

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 7699-3-8:2014**

**IEC 60068-3-8:2003**

Xuất bản lần 1

**THỬ NGHIỆM MÔI TRƯỜNG  
PHẦN 3-8: TÀI LIỆU HỖ TRỢ VÀ HƯỚNG DẪN –  
LỰA CHỌN TRONG SỐ CÁC THỬ NGHIỆM RUNG**

*Environmental testing –*

*Part 3-8: Supporting documentation and guidance –*

*Selecting amongst vibration tests*

**HÀ NỘI – 2014**



**Mục lục**

	<b>Trang</b>
Lời nói đầu .....	4
1 Phạm vi áp dụng .....	5
2 Tài liệu viện dẫn .....	5
3 Thuật ngữ và định nghĩa .....	6
4 Mô tả các phương pháp thử nghiệm rung .....	8
5 Môi trường rung của mẫu thử .....	10
6 Ước lượng các điều kiện động “thực tế” đối với mẫu thử.....	11
7 Lựa chọn phương pháp thử nghiệm .....	17
8 Khảo sát đáp ứng rung của mẫu thử .....	19
Thư mục tài liệu tham khảo.....	24

## **Lời nói đầu**

TCVN 7699-3-8:2014 hoàn toàn tương đương với IEC 60068-3-8:2003;

TCVN 7699-3-8:2014 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/E3 *Thiết bị điện tử dân dụng* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

## Thử nghiệm môi trường –

### Phần 3-8: Tài liệu hỗ trợ và hướng dẫn –

### Lựa chọn trong số các thử nghiệm rung

*Environmental testing –*

*Part 3-8: Supporting documentation and guidance –*

*Selecting amongst vibration tests*

#### 1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này cung cấp hướng dẫn cho việc lựa chọn rung hình sin  $F_c$ , rung ngẫu nhiên  $F_h$  và rung hỗn hợp  $F(x)$  trong số các phương pháp thử nghiệm rung cố định trong IEC 60068-2. Các phương pháp thử nghiệm xác lập khác nhau và mục đích của chúng được mô tả ngắn gọn ở Điều 4. Các phương pháp thử nghiệm quá độ không được đưa vào.

Đối với thử nghiệm rung, cần biết các điều kiện môi trường, đặc biệt các điều kiện động đối với mẫu thử. Tiêu chuẩn này giúp thu thập thông tin về các điều kiện môi trường (Điều 5), để ước lượng hoặc đo các điều kiện động (Điều 6) và đưa ra ví dụ để cho phép đưa ra các quyết định về phương pháp thử nghiệm rung môi trường có thể áp dụng được nhất. Phương pháp lựa chọn thử nghiệm thích hợp được đưa ra, bắt đầu từ điều kiện. Bởi vì các điều kiện rung thực tế bị chi phối bởi rung có bản chất ngẫu nhiên, nên thử nghiệm ngẫu nhiên là phương pháp được sử dụng rộng rãi nhất, xem Bảng 1, Điều 7.

Các phương pháp được đưa vào dưới đây có thể được sử dụng để xem xét đáp ứng rung của mẫu thử đang được thử nghiệm trước, trong khi và sau thử nghiệm rung. Việc lựa chọn phương pháp kích thích thích hợp được mô tả ở Điều 8 và trình bày theo dạng bảng trong Bảng 2.

Trong quy định kỹ thuật tiêu chuẩn này, người viết sẽ tìm các thông tin liên quan đến các phương pháp thử nghiệm rung và hướng dẫn đối với việc lựa chọn. Đối với hướng dẫn về các tham số thử nghiệm, hoặc độ khắc nghiệt của một trong các phương pháp thử nghiệm này, cần tham khảo các tài liệu tiêu chuẩn viện dẫn.

#### 2 Tài liệu viện dẫn

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

## **TCVN 7699-3-8:2014**

TCVN 7699-1 (IEC 60068-1), *Thử nghiệm môi trường – Phần 1: Quy định chung và hướng dẫn*

TCVN 7699-2-6 (IEC 60068-2-6), *Thử nghiệm môi trường – Phần 2-6: Các thử nghiệm – Thử nghiệm Fc: Rung (hình sin)*

TCVN 7699-2-64, (IEC 60068-2-64), *Thử nghiệm môi trường – Phần 2-64: Các thử nghiệm – Thử nghiệm Fh: Rung, ngẫu nhiên băng tần rộng (điều khiển số) và hướng dẫn*

TCVN 7699-2-80 (IEC 60068-2-80), *Thử nghiệm môi trường – Phần 2-80: Các thử nghiệm – Thử nghiệm F: Rung – Chế độ hỗn hợp*

IEC 60721-3 (all parts), *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities (Phân loại điều kiện môi trường – Phần 3: Phân theo nhóm tham số môi trường và độ khắc nghiệt của chúng)*

IEC 60721-4 (all parts), *Classification of environmental conditions – Part 4: Guidance for the correlation and transformation of environmental condition classes of IEC 60721-3 to the environmental tests of IEC 60068-2 (Phân loại điều kiện môi trường – Phần 4: Hướng dẫn về tương quan và chuyển đổi các lớp điều kiện môi trường của bộ tiêu chuẩn IEC 60721-3 sang thử nghiệm môi trường của bộ tiêu chuẩn IEC 60068-2)*

IEC Guide 104:1997, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications (Chuẩn bị các bản công bố về an toàn và sử dụng các công bố về an toàn cơ bản và các công bố về an toàn nhóm)*

ISO 2041, *Vibration and shock – Vocabulary (Rung và xóc – Từ vựng)*

ISO 5348, *Mechanical vibration and shock – Mechanical mounting of accelerometers (Rung và xóc cơ học – Lắp phần cơ các gia tốc kế)*

### **3 Thuật ngữ và định nghĩa**

Đối với mục đích của tiêu chuẩn này, các thuật ngữ và định nghĩa sử dụng được định nghĩa chung trong ISO 2041, trong TCVN 7699-1 (IEC 60068-1), TCVN 7699-2-6 (IEC 60068-2-6) TCVN 7699-2-64 (IEC 60068-2-64). Trường hợp, để thuận tiện cho người đọc, định nghĩa từ một trong các nguồn đó được đưa vào ở đây, nguồn gốc được chỉ ra và các sai khác so với các định nghĩa trong các nguồn đó cũng được chỉ ra.

#### **3.1**

##### **Điều kiện động** (dynamic conditions)

Tất cả các tham số mô tả môi trường rung đối với một mẫu thử

#### **3.2**

##### **Rung tĩnh tại** (stationary vibration)

Kiểu rung với tất cả các tham số liên quan đến rung (thống kê và phổ) đều không đổi theo thời gian

**3.3****Quét tần số** (frequency sweep)

Thay đổi tần số kích thích trong quá trình thử nghiệm hình sin

CHÚ THÍCH: Để có thêm các định nghĩa về thử nghiệm hình sin, xem TCVN 7699-2-6 (IEC 60068-2-6).

**3.4****Phổ tuyến tính** (linear spectrum)

Kiểu phổ sử dụng cho các tín hiệu chu kỳ, thường được tính toán với các thuật toán biến đổi Fourier nhanh (FFT), các đơn vị sử dụng là, ví dụ,  $m/s^2 \times s$  hoặc  $g/Hz$  hoặc  $g \times s$

[IES-RP-DET 012.1]

**3.5****Mật độ phổ gia tốc** (acceleration spectral density)**ASD**

Kiểu phổ sử dụng cho các tín hiệu ngẫu nhiên cố định, thường được tính toán bằng cách sử dụng các phép biến đổi Fourier rời rạc bình phương (DFT): giá trị trung bình bình phương của phần tín hiệu gia tốc đi qua bộ lọc băng hẹp của một tần số trung tâm, trên một đơn vị băng thông, trong giới hạn khi băng thông tiến tới "0" và thời gian lấy trung bình tiến tới vô cùng, đôi khi được gọi là phổ tự động, đơn vị sử dụng là  $(m/s^2)^2/Hz$  hoặc  $g_n^2/Hz$ .

[ISO 2041, đã sửa đổi]

**3.6****Tự tương quan** (autocorrelation)

Đơn vị thống kê của mức độ một phần tín hiệu liên quan đến phần khác (dịch chuyển một thời gian đã cho) của cùng một tín hiệu

CHÚ THÍCH: Biến đổi Fourier của hàm tự tương quan cho ra ảnh phổ tự động hay ASD, đơn vị là hệ số từ -1 đến +1.

**3.7****Cấp tự do thống kê** (statistical degrees of freedom)**DOF**

Để ước tính mật độ phổ gia tốc của dữ liệu ngẫu nhiên bằng kỹ thuật lấy trung bình theo thời gian, số cấp tự do thống kê hiệu quả suy ra từ độ phân giải tần số và thời gian lấy trung bình hiệu quả.

[IEC 60068-2-64, 4.3.5, ISO 2041, đã sửa đổi]

**3.8****Tần số tới hạn** (critical frequency)

Các tần số mà tại đó

- Việc mẫu thử hoạt động sai và/hoặc suy giảm tính năng, tùy thuộc vào sự rung, được biểu lộ ra, và/hoặc
- các cộng hưởng cơ học và/hoặc các hiệu ứng đáp ứng khác xảy ra, ví dụ như rung lắc

## 4 Mô tả các phương pháp thử nghiệm rung

### 4.1 Tổng quan

Thử nghiệm môi trường được sử dụng để mô phỏng trong phòng thí nghiệm các tác động của môi trường rung trong thực tế. Thử nghiệm rung sử dụng các tín hiệu đầu vào khác nhau để kích thích mẫu thử, ví dụ như trên bàn rung. Các phương pháp thử nghiệm được đặc trưng bởi các tín hiệu đầu vào đó.

### 4.2 Phương pháp thử nghiệm

Rung hình sin và rung ngẫu nhiên là các quá trình vật lý khác nhau và tạo ra các tác động khác nhau lên mẫu thử. Người viết quy định kỹ thuật cần nhận thức rằng, do các quá trình này khác nhau về bản chất vật lý nên không có một sự tương đương chính xác nào giữa thử nghiệm rung hình sin và thử nghiệm rung ngẫu nhiên. Hết sức khuyến cáo rằng không cố chuyển đổi các độ khắc nghiệt từ hình sin sang ngẫu nhiên, hoặc ngược lại.

Mô tả tóm tắt các phương pháp thử nghiệm rung khác nhau được đưa ra.

#### 4.2.1 Thử nghiệm hình sin

Thử nghiệm hình sin (TCVN 7699-2-6 (IEC 60068-2-6)) sử dụng một tín hiệu hình sin với tần số và biên độ cố định hoặc thay đổi. Vào bất kỳ thời điểm nào, chỉ áp dụng một tần số duy nhất. Các điều kiện thử nghiệm bao gồm dải tần số (băng tần) hoặc các tần số cố định, biên độ rung và khoảng thời gian thử nghiệm.

Rung hình sin, nếu có, hiếm khi xảy ra trong môi trường thực như một sự rung động ở tần số duy nhất tách biệt. Đây có thể là trường hợp thậm chí khi đang đo gia tốc trực tiếp trên máy đang quay. Các dung sai hoặc khe hở thực, chẳng hạn như ở các bánh răng hoặc ổ trục, thường dẫn tới một thay đổi nhỏ về tần số. Một dạng rung ngẫu nhiên nào đó cũng được tạo ra bởi các thuộc tính ngẫu nhiên của máy đang quay.

Rung hình sin có thể được mô tả mang tính tất định. Nó tuân theo sau một mẫu hình đã được xác lập đến mức giá trị rung tại thời điểm bất kỳ trong tương lai hoàn toàn có thể tiên đoán được từ lịch sử trước đó.

Lĩnh vực mà loại thử nghiệm này có thể có lợi thế là xác định thời điểm sự cố trong một lần quét tần số, khi mà có thể kết hợp nó với một tần số cụ thể mà, nếu không, có thể không thực sự hiển nhiên nếu áp dụng một thử nghiệm ngẫu nhiên. Tuy nhiên, so sánh với rung ngẫu nhiên, rung hình sin có xu hướng mất nhiều thời gian hơn để gây ra hỏng bởi vì nó kích thích mỗi sự cộng hưởng chỉ trong thời gian ngắn trong một lần quét. Mặc dù chỉ một tần số được áp dụng ở một thời điểm bất kỳ, nó cho phép một sự cộng hưởng cụ thể của mẫu thử có khả năng tạo nên biên độ đầy đủ của nó, nếu tốc độ quét đủ thấp. Nó cũng có thể được sử dụng để thiết lập các cộng hưởng gây hư hại có thể có, nhất là trong quá trình thử nghiệm thiết kế/phát triển.

Một ứng dụng bổ sung của thử nghiệm rung hình sin có thể là “thử nghiệm giữ” tần số, ở



- a) một tần số cưỡng bức đã biết, hoặc
- b) ở các tần số cộng hưởng của mẫu thử.

#### 4.2.2 Thử nghiệm ngẫu nhiên

Kích thích ngẫu nhiên sử dụng một tín hiệu đầu vào mang tính xác suất, ngẫu nhiên, tín hiệu này bao gồm tất cả các tần số trong một dải tần xác định (băng tần) ở mọi thời điểm (TCVN 7699-2-64 (IEC 60068-2-64)). Các giá trị tức thời được phân bố theo hàm chuẩn (phân bố Gauss). Phân bố trên dải tần số này được quy định bởi đường cong mật độ phổ gia tốc (ASD).

Rung ngẫu nhiên là loại kích thích phổ biến nhất thường xảy ra trong môi trường thực tế. Không thể tiên đoán được các giá trị tức thời của nó trong tương lai từ lịch sử trước đó, và do đó, chỉ có thể tiên đoán được các giá trị này trên cơ sở xác suất. Thực vậy, thuộc tính này có thể áp dụng cho phần lớn các tính toán liên quan tới rung ngẫu nhiên, ví dụ, hiện tượng mỏi, sự đảo ngược ứng suất, v.v...

Trái ngược với thử nghiệm hình sin, rung ngẫu nhiên kích thích liên tục một cộng hưởng trong suốt thời gian thử nghiệm, mặc dù không đạt tới một giá trị cực đại. Hầu hết các tín hiệu rung ngẫu nhiên trong phòng thử nghiệm đều bao gồm các mức ba sigma, có nghĩa là giá trị tức thời của kích thích trong dải tần số thử nghiệm có thể nằm trong khoảng giữa giá trị "0" và ba lần giá trị trung bình bình phương tổng của tín hiệu. Một sự khác biệt nữa cần xem xét với kích thích ngẫu nhiên là có một số các đảo ngược ứng suất có thể xảy ra, theo chiều dương cũng như chiều âm, ở khoảng cắt qua điểm "0". Thuộc tính này có thể ảnh hưởng tới cộng dồn hư hại mỏi và do đó ảnh hưởng tới tuổi thọ kỳ vọng tới khi hỏng.

#### 4.2.3 Thử nghiệm chế độ hỗn hợp

Thử nghiệm chế độ hỗn hợp (TCVN 7699-2-80 (IEC 60068-2-80)) kết hợp các tín hiệu hình sin và ngẫu nhiên. Có thể mô phỏng các môi trường có nhiều hơn một nguồn rung. Tùy thuộc vào kiểu nguồn rung được kết hợp, các thử nghiệm có thể được gọi là:

- hình sin trên ngẫu nhiên (SoR);
- ngẫu nhiên trên ngẫu nhiên (RoR);
- hình sin trên ngẫu nhiên trên ngẫu nhiên (SoRoR).

CHÚ THÍCH: Xóc trên ngẫu nhiên (quá độ trên rung có tính xác suất giống như thử nghiệm nổ súng) không được tính đến trong tiêu chuẩn này.

Thử nghiệm chế độ hỗn hợp kết hợp các lợi thế của thử nghiệm hình sin cũng như thử nghiệm ngẫu nhiên, cho phép xấp xỉ gần đúng hơn với môi trường thực tế. Ngoài ra, thử nghiệm này cho phép tiến hành chỉnh sửa thử nghiệm cho phù hợp ở mức độ cao hơn và một điều quan trọng không kém là giảm thiểu mức độ thử nghiệm quá mức hoặc dưới mức bởi vì cả hai việc này đều có thể dẫn đến hậu quả tai hại. Nhược điểm chính của thử nghiệm này là tăng tính phức tạp trong việc hiểu quy định kỹ thuật, kiểm soát và xác nhận thử nghiệm.

### 4.3 Thử nghiệm gia tốc

Có thể cần phải nâng độ khắc nghiệt thử nghiệm lên cao hơn so với các điều kiện động thực tế, ví dụ để giới hạn thời gian thử nghiệm. Bằng việc tăng các mức rung, các ứng suất cơ trong mẫu thử tăng lên và tuổi thọ đối với hư hại do mỏi rút ngắn. Nhìn chung, có thể thử nghiệm gia tốc đối với tất cả các phương pháp thử nghiệm mô tả trên đây.

Thử nghiệm gia tốc yêu cầu một sự phán đoán về kĩ thuật ở mức độ cao trong việc lựa chọn các yếu tố gia tốc. Chúng rất khác nhau đối với các cơ chế hỏng đa dạng và phụ thuộc vào kết cấu của chính mẫu thử (ví dụ tiếng lách cách do bắt không chặt, các yếu tố phi tuyến), vật liệu (hiệu ứng tập trung ứng suất tại rãnh cắt, các mối hàn, xử lí nhiệt), đặt tải và các điều kiện môi trường khác. Khi sử dụng các yếu tố gia tốc cao, nhiều kiểu hỏng hoặc vị trí hỏng khó tin có thể xảy ra trên mẫu thử (TCVN 7699-1 (IEC 60068-1)) hoặc nhiều kiểu hỏng quan trọng có thể được loại bỏ. Ví dụ, hiện tượng mỏi do lỏng lẻo giữa các bộ phận có thể được loại bỏ/ngăn chặn ở các mức thử nghiệm cao không thực tế.

Ví dụ về một hệ số gia tốc đối với thép non:

Đối với các hư hỏng do mỏi của thép non, khuyến cáo các yếu tố gia tốc không lớn hơn 2. Các mức gia tốc thử nghiệm  $a_{test}$  không nên tăng lên cao hơn hệ số 2 so với các mức thực tế  $a_{real\ life}$ . Đối với thử nghiệm hình sin, điều này có nghĩa biên độ thử nghiệm  $a_{peak}$  nên nhỏ hơn hai lần biên độ thực tế  $a_{peak, real\ life}$ . Giá trị trung bình bình phương của kích thích thử nghiệm  $a_{rms}$  trong suốt thử nghiệm ngẫu nhiên gia tốc nên được giới hạn ở hai lần giá trị trung bình bình phương thực tế  $a_{rms, real\ life}$ .

Hình sin:  $a_{peak} \leq 2 \times a_{peak, real\ life}$

Ngẫu nhiên:  $a_{rms} \leq 2 \times a_{rms, real\ life}$

CHÚ THÍCH: Đối với thép non và hỏng do mỏi, hệ số gia tốc bằng 2 giảm thời gian thử nghiệm xuống từ 8 đến 32 lần.

Một hệ số gia tốc lớn hơn có thể thích hợp nếu hiểu chi tiết về mẫu thử, kiểu sai hỏng, vị trí hư hại, các ứng suất ở vị trí này, vật liệu và các đặc tính mỏi của mẫu thử (đường cong S/N). Nhìn vào các đường cong ứng suất-số chu kỳ đến khi hỏng thích hợp của vật liệu được xem xét, có thể chọn hệ số gia tốc bằng cách xem xét số lượng cắt giảm các chu kỳ đến khi hỏng so với số chu kỳ thực tế, và mức ứng suất tăng cao tương ứng. Đối với thử nghiệm mỗi gia tốc, khuyến cáo sử dụng kích thích hình sin tại các tần số cố định hoặc tần số cộng hưởng.

## 5 Môi trường rung của mẫu thử

### 5.1 Tổng quan

Thử nghiệm môi trường được sử dụng để mô phỏng trong phòng thí nghiệm các tác động của môi trường rung thực tế. Dưới đây đưa ra một đề xuất nhằm ước lượng môi trường rung này.

## 5.2 Thu thập thông tin, chuẩn bị ra quyết định

Xác định chu kỳ sống của mẫu thử như quy định trong IEC 60721-4.

Mô tả các điều kiện động trong từng trạng thái của chu kỳ sống.

Xác định và mô tả các rung gập phải trong sử dụng:

- ước lượng các ảnh hưởng bên ngoài;
- ước lượng các ảnh hưởng bên trong (rung máy và cộng hưởng kích thích mẫu thử, khe hở và tiếng lách cách);
- ước lượng các ảnh hưởng quay.

## 5.3 Xác định các điều kiện động

Với các thông tin thu thập được ở 5.2, có thể chọn một trong các điều kiện động nêu trong Bảng 1. Nếu không có lớp nào thích hợp, cần ước lượng kiểu điều kiện môi trường (xem Điều 6).

## 6 Ước lượng các điều kiện động “thực tế” đối với mẫu thử

### 6.1 Tổng quan

Nếu môi trường thực tế không khớp với các lớp được nêu ở 5.3 và Bảng 1, kiểu môi trường rung cần được xác định theo cách khác nào đó. Có nhiều phương pháp khác nhau để thu nhận thông tin về các điều kiện động:

- đo rung thực tế;
- sử dụng kinh nghiệm và phán đoán kỹ thuật;
- sử dụng một tiêu chuẩn thích hợp, ví dụ như bộ TCVN 7921-3 (IEC 60721-3).

Cần phải quyết định quy định kỹ thuật nào thể hiện tốt nhất các điều kiện thực, ví dụ như đối với vận chuyển gói hàng bằng máy bay trực thăng, quy định kỹ thuật sử dụng có thể là RoR và không nhất thiết phải là SoR.

- ngoại suy từ dự án trước đó/tương tự.

Điều này chỉ đề cập cách xác định kiểu môi trường rung (các kiểu rung hình sin, rung xác suất hoặc cả hai chiếm ưu thế) mà không phải là độ khắc nghiệt, bởi vì mục tiêu chủ yếu của tiêu chuẩn này là chọn trong số các thử nghiệm rung. Phương pháp được khuyến nghị là thực hiện các phép đo rung thực tế, và từ việc phân tích dữ liệu đo được, xác định kiểu môi trường. Điều này giả định rằng có thể thực hiện các phép đo như vậy hoặc sẵn có các dữ liệu về phép đo này.

CHÚ THÍCH: Do phương pháp được khuyến cáo là phương pháp tốn kém nhất, sẽ là hiệu quả về chi phí nếu sử dụng các dữ liệu đo để xác định độ khắc nghiệt.

## **6.2 Đo các điều kiện động**

Một mô tả ngắn gọn về các hoạt động chính cần thiết để đo và phân tích các dữ liệu rung đối với mục đích của tiêu chuẩn này được đưa ra dưới đây.

CHÚ THÍCH: Để biết thêm chi tiết, tham khảo IES-RP-DET 012.1 và DIN 30787.

### **6.2.1 Lập kế hoạch**

Lên kế hoạch cẩn thận là rất quan trọng để đảm bảo nhận được dữ liệu tốt nhất có thể. Điều này bao gồm các bước sau đây:

- Lựa chọn (các) vị trí đo (và (các) hướng đo), càng gần (các) điểm cố định mẫu thử càng tốt.
- Lựa chọn kiểu và số lượng cảm biến (ISO 5348).
- Lựa chọn hệ thống thu thập dữ liệu.
- Lựa chọn dải động và dải tần số bộ chuyển đổi tương tự-số.
- Xác định các điều kiện vận hành của thiết bị đo và khoảng thời gian đo.
- Xem xét và ước lượng tính không chính xác của dữ liệu và các nguồn sai lỗi có thể.

### **6.2.2 Hiệu chuẩn**

Trước khi thực hiện bất cứ phép đo nào, cần phải tiến hành hiệu chuẩn dây chuyền đo; cũng cần kiểm tra các lỗi như nhiễu thiết bị đo quá mức, nhiễu gián đoạn hoặc nhiễu từ dây nguồn. Ngoài ra, tất cả thiết bị đo đều phải được hiệu chuẩn.

### **6.2.3 Thu thập dữ liệu**

Dữ liệu thực tế cần được thu thập trong các điều kiện như đang hoạt động thích hợp, bao gồm mọi tham số khí hậu hoặc các tham số khác như vậy, bởi vì chúng có thể có một tác động nào đó lên thông tin thu thập được và có thể giúp trong việc giải thích các kết quả dị thường.

### **6.2.4 Hiệu chuẩn lại**

Sau khi hoàn thành 6.2.3, cần tiến hành hiệu chuẩn lại, hoặc ít nhất là kiểm tra hệ thống, để xác định rằng thiết bị đo vẫn hoạt động và trong phạm vi hiệu chuẩn.

## **6.3 Phân tích dữ liệu**

### **6.3.1 Tổng quan**

Các phân tích phổ, mật độ xác suất và tự động tương quan là các công cụ cần thiết để xác định đặc tính chiếm ưu thế của một tín hiệu trong một phép đo về môi trường thực, mà trong trường hợp này có thể mang tính ngẫu nhiên hoặc tiền định, hoặc kết hợp cả hai.

CHÚ THÍCH: Đã giả định rằng các tín hiệu động đo được là ổn định; nếu không, cần đặc biệt cẩn thận trong khi phân tích để xác định và tách riêng các tín hiệu sao cho có thể áp dụng các kỹ thuật phù hợp.

Trước khi phân tích chi tiết, khuyến cáo kiểm tra bằng mắt tín hiệu, cả trong miền thời gian và miền tần số. Điều này có thể giúp xác định các lỗi có thể xảy ra như:

- cắt xén tín hiệu,
- các xu hướng tạp nhiễu,
- bỏ sót tín hiệu,
- nhiễu kỹ thuật số quá mức (do chọn dải động quá rộng),
- điểm sai lạc,
- trục trặc bộ chuyển đổi tương tự-số.

Trong quá trình kiểm tra bằng mắt dữ liệu phổ, có thể có các đỉnh xác định rõ nét có khả năng tương quan với một nguồn tự nhiên. Các đỉnh như vậy có thể do một nguồn chu kì chẳng hạn như máy quay, hoặc có thể là cộng hưởng ít được cản dìm của một cấu trúc, tức là, đỉnh phổ thể hiện một tín hiệu ngẫu nhiên băng tần hẹp thay vì một tín hiệu có chu kì. Như đã nêu trên, có ba qui trình cơ bản có thể sử dụng để phân biệt giữa hai loại tín hiệu này. Qui trình đầu tiên là qui trình đơn giản: sử dụng phân tích phổ, qui trình thứ hai là qui trình bao gồm phân tích mật độ xác suất và qui trình thứ ba liên quan tới sự tự tương quan.

### 6.3.2 Phân tích phổ

Các tín hiệu chu kì và ngẫu nhiên sẽ thể hiện khác nhau tùy thuộc vào băng thông phân tích. Bởi vì theo lý thuyết, đỉnh phổ của một tín hiệu chu kì không có băng thông, độ rộng của đỉnh sẽ giống như băng thông phân tích. Điều này có nghĩa là độ rộng của đỉnh sẽ tuân theo sự thay đổi trong độ phân giải tần số.

Đặc tính của một thành phần ngẫu nhiên băng hẹp là độc lập với băng thông phân tích, với điều kiện băng thông phân tích nhỏ hơn nhiều so với băng thông của thành phần băng hẹp.

Có hai loại phổ cần thiết cho việc phân tích phổ băng hẹp: phổ tuyến tính và ASD (mật độ phổ gia tốc). Khi sử dụng phổ tuyến tính, biên độ đỉnh phổ của một thành phần ngẫu nhiên băng hẹp sẽ giảm xuống, trong khi đó đỉnh của thành phần chu kì sẽ không giảm, khi giảm băng thông phân tích. Mặt khác, nếu tính toán một ASD (mật độ phổ gia tốc), thành phần chu kì sẽ tăng lên và thành phần ngẫu nhiên sẽ gần như không đổi khi giảm độ phân giải tần số hoặc tăng băng thông.

### 6.3.3 Phân tích mật độ xác suất

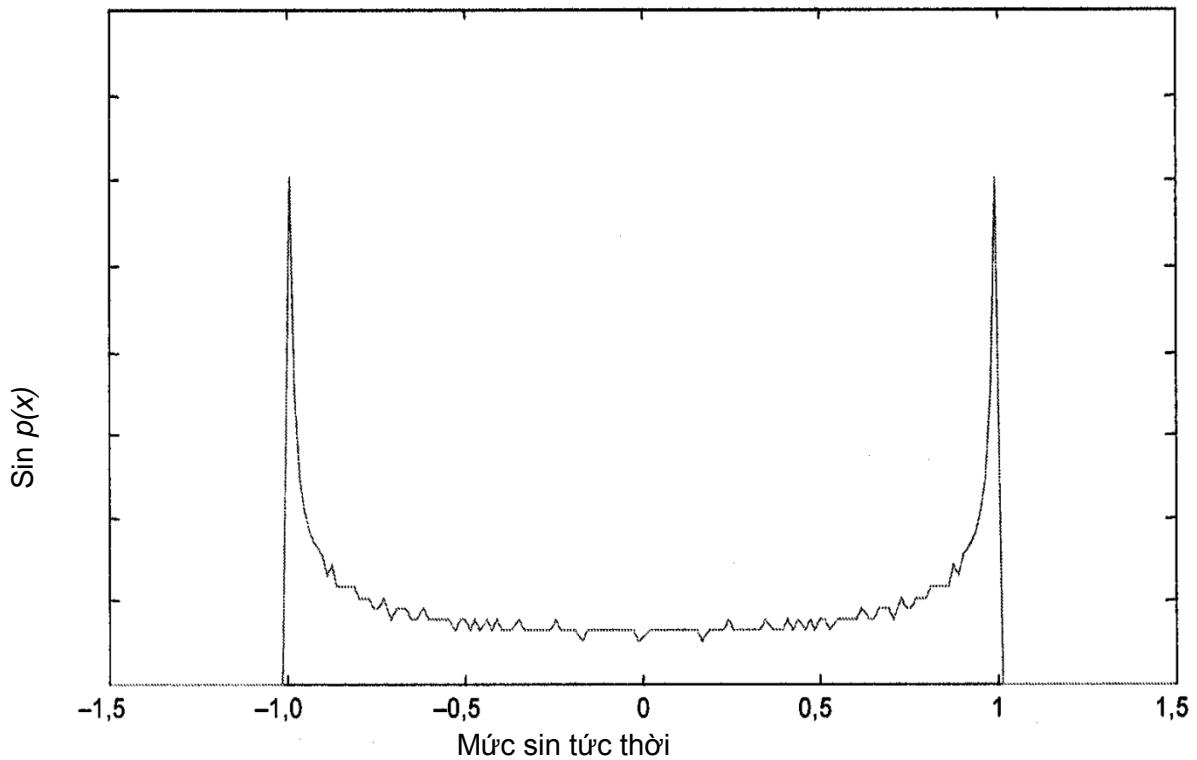
Mật độ xác suất mô tả xác suất  $p(x)$  của giá trị tức thời của một tín hiệu có một giá trị  $x$  nào đó. Đối với các tín hiệu ngẫu nhiên nói chung, thường người ta giả định rằng chúng được phân bố theo hàm chuẩn (phân bố Gauss).

Khi xử lý các tín hiệu cận chu kì, ví dụ như, nếu như tần số của thành phần chu kì trong tín hiệu ngẫu nhiên băng rộng không cố định, ví dụ như máy móc quay với tốc độ quay biến đổi, hoặc khi biên độ của một tín hiệu chu kì được điều biến một cách ngẫu nhiên, phân tích mật độ xác suất băng tần giới hạn là rất có ích (IES-RP-DET-012.1).

Nếu đỉnh phổ bắt nguồn từ một tín hiệu ngẫu nhiên băng hẹp, hàm mật độ xác suất của tín hiệu lọc dải thông sẽ rất gần với dạng Gauss.

Hàm mật độ xác suất của tín hiệu hình sin tần số đơn được thể hiện trên Hình 1. Nếu tín hiệu là sự pha trộn của các tín hiệu hình sin và ngẫu nhiên, hình dạng sẽ như trên Hình 2.

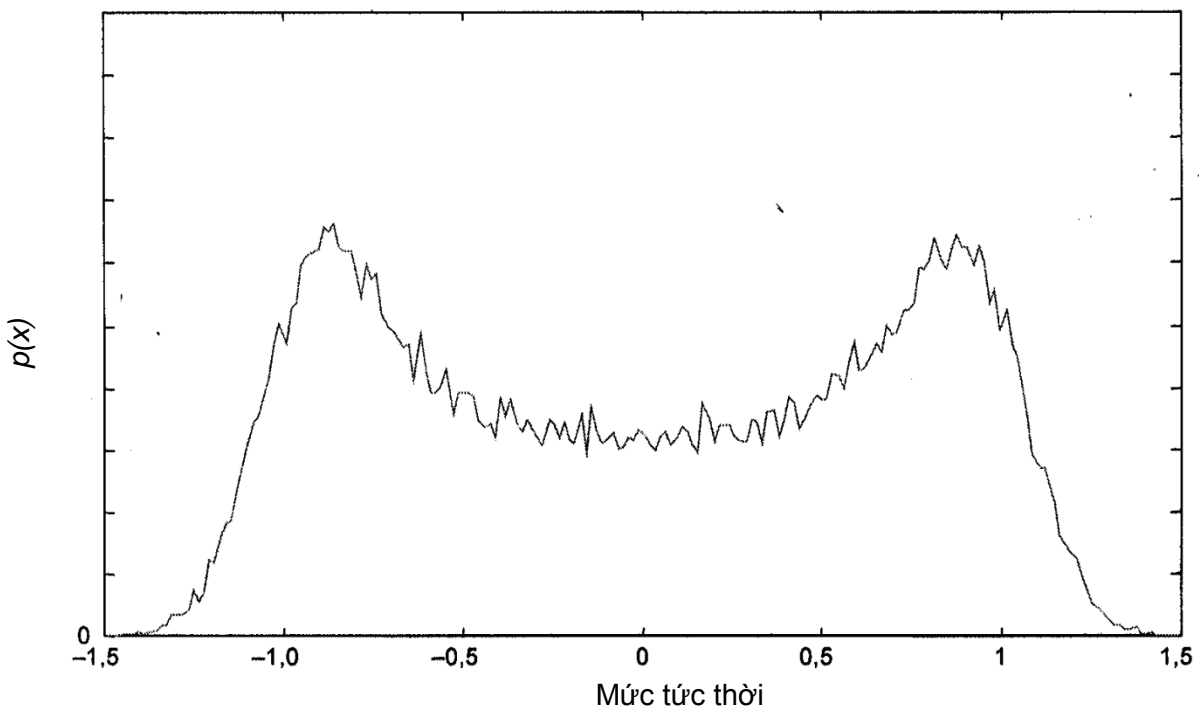
Hàm mật độ xác suất hình sin



CHÚ THÍCH: Đường cong không đều đặn do nhiễu trong thiết bị xử lí tín hiệu.

Hình 1 – Mật độ xác suất của một tín hiệu hình sin tần số đơn lẻ

Hàm mật độ xác suất sin-ngẫu nhiên



Hình 2 – Mật độ xác suất của một sự pha trộn các tín hiệu hình sin và ngẫu nhiên

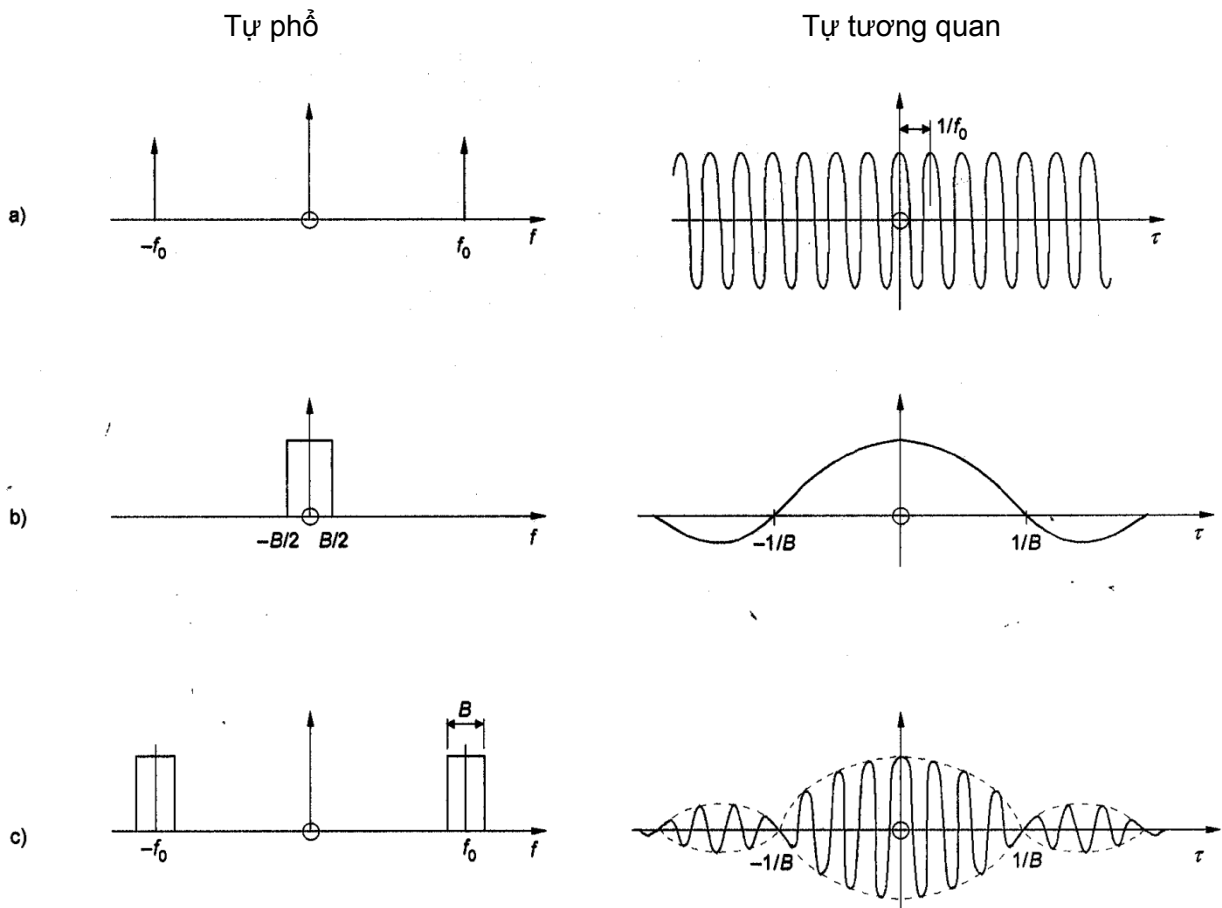
Hình dạng của hàm mật độ xác suất đưa ra thông tin quan trọng về kiểu và tỉ lệ các mức của các thành phần khác nhau trong tín hiệu. Điều này dẫn tới phương pháp thử nghiệm thích hợp như mô tả ở Điều 7.

### 6.3.4 Tự tương quan

Hàm tự tương quan là phép biến đổi Fourier ngược của một phổ tự động (ở đây là mật độ phổ gia tốc -ASD) và cũng có thể có ích khi phát hiện bất cứ khi nào có tín hiệu hình sin hay tín hiệu ngẫu nhiên.

Đối với một tín hiệu thời gian hình sin, hàm tự tương quan luôn cho một nghiệm hình sin, như thể hiện trên Hình 3a.

Hàm tự tương quan đối với tín hiệu ngẫu nhiên giới hạn băng tần, với tần số ngưỡng bộ lọc băng thấp (lí tưởng)  $B/2$ , là một hàm sin  $x/x$  với các giá trị "0" ở các bội số của  $1/B$  (xem Hình 3b). Khi tín hiệu ngẫu nhiên được lọc băng thông với tần số trung tâm  $f_0$  (ngẫu nhiên băng hẹp) hàm tự tương quan được cho ở dạng tích của các hàm tự tương quan trong các Hình 3a và 3b. Vì vậy nó là một hàm cosin được điều biến theo biên độ, với đường bao được cho bởi một hàm sin  $x/x$ , như thể hiện trên Hình 3c.



Hình 3a – Hình sin, tần số  $f_0$

Hình 3b – Ngẫu nhiên giới hạn băng tần, tần số ngưỡng  $B/2$

Hình 3c – Ngẫu nhiên băng hẹp, băng thông  $B$ , tần số trung tâm  $f_0$

**Hình 3 – Các hàm tự tương quan đối với các tín hiệu khác nhau <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Theo Randall và các tác giả khác, xem Thư mục tài liệu tham khảo

## 7 Lựa chọn phương pháp thử nghiệm

### 7.1 Tổng quan

Để đưa ra quyết định về phương pháp thử nghiệm thích hợp, cần có các thông tin dưới đây:

- mô tả môi trường rung (xem Điều 5);
- xác định loại môi trường (xem 5.3);
- ước tính các điều kiện động (xem Điều 6).

Sau khi đánh giá thông tin này, cần xác định liệu mẫu thử sẽ được lắp đặt hoặc cố định vào một kết cấu rung hay không (ví dụ khi vận chuyển). Sau đó, có thể lựa chọn một trong số các phương pháp thử nghiệm dưới đây (xem Bảng 1).

Nếu các điều kiện động học của mẫu thử đã được ước tính theo Điều 6, tham khảo các hàng cuối cùng trong Bảng 1.

CHÚ THÍCH: Để biết chi tiết về việc xử lý dữ liệu và nguồn gốc của các quy định kỹ thuật thử nghiệm, tham khảo DIN 30785-5.

**Bảng 1 – Thí dụ về môi trường rung và phương pháp thử nghiệm được khuyến cáo**

Phương pháp thử nghiệm IEC 60068 được khuyến cáo		Chế độ hỗn hợp Phần 2-80	Ngẫu nhiên Phần 2-64	Hình sin Phần 2-6
Kiểu tín hiệu rung để thử nghiệm		Ngẫu nhiên + hình sin	Ngẫu nhiên	Hình sin
Môi trường rung của mẫu thử	Lưu kho		x	
	Sử dụng di động		x	
	Vận chuyển		x	
Mẫu lắp đặt trong	Các tòa nhà/sử dụng tĩnh tại		x	
	Các tòa nhà, trên hoặc gần máy móc hoặc bộ phận quay			x
	Phương tiện đường sắt và đường bộ		x	
	Mẫu thử được cố định trên hoặc gần động cơ	x		
	Máy bay phản lực	x	x	
	Máy bay lên thẳng, máy bay cánh quạt	x		
	Hệ thống tàu vũ trụ, mô phỏng các tải trọng bán tĩnh <sup>a</sup>			x
	Các thành phần tàu vũ trụ		x	
	Tàu chạy bằng chân vịt	x		
Tàu chạy bằng phản lực		x		
Các điều kiện, kiểu tín hiệu động ước tính	Ngẫu nhiên + hình sin	x		
	Ngẫu nhiên		x	
	Hình sin			x

CHÚ THÍCH: Về mô tả các lớp điều kiện động, xem TCVN 7921-3-0 (IEC 60721-3-0).

<sup>a</sup> Gia tốc tuyến tính (phóng tàu vũ trụ) sẽ được mô phỏng bằng một kích thích hình sin ở một tần số thấp hơn hẳn so với tần số riêng đầu tiên của mẫu thử chỉ ở một số ít chu kỳ.



## 7.2 Thử nghiệm hình sin

Phương pháp thử nghiệm hình sin là phương pháp kích thích lâu đời nhất đối với thử nghiệm động học. Phương pháp này được mô tả ở TCVN 7699-2-6 (IEC 60068-2-6).

### 7.2.1 Ưu điểm

Thử nghiệm hình sin có thể được thực hiện bằng cách sử dụng các phương tiện và thiết bị thử nghiệm đơn giản, ít tốn kém hơn và đặc biệt hữu dụng cho các mục đích chẩn đoán trong quá trình thử nghiệm rung thiết kế/phát triển.

Thử nghiệm hình sin dễ hiểu và đáp ứng rung có thể được hiển thị dễ hơn. Do đó, hình sin được sử dụng để khảo sát đáp ứng hệ thống, nhiều khi bằng cách sử dụng chiếu sáng bằng đèn chớp sáng ở các biên độ nhìn thấy được.

Thử nghiệm hình sin có thể được sử dụng để thực hiện thử nghiệm mỗi biên độ không đổi trong thời gian ngắn (các thử nghiệm gia tốc, xem 4.3). Bằng cách sử dụng các tần số cộng hưởng của mẫu thử, có thể làm tăng các lực thử nghiệm với các lực rung lắc giới hạn.

### 7.2.2 Nhược điểm

Trong khi thử nghiệm hình sin, có thể xảy ra các biên độ đáp ứng phi thực tế do hiệu ứng cộng hưởng, kiểu và vị trí sai hỏng mà thử nghiệm gây ra có thể là không thực tế.

Thực nghiệm chỉ ra rằng đôi khi ít có sự tương quan giữa các kết quả thử nghiệm hình sin (các sai hỏng trong khi thử nghiệm) và tuổi thọ làm việc của mẫu (sai hỏng trong khi sử dụng). Do đó, để đánh giá các kết quả thử nghiệm hình sin cần có nhiều kinh nghiệm hơn nhiều và cần thực hiện quá trình đánh giá.

## 7.3 Thử nghiệm ngẫu nhiên

Phương pháp thử nghiệm ngẫu nhiên được sử dụng phổ biến và được mô tả chính xác ở TCVN 7699-2-64 (IEC 60068-2-64).

### 7.3.1 Ưu điểm

Hầu hết các môi trường vận chuyển về bản chất là ngẫu nhiên.

Nếu thông tin có được về môi trường rung cho thấy không có thành phần hình sin, thì thử nghiệm ngẫu nhiên là phương án thay thế phù hợp cho thử nghiệm chế độ hỗn hợp.

Nhiều cộng hưởng được kích thích đồng thời, nhưng các đáp ứng cộng hưởng có cường độ yếu hơn so với khi thử nghiệm hình sin; do đó, ít có khả năng xảy ra hư hại do mỏi không thực tế do đáp ứng cộng hưởng.

CHÚ THÍCH: Xem ASTM D4728.

### **7.3.2 Nhược điểm**

Thiết bị thử nghiệm đắt hơn, phức tạp hơn và yêu cầu nhân viên có nhiều kinh nghiệm hơn tiến hành các thử nghiệm.

## **7.4 Thử nghiệm chế độ hỗn hợp**

Hầu hết các hệ thống kiểm soát rung kỹ thuật số hiện đại áp dụng phần mềm kiểm soát chế độ hỗn hợp. Hiện tại một tiêu chuẩn mới cho thử nghiệm hỗn hợp (TCVN 7699-2-80 (IEC 60068-2-80)) đang được chuẩn bị.

### **7.4.1 Ưu điểm**

Phương pháp thử nghiệm này cho phép kết hợp các loại môi trường kích thích rung khác nhau với trọng số khác nhau. Phương pháp này bao gồm thử nghiệm ngẫu nhiên và hình sin:

- hình sin trên ngẫu nhiên (SoR);
- ngẫu nhiên trên ngẫu nhiên (RoR)
- hình sin trên ngẫu nhiên trên ngẫu nhiên (SoRoR).

Các phương pháp thử nghiệm hỗn hợp thể hiện kỹ thuật đỉnh cao đạt được hiện nay, thực hiện được thử nghiệm trong phòng tạo ra một đáp ứng rung gần hơn với các điều kiện trong sử dụng. Do đó, cơ chế và vị trí sai hỏng gần với thực tế hơn so với các phương pháp thử nghiệm khác.

### **7.4.2 Nhược điểm**

Phép đo ban đầu cũng như phương pháp thử nghiệm đều cần có một sự mô tả chính xác thành phần ngẫu nhiên và thành phần hình sin của tín hiệu rung. Tính phức tạp yêu cầu đối với phép đo và phân tích dữ liệu cao hơn nhiều so với thử nghiệm ngẫu nhiên hoặc hình sin.

Thử nghiệm chế độ hỗn hợp cần các lực kích thích đỉnh lớn hơn, và do đó, cần có thiết bị thử nghiệm công suất lớn hơn so với thử nghiệm hình sin hoặc thử nghiệm ngẫu nhiên ở độ khắc nghiệt như nhau.

## **8 Khảo sát đáp ứng rung của mẫu thử**

### **8.1 Tổng quan**

Nếu được quy định trong quy định kỹ thuật liên quan, cần đo đáp ứng rung của mẫu thử trước và sau thử nghiệm sức chịu đựng để xem liệu mẫu thử có thể hiện các thay đổi về đáp ứng động do suy giảm về cơ ở dạng nào đó, ví dụ như mỏi hoặc mòn.

Nếu được quy định trong thử nghiệm rung ngẫu nhiên TCVN 7699-2-64 (IEC 60068-2-64), cần đo độ nhọn của cộng hưởng mẫu thử trước khi thử nghiệm sức chịu đựng bằng cách khảo sát đáp ứng rung, nhằm xác định độ phân giải tần số đối với qui trình kiểm soát.

Thông tin hữu ích về mẫu thử sẽ nhận được bằng cách đo các đặc tính rung của toàn bộ mẫu thử hay một số bộ phận của mẫu thử, ví dụ, các đáp ứng từ các điểm đo khác nhau của kết cấu.

Nếu xảy ra các vấn đề đối với bản thân hệ thống thử nghiệm rung, phép đo các đặc tính đáp ứng của hệ thống với mẫu thử đã được tháo ra sẽ cung cấp thông tin có ích để giải quyết các vấn đề này.

Tiêu chuẩn này giúp lựa chọn phương pháp kích thích phù hợp cho việc khảo sát đáp ứng rung. Điều này có thể thực hiện bằng kích thích hình sin hoặc kích thích ngẫu nhiên và nên được lựa chọn một cách độc lập với phương pháp thử nghiệm môi trường đã chọn, ví dụ, có thể tiến hành khảo sát bằng kích thích hình sin khi phơi nhiễm môi trường là ngẫu nhiên và điều ngược lại cũng có thể được sử dụng. Bảng 2 nêu các phương pháp ưu tiên để khảo sát đáp ứng rung.

## 8.2 Mục đích, mục tiêu

Cần phải khảo sát đáp ứng rung của mẫu thử khi được quy định trong quy định kỹ thuật liên quan. Mục đích của việc khảo sát đáp ứng rung là như sau:

- a) xác định các tần số tới hạn và/hoặc hệ số tắt dần để lựa chọn các điều kiện thử nghiệm sức chịu đựng;
- b) phát hiện bất cứ thay đổi nào về tần số tới hạn trước và sau thử nghiệm sức chịu đựng nhằm đánh giá hư hại do mỏi hoặc hỏng có thể đã xảy ra trong quá trình thử nghiệm sức chịu đựng, xem 8.6;
- c) nghiên cứu đặc tính bằng đèn chớp sáng để nghiên cứu các đặc tính động khi chịu rung hình sin;
- d) đo khả năng truyền dẫn hoặc hàm truyền giữa các điểm trên mẫu thử để nghiên cứu các đặc tính động của mẫu thử;
- e) đo hệ số tắt dần ở các tần số cộng hưởng để nghiên cứu các đặc tính động của mẫu thử;
- f) đo tính phi tuyến của đáp ứng của mẫu thử để khảo sát các khe hở, tiếng lạch cạch, bulông lỏng, tăng hoặc giảm lực lò xo;
- g) đo độ méo (dung sai tín hiệu) trong các điều kiện thử nghiệm có mẫu thử để xác định chất lượng của thử nghiệm, hoặc không có mẫu để xác định chất lượng của phương tiện thử nghiệm;
- h) đo tính phi tuyến của phương tiện thử nghiệm để khảo sát các bộ phận bị nới lỏng hoặc sự hoạt động của bộ khuếch đại (tính năng).

Phương pháp kích thích nên được nêu trong quy định kỹ thuật liên quan. Khi cần so sánh các tần số tới hạn trước và sau thử nghiệm sức chịu đựng, nên sử dụng cùng một phương pháp kích thích, cùng một qui trình và cùng một mức rung, cùng các vật cố định và các điểm cố định cho cả trước và sau thử nghiệm.

## 8.3 Kích thích hình sin

Kích thích hình sin được khuyến cáo

- a) để quan sát lịch sử-thời gian dạng sóng của các tín hiệu khác nhau bằng cách sử dụng máy hiện sóng để dễ dàng phát hiện các sai lệch của tín hiệu,
- b) để quan sát đặc tính của mẫu thử bằng cách sử dụng đèn chớp sáng,

- c) khi nghi ngờ tính phi tuyến của đáp ứng mẫu thử,
- d) để phát hiện các tần số tới hạn sinh ra tiếng lạch cạch hoặc lóc cóc bên trong mẫu.

Cần lưu ý rằng kích thích hình sin có thể gây ra cộng hưởng kéo dài và ứng suất cộng hưởng quá mức cho mẫu thử.

#### **8.4 Kích thích ngẫu nhiên**

Kích thích ngẫu nhiên có hiệu ứng tuyến tính hóa lên mẫu thử có kết cấu phi tuyến. Do đó, chỉ có thể sử dụng kích thích ngẫu nhiên để phát hiện hoặc đo các tần số cộng hưởng, hệ số tắt dần, tính truyền dẫn và/hoặc hàm truyền khi dự kiến mẫu thử sẽ thể hiện đặc tính tuyến tính ở mức khảo sát đáp ứng so với mức thử nghiệm thực tế.

Tuy nhiên, khi ước lượng các hàm đáp ứng tần số của các hệ thống được ngờ là có các đặc tính phi tuyến, nên sử dụng các đầu vào thực tế hoặc các mô phỏng chính xác trong phòng thí nghiệm của các đầu vào thực tế, thay vì các đầu vào tự chọn trong phòng thí nghiệm. Thực vậy, trong trường hợp này, kết quả sẽ là xấp xỉ tuyến tính tốt nhất có thể theo nghĩa bình phương nhỏ nhất đối với hàm đáp ứng tần số trong các điều kiện đầu vào quy định.

Khuyến cáo sử dụng kích thích ngẫu nhiên khi kích thích hình sin được dự kiến có thể gây ra cộng hưởng kéo dài và ứng suất cộng hưởng quá mức cho mẫu thử.

Thông thường, thời gian kích thích đối với kích thích ngẫu nhiên với phép đo 120-200 độ tự do (DOF) ngắn hơn so với thời gian kích thích của phương pháp quét hình sin. 120-200 độ tự do được coi là đủ để đo ASD. Các độ tự do nhỏ hơn 120 có thể được sử dụng để đo tính truyền dẫn hoặc hàm truyền với độ chính xác thống kê giảm dần.

Theo TCVN 7699-2-64 (IEC 60068-2-64), phải sử dụng tín hiệu ngẫu nhiên thực có phân bố liên tục trong miền tần số. Đôi khi, tín hiệu chu kỳ hoặc giả ngẫu nhiên được sử dụng để rút ngắn thời gian kích thích. Các tín hiệu như vậy không có phân bố liên tục trong miền tần số, nên có thể không phát hiện được các đặc tính hẹp hoặc nhọn trong miền tần số.

#### **8.5 Khảo sát vấn đề rắc rối (phát hiện rắc rối)**

Các rắc rối trong khi thử nghiệm, ví dụ như tiếng ồn hoặc tiếng lạch cạch quá mức, có thể được tạo ra do lỏng lẻo hoặc các cộng hưởng trong cơ cấu lắp. Để phát hiện nguyên nhân của loại rắc rối này, khuyến cáo sử dụng kích thích hình sin và tuân thủ các lịch sử-thời gian của tín hiệu kích thích trong khi thử nghiệm. Sai lệch so với dạng sóng hình sin nhiều khi là do tiếng lạch cạch và các khe hở gây ra.

Có thể phát hiện các rắc rối về thiết bị thử nghiệm (bộ khuếch đại công suất, máy rung lắc) bằng cách sử dụng kích thích ngẫu nhiên. Cần so sánh tính truyền dẫn (tín hiệu truyền động, tín hiệu bàn rung) với các phép đo trước đây thu nhận được trong các thử nghiệm lắp đặt bàn giao hoặc sau khi thực hiện bảo trì trên hệ thống.

## 8.6 Các tiêu chí đạt/không đạt về yêu cầu không hỏng

Có thể sử dụng các thay đổi về tần số tới hạn trước và sau thử nghiệm độ bền, như mô tả ở 8.2 b), làm các tiêu chí đạt/không đạt.

Trong các trường hợp này, quy định kỹ thuật liên quan phải quy định chế độ rung được áp dụng hoặc xác định, có tham chiếu mẫu thử (ví dụ tần số cộng hưởng thấp nhất), các điểm đo tương ứng, trục kích thích và cách lắp mẫu thử.

Đặc tính kích thích (rung hình sin hay ngẫu nhiên) phải được quy định, ghi nhớ là hai phương pháp kích thích này có thể cho kết quả khác nhau đặc biệt đối với các cộng hưởng phi tuyến. Nói chung, khuyến cáo sử dụng kích thích ngẫu nhiên, tuy nhiên khuyến cáo sử dụng kích thích hình sin cho các khảo sát chính xác, xem Bảng 2.

Độ khắc nghiệt (dải tần số, mức rung và khoảng thời gian rung) cũng phải được quy định.

Một trong các thay đổi lớn nhất cho phép tính bằng phần trăm dưới đây (giảm tần số) đối với các chế độ kích thích đó phải được quy định trong quy định kỹ thuật liên quan:

Thay đổi tần số tới hạn (CCF) 2 – 5 – 10 – 20 %.

Thay đổi tương ứng (giảm) về độ cứng vững tính bằng phần trăm là

4 – 10 – 19 – 36 % (giá trị được làm tròn).

Điều thiết yếu là phải sử dụng độ chính xác đủ trong phép đo tần số khi cần phát hiện các thay đổi nhỏ về tần số. Sử dụng kích thích ngẫu nhiên, có thể đạt được điều này bằng cách tăng độ phân giải tần số trong máy phân tích. Độ phân giải tần số tăng cao sẽ yêu cầu kéo dài thời gian phân tích.

Độ không chính xác lớn nhất về tần số được khuyến cáo như dưới đây:

0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 % tương ứng với CCF, như nêu trên.

Có thể tính toán mức thay đổi tần số thực tế bằng cách sử dụng các giá trị đo được đã hiệu chuẩn theo độ không chính xác của phép đo.

Nếu  $f_1$  và  $f_2$  là các tần số đo được trước và sau khi thử nghiệm (giả sử  $f_2 < f_1$ ) và độ không chính xác của phép đo là  $\nabla f$  thì mức thay đổi phần trăm thực tế của tần số tới hạn là trong khoảng:

- nhỏ nhất  $[(f_1 - \nabla f) - (f_2 + \nabla f)]/f_1$
- lớn nhất  $[(f_1 + \nabla f) - (f_2 - \nabla f)]/f_1$

VÍ DỤ

Độ không chính xác lớn nhất được khuyến cáo như ở trên sẽ chỉ ra các CCF trong khoảng

1,8 – 2,2 % (CCF = 2 %)

4,6 – 5,4 % (CCF = 5 %)

9,0 – 11,0 % (CCF = 10 %)

18 – 22 % (CCF = 20 %)

### 8.7 Thông tin cần nêu trong quy định kỹ thuật liên quan

Khi tiêu chí đạt/không đạt dựa trên thay đổi tần số tới hạn được đưa vào trong quy định kỹ thuật liên quan thì phải nêu các chi tiết dưới đây liên quan đến các phép đo tần số:

- a) cách lắp mẫu thử;
- b) chế độ rung hoặc ký hiệu nhận biết;
- c) các điểm đo;
- d) trục kích thích;
- e) đặc tính kích thích (hình sin hoặc ngẫu nhiên);
- f) độ khắc nghiệt kích thích;
- g) thay đổi lớn nhất cho phép của tần số tới hạn;
- h) độ không chính xác lớn nhất của phép đo tần số.

**Bảng 2 – Phương pháp khảo sát đáp ứng khuyến nghị**

Các thuộc tính	Phương pháp ưu tiên	
	Khảo sát chính xác	Khảo sát ngắn hạn
<b>Các đặc tính rung của mẫu</b>		
Hàm truyền (tính truyền dẫn)	Hình sin	Ngẫu nhiên
Tần số cộng hưởng	Hình sin	Ngẫu nhiên
Hệ số tắt dần	Hình sin	Ngẫu nhiên
Tính phi tuyến của mẫu thử: khảo sát các khe hở, tiếng lạch cạch, méo, tăng hoặc giảm lực lò xo	Hình sin (kiểm tra lịch sử-thời gian dạng sóng)	
Các chế độ rung bằng cách sử dụng đèn chớp sáng	Hình sin	
Đạt/không đạt, trường hợp tổng quát	Ngẫu nhiên	
<b>Khảo sát vấn đề rắc rối của thiết bị thử nghiệm</b>		
Phát hiện rắc rối, có lắp hoặc không lắp mẫu thử	Hình sin (kiểm tra dạng sóng)	Ngẫu nhiên (so sánh $H(f)$ )

## Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] IEC 60721-3-0:1984, *Classification of environmental conditions – Part 3-0: Classifications of groups of environmental parameters and their severities – Introduction* (Phân loại điều kiện môi trường – Phần 3-0: Phân loại các nhóm các thông số môi trường và độ khắc nghiệt của chúng – Giới thiệu)
- [2] DIN 30787-2: 1998, *Transportation loads; Measurement and analysis of dynamic-mechanical loads – Part 2: Data acquisition and general requirements for measuring equipment* (Tải chuyên chở; Đo lường và phân tích tải động học-cơ – Phần 2: Thu thập dữ liệu và yêu cầu chung đối với thiết bị đo)
- [3] DIN 30787-3: 1998, *Transportation loads; Measurement and analysis of dynamic-mechanical loads – Part 3: Data validity check and data editing for evaluation equipment* (Tải chuyên chở; Đo lường và phân tích tải động học-cơ – Phần 3: Kiểm tra giá trị dữ liệu và chỉnh sửa dữ liệu đối với thiết bị đánh giá)
- [4] DIN 30787-4: 1999, *Transportation loads; Measurement and analysis of dynamic-mechanical loads – Part 4: Data analysis equipment* (Tải chuyên chở; Đo lường và phân tích tải động học-cơ – Phần 4: Thiết bị phân tích dữ liệu)
- [5] DIN 30787-5: 1999, *Transportation loads; Measurement and analysis of dynamic-mechanical loads – Part 5: Data Derivation of test specification equipment* (Tải chuyên chở; Đo lường và phân tích tải động học-cơ – Phần 5: Nguồn gốc dữ liệu của thiết bị quy định kỹ thuật thử nghiệm).
- [6] ASTM D4728:1995, ASTM Standard D4728-95: *Standard test method for method random vibration testing of shipping containers* (Tiêu chuẩn ASTM D4728-95: Phương pháp thử nghiệm tiêu chuẩn dùng cho thử nghiệm rung ngẫu nhiên các contê-nơ vận chuyển)
- [7] IES-RP-DET 012.1, *Institute of Environmental Sciences and Technologies, IES Recommended Practice 012.1 – Handbook for dynamic data acquisition and analysis* (Viện Khoa học và Công nghệ môi trường, IEC Khuyến cáo thực tiễn 012.1, – Sổ tay hướng dẫn thu thập và phân tích dữ liệu động)
- [8] Randall, R.B., and Tech, B. *Frequency analysis*, 3rd Edition, Bruël and Kjær, September 1979 (Randall, R.B., và Tech, B. *Phân tích tần số*, Xuất bản lần 3, Brüel và Kjaer, Tháng 9 năm 1979)