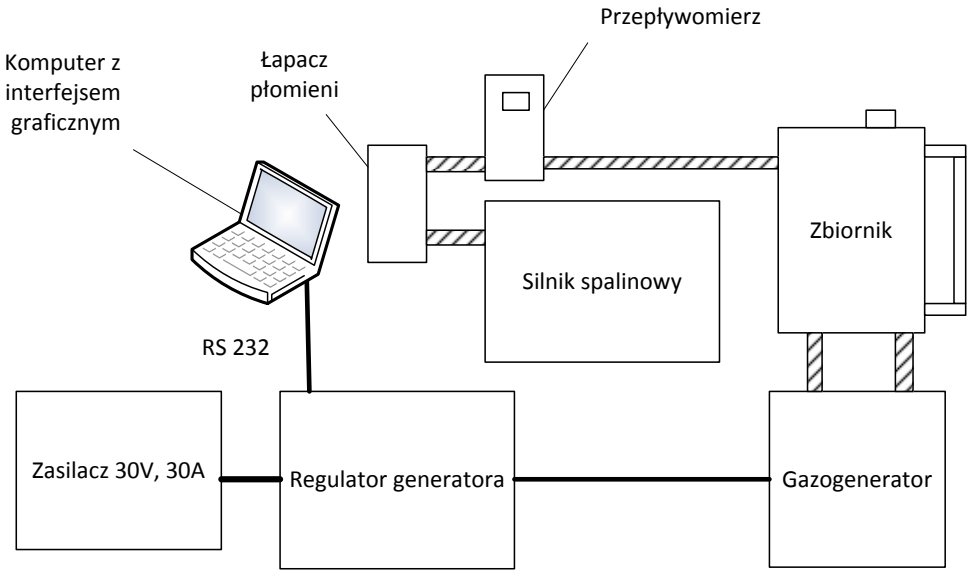
WSTĘP

Poszukiwanie paliw zastępczych do zasilania silników spalinowych oraz dążenie do zmniejszenia emisji zanieczyszczeń w spalinach do środowiska związane jest ze wzrostem zainteresowania wodorem, jako nośnikiem energii w transporcie. Od lat podejmowane są także próby wykorzystania gazu wodorotlenowego (HHO) wytwarzanego w procesie elektrolizy wody [1,3,5,8,10]. Wyniki badań publikowane w literaturze ukazują korzyści związane z zastosowaniem gazu wodorotlenowego do wspomagania zasilania silników napędzanych olejem napędowym (ON) lub benzyną. Możliwe jest dzięki temu zmniejszenie zużycia paliwa przez silnik oraz obniżenie emisji toksycznych składników spalin HC, CO, NO_X i cząstek stałych [1,3,4,6,7,9,10].

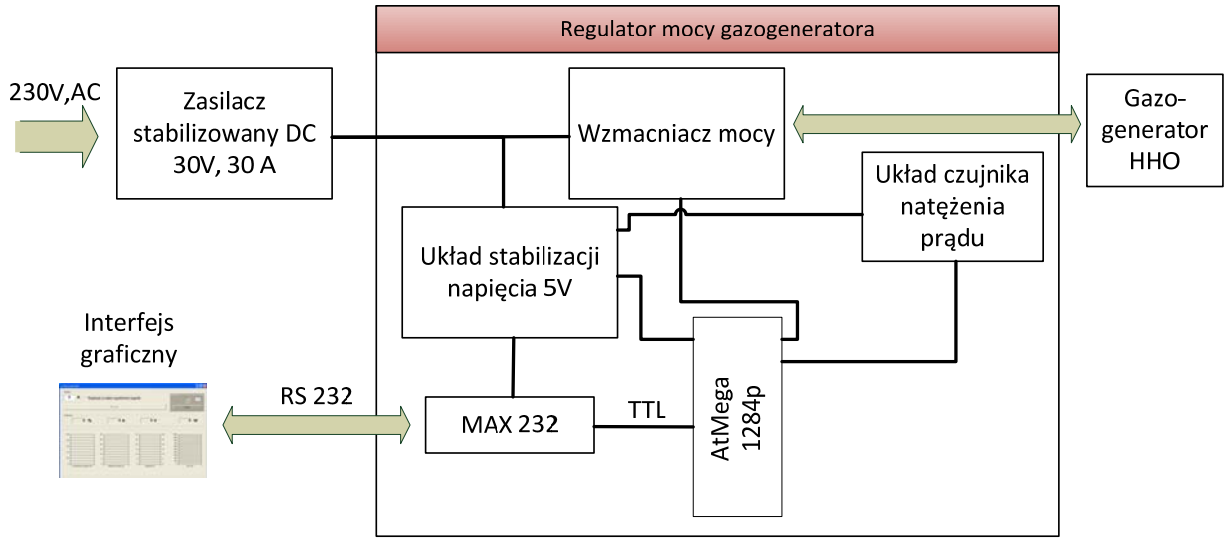
Zdania odnośnie korzyści wynikających z zastosowania tych układów są jednakże podzielone. W związku z powyższym, również w Katedrze Silników Spalinowych i Transportu (KSSiT) prowadzone są prace związane ze wspomaganiem zasilania gazem wodorotlenowym silników spalinowych. W dotychczasowych badaniach wstępnych [2] generator zasilany był prądem stałym z zasilacza stabilizowanego i nie rejestrowano wydatku gazu wodorotlenowego. Realizacja dalszych badań wymagała opracowania sterownika i wprowadzenia układu pomiarowego wydatku gazu wodorotlenowego, których opis zamieszczono w niniejszym artykule.

CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU ZASILANIA WSPOMAGANEGO GAZEM HHO

Schemat blokowy opracowanego układu zasilania silnika gazem HHO ilustruje rys. 1, natomiast schemat regulatora został przedstawiony na rys. 2. Regulator jest zasilany z zasilacza sieciowego o stabilizowanym i regulowanym napięciu w zakresie od 0 do 32 V. Zasilacz pozwala na zasilanie generatora prądem stałym o natężeniu do 30 A. Moc generatora jest regulowana przez wzmacniacz mocy, który został wykonany na tranzystorze unipolarnym HEXFET. Tranzystor jest sterowany sygnałem z mikrokontrolera AtMega 1284p. Mikrokontroler jest połączony z komputerem za pomocą kondycjonera sygnału (RS 232 – TTL) MAX232. Bezstykowy czujnik natężenia prądu (ACS715) mierzy na bieżąco prąd w obwodzie generatora. Ponieważ chwilowa wartość natężenia prądu ciągle się zmienia, konieczne jest uśrednienie wyników w czasie dłuższym niż czas odpowiadający częstotliwości sygnału TTL. Uzyskano to dzięki zastosowaniu kondensatora o odpowiedniej pojemności. Układy AtMega 1284p, MAX 232 i ACS715 zasilane są z wbudowanego do układu stabilizatora napięcia LM7805. Płyta drukowana układu została przedstawiona na rys. 3.



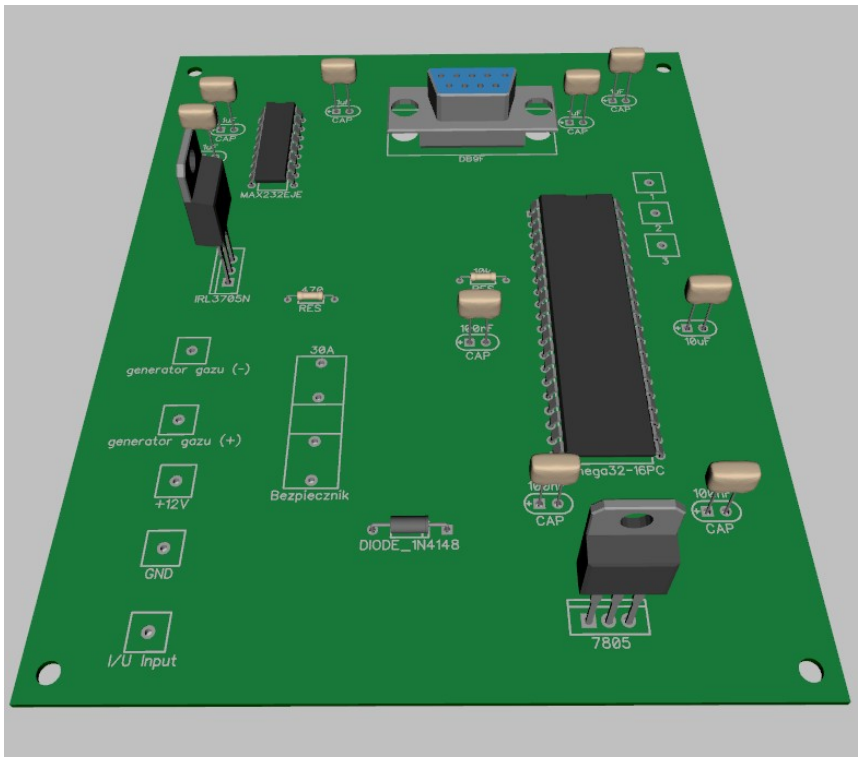
Rys. 1. Schemat blokowy układu zasilania silnika gazem HHO



Rys. 2. Schemat regulatora

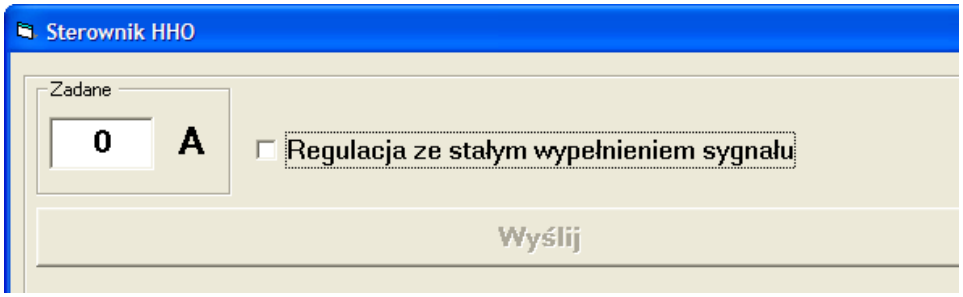
Interfejs graficzny regulatora pozwala na ustawienie wypełnienia sygnału PWM w sposób względny w [%] (rys. 4a) i przesłanie przez port RS komputera informacji do regulatora. Natężenie prądu płynącego w obwodzie zasilania generatora gazu zależy wówczas od przewodności elektrolitu. W oknie interfejsu na bieżąco jest także przedstawiane wypełnienie sygnału PWM, natężenie prądu płynącego w obwodzie generatora gazu, napięcie zasilania regulatora i moc prądu pobieranego przez generator. Parametry te przedstawione są również na wykresach słupkowych. Jeżeli opcja „ Regulacja ze stałym wypełnieniem” nie jest zaznaczona (rys. 4b), to następuje automatyczna zmiana wypełnienia PWM na podstawie natężenia prądu w obwodzie zasilania generatora. Natężenie prądu jest mierzone przez bezstykowy czujnik ACS715. Filtr czujnika został dobrany w taki sposób, aby umożliwiał pomiar średniej wartości prądu w obwodzie zasilania generatora gazu. Wyboru portu komputera dokonuje się w okienku Port COM. Połączenie komputera z regulatorem jest sygnalizowane miganiem zielonej kontrolki obok numeru portu.

Regulator steruje mocą generatora HHO poprzez zmianę wypełnienia sygnału zasilającego generator (PWM, rys. 5). Częstotliwość sygnału PWM jest stała przy sterowaniu ze stałą wartością wypełnienia sygnału, jak również przy regulacji ze stałą wartością natężenia prądu w obwodzie generatora.

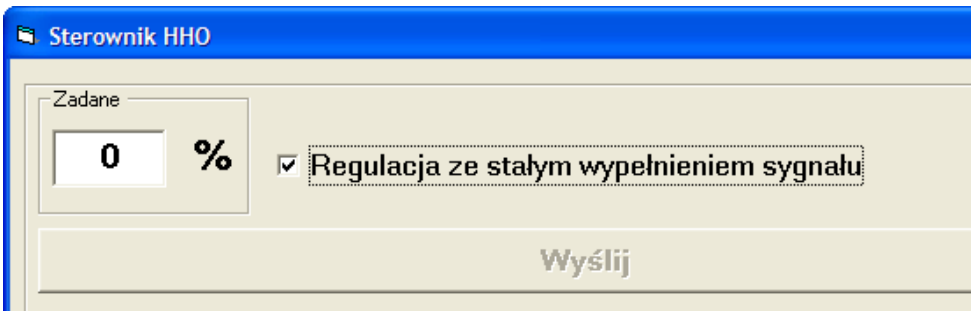


Rys. 3. Płytka drukowana generatora

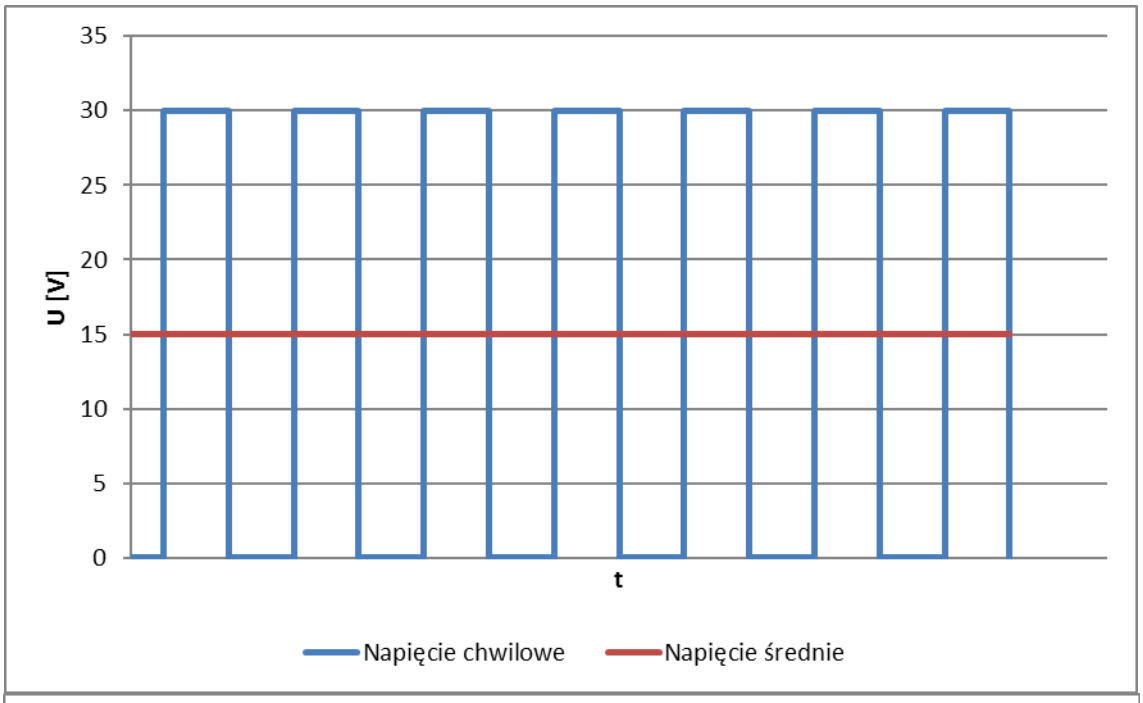
a)



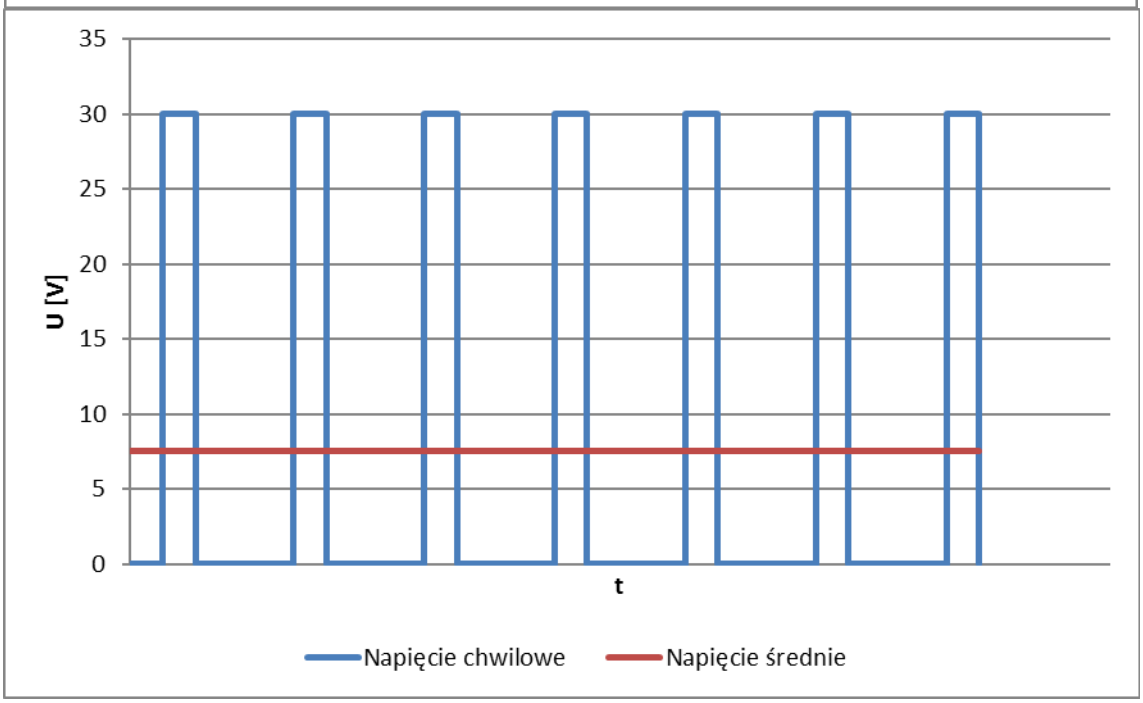
b)



Rys. 4. Widok panelu sterowania regulatora generatora gazu HHO:
a – regulacja ze stałym wypełnieniem sygnału PWM, b – regulacja w pętli sprzężenia zwrotnego



a)



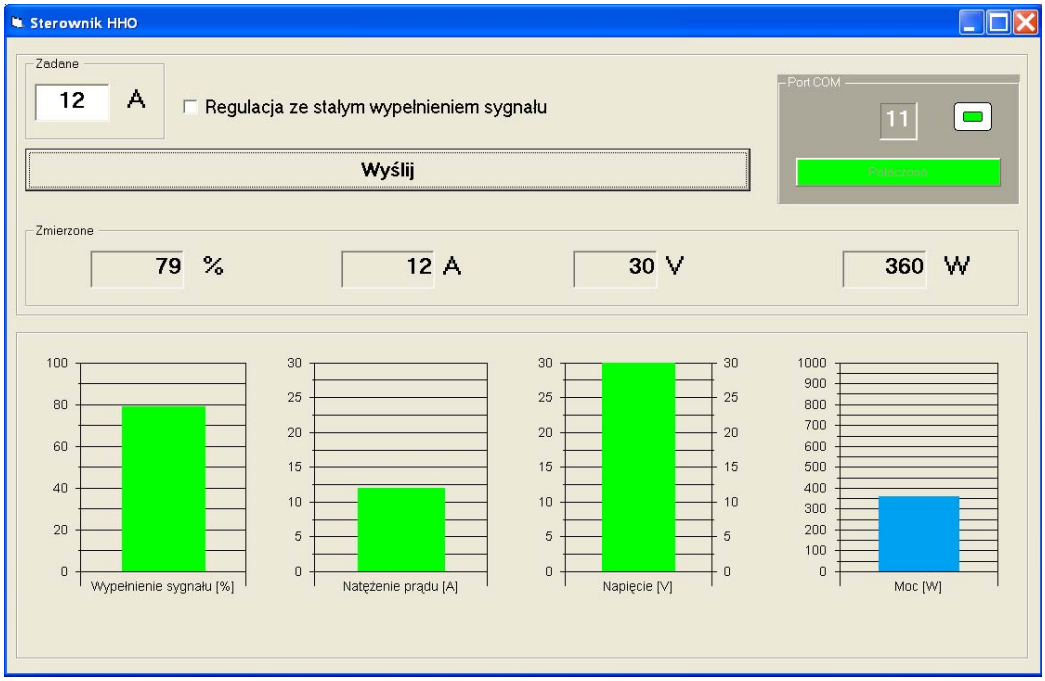
b)

Rys. 5. Napięcie prądu zasilającego generator: a - wypełnienie 50%, b – wypełnienie 25%

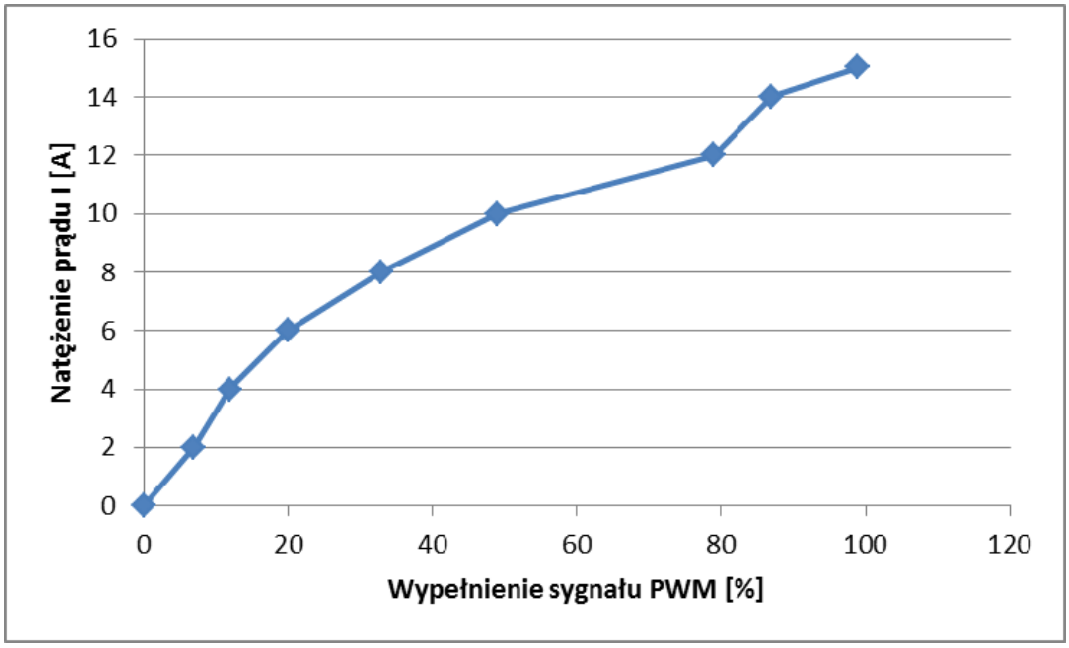
Widok interfejsu graficznego regulatora generatora gazu (podczas prowadzenia badań) został przedstawiony na rys. 6. Do pomiaru natężenia przepływu gazu wytwarzanego przez generator zastosowano przepływomierz masowy M+W Instruments D-6300. Układ generatora napełniony był wodnym roztworem wodorotlenku potasu KOH o stężeniu 1%. Wartość napięcia zasilania regulatora była stała i wynosiła 30 V. Wyniki badań wydatku gazu wodorotlenowego przy różnych parametrach zasilania generatora przedstawiono w tabeli 1 oraz na rys. 8. Natomiast rys. 7 przedstawia wartości wypełnienia sygnału PWM dla ustalonych wartości prądu zasilającego generator HHO.

Tabela 1. Wyniki badań wydatku gazu z generatora HHO zasilanego opracowanym sterownikiem

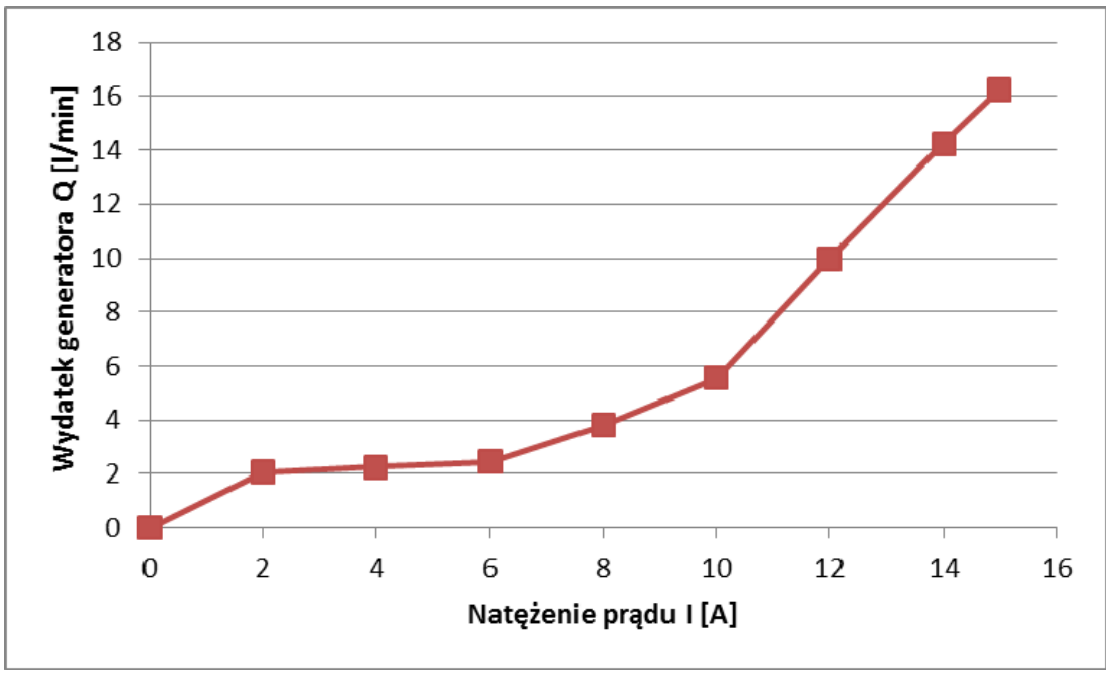
Natężenie prądu I [A]	Wypełnienie sygnału W [%]	Wydatek gazu z generatora Q[l/min]
0	0	0
2	7	2,06
4	12	2,25
6	20	2,45
8	33	3,8
10	49	5,56
12	79	10
14	87	14,24
15	99	16,24



Rys. 6. Interfejs graficzny regulatora w czasie pracy



Rys. 7. Zależność wypełnienia sygnału PWM w funkcji natężenia prądu zasilającego generator



Rys. 8. Wydatek generatora wodorotlenowego w funkcji natężenia prądu zasilającego generator HHO

PODSUMOWANIE

Opracowany regulator pozwala na precyzyjną regulację wydatku gazu wytwarzanego przez generator. Umożliwia sterowanie przy zachowaniu stałej wartości natężenia prądu lub przy stałej wartości wypełnienia sygnału PWM zasilającego generator. Uwzględniając te wielkości, przeprowadzane są badania nad ustaleniem optymalnych z uwagi na moc generatora wartości, przy których jego sprawność będzie najwyższa. Jest to związane również ze stężeniem wodorotlenku potasu w elektrolicie.

Po wstępnych badaniach gazogeneratora z regulatorem, planowane jest wykonanie sterownika współpracującego z przepływomierzem, celem zapewnienia stałego wydatku gazu w zależności od punktu pracy silnika. Dotychczasowe badania realizowane na jednocylindrowym silniku wysokoprężnym SB3.1 zasilanym w systemie CR (Common Rail), wykazały nieznaczny wpływ dodatku gazu wodorotlenowego na parametry użytkowe silnika. Było to związane ze zbyt małym wydatkiem generatora i niewielkim udziałem gazu HHO doprowadzanego do silnika (maksymalny wydatek gazu wynosił bowiem 5,5 l/min). Dalsze badania będą prowadzone dla zasilania ze wspomaganiem gazu wodorotlenowego także silnika o ZI zasilanego benzyną.

LITERATURA

[1] Al-Rousan A. A.: Reduction of fuel consumption in gasoline engines. by introducing HHO gas into intake manifold. International Journal of Hydrogen Energy 35 (2010), 12930-12935.

[2] Balawender K., Jaworski A., Kuszewski H., Ustrzycki A.: Badania wpływu dodatku HHO na wybrane parametry użytkowe silnika spalinowego o zapłonie samoczynnym. Monografia seria TRANSPORT, Nr 6, Rzeszów 2015.

[3] Chaiwongsa P., Pornsuwancharoen N., Yupapin: P.P.: Effective hydrogen generator testing for on-site small engine. Physics Procedia 2, 93–100, 2009.

[4] Dülger Z., Özçelik K.R.: Fuel economy improvement by on board electrolytic hydrogen production. International Journal of Hydrogen Energy 25. 895-897, 2000.

[5] Göllei A.: Measuring and optimisation of HHO dry cell for energy efficiency. ACTA TEHNICA CORVINIENSIS – Bulletin of Engineering Tome VII, 2014.

[6] Moraisa A.M., Mendes Justino M. A., Valente O. S., Morais Hanriot S., Ricardo Sodre J.: Hydrogen impacts on performance and CO2 emissions from a diesel power generator. International Journal of Hydrogen Energy 38. 6857-6864, 2013.

[7] Musmar S. A., Al-Rousan A.A.: Effect of HHO gas on combustion emissions in gasoline engines. Fuel 90, 3066–3070, 2011.

[8] Skrzyniowski A.: Gaz Browna-HHO jako dodatek do paliw zasilających silniki spalinowe. Wydawnictwo politechniki Krakowskiej, Mechanika 5-M/2012.

[9] Vino A. J., Ramanlal V. S., Madhusudhan Y.: Performance Analysis of Petrol - HHO Engine. Middle-East Journal of Scientific Research 12 (12): 1737-1740, 2012.

[10] Yilmaz A. C., Uludamar E., Aydin K.: Effect of hydroxy (HHO) gas addition on performance and exhaust emissions in compression ignition engines. International Journal of Hydrogen Energy 35 (2010) 11366-11372.

STRESZCZENIE

BALAWENDER Krzysztof. System sterowania generatora gazu wodorotlenowego (HHO) / BALAWENDER Krzysztof, JAWORSKI Artur, KUSZEWSKI Hubert, USTRZYCKI Adam // Wisnyk Narodowego Uniwersytetu Transportu. – К. : NTU, 2016. – № 35.

Poszukiwanie paliw zastępczych do zasilania silników spalinowych obejmuje m.in. wspomaganie zasilania silników gazem wodorotlenowym (HHO). W Katedrze Silników Spalinowych i Transportu prowadzone również są prace związane z badaniami wpływu zasilania ze wspomaganiem gazem wodorotlenowym silników spalinowych o zapłonie samoczynnym oraz o zapłonie iskrowym. W niniejszym artykule przedstawiono charakterystykę sterownika opracowanego do regulacji parametrów prądu zasilającego generator wodorotlenowy oraz zamieszczono przykładowe wyniki pomiarów wydatku gazu dla różnych nastaw regulatora.

РЕФЕРАТ

БАЛАВЕНДЕР Кшиштоф. Система управління генератора водневовмісного газу (ННО) / БАЛЯВЕНДЕР Кшиштоф, ЯВОРСКІ Артур, КУШЕВСКІ Губерт, УСТШИЦКІ Адам // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2016. – Вип. 2 (35).

Пошук альтернативних видів палива для живлення двигунів внутрішнього згоряння пов’зано з системами живлення двигунів водневовмісним газом (ННО). На кафедрі двигунів внутрішнього згоряння і транспорту також проводяться праці, пов'язані з дослідженням впливу живлення двигуна з іскровим запалюванням водневовмісним газом. У даній статті представлені характеристики регулятора, розробленого для управління параметрами генератора водневовмісного газу і наводяться приклади результатів вимірювань витрати газу для різних налаштувань регулятора.

ABSTRACT

BALAWENDER Krzysztof, JAWORSKI Arthur, KUSZEWSKI Hubert, USTRZYCKI Adam. Control system for oxyhydrogen gas generator (HHO). Visnyk National Transport University. Series “Technical sciences”. Scientific and Technical Collection. - Kyiv. National Transport University, 2016. - Issue 2 (35).

The search for alternative fuels for internal combustion engines is connected with power supplying systems with oxyhydrogen gas (HHO). At the Department of Internal Combustion Engines and Transport of Rzeszow University of Technology the research related to the impact of HHO gas on parameters of diesel and SI engines are realized. This article presents the characteristics of the controller, that was developed for controlling of the current supply parameters of the HHO generator. The measurements results of gas flow for different controller settings is presented.

AUTORZY:

BALAWENDER Krzysztof, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

JAWORSKI Artur, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

KUSZEWSKI Hubert, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

USTRZYCKI Adam, dr inż., Politechnika Rzeszowska, Katedra Silników Spalinowych i Transportu, Al. Powstańców Warszawy 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszów, Polska

АВТОРИ:

БАЛАВЕНДЕР Кшиштоф, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

ЯВОРСКІ Артур, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

КУШЕВСКІ Губерт, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

УСТШИЦКІ Адам, Доктор інженер, Жешовська Політехніка, Кафедра двигунів внутрішнього згоряння і транспорту, Бульвар Повстанців Варшави 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Жешув, Польща

AUTHORS:

BALAWENDER Krzysztof, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

JAWORSKI Arthur, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

KUSZEWSKI Hubert, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

USTRZYCKI Adam, PhD., Rzeszow University of Technology, Department of Internal Combustion Engines and Transport, Warsaw Insurgents Boulevard 12, tel.: +48 17 865 1100, 35-959, Rzeszow, Poland

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Левківський О.П., доктор технічних наук, професор, Національний Транспортний Університет, профессор кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, Київ, Україна.

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор,Національний Транспортний Університет, завідувач кафедри двигунів і теплотехніки, Київ, Україна.

REVIEWERS:

Levkivskyi O.P, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of Department of Manufacturing, Repair and Materials Engineering, Kyiv, Ukraine.

Gutarevych Y.F, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of Department of Engines and Heating Engineering, Kyiv, Ukraine.