

**TCVN**

**TIÊU CHUẨN QUỐC GIA**

**TCVN 7699-2-59:2013**

**IEC 60068-2-59:1990**

Xuất bản lần 1

**THỬ NGHIỆM MÔI TRƯỜNG –  
PHẦN 2-59: PHƯƠNG PHÁP THỬ NGHIỆM –  
THỬ NGHIỆM Fe: RUNG – PHƯƠNG PHÁP NHỊP HÌNH SIN**

*Environmental testing –*

*Part 2-59: Test methods – Test Fe: Vibration – Sine-beat method*

**HÀ NỘI – 2013**

**Mục lục**

	<b>Trang</b>
Lời nói đầu .....	4
1 Mục đích .....	6
2 Mô tả chung .....	6
3 Định nghĩa .....	7
4 Yêu cầu đối với chịu thử .....	10
5 Mức khắc nghiệt .....	14
6 Ôn định trước .....	17
7 Phép đo ban đầu .....	17
8 Chịu thử.....	17
9 Phép đo trung gian.....	19
10 Phục hồi.....	19
11 Phép đo kết thúc.....	19
12 Thông tin cần nêu trong qui định kỹ thuật liên quan .....	20
Phụ lục A (tham khảo) – Hướng dẫn .....	21

**Lời nói đầu**

TCVN 7699-2-59:2013 hoàn toàn tương đương với IEC 60068-2-59:1990;

TCVN 7699-2-59:2013 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 2-59: Phương pháp thử nghiệm – Thử nghiệm Fe: Rung – Phương pháp nhíp hình sin

*Environmental testing –*

*Part 2-59: Test methods – Test Fe: Vibration – Sine-beat method*

#### Giới thiệu

Tiêu chuẩn này trình bày các phương pháp thử nghiệm linh kiện, thiết bị, và các sản phẩm kỹ thuật điện (dưới đây gọi là “mẫu”), trong hoạt động mà có thể bị lực va đập hoặc dao động trong khoảng thời gian ngắn gây ra, ví dụ: do hiện tượng địa chấn hoặc hiện tượng nổ hoặc rung trong máy.

Trong thử nghiệm này mẫu được kích thích ở tần số cố định với số nhíp hình sin đặt trước (xem Hình 1). Các tần số thử nghiệm cố định là tần số xác định trước, tần số tới hạn xác định bằng phương tiện của thử nghiệm rung hình sin (TCVN 7699-2-6) hoặc cả hai. Tạm dừng được qui định giữa nhíp hình sin riêng để phân rã đáp tuyến tự do của mẫu.

Người soạn thảo qui định sẽ tìm thấy trong Điều 12 danh sách chi tiết để xem xét đưa vào qui định, ở Phụ lục A, hướng dẫn.

#### Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. 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 7699-1:2007 (IEC 60068-1:1988), *Thử nghiệm môi trường – Phần 1: Qui định chung và hướng dẫn*

IEC 68-2-6:1982, *Part 2: Tests – Test Fc and guidance : Vibration (sinusoidal) (Thử nghiệm môi trường – Phần 2-6: Các thử nghiệm – Thử nghiệm Fc và hướng dẫn: Rung (hình sin))*<sup>1</sup>

IEC 60068-2-47:1982, *Environmental testing – Part 2: Tests – Mouting of components, equipment and other articles for dynamic tests including shock (Ea), bump (Eb), vibration (Fc and Fd) and steady-state acceleration (Ga) and guidance (Thử nghiệm môi trường – Phần 2: Các thử nghiệm – Lắp đặt các*

<sup>1</sup> Hệ thống Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam đã có TCVN 7699-2-6:2009 hoàn toàn tương đương với IEC 60068-2-6:1995.

## TCVN 7699-2-59:2013

thành phần, thiết bị và các vật phẩm để thử nghiệm lực động kể các xóc (Ea), va chạm (Eb), rung (Fc và Fd) và gia tốc trạng thái ổn định (Ga) và hướng dẫn)<sup>2</sup>

IEC 68, Environmental testing (Thử nghiệm môi trường)

IEC 68-3-3:19..., Part 3: Guidance. Section 3: Seismic test methods for equipments (Phần 3: Hướng dẫn. Mục 3: Các thử nghiệm địa chấn đối với thiết bị)

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

### 1 Mục đích

Tiêu chuẩn này cung cấp một qui trình chuẩn để xác định, khả năng mẫu chịu với các điều kiện khắc nghiệt qui định của rung quá độ, bằng phương pháp nhíp hình sin.

### 2 Mô tả chung

Mục đích của thử nghiệm này là nhằm xác định điểm yếu về cơ và/hoặc sự suy giảm tính năng đã xác định của mẫu để sử dụng thông tin này kết hợp với qui định kỹ thuật liên quan, quyết định một mẫu có khả năng được chấp nhận hay không. Trong một số trường hợp, thử nghiệm này cũng có thể được sử dụng để chứng tỏ độ bền cơ của mẫu và/hoặc để nghiên cứu đáp ứng biến động của mẫu.

Mức độ mà mẫu hoạt động trong quá trình rung hoặc chỉ đơn thuần là để tồn tại điều kiện rung phải được nêu trong qui định kỹ thuật liên quan.

Các qui trình được mô tả để thực hiện thử nghiệm và cho các phép đo kiểm rung ở các điểm nhất định. Các yêu cầu đối với chuyển động rung và đối với sự lựa chọn mức khắc nghiệt (bao gồm dải tần số, các mức thử nghiệm, chu kỳ nhíp hình sin và số các nhíp hình sin) cũng được nêu chi tiết.

Phải nhấn mạnh rằng việc thử nghiệm rung luôn luôn đòi hỏi một mức độ đánh giá kỹ thuật nhất định và cả bên cung cấp và bên mua hàng phải nhận thức đầy đủ về điều này. Người soạn thảo qui định kỹ thuật liên quan được dự kiến lựa chọn qui trình thử nghiệm và các giá trị của mức khắc nghiệt thích hợp với mẫu và sự sử dụng nó.

Đối với mục đích của thử nghiệm này, mẫu luôn luôn được gắn chặt ở bàn rung.

Để thuận tiện cho việc sử dụng tiêu chuẩn này, các phần tham khảo được đưa ra trong phần chính của Phụ lục A; các số điều bổ sung trong phần chính ở Phụ lục A cũng cung cấp thông tin cụ thể về mối tương quan giữa các nhíp hình sin của độ dịch chuyển, vận tốc và gia tốc.

Tiêu chuẩn này được sử dụng cùng với TCVN 7699-1 (IEC 60068-1).

<sup>2</sup> Hệ thống Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam đã có TCVN 7699-2-47:2007 hoàn toàn tương đương với IEC 60068-2-47:2005.

### 3 Thuật ngữ và định nghĩa

Nhìn chung, các thuật ngữ sử dụng được định nghĩa trong ISO 2014 và TCVN 7699-2-1 (IEC 60068-1) hoặc IEC 60068-2-6. Để thuận tiện cho người đọc, một định nghĩa được lấy từ nguồn nào thì sẽ chỉ ra nguồn ấy.

Các thuật ngữ và định nghĩa bổ sung dưới đây được áp dụng cho các mục đích của tiêu chuẩn này.

#### 3.1

**Tần số tới hạn** (critical frequency) (Định nghĩa này tương đương về mặt kỹ thuật với 8.1 của TCVN 7699-2-6 (IEC 60068-2-6))

Tần số mà tại đó

- bộc lộ sự trục trặc và/hoặc suy giảm tính năng của mẫu phụ thuộc vào sự rung, và/hoặc
- xảy ra các cộng hưởng cơ và/hoặc các hiệu ứng đáp ứng khác, ví dụ lắc.

#### 3.2

**Tần số giao cắt** (crossover frequency) (Định nghĩa này tương đương về mặt kỹ thuật với ISO 2041)

Đó là tần số mà ở đó các đặc tính rung thay đổi từ một mối tương quan này tới một mối tương quan khác.

CHÚ THÍCH: Ví dụ, tần số ngưỡng có thể là tần số mà ở đó biên độ rung thử nghiệm thay đổi từ một giá trị dịch chuyển không đổi so với tần số tới một giá trị gia tốc không đổi so với tần số.

#### 3.3

**Tắt dần** (damping) (không đồng nhất với định nghĩa của ISO 2041)

Tắt dần là thuật ngữ chung được gán cho nhiều cơ chế tiêu tán năng lượng trong một hệ thống. Trong thực tế, tắt dần phụ thuộc vào nhiều tham số, ví dụ như hệ thống kết cấu, kiểu rung, sức căng, các lực áp dụng, vận tốc, vật liệu, sự trượt khớp nối, v.v...

##### 3.3.1

**Tắt dần tới hạn** (critical damping) (không đồng nhất với định nghĩa của ISO 2041)

Tắt dần có tính đàn hồi tối thiểu cho phép một hệ thống đã dịch chuyển sẽ trở về vị trí ban đầu của nó mà không còn dao động.

##### 3.3.2

**Tỷ lệ tắt dần** (damping ratio)

Tỷ lệ của tắt dần thực tế với tắt dần tới hạn trong một hệ thống với tắt dần có tính đàn hồi.

#### 3.4

**Méo** (distortion) (định nghĩa giống với Điều 3 của IEC 68-2-6; không đồng nhất với định nghĩa ISO 2041):

$$\text{Méo } d = \frac{\sqrt{a_{tot}^2 - a_1^2}}{a_1} \cdot 100 \text{ (ở tỷ lệ phần trăm)}$$

Trong đó:

- $a_1$  là giá trị hiệu dụng của gia tốc ở tần số truyền động  
 $a_{tot}$  là tổng giá trị hiệu dụng của gia tốc cung cấp (kể cả  $a_1$ ).

### 3.5

**Điểm dừng để cố định** (fixing point) (định nghĩa này tương đương về mặt kỹ thuật với định nghĩa ở 3.1 của IEC 60068-2-6.

Phần của mẫu tiếp xúc với cơ cấu cố định hoặc bàn rung tại điểm mà mẫu thường được xiết chặt khi vận hành.

CHÚ THÍCH 1: Nếu một phần của kết cấu lắp đặt thực tế được sử dụng làm cơ cấu cố định thì điểm dừng để cố định là điểm thuộc kết cấu lắp đặt mà không thuộc mẫu.

### 3.6

#### $g_n$

Gia tốc tiêu chuẩn do lực hút của trái đất, gia tốc này thay đổi theo độ cao so với mực nước biển và vĩ độ địa lý.

CHÚ THÍCH: Trong tiêu chuẩn này, giá trị  $g_n$  được làm tròn đến số nguyên gần nhất, tức là  $10 \text{ m/s}^2$ .

### 3.7

**Điểm đo** (measuring point) (định nghĩa này tương đương về mặt kỹ thuật với định nghĩa ở 3.2 của IEC 60068-2-6)

Điểm cụ thể mà tại đó dữ liệu được thu thập khi thực hiện thử nghiệm. Có hai loại điểm đo chính sẽ được định nghĩa dưới đây.

CHÚ THÍCH: Có thể thực hiện phép đo tại các điểm trên mẫu để đánh giá đáp ứng của mẫu, nhưng các điểm này không được coi là điểm đo theo nghĩa của tiêu chuẩn này.

#### 3.7.1

##### **Điểm kiểm tra** (check point)

Điểm nằm trên cơ cấu cố định, trên bàn rung hoặc trên mẫu càng gần với một trong các điểm dừng để cố định càng tốt, và trong mọi trường hợp đều được nối cứng với điểm dừng để cố định đó.

CHÚ THÍCH 1: Sử dụng một số điểm kiểm tra là cách để đảm bảo đáp ứng các yêu cầu thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 2: Nếu có ít hơn hoặc bằng bốn điểm dừng để cố định thì sử dụng từng điểm này làm điểm kiểm tra. Nếu có nhiều hơn bốn điểm dừng để cố định thì bốn điểm dừng để cố định đại diện sẽ được xác định trong qui định kỹ thuật liên quan để sử dụng làm các điểm kiểm tra.

CHÚ THÍCH 3: Trong các trường hợp đặc biệt, ví dụ đối với các mẫu kích thước lớn hoặc phức tạp, điểm kiểm tra sẽ được qui định trong yêu cầu kỹ thuật liên quan nếu không nằm sát với điểm dừng để cố định.

**CHÚ THÍCH 4:** Trong trường hợp một số lượng lớn các mẫu có kích thước nhỏ được lắp đặt trên cùng một cơ cấu cố định, hoặc trong trường hợp mẫu có kích thước nhỏ có một số điểm dùng để cố định thì một điểm kiểm tra duy nhất (tức là điểm chuẩn) có thể được chọn để suy ra tín hiệu không chế. Khi đó, tín hiệu này liên quan đến cơ cấu cố định hơn là các điểm dùng để cố định của (các) mẫu. Điều này chỉ có giá trị khi tần số cộng hưởng thấp nhất của cơ cấu cố định đã mang tải cao hơn hẳn so với giới hạn trên của tần số thử nghiệm.

### 3.7.2

**Điểm chuẩn** (reference point) (định nghĩa này tương đương về mặt kỹ thuật với 3.2.2 của TCVN 7699-2-6) Điểm, được chọn trong số các điểm kiểm tra, mà số liệu của nó được sử dụng để không chế thử nghiệm sao cho đáp ứng các yêu cầu của tiêu chuẩn này.

### 3.8

**Tần số điều chế** (modulating frequency)

Tần số mà tần số thử nghiệm được điều chế (xem Điều A.2 và A.3 và Hình 1)

### 3.9

**Chu kỳ ứng suất cao** (high-stress cycles)

Chu kỳ đáp ứng làm tăng giá trị của ứng suất gây ra sự mỏi trong mẫu.

### 3.10

**Ngừng** (pause)

Khoảng thời gian giữa hai nhịp hình sin liên tiếp.

**CHÚ THÍCH:** Ngừng là một kết quả dẫn đến không có sự gối lên nhau chuyển động đáp ứng của mẫu và có thể đạt được từ:

$$T > \frac{1}{f} \cdot \frac{100}{d}$$

Trong đó:

- $T$  là khoảng thời gian (s);
- $f$  là tần số thử nghiệm (Hz);
- $d$  là tắt dần tới hạn ở tần số thử nghiệm (tính bằng %).

### 3.11

**Trục thử nghiệm thích hợp** (preferred testing axes)

Ba trục trục giao tương ứng tương ứng với các trục yếu nhất của mẫu.

### 3.12

**Nhịp hình sin** (sine beat)

Sóng hình sin liên tục ở một tần số được điều chế bởi một sóng hình sin tần số thấp hơn. Khoảng thời gian của một nhịp sin là một nửa khoảng thời gian của tần số điều chế (xem Hình 5)

**CHÚ THÍCH:** Xem A.2.1 cho lời giải thích toán học của tín hiệu nhịp sin.



**3.13**

**Chu kỳ quét** (sweep cycle) (định nghĩa này tương đương về mặt kỹ thuật với Điều 3 của TCVN 7699-2-6)  
Việc quét qua dải tần qui định mỗi lần theo mỗi hướng, ví dụ 1 Hz đến 35 Hz về 1 Hz.

**3.14**

**Tần số thử nghiệm** (test frequency)

Tần số mẫu được kích thích trong thời gian thử nghiệm.

Tần số thử nghiệm là một trong hai loại được định nghĩa dưới đây.

**3.14.1**

**Tần số thử nghiệm được xác định trước** (predetermined test frequency)

Tần số được qui định bởi qui định kỹ thuật liên quan.

**3.14.2**

**Tần số thử nghiệm được khảo sát** (investigated test frequency)

Tần số thu được bằng khảo sát đáp ứng rung.

**3.15**

**Mức thử nghiệm** (test level)

Giá trị đỉnh lớn nhất trong một sóng thử nghiệm.

CHÚ THÍCH: Mức thử nghiệm này bằng hoặc nhỏ hơn giá trị đỉnh của nửa sóng điều chỉnh.

**4 Yêu cầu đối với chịu thử**

Yêu cầu đối với khảo sát đáp ứng rung cho trong 4.1, chịu thử nhịp hình sin trong 4.2, chi tiết lắp đặt đối với chịu thử cho trong 4.3. Dung sai thích hợp của khảo sát đáp ứng rung và chịu thử nhịp hình sin được so sánh trong Bảng 1.

**Bảng 1 – So sánh dung sai**

	Dung sai	
	Khảo sát đáp tuyến rung	Chịu thử nhịp hình sin
Méo	25 % (xem 4.1.5) của chuyển động chính	Không áp dụng
Rung ở điểm chuẩn	±15 % (xem 4.1.6.1) của chuyển động chính	
Rung ở các điểm kiểm tra	±25 % đến 500 Hz (xem 4.1.6.2) của gia tốc ±50 % trên 500 Hz (xem 4.1.6.2) của gia tốc	
Chuyển động ngang	50 % (xem 4.1.2) hoặc 25 % (đối với các trường hợp qui định)	25 % (xem 4.2)
Tần số thử nghiệm	(xem 4.1.7) ±0,05 Hz đến 0,5 Hz ±10 % từ 0,5 Hz đến 5 Hz ±0,5 Hz từ 5 Hz đến 100 Hz ±0,5 % trên 100 Hz	a) định trước (xem 4.2.5.1) ±0,05 Hz đến 0,5 Hz ±10 % từ 0,5 Hz đến 5 Hz ±0,5 Hz từ 5 Hz đến 100 Hz ±0,5 % trên 100 Hz  b) Đã khảo sát (xem 4.2.5.2): ±2 %

## 4.1 Khảo sát đáp ứng rung

Khi được nêu bởi qui định kỹ thuật liên quan, khảo sát về đáp ứng rung (xem 8.2) có thể phải thực hiện dựa trên IEC 60068-2-6 và tính toán theo từ 4.1.1 đến 4.1.8 dưới đây.

### 4.1.1 Chuyển động chính

Chuyển động chính phải là hàm sin theo thời gian và sao cho các điểm dừng để cố định mẫu trên bàn rung, các điểm này phải được qui định bởi qui định kỹ thuật liên quan, di chuyển thực chất là đồng pha và theo các đường thẳng song song, chịu các hạn chế qui định trong 4.1.2, 4.1.3 và 4.1.5.

### 4.1.2 Chuyển động ngang

Biên độ rung lớn nhất tại các điểm kiểm tra theo trục bất kỳ vuông góc với trục qui định không được vượt quá 50 % của chuyển động chính. Trong các trường hợp đặc biệt, ví dụ mẫu có kích thước nhỏ, biên độ của chuyển động ngang cho phép có thể bị giới hạn ở 25 %, nếu có qui định trong yêu cầu kỹ thuật liên quan.

Ở một số tần số nào đó hoặc mẫu có kích thước lớn hoặc mẫu có khối lượng lớn, có thể khó đạt được những giá trị ở trên (xem thêm Điều A.1). Trong các trường hợp như vậy, qui định kỹ thuật liên quan phải qui định áp dụng các yêu cầu nào dưới đây:

- a) chuyển động ngang bất kỳ vượt quá giá trị qui định ở trên phải được ghi lại trong báo cáo thử nghiệm;
- b) chuyển động ngang không cần phải theo dõi.

### 4.1.3 Chuyển động quay

Khi xuất hiện chuyển động quay bất kỳ trên bàn rung, mức dung sai được nêu trong báo cáo kỹ thuật, phải được qui định bởi qui định kỹ thuật liên quan.

### 4.1.4 Điểm đo

#### 4.1.4.1 Điểm chuẩn

Qui định kỹ thuật liên quan phải nêu rõ cần sử dụng khống chế một điểm hoặc khống chế nhiều điểm. Khống chế nhiều điểm phải được nêu trong qui định kỹ thuật liên quan, qui định giá trị trung bình của tín hiệu ở các điểm kiểm tra hoặc giá trị của tín hiệu tại điểm lựa chọn được khống chế ở mức qui định.

#### 4.1.4.2 Điểm kiểm tra

Ở một số tần số nào đó hoặc mẫu có kích thước lớn hoặc mẫu có khối lượng lớn, có thể khó đạt được những dung sai yêu cầu ở 4.1.6.2 (xem thêm Điều A.1). Trong các trường hợp như vậy có thể phải qui định dung sai rộng hơn hoặc sử dụng phương pháp đánh giá thay thế được nêu trong báo cáo thử nghiệm.

## **TCVN 7699-2-59:2013**

### **4.1.5 Méo gia tốc**

Phép đo méo của gia tốc phải thực hiện tại điểm chuẩn ở tần số gấp 5 lần tần số thử nghiệm.

Méo được xác định ở Điều 3 phải không vượt quá 25 % chuyển động chính.

CHÚ THÍCH: Trong một số trường hợp có thể không đạt được giá trị này, trường hợp giá trị của méo lớn hơn 25 % là có thể chấp nhận nếu tín hiệu khống chế của biên độ thử nghiệm ở tần số gốc được phục hồi lại giá trị đã qui định, ví dụ bằng việc sử dụng bộ lọc hiệu chỉnh.

Trong trường hợp các mẫu lớn hoặc do nhiều bộ phận liên hệ chặt chẽ với nhau hợp thành, các giá trị méo đã qui định không được thỏa mãn tại một số phần của dải tần số và không thể sử dụng bộ lọc hiệu chỉnh, gia tốc không cần phải được phục hồi nhưng méo sau đó phải được ghi trong báo cáo thử nghiệm (xem Điều A.1).

Qui định kỹ thuật liên quan có thể yêu cầu méo cũng như dải tần ảnh hưởng được báo cáo, dù một bộ lọc hiệu chỉnh có được sử dụng hay không.

### **4.1.6 Các dung sai biên độ rung**

Chuyển động chính theo trục qui định tại các điểm chuẩn và điểm kiểm tra phải bằng giá trị qui định, trong phạm vi các dung sai dưới đây. Các dung sai này bao gồm cả các sai số của thiết bị đo.

#### **4.1.6.1 Điểm chuẩn**

Dung sai của tín hiệu khống chế tại điểm chuẩn phải là  $\pm 15\%$  của chuyển động chính.

#### **4.1.6.2 Điểm kiểm tra**

Dung sai tại điểm kiểm tra: lên đến 500 Hz:  $\pm 25\%$  của gia tốc; trên 500 Hz:  $\pm 50\%$  của gia tốc.

### **4.1.7 Dải tần số và dung sai**

Dải tần số phải được lựa chọn từ Bảng 2, Bảng 3 và Bảng 4 ở 5.1.2 và phải kể cả dải nhỏ nhất đối với chịu thử nhíp hình sin.

Dung sai của tần số tới hạn phải áp dụng các dung sai sau:

$\pm 0,05$  Hz đối với các tần số đến 0,5 Hz

$\pm 10\%$  đối với các tần số từ 0,5 Hz đến 5 Hz

$\pm 0,5$  Hz đối với các tần số từ 5 Hz đến 100 Hz

$\pm 0,5\%$  đối với các tần số trên 100 Hz

### **4.1.8 Quét**

Việc quét phải liên tục với thay đổi tần số theo hàm số mũ của thời gian tại một tốc độ quét không vượt quá một octave trên một phút (xem 3.13).

CHÚ THÍCH: Với một hệ thống khống chế số, sẽ không hoàn toàn chính xác khi đề cập đến việc quét "liên tục" nhưng trên thực tế sự khác nhau là không đáng kể.

## **4.2 Chịu thử của nhịp hình sin**

Chịu thử của nhịp hình sin phải được tính toán như sau:

### **4.2.1 Chuyển động chính**

Chuyển động chính phải là hàm nhịp sin theo thời gian và sao cho các điểm dừng để cố định mẫu trên bàn rung, các điểm này phải được qui định bởi qui định kỹ thuật liên quan, di chuyển thực chất là đồng pha và theo các đường thẳng song song, chịu các hạn chế qui định ở 4.2.2, 4.2.3 và 4.2.4.

### **4.2.2 Chuyển động ngang**

Giá trị đỉnh lớn nhất của độ dịch chuyển ở các điểm kiểm tra theo trục bất kỳ vuông góc với trục qui định không được vượt quá 25 % giá trị đỉnh qui định ở nhịp hình sin nếu không có qui định nào khác nêu trong qui định kỹ thuật liên quan. Các phép đo chỉ cần bao trùm dải tần số qui định.

Tại một tần số nào đó hoặc với mẫu có kích thước lớn khối lượng lớn, có thể khó đạt được những giá trị ở trên (xem thêm ở Điều A.1). Trong các trường hợp như vậy, qui định kỹ thuật liên quan phải qui định áp dụng nào dưới đây:

- a) chuyển động ngang bất kỳ vượt quá giá trị qui định ở trên phải được ghi lại trong báo cáo thử nghiệm;
- b) chuyển động ngang không cần phải theo dõi.

### **4.2.3 Chuyển động quay**

Khi xuất hiện chuyển động quay bất kỳ trên bàn rung, mức dung sai được nêu trong báo cáo kỹ thuật, phải được qui định bởi qui định kỹ thuật liên quan.

### **4.2.4 Dung sai biên độ rung**

Chuyển động chính theo trục qui định tại điểm chuẩn và tại các điểm kiểm tra phải bằng giá trị qui định, trong phạm vi các dung sai dưới đây. Các dung sai này bao gồm cả các sai số của thiết bị đo.

#### **4.2.4.1 Điểm chuẩn**

Dung sai của tín hiệu khống chế tại điểm chuẩn phải là  $\pm 15\%$  của chuyển động chính.

#### **4.2.4.2 Điểm kiểm tra**

Dung sai tại điểm kiểm tra: lên đến 500 Hz:  $\pm 25\%$  của gia tốc; trên 500 Hz:  $\pm 50\%$  của gia tốc.

Ở một tần số nào đó hoặc với mẫu có kích thước lớn hoặc khối lượng lớn, có thể khó đạt được những giá trị này (xem Điều A.1). Trong các trường hợp như vậy có thể phải qui định dung sai rộng hơn hoặc sử dụng phương pháp đánh giá thay thế được nêu trong báo cáo thử nghiệm.

## TCVN 7699-2-59:2013

### 4.2.5 Dung sai tần số thử nghiệm

Dung sai trên tần số thử nghiệm là hai kiểu dưới đây:

#### 4.2.5.1 Tần số thử nghiệm cho trước

$\pm 0,05$  Hz đối với các tần số đến 0,5 Hz

$\pm 10$  % đối với các tần số từ 0,5 Hz đến 5 Hz

$\pm 0,5$  Hz đối với các tần số từ 5 Hz đến 100 Hz

$\pm 0,5$  % đối với các tần số trên 100 Hz

#### 4.2.5.2 Tần số thử nghiệm được khảo sát

Độ lệch của tần số thử nghiệm từ tần số tới hạn đạt được bởi khảo sát đáp ứng rung phải không vượt quá  $\pm 2$  %.

### 4.3 Lắp đặt

Mẫu phải được lắp đặt theo IEC 60068-2-6, hoặc tham khảo IEC 60068-2-47.

Nếu một mẫu được lắp đặt trên bộ chống rung, nhưng cần thiết phải thực hiện một thử nghiệm mà không có bộ chống rung, mức độ kích thích qui định phải được thay đổi theo cách tính này.

Ảnh hưởng của kết nối, dây cáp, đường ống v.v... phải được xem xét khi lắp đặt mẫu.

CHÚ THÍCH: Kết cấu lắp đặt "trong khi sử dụng" bình thường của mẫu phải được bao gồm trong thử nghiệm.

Sự định hướng và lắp đặt mẫu trong quá trình thử nghiệm phải được qui định bởi qui định kỹ thuật liên quan và là điều kiện duy nhất đối với mẫu được coi là phù hợp với yêu cầu của tiêu chuẩn, ngoại trừ sự điều chỉnh thích hợp có thể được thực hiện để mở rộng thành một điều kiện không được kiểm nghiệm (ví dụ, nếu chỉ ra được rằng ảnh hưởng của trọng lực không ảnh hưởng đến hoạt động của mẫu).

## 5 Mức khắc nghiệt

Mức khắc nghiệt thử nghiệm được xác định bằng cách kết hợp các tham số dưới đây:

- dải tần thử nghiệm;
- mức thử nghiệm;
- số chu kỳ trong nhịp hình sin;
- số các nhịp hình sin.

Qui định kỹ thuật liên quan phải nêu rõ các giá trị đối với mỗi tham số trên cơ sở khuyến cáo đưa ra từ 5.1 đến 5.4.

## 5.1 Tần số thử nghiệm

Tần số thử nghiệm và dải tần số thử nghiệm thu được như sau:

### 5.1.1 Xác định tần số thử nghiệm

Tần số thử nghiệm được sử dụng là tần số tới hạn được xác định bằng khảo sát đáp ứng rung, bất cứ các tần số đã xác định nào hoặc cả hai.

Trong trường hợp không xác định được tần số tới hạn trong khảo sát đáp ứng rung và qui định kỹ thuật liên quan không nêu phương pháp được sử dụng để lựa chọn các tần số thử nghiệm, thử nghiệm phải thực hiện ở các tần số trong các bước không được lớn hơn một nửa octave trên dải tần số thử nghiệm từ các giá trị cho trong 5.1.2.

### 5.1.2 Dải tần số thử nghiệm

Dải tần thử nghiệm phải được cho trong qui định kỹ thuật liên quan bằng cách lựa chọn tần số thấp ở Bảng 2 và tần số cao ở Bảng 3. Dải tần số khuyến cáo được thể hiện ở Bảng 4.

**Bảng 2 – Tần số thấp**

$f_1$ (Hz)
0,1
1
5
10

**Bảng 3 – Tần số cao**

$f_2$ (Hz)
10
20
35
55
100

**Bảng 4 – Dải tần số thử nghiệm được khuyến cáo**

Từ $f_1$	đến	$f_2$ (Hz)
0,1	Đến	10*
1	Đến	35
1	Đến	100
5	Đến	35*
10	Đến	100*

\* Các dải tần đánh dấu hoa thị (°) không nằm trong dải khuyến cáo của IEC 60068-2-6

## 5.2 Mức thử nghiệm

Qui định kỹ thuật liên quan phải nêu giá trị của mức thử nghiệm (độ dịch chuyển hoặc gia tốc hoặc cả hai) đối với mỗi trục (xem Điều A.3).

Dưới mức tần số ngưỡng, tất cả các giá trị đỉnh được qui định ở độ dịch chuyển không đổi và trên mức tần số này, giá trị đỉnh được qui định ở gia tốc không đổi. Các giá trị được khuyến cáo ở Bảng 5, 6 và 7 và Hình 2, 3 và 4 đối với các tần số ngưỡng chọn khác nhau.

**Bảng 5 – Các mức thử nghiệm được khuyến cáo với tần số ngưỡng là 0,8 Hz (xem Hình 2)**

Các mức của độ dịch chuyển thấp hơn tần số ngưỡng mm	Các mức của gia tốc thấp hơn tần số ngưỡng m/s <sup>2</sup>
40	1
80	2
120	3
200	5

CHÚ THÍCH 1: Tất cả các mức được nêu là các giá trị đỉnh của một nhịp hình sin.

CHÚ THÍCH 2: Các giá trị của "g<sub>n</sub>" thường qui ước là 10 m/s<sup>2</sup> (xem 3.6) đối với mục đích của tiêu chuẩn này.

**Bảng 6 – Các mức thử nghiệm khuyến cáo với tần số ngưỡng là 1,6 Hz (xem Hình 3)**

Các mức của độ dịch chuyển thấp hơn tần số ngưỡng mm	Các mức của gia tốc thấp hơn tần số ngưỡng m/s <sup>2</sup>
10	1
20	2
30	3
50	5
100	10
200	20

CHÚ THÍCH 1: Tất cả các mức được nêu là giá trị đỉnh của một nhịp hình sin.

CHÚ THÍCH 2: Các giá trị của "g<sub>n</sub>" thường qui ước là 10 m/s<sup>2</sup> (xem 3.6) đối với mục đích của tiêu chuẩn này.

**Bảng 7 – Các mức thử nghiệm được khuyến cáo với tần số ngưỡng là 8 Hz (xem Hình 4)**

Các mức của độ dịch chuyển thấp hơn tần số ngưỡng mm	Các mức của gia tốc thấp hơn tần số ngưỡng m/s <sup>2</sup>
0,4	1
0,8	2
1,2	3
2,0	5
4,0	10
8,0	20
12,0	30
20,0	50

CHÚ THÍCH 1: Tất cả các mức được nêu là giá trị đỉnh của một nhịp hình sin.

CHÚ THÍCH 2: Các giá trị của "g<sub>n</sub>" thường qui ước là 10 m/s<sup>2</sup> (xem 3.6) đối với mục đích của tiêu chuẩn này.

Ở đây không thích hợp để chấp nhận tần số ngưỡng nêu trong Điều phụ, qui định kỹ thuật liên quan có thể gộp hai giá trị đỉnh của độ dịch chuyển và gia tốc cho ra một tần số ngưỡng khác biệt. Đối với thiết bị riêng, có thể có nhiều hơn một tần số ngưỡng.

### **5.3 Sóng thử nghiệm nhịp hình sin**

Sóng thử nghiệm nhịp hình sin được xác định bởi tần số thử nghiệm và số chu kỳ trong nhịp hình sin (xem Hình 5) theo 5.3.1 và 5.3.2.

#### **5.3.1 Số chu kỳ trong nhịp hình sin**

Số chu kỳ trong nhịp hình sin phải được qui định trong qui định kỹ thuật liên quan từ các giá trị sau (xem Hình 5):

3, 5, 10, 20.

CHÚ THÍCH: Giá trị 5 chu kỳ được lựa chọn vì giá trị biểu diễn một sự thỏa hiệp, được cung cấp bởi kinh nghiệm thực tế, giữa một tín hiệu băng rộng bao hàm các sự không chắc chắn của các tần số tới hạn và sự cần thiết đối với một giá trị đáp ứng cao (xem Hình 6).

#### **5.3.2 Tần số điều chế**

Tần số điều chế được bắt nguồn từ tần số thử nghiệm và số chu kỳ trong nhịp hình sin (xem A.2.2).

### **5.4 Số các nhịp hình sin**

Số các nhịp hình sin phải được qui định trong qui định kỹ thuật liên quan từ các dãy số sau (xem Hình 1):

1, 2, 5, 10, 20, 50, ...

### **5.5 Ảnh hưởng của môi ứng suất cao chu kỳ thấp**

Qui định kỹ thuật liên quan có thể mô tả con số cần thiết của các chu kỳ ứng suất cao dẫn đến giá trị cao hơn giá trị ứng suất đã quy định (xem Điều A.4).

## **6 Ổn định trước**

Qui định kỹ thuật liên quan có thể cần ổn định trước.

## **7 Phép đo ban đầu**

Mẫu thử nghiệm phải được kiểm tra trực quan, kiểm tra về kích thước và kiểm tra chức năng theo qui định kỹ thuật liên quan.



## **8 Chịu thử**

### **8.1 Yêu cầu chung**

Mẫu thử nghiệm phải được kích thích như đã mô tả trong 8.2 và 8.3 ở một trong ba trục thử nghiệm được ưu tiên trừ khi qui định kỹ thuật liên quan có miêu tả khác. Trình tự chịu thử dọc theo các trục là không quan trọng trừ khi qui định khác có trong qui định kỹ thuật liên quan.

Khi được miêu tả trong qui định kỹ thuật liên quan, việc khống chế mức thử nghiệm qui định phải được bổ sung thêm giới hạn lớn nhất của lực truyền động đặt lên bàn rung. Phương pháp giới hạn lực phải được mô tả trong qui định kỹ thuật liên quan.

### **8.2 Khảo sát đáp ứng rung**

Khi có qui định trong qui định kỹ thuật liên quan, phải khảo sát dải tần thử nghiệm để nghiên cứu phản ứng của mẫu khi rung. Khảo sát đáp ứng rung được thực hiện với dạng sóng hình sin ở dải tần thử nghiệm và với mức thử nghiệm như qui định bởi qui định kỹ thuật liên quan. Thông thường khảo sát đáp ứng rung phải được thực hiện với tốc độ quét logarit không cao hơn một octave trên phút, nhưng có thể được giảm xuống nếu cần xác định chính xác hơn các đặc tính đáp tuyến nhờ vậy có thể thu được. Tránh thời gian dừng quá lâu.

Giá trị đỉnh của kích thích phải được lựa chọn sao cho đáp ứng của mẫu duy trì nhỏ hơn nó trong khi chịu thử nhíp hình sin nhưng ở mức cao nhất thích hợp để phát hiện các tần số tới hạn.

Mẫu thử nghiệm phải ở chế độ hoạt động trong khảo sát này nếu có yêu cầu trong qui định kỹ thuật liên quan. Khi không thể đánh giá các đặc tính rung về cơ bởi vì mẫu đang hoạt động thì phải thực hiện thêm các khảo sát đáp ứng rung khi mẫu không hoạt động. Trong giai đoạn này, mẫu thử nghiệm được xem xét để xác định tần số tới hạn và phải được nêu trong báo cáo thử nghiệm.

Trong một số trường hợp nhất định, qui định kỹ thuật liên quan có thể miêu tả một khảo sát đáp ứng rung bổ sung khi kết thúc chịu thử nhíp hình sin do đó các tần số tới hạn có thể được so sánh trước và sau khi chịu thử nhíp hình sin. Qui định kỹ thuật liên quan phải nêu những công việc cần thực hiện nếu có bất cứ sự thay đổi nào về tần số. Nhất thiết là cả hai lần khảo sát đáp ứng rung đều phải được thực hiện theo cùng một cách và ở mức thử nghiệm giống nhau.

### **8.3 Chịu thử nhíp hình sin**

Đối với chịu thử nhíp hình sin, các giá trị mức khắc nghiệt được cho trong qui định kỹ thuật liên quan theo Điều 5. Giữa các nhíp hình sin liên tiếp phải có tạm dừng sao cho không có sự chông chát đáng kể chuyển động đáp ứng của mẫu xảy ra. Việc ghi tín hiệu khống chế thực tại điểm chuẩn, bao gồm cả các ảnh hưởng của bất cứ bộ lọc nào đã sử dụng, phải được đưa ra trong báo cáo thử nghiệm. Qui định kỹ thuật liên quan cũng phải cho biết việc chịu thử trục đơn hay hai trục được yêu cầu.

### 8.3.1 Chịu thử trực đơn

Chịu thử trực đơn được ưu tiên nếu không có qui định nào khác và được thực hiện liên tiếp một cách cẩn thận dọc theo mỗi trục thử nghiệm ưu tiên. Trình tự của chịu thử dọc theo các trục là không quan trọng trừ khi được miêu tả bởi qui định kỹ thuật liên quan.

### 8.3.2 Chịu thử hai trục

Khi được miêu tả trong qui định kỹ thuật liên quan, việc chịu thử phải thực hiện bằng việc áp dụng các nhíp hình sin đồng thời dọc theo hai trục thử nghiệm ưu tiên. Tại mỗi tần số thử nghiệm, trình tự được thực hiện với mỗi sự dịch pha tương đối giữa các tín hiệu của  $0^\circ$  và sau đó là  $180^\circ$ .

CHÚ THÍCH: Chịu thử này giống hệt một chuỗi các thử nghiệm trực đơn trong các mặt phẳng góc khác nhau.

### 8.3.3 Chịu thử ba trục

Chịu thử ba trục không thích hợp đối với phương pháp nhíp hình sin.

## 9 Phép đo trung gian

Khi được qui định trong qui định kỹ thuật liên quan, mẫu phải hoạt động trong số nhíp hình sin cần thiết và hiệu năng của nó cũng phải được kiểm tra.

## 10 Phục hồi

Trong một số trường hợp, khi có qui định trong qui định kỹ thuật liên quan, cần có một khoảng thời gian sau khi chịu thử và trước các phép đo cuối cùng để mẫu có thể đạt được các điều kiện ở phép đo ban đầu, ví dụ nhiệt độ.

## 11 Phép đo kết thúc

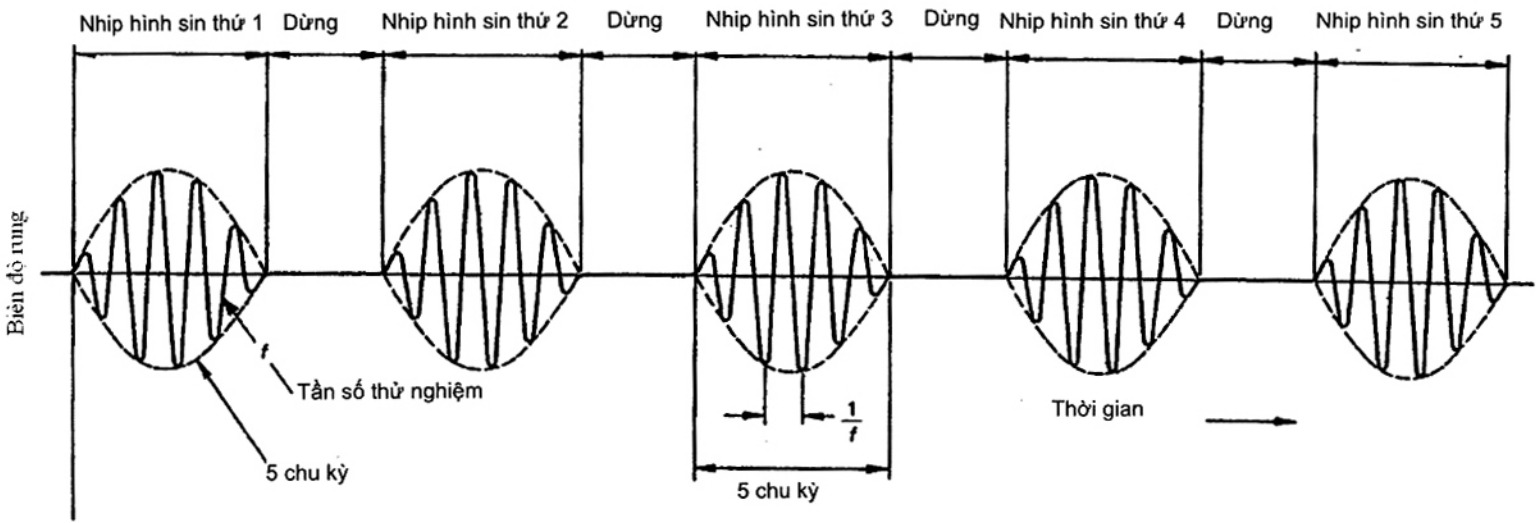
Mẫu phải được kiểm tra trực quan, kiểm tra kích thước và kiểm tra hoạt động đã qui định trong qui định kỹ thuật liên quan.

Qui định kỹ thuật liên quan phải đưa ra các tiêu chí để dựa trên đó chấp nhận hoặc loại bỏ mẫu.

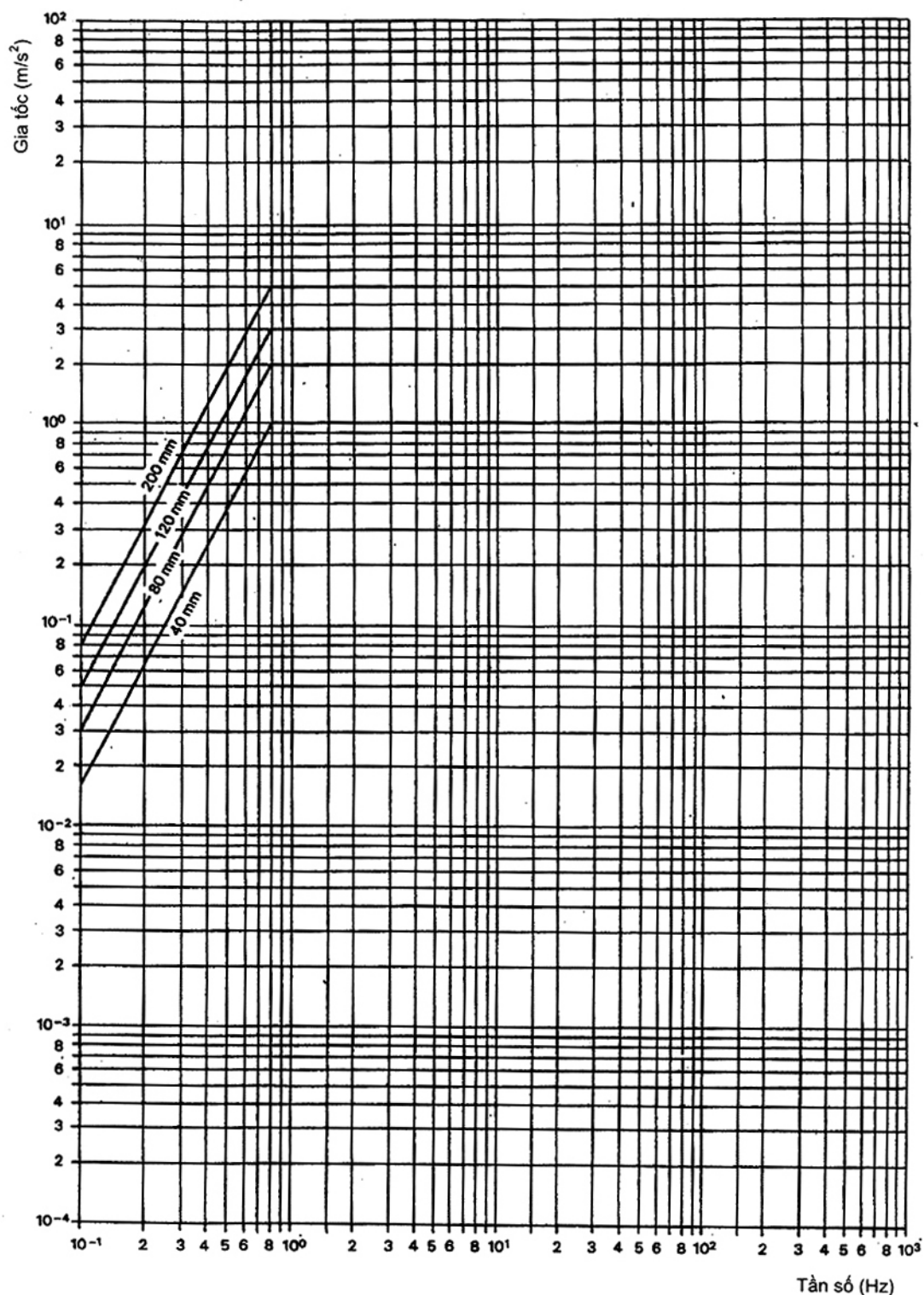
## 12 Thông tin cần nêu trong qui định kỹ thuật liên quan

Khi thử nghiệm này được bao gồm trong qui định kỹ thuật liên quan thì phải nêu các nội dung dưới đây nếu thuộc đối tượng áp dụng, chú ý đến các hạng mục có đánh dấu (\*) vì đây là thông tin luôn được yêu cầu.

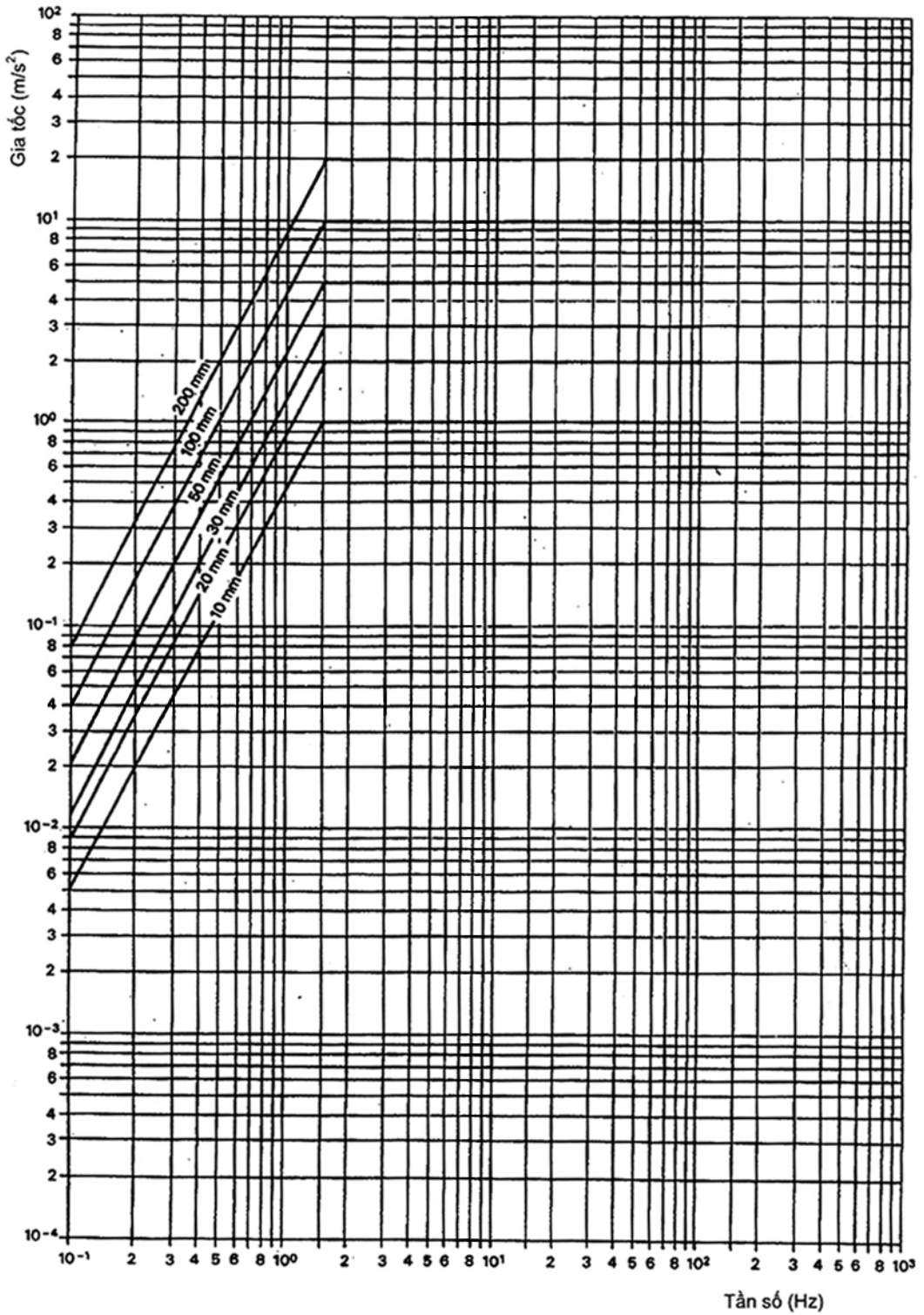
	Điều hoặc điều phụ
a) Các điểm cố định*	4.1.1 và 4.2.1
b) Chuyển động ngang	4.1.2 và 4.2.2
c) Chuyển động quay	4.1.3 và 4.2.3
d) Các điểm đo	4.1.4
e) Méo gia tốc	4.1.5
f) Rung sai biên độ rung	4.1.6 và 4.2.4
g) Lắp đặt mẫu thử nghiệm*	4.3
h) Tần số thử nghiệm*	5.1.1
i) Dải tần số thử nghiệm*	5.1.2
j) Mức thử nghiệm* (xem Điều A.3)	5.2
k) Số chu kỳ trong nhịp hình sin*	5.3.1
l) Số nhịp hình sin*	5.4
m) Số chu kỳ ứng suất cao (xem Điều A.4)	5.5
n) Ôn định trước	6
o) Phép đo ban đầu*	7
p) Trục thử nghiệm ưu tiên	8.1
q) Giới hạn lực truyền động	8.1
r) Khảo sát đáp ứng rung	8.2
s) Kiểm tra tính năng và kiểm tra chức năng	8.2
t) Chịu thử trục đơn và hai trục*	8.3
u) Các phép đo trung gian	9
v) Phục hồi	10
w) Phép đo kết thúc*	11



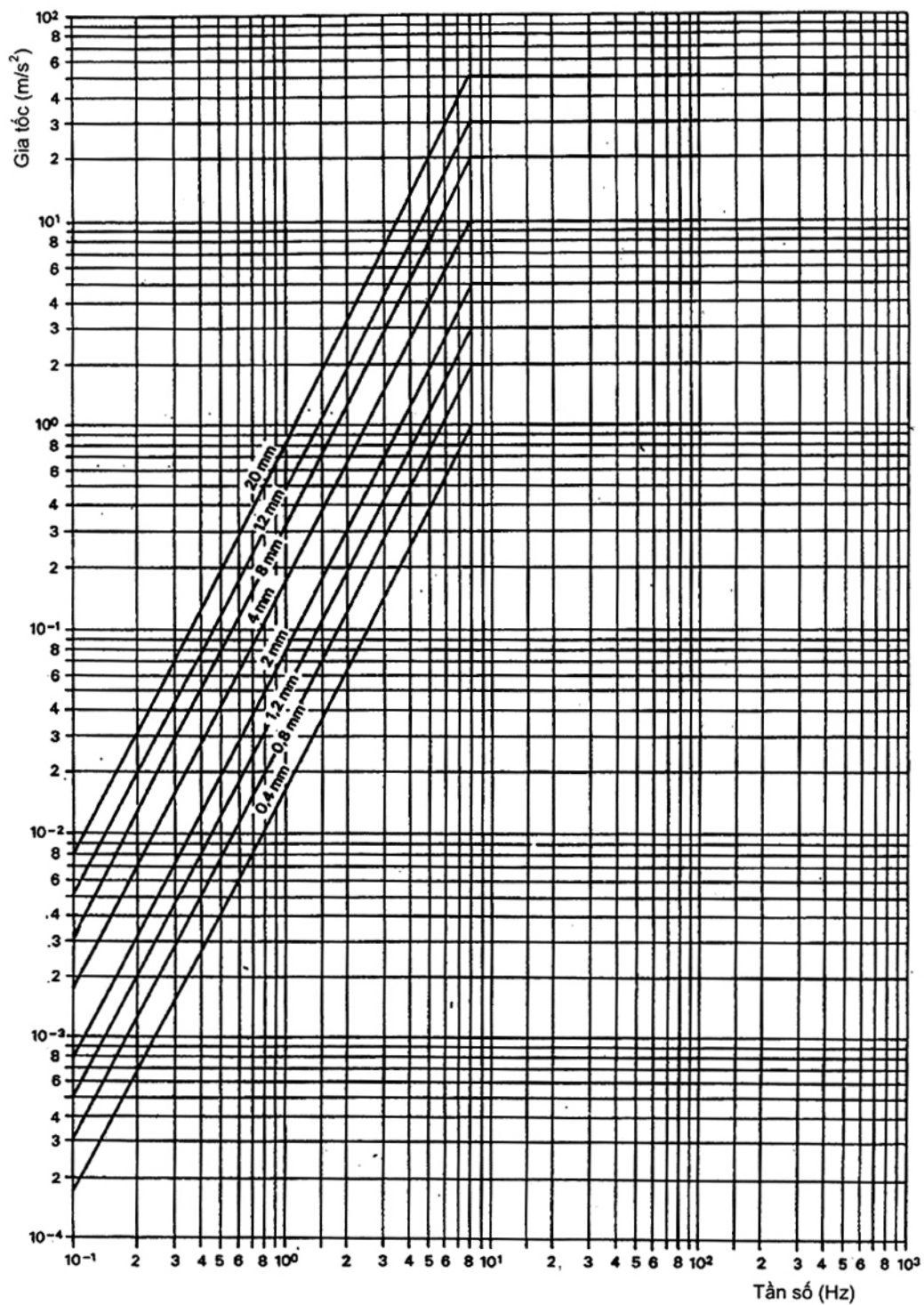
Hình 1 – Chuỗi 5 nhịp hình sin với năm chu kỳ



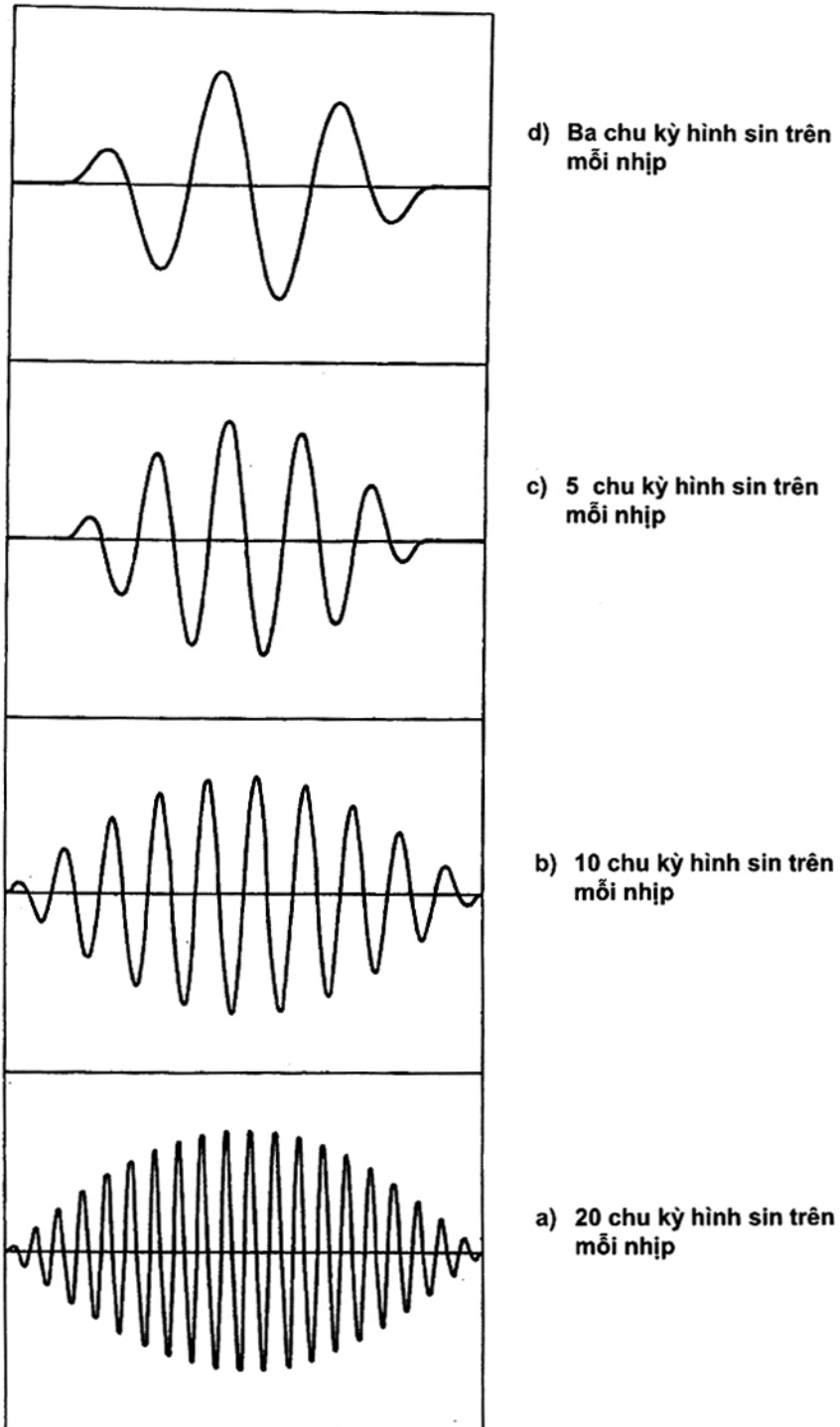
Hình 2 – Mức thử nghiệm được khuyến nghị với tần số cắt ở 0,8 Hz



Hình 3 – Mức thử nghiệm được khuyến nghị với tần số cắt ở 1,6 Hz

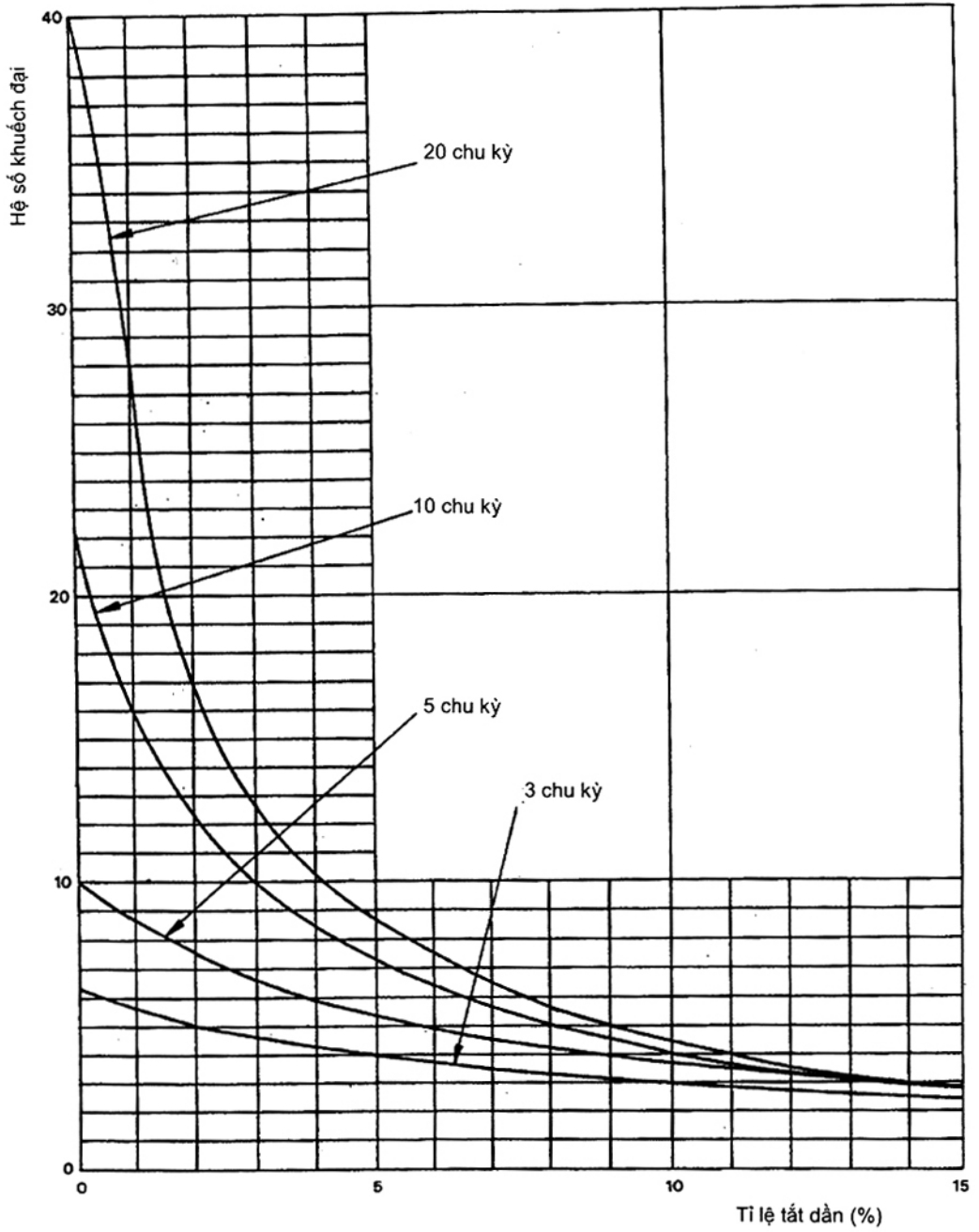


Hình 4 – Mức thử nghiệm được khuyến nghị với tần số cắt ở 8 Hz

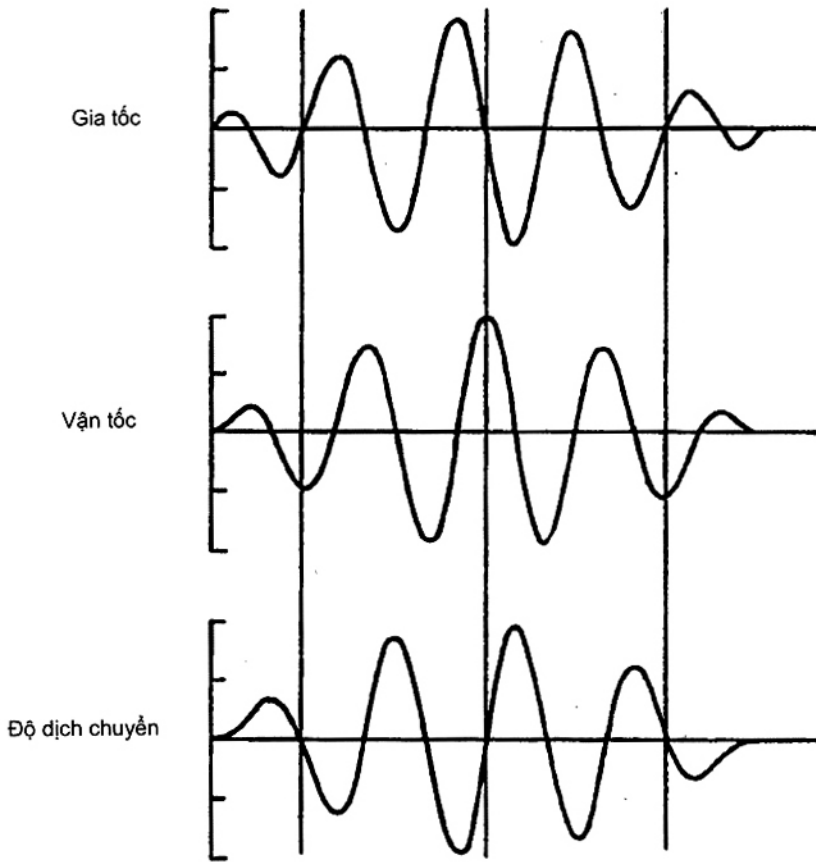


Hình 5 – Số chu kỳ hình sin trên mỗi nhịp sin





Hình 6 – Hệ số khuếch đại của các nhịp sin khác nhau.



**Hình 7 – Biểu diễn chuẩn hóa các nhịp hình sin của gia tốc, vận tốc và độ dịch chuyển tương ứng (5 chu kỳ hình sin trong một nhịp của gia tốc)**

**Phụ lục A**  
(tham khảo)  
**Hướng dẫn**

**A.1 Giới thiệu**

Có nhiều qui trình thử nghiệm được thừa nhận đối với việc chứng minh khả năng một mẫu chịu được các kiểu thay đổi của lực rung. Phạm vi các qui trình này từ phương pháp hình sin liên tục đơn giản đến các phương pháp phức tạp, có tính qui định cao, biểu đồ gia tốc, mỗi qui trình phù hợp tốt nhất với các yêu cầu cụ thể hoặc trường hợp đặc biệt hay việc biểu diễn một môi trường rung cụ thể. Tiêu chuẩn này cung cấp một phương pháp mà theo đó các ảnh hưởng có thể so sánh với những cái có khả năng được trải nghiệm trong thực hành có thể được tái tạo trong phòng thí nghiệm thử nghiệm nhưng mục đích cơ bản không nhất thiết tái tạo trong môi trường thực.

Phương pháp nhịp hình sin thích hợp cho việc thử nghiệm thiết bị chịu các lực xung hoặc dao động trong khoảng thời gian ngắn không xác định chính xác. Nó thích hợp riêng cho việc thử nghiệm thiết bị được lắp đặt trong các kết cấu mà sau đó có thể chịu các kích thích ngẫu nhiên hoặc đa tần số. Các kết cấu này đáp ứng ở tần số cộng hưởng của chúng tạo một chuyển động nhịp hình sin mà sau đó trở thành đầu vào thiết bị cần quan tâm. Vì vậy việc thử nghiệm với một thiết bị chịu sóng dạng nhịp sin đã lắp đặt theo cách này để kích thích, gần với những gì đã thấy trong thực hành. Ngoài ra, nhịp sin cung cấp đáp ứng rộng hơn, ít hư hại hơn đạt được từ dạng sóng sin liên tục.

Các tham số đưa ra được tiêu chuẩn hóa và các dung sai phù hợp được lựa chọn để thu được các kết quả tương tự khi một thử nghiệm được tiến hành tại các địa điểm khác nhau. Sự tiêu chuẩn hóa các giá trị cũng cho phép thiết bị được nhóm lại vào các mục tương ứng với khả năng chịu được mức khắc nghiệt rung nhất định.

Trong thử nghiệm rung, cơ chế thông thường tiến hành một đáp ứng rung để tìm các tần số tới hạn của mẫu trong dải tần số yêu cầu. Sau đó một số dạng thử nghiệm độ bền được thực hiện, thường bởi việc rung một với số lần đã biết tại mỗi tần số trong các tần số tới hạn này.

Khảo sát đáp ứng rung thường được thực hiện sử dụng kích thích hình sin trực đơn với một chu kỳ quét đơn qua dải tần số yêu cầu. Biên độ rung trong khảo sát này không nên quá lớn để tạo ra các ảnh hưởng có thể so sánh với các thử nghiệm độ bền của chính nó và nên có tốc độ quét đủ thấp để xác định các tần số tới hạn.

Khảo sát đáp tuyến rung trước và sau thử nghiệm độ bền có thể được sử dụng để xác định các thay đổi trong tần số mà tại đó sự cộng hưởng hoặc ở một số đáp ứng khác xảy ra. Một sự thay đổi tần số có thể chỉ ra rằng sự giảm sức chịu đựng vừa xảy ra và do đó mẫu có thể không phù hợp với môi trường làm việc.

Đối với mẫu có kích thước lớn hoặc khối lượng lớn hoặc nếu trọng tâm lực hấp dẫn lệch khỏi trọng tâm của mẫu, nên thận trọng trong việc thử nghiệm. Như vậy các mẫu có thể có xu hướng gây ra một

chuyển động ngang hoặc chuyển động quay của bàn rung. Trong các trường hợp như vậy, khó có thể đạt được rung sai yêu cầu, như ở điểm kiểm tra.

Các thử nghiệm nhíp sin được thực hiện tại các tần số được xác định bởi khảo sát đáp ứng rung, tại bất cứ các tần số xác định trước nào khác hoặc cả hai. Nếu không có tần số được xác định trước hoặc qui định, thử nghiệm thường được thực hiện trong các bước một nửa octave trên toàn dải tần số quan tâm. Khi số lượng tần số tới hạn tăng dần, phương pháp nhíp hình sin có thể trở nên ít phù hợp bởi vì vấn đề hư hỏng suy giảm tích lũy. Trong tình huống này, các phương pháp thử nghiệm khác cần được xem xét.

## A.2 Tương quan nhíp hình sin của độ dịch chuyển, vận tốc và gia tốc

### A.2.1 Hàm nhíp hình sin (xem 3.13)

Biểu thức toán học chung đối với nhíp hình sin:

$$a(t) = a_0 \cdot \sin 2\pi ft \cdot \sin \frac{2\pi ft}{\rho}$$

Trong đó:

$$0 \leq t \leq \frac{\rho}{2f}$$

$a_0$  là mức thử nghiệm

$f$  là tần số thử nghiệm

$\rho$  là tỉ số giữa tần số thử nghiệm và tần số điều chế trong trường hợp chung.

Từ gia tốc, vận tốc và độ dịch chuyển có mối tương quan với nhau, chỉ một trong các giá trị này được lựa chọn như hàm cơ bản và hàm này sẽ có một số ảnh hưởng lên các giá trị khác.

Với gia tốc như tín hiệu tham chiếu, sẽ có độ dịch chuyển dư ở cuối mỗi nhíp.

Để tránh ảnh hưởng này, công thức dựa trên vận tốc được lấy như tín hiệu tham chiếu được cho trong A.2.2.

### A.2.2 Mối liên hệ nhíp hình sin

Mối liên hệ các nhíp hình sin của gia tốc, vận tốc và độ dịch chuyển với vận tốc là hàm tham chiếu như sau:

$$\text{Nhíp hình sin của gia tốc: } a(t) = a_0 \cdot \frac{1}{2} \left[ \left\{ -\left(1 - \frac{1}{m}\right) \cdot \sin 2\pi \left(1 - \frac{1}{m}\right) ft \right\} + \left\{ \left(1 + \frac{1}{m}\right) \cdot \sin 2\pi \left(1 + \frac{1}{m}\right) ft \right\} \right]$$

$$\text{Nhíp hình sin của vận tốc: } v(t) = \frac{a_0}{2\pi f} \cdot \frac{1}{2} \left[ \cos 2\pi \left(1 - \frac{1}{m}\right) ft - \cos \left(1 + \frac{1}{m}\right) ft \right]$$

$$v(t) = \frac{a_0}{2\pi f} \cdot \sin 2\pi ft \cdot \sin \frac{2\pi ft}{m}$$

Nhịp hình sin của độ dịch chuyển:

$$d(t) = \frac{a_0}{(2\pi f)^2} \cdot \frac{1}{2} \left[ \left( \frac{1}{1 - \frac{1}{m}} \right) \cdot \sin 2\pi \left( 1 - \frac{1}{m} \right) ft - \left( \frac{1}{1 + \frac{1}{m}} \right) \cdot \sin 2\pi \left( 1 + \frac{1}{m} \right) ft \right]$$

Trong đó  $0 \leq t \leq \frac{m}{2f}$

Và m là tỷ số của tần số thử nghiệm và tần số điều chế đối với gia tốc và bằng  $(2n - 1)$  trong đó n là số chu kỳ trong nhịp hình sin của gia tốc.

CHÚ THÍCH 1: Trong giải thích toán học, sử dụng từ khả năng mà một nhịp hình sin đơn có thể được thể hiện như hai sự rung hình cosin chồng lên nhau. Các tín hiệu từ định nghĩa này được biểu diễn trong hình 7 với một nhịp hình sin 5 chu kỳ.

CHÚ THÍCH 2: Tất cả tín hiệu từ sự khác biệt hoặc tích hợp theo thời gian của một nhịp hình sin như đã xác định trong A.2.1 được biểu thị đặc điểm như các nhịp sin cho mục đích của tiêu chuẩn này.

CHÚ THÍCH 3: Cần lưu ý rằng lời giải thích này không được dùng như một minh chứng toán học chính xác và để có được các giá trị không ở cuối tất cả các hàm nhịp hình sin thì của giá trị p phải được sửa đổi một chút và trở thành m (xem Điều A.3)

### A.3 Mức thử nghiệm (xem 5.2)

Giá trị của các mức thử nghiệm độ dịch chuyển, vận tốc và gia tốc có thể được dẫn xuất với đủ độ chính xác trong cùng một cách như đối với rung hình sin có tần số không đổi, có nghĩa là, dựa trên mức độ thử nghiệm  $a_0$  của nhịp hình sin của gia tốc. Các giá trị đỉnh rung của vận tốc  $v_0$  hoặc độ dịch chuyển  $d_0$  được cho bởi:

$$v_0 \approx \frac{a_0}{2\pi f}$$

$$d_0 \approx \frac{a_0}{4\pi^2 f^2}$$

### A.4 Môi ứng suất cao chu kỳ thấp (xem 5.5)

Sự tái tạo các ảnh hưởng của sự suy giảm ứng suất cao chu kỳ thấp có thể sinh ra do rung (ví dụ sinh ra bởi động đất, nổ) yêu cầu môi trường cụ thể được mô phỏng càng chính xác càng tốt. Khi môi trường khó nhận biết hoặc khó mô phỏng, một giới hạn an toàn cần phải được cho phép sự không

chắc chắn. Do đó, giá trị đỉnh của mức thử nghiệm và số nhịp hình sin cần thích hợp với sự kiện đang được xem xét.

Đôi khi cách tiếp cận này không thích hợp vì nó không hoàn toàn tính đến các ảnh hưởng của kích thích xen kẽ mức cao. Các kích thích này có thể là tới hạn cho mẫu khi chúng xảy ra ở các tần số cộng hưởng của nó và tạo ra các biến dạng không đàn hồi có thể gây hại cho mẫu. Trong các trường hợp như vậy, phân tích các tín hiệu mô phỏng được xem xét sẽ giúp ích trong việc xác nhận tính đầy đủ của thử.

---