



## Nghiên cứu xây dựng đặc tính động cơ RV125-2 bằng thực nghiệm

Vũ Trần Hoàng<sup>1</sup>; Hoàng Phúc Trình<sup>1</sup>; Đặng Tiến Hòa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghệ Đông Á

\* Email: hoa.dang@eaut.edu.vn

### TÓM TẮT

*Trong lĩnh vực sản xuất nông nghiệp của nước ta hiện nay phần lớn các loại động cơ diesel cỡ nhỏ đã được sử dụng. Các loại động cơ đó chủ yếu được nhập khẩu, một phần được chế tạo trong nước, do nhiều lý do khách quan và chủ quan mà hồ sơ kỹ thuật, đặc biệt các đường đặc tính động cơ không còn lưu trữ, điều đó gây khó khăn cho các nhà khoa học khi thực hiện nghiên cứu, thiết kế cải tiến động cơ và tính toán liên kết động cơ với các máy nông nghiệp. Hiện tại để xác định đặc tính động cơ người ta thường dùng phương pháp nghiên cứu thực nghiệm, sử dụng các thiết bị thương mại hiện có để xây dựng, điều đó không phù hợp đối với các cơ sở sửa chữa vừa và nhỏ vì giá thành chi phí rất lớn. Vì vậy, trong công trình nghiên cứu này nhóm tác giả sử dụng phương pháp nghiên cứu thực nghiệm để xây dựng đặc tính động cơ diesel trên băng phanh thủy tĩnh lắp ráp và chế tạo trong nước. Đặc tính ngoài động cơ RV125-2 do Việt Nam chế tạo được xây dựng có độ sai lệch so với đặc tính động cơ nguyên bản dưới 5 %, với kết quả đó có thể chấp nhận.*

**Từ khóa:** *Bơm thủy lực; Băng phanh thủy tĩnh; Đặc tính ngoài; Động cơ diesel; Van tiết lưu.*

### ABSTRACT

*In the agricultural production sector of our country today, most of the small diesel engines have been used. These engines are mainly imported, some are manufactured domestically, due to many objective and subjective reasons, the technical records, especially the engine characteristic curves are no longer stored, which makes it difficult for scientists to conduct research, design improved engines and calculate the engine connection with agricultural machines. Currently, to determine the engine characteristics, people often use experimental research methods, using existing commercial equipment to build, which is not suitable for small and medium-sized repair facilities because the cost is very high. Therefore, in this research work, the authors use experimental research methods to build the characteristics of diesel engines on hydrostatic brake belts assembled and manufactured domestically. The external characteristics of the RV125-2 engine manufactured in Vietnam are built with a deviation from the original engine characteristics of less than 5%, with that result being acceptable.*

<https://doi.org/10.65153/v07n5m91>



**Keywords:** *Hydraulic pump; Hydrostatic brake band; External characteristics; Diesel engine; Throttle valve.*

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với đặc thù nước ta sản xuất nông nghiệp là chính, vấn đề cơ giới hóa các khâu canh tác trong sản xuất nông nghiệp là chủ đạo góp phần nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm nông nghiệp. Nguồn động lực chính được sử dụng trong lĩnh vực Nông - Lâm nghiệp hiện nay là các động cơ diesel cỡ nhỏ từ 8 – 35 mã lực. Các loại động cơ này phần lớn là nhập khẩu, một phần nhỏ là chế tạo trong nước, vì nhiều lý do khách quan mà hồ sơ kỹ thuật đặc biệt đường đặc tính động cơ không còn, điều đó gây khó khăn cho các nhà nghiên cứu thiết kế cải tiến động cơ cũng như đánh giá tình trạng suy giảm kỹ thuật động cơ sau quá trình sử dụng. Để có được đường đặc tính động cơ hiện nay có thể sử dụng hai phương pháp là tính toán lý thuyết và hoàn toàn xây dựng bằng thí nghiệm trực tiếp động cơ trên thiết bị chuyên dùng. Với việc xây dựng theo tính toán lý thuyết chỉ phù hợp với định hướng nghiên cứu ban đầu khi thiết kế động cơ, và kết quả không đáp ứng được với các điều kiện sử dụng cụ thể của động cơ. Đối với phương pháp nghiên cứu thực nghiệm cho ta kết quả chính xác nhất, phù hợp với loại động cơ và điều kiện làm việc cụ thể, tuy nhiên với phương pháp này có chi phí cao vì phải sử dụng thiết bị đo phức tạp, hiện đại. Một trong thiết bị được sử dụng là bàn thử nghiệm động cơ có kết cấu hệ thống phanh điện, phanh cơ khí, phanh thủy lực để tạo tải [1]. Tuy nhiên theo phương pháp thực nghiệm trên các thiết bị thương mại nhập khẩu hiện có thì chi phí rất lớn, vượt quá khả năng ở các cơ sở sửa chữa vừa và nhỏ. Do đó, việc nghiên cứu xây dựng đặc tính động cơ diesel theo thực nghiệm trên thiết bị khảo nghiệm động cơ lắp giáp chế tạo tại cơ sở đào tạo đại học trong nước là cần thiết và phù hợp, góp phần giải quyết khó khăn về kinh phí cho các cơ sở sửa chữa động cơ vừa và nhỏ khi đánh giá chính xác tình trạng kỹ thuật của động cơ diesel nhất là động cơ sau sử dụng.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Để phục vụ nghiên cứu đề tài chúng tôi chọn động cơ diesel RV125-2 do Việt Nam chế tạo (H.1) làm đối tượng thực nghiệm [2]. Các thông số kỹ thuật được trình bày trên bảng 1.

<https://doi.org/10.65153/v07n5m91>



**Hình 1.** Động cơ

diesel RV 125-2

Động cơ RV125-2 là động cơ diesel 4 kỳ cỡ nhỏ, một xi lanh được trang bị bộ điều tốc ly tâm mọi chế độ. Loại động cơ này không kết cấu buồng trước dạng xoáy lốc RICADE mà kết cấu loại buồng đốt thông nhất [2]. Nhiên liệu diesel được phun trực tiếp vào buồng đốt cuối kỳ nén với áp suất cao (>22Mpa) do đó động cơ có kết cấu nhỏ gọn nhưng cho công suất cao.

**Bảng 1.** Thông số kỹ thuật của động cơ RV125-2\*

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Thể tích xy lanh	(cm <sup>3</sup> )	624
2	Công suất định mức	(Mã lực/vòng/phút)	10.5/2200
3	Công suất cực đại	(Mã lực/vòng/phút)	12.5/2400
4	Moment cực đại	(kgm/vòng/phút)	4.04/1800
5	Tỷ số nén	-	18
6	Suất tiêu thụ nhiên liệu	(g/Mã lực.giờ)	185
7	Hệ thống khởi động	Tay quay, Khởi động điện	
8	Trọng lượng	(kg)	105
9	Kích thước Dài x Rộng x Cao	(mm)	747 x 370 x 472

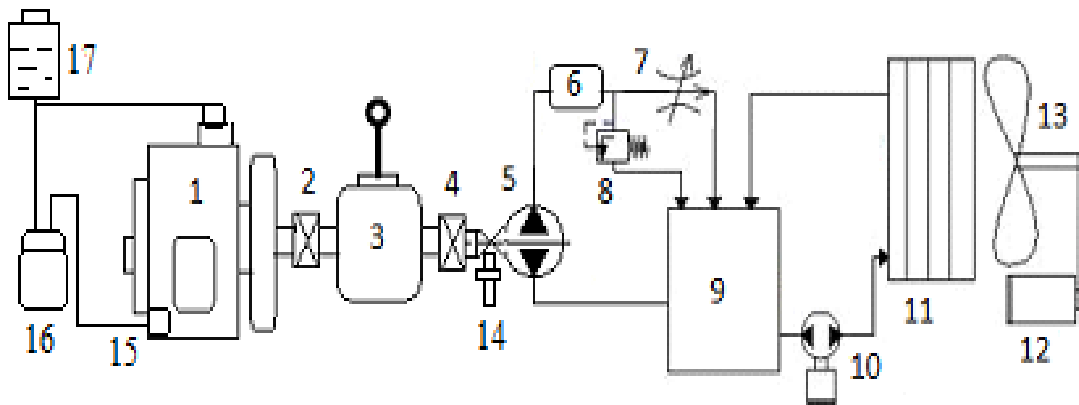
\* Số liệu do nhà máy cung cấp.

## 2.2 Thiết bị và phương pháp thí nghiệm

Đường đặc tính tốc độ là đường biểu diễn mối quan hệ giữa công suất hiệu dụng  $N_e$ , mô men quay  $M_e$ , chi phí nhiên liệu giờ  $G_T$  và suất tiêu hao nhiên liệu  $g_e$  theo số vòng quay động cơ  $n$  [3, tr.163]. Các loại động cơ diesel đều có bộ điều chỉnh tốc độ để

<https://doi.org/10.65153/v07n5m91>

duy trì số vòng quay của trục khuỷu trong một giới hạn nhất định khi tải trọng ngoài thay đổi [4, tr.542]. Đường đặc tính tốc độ của động cơ diesel phụ thuộc rất nhiều vào đặc tính của bộ điều tốc, do đó nó còn gọi là đường đặc tính tự điều chỉnh. Để có được các số liệu xây dựng đường đặc tính động cơ RV125-2 chúng tôi tiến hành thí nghiệm trực tiếp động cơ trên bàn thử nghiệm động cơ kiểu phanh thủy tĩnh, theo nguyên tắc điều chỉnh tiết lưu mạch ra của bơm thủy lực tại Bộ môn Động lực Khoa Cơ điện Học Viện nông nghiệp Việt nam [5, tr.53]. Sơ đồ hệ thống thử nghiệm công suất động cơ trên băng phanh thủy tĩnh [6, tr.42] (Hình 2).



**Hình 2.** Sơ đồ hệ thống thử nghiệm động cơ RV125-2

1- Động cơ RV125-2 ; 2- Khớp liên kết ; 3- Hộp giảm tốc; 4- Khớp liên kết với bơm; 5- Bơm tạo tải; 6- Cảm biến lưu lượng, áp suất; 7- Van tiết lưu; 8- Van an toàn; 9- Thùng dầu; 10- Bơm làm mát; 11- Két làm mát; 12, 13- Mô tơ quạt làm mát; 14- Cảm biến tốc độ quay; 15- Bơm áp lực cao; 16- Bầu lọc; 17- Thùng nhiên liệu diesel.

Động cơ thử nghiệm RV125-2 lắp trên khung, khớp nối 2 là khớp đàn hồi liên kết giữa bánh đà động cơ với hộp giảm tốc 3, khớp 4 liên kết giữa hộp giảm tốc và bơm tạo tải 5. Để điều chỉnh lưu lượng dầu cấp của bơm dùng van điều chỉnh 7, ngoài ra còn có van an toàn 8. Để cung cấp dầu cho hệ thống thủy lực có thùng dầu 9, để làm mát dầu trong hệ thống có bơm thủy lực 10, bộ làm mát dầu 11, quạt 13, để xác định tốc độ quay trục bơm sử dụng cảm biến tốc độ quay 14 (Hình 2).

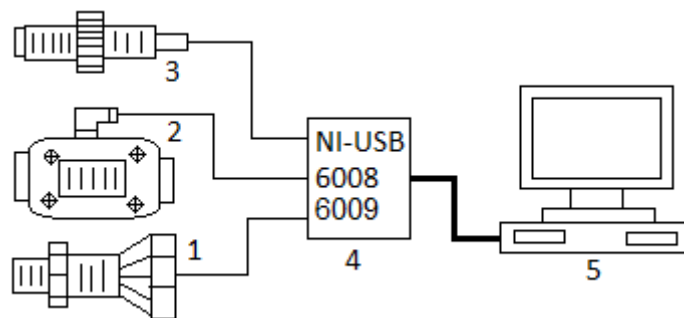
Trong hệ thống thí nghiệm sử dụng cảm biến áp suất loại Huba Control - 400 của Thụy Sĩ có phạm vi đo áp suất từ 0 – 400 bar, tín hiệu dòng điện từ 4 – 20 mA (Hình.3); Để xác định lưu lượng cung cấp của bơm có cảm biến lưu lượng loại LAKE-50 của Mỹ có phạm vi đo lưu lượng từ 0.4 -190 lít/ph, tín hiệu điện áp từ 0 – 5 vôn hoặc dòng điện từ 0 – 20 mA (Hình 3), cảm biến số vòng quay được sử dụng là loại quang học model E3F2 [7, tr.129].

<https://doi.org/10.65153/v07n5m91>



**Hình 3.** Thiết bị đo lưu lượng và áp suất

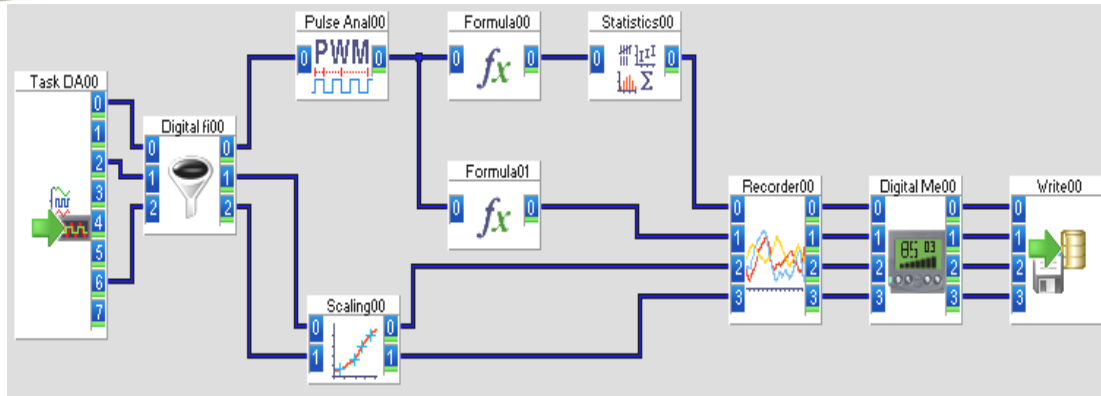
Trên hình 4 là sơ đồ kết nối máy tính, bộ gom NI – USB 6008/6009 với thiết bị đo lưu lượng LAKE-50 và áp suất Huba Control – 400 [6, tr.42].



**Hình 4.** Sơ đồ kết nối bộ gom NI – USB 6008/6009 với máy tính

1- Cảm biến áp suất ; 2- cảm biến lưu lượng; 3- cảm biến vòng quay;  
4- bộ gom NI 6008/6009 - 8 kênh; 5- máy tính

Máy tính 5 (hình 4) được cài đặt phần mềm đo Dasyab 11. Để tổ chức thí nghiệm xác định các thông số cần thiết của động cơ RV125-2 trước hết phải xây dựng được các modul đo, trên bộ gom 8 kênh NI 6008/6009 được bố trí các kênh như: đo số vòng quay trục bơm là kênh 0; xác định lưu lượng cấp của bơm thủy lực là kênh 2; xác định áp suất cấp bơm thủy lực là kênh 6. Trên hình 5 là sơ đồ chuỗi đo để xác định các thông số cần thiết cho việc xây dựng đặc tính động cơ RV 125-2.



Hình 5. Sơ đồ chuỗi đo xác định số vòng quay, lưu lượng và áp suất

Nhiệm vụ các mô-đun trên sơ đồ (hình 5) như sau: Module TaskDA có nhiệm vụ liên kết giữa các kênh của DasyLab. Nhiệm vụ lọc các tín hiệu tần số nhiễu là mô-đun Digital; Để chuyển đổi tần số thành các xung tiêu chuẩn của tín hiệu vòng quay trực bơm nhờ mô-đun Pulse-Anal; để tính toán các giá trị đo theo yêu cầu có mô-đun Scalling và Formula, tập hợp các số liệu thống kê nhờ mô-đun Statistics; để ghi và hiển thị kết quả dạng đồ thị nhờ mô-đun Recorder, ghi các kết quả thí nghiệm vào file DDF, ASC nhờ mô-đun Write. Số vòng quay của trực bơm thủy lực, lưu lượng cung cấp của bơm và áp suất là thông số cần phải xác định khi thí nghiệm động cơ.

### 2.3 Tiến hành thí nghiệm

Trước khi thí nghiệm cần phải kiểm tra tình trạng kỹ thuật của động cơ RV125-2, cho động cơ làm việc chế độ hâm nóng 5 - 8 phút để động cơ đạt đến nhiệt độ 70 – 80 độ C. Từ số vòng quay cực đại cho phép của bơm thủy lực ta phải tính toán phù hợp giữa hộp giảm tốc và động cơ để có được tỷ số truyền hợp lý. Để có được các thông số phù hợp khi xây dựng đặc tính ngoài động cơ thì trong quá trình thử nghiệm tay ga luôn luôn để ở vị trí cung cấp nhiên liệu cực đại. Để xác định điểm chạy không cực đại trên đồ thị đặc tính động cơ ta để tăng ga 100% và giữ ổn định vị trí đó từ 2-4 s, khi đó động cơ làm việc ở chế độ không tải, cảm biến tốc độ xác định được số vòng quay cực đại không tải. Để có được điểm ứng số vòng quay thấp nhất trên đồ thị đặc tính động cơ ta điều chỉnh lưu lượng mạch cấp của bơm thủy lực bằng cách vặn van 7, khi đó lưu lượng cấp bơm giảm đi và áp suất cấp tăng lên, mô men cản trực bơm qua hộp giảm tốc đặt lên bánh đà động cơ tăng dần đến số vòng quay động cơ giảm đi đến khi gần chết máy, cảm biến tốc độ ghi nhận lúc đó là số vòng quay động cơ nhỏ nhất [8]. Để xác định các điểm còn lại trên đồ thị đường đặc tính ta tiến hành điều chỉnh van 7, ứng với mỗi vị trí của van ta quan sát màn hình máy tính thấy mức ổn định của áp suất và lưu lượng trong thời gian 4- 5 s là được, sau đó chuyển sang vị trí van tiếp theo. Cần lưu ý rằng ứng với mỗi vị trí van tiết lưu là một mức tải đặt

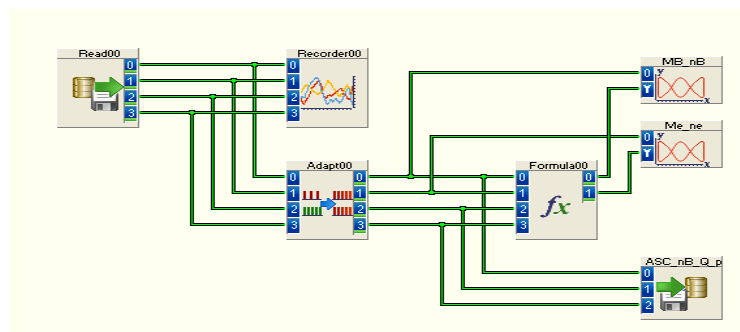
<https://doi.org/10.65153/v07n5m91>

lên bánh đà động cơ thử nghiệm. Khi điều chỉnh van tiết lưu cần chú ý số vòng quay trục bơm sau mỗi mức tải thì cách đều nhau theo qui luật giảm hoặc tăng khoảng 120 đến 150 vòng/phút.

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

#### 3.1 Phương pháp xử lý số liệu thí nghiệm

Chúng tôi sử dụng file đọc kết quả thí nghiệm từ dữ liệu trong phần mềm DasyLab, chọn vùng số liệu cần thiết ghi thành file text ASC, sau đó dùng phần mềm Matlab hoặc Excel để xây dựng đặc tính động cơ. Để đọc được các số liệu từ tệp trong file DDF trên DasyLab ta phải xây dựng sơ đồ liên kết các mô đun như trên hình 6.

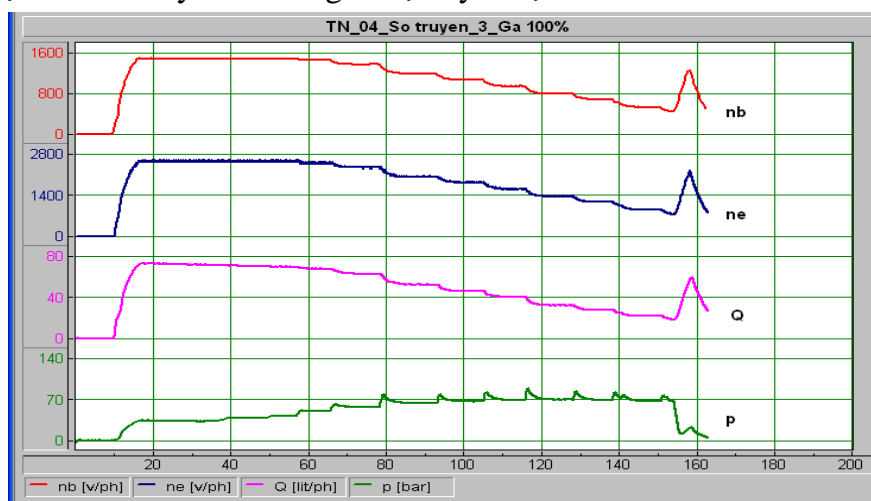


Hình 6.

Sơ đồ liên kết

các mô đun để xử lý số liệu trong DASYLAB

Tốc độ trục bơm thủy lực  $n_b$  lưu lượng  $Q$  và áp suất  $p$  là các thông số cần lấy ra từ file ASC để đưa vào matlab. Kết quả của một lần thí nghiệm được biểu thị trên màn hình máy tính (hình 7). Từ đồ thị có thể thấy lưu lượng và áp suất cấp của bơm có sự tăng, giảm không ổn định là do thay đổi mức ga hoặc kỹ thuật điều chỉnh van tiết lưu.



Hình 7. Ảnh màn hình máy tính trong một lần thí nghiệm

<https://doi.org/10.65153/v07n5m91>

**Đặc tính mô men cản của bộ phận tạo tải**

Trên hình 8 là đặc tính mô men cản trên trục bơm thủy lực  $M_c$  khi tiến hành thí nghiệm ở chế độ van tiết lưu mở hoàn toàn cho các số truyền. Đường đặc tính thể hiện sự phụ thuộc của mô men cản  $M_{CB}$  vào tốc độ quay của bơm khi van tiết lưu mở hoàn toàn, tương ứng với 3 số truyền 1, 2 và 3 của hộp giảm tốc. Qua kết quả trên Hình 8 cho thấy dù các thí nghiệm được thực hiện trên các số truyền khác nhau (3 số truyền) nhưng đồ thị của chúng lại nối với nhau thành một đường cong liền có dạng đường cong đa thức bậc 2. Điều này hoàn toàn đúng với quy luật vật lý của bơm thủy lực.

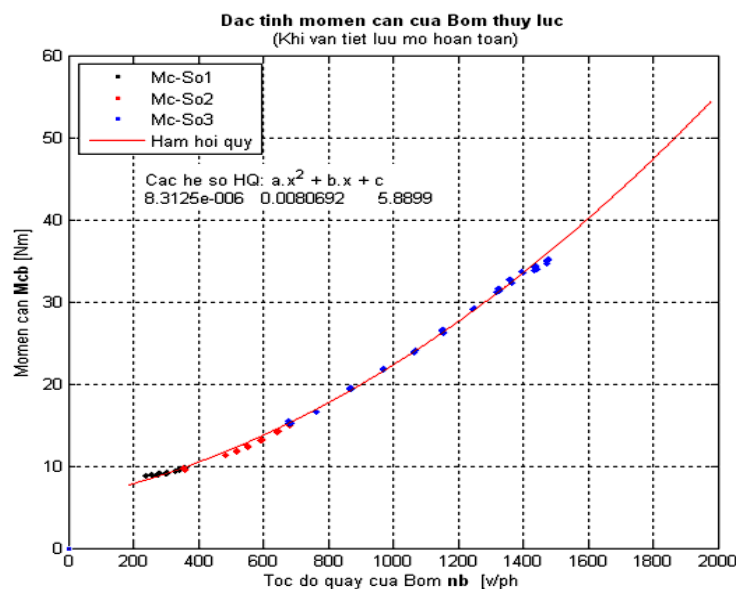
Để sử dụng thuận tiện đường đặc tính mô men cản trên trục bơm  $M_{CB}$ , đường đặc tính này được mô tả bởi một hàm hồi quy bậc 2 có dạng sau [9, tr.70]:

$$M_{CB} = a.n_b^2 + b.n_b + c$$

Trong đó: a, b, c là các hệ số thực nghiệm, được xác định dựa trên các kết quả thí nghiệm (theo phương pháp bình phương bé nhất). Sử dụng phần mềm Matlab đã xác định được các hệ số thực nghiệm:

$$a = 8,3125.10^{-6}; \quad b = 0,0080692; \quad c = 5,8899$$

Trên hình 8 thể hiện đường cong thí nghiệm (biểu thị bằng các dấu chấm) và đường cong vẽ theo hàm hồi quy (đường liền). Kết quả cho thấy đường hồi quy thực nghiệm rất trùng khớp với các số liệu thí nghiệm.

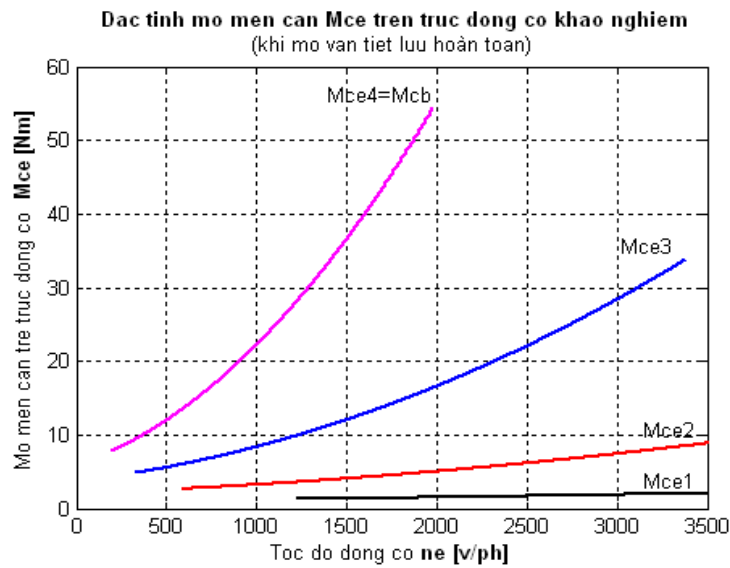


Hình8 . Xác

định hàm hồi quy thực nghiệm mô men cản trên trục bơm

<https://doi.org/10.65153/v07n5m91>

Sử dụng hàm hồi quy mô men cản trên trục bơm để xây dựng đặc tính mô men cản trên trục động cơ khảo nghiệm RV125-2 được thể hiện trên hình 9.



Hình 9.

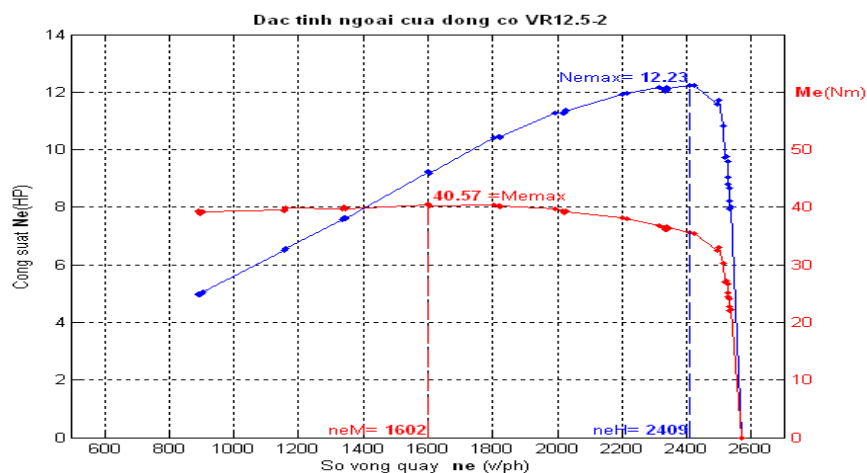
Đặc tính mô men

cản trên trục động cơ RV125-2

Đặc tính mô men cản trên trục khuỷu động cơ thí nghiệm tương ứng với các số truyền của hộp giảm tốc từ Mce1 – Mce4 đều có dạng tương ứng với đặc tính cản của bơm thủy lực [9].

### 3.2 Kết quả thí nghiệm

**Đường đặc tính ngoài** động cơ RV125-2 được xây dựng theo phương pháp khảo nghiệm trực tiếp động cơ trên bàn phanh thủy tĩnh với trợ giúp các thiết bị đo và phần mềm chuyên dùng được chỉ ra trên hình 10.



<https://doi.org/10.65153/v07n5m91>

**Hình 10.** Đường đặc tính ngoài của động cơ RV125-2

Công suất, mô men cực đại động cơ tương ứng số vòng quay định mức của động cơ RV125-2 chỉ ra trên bảng 2.

**Bảng 2.** Thông số đặc trưng đặc tính ngoài động cơ RV125-2

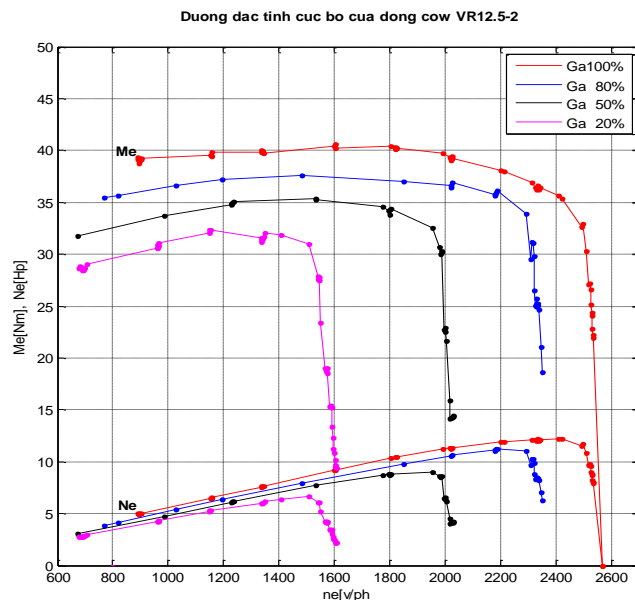
TT	Thông số đặc trưng	$N_{emax}(HP)$	$n_{eH}(v/ph)^*$	$M_{emax}(Nm)$	$n_M(v/ph)^{**}$
1	Theo số liệu nhà máy	12,5	2400	404	1800
2	Thí nghiệm trực tiếp động cơ	12,23	2407	405,7	1601

\* Số vòng quay định mức của động cơ; \*\* Số vòng quay ứng với mô men cực đại động cơ.

Từ bảng số liệu trên cho thấy thiết bị thí nghiệm, thiết bị đo, qui trình và tổ chức thí nghiệm cũng như phương pháp xử lý số liệu đạt được độ tin cậy. Các giá trị mô men, công suất của động cơ thí nghiệm sai khác không nhiều so với công bố của nhà máy chế tạo.

**Các đường đặc tính cục bộ**

Để xác định đánh giá mức tải động cơ ứng với vị trí tay ga công trình nghiên cứu đã tiến hành thí nghiệm xác định các đường đặc tính cục bộ của động cơ RV125-2 cho 3 chế độ ga 80%, 50% và 20%, kết quả thể hiện trên hình 11.



**Hình 11.** Các

đường đặc tính cục bộ

của động cơ RV125-2

Các nhánh tự điều chỉnh của các đường đặc tính cục bộ gần như song song với nhánh

<https://doi.org/10.65153/v07n5m91>



tự điều chỉnh của đường đặc tính ngoài. Điều này cho phép ta sử dụng đường đặc tính cho các nghiên cứu tiếp theo trong lĩnh vực khai thác các liên hợp máy nông nghiệp với các chế độ ga khác nhau.

#### **4. KẾT LUẬN**

1- Việc điều chỉnh mô men cân bằng phanh thủy tĩnh đã trợ giúp cho quá trình thí nghiệm thực hiện nhanh, giảm chi phí cũng như đạt độ chính xác cần thiết, từ đó đã xây dựng được qui trình thử nghiệm trực tiếp động cơ RV 125-2 phù hợp với các cơ sở sửa chữa vừa và nhỏ khi cần đánh giá tình trạng kỹ thuật động cơ sau sử dụng.

2- Kết quả công trình nghiên cứu đã đưa ra được phương pháp phối hợp giữa phần mềm Matlab và DasyLab 11 để xử lý số liệu thí nghiệm khi xây dựng đặc tính động cơ diesel có bộ điều chỉnh mọi chế độ cho ta được kết quả tin cậy.

3- Đã xây dựng được đặc tính mô men cân của bơm thủy lực khi mở hoàn toàn van tiết lưu, từ đó xác định được đặc tính tải trên trục khuỷu động cơ khảo nghiệm cho 4 số truyền của hộp giảm tốc. Đây là cơ sở lựa chọn trước các chế độ khảo nghiệm phù hợp với đặc tính kỹ thuật của động cơ đang nghiên cứu, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình nghiên cứu và nâng cao độ chính xác của các kết quả nghiên cứu.

4- Đường đặc tính ngoài và đặc tính cục bộ của động cơ RV 125-2 được xây dựng bằng thực nghiệm có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo cho các nhà nghiên cứu, thiết kế cải tiến loại động cơ này trên các liên hợp máy nông nghiệp cũng như để phục vụ đào tạo đại học và sau đại học ngành cơ khí động lực.

#### **LỜI CẢM ƠN**

Để có được kết quả nghiên cứu này nhóm Tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ môn Động lực Khoa Cơ điện Học Viện Nông nghiệp Việt Nam đã tạo điều kiện và cho phép nhóm tác giả được sử dụng trang thiết bị và phòng thí nghiệm động cơ của Bộ môn.

#### **Tài liệu tham khảo**

- [1] Bùi Hải Triều &Cs (2006). *Giáo trình Truyền động thủy lực và khí nén*, Nxb Nông nghiệp, Hà Nội.
- [2] <http://veamcorp.com/detail/dong-co/dong-co-diesel-rv125-2-149.html>
- [3] Phạm Minh Tuấn (2008). *Lý thuyết động cơ đốt trong*, Nxb Khoa học và kỹ thuật.
- [4] Nguyễn Tất Tiến &Cs (2000). *Nguyên lý động cơ đốt trong*, NXB Giáo dục, Hà Nội.
- [5] Đặng Tiến Hòa (2018). *Nghiên cứu sử dụng hỗn hợp nhiên liệu Jatropha với dầu diesel cho động cơ D8 phục vụ nông lâm nghiệp ở nước ta*, Tạp chí Công nghiệp Nông thôn – ISSN 1859-4026.

<https://doi.org/10.65153/v07n5m91>



- [6] Đặng Tiên Hòa và Cs (2017). *Nghiên cứu xác định đặc tính động cơ diesel 3T84 bằng thực nghiệm qua trực trích công suất*, Tạp chí Khoa học công nghệ xây dựng trường Đại học Xây dựng - ISSN 1859-2996.
- [7] Đặng Tiên Hòa và Cs (2011). *Nghiên cứu ảnh hưởng thời điểm cung cấp của bơm nhiên liệu đến đặc tính động cơ khi sử dụng hỗn hợp nhiên liệu Jatropha*, Tạp chí Cơ khí Việt nam- ISSN 0866-7076.
- [8] T. Lang (2011). *Hydraulische Antriebstechnik in mobilen Arbeitsmaschinen*, Habilitation, TU Braunschweig, Shaker Verlag Aachen.
- [9] P. Thiebes (2012). *Hybridantriebe fuer mobile Arbeitsmaschinen*, PhD thesis, Karlsruhe Institut fuer Technologie (KIT); Institut fuer Fahrzeugsystemtechnik (FAST).