

# THIẾT KẾ, CHẾ TẠO BĂNG THỬ CÔNG SUẤT ĐỘNG CƠ CỖ NHỎ PHỤC VỤ GIẢNG DẠY THỰC HÀNH NGÀNH CÔNG NGHIỆP KỸ THUẬT Ô TÔ TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC KINH DOANH VÀ CÔNG NGHỆ HÀ NỘI

Lê Hoàng Long, Đỗ Ngọc Nguyên, Nguyễn Văn Trọng,  
Nguyễn Chí Công, Nguyễn Hoàng Linh \*

**Tóm tắt:** Băng thử công suất dùng để đo vận tốc góc, mômen, công suất trục quay của động cơ. Thiết bị gồm giá đỡ, thiết bị gây tải, hệ thống đo/điều khiển điện tử và giao diện máy tính. Bài báo trình bày những kết quả đề tài nghiên cứu “Xây dựng băng thử công suất đầu ra động cơ đốt trong và động cơ điện cỡ nhỏ phục vụ giảng dạy, nghiên cứu”. Đề tài đã xây dựng được một băng thử công suất thấp, nhỏ gọn phù hợp cho các động cơ cỡ nhỏ. Động cơ xăng bốn kỳ GX35 và động cơ điện một pha ST-S4 đã được thử nghiệm lấy đặc tính trên băng thử.

**Từ khóa:** Băng thử động cơ, hệ thống điều khiển, động cơ điện, động cơ xăng, khuếch đại, vi điều khiển, lập trình giao diện python.

**Abstract:** The engine dynamometer is used to measure the engine’s rotating velocity, torque, and power. The equipment includes chassis, loading creator, electric measure/control system, and computer graphic interface. This paper presents the work of the project “Design and build a dynamometer for small power internal combustion/electric engine used in teaching and researching”. A small power, lightweight, compact size dynamometer has been built, used for the four strokes gasoline GX35 and the one-phase electric ST-S4 motor.

**Keywords:** Dynamometer, control system, electric engine, gasoline engine, amplifying, microcontroller, python graphic programing.

## 1. Mở đầu

Băng thử động cơ là thiết bị dùng để đo vận tốc góc, mômen trên các trục quay. Thông qua hai thông số đó, có thể tính toán công suất trên trục bằng công thức sau:

$$N_e = M_e \times n_e \quad (1)$$

Trong đó,  $M_e$  là mômen (Nm),  $n_e$  là vận tốc góc (rad/s) của trục quay.

Trong ngành công nghiệp ô tô, băng

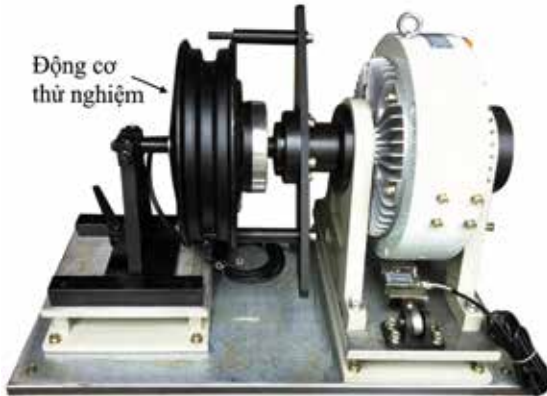
thử dùng để xác định liên hệ giữa mômen và công suất với vận tốc góc trên trục quay của động cơ đốt trong hoặc động cơ điện (đặc tính động cơ). Đặc tính động cơ là cơ sở lựa chọn động cơ khi thiết kế ô tô, xe máy. Tại các cơ sở sửa chữa, băng thử dùng để đo mômen lớn nhất và công suất lớn nhất của động cơ sau sửa chữa. Hai thông số này được đem so sánh với thông số của động cơ mới, từ đó đánh giá động

\* Trường ĐH KD&CN Hà Nội

cơ sau sửa chữa có đạt yêu cầu hay không.

Trong giảng dạy và nghiên cứu, kết quả thử nghiệm giúp đánh giá ảnh hưởng của các thông số hoạt động tới động cơ. Từ đó xác định thông số hoạt động phù hợp cho động cơ, ví dụ, góc đánh lửa sớm tối ưu cho động cơ đốt trong, phương án cấp nguồn tối ưu cho động cơ điện,... Ngoài ra, kết quả thử nghiệm còn giúp đánh giá hiệu quả của các cải tiến kỹ thuật áp dụng trên động cơ, ví dụ, cải tiến hình dáng pittong của động cơ đốt trong, cải tiến bố trí cuộn dây trong động cơ điện,...

Hiện nay nhiều đơn vị sản xuất và cơ sở đào tạo có nhu cầu trang bị băng thử để sử dụng với động cơ công suất nhỏ, ví dụ, động cơ xe máy xăng hoặc xe máy điện.



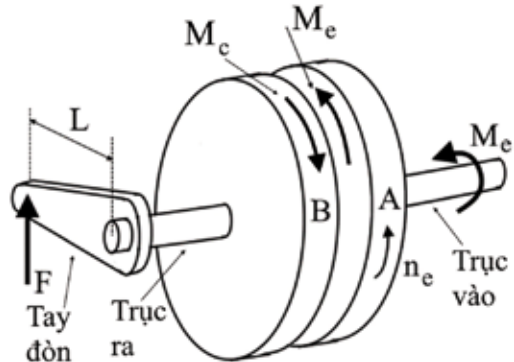
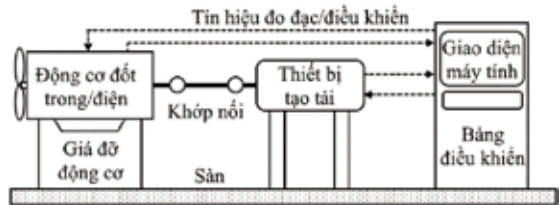
Hình 1. Động cơ xe máy điện lắp trên băng thử (Công ty Cổ phần Xe điện PEGA)

Hình 1 trình bày một động cơ của xe máy điện lắp đặt trên băng thử tại nhà máy của Công ty cổ phần Xe điện PEGA. Băng thử dùng để kiểm tra thông số động cơ trước khi lắp ráp. Băng thử công suất nhỏ yêu cầu chi phí đầu tư ban đầu và duy trì thấp, thời gian thử nghiệm nhanh và dễ đảm bảo an toàn lao động.

## 2. Nguyên lý hoạt động băng thử

Hình 2 trình bày các thành phần chính của băng thử. Động cơ thử nghiệm gá

đặt lên giá. Thông qua khớp nối mômen và chuyển động quay của trục động cơ truyền tới trục vào của thiết bị gây tải [1].



Hình 2. Băng thử động cơ ô tô (trên) và nguyên lý thiết bị gây tải (dưới)

Thiết bị gây tải đóng vai trò tạo mômen cản lên trục quay động cơ (Hình 2). Mômen  $M_c$  của động cơ thử nghiệm đưa tới trục vào và làm quay phần tử A. Lực  $F$  tác dụng lên tay đòn dài  $L$  gây ra mômen  $M_c$  lên phần tử B,  $M_c$  tính theo công thức (1):

$$M_c = F \times L \quad (2)$$

Giữa A và B có tác dụng tương hỗ theo nguyên lý dựa vào lực ma sát, điện từ hoặc thủy lực. Khi B được giữ cân bằng thì  $M_e = M_c/\eta$ , trong đó  $\eta$  là hiệu suất truyền lực từ trục vào sang trục ra của thiết bị gây tải. Thay  $M_c$  vào (2):

$$M_e = (F \times L)/\eta \quad (3)$$

Sử dụng cảm biến lực để đo lực  $F$ , từ đó tính  $M_e$  theo công thức (3). Công suất động cơ được tính từ  $M_e$  và tốc độ động cơ  $n_e$  theo công thức (1).  $n_e$  được đo nhờ cảm biến tốc độ.

Ngoài phần khung giá và thiết bị gây tải, băng thử còn có hệ thống đo và điều khiển điện tử. Công suất cản trên thiết bị gây tải được điều chỉnh thay đổi để tạo ra các điều kiện làm việc khác nhau của động cơ. Các thông số hoạt động của băng thử được đo đạc thông qua các cảm biến, hiển thị trên các đồng hồ hoặc giao diện máy tính.

**3. Thiết kế chế tạo mẫu băng thử**

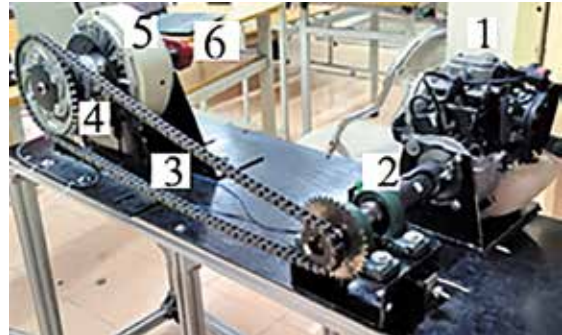
Nhóm nghiên cứu đã thiết kế chế tạo mẫu băng thử công suất nhỏ. Động cơ xăng Honda GX35 và động cơ điện ST-S4 dùng làm cơ sở thiết kế băng thử. Băng thử gồm hai phần chính: hệ thống khung giá, truyền động và thiết bị gây tải; hệ thống đo đạc và giao diện máy tính.

**a) Hệ thống khung và thiết bị gây tải** (Hình 3) được thiết kế chế tạo từ thanh nhôm định hình theo tiêu chuẩn nhằm giảm chi phí gia công lắp ráp. Giá đỡ động cơ và thiết bị gây tải lắp trên sàn băng thử gia công CNC. Khung băng thử sử dụng mối ghép bulong đai ốc và hàn hồ quang. Băng thử sử dụng hệ thống truyền lực xích từ động cơ thử nghiệm tới thiết bị gây tải. Truyền lực xích giúp giảm ảnh hưởng sai số song song giữa trục động cơ và trục thiết bị gây tải. Đồng thời giảm vận tốc góc yêu cầu đối với thiết bị gây tải.

Đề tài sử dụng thiết bị gây tải PC-5 của Guangzhou Qiandai Electromechanical Equipment Co., Ltd, xuất xứ Trung Quốc. Thiết bị tạo mômen cản trên nguyên lý ma sát sử dụng bột từ. Thông số hệ truyền động, khung giá, thiết bị gây tải trình bày như trong Bảng 1 [2] và Hình 3.

**Bảng 1. Thông số thiết bị gây tải và khung giá**

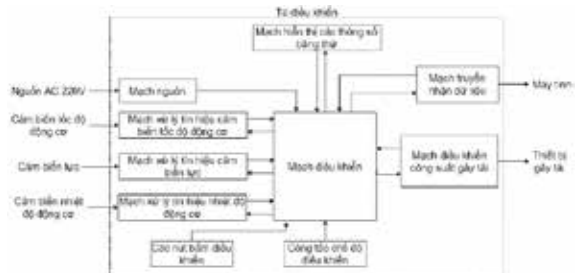
Thông số	Giá trị
Tỉ số truyền bộ truyền xích	3
Loại thiết bị gây tải	PC-5, ma sát
Tốc độ thiết bị gây tải tối đa	2800 v/p
Mômen gây tải tối đa	50 Nm
Điện áp điều khiển	0 – 24V



**Hình 3. Bố trí các bộ phận trên băng thử và thiết bị gây tải**

- 1. Động cơ thử nghiệm; 2. Khớp nối;
- 3. Bộ truyền xích; 4. Cảm biến tốc độ;
- 5. Thiết bị gây tải; 6. Tay đòn

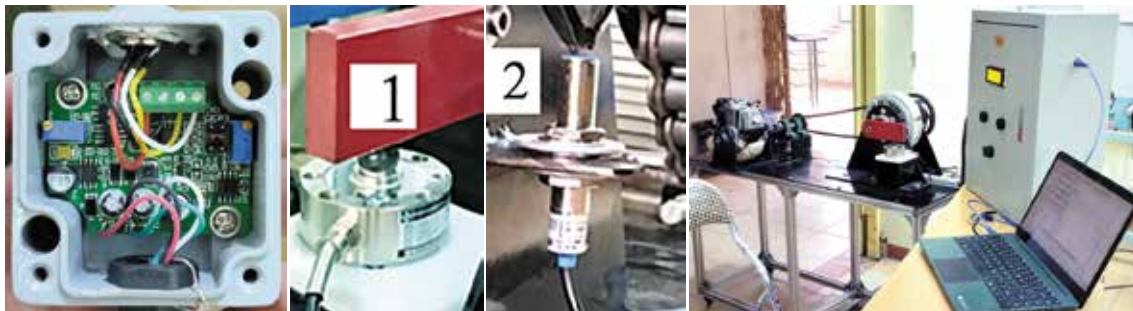
**b) Hệ thống đo đạc và giao diện máy tính** điều khiển công suất gây tải, đo, tính toán, hiển thị, lưu trữ và vẽ đặc tính động cơ dựa trên các thông số tốc độ, mômen, công suất, nhiệt độ động cơ.



**Hình 4. Tín hiệu, các thành phần hệ thống điện tử**

Các bảng mạch điện được chế tạo đơn chiếc. Tốc độ quay động cơ được đo nhờ cảm biến tốc độ kiểu cảm ứng cùng vành răng trên trục vào thiết bị gây tải. Bộ điều khiển nhận tín hiệu từ cảm biến,

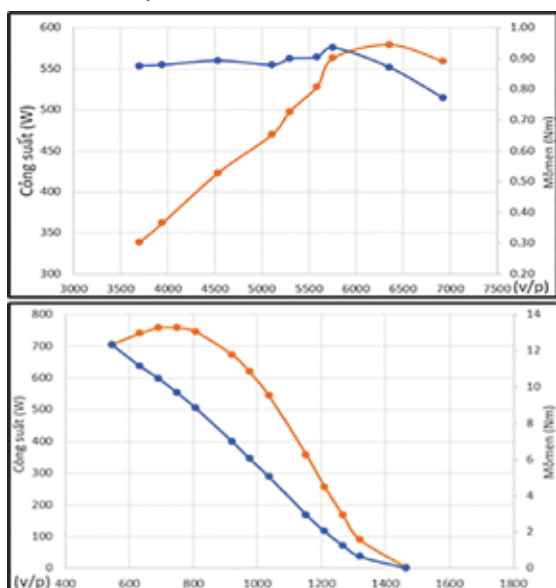
kết hợp bộ đếm thời gian truyền xích để tính toán tốc độ quay (Hình 4). Mômen động cơ được đo thông qua mômen ở đầu ra thiết bị gây tải theo nguyên lý ở công thức (3).



Hình 5. Mạch xử lý tín hiệu cảm biến lực, các cảm biến và hệ thống đo, điều khiển, giao diện máy tính (1. Cảm biến lực; 2. Cảm biến vận tốc)

#### 4. Đánh giá thử nghiệm băng thử

Đề tài đã thử nghiệm băng thử với động cơ điện 1 pha ST-S4 và động cơ xăng GX35 (Hình 5) tại Phòng thử nghiệm cơ điện tử ô tô, Trường Đại học Kinh doanh và Công nghệ Hà Nội. Quá trình thử nghiệm cho thấy số liệu đo và hiển thị ổn định, chính xác khi đối chứng với thiết bị đo chuẩn.



Hình 6. Đặc tính GX35 (40%, trên) và ST-S4 (dưới)

Đặc tính (Hình 6) cho thấy hai động cơ có công suất tối đa dưới 1000W, tuy nhiên động cơ ST-S4 có mômen cực đại (~12Nm), cao hơn nhiều so với động cơ GX35 (~0.95Nm). Khi tốc độ động cơ càng thấp, mômen động cơ ST-S4 càng lớn, trong khi mômen động cơ GX35 gần như không thay đổi nhiều. Điều này cho thấy động cơ điện có đặc tính mômen phù hợp với phương tiện giao thông hơn động cơ đốt trong. Thông qua thử nghiệm cũng xác định được hiệu suất biến đổi điện – cơ của động cơ ST-S4 đạt tối đa ~70%, công suất tối đa đạt ~760W, hệ số cosφ tối đa 0.9 tại chế độ tải cao. Động cơ GX35 với chế độ 40% độ mở bướm ga đạt công suất tối đa ~580W tại số vòng quay 6353 v/p. Mômen tối đa 0.9 Nm tại số vòng quay 5200-5600 v/p.

#### 5. Sử dụng trực tiếp băng thử trong giảng dạy

Với đặc điểm kích thước và khối lượng nhỏ gọn, băng thử đã được sử dụng để giảng dạy thực hành trực tiếp ngay trên giảng đường.



**Hình 7. Sử dụng băng thử dạy thực hành trên giảng đường B413, môn Lý thuyết ô tô Khóa K24.**

Kết quả các buổi dạy thực hành với băng thử trên giảng đường thể hiện những ưu điểm: sinh viên có thể liên hệ ngay kiến thức lý thuyết vừa học với thực tiễn, đồng thời giúp giảng viên chủ động địa điểm và thời gian giảng dạy.

### **6. Kết luận**

Mẫu băng thử động cơ được chế tạo có những đặc điểm phù hợp các động cơ cỡ nhỏ. Băng thử đo được thông số tốc độ, mômen, công suất,...trong quá trình thử nghiệm. Kết quả đo đảm bảo độ chính xác và phù hợp với lý thuyết. Khung

nhôm định hình và truyền lực xích phù hợp làm khung giá băng thử cỡ nhỏ. Các mạch xử lý tín hiệu được chế tạo sử dụng linh kiện có sẵn trên thị trường làm việc ổn định. Giao diện máy tính điều khiển quá trình thử nghiệm có thể vẽ đặc tính động cơ. Chi phí ban đầu thấp: kinh phí vật tư, chế tạo, lắp ráp và thử nghiệm ~45 triệu đồng. Kích thước nhỏ gọn. Không yêu cầu phòng riêng (diện tích bố trí ~ 5m<sup>2</sup>). Không cần thiết kế hệ thống làm mát, chống ồn riêng cho khu vực thử nghiệm. Thời gian chuẩn bị và thao tác thử nghiệm ngắn. Trung bình 15p cho một lần thử nghiệm lấy mômen/công suất cực đại.

Kết quả thử nghiệm giúp đánh giá tình trạng kỹ thuật của động cơ. Thử nghiệm hai dạng động cơ điện/đốt trong giải thích được sự phù hợp của động cơ điện khi dùng trên ô tô, xe máy. Điều này cho thấy băng thử động cơ cỡ nhỏ hoàn toàn có thể sử dụng nghiên cứu đặc điểm hoạt động chung của các động cơ đốt trong/điện./.

### **Tài liệu tham khảo:**

1. A.J. Martyr, M.A. Plint, “Engine Testing. The Design, Building, Modification and Use of Powertrain Test Facilities”, Butterworth Heinemann, 2012.
2. Tài liệu kỹ thuật thiết bị gây tải PC-5, Guangzhou Qiandai Electromechanical Equipment Co., Ltd

Nhận ngày 19/10/2022

Biên tập ngày 23/10/2022

Đăng tháng 11/2022