

Układ kogeneracyjny z silnikiem Stirlinga

Streszczenie. W artykule przedstawiono możliwości wytwarzania ciepła i energii elektrycznej za pomocą silnika Stirlinga. Rozważania nad układem mikrokogeneracyjnym przedstawione zostały przy wykorzystaniu modelu eVita firmy Dietrich. Omówiono możliwości rozwoju mikrokogeneracji domowej w Polsce w warunkach Województwa Lubelskiego

Abstract. In the article the opportunities of combined heat and power system by means of the Stirling Engine were presented. Considerations over the microCPH unit were presented by using eVita company Dietrich. The opportunities of microCHPH application in Poland in the conditions of lubelskie district were discussed. (The micro combined heat and power system with Stirling Engine)

Słowa kluczowe: Mikrokogeneracja, silnik Stirlinga.

Keywords: Micro-cogeneration, Stirling engine.

doi:10.12915/pe.2014.02.17

Wprowadzenie

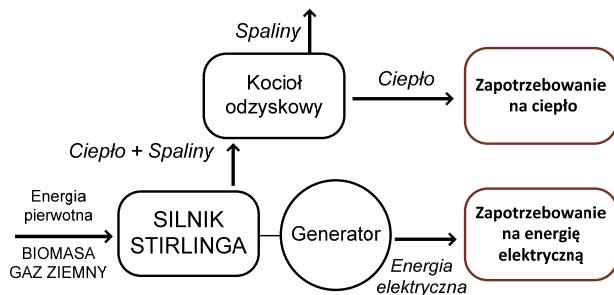
Poszukiwania innowacyjnych rozwiązań dla zapewnienia gospodarstwom domowym ciągłej dostawy ciepła i energii elektrycznej doprowadziły do promowania oraz rozwoju technologii mikrokogeneracyjnej (ang. Micro Combined Heat and Power for Home – microCHPH).

Silniki Stirlinga są od lat uważane za technologię idealnie pasującą do zastosowań technologii mikrokogeneracyjnej. Jako zewnętrzne silniki spalinowe pozwalają na ścisłą kontrolę procesu spalania. Cechy wysokiej wydajności, niskiej emisji, niezawodności, niski poziom hałasu i drgań spełniają wymagania systemów stosowanych w gospodarstwach domowych.

W artykule przedstawiono możliwości wytwarzania ciepła i energii elektrycznej za pomocą układu mikroCHPH znajdującego się w Instytucie Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Lubelskiej napędzanego silnikiem Stirlinga eVita.

Wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej

Idea działania systemu mikro-CHPH polega na jednoczesnej produkcji dwóch typów energii użytkowej z jednego źródła energii pierwotnej i wykorzystaniu ciepła odpadowego z urządzeń wytwarzających energię elektryczną (rys. 1).



Rys. 1. Idea działania systemu mikroCHPH [1]

W systemie mikro-CHPH energia pierwotna w postaci gazu ziemnego, oleju napędowego, biomasy lub innych źródeł odnawialnych oraz konwencjonalnych, jest przetwarzana na ciepło i energię elektryczną. Główną zaletą jest ich uniwersalność miejsca instalacji, układ taki można zamontować wszędzie tam, gdzie występuje zapotrzebowanie na ciepło i energię elektryczną.

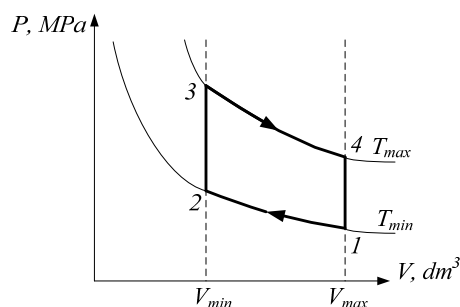
Technologia konwersji energii z silnikiem Stirlinga

W początkach XIX w. odbywał się rozwój maszyn parowych oraz silników w których gazem roboczym było powietrze. Jedną z pierwszych wersji silnika była

konstrukcja wykonana przez Roberta Stirlinga w 1816 roku [2]. Podczas rozwoju technologicznego w XX-wieku mechanizmy parowe zostały zastąpione napędami elektrycznymi, natomiast zagrożenia wywołane emisją gazów cieplarnianych, przyczyniły się poszukiwania alternatywnych sposobów wytwarzania energii elektrycznej oraz ciepła. Prowadzone w ostatnich latach badania układów kogeneracyjnych stwarzają szansę opracowanie optymalnej technologii.

Silnik Stirlinga uważany był i nadal jest za układ innowacyjny idealnie pasujący do jednoczesnego wytwarzania ciepła i energii elektrycznej. Jest silnikiem zewnętrznego spalania, którego energia pierwotna spalana jest na zewnątrz układu. Wykonywana ciągła praca charakteryzuje się bardzo niską emisją zanieczyszczeń oraz wysoką wydajnością spalania.

Obieg teoretyczny działania silnika Stirlinga został przedstawiony na rys. 2 i został utworzony z kilku prostych przemian termodynamicznych z większą ilością założeń upraszczających.



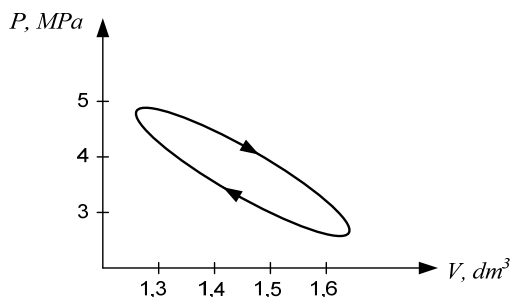
Rys. 2. Obieg teoretyczny silnika Stirlinga [2]

W czasie trwania obiegu Stirlinga czynnik termodynamiczny będący gazem doskonałym podlega kolejno czterem przemianom, podczas których następuje wymiana ciepła między gazem, a otoczeniem.

W czasie przemiany 1 – 2 odbywa się sprężanie izotermiczne przy temperaturze T_{min} równej temperaturze dolnego źródła ciepła. Przemiana 2 – 3 to izochoryczne ogrzewanie gazu, aż do uzyskania temperatury równej temperaturze górnego źródła ciepła. Izotermiczne rozprężanie w temperaturze T_{max} w czasie przemiany 3 – 4 sprawdza gaz do objętości początkowej, przy której objętości izochoryczne są rozprężane 4 – 1 (następuje chłodzenie) [2].

Regenerator jest elementem, który w czasie przemiany 4 – 1 odbiera ciepło od gazu i akumuluje w swoich elementach. Podczas przemiany 2 – 3, ta sama ilość ciepła zostaje przekazana powrotem do gazu.

Rzeczywisty obieg indukowany pracy silnika Stirlinga różni się od obiegu teoretycznego. Ma bardzo łagodne przejście z jednej przemiany do drugiej (rys.3).



Rys. 3. Obieg rzeczywisty silnika Stirlinga [2]

Budowa silnika Stirlinga w układzie eVita

Aktualnie znane rozwiązania konstrukcyjne silników Stirlinga należą do jednej z dwóch kategorii: jednostronnego (ang. Free-piston Stirling Engines) oraz podwójnego działania (ang. Kinematic Stirling Engines). Układ mikro-CHPH eVita firmy Dietrich wyposażony jest w jedno-cylindrowy silnik Stirlinga Microgen.

Gaz w tym silniku ogrzewany jest w górnej części cylindra oraz chłodzony wodą u podstaw cylindra. Utworzona w ten sposób różnica ciśnień napędza tłok, który pracuje na płaszczyźnie: góra – dół. Tłok wyposażony jest w magnesy trwałe, które generują prąd przemienny o częstotliwości 50 Hz. Dla pozyskiwania ciepłej wody użytkowej zastosowany został zintegrowany wymiennik ciepła.

Praca spalania polega na oddzieleniu procesu spalania od gazu roboczego poprzez wahania ciśnienia działającego w tłoku roboczym. Silnik zbudowany jest z cylindra, regeneratora, tłoka i wypornika (rys. 4), które poruszają się w dwóch oddzielnych cylindrach połączonych ze sobą kanalikami. W jednym z kanalików znajduje się zespół wymienników ciepła: chłodnica, regenerator oraz nagrzewnica.

Stała ilość gazu roboczego jest na przemian ogrzewana i chłodzona pomiędzy dwiema strefami temperatur w regeneratorze. Wypornik wyprzedzający o kąt $\alpha=90^\circ$ ruch tłoka transportuje gaz roboczy między przestrzenią sprężania, a rozprężania.

Pod tłokiem znajduje się przestrzeń buforowa, której zadaniem jest zmniejszenie różnicy ciśnień na uszczelnieniach tłoka. W celu zrealizowania obiegu cieplnego należy na przemian doprowadzać i odprowadzać ciepło z przestrzeni roboczej silnika, czyli nagrzewać i chłodzić czynnik roboczy. Realizacja tego procesu następuje w regeneratorze. Sprężanie i rozprężanie czynnika roboczego powinno przebiegać przy stałej temperaturze, dlatego należy nagrzewać gaz roboczy podczas przemiany rozprężania oraz oziębiać podczas przemiany sprężania.

Tabela 1. Parametry układu eVita [4]

Typ	eVita
Producent	Dietrich, BDR Thermea
Zasada działania	Silnik Stirlinga
Maksymalna moc, kW _{el}	1.0
Maksymalna moc, kW _{th}	5-24
Pobór gazu (G20), m ³ /h	0.5 – 2.7
Wymiary, m	0,49x0,92x0,47
Waga, kg	138
Poziom hałasu, dB	46 (±2dB)

Układ pracuje w oparciu o silnik Stirlinga o mocy 1 kW mierzonej na zaciskach generatora, zasilany jest gazem ziemnym. Zakres wartości ciepła uzyskiwanego wynosi: 5 ÷ 24 kW. Sprawność całkowita urządzenia szacowana jest na ok. 90% [4].

W tabeli 1 zostały przedstawione parametry układu eVita firmy Dietrich zasilany silnikiem Stirlinga. Aktualnie układ nie jest dostępny komercyjnie w Polsce.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z wytwarzaniem ciepła i energii elektrycznej przy wykorzystaniu silnika cieplnego Stirlinga eVita znajdującego się w Instytucie Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Lubelskiej [4].



Rys. 4. Model silnika Stirlinga eVita znajdujący się w Instytucie Elektrotechniki i Elektrotechnologii Politechniki Lubelskiej

Podstawowym celem badań eksperymentalnych jest przebadanie układu eVita, sprawdzenie możliwości wykorzystania biomasy oraz określenie korzyści ekologicznych wynikających z zastosowania układu Stirlinga w energetyce. Rozważania nad możliwością rozwoju mikrokogeneracji domowej w Polsce w warunkach Województwa Lubelskiego pokażą, czy układ eVita może znaleźć zastosowanie w krajach o rozbudowanej infrastrukturze gazu ziemnego.

Powyższe wnioski są wynikiem wstępnej analizy teoretycznej, natomiast przydatność dostępnych w regionie lubelskim postaci biomasy do mikrokogeneracji wymagają szczegółowych badań eksperymentalnych, które zostaną zaprezentowane w najbliższym czasie.

LITERATURA

- [1] Janowski Tadeusz, Mariusz Holuk: Renewable energy sources to supply home power plants, *Przegląd Elektrotechniczny*, 88 (2012), nr 7a, 151-154
- [2] Żmudzki S., Silnik Stirlinga, WNT, Warszawa, (1993)
- [3] Beith R., Small and micro combined heat and power (CHP) systems, Advanced design, performance, materials and applications, *Woodhead Publishing*, (2011)
- [4] Rehema: eVita, Instrukcja instalowania i konserwacji, (2010)

Authors: prof. dr hab. inż. Tadeusz Janowski, Lublin University of Technology, Faculty of Electrical Engineering and Komputer Science, 38A Nadbystrzycka Street, 20-618 Lublin, E-mail: t.janowski@pollub.pl; dr inż. Krzysztof Nalewaj, Lublin University of Technology, Faculty of Electrical Engineering and Komputer Science, 38A Nadbystrzycka Street, 20-618 Lublin, E-mail: k.nalewaj@pollub.pl; mgr inż. Mariusz Holuk, The State School of Higher Education in Chełm, The Institute of Technical Sciences, 54 Poczтовая Street, 22-100 Chełm, E-mail: mholuk@pwsz.chelm.pl.