

TCVN 7144–5 : 2008

ISO 3046–5 : 2001

Xuất bản lần 2

ĐỘNG CƠ ĐỐT TRONG KIỂU PÍT TÔNG - ĐẶC TÍNH

PHẦN 5: DAO ĐỘNG XOẮN

Reciprocating internal combustion engines - Performance -

Part 5: Torsional vibrations

Lời nói đầu

TCVN 7144-5 : 2008 thay thế TCVN 7144-5 : 2002.

TCVN 7144-5 : 2008 hoàn toàn tương đương ISO 3046-5 : 2001.

TCVN 7144-5 : 2008 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn TCVN/TC 70 *Động cơ đốt trong* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ TCVN 7144 Động cơ đốt trong kiểu pít tông - Đặc tính, gồm các tiêu chuẩn sau:

- TCVN 7144-1 : 2008 (ISO 3046-1 : 2002), Phần 1: Công bố công suất, tiêu hao nhiên liệu và dầu bôi trơn, phương pháp thử - Yêu cầu bổ sung đối với động cơ thông dụng.
- TCVN 7144-3 : 2007 (ISO 3046-3 : 2006), Phần 3: Các phép đo thử.
- TCVN 7144-4 : 2007 (ISO 3046-4 : 1997), Phần 4: Điều chỉnh vận tốc.
- TCVN 7144-5 : 2008 (ISO 3046-8 : 2001), Phần 5: Dao động xoắn.
- TCVN 7144-6 : 2002 (ISO 3046-6 : 1990), Phần 6: Chống vượt tốc.

Động cơ đốt trong kiểu pít tông - Đặc tính

Phần 5: Dao động xoắn

*Reciprocating internal combustion engines - Performance -
Part 5: Torsional vibrations*

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này qui định các yêu cầu chung và định nghĩa cho các dao động xoắn trong hệ trục của tổ máy dẫn động bằng động cơ đốt trong kiểu pít tông.

Khi cần, có thể có các yêu cầu riêng cho các động cơ chuyên dùng.

Tiêu chuẩn này áp dụng cho tổ máy được dẫn động bởi động cơ đốt trong kiểu pít tông sử dụng trên mặt đất, trên đường sắt và trên biển, trừ tổ máy được sử dụng để kéo các máy làm đường và làm đất, các loại máy kéo nông nghiệp và công nghiệp, các ô tô và xe tải, máy bay.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau là rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi.

TCVN 7861-1 : 2008 (ISO 2710-1 : 2000), Động cơ đốt trong kiểu pít tông - Từ vựng – Phần 1: Thuật ngữ dùng trong thiết kế và vận hành động cơ.

TCVN 7861-2 : 2008 (ISO 2710-2 : 1999), Động cơ đốt trong kiểu pít tông - Từ vựng – Phần 2: Thuật ngữ dùng trong bảo dưỡng động cơ.

ISO 2041 : 1990, Vibration and shock – Vocabulary (Rung và va đập – Từ vựng).

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng thuật ngữ và định nghĩa nêu trong TCVN 7861-1 và TCVN 7861-2 và các thuật ngữ, định nghĩa sau:

3.1

Tổ máy (set)

Bộ các cơ cấu gồm một hoặc nhiều động cơ đốt trong kiểu pít tông và máy công tác được dẫn động.

3.2

Hệ trục (shaft system)

Bộ tất cả chi tiết của một tổ máy được nối ghép lại để chúng có thể quay (xem Hình 1).

CHÚ THÍCH Khi tính toán dao động xoắn cần xem xét hệ trục đầy đủ.

3.3

Dao động xoắn (torsional vibrations)

Sự biến dạng góc có tính chất dao động (xoắn) của một hệ trục quay.

3.4

Biên độ dao động xoắn (torsional vibration amplitude)

Sự dịch chuyển góc lớn nhất được đo ở tiết diện vuông góc với đường trục của hệ trục giữa vị trí góc xem xét và một vị trí tham chiếu đã cho.

3.5

Tần số riêng (natural frequency)

Thông số có thể được tính toán đối với nghiệm của phương trình chuyển động của hệ không có giảm chấn.

Xem 2.80, ISO 2041 : 1990.

CHÚ THÍCH Thường không cần tính tần số dao động riêng đối với hệ có giảm chấn.

3.6

Véc tơ riêng (natural vector)

Véc tơ có độ lớn biểu diễn biên độ dao động tương đối của toàn bộ tiết diện, tại đó hệ dao động với tần số dao động riêng, so với tiết diện tùy ý của hệ thống được chọn làm tham chiếu với biên độ dao động bằng đơn vị.

3.7

Đường đàn hồi (elastic line)

Đường bao các trị số véc tơ riêng tại mỗi tiết diện (xem Hình 2).

3.8**Nút dao động** (vibratory node)

Điểm thuộc đường đàn hồi mà tại đó độ lớn véc tơ riêng bằng 0.

3.9**Dạng dao động xoắn riêng** (natural mode of torsional vibration)

Tần số dao động riêng và đường đàn hồi đặc trưng cho mỗi dạng dao động xoắn.

CHÚ THÍCH Dạng dao động thứ nhất (dạng dao động một nút) hoặc dạng dao động thứ hai (dạng dao động hai nút) là các ví dụ.

3.10**Mô men kích thích** (excitation torque)

Mô men xoắn thay đổi theo chu kỳ do động cơ đốt trong kiểu pít tông hoặc do các bộ phận được dẫn động tạo ra và nó kích thích dao động xoắn của hệ trục.

3.11**Hàm điều hòa** (harmonic)

Mỗi một thành phần của chuỗi các số hạng biến thiên theo hình sin (chuỗi Fourier) do mô men kích thích phân chia thành.

Xem 2.26 của ISO 2041 :1990.

CHÚ THÍCH Mỗi một trong các thành phần điều hòa về mặt lý thuyết có thể sinh ra cộng hưởng ở một tốc độ quay nhất định của hệ trục. Các số hạng của chuỗi Fourier được viết theo thứ tự tăng dần. Thành phần điều hòa cấp 1 liên quan đến số hạng thứ nhất của chuỗi (ngay cả khi nó có độ lớn bằng 0) và v.v...(xem Hình 3). Số hạng hằng số là mô men trung bình.

3.12**Cấp dao động** (vibration order)

Số dao động trên một vòng quay của hệ trục liên quan đến mỗi thành phần điều hòa.

CHÚ THÍCH Đối với động cơ đốt trong kiểu pít tông loại hai kỳ, cấp dao động tương ứng biên độ của thành phần điều hòa. Đối với động cơ bốn kỳ, biên độ của thành phần điều hòa có thể được chia đôi để đạt được cấp dao động tương ứng; ví dụ, 1/4 đối với tốc độ cộng hưởng, tại đó, dạng dao động thứ hai bị kích thích bởi thành phần điều hòa cấp 4.

3.13**Tốc độ cộng hưởng** (resonance speed)

Tốc độ tại đó toàn bộ hệ trục cộng hưởng (khi tần số dao động riêng của một dạng dao động bằng tần số của một trong các thành phần điều hòa của mô men kích thích).

Xem 2.73, ISO 2041 : 1990.

3.14

Ứng suất xoắn tổng hợp (synthesized torsional stress)

Ứng suất xoắn sinh ra tại một tiết diện đã cho của hệ trục bởi tổng tất cả các thành phần điều hòa của mô men kích thích có tính đến biên độ và pha của ứng suất sinh ra bởi mỗi thành phần điều hòa (xem Hình 4).

CHÚ THÍCH Không dùng mô men trung bình khi tính ứng suất xoắn tổng hợp.

3.15

Ứng suất xoắn bổ sung (additional torsional stress)

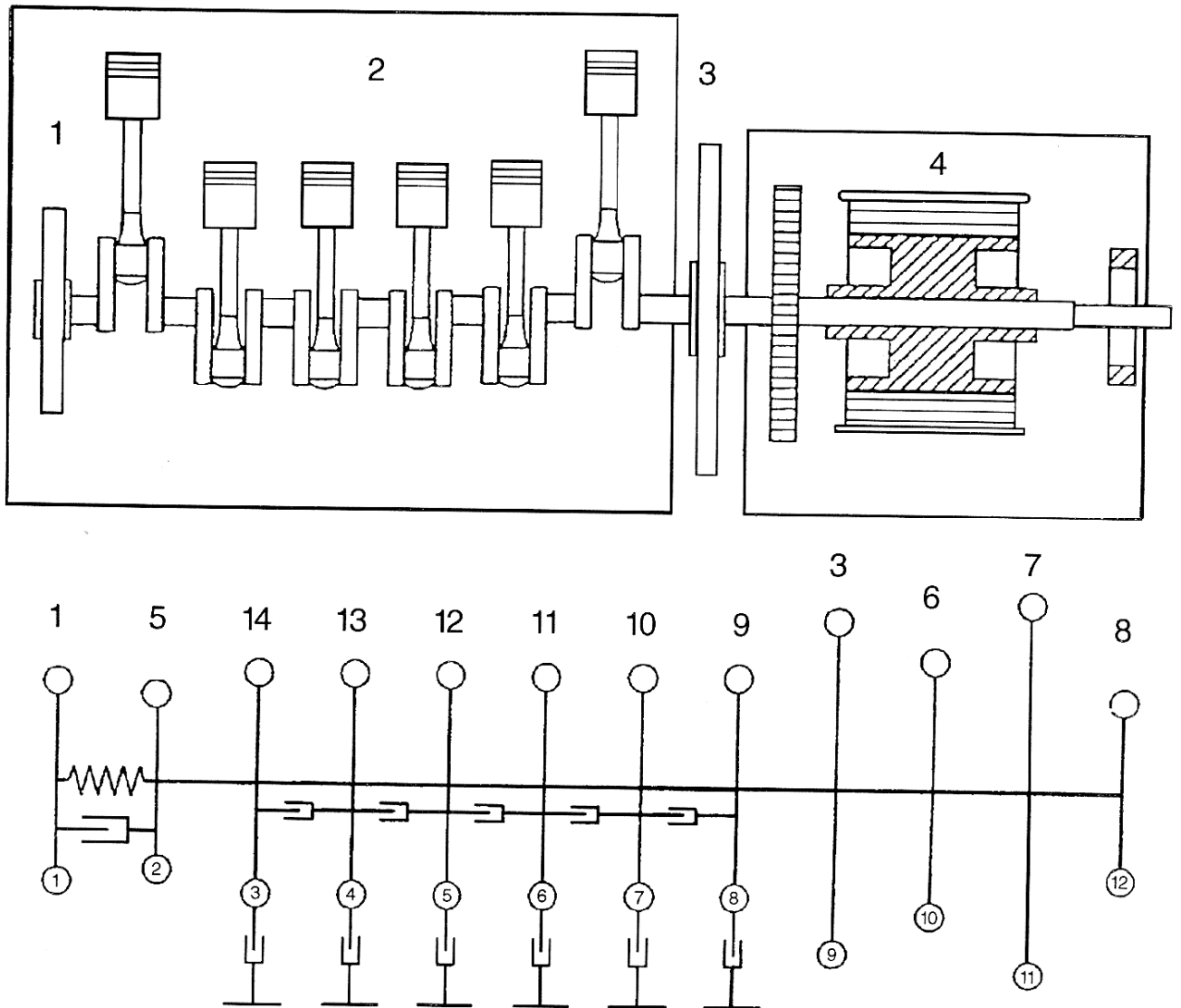
Ứng suất do dao động xoắn của một thành phần điều hòa đã cho được thêm vào ứng suất xoắn ứng với mô men trung bình tại tiết diện đã cho của hệ trục được xem xét.

3.16

Phạm vi tốc độ cần tránh (barred speed range)

Phạm vi tốc độ tại đó ứng suất do dao động xoắn gây ra vượt quá giá trị ứng suất cho phép để hệ thống hoạt động liên tục.

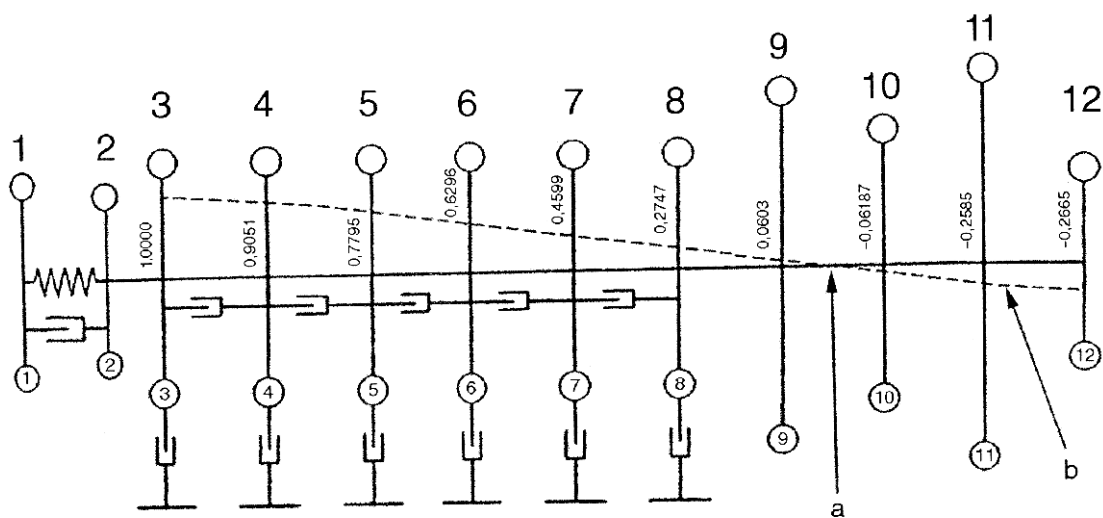
CHÚ THÍCH Không được phép hoạt động liên tục trong phạm vi tốc độ này, nhưng cho phép đi qua ở chế độ chuyển tiếp với điều kiện là nó không gây nguy hiểm hoặc hỏng hóc cho hệ trục.



CHÚ THÍCH

1	Bộ giảm chấn	6	Quạt	11	Xi lanh 4
2	Động cơ	7	Rô to	12	Xi lanh 3
3	Bánh đà	8	Bộ kích thích	13	Xi lanh 2
4	Máy phát điện	9	Xi lanh 6	14	Xi lanh 1
5	Thân	10	Xi lanh 5		

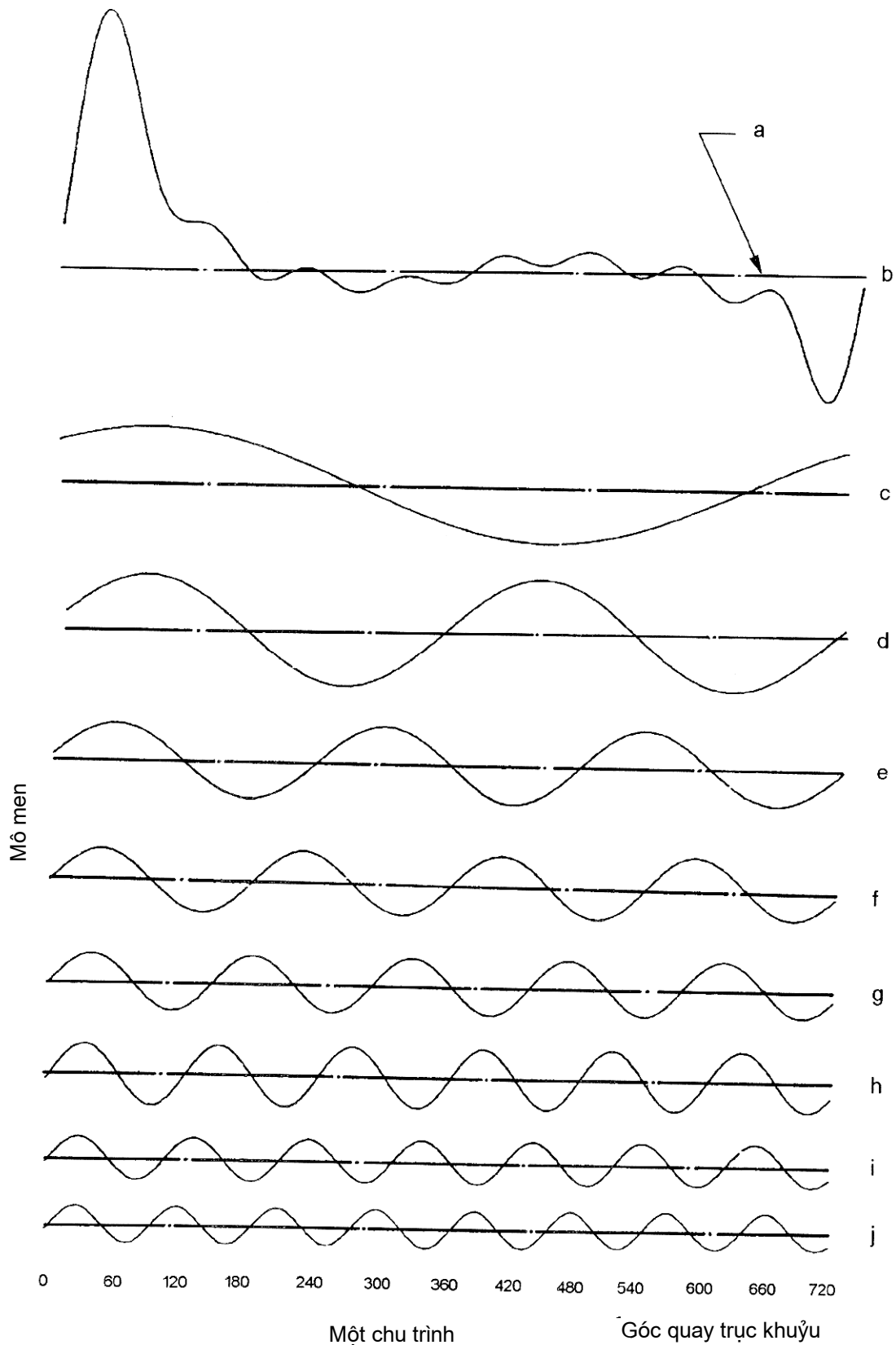
Hình 1 - Động cơ diesel sáu xi lanh, máy phát điện và hệ thống lý tưởng tương đương



CHÚ DẪN

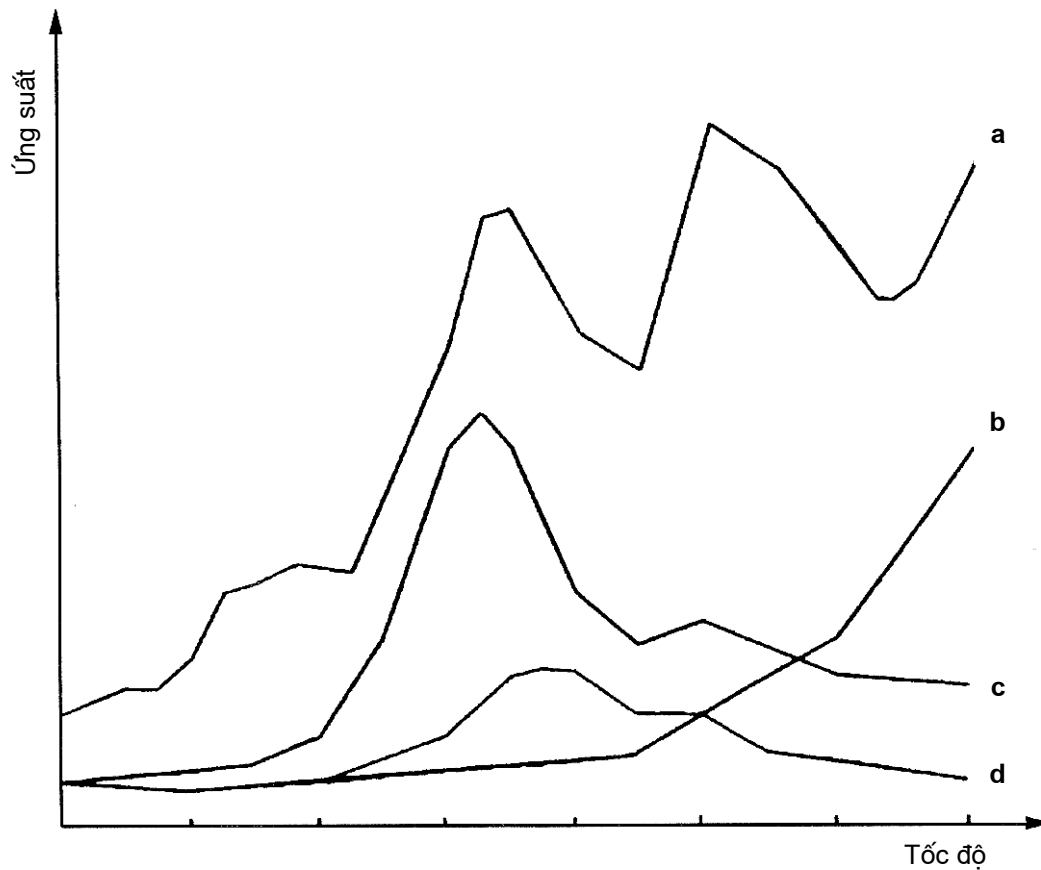
- | | |
|----------------|------------------|
| 1 Bộ giảm chấn | 8 Xi lanh 1 |
| 2 Thân | 9 Bánh đà |
| 3 Xi lanh 6 | 10 Quạt |
| 4 Xi lanh 5 | 11 Rô to |
| 5 Xi lanh 4 | 12 Bộ kích thích |
| 6 Xi lanh 3 | a Nút |
| 7 Xi lanh 2 | b Đường đàn hồi |

Hình 2 – Sơ đồ véc tơ điện hình

**CHÚ DẪN**

- | | | | |
|---|---------------------------------------|---|------------------------------------|
| a | Mô men trung bình | f | Thành phần điều hòa thứ 4, cấp 2 |
| b | Tổng các thành phần điều hòa | g | Thành phần điều hòa thứ 5, cấp 2,5 |
| c | Thành phần điều hòa thứ nhất, cấp 0,5 | h | Thành phần điều hòa thứ 6, cấp 3 |
| d | Thành phần điều hòa thứ 2, cấp 1 | i | Thành phần điều hòa thứ 7, cấp 3,5 |
| e | Thành phần điều hòa thứ 3, cấp 1,5 | j | Thành phần điều hòa thứ 8, cấp 4 |

Hình 3 – Sơ đồ phân tích điều hòa mô men động cơ bốn kỳ



CHÚ DẪN

a Tổng hợp
b Cấp 3,5

c Cấp 6
d Cấp 5,5

Hình 4 – Ứng suất dao động xoắn điển hình

4 Tính toán dao động xoắn

4.1 Yêu cầu chung

Khi biết các đặc điểm động lực học của hệ trục, có thể tính toán được:

- a) tần số và dạng dao động riêng của hệ trục;
- b) sự phản ứng của hệ trục với mô men kích thích.

Khi được thỏa thuận trước bằng hợp đồng, nhà cung cấp tổ máy có trách nhiệm tính toán dao động xoắn nhờ sử dụng một phương pháp thông thường do các bên liên quan thỏa thuận, và nếu thích hợp thì sử dụng tính toán đơn giản cho phép.

4.2 Phương pháp sử dụng

4.2.1 Dao động riêng

Đây là việc tính toán các giá trị riêng (tần số riêng) và véc tơ riêng (véc tơ riêng) của hệ phương trình tuyến tính tính toán hệ trục không có giảm chấn.

4.2.2 Dao động cưỡng bức

Đây là nghiệm của các phương trình vi phân có một vế biểu diễn mô men kích thích của động cơ, và nếu cần thì cả mô men kích thích của các thành phần khác của hệ trục khi không thể bỏ qua các mô men kích thích của chúng.

4.3 Dữ liệu tính toán

Các dữ liệu dùng cho việc tính toán dao động xoắn của hệ trục gồm mô men quán tính, độ cứng chống xoắn của mỗi thành phần, mô men kích thích của các thành phần, dải tốc độ làm việc, các thông số hoạt động riêng, và nếu cần thì gồm cả các dữ liệu liên quan đến việc giảm dao động xoắn, (xem 5.4).

Nhà sản xuất động cơ và nhà sản xuất máy công tác phải cho biết tất cả các thông tin liên quan về trang thiết bị mà họ cung cấp (ví dụ chân vịt) để nhà cung cấp tổ máy có thể thực hiện tính toán dao động xoắn.

4.4 Kết quả tính toán

Kết quả tính toán theo các phương pháp được nêu trong 4.2.1 và 4.2.2 có thể xác định được các thông số sau đây:

- a) tần số riêng, véc tơ riêng và tốc độ cộng hưởng;
- b) ứng suất xoắn trong hệ trục;
- c) mô men dao động ở các mối nối đàn hồi và ảnh hưởng của nó;
- d) biên độ dao động tại các điểm đã cho của đường trục;
- e) nhiệt sinh ra tại các mối nối và các nguồn giảm chấn khác.

Kết quả tính toán cũng có thể được sử dụng để tính gia tốc dao động của các bánh răng.

4.5 Báo cáo tính toán

Nếu bản hợp đồng yêu cầu lập báo cáo về tính toán dao động xoắn, thì bản báo cáo sẽ do nhà cung cấp tổ máy cung cấp. Bản báo cáo phải gồm các đặc điểm chính của động cơ đốt trong kiểu pít tông, cấu hình hệ trục và kết quả tính toán theo 4.4 nếu cần. Nếu nhà cung cấp ký hợp đồng phụ tính toán thì điều đó cần phải được nói rõ trong bản báo cáo.

TCVN 7144-5 : 2008

5 Đo dao động xoắn

5.1 Yêu cầu chung

Khi được qui định trong hợp đồng, việc đo dao động xoắn của hệ trục phải do nhà cung cấp tổ máy thực hiện để kiểm tra việc tính toán. Việc đo và vị trí đo phải được qui định trong hợp đồng để xác định biên độ tại vị trí này.

5.2 Phương pháp đo

Các thiết bị sau đây có thể được sử dụng để làm cảm biến đo dao động xoắn:

- a) Đầu dò xoáy (không tiếp xúc);
- b) Đồng hồ đo biến dạng;
- c) Bộ giải mã quang học.

Các phương pháp khác cũng có thể được sử dụng tùy thuộc vào sự thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp tổ máy.

5.3 Các thông số được đo

Tùy thuộc vào phương pháp đo, các thông số sau đây phải được đo và ghi trong báo cáo thử nghiệm:

- a) tốc độ quay của hệ trục;
- b) công suất động cơ;
- c) biên độ dao động xoắn;
- d) biến dạng;
- e) nhiệt độ môi trường thử nghiệm;
- f) tần số riêng và phạm vi tốc độ tới hạn;

Các thông số phụ khác có thể gây ảnh hưởng đến dao động xoắn gồm:

- g) thứ tự nổ của các xi lanh động cơ đốt trong kiểu pít tông.

Các thông số khác có thể được đo tùy thuộc vào thỏa thuận giữa khách hàng và nhà cung cấp tổ máy.

5.4 Báo cáo đo thử

Bản báo cáo đo thử dao động xoắn phải do nhà cung cấp tổ máy cung cấp nếu bản hợp đồng yêu cầu. Bản báo cáo cần bao gồm các đặc điểm chính của động cơ đốt trong kiểu pít tông, cấu hình hệ trục, các thông số đo theo 5.3 (nếu cần) và hiện trường thử nghiệm. Ngoài ra, bản báo cáo cũng cần ghi loại thiết bị đo, độ chính xác và phương pháp hiệu chỉnh thiết bị đo và vị trí các cảm biến. Nếu nhà cung cấp tổ máy ký hợp đồng phụ để đo dao động xoắn thì điều đó cần phải được nói rõ trong bản báo cáo thử.

Khi điều kiện đo khác với điều kiện qui định trong bản hợp đồng phải thỏa thuận trước khi bắt đầu đo về các vấn đề liên quan ảnh hưởng của các điều kiện khác nhau và việc hiệu chỉnh kết quả đo.

Nếu có sự khác nhau lớn giữa biên độ dao động được đo và biên độ dao động tính toán thì phải tiến hành đánh giá lại các kết quả tính toán nhờ sử dụng các giá trị đo (xem 4.3).

6 Yêu cầu chung

6.1 Nhà cung cấp tổ máy

Nhà cung cấp tổ máy có thể là nhà sản xuất động cơ hoặc nhà sản xuất máy công tác hoặc một nhà thầu thứ ba. Nếu khách hàng mua một động cơ từ một nhà sản xuất và máy công tác từ một nhà sản xuất khác thì người mua được coi là nhà cung cấp tổ máy.

6.2 Sự bảo hành

Nhà cung cấp tổ máy có thể bảo hành tổ máy hoạt động thỏa mãn về phương diện dao động xoắn chỉ khi sự hướng dẫn về lắp đặt và bảo trì được tuân thủ một cách chính xác.

6.3 Trách nhiệm

6.3.1 Khi tính toán dao động xoắn của hệ trục hoàn chỉnh được yêu cầu thì nhà cung cấp tổ máy phải có trách nhiệm tính toán ngay cả khi ký hợp đồng phụ.

6.3.2 Khi việc kiểm tra bổ sung về dao động xoắn của hệ trục hoàn chỉnh được yêu cầu thì nhà cung cấp tổ máy phải có trách nhiệm thực hiện đo ngay cả khi ký hợp đồng phụ. Đặc biệt là nhà cung cấp tổ máy có quyền chọn phương pháp đo với sự thỏa thuận với khách hàng hoặc cơ quan kiểm tra đại diện cho họ.

6.3.3 Nếu có một phạm vi tốc độ làm việc của cụm máy mà tại đó dao động có thể gây nguy hiểm thì nhà cung cấp tổ máy phải thực hiện các bước cần thiết để loại trừ các dao động tới hạn hoặc tránh vùng tốc độ này.

6.3.4 Mọi hoạt động hiệu chỉnh nếu cần để thay đổi hệ trục đều là trách nhiệm của nhà cung cấp tổ máy và phải được các nhà sản xuất phụ tùng và các bên khác đồng ý.
