

# Khảo sát động học tỏa nhiệt khi cháy của động cơ B6 tăng áp khi thay đổi quy luật cung cấp nhiên liệu

THS. PHẠM HỒNG SƠN  
PGS. TS. HÀ QUANG MINH  
Học viện Kỹ thuật quân sự  
TS. LÊ ĐÌNH VŨ  
Bộ Quốc phòng

**Tóm tắt:** Động học tỏa nhiệt khi cháy (bao gồm quy luật tỏa nhiệt và tốc độ tỏa nhiệt khi cháy) là các quy luật quan trọng có tính chất quyết định đến kết quả tính toán quy luật nhiệt động của động cơ diesel. Bài báo trình bày cơ sở lý thuyết và kết quả khảo sát ảnh hưởng của quy luật cung cấp nhiên liệu đến quy luật động học tỏa nhiệt khi cháy của động cơ diesel bằng mô hình cháy áp dụng với tia phun trực tiếp (DI-jet) trong phần mềm mô phỏng GT-Power. Tính toán cụ thể cho động cơ B6TA.

**Từ khóa:** Quy luật cung cấp nhiên liệu, động cơ diesel, quy luật tỏa nhiệt khi cháy.

**Abstract:** Heat release kinetics when burning (consist of release heat rule and rate of release heat) is important rule, a determinative factor in effective of calculating thermodynamic rule of diesel engine. This article represents base method and model to examine effect of modification the fuel supply rule on release heat kinematics rule when burning of Diesel engine by one of multi zones combustion models is direct injector jet model (DI-jet) with simulating software GT - suite. apply this model to calculate for B6TA engine.

**Keyword:** Fuel supply rule, diesel engine, heat release rule.

## 1. Đặt vấn đề

Động cơ B6 tăng áp (B6TA) là động cơ được nghiên cứu cường hóa từ động cơ diesel 4 kỳ, 6 xi lanh B6 bằng tăng áp tua bin khí thải để tăng công suất. Để thỏa mãn yêu cầu tăng áp cần tính toán điều chỉnh các hệ thống trong đó có hệ thống cung cấp nhiên liệu. Hướng nghiên cứu của nhóm tác giả là cải thiện quy luật cung cấp nhiên liệu bằng cách thay thế biên dạng cam của bơm cao áp theo hướng nâng cao cường độ phun, rút ngắn thời gian phun và tăng lượng nhiên liệu cung cấp cho chu trình nhằm bảo đảm tỷ lệ hỗn hợp cháy phù hợp khi vẫn sử dụng hệ thống nhiên liệu của động cơ nguyên bản. Nội dung của bài báo trình bày kết quả tính toán mô phỏng ảnh hưởng của biên dạng cam đến động học tỏa nhiệt khi cháy của động cơ sau khi tăng áp bằng phần mềm mô phỏng GT-Power, làm cơ sở tính chu trình công tác và các chỉ tiêu kinh tế - năng lượng của động cơ.

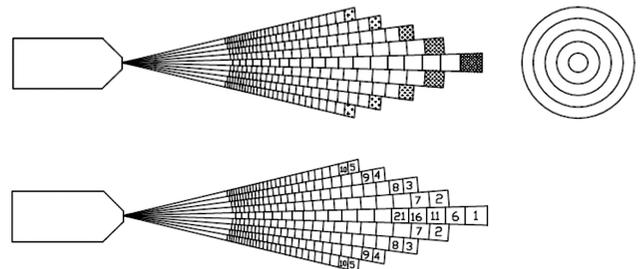
**2. Cơ sở lý thuyết tỏa nhiệt trong mô hình hiện tượng cháy đa vùng DI-jet trong phần mềm mô phỏng GT-Power**

Mô hình hiện tượng đa vùng đưa ra cơ sở tính toán

sự phát triển của tia phun, bay hơi, hòa trộn, tỏa nhiệt ở các không gian khác nhau trong buồng cháy bằng việc phân chia không gian trong xi lanh thành 2 hay nhiều vùng. Mỗi vùng được xem như một hệ nhiệt động học hòa trộn mở, bởi vậy mô hình này có thể xác định được nhiệt độ và thành phần hóa học cục bộ của từng vùng, cuối cùng là động học tỏa nhiệt khi cháy [4].

Để khảo sát chu trình công tác của động cơ khi thay đổi quy luật cung cấp nhiên liệu nhóm tác giả sử dụng mô hình DI-jet trong phần mềm GT-Power.

Hình 1 mô tả cách phân chia các vùng của tia phun và quy luật đánh số thứ tự của các vùng trong mô hình DI-jet ứng dụng trong phần mềm GT-Power [3,4].



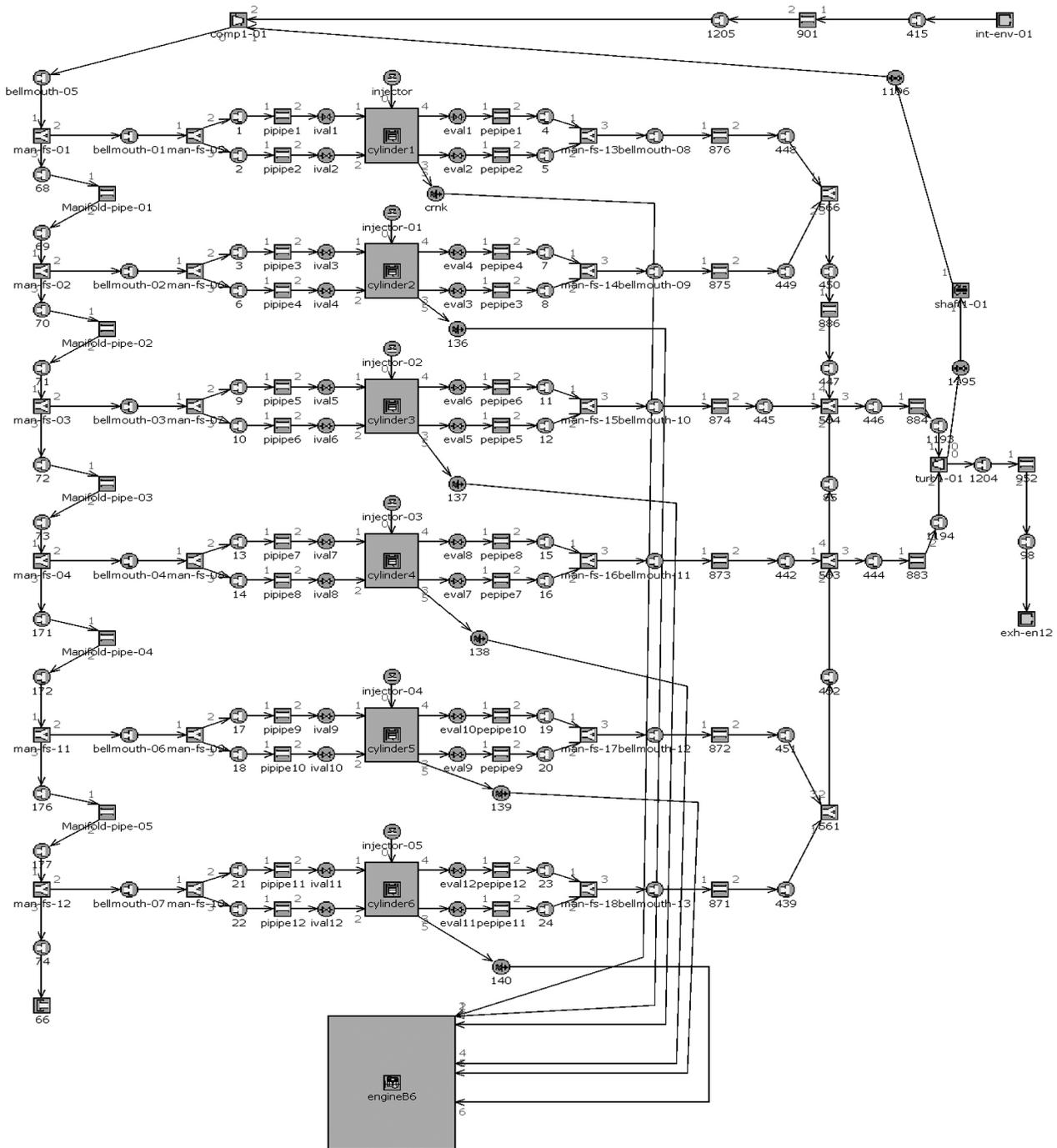
**Hình 1: Các vùng của tia phun và quy luật đánh số các vùng**

Theo Hình 1, tia phun được phân chia thành 5 vùng hướng kính và tối đa là 80 vùng dọc theo trục tia (giá trị cụ thể được xác định mặc định hoặc do người sử dụng cho trong mô hình trong 'EngCylCombDIJet')[4]. Hình 1 cũng thể hiện cách đánh số của các vùng. Với việc phân chia tia phun thành nhiều vùng, mô hình bao gồm các mô hình thứ cấp (mô hình con) như: Mô hình phát triển tia phun, thâm nhập và hòa trộn, bay hơi của các hạt, truyền nhiệt của vùng... để tính toán trong chương trình tính của phần mềm mô phỏng. Cơ sở lý thuyết của các mô hình con được chỉ rõ trong các tài liệu [3,4].

Trong giai đoạn cháy và tỏa nhiệt, tại mỗi vùng hướng kính động học quá trình cháy được xác định theo công thức:

$$\begin{cases} \frac{dm_k}{dt} = A_c \phi (3 - \phi)^2 P^{B_c} \cdot e^{\left(-\frac{C_c}{T}\right)} & (\phi \leq 3) \\ \frac{dm_k}{dt} = 0 & (\phi > 3) \end{cases}$$

Mô hình các phần tử của động cơ diesel B6 (động cơ 6 xi lanh - 1 hàng) sử dụng mô hình hiện tượng cháy đa vùng áp dụng với tia phun trực tiếp (DI Jet model).



Hình 2: Mô hình liên kết các phần tử của động cơ B6TA (động cơ B6 tăng áp) trong phần mềm GT-power

Trong đó:

- $m_k$  - Khối lượng nhiên liệu bị đốt cháy tại mỗi vùng
- $A_c$  - Hệ số tốc độ cháy hoàn toàn
- $B_c$  - Số mũ phụ thuộc vào áp suất
- $C_c$  - Hệ số tính đặc trưng cho nhiệt độ phát ra
- $\phi$  - Thứ tự vùng theo hướng kính

Hình 2 mô tả sơ đồ liên kết các phần tử trong phần mềm GT-Power của động cơ B6TA trên cơ sở sử dụng mô hình cháy DI-jet.

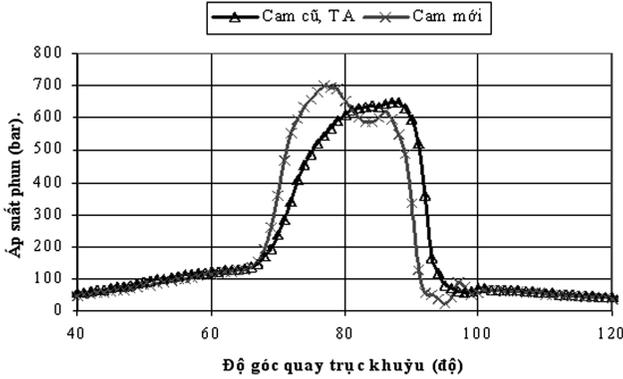
**Thông số đầu vào của mô hình**

Thông số đầu vào của mô hình tính gồm các thông số của động cơ được lấy từ tài liệu kỹ thuật của động cơ[5] và kết quả tính toán tăng áp động cơ B6[2]. Mô hình cháy được lựa chọn trong phần tử "cylinder" cùng với các phần tử đặc trưng cho các chi tiết của động cơ

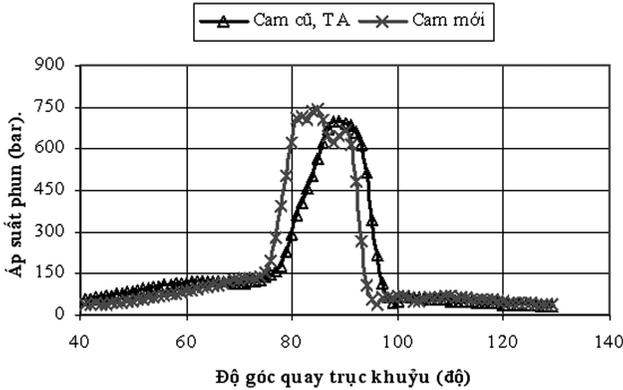
để tính cho từng động cơ cụ thể. Mô hình cháy được lựa chọn là mô hình 'EngCylCombDIJet'.

Phương án lựa chọn biên dạng cam mới đã được nhóm tác giả trình bày trong [1]. Nhằm khảo sát so sánh trường hợp sử dụng biên dạng cam bơm cao áp mới (dạng 1 cung lõm, 2 cung lồi) trên bơm cao áp không điều chỉnh thanh răng với khi sử dụng biên dạng cam nguyên bản (dạng tiếp tuyến) sau khi đã điều chỉnh lượng cung cấp nhiên liệu cho chu trình theo yêu cầu tăng áp bằng cách điều chỉnh thanh răng. Thông số về lượng cung cấp nhiên liệu cấp cho chu trình và quy luật cung cấp nhiên liệu dưới dạng áp suất phun khi sử dụng biên dạng cam bơm cao áp cũ và mới đã được tính toán bằng phần mềm GT-Fuel. Hình 3 giới thiệu diễn biến áp suất phun ứng với sử

dụng cam nguyên bản khi đã điều chỉnh tăng lượng nhiên liệu cung cấp cho chu trình theo yêu cầu tăng áp và cam cải tiến có lượng nhiên liệu cung cấp tương đương ở tốc độ động cơ tiến hành khảo sát là  $n_{dc} = 1200\text{v/ph}$  (ứng với chế độ có mô men xoắn lớn nhất) và  $n_{dc} = 1800\text{v/ph}$  (ứng với chế độ công suất định mức).



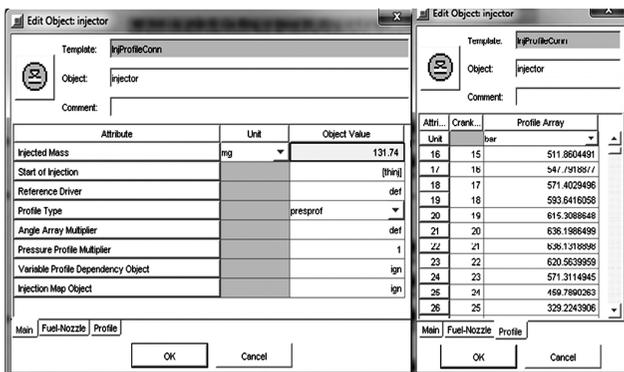
a) Chế độ mô men xoắn cực đại  $n_{dc} = 1200\text{v/ph}$



b) Chế độ công suất định mức  $n_{dc} = 1800\text{v/ph}$

**Hình 3: Quy luật áp suất phun của HTCCNL ứng với biên dạng cam cơ sở và biên dạng cam mới**

Quy luật áp suất phun được đăng nhập vào phần tử Injector trong mô hình. Hình 4 giới thiệu cửa sổ giao diện nhập giá trị lượng nhiên liệu cấp cho chu trình và quy luật diễn biến áp suất phun vào phần tử Injector trong mô hình mô phỏng GT-power.



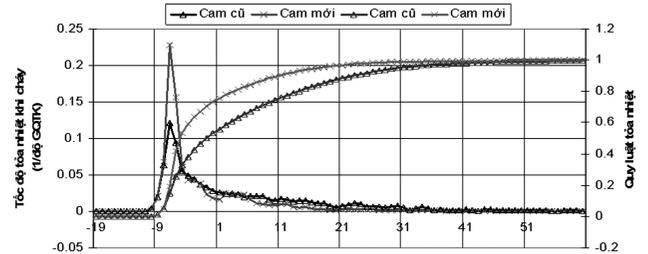
**Hình 4: Giao diện nhập thông số lượng phun nhiên liệu cho chu trình và diễn biến áp suất phun trong mô hình GT-Power**

Để đảm bảo độ tin cậy của mô hình đã xây dựng, nhóm tác giả đã sử dụng mô hình để tính toán cho động cơ chưa tăng áp B6 và so sánh kết quả tính toán bằng mô hình với các thông số chu trình công tác và chỉ tiêu công tác của động cơ nguyên bản cho trong tài liệu kĩ thuật của nhà sản xuất [5]. Mô hình

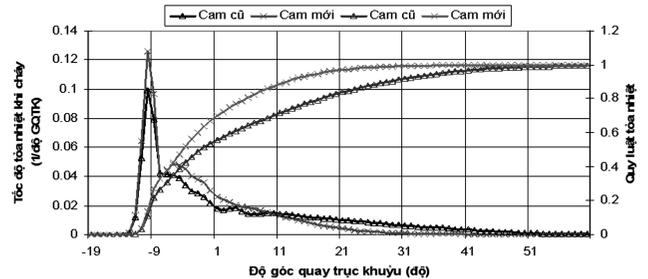
tính được hiệu chỉnh dựa trên các thông số kĩ thuật cho trong [5].

**3. Kết quả khảo sát động học tỏa nhiệt của động cơ B6TA**

Kết quả so sánh tốc độ tỏa nhiệt trong quá trình cháy của động cơ cường hóa bằng tăng áp khi sử dụng cam bơm cao áp nguyên thủy và khi sử dụng cam bơm cao áp với biên dạng mới tại chế độ mô men cực đại  $n_{dc} = 1200\text{v/ph}$  và chế độ công suất định mức  $n_{dc} = 1800\text{v/ph}$  được trình bày trên Hình 5 và 6.



**Hình 5: So sánh tốc độ tỏa nhiệt và quy luật tỏa nhiệt khi cháy trong động cơ B6TA khi sử dụng cam nguyên thủy và cam mới, chế độ  $N_e\text{đm}$**



**Hình 6: So sánh tốc độ tỏa nhiệt và quy luật tỏa nhiệt khi cháy trong động cơ B6TA khi sử dụng cam nguyên thủy và cam mới, chế độ  $M_e\text{max}$  Nhận xét**

Từ đồ thị so sánh tốc độ tỏa nhiệt khi cháy trong động cơ ở các tốc độ khác nhau cho thấy: Với trường hợp tăng áp sử dụng trục cam mới tốc độ tỏa nhiệt khi cháy đạt cao hơn, 0,121 (1/độ GQTK) so với 0,228 (1/độ GQTK) ở chế độ  $n_{dc} = 1800\text{v/ph}$  và 0,099 (1/độ GQTK) so với 0,125 (1/độ GQTK) ở  $n_{dc} = 1200\text{v/ph}$ . Đồng thời, thời gian cháy ngắn hơn so với trường hợp sử dụng cam nguyên thủy do quy luật tỏa nhiệt giai đoạn đầu lớn hơn (Hình 5 và 6). Khi sử dụng trục cam mới cho BCA, do thời điểm bắt đầu cung cấp nhiên liệu (thời điểm bắt đầu phun) sớm lên nên thời điểm bắt đầu cháy sớm hơn và thời điểm kết thúc cũng sớm hơn, đặc biệt ở chế độ tốc độ vòng quay cao vì khi đó mức độ xoáy lốc của không khí trong buồng cháy và chất lượng phun tốt hơn. Với cùng một chế độ hoạt động của động cơ khi sử dụng cam cải tiến (1 cung lôm, 2 cung lồi) với tốc độ và áp suất phun cao hơn thay cho cam cũ (cam tiếp tuyến), quy luật tỏa nhiệt có các vị trí đạt cực đại cả thời điểm cháy trước và cháy khuếch tán đầu sớm hơn và giá trị cực đại cao hơn.

**4. Kết luận**

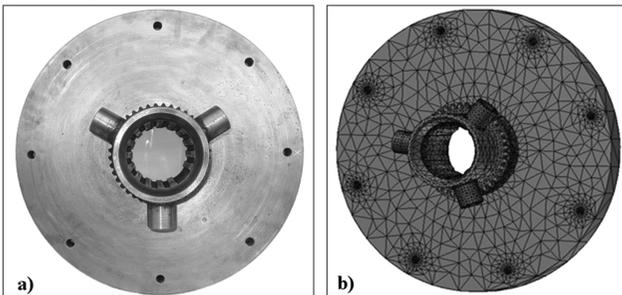
Từ kết quả khảo sát cho thấy, quy luật cung cấp nhiên liệu có ảnh hưởng rất lớn đến động học tỏa nhiệt khi cháy và đến các chỉ tiêu công tác của động cơ. Đối với động học tỏa nhiệt khi cháy, để tăng tốc độ cháy ban đầu nhằm giảm cháy rớt thì cần có quy luật cung cấp nhiên liệu bảo đảm áp suất phun cao, tốc độ  
(Xem tiếp trang 33)

bu lông chuyên dụng để liên kết giữa khớp nối với mặt bích (bộ phận dập dao động xoắn) của trục các đăng; sử dụng vành răng (40 răng) để đo tốc độ trục khuỷu; trên vành mặt trụ ngoài của khớp nối (khu vực nối với bộ phận dập dao động xoắn) có khắc 360 vạch chia để xác định vị trí của trục khuỷu; sử dụng 3 ống trụ rỗng hàn cứng với khớp nối để quay tròn trục khuỷu.

Trên cơ sở bản vẽ thiết kế chi tiết đã tiến hành đúc khớp nối (tạo khuôn, đúc phôi) bằng thép 40X, gia công cơ khí (tiện, khoan, phay, xọc then...), nhiệt luyện (then, khớp nối) và liên kết các chi tiết phụ (vành răng đo tốc độ động cơ, 03 tay quay trơn động cơ). Khớp nối hoàn chỉnh sau chế tạo được trình bày trên Hình 3-a.

**3. Tính toán kiểm tra sức bền của khớp nối**

Căn cứ vào đặc tính ngoài của động cơ diesel B2 và phanh điện APA 404/6PA (Hình 1); kết cấu chi tiết và vật liệu chế tạo của khớp nối; đã kiểm tra sức bền của khớp nối bằng phần mềm chuyên dụng ANSYS tại chế độ mô men xoắn lớn nhất. Mô hình phân chia các phần tử của khớp nối để tính toán sức bền được trình bày trên Hình 3-b.

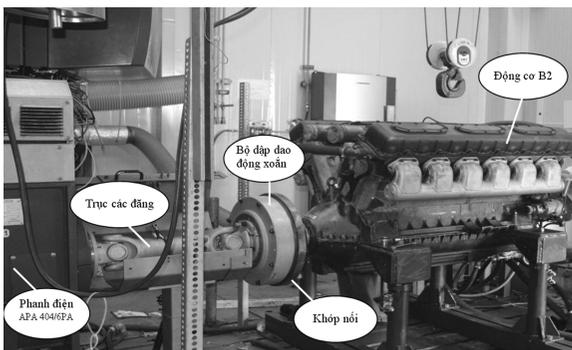


Hình 3: Khớp nối hoàn chỉnh (a) và mô hình phần tử hữu hạn trong ANSYS (b)

Kết quả tính toán cho thấy: Ứng suất cắt lớn nhất khớp nối phải chịu trong quá trình làm việc là 24,54 MPa tại vị trí mép bên trong của rãnh then liên kết khớp nối với đuôi trục khuỷu. Giá trị này nhỏ hơn nhiều so với giá trị ứng suất cắt cho phép của vật liệu chế tạo khớp nối (344,7 MPa).

**4. Thử nghiệm khớp nối trên bộ thử**

Trước khi lắp đặt lên bộ thử AVL-ETC, khớp nối được lắp lên động cơ B2 (trên giá đỡ di động) để kiểm tra sơ bộ về sự đồng tâm và độ đảo của khớp nối. Tiếp theo, động cơ B2 và khớp nối được lắp lên bộ thử AVL-ETC để tiến hành các công việc căn chỉnh cần thiết. Khớp nối thiết kế đã đảm bảo tốt về yêu cầu độ đồng trục của bộ thử AVL-ETC (yêu cầu góc lệch giữa đường tâm của trục các đăng với đường tâm trục phanh điện ≤ 3 độ) (Hình 4).



Hình 4: Động cơ B2 và khớp nối trên bộ thử AVL-ETC/NETC

Quá trình thử nghiệm xác định các chỉ tiêu kinh tế, năng lượng, môi trường của động cơ B2 ứng với các chế độ vận hành (tải và tốc độ) khác nhau (bao gồm nhiều lượt thử theo đặc tính ngoài) cho thấy khớp nối đã đáp ứng được yêu cầu đặt ra.

**5. Kết luận**

Đã thiết kế, chế tạo thành công khớp nối để liên kết giữa động cơ B2 và trục các đăng của phanh điện APA 404/6PA phục vụ việc thử nghiệm trên bộ thử AVL-ETC, ứng với các chế độ vận hành khác nhau. Đây là giải pháp có thể mở rộng áp dụng cho các loại động cơ không có bánh đà (hoặc đuôi trục khuỷu có kết cấu đặc biệt) khi thử nghiệm trên bộ thử □

**Tài liệu tham khảo**

- [1]. Đề tài NCKH & PTCN cấp Nhà nước “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.
- [2]. Bùi Trọng Lưu, Nguyễn Văn Vượng, *Sức bền vật liệu*, NXB. Giáo dục, 1998.
- [3]. Nhà máy Z153/TCKT, *Tài liệu kỹ thuật và QTCN sửa chữa động cơ diesel B2-B6*.
- [4]. Đinh Bá Trụ, Hoàng Văn Lợi, *Hướng dẫn sử dụng ANSYS (Phần I, II)*, Học viện Kỹ thuật Quân sự, Hà Nội, 2003.
- [5]. AVL List GmbH, *Technical Documents of Heavy Duty Engine Testcell*.
- [6]. *Двигатели В-2 и В-6*, Техническое описание, М.: Военное издательство, 1975.

Ngày nhận bài: 24/01/2014  
 Ngày chấp nhận đăng: 21/02/2014  
 Người phản biện: PGS.TS. Hà Quang Minh  
 TS. Nguyễn Trung Kiên

**KHẢO SÁT ĐỘNG HỌC...**

(Tiếp theo trang 40)

phun lớn. Việc cải tiến biên dạng cam bơm cao áp bằng cam ba cung (1 cung lõm, 2 cung lồi) có thể đáp ứng được yêu cầu trên, đặc biệt đối với các động cơ diesel sau khi cường hóa bằng tăng áp như động cơ B6TA □

**Tài liệu tham khảo**

- [1]. Phạm Hồng Sơn, Hà Quang Minh, Lê Đình Vũ, *Nghiên cứu xác định biên dạng cam bơm cao áp nhằm cải thiện quy luật cung cấp nhiên liệu cho động cơ diesel B6 sau cường hóa bằng tăng áp*, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, tháng 1/2013.
- [2]. Lê Đình Vũ (2010), *Báo cáo tổng kết đề tài: Nghiên cứu cường hóa động cơ B6 bằng tăng áp tuabin khí thải*, Đề tài độc lập cấp Bộ Quốc phòng, Hà Nội.
- [3]. *GT-power user manual (2006)*, version 6.2, Gamma Technology.
- [4]. Junnian Zheng, B.A (2009), *Use of an Engine Cycle Simulation to Study a Biodiesel Fueled Engine*, Shanghai Jiaotong University.
- [5]. *Техническое Описание (1975)*, Танковые Двигатели В-2 и В-6, Москва.

Ngày nhận bài: 17/02/2014  
 Ngày chấp nhận đăng: 27/02/2014  
 Người phản biện: PGS. TS. Đào Trọng Thắng  
 TS. Nguyễn Trung Kiên