



## NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM ĐÁNH GIÁ THUỘC TÍNH CỦA HỆ THỐNG PHUN NHIÊN LIỆU COMMON RAIL KHI SỬ DỤNG BIODIESEL B50

Không Văn Nguyên<sup>1</sup>, Trần Anh Trung<sup>2</sup>, Nguyễn Hoàng Vũ<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

<sup>2</sup> Viện Cơ khí Động lực, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

<sup>3</sup> Khoa Động lực – Học viện KTQS

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 12/06/2018

Ngày phân biên đánh giá và sửa chữa: 02/08/2018

Ngày bài báo được duyệt đăng: 06/08/2018

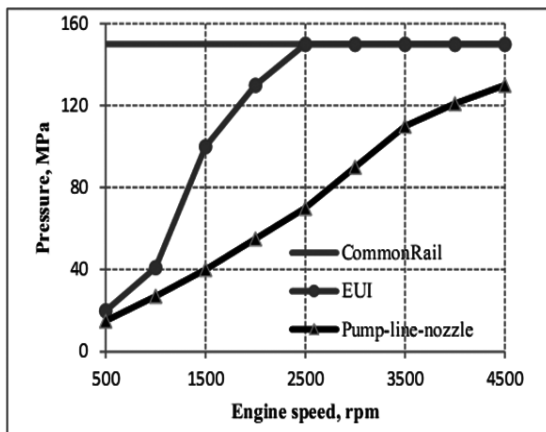
### Tóm tắt:

Ảnh hưởng của loại nhiên liệu B50 tác động lên hệ thống phun nhiên liệu kiểu cơ khí đã được công bố trong rất nhiều công trình khoa học. Tuy nhiên, việc nghiên cứu ảnh hưởng của B50 lên đặc tính làm việc và điều khiển của hệ thống phun nhiên liệu commonrail (CR) thì vẫn chưa có nhiều công trình công bố. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của độ mở van điều chỉnh lượng nhiên liệu cấp vào bơm cao áp (van SCV – Suction Control Valve) và độ mở van điều chỉnh áp suất rail (van RPCV – Rail Pressure Control Valve) đến áp suất trong ống tích áp  $p_{rail}$  khi sử dụng biodiesel B50 trên băng thử bơm cao áp. Kết quả nghiên cứu phục vụ trực tiếp cho việc thiết kế chương trình điều khiển hệ thống phun nhiên liệu CR khi sử dụng B50.

**Từ khóa:** CommonRail, van SCV, van RPCV, áp suất rail.

### 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, hệ thống nhiên liệu (HTPNL) diesel kiểu tích áp Common Rail (CR) đã được áp dụng rộng rãi trên phương tiện giao thông vận tải [1] do có nhiều ưu điểm như áp suất phun cao, cho phép phun nhiều giai đoạn giúp nâng cao hiệu suất nhiệt, giảm phát thải và giảm rung động của động cơ.



Hình 1. Quan hệ giữa áp suất phun và tốc độ động cơ, [3]

Đối với HTPNL diesel kiểu cơ khí truyền thống, diễn biến áp suất phun phụ thuộc chủ yếu vào biên dạng (cố định) của cam dẫn động bơm cao áp (BCA), chế độ tải, tốc độ của động cơ [1,2] và áp

suất phun là tham số quyết định thời điểm nhắc kim phun của vòi phun (VP) để cung cấp nhiên liệu vào xi lanh. Với HTPNL kiểu này, khi cố định các thông số vận hành khác (chế độ tải và tốc độ, áp suất bắt đầu nâng kim phun...) thì áp suất phun, đặc tính vật lý của nhiên liệu (khối lượng riêng, độ nhớt) có ảnh hưởng nhất định tới lượng phun của VP. Trong đó, áp suất phun ít ảnh hưởng đến lượng phun mà chủ yếu ảnh hưởng tới mức độ phun tới [1,2].

HTPNL kiểu CR có sự khác biệt so với HTPNL diesel thông thường, hệ thống CR có thể thay đổi áp suất phun theo các chế độ làm việc khác nhau và áp suất phun ảnh hưởng trực tiếp tới các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật cũng như mức phát thải của động cơ diesel [4], vì vậy vấn đề điều khiển áp suất nhiên liệu trong ống tích áp cần phải tối ưu và chính xác. Áp suất phun nhiên liệu trong ống tích áp ( $p_{rail}$ ) bị ảnh hưởng bởi nhiều thông số khác như lưu lượng nhiên liệu cấp vào BCA, lưu lượng nhiên liệu hồi về thùng, lượng nhiên liệu phun của từng xy lanh cũng như các đặc tính lý-hóa của nhiên liệu [4]. Do đó, cần phải nghiên cứu ảnh hưởng độ mở van điều chỉnh lượng nhiên liệu cấp vào BCA - van SCV (Suction Control Valve) và độ mở van điều chỉnh áp suất rail - van RPCV (Rail Pressure Control Valve) và tỷ lệ pha trộn của biodiesel đến prail phục vụ việc điều khiển chính xác áp suất phun yêu cầu. Các van SCV và RPCV được điều khiển bằng cách thay đổi điện áp cấp qua van thông qua phương pháp điều chế độ rộng xung (PWM), độ mở

của van thông thường được thể hiện qua tỷ lệ xung dương và xung âm PWM với 0% là đóng hoàn toàn và 100% là mở hoàn toàn. Bài báo trình bày kết quả thực nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của độ mở van SCV, RPCV và tỷ lệ biodiesel đến  $p_{\text{rail}}$ .

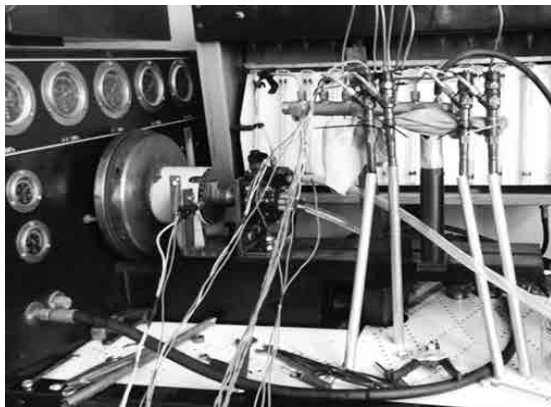
## 2. Tiến hành thử nghiệm

### 2.1. Trang thiết bị

Bảng 1. Thông số kỹ thuật chính của băng thử NT 3000, [7]

TT	Thông số	Giá trị
1	Mô tơ chính (3pha)	80V/60Hz
2	Điện áp	380/220v
3	Công suất dẫn động:	15 kW
4	Tốc độ quay:	0-4000 vg/ph
5	Biên độ đếm số lần phun:	0-9999
6	Nguồn cấp ngoài điện:	12V, 24V

Quá trình thử nghiệm được tiến hành trên băng thử bơm cao áp NT3000 (với các thông số như trong Bảng 1) đặt tại Học viện Kỹ thuật quân sự (Hình 2). Van SCV và van RPCV được điều khiển bởi ECM-0565-128 của hãng Woodward. ECM-0565-128 có khả năng nhận dữ liệu từ cảm biến tốc độ trục bơm cao áp, cảm biến áp suất rail, độ mở van SCV và van RPCV.

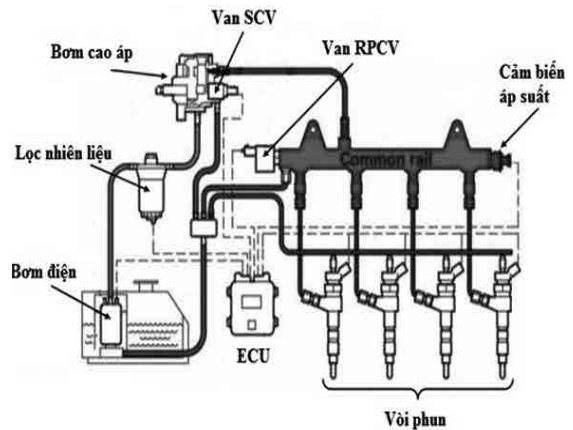


Hình 2. Hình ảnh gá đặt HTPNL CR trên băng thử NT3000

### 2.2. Đối tượng thử nghiệm

Đối tượng thử nghiệm sử dụng HTPNL kiểu CR (CP1-H) trên động cơ D4CB 2.5 TCI-A với sơ đồ như trên Hình 2.

Nhiên liệu sử dụng biodiesel B50 (với B100 là sản phẩm của đề tài [2], được sản xuất từ bã thải của quá trình tinh lọc dầu cò thành dầu ăn).



Hình 3. Sơ đồ HTPNL kiểu CR dùng BCA kiểu CP1-H [3]

### 2.3. Quy trình thử nghiệm

Để xây dựng biểu đồ áp suất rail theo độ rộng xung điều khiển van SCV và độ rộng xung điều khiển van RPCV, chế độ thử nghiệm được lựa chọn như sau:

- Tốc độ quay trục BCA 500 (vg/ph), thay đổi độ rộng xung điều khiển van SCV ở 3 chế độ 29%; 31%; 33% (vùng mở van SCV để áp suất rail lớn nhất ở tốc độ 500 vg/ph); độ rộng xung điều khiển van RPCV thay đổi từ 17% (áp suất rail nhỏ nhất) đến 37% (áp suất rail lớn nhất) với bước thay đổi về độ rộng xung là 2%.

- Tốc độ quay trục BCA 1000 (vg/ph), thay đổi độ rộng xung điều khiển van SCV ở 3 chế độ 27%; 29%; 31% (vùng mở van SCV để áp suất rail lớn nhất ở tốc độ 1000 vg/ph); độ rộng xung điều khiển van RPCV thay đổi từ 14% (áp suất rail nhỏ nhất) đến 38% (áp suất rail lớn nhất) với bước thay đổi về độ rộng xung là 2%.

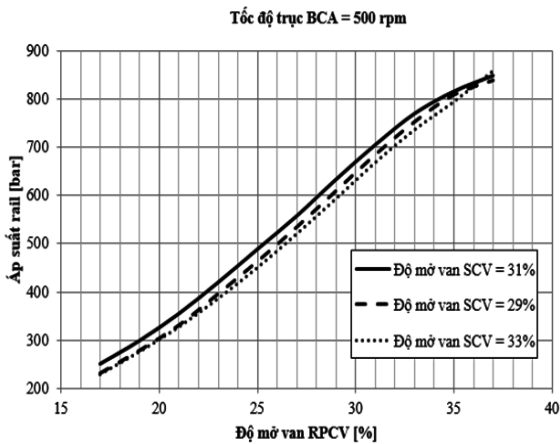
- Tốc độ quay trục BCA 1500 (vg/ph), thay đổi độ rộng xung điều khiển van SCV ở 3 chế độ 21%; 23%; 25% (vùng mở van SCV để áp suất rail lớn nhất ở tốc độ 1500 vg/ph) độ rộng xung điều khiển van RPCV thay đổi từ 16% (áp suất rail nhỏ nhất) đến 32% (áp suất rail lớn nhất) với bước thay đổi về độ rộng xung là 2%.

Để đánh giá bộ điều khiển áp suất rail chế độ thử nghiệm được lựa chọn như sau: cố định tốc độ trục bơm cao áp 1000 (vg/ph), thay đổi giá trị áp suất rail yêu cầu từ 30 (MPa) đến 70 (MPa) với bước thay đổi là 10 (MPa). Các thông số đo liên tục theo thời gian thực (15 ms một lần lấy mẫu) bao gồm: tốc độ trục bơm cao áp, độ mở van SCV, độ mở van RPCV,  $p_{\text{rail}}$  và  $p_{\text{rail\_yc}}$  (áp suất rail yêu cầu).

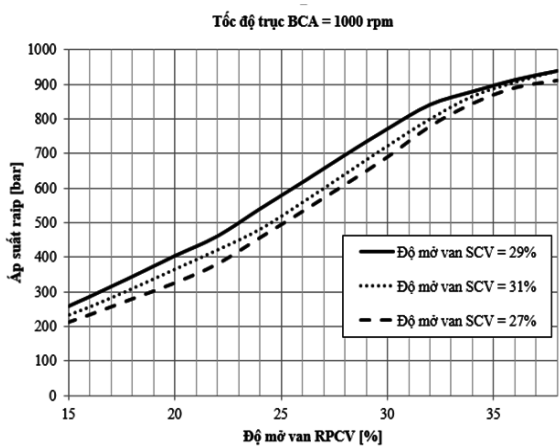
### 3. Kết quả thử nghiệm và thảo luận

#### 3.1. Ảnh hưởng của độ rộng xung điều khiển tới

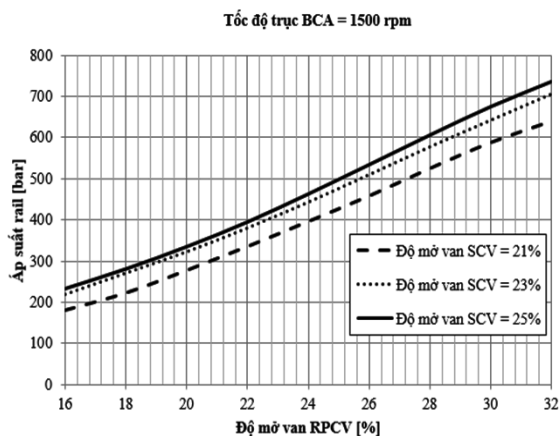
$P_{rail}$



Hình 4. Ảnh hưởng của độ mở van SCV và van RPCV đến prail khi sử dụng B50 tại tốc độ 500 vg/ph



Hình 5. Ảnh hưởng của độ mở van SCV và van RPCV đến prail khi sử dụng B50 tại tốc độ 1000 vg/ph



Hình 6. Ảnh hưởng của độ mở van SCV và van RPCV đến prail khi sử dụng B50 tại tốc độ 1500 vg/ph

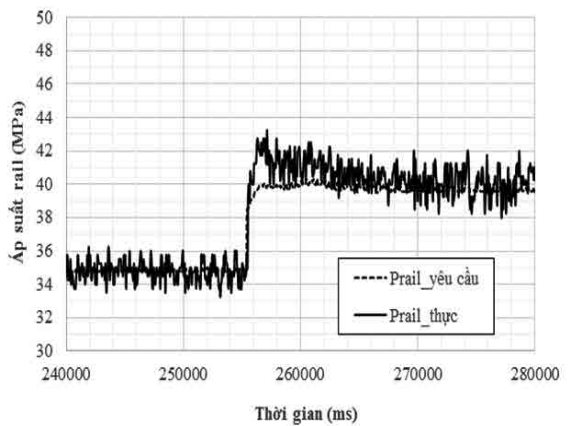
Kết quả xác định áp suất rail ở các dải tốc độ 500 vg/ph, 1000 vg/ph, 1500 vg/ph khi thay đổi độ rộng xung điều khiển van SCV, độ rộng xung điều khiển van RPCV được thể hiện trên Hình 4, Hình 5 và Hình 6.

Qua các kết quả trên cho thấy:

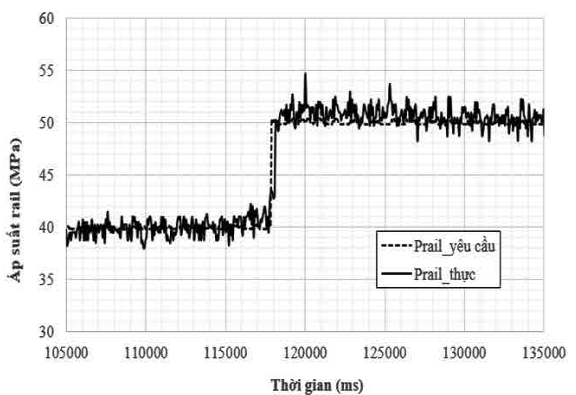
- Quy luật tác động của độ rộng xung điều khiển van RPCV là giống nhau khi thay đổi độ rộng xung điều khiển van SCV và phù hợp với các kết quả đã công bố, [3].

- Với mỗi tốc độ trục BCA, vị trí mở van SCV để áp suất rail đạt giá trị lớn nhất với tốc độ trục BCA 500 vg/ph; 1000 vg/ph; 1500 vg/ph tương ứng lần lượt là 31%; 29%; 25%.

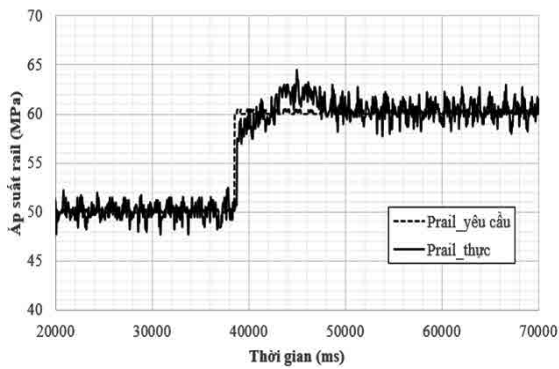
#### 3.2. Ảnh hưởng của bộ điều khiển áp suất rail



Hình 7. Độ trễ  $p_{rail\_thực}$  so với  $p_{rail\_yêu\_cầu}$  khi thay đổi  $p_{rail\_yêu\_cầu}$  từ 35 (MPa) lên 40 (MPa)



Hình 8. Độ trễ  $p_{rail\_thực}$  so với  $p_{rail\_yêu\_cầu}$  khi thay đổi  $p_{rail\_yêu\_cầu}$  từ 40 (MPa) lên 50 (MPa)



Hình 9. Độ trễ  $p_{rail\_thực}$  so với  $p_{rail\_yêu\ cầu}$  khi thay đổi  $p_{rail\_yêu\ cầu}$  từ 50 (MPa) lên 60 (MPa)

Kết quả so sánh áp suất  $p_{rail}$  thực với áp suất  $p_{rail}$  yêu cầu được thể hiện trên Hình 7 đến Hình 9. Kết quả cho thấy ở chế độ ổn định áp suất  $p_{rail}$  bám sát so với áp suất  $p_{rail}$  yêu cầu. Độ trễ áp suất  $p_{rail}$  với áp suất yêu cầu ở các chế độ chuyển tiếp với độ trễ lớn nhất khoảng 100 ms.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Hoàng Vũ, Lại Văn Định, Hà Quang Minh, Xây dựng mô hình mô phỏng hệ thống phun nhiên liệu trên động cơ diesel. *Tạp chí Giao thông vận tải*, 12/2004.
- [2]. Nguyễn Hoàng Vũ, Báo cáo tổng kết Đề tài NCKH& PTCN cấp Quốc gia “Nghiên cứu sử dụng nhiên liệu diesel sinh học (B10 và B20) cho phương tiện cơ giới quân sự”; mã số ĐT.06.12/NLSH (thuộc Đề án phát triển nhiên liệu sinh học đến năm 2015, tầm nhìn đến năm 2025).
- [3]. Nguyễn Công Lý, Phan Đắc Yên, Nguyễn Trung Kiên, Nguyễn Hoàng Vũ, “Tính toán mô phỏng hệ thống phun nhiên liệu của động cơ diesel B2 bằng phần mềm Inject32”. *Tạp chí Khoa học & Kỹ thuật, Học viện KTQS*, số 148, 06/2012.
- [4]. Rolf Isermann, Engine Modeling and Control. *springer*, 2014.
- [5]. Paolo Lino, Nonlinear modelling and control of a common rail injection system for diesel engines. *ScienceDirect*, 2007.
- [6]. V.H Nguyen, H.T.T Vu, H.M DO, J.Y Woo, H.H Jun, Esterification of waste fatty acid from palm oil refining process into biodiesel by heterogeneous catalysis: fuel properties of B10, B20 blends. *International Journal of Renewable Energy and Environmental Engineering*, Vol. 01, No. 01, 2013, pp. 1-5.
- [7]. <http://thietbisuachua.com/>

#### EXPERIMENTAL STUDYING ON THE PROPERTIES OF COMMON RAIL FUEL SYSTEM USING BIODIESEL B50

##### Abstract:

*The influence of B50 replacement rate on the conventional low-pressure fuel supply system has been published in many studies. However, research of B50 on control characteristics of a Common Rail (CR) diesel fuel injection system have not been published yet. This paper presents the experimental results of Rail pressure when changing the duty-cycle of fuel metering control valve (valve SCV - Suction Control Valve) fuel rail pressure control valve (valve RPCV – Rail Pressure Control Valve) and B50 on a dynamometer high pressure pump. Research results directly serve to actively control commonrail fuel system when using B50.*

**Keywords:** CommonRail, valve SCV, valve RPCV, pressure rail.

#### 4. Kết luận

Điều khiển áp suất  $p_{rail}$  trong HTPNL kiểu CR là một trong những nội dung quan trọng trong việc nâng cao hiệu suất nhiệt, giảm phát thải và giảm rung động của động cơ. Với mỗi tốc độ trục BCA, vị trí mở van SCV để áp suất rail đạt giá trị lớn nhất với tốc độ trục BCA 500 vg/ph; 1000 vg/ph; 1500 vg/ph tương ứng lần lượt là 31%; 29%; 25%. Khi tăng độ rộng xung điều khiển RPCV áp suất  $p_{rail}$  tăng. Ở chế độ ổn định áp suất  $p_{rail}$  bám sát so với áp suất  $p_{rail}$  yêu cầu. Độ trễ áp suất  $p_{rail}$  với áp suất yêu cầu ở các chế độ chuyển tiếp với độ trễ lớn nhất khoảng 100 ms.

Kết quả thực nghiệm phản ánh đúng bản chất và phù hợp với sự vận hành của HTPNL kiểu CR.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trung tâm Nghiên cứu Ứng dụng Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Hưng Yên, đề tài mã số UTEHY.T007.P1718.02.