

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO ĐỘNG CƠ SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG SẠCH

INVESTIGATION OF DESIGNING THE RENEWABLE HEAT ENGINE

Lê Thượng Hiền¹, Nguyễn Xuân Linh², Nguyễn Đức Nam³

¹Trường Đại học Điện lực

²Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

³Trường Đại học Thủy lợi

TÓM TẮT

Bài báo nêu kết quả nghiên cứu, thiết kế và chế tạo động cơ dùng năng lượng sạch theo nguyên lý stirling kiểu gamma. Động cơ stirling kiểu gamma là loại tương tự như động cơ loại beta nhưng piston chịu lực nằm trong xy lanh riêng, cạnh xy lanh chứa con chạy. Việc nghiên cứu, chế tạo động cơ Stirling có thể sử dụng nhiều nguồn nhiên liệu, tận dụng nguồn năng lượng sạch như: Năng lượng mặt trời, biogas, ... Góp phần bảo vệ môi trường.

Từ khóa: Động cơ stirling, gamma.

ABSTRACT

In this paper, Investigation of an overview of gamma stirling engine is presented. Gamma stirling engines have a displacer and power piston, similar to Beta machines, however in different cylinders. Studying, building Stirling engine can use any fuel source contributing to protect the environment, taking advantage of their source of clean energy such as solar, biogas, ...

Keywords: Stirling engine, gamma stirling engine.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở Việt Nam cũng như trên thế giới, tình trạng khai thác nguồn năng lượng hóa thạch để phục vụ nhu cầu của kinh tế và xã hội không chỉ làm cạn kiệt nguồn năng lượng mà còn phá hoại môi trường. Việc chế tạo động cơ Stirling không chỉ tận dụng được nguồn năng lượng sạch như ánh sáng mặt trời, tận dụng nguồn nhiên liệu từ chất thải (biogas) ứng dụng phục vụ cho cuộc sống như máy phát điện, máy lạnh,... mà còn góp phần bảo vệ môi trường [3,4,5].

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

2.1.1. Khái quát về động cơ Stirling – Động cơ đốt ngoài

Động cơ Stirling được Reverend Dr Robert Stirling sáng chế vào năm 1816 [4], là một loại động cơ nhiệt đốt ngoài sử dụng piston có thể sử dụng với rất nhiều loại nhiên liệu khác nhau, đặc biệt là năng lượng mặt trời... Động cơ Stirling là loại động cơ nhiệt có hiệu suất cao trong việc chuyển hóa nhiệt năng thành công năng, chỉ bị tổn thất do ma sát, thất thoát nguồn nhiệt cấp và giới hạn của vật liệu.

2.1.2. Chu trình lý thuyết của động cơ Stirling

+ Môi chất công tác là khí lý tưởng (có nhiệt dung riêng không đổi và tuân theo phương trình trạng thái: $pV = RT$).

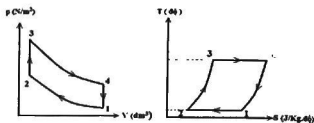
+ Nhiệt độ trong buồng giãn nở: T_{max} .

+ Nhiệt độ trong buồng nén: T_{min} .

+ Không có không gian chết, tức là coi không gian nối buồng nén với buồng giãn nở bằng không.

+ Bỏ qua các tổn thất do ma sát.

Chu trình nhiệt động Stirling bao gồm bốn quá trình:



- 1-2) Quá trình nén đẳng nhiệt;
- 2-3) Quá trình cấp nhiệt đẳng tích;
- 3-4) Quá trình giãn nở đẳng nhiệt;
- 4-1) Quá trình làm mát đẳng tích.

Hình 1: Chu trình lý thuyết của động cơ Stirling [1]

2.2. Thiết kế động cơ Stirling kiểu gamma

2.2.1. Yêu cầu thiết kế

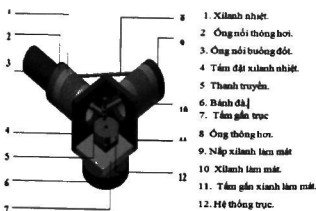
+ Động cơ chạy được máy phát điện công suất 0.2 kW.

+ Động cơ có kết cấu đơn giản, dễ chế tạo phù hợp với cơ sở vật chất của các trường kỹ thuật, các nhà máy, các xưởng cơ khí.

+ Nhiệt độ đốt không quá lớn.

2.2.2. Phương án thiết kế

Dựa vào yêu cầu thiết kế, phân loại ưu nhược điểm của động cơ, nhóm tác giả lựa chọn phương án chế tạo động cơ Stirling kiểu gamma [5].



Hình 2: Cấu tạo động cơ Stirling kiểu gamma

2.2.3. Tính toán sơ bộ động cơ

Dựa vào chu trình nhiệt động của động cơ Stirling, các công thức của Schmidt và các nhà khoa học đi trước, nhóm tác giả đưa ra tính toán sơ bộ động cơ trong bảng 1.

Các công thức tính toán [1,2]:

1) Tỷ số nhiệt độ: $\tau = \frac{T_{xl\ lực}}{T_{xl\ nhiệt}}$

Trong đó:

$T_{xl\ lực}$: Nhiệt độ xi lanh lực.

$T_{xl\ nhiệt}$: Nhiệt độ xi lanh nhiệt.

2) Hiệu suất lý thuyết tương đương chu trình canot.

$$\eta = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{max}}$$

3) Tỷ số thể tích quét: $k = V_{lực} / V_{nhiệt}$

Trong đó:

$V_{lực}$: Thể tích xi lanh lực;

$V_{nhiệt}$: Thể tích xi lanh nhiệt.

4) Tỷ số thể tích chết: $k_{ch} = V_{ch} / V_{nhiệt}$

5) Thể tích tức thời tại buồng nén:

$$V_{lực} = \frac{1}{2} V_{lực.k}(1 + \cos(\pi - \alpha))$$

6) Thể tích tức thời buồng giãn

$$V_{nhiệt} = \frac{1}{2} V_{lực.k}(1 + \cos\pi)$$

7) Áp suất tức thời:

$$P = p_{max}(1 - \delta) / [1 + \delta \cos(\pi - \Theta)]$$

8) Áp suất trung bình:

$$P_{tb} = P_{max}[(1 - \delta) / (1 + \delta \cos)]^{\frac{2}{\gamma}}$$

9) Nhiệt lượng cần thiết để đun nóng môi chất công tác:

$$Q_{mc} = m.c . \Delta t$$

10) Nhiệt lượng dẫn qua xy lanh nhiệt:

$$Q_{xin} = \frac{2\pi\lambda_{xin}.l_{xin}}{Ln \frac{d_{xin}}{d_{xint}}}$$

11) Toàn bộ lượng nhiệt cung cấp:

$$Q_E = R.T_3.Ln\left(\frac{V_{max}}{V_{min}}\right)$$

12) Toàn bộ lượng nhiệt thoát ra:

$$Q_C = RT_1.Ln\left(\frac{V_{min}}{V_{max}}\right)$$

13) Hiệu suất nhiệt:

$$\eta = \frac{Q_E - Q_C}{Q_C}$$

Thay giá trị các thông số từ bảng 1 vào các công thức trên, thu được kết quả tính toán như bảng 2:

Bảng 1. Thông số đầu vào tính toán động cơ Stirling:

STT	Nội dung	Thông số
1	Áp suất không khí ở điều kiện tiêu chuẩn	$P_0 = 1 \text{ at}$
2	Nhiệt độ không khí	$T_1 = T_{amb} = 300 \text{ }^\circ\text{K}$
3	Nhiệt độ không khí ở điều kiện tiêu chuẩn	$T_0 = 273 \text{ }^\circ\text{K}$
4	Đường kính xy lanh lực	$d_{xl.l} = 30 \text{ mm}$
5	Chiều cao xy lanh lực	$h_{xl.l} = 50 \text{ mm}$
6	Đường kính xy lanh nhiệt	$d_{xl.n} = 50 \text{ mm}$
7	Chiều cao xy lanh nhiệt	$h_{xl.n} = 50 \text{ mm}$
8	Bán kính ống dẫn	$r_{ot} = 5 \text{ mm}$
9	Chiều cao ống dẫn	$h_{ot} = 30 \text{ mm}$
10	Thể tích chết của xy lanh lực	$V_{ch.l}$
11	Thể tích chết của xy lanh nhiệt	$V_{ch.n}$
12	Nhiệt độ buồng đốt	$T_{max} = 798 \text{ }^\circ\text{K}$
13	Hằng số khí lý tưởng	$R = 8314/29 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$
14	Nhiệt dung riêng không khí	$C = 1,005.10^3 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$
15	Hệ số dẫn nhiệt của xy lanh	$\lambda_{xl} = 174 \text{ (W/m}^\circ\text{K)}$
16	Đường kính ngoài xy lanh nhiệt	$d_{xl.n} = 80 \text{ mm}$
17	Đường kính trong xy lanh nhiệt	$d_{xl.n} = 50 \text{ mm}$
18	Chiều dài xy lanh nhiệt	$l_{xl.n} = 50 \text{ mm}$

Bảng 2. Kết quả tính toán động cơ Stirling:

STT	Nội dung	Thông số
1	Áp suất tại buồng xylanh lục	$P_1 = 1 \text{ 1 at}$
2	Thể tích xylanh lục	38857,5 mm ³
3	Thể tích xylanh nhiệt	97187,5 mm ³
4	Thể tích ống dẫn	9430 mm ³
5	Thể tích toàn bộ không gian làm việc	145465 mm ³
6	Thể tích nhỏ nhất trong công tác	19607,5 mm ³
7	Khối lượng môi chất công tác	0,00018 Kg
8	Nhiệt lượng cần để đun nóng môi chất công tác	90,0882 J
10	Nhiệt lượng dẫn qua xylanh nhiệt	14,576 J
11	Nhiệt lượng cung cấp	70422 J
12	Nhiệt lượng thoát ra ngoài	6566 J
13	Hiệu suất nhiệt động cơ	90,5 %
14	Công suất động cơ	11,5 W

+ Số vòng quay: 320 vòng/phút.

+ Khối lượng động cơ: 15kg (cả đế).



Hình 3: Các chi tiết của động cơ

2.3. Chế tạo và chạy thử

Từ yêu cầu thiết kế, bản vẽ thiết kế và kết quả tính toán, đã chế tạo các chi tiết động cơ như hình 3 và hình ảnh động cơ Stirling kiểu gama (hình 4):

- Địa điểm chế tạo và chạy thử: Trường Đại học Điện lực.

- Điều kiện chạy thử: Nhiệt độ môi trường; nguồn nhiệt: Khí gas.

Quá trình chạy động cơ:

+ Thời gian cấp nhiệt đến khi động cơ hoạt động: 2 phút.

+ Thời gian đốt đến khi động cơ quay đều: 4 phút.

+ Thời gian động cơ quay tính từ khi ngừng cấp nhiên liệu: 4 phút.

+ Nhiệt độ cấp vào: 320°C.



Hình 4: Động cơ Stirling kiểu gama

3. KẾT LUẬN

Động cơ đốt ngoài ngày nay đang phát triển mạnh mẽ cả về số lượng lẫn chất lượng. Nó không chỉ đóng một vai trò quan trọng trong nhiều lĩnh vực kinh tế, xã hội, khoa học công

nghệ mà còn làm thay đổi cả vấn đề bảo vệ môi trường hiện nay. Động cơ Stirling đã chế tạo và thử nghiệm hoạt động đạt thông số đề ra là hướng mới và kết quả bước đầu trong việc tận dụng nguồn năng lượng từ thiên nhiên, khí thải. Trên cơ sở đó, nhóm tác giả tiếp tục nghiên cứu nghiên cứu cải tiến, nâng cao công suất động cơ, đồng thời sử dụng ánh sáng mặt trời làm nguồn nhiệt cấp. ❖

Ngày nhận bài: **26/02/2016**

Ngày phản biện: **25/3/2016**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. PGS,TS. Nguyễn Văn Nhận; *Nghiên cứu xây dựng chương trình tính chu trình nhiệt động của động cơ Stirling sử dụng năng lượng mặt trời*; Luận văn hướng dẫn thạc sỹ năm, 2012, Trường Đại học Nha Trang.
- [2]. PGS,TS. Phan Minh Tiến; *Động cơ Stirling và việc vận dụng vào quá trình dạy học*, Tạp chí Khoa học Đại học Sư phạm TP. Hồ Chí Minh, tháng 3/2013.
- [3]. Phan Quang Xung, Hoàng Dương Hùng; *Nghiên cứu bơm nước sử dụng năng lượng mặt trời*, Đề tài nghiên cứu khoa học trọng điểm cấp Bộ, 2005.
- [4]. http://en.wikipedia.org/wiki/Renewable_energy..
- [5]. Jim R.Larsen (22/01/2012), *Eleven Stirling Engine Projects you can build*, Technology & Engineering / Mechanical.