ỨNG DỤNG MÁY PHÁT ĐIỆN NHIỆT - ĐIỆN ĐỂ KHAI THÁC NHIỆT NĂNG KHÍ XẢ CỦA ĐỘNG CƠ CHÍNH TRÊN TÀU THỦY DỰ ÁN RSD 49

APPLICATION OF THERMO - ELECTRIC GENERATORS TO RECOVER THE WASTE HEAT OF EXHAUST GAS FROM MAIN ENGINE OF PROJECT RSD 49 VESSEL

BÙI HỒNG VŨ*, NGUYỄN VĂN HOÀN, TRẦN XUÂN THẾ
Viện Cơ khí, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
**Email liên hệ: vubh@vimaru.edu.vn*

Tóm tắt

Những tiến bộ gần đây trong việc phát triển các vật liệu và hệ thống nhiệt - điện đã thúc đẩy việc ứng dụng máy phát điện nhiệt - điện trong thực tiễn. Tuy nhiên, máy phát điện nhiệt - điện chưa được ứng dụng rộng rãi đặc biệt là trên các phương tiện vận tải biển. Trong bài báo này, tác giả đề xuất ứng dụng máy phát điện nhiệt - điện để khai thác nhiệt năng của khí xả từ động cơ chính trên tàu thủy dự án RSD 49 như một giải pháp để nâng cao hiệu quả khai thác năng lượng trên tàu thủy, đồng thời đưa ra phương pháp tính toán và đánh giá sự hiệu quả của giải pháp này.

***Từ khóa**: Máy phát điện nhiệt - điện, hiệu ứng nhiệt - điện.*

Abstract

Recent advances in the development of thermoelectric materials and systems have promoted the application of thermoelectric generators in practice. However, thermoelectric generators are not widely used, especially on marine transport. In this paper, the author proposes the application of thermoelectric generators to recover the waste heat of exhaust gas from RSD 49 project's main engine as a solution to improve the thermal efficiency of the ship's propulsion plant, at the same time, provide a method to calculate and evaluate the effectiveness of this solution.

***Keywords**: Thermoelectric generator, thermoelectric effect.*

1. Đặt vấn đề

Để cải thiện các chỉ số kỹ thuật và kinh tế của động cơ đốt trong thì tối ưu quá trình sử dụng các nguồn năng lượng thứ cấp trong quá trình khai thác là một trong những giải pháp hiệu quả nhất. Ngoài những giải pháp truyền thống như sử dụng nồi hơi tận dụng nhiệt khí xả, tăng áp cho động cơ bằng tuabin khí xả,… còn có thể sử dụng hiệu ứng nhiệt - điện để chuyển đổi năng lượng của nhiệt khí xả từ động cơ đốt trong thành năng lượng điện. Nhờ những tiến bộ gần đây trong việc phát triển các vật liệu và hệ thống nhiệt - điện, việc ứng dụng máy phát điện nhiệt - điện trong trong khai thác năng lượng của động cơ đốt trong đã được tính đến.

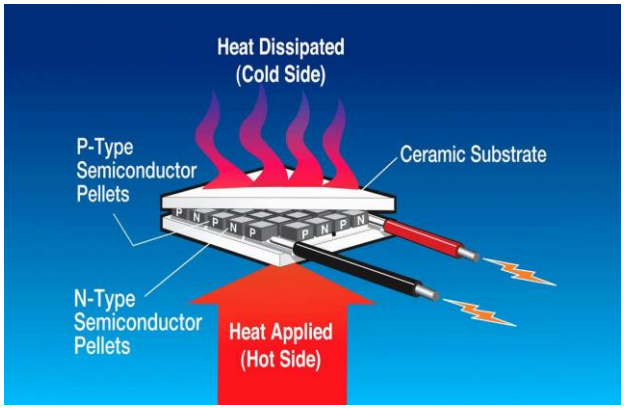
Ưu điểm của máy phát điện nhiệt - điện là tuổi thọ khá cao, không có bộ phận chuyển động, hoạt động không gây tiếng ồn và rung động, thân thiện với môi trường, tính linh hoạt đối với các phương pháp cung cấp và loại bỏ nhiệt, đặc biệt là khả năng thu hồi năng lượng nhiệt từ khí xả. Tuy nhiên, điểm bất lợi của máy phát điện nhiệt - điện là hiệu quả khá thấp (1 - 10%).

Trong bài báo này, tác giả đề xuất ứng dụng máy phát điện nhiệt - điện để khai thác nhiệt năng của khí xả từ động cơ chính trên tàu thủy dự án RSD 49. Tiến hành phân tích cấu trúc của máy phát điện nhiệt - điện và các phương pháp cải thiện hiệu quả của thiết bị. Tiến hành phân tích cấu trúc máy phát điện nhiệt - điện để nêu rõ cấu tạo cơ bản và nguyên lý hoạt động của thiết bị. Khảo sát tình hình ứng dụng trong thực tiễn của máy phát điện nhiệt - điện, đồng thời điểm qua các nghiên cứu có liên quan tới thiết bị để lựa chọn cấu trúc thiết bị phù hợp với quá trình tính toán. Chỉ ra các đặc điểm cơ bản của tàu thủy dự án RSD 49 để đưa ra các vị trí lắp đặt máy phát điện nhiệt - điện. Đưa ra phương pháp tính toán các thông số của máy phát điện nhiệt - điện và tiến hành tính toán các thông số của thiết bị khi vận hành song song cùng động cơ chính ở các vị trí lắp đặt khác nhau. Dựa vào kết quả thu được sẽ tiến hành so sánh, phân tích và đưa ra kết luận.

2. Tổng quan về máy phát điện nhiệt - điện

Việc sử dụng máy phát điện nhiệt - điện rất đa dạng: từ việc cung cấp năng lượng cho tàu vũ trụ, cung cấp điện cho các thiết bị trên đường ống dẫn dầu và khí đốt cũng như thiết bị định vị trên tàu, đến máy phát điện gia dụng đơn giản như là một bộ phận trong lò đốt củi, lò sưởi và nồi hơi sưởi ấm.

Hiện nay, có ba hiệu ứng nhiệt - điện đã được biết đến: Thomson, Seebeck và Peltier. Nguyên tắc hoạt động của máy phát điện nhiệt - điện là dựa trên hiệu ứng Seebeck. Theo Hình 1, trong mạch kín bao gồm các phần tử nhiệt - điện loại n- và p- mắc nối tiếp nhau, ở các nhiệt độ khác nhau tại các điểm tiếp xúc sẽ phát sinh một lực điện động. Nếu có sự chênh lệch nhiệt độ dọc theo dây dẫn, thì các electron ở mặt nóng có được năng lượng và tốc độ cao hơn ở mặt lạnh. Trong các chất bán dẫn, mật độ của các electron dẫn điện sẽ tăng theo nhiệt độ. Kết quả là sẽ xuất hiện một dòng điện dịch chuyển từ mặt nóng đến mặt lạnh và điện tích âm sẽ được tích lũy ở mặt lạnh, và điện tích dương được hình thành ở mặt nóng. Trong máy phát điện nhiệt - điện hiện đại sử dụng rất nhiều các chất bán dẫn khác nhau dựa trên các hợp kim của tellurium, bismuth, selen và các nguyên tố khác. Hiệu quả của vật liệu nhiệt - điện tỷ lệ thuận với hệ số dẫn điện của hợp chất được sử dụng và tỷ lệ nghịch với độ dẫn nhiệt của nó, do đó nhiệm vụ nghiên cứu chính trong lĩnh vực nhiệt - điện là tìm kiếm vật liệu bán dẫn tối ưu [3].



Hình 1. Sơ đồ biểu diễn sự xuất hiện của hiệu ứng Seebeck trong một mô-đun nhiệt - điện

Độ lớn xấp xỉ của giá trị nhiệt - điện động thu được chỉ phụ thuộc vào vật liệu của dây dẫn và nhiệt độ của các tiếp điểm nóng (T_1) và lạnh (T_2).

Trong phạm vi giá trị nhiệt - điện động rất nhỏ, điện thế E có thể được coi là tỷ lệ thuận với độ chênh lệch nhiệt độ:

$$E = (a_{s1} - a_{s2})\Delta T, V \quad (1)$$

Trong đó: $\Delta T = T_1 - T_2$; $a_{s1,2}$ là hệ số Seebeck của dây dẫn 1,2 (V/K).

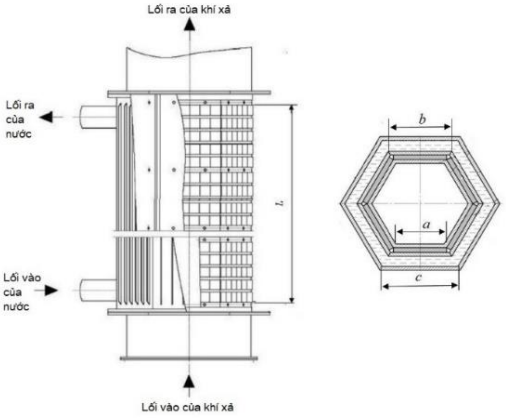
Trong các mô-đun nhiệt - điện, các dây dẫn có độ dẫn điện khác nhau (n- và p-) được sử dụng, có hệ số Seebeck có giá trị tuyệt đối bằng nhau. Biểu thức (1) có thể được chuyển đổi thành dạng sau:

$$E = 2a_s\Delta T, V \quad (2)$$

Trong đó a_s là giá trị tuyệt đối trung bình của hệ số Seebeck cho dây dẫn n- và p- (V/K).

3. Lựa chọn máy phát điện nhiệt - điện để ứng dụng trên tàu thủy dự án RSD 49

Trong [1], các tác giả đã thực hiện một loạt các nghiên cứu lý thuyết, tính toán cho các tàu hoạt động trong vùng Volga-Caspian để thu được các thông số thực tế của máy phát điện nhiệt - điện. Các đặc điểm của máy phát điện nhiệt - điện đã được tính toán cho một số tàu của khu vực Volga-Caspian có tính đến các chi tiết cụ thể của các chế độ hoạt động của động cơ. Tùy thuộc vào thiết kế, công suất đầu ra thay đổi từ 10,78kW đến 97,02kW. Các tác giả đã đề xuất thiết kế cấu tạo của máy phát điện nhiệt - điện để khai thác nhiệt năng từ khí xả, tiến hành các thử nghiệm toàn diện trên động cơ diesel 3NVD24. Theo Hình 2, máy phát điện nhiệt - điện được xây dựng trong hệ thống khí xả của động cơ 3NVD24, nơi công chất mang nhiệt độ cao là khí xả của động cơ, và công chất mang nhiệt độ thấp là nước và nước này có thể được tiếp tục sử dụng vào các nhu cầu khác.



Hình 2. Cấu trúc của máy phát điện nhiệt - điện

Máy phát điện nhiệt - điện trên có cấu trúc đơn giản, dễ chế tạo cũng như lắp đặt, chi phí chế tạo không lớn, quá trình hoạt động không quá phức tạp rất phù hợp với việc lắp đặt trên tàu thủy. Tất cả các thông số kỹ thuật của thiết bị cũng đã được tính toán, xác định và trải qua kiểm nghiệm thực tế, chứng minh được tính an toàn và hiệu quả vận hành của thiết bị. Tuy vẫn còn tồn tại một nhược điểm là hiệu suất còn thấp nhưng thiết bị này vẫn có những tính ưu việt và hoàn toàn phù hợp với việc ứng dụng trên tàu thủy để tối ưu hóa quá trình khai thác năng lượng trên tàu. Thiết bị này được lựa chọn sử dụng trong nghiên cứu này để xây dựng cấu trúc và tính toán các thông số

của máy phát điện nhiệt - điện trong quá trình khai thác nhiệt năng khí xả của động cơ chính trên tàu thủy dự án RSD 49.

4. Kết quả tính toán

4.1. Những đặc điểm chính của tàu thủy dự án RSD 49

Theo phân loại được Cục Kỹ thuật Hàng hải Nga thông qua, các tàu của dự án RSD49 là Volgo-Don Max, nghĩa là chúng có lượng giãn nước và kích thước tối đa cho kênh tàu Volga-Don. Nhà máy đóng tàu Nevsky đang xây dựng cho Công ty Vận tải Tây Bắc một loạt 10 tàu như vậy. Dòng tàu này có thể được sử dụng để vận chuyển hàng hóa số lượng lớn nói chung như gỗ, ngũ cốc, hàng hóa cồng kềnh và nguy hiểm trong giao thông quốc tế.

Bảng 1. Đặc tính kỹ thuật chính của tàu thủy dự án RSD 49

STT	Đặc tính	Giá trị
1	Chiều dài tối đa, m	139,95
	Khoảng cách giữa các đường vuông góc, m	135,74
	Chiều rộng, m	16,50
	Chiều cao mạn tàu, m	6,00
2	Độ chìm tàu, m (trên biển/trên sông)	4,70/3,60
3	Lượng giãn nước, t (trên biển/trên sông)	7.143/4.507
4	Tầm hoạt động, dặm	4.000
5	Khối lượng khoang chứa hàng hóa, m³	10.921
6	Số lượng khoang chứa	3
7	Thể tích thùng chứa nước dằn tàu, m³	3.959
8	Lớp đăng ký Hàng hải Nga	KM ⍟ Ice2 R2 AUT1-C
9	Công suất và loại động cơ chính, kW	2·1200 (WARTSILA 6L20)
10	Động cơ phụ, kW	2·292
11	Động cơ dự phòng, kW	90
12	Tốc độ, hải lý (với độ chìm tàu 4,7m và 85% công suất động cơ chính)	11,5

Thành phần hệ thống khí xả của động cơ chính Wartsila 6L20 trên tàu thủy dự án RSD 49 bao gồm: một đường ống xả có đường kính trong 420 mm và đường kính ngoài 600 mm, ống co giãn nhiệt và nồi hơi tận dụng nhiệt khí xả AALBORG UNEX P-2.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật hệ thống khí xả của động cơ Wartsila 6L20

Hệ thống xả		
Công suất xả ở 100% tải	kg/s	2,57
Công suất xả ở 85% tải	kg/s	2,25
Công suất xả ở 75% tải	kg/s	1,95
Nhiệt độ khí xả sau tuabin tăng áp ở 100% tải	°C	305
Nhiệt độ khí xả sau tuabin tăng áp ở 85% tải	°C	295
Nhiệt độ khí xả sau tuabin tăng áp ở 75% tải	°C	305
Đường kính trong của ống xả	mm	420
Đường kính ngoài của ống xả	mm	600

Máy phát điện nhiệt - điện được khuyến nghị lắp đặt theo phương thẳng đứng, nên có thể chọn 2 vị trí để lắp đặt: sau động cơ và sau nồi hơi tận dụng nhiệt khí xả. Tính toán được thực hiện cho máy phát điện nhiệt - điện ở mức 75%, 85% và 100% tải của động cơ. Các thông số như công suất của máy phát điện nhiệt - điện (P), cường độ dòng điện và hiệu điện thế ở đầu ra (I, U), công suất xả sau thiết bị (G), nhiệt độ của khí xả (t_x) và của nước (t_n) sau thiết bị, hiệu suất của thiết bị (η), vận tốc dòng khí xả sau thiết bị (ϑ) đều được xác định.

4.2. Kết quả tính toán các thông số của máy phát điện nhiệt - điện khi được lắp đặt sau động cơ chính

Máy phát điện nhiệt - điện được lắp đặt ngay phía sau động cơ chính (sau tuabin tăng áp của động cơ). Phương pháp tính toán các thông số của máy phát điện nhiệt - điện dựa trên các phương pháp đã biết đến để tính toán các thiết bị nhiệt - điện và bộ trao đổi nhiệt được mô tả trong [1,2]. Kết quả tính toán quá trình làm việc đồng thời của động cơ chính và máy phát điện nhiệt - điện được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Các thông số máy phát điện nhiệt - điện khi lắp đặt sau động cơ chính

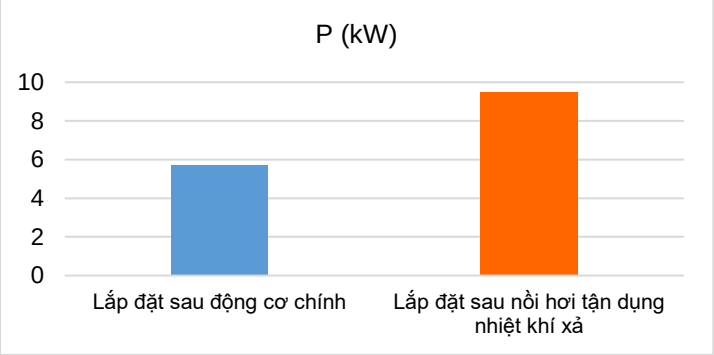
N_e (%)	**P** (kW)	**I** (A)	**U** (V)	**G** (kg/s)	t_x (°C)	t_n (°C)
75	5.5	16.2	341	1.95	243	38
85	5.4	16.1	336	2.25	242	38
100	5.7	16.4	349	2.57	256	38

4.3. Kết quả tính toán của máy phát điện nhiệt - điện khi được lắp đặt sau nồi hơi tận dụng nhiệt khí xả

Việc tính toán được thực hiện cho chế độ hoạt động định mức của động cơ chính khi lắp đặt máy phát điện nhiệt - điện sau nồi hơi tận dụng nhiệt khí xả. Phương pháp tính toán các thông số của máy phát điện nhiệt - điện dựa trên các phương pháp đã biết đến để tính toán các thiết bị nhiệt - điện và bộ trao đổi nhiệt được mô tả trong [1,2]. Kết quả tính toán quá trình làm việc đồng thời giữa động cơ chính, nồi hơi tận dụng nhiệt khí xả và máy phát điện nhiệt - điện được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4. Các thông số máy phát điện nhiệt - điện khi lắp đặt sau nồi hơi tận dụng nhiệt khí xả

N_e (%)	**P** (kW)	**I** (A)	**U** (V)	**G** (kg/s)	t_x (°C)	t_n (°C)
100	9.5	44.5	212	2.57	100	26



Hình 3. So sánh công suất của máy phát điện nhiệt - điện khi được lắp đặt ở các vị trí khác nhau

5. Kết luận

Dựa trên kết quả tính toán có thể kết luận: Việc ứng dụng máy phát điện nhiệt - điện trên tàu thủy dự án RSD 49 là hoàn toàn khả thi. Kết quả tính toán vận tốc dòng khí xả sau khi di chuyển qua máy phát điện nhiệt - điện cho thấy, vận tốc dòng khí xả giảm đi không đáng kể so với vận tốc khí xả trước khi đi vào máy phát điện nhiệt - điện (tối đa khoảng 6%). Do đó có thể kết luận rằng, việc lắp đặt máy phát điện nhiệt - điện trên đường xả của động cơ sẽ không làm tăng phản áp quá nhiều trên đường xả và không ảnh hưởng nhiều tới công suất phát ra của động cơ. Máy phát điện nhiệt - điện khi được ứng dụng trên tàu thủy dự án RSD 49 có thể tạo ra thêm nguồn năng lượng điện đáng kể (công suất tối đa 9.5kW) để phục vụ cho các hoạt động trên tàu, nâng cao hiệu quả khai thác năng lượng trên tàu và góp phần vào việc bảo vệ môi trường. So sánh công suất của máy phát điện nhiệt - điện khi lắp đặt ở các vị trí khác nhau cho thấy máy phát điện nhiệt - điện cho ra các thông số tối ưu hơn khi được lắp đặt phía sau nồi hơi tận dụng nhiệt khí xả của tàu. Đây là cơ sở để lựa chọn vị trí lắp đặt tối ưu cho máy phát điện nhiệt - điện trên tàu thủy dự án RSD 49. Tuy nhiên hiệu suất của máy phát điện nhiệt - điện còn tương đối thấp (tối đa khoảng 3,97%), cần tiếp tục nghiên cứu cải tiến để nâng cao hiệu suất trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Нгуен К. Д. Утилизация теплоты отработавших газов судовых дизелей в термоэлектрических генераторах: диссертация кандидата технических наук: 05.08.05/НгуенКонгДоан, Астрахань, 2012.- 163с.

[2] Халыков К. Р. Повышение эффективности утилизационных комплексов при использовании термоэллектрических генераторов: диссертация кандидата технических наук: 05.08.05/ХалыковКамильРафаэльевич, Астрахань, 2014.- 122 с.

[3] Internet resource: https://nplus1.ru/news/2016/11/24/termopainting.

Ngày nhận bài: 06/5/2019
Ngày nhận bản sửa: 11/5/2019
Ngày duyệt đăng: 18/5/2019