

ĐÁNH GIÁ TIỀM NĂNG ĐIỆN THU ĐƯỢC KHI TẬN DỤNG NHIỆT NĂNG KHÍ THẢI ĐỘNG CƠ D1146 TRÊN XE BUS BẰNG THIẾT BỊ TEG
ASSESSMENT OF ELECTRICAL POTENTIAL IN RECOVERY HEAT EXHAUST GAS OF DIESEL D1146 IN BUS BY THERMOELECTRIC GENERATOR (TEG)

KS. Trần Văn Hương, ThS. Nguyễn Huy Chiến, TS. Lê Văn Anh

Đại học Công nghiệp Hà Nội

TS. Nguyễn Hà Hiệp

Học viện Kỹ thuật Quân sự

Email: nguyenhuychien1302@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu về nguyên lý phát điện nhiệt, một số loại môđun nhiệt điện và ứng dụng của nó, cũng như trình bày kết quả tính toán tiềm năng nhiệt của khí thải động cơ D1146 trên xe bus, điện năng thu được khi chuyển hóa trực tiếp từ nhiệt năng này trong thiết bị phát điện nhiệt (Thermoelectric Generator - TEG).

Từ khoá: Động cơ D1146, xe bus, khí thải, môđun nhiệt điện, TEG, mặt lạnh, mặt nóng

ABSTRACT

The article presents the principle of production of thermoelectric energy, some thermoelectric module and their applications, as well as provides results of calculations thermal potentials of the exhaust gas of a diesel engine D1146 on the bus, generated electricity by direct conversion of the thermal potentials in the thermoelectric generator (TEG).

Keywords: Diesel D1146, bus, exhaust gas, thermoelectric module, TEG, cold side, heat side.

KÝ HIỆU

Ký hiệu	Đơn vị	Ý nghĩa
U	V	Hiệu điện thế
I	A	Cường độ dòng điện
n	vg/ph	Tốc độ quay trục khuỷu
Ne	kW	Công suất động cơ
g _e	g/kW.h	Suất tiêu thụ nhiên liệu

CHỮ VIẾT TẮT

ĐCĐT	Động cơ đốt trong
TEG	Thermoelectric Generator (Thiết bị phát điện nhiệt)
CTCT	Chu trình công tác
TT	Tính toán
TN	Thực nghiệm
SS	Sai số

1. GIỚI THIỆU

Đối với ô tô trong suốt chu kỳ làm việc của động cơ trên xe, chi phí cho nhiên liệu chiếm khoảng 70% tổng chi phí đầu tư. Do đó trong khai thác ô tô việc tiết kiệm nhiên liệu luôn là vấn đề cấp thiết.

Như đã biết, trong ĐCĐT quá trình chuyển hóa nhiệt năng do đốt cháy nhiên liệu thành cơ năng có ích kèm theo mất mát đến 40 ÷ 45% nhiệt năng ra môi trường cùng khí thải. Đến

nay, một trong các phương pháp hữu hiệu để tăng hiệu suất sử dụng nhiệt năng do đốt cháy nhiên liệu vẫn là tận dụng nhiệt năng từ khí thải động cơ. Đối với ô tô nói chung và xe bus nói riêng, việc tận dụng nhiệt để trực tiếp phát điện cung cấp vào hệ thống điện của xe là một hướng mới.

Nội dung chính của bài báo là tập trung vào đánh giá tiềm năng nhiệt của khí thải động cơ D1146 trên xe bus, điện năng thu được khi chuyển hóa trực tiếp từ nhiệt năng này trong thiết bị phát điện nhiệt. Các môđun nhiệt điện cùng với thiết bị cấp và tải nhiệt tạo thành thiết bị phát điện nhiệt (Thermoelectric Generator - TEG).

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Cơ sở lý thuyết tính toán tiềm năng nhiệt khí thải

Để xác định được tiềm năng nhiệt của khí thải động cơ cần tiến hành tính toán nhiệt chu trình công tác của động cơ.

Trong nghiên cứu này sử dụng phần mềm tính toán Diesel-RK. Đây là phần mềm tính toán động cơ đốt trong do các chuyên gia của Đại học Kỹ thuật quốc gia Bauman – Liên bang Nga phát triển và đã được nhiều cơ sở nghiên cứu phát triển, sản xuất động cơ sử dụng. Phần mềm Diesel-RK đã sử dụng một mô hình tạo hỗn hợp và cháy hiệu quả - đó là mô hình cháy đa vùng dựa trên mô hình tạo hỗn hợp và cháy của Giáo sư Razleisev, được tác giả Kuleshov bổ sung và phát triển nên còn được gọi là mô hình Razleisev- Kuleshov hay mô hình RK. Mô hình RK đã xem xét chi tiết các thông số ảnh hưởng đến quá trình tạo hỗn hợp và cháy trong động cơ diesel, bao gồm: quy luật cung cấp nhiên liệu, hình dạng buồng cháy; hình dạng và phân bố tia phun; dạng và cường độ vận động rối trong xy lanh, sự va chạm của tia phun với bề mặt buồng cháy; sự tương tác giữa các tia phun liên kề. Chính vì vậy Diesel-RK cho phép dự báo chính xác động học quá trình cháy và hình thành các chất ô nhiễm của động cơ diesel khi thay đổi các thông số nói trên. Đây là điều mà một số phần mềm khác dùng để tính toán CTCT cho động cơ diesel chưa đề cập đến.

Đối tượng nghiên cứu là động cơ D1146 lắp trên xe bus đang lưu hành tại Việt Nam. Đây là động cơ diesel 4 kỳ, 6 xy lanh bố trí một hàng, do hãng Doosan, Hàn Quốc chế tạo. Các thông số kỹ thuật cơ bản của động cơ diesel D1146 được trình bày trong [1].

Các chế độ tính toán theo đặc tính ngoài của động cơ được lấy ứng với tốc độ 40%, 60%, 80%, 100% tốc độ định mức n_{dm} [2]. Động cơ D1146 có $n_{dm} = 2500$ vg/ph, nên các chế độ tính toán lấy ứng với tốc độ 1000, 1500, 2000, 2500 vg/ph. Các chế độ tính toán được thể hiện trong bảng 1. Trong đó, n - tốc độ quay trục khuỷu, vg/ph; N_e - công suất động cơ, kW; g_e - suất tiêu thụ nhiên liệu, g/kW.h; G_{nl} - lượng tiêu thụ nhiên liệu, g/h; g_{ct} - lượng nhiên liệu cấp cho 1 chu trình công tác, g/CTCT.

Bảng 1. Các chế độ tính toán CTCT của động cơ D1146

n, vg/ph	N_e, kW	g_e g/kW.h	G_{nl}, g/h	g_{ct}, g/CTCT
1000	55	230	12636	0,07020
1500	90	221	19841	0,07349
2000	117	226	26347	0,07319
2500	134	245	32830	0,07296

2.2. Nguyên lý phát điện nhiệt và môđun nhiệt điện

Theo các tài liệu [5, 6], quá trình nhiệt điện (thermoelectric process) diễn ra theo ba hiệu ứng: Seebeck, Peltier và Thomson, giữa chúng có mối liên hệ thuận nghịch. Thiết bị kiểu

TEG làm việc trên nguyên lý hiệu ứng Seebeck, nếu nối hai dây bán dẫn làm từ vật liệu khác nhau thành một mạch kín, và đầu nối chịu nhiệt độ khác nhau T_1 và T_2 , thì trong mạch xuất hiện sức điện động $E_{sđđ}$ (hình 1). Hai dây bán dẫn khác nhau này gọi là “cặp nhiệt điện” [4]. Sức điện động tỉ lệ với độ chênh nhiệt độ của hai đầu nối.

$$E_{sđđ} = (\alpha_{S1} - \alpha_{S2}) \cdot \Delta T, V \quad (1)$$

ở đây $\Delta T = T_1 - T_2$ (K), α_{S1}, α_{S2} - hệ số Seebeck của các dây bán dẫn 1 và 2, V/K.

Trong môđun nhiệt điện (thermoelectric module - TM) sử dụng các dây bán dẫn có tính dẫn nhiệt khác nhau (loại n- và p-), hệ số Seebeck của chúng có giá trị tuyệt đối gần bằng nhau. Công thức (1) có thể biểu diễn dưới dạng:

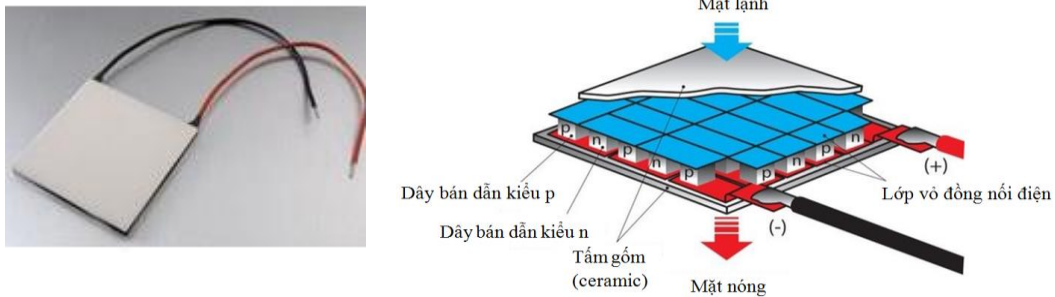
$$E_{sđđ} = (|\alpha_{S1}| - |\alpha_{S2}|) \cdot \Delta T = (\alpha_{S1} - (-\alpha_{S1})) \cdot \Delta T$$

hay

$$E_{sđđ} = 2 \cdot \alpha_S \cdot \Delta T, V \quad (2)$$

ở đây α_S - giá trị tuyệt đối trung bình của hệ số Seebeck đối với dây bán dẫn n- và p-, V/K.

Các Công ty hoạt động trong lĩnh vực nhiệt điện (Kryotherm – Nga, Thermal Electronics Corp – USA, Komatsu – Nhật Bản, một số công ty của Trung Quốc) đã sản xuất các TM ở dạng hoàn chỉnh, ví dụ, như trên hình 2 [7]. Các môđun này cấu tạo từ các cặp p-n (ví dụ, vật liệu p – PbTe, n – 75%PbTe + 25% SnTe) đặt trong hai bản ceramic. Phụ thuộc vào kích thước của môđun, tính chất vật liệu cấu thành, chúng có sức điện động khác nhau.



Hình 2. Cấu tạo của môđun nhiệt điện

Trong nghiên cứu này sử dụng môđun nhiệt điện kiểu TGM-287-1,0-1,5 của hãng Kryotherm, có thông số được giới thiệu trong bảng 2 [7].

Bảng 2. Thông số môđun nhiệt điện TGM-287-1,0-1,5

Thông số	$t_c = 50\text{ }^\circ\text{C}$	$t_c = 100\text{ }^\circ\text{C}$
	$t_h = 150\text{ }^\circ\text{C}$	$t_h = 200\text{ }^\circ\text{C}$
Hiệu điện thế, V	4,77	4,52
Cường độ dòng điện, A	0,47	0,43
Công suất, W	2,23	1,93
Kích thước, dài, rộng, cao, mm	40 x 40 x 3,8	
Hiệu suất tối đa η	3,8%	
t_c – nhiệt độ mặt mát; t_h – nhiệt độ mặt nóng		

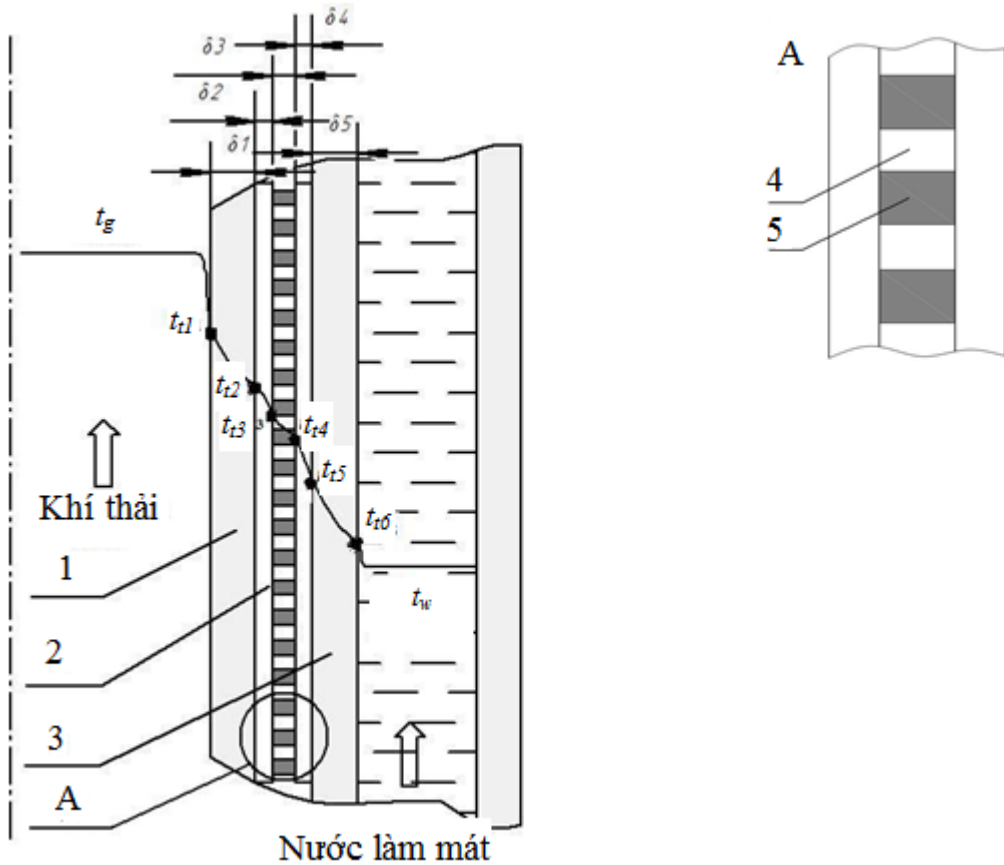
2.3. Phương pháp tính toán các tham số của thiết bị TEG

Trên hình 3, sơ đồ truyền nhiệt từ khí thải qua môđun nhiệt điện đến nước làm mát.

Nhiệt độ trung bình của khí thải trong TEG

$$t_{g.tb} = \frac{t_{g1} + t_{g2}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3)$$

ở đây t_{g1}, t_{g2} – nhiệt độ khí thải vào và ra TEG, $^\circ\text{C}$.



Hình 3 - Đặc tính thay đổi nhiệt độ qua các lớp của TEG

1 – thành ống khí thải; 2 – môđun nhiệt điện; 3 – thành ống làm mát; 4 – khe hở giữa các phần tử nhiệt điện; 5 – phần tử nhiệt điện

Lưu lượng khối lượng của dòng khí trong ống xả được xác định gần đúng theo công thức sau [4]:

$$G_g \approx 8,72 \cdot 10^{-6} \cdot g_e \cdot N_e, \text{ (kg/s)}$$

Nhiệt lượng được truyền từ khí thải

$$Q = G_g \cdot c_{pg} \cdot (t_{g1} - t_{g2}), \text{ (W)} \quad (4)$$

Trong công thức (4) c_{pg} – nhiệt dung riêng đẳng áp của khí thải, $c_{pg} = 1040 \text{ J/(kg}\cdot\text{độ)}$.

Vận tốc dòng khí

$$\omega_g = \frac{G_g}{\rho_g \cdot F_g}, \text{ (m/s)} \quad (5)$$

Trong công thức (5) G_g – lưu lượng khí thải, kg/s; ρ_g – tỉ trọng của khí ở nhiệt độ $t_{g.tb}$, kg/m³. F_g - diện tích tiết diện khoang khí thải, m².

Chỉ tiêu Reynolds của khí thải

$$Re_g = \frac{\omega_g \cdot d_{qd}}{\nu_g} \quad (6)$$

Trong công thức (6) ν_g – độ nhớt động học của khí thải ở nhiệt độ $t_{g.tb}$, m²/s, d_{qd} - đường kính quy dẫn của tiết diện khoang khí thải

Khí thải chuyển động trong đường ống ở chế độ rối nên chỉ tiêu Nusselt đối với khí thải được xác định theo công thức [4, 6].

$$Nu_g = 0,018 Re_g^{0,8} \cdot \varepsilon_{lg} \quad (7)$$

Trong công thức (7) ε_{lg} – hệ số hiệu chỉnh trung bình, phụ thuộc vào tỉ số L/d_{qd} . L – độ dài bề mặt trao đổi nhiệt, m.

Hệ số cấp nhiệt khuếch tán của khí thải

$$\alpha_{gk} = \frac{Nu_g \cdot \lambda_g}{d_{qd}}, \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad (8)$$

Trong công thức (8) λ_g – hệ số dẫn nhiệt của khí thải ở nhiệt độ $t_{g.tb}$, W/(m.K).

Nhiệt độ trung bình của nước làm mát trong TEG

$$t_{w.tb} = \frac{t_{w1} + t_{w2}}{2}, \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (9)$$

Trong công thức (9) t_{w1} , t_{w2} , °C – tương ứng là nhiệt độ nước làm mát vào và ra TEG.

Độ chênh nhiệt độ trung bình

$$\Delta t_{tb} = \frac{(t_{g1} - t_{w1}) - (t_{g2} - t_{w2})}{\ln \left(\frac{t_{g1} - t_{w1}}{t_{g2} - t_{w2}} \right)}, \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (10)$$

Nhiệt độ thành khoang khí thải [6]

$$t_{t1} = t_{g.tb} - \frac{\Delta t_{tb}}{2}, \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (11)$$

Nhiệt độ thành khoang làm mát

$$t_{t6} = t_{w.tb} + \frac{\Delta t_{tb}}{2}, \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (12)$$

Hệ số tỏa nhiệt bức xạ của khí thải [4]

$$\alpha_{g.bx} = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot \varepsilon \cdot \frac{(t_{g.tb} + 273)^4 - (t_{t1} + 273)^4}{t_{g.tb} - t_{t1}}, \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad (13)$$

Trong công thức (13) ε - hệ số độ đen.

Hệ số tỏa nhiệt tổng của khí thải

$$\alpha_g = \alpha_{g,k} + \alpha_{g,bx}, \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad (14)$$

Lưu lượng nước làm mát cần thiết được xác định theo phương trình cân bằng nhiệt:

$$G_w = \frac{G_g \cdot c_{pg} \cdot (t_{g1} - t_{g2})}{c_{pw} \cdot (t_{w2} - t_{w1})}, \quad \left(\frac{kg}{s} \right) \quad (15)$$

Trong công thức (15) c_{pg} – nhiệt dung riêng đẳng áp của khí thải ở nhiệt độ $t_{g.tb}$, J/(kg.K); c_{pw} - nhiệt dung riêng đẳng áp của nước làm mát ở nhiệt độ $t_{w.tb}$, J/(kg.K).

Diện tích tiết diện khoang làm mát

$$F_w = b \cdot c, \quad (m^2) \quad (16)$$

Trong công thức (16) b, c – độ dài các cạnh của khoang làm mát, m.

Đường kính quy dẫn của khoang làm mát [4]

$$d_{lm,qd} = \frac{4F_w}{\Omega}, \quad (m) \quad (17)$$

Trong công thức (17) $\Omega = (b + c)$ – chu vi bao nước, m.

Vận tốc nước

$$\omega_w = \frac{G_w}{\rho_w \cdot F_w}, \quad (m/s) \quad (18)$$

Trong công thức (18) ρ_w – tỉ trọng của nước ở nhiệt độ $t_{w.tb}$, kg/m³.

Chỉ tiêu Reynolds của nước

$$Re_w = \frac{\omega_w \cdot d_{lm,qd}}{\nu_w} \quad (19)$$

Trong công thức (19) ν_w – độ nhớt động học của nước ở nhiệt độ $t_{w.tb}$, m²/s.

Chỉ tiêu Nusselt phụ thuộc vào chế độ dòng nước. Nếu $Re_w \leq 2000$ thì chỉ tiêu Nusselt chế độ chảy tầng được xác định theo công thức [4]

$$Nu_w = 0,15 \cdot Re_w^{0,33} \cdot Pr_w^{0,43} \cdot Gr_w^{0,1} \cdot \left(\frac{Pr_w}{Pr_{w6}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_{lw} \quad (20)$$

Trong công thức (20) Pr_w – chỉ tiêu Prandtl ở nhiệt độ $t_{w.tb}$; Gr_w – chỉ tiêu Gragoppha; Pr_{w6} - chỉ tiêu Prandtl ở nhiệt độ t_{t6} ; ε_{lw} – hệ số hiệu chỉnh trung bình. Giá trị của ε_{lw} phụ thuộc vào tỉ số $L/d_{lm,qd}$.

Chỉ tiêu Gragoppha được xác định theo công thức

$$Gr_w = \frac{9,8 \cdot \beta \cdot (t_{t6} - t_{w.tb}) \cdot L^3}{\nu_w^2} \quad (21)$$

Trong công thức (21) β – hệ số giãn nở thể tích vì nhiệt của nước làm mát ở nhiệt độ $t_{w.tb}$, 1/K.

Nếu $Re_w \geq 10^4$ thì chỉ tiêu Nusselt trong chế độ chảy rối được xác định theo công thức

$$Nu_w = 0,021 \cdot Re_w^{0,8} \cdot Pr_w^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_w}{Pr_{w6}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_{lw} \quad (22)$$

Nếu $2000 \leq Re_w \leq 10^4$ thì chỉ tiêu Nusselt trong chế độ chuyển tiếp được xác định theo công thức:

$$Nu_w = K_0 \cdot Pr_w^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_w}{Pr_{w6}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_{lw} \quad (23)$$

Trong công thức (23) K_0 – hệ số tổ hợp xác định theo đồ thị trong [19].

Hệ số tỏa nhiệt trong nước

$$\alpha_w = \frac{Nu_w \cdot \lambda_w}{d_{lm,qd}}, \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad (24)$$

Trong công thức (24) λ_w – hệ số dẫn nhiệt của nước ở nhiệt độ $t_{w.tb}$, W/(m.K).

Hệ số cấp nhiệt

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_g} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3 \cdot f}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{1}{\alpha_w}}, \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad (25)$$

Các ký hiệu như trên hình vẽ 3, hệ số f xác định tỉ lệ giữa diện tích môđun TEG với tổng diện tích tiết diện các phần tử của mô-đun (không tính khe hở).

Mật độ dòng nhiệt

$$q = k \cdot \Delta t_{tb}, \quad \left(\frac{W}{m^2} \right) \quad (26)$$

Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{tb}}, \quad (m^2) \quad (27)$$

Độ dài chính xác bề mặt trao đổi nhiệt

$$L = \frac{F}{4a}, \quad (m) \quad (28)$$

Trong đó a - cạnh của tiết diện khoang khí thải, m.

Trên đây, từ công thức (4) đến (27) trình bày phương pháp tính toán các hệ số truyền nhiệt và trao đổi nhiệt, các kích thước cơ bản để thiết kế thiết bị TEG theo dữ liệu đầu vào (các kết cấu và các thông số công tác của động cơ).

Tính toán các tham số điện nhiệt. Sức điện động tỉ lệ thuận với hệ số Seebeck của môđun và độ chênh nhiệt độ ΔT giữa nhiệt độ mặt nóng T_h và mặt lạnh T_c của môđun:

$$E_{sdt} = E \cdot \Delta T$$

Hệ số Seebeck cho 1 môđun

$$E_1 = 2 \cdot N \cdot e, \quad (V/K) \quad (29)$$

Trong công thức (29) N – số cặp phân tử p-n nhiệt điện trong môđun $N = 287$;

e – Hệ số Seebeck cho một phân tử (một cặp n-p), V/K, được xác định bằng đồ thị [4].

Hệ số Seebeck cho m môđun nhiệt điện:

$$E = n \cdot E_1, \quad (V/K) \quad (30)$$

Trên điện trở ngoài R_H của mạch với môđun sinh ra hiệu điện thế U , bằng sức điện động trừ đi độ sụt điện thế do điện trở trong.

$$U = E_{sdd} - I \cdot R \tag{31}$$

Hay

$$I \cdot R_H = E_{sdd} - I \cdot R \tag{32}$$

Từ đó, cường độ dòng điện trong mạch được xác định bởi công thức sau:

$$I = \frac{E \cdot \Delta T}{R + R_H} = \frac{E \cdot \Delta T}{R \cdot (1 + m)} \tag{33}$$

Trong công thức (33) $m = \frac{R_H}{R}$ - trở tải, để đạt được hiệu suất cao nhất, theo khuyến cáo của nhà sản xuất môđun nhiệt điện, lấy $m \approx 1,3 - 1,4$

Hiệu điện thế trên thiết bị tiêu thụ điện

$$U = E \cdot \Delta T \cdot \frac{m}{1 + m} \tag{34}$$

Công suất của thiết bị tiêu thụ điện được xác định theo công thức:

$$P = I \cdot U = \frac{E^2 \cdot \Delta T^2}{R} \cdot \frac{m}{(1 + m)^2} \tag{35}$$

Để đánh giá sơ bộ tiềm năng nhiệt và điện năng thu được khi sử dụng thiết bị TEG có thể coi thiết bị như một "hộp đen", hiệu suất của thiết bị bằng hiệu suất của môđun nhiệt điện. Khi đó:

$$P = Q \cdot \eta, W$$

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Kết quả tính toán (TT) nhiệt chu trình công tác và so sánh với kết quả thực nghiệm (TN) của nhà sản xuất động cơ, trong đó có đánh giá sai số (SS) được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. So sánh kết quả TT trên mô hình và kết quả TN

n, vg/ph	N _e , kW			g _e g/kW.h		
	TN	TT	SS	TN	TT	SS
1000	55	57,3	4,18%	230	236	2,61%
1500	90	89,5	-0,56%	221	223	0,90%
2000	117	113,6	-2,91%	226	226	0,00%
2500	134	130,5	-2,61%	245	232	-4,90%

Kết quả so sánh trong bảng 3 cho thấy, sai số tính toán theo mô hình so với thực nghiệm nằm trong giới hạn cho phép (đều nhỏ hơn 5% ở các chế độ), chứng tỏ mô hình tính toán mô phỏng có độ chính xác cao và các tham số đầu vào đã được chọn tối ưu.

Trên cơ sở đó, kết quả đánh giá tiềm năng nhiệt của khí thải đảm bảo độ chính xác. Kết quả tính toán tiềm năng nhiệt được thể hiện trong bảng 4, trong đó lấy nhiệt độ nước làm mát vào khoang làm mát là 20⁰C và duy trì nhiệt độ đầu ra là 50⁰C.

Bảng 4. Kết quả tính toán tiềm năng nhiệt khí thải và điện năng thu được

n, vg/ph	N_e, kW	g_e g/kW.h	T_{g,th}, K	G_g, kg/s	Q, W	P, kW
1000	57,3	236	730	0,1179	56035,51	2,13
1500	89,5	223	850	0,1740	104413,9	3,97
2000	113,6	226	877	0,2239	140645	5,34
2500	130,5	232	887	0,2640	168579,8	6,41

Để xác định U và I cần phải mắc mạch điện và xác định điện trở ngoài, trong nghiên cứu này chỉ dừng lại ở việc đánh giá tiềm năng điện thu được. Theo tính toán bằng phương pháp trên thì công suất lớn nhất đạt được tại chế độ khai thác định mức của động cơ. Điện năng thu được là 6,41 kW, chiếm gần 5% công suất sinh ra từ trục khuỷu động cơ.

4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Đã thực hành tính toán nhiệt chu trình công tác của động cơ diesel D1146 trên xe bus, từ đó đánh giá tiềm năng nhiệt khí thải của động cơ. Lựa chọn môđun điện nhiệt và đưa ra phương pháp tính toán các tham số của thiết bị TEG, cũng như tính toán năng lượng điện thu được. Theo đó điện năng thu được khi tận dụng nhiệt khí thải đạt lớn nhất nhất 6,41 kW, tương đương 5% công suất do động cơ sinh ra. Điện năng này nếu được bổ sung hợp lý vào hệ thống điện của xe sẽ tiết kiệm đáng kể nhiên liệu sử dụng.

Khuyến nghị tiếp tục hoàn thiện thiết kế, chế tạo thiết bị TEG và thử nghiệm thiết bị trên xe bus để kiểm chứng kết quả tính toán, hiệu chỉnh phương pháp tính và hoàn chỉnh thiết bị để đạt hiệu quả phát điện cao nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Huy Chiên, Nguyễn Phi Trường, Nguyễn Hà Hiệp (2016), “Tính toán, so sánh các chỉ tiêu môi trường của động cơ D1146 trên xe bus khi sử dụng nhiên liệu diesel truyền thống (DO) và nhiên liệu thay thế dimethyl ether (DME)”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*, Số 32/2016, trang 64 – 67.
- [2]. Nguyễn Huy Chiên, Lê Văn Anh, Nguyễn Hà Hiệp (2016), “Mô phỏng đặc tính ngoài của động cơ diesel D1146 trên xe bus khi sử dụng nhiên liệu Dimethyl Ether (DME)”. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*, Số 34/2016, trang 52 – 55.
- [3]. Nguyễn Hà Hiệp, Đào Trọng Thắng (2013), “Kết quả thử nghiệm thiết bị phát điện tận dụng nhiệt năng của khí thải trên động cơ Toyota 7KE”, *Tạp chí Khoa học - Kỹ thuật; Trường Học viện Kỹ thuật Quân sự*. Số 136, 8/2013
- [4]. Nguyễn Hà Hiệp (2013), “Nghiên cứu, ứng dụng thiết bị tạo điện năng trên cơ sở tận dụng nhiệt năng khí thải của động cơ diesel DSC 80”, Đề tài NCKH cấp cơ sở, Trường Học viện Kỹ thuật Quân sự, đã nghiệm thu năm học 2012-2013.
- [5]. Bitschi A. (2009), “Modelling of thermoelectric devices for electric power generation”, dissertation submitted to the Swiss Federal Institute of Technology Zurich, 2009. – 144 p
- [6]. Анатычук Л. И. (1989), “Термоэлементы и термоэлектрические устройства”, Справочник. – Киев: Наук. думка, 1989. – 766 с.
- [7]. <http://kryotherm.ru> [truy cập ngày 25.11.16]