

# QUI TRÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP HIỆU CHUẨN HỆ THỐNG THIẾT BỊ GHI TẠI CÁC TRẠM ĐỊA CHẤN VIỆT NAM

NGÔ THỊ LƯU, NGUYỄN VĂN ĐẮC

## I. MỞ ĐẦU

Trong thực tế địa chấn hiện nay, việc nghiên cứu và đánh giá các tham số vật lý của nguồn địa chấn tại nhiều nước trên thế giới đã đạt trình độ tiên tiến với việc sử dụng các phương pháp mới, các công cụ, thủ thuật toán học đặc biệt và công nghệ thông tin hiện đại khi phân tích và xử lý các băng ghi địa chấn. Chúng là các tài liệu cần thiết phục vụ cho việc giải quyết hàng loạt các nhiệm vụ quan trọng trong thực tế địa chấn (phân vùng động đất, đánh giá độ nguy hiểm động đất, dự báo động đất và nhiều nhiệm vụ khác...).

Phần lớn các nghiên cứu địa chấn tại Việt Nam đến nay chỉ dựa vào các đặc trưng động học của sóng địa chấn. Nên các kết quả nhận được chỉ phản ánh những đặc trưng định tính của chế độ hoạt động động đất, chưa mô tả được cơ chế và các đặc trưng định lượng của nguồn. Vì vậy nghiên cứu và xác định các đặc trưng động lực của nguồn địa chấn trên cơ sở phân tích phổ sóng theo các băng ghi số nhận được từ các trạm ghi là một hướng khoa học mới và có tính cấp thiết đối với thực tế địa chấn Việt Nam. Tuy nhiên, đối với hệ thống máy móc thiết bị không đồng bộ tại các trạm ghi động đất của Việt Nam, việc phân tích phổ sóng là vô cùng khó khăn do chưa có khả năng xác định các đặc trưng biên độ, tần số cũng như hệ số khuếch đại của các thiết bị ghi. Từ những lý do nêu trên, chúng tôi tiến hành công trình nghiên cứu này với hy vọng sẽ góp phần khắc phục các hạn chế nêu trên nhằm khai thác và sử dụng triệt để các cơ sở dữ liệu hiện có tại viện Vật lý Địa cầu, phục vụ các nhiệm vụ khác như đánh giá khả năng sinh chấn, độ nguy hiểm và dự báo động đất, sóng thần đối với lãnh thổ Việt Nam... Điều này không chỉ có ý nghĩa khoa học mà còn có ý nghĩa thực tiễn góp phần thúc đẩy sự phát triển và hiện đại hoá phương pháp, công nghệ và kỹ thuật trong lĩnh vực nghiên cứu

địa chấn ở Việt Nam, nhằm tiếp thu kinh nghiệm trong nghiên cứu địa chấn hiện đại trên thế giới.

## II. PHƯƠNG PHÁP HIỆU CHUẨN

Có nhiều phương pháp được dùng để hiệu chuẩn đầu đo (hay kênh đo) dao động như : phương pháp tuyệt đối, phương pháp tương đối (so sánh), phương pháp cấu thành... Nội dung chính của các phương pháp hiệu chuẩn thực chất là đánh giá lại hệ số chuyển đổi (hay độ nhạy) của một đầu đo riêng lẻ hay cả một kênh đo (gồm cả đầu đo và bộ khuếch đại tương thích). Trong điều kiện thiết bị hiện nay của Việt Nam, phương pháp so sánh được cho là phù hợp hơn cả. Quy trình hiệu chuẩn được xây dựng trên cơ sở của tiêu chuẩn API670 và ISO2954.

Để hiểu rõ bản chất của phương pháp, trước hết chúng ta xem xét các khái niệm cơ bản dưới đây :

### 1. Hệ số chuyển đổi kênh đo (độ nhạy)

Hình 1 biểu diễn quan hệ giữa đại lượng đầu vào và đầu ra của kênh đo. Tùy theo mục đích nghiên cứu, đại lượng cần đo ở đầu vào có thể là gia tốc A, vận tốc V hay lực F.

Khi bỏ qua thể hiệu dịch (nghĩa là VBIAS = 0), thì hiệu điện thế đầu ra  $V = S.M$  hay  $M = V/S$ . Khi đó, các đại lượng gia tốc A, vận tốc V hay lực F được tính như sau :

$$\text{Gia tốc : } VA = SA.A \quad \text{hay} \quad A = VA/SA$$

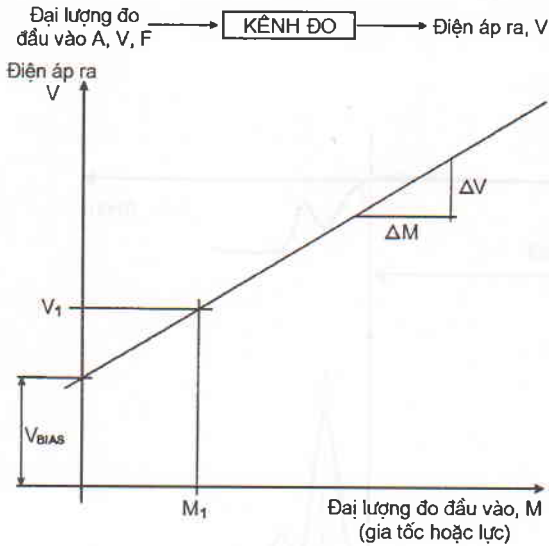
$$\text{Vận tốc : } VV = SV.V \quad \text{hay} \quad V = VV/SV$$

$$\text{Lực : } VF = SF.F \quad \text{hay} \quad F = VF/SF$$

trong đó, S - hệ số chuyển đổi (hay độ nhạy) :

$$S = \Delta V/\Delta M$$

Với đầu đo và kênh đo lý tưởng hệ số chuyển đổi S của kênh đo luôn bằng một hằng số, không bị thay

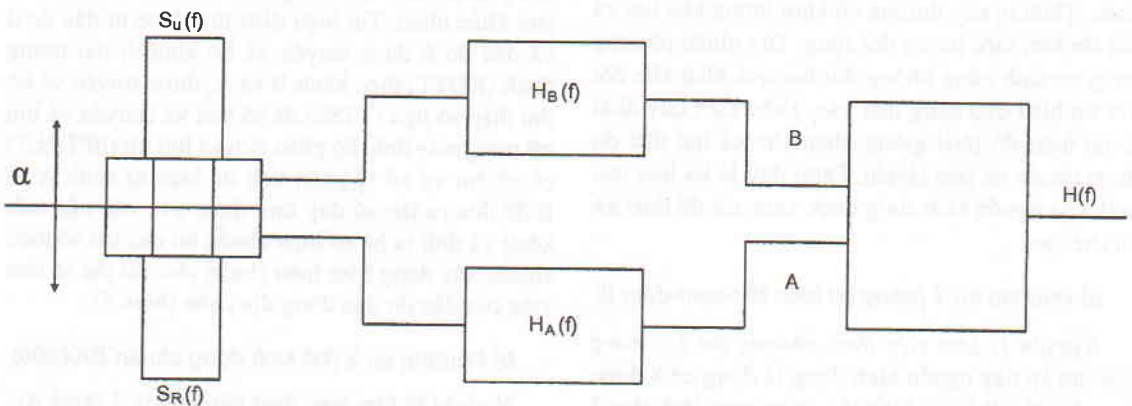


Hình 1. Quan hệ giữa đại lượng đầu vào và đầu ra của kênh đo

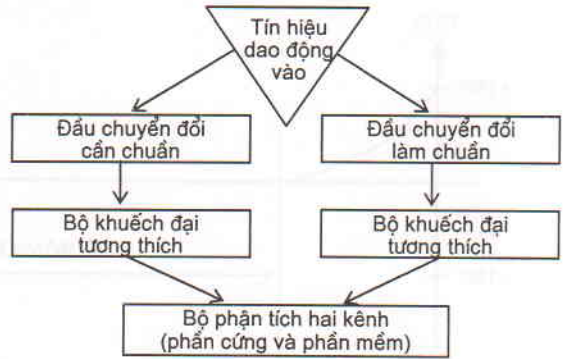
đổi bởi tác động của môi trường như nhiệt độ, độ ẩm và không chịu tác động của nhiễu điện từ trường xung quanh. Tuy nhiên, trong thực tế, hệ số chuyển đổi S của các đầu đo và kênh đo dao động do chịu sự tác động của các yếu tố trên nên bị thay đổi. Vì vậy việc hiệu chuẩn lại các đầu đo và kênh đo dao động (trong đó có thiết bị đo địa chấn) phải tiến hành thường xuyên theo định kỳ. Việc hiệu chuẩn lại kênh đo dao động sẽ phát hiện sai số của hệ số chuyển đổi (cả về pha và độ lớn), chỉ ra hệ số hiệu chỉnh (nếu có) và xác định lại hệ số chuyển đổi nếu chưa biết.

## 2. Nội dung của phương pháp so sánh

Nội dung phương pháp so sánh mô phỏng theo sơ đồ (hình 2) dưới đây :



Hình 3. Sơ đồ truyền tín hiệu của phương pháp hiệu chuẩn so sánh



Hình 2. Lưu đồ tín hiệu của Phương pháp so sánh (tương đối)

Dao động, độ nhảy và hệ số hiệu chuẩn được xác định theo các công thức sau :

$$S_u(f) = S_R(f) \frac{H_A(f)}{H_B(f)} H(f)$$

$$S_u(f)H_B(f) = [S_R(f)H_A(f)]H(f)$$

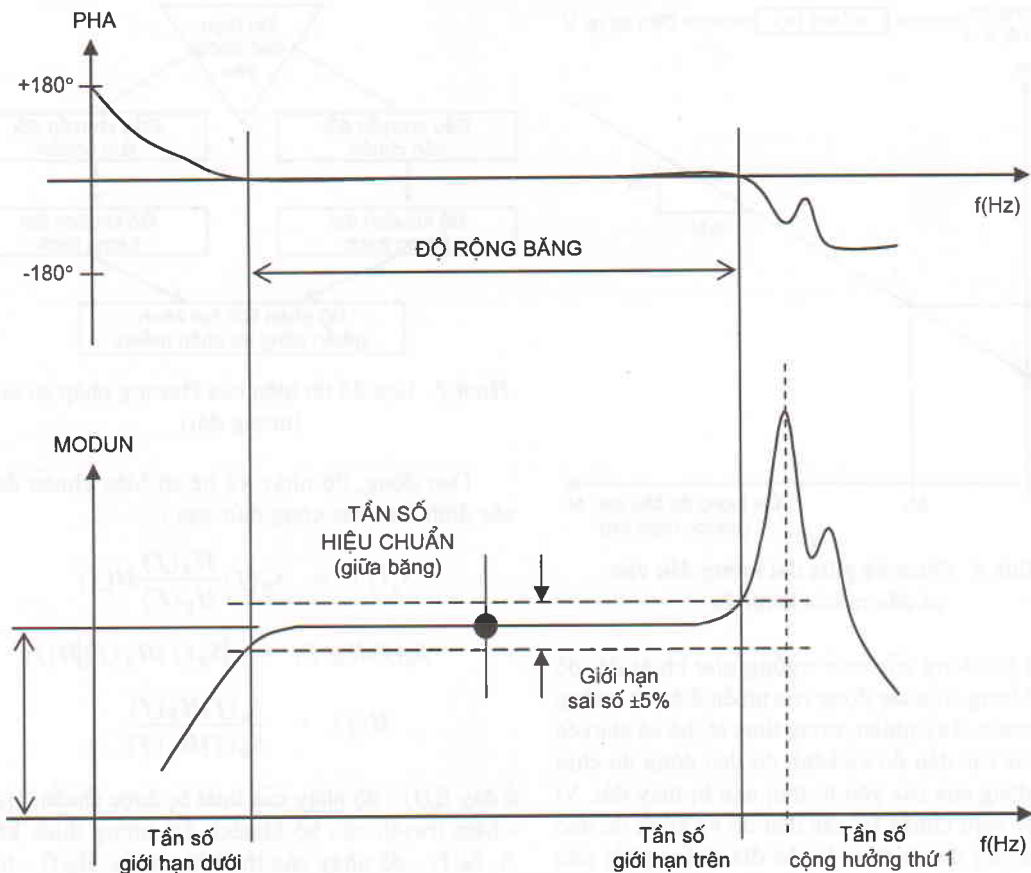
$$H(f) = \frac{S_u(f)H_B(f)}{S_R(f)H_A(f)}$$

ở đây  $S_u(f)$  - độ nhảy của thiết bị được chuẩn,  $H_A(f)$  - hàm truyền của bộ khuếch đại tương thích kênh A,  $S_R(f)$  - độ nhảy của thiết bị chuẩn,  $H_B(f)$  - hàm truyền của bộ khuếch đại tương thích kênh B,  $H(f)$  - hệ số hiệu chuẩn.

Quá trình truyền tín hiệu của phương pháp hiệu chuẩn so sánh mô tả trong hình 3.

Tiêu chuẩn đánh giá hệ số chuyển đổi kênh đo lựa chọn theo đồ thị trên hình 4.

Trên cơ sở đồ thị này chúng ta có thể đánh giá được sai số về độ lớn và về pha của hệ số chuyển



Hình 4. Đồ thị đánh giá pha và mô đun của độ nhạy

đổi của một kênh đo so với một kênh đo khác (kênh đo này phải đạt được độ chính xác theo yêu cầu cao hơn thiết bị đo dao động thông thường).

### 3. Hệ thống thiết bị hiệu chuẩn

Công việc khó khăn hiện nay là cần tạo được nguồn kích động tín hiệu cho các thiết bị đo địa chấn. Thiết bị này thường có khối lượng khá lớn và dải tần làm việc tương đối rộng. Tuy nhiên phương pháp so sánh cũng không đòi hỏi quá khắt khe đối với tín hiệu dao động đầu vào. Điều kiện duy nhất là tín hiệu đó phải giống nhau cho cả hai đầu đo được chuẩn và làm chuẩn. Dưới đây là ba loại cấu hình của nguồn kích rung được xem xét để thiết kế và chế tạo :

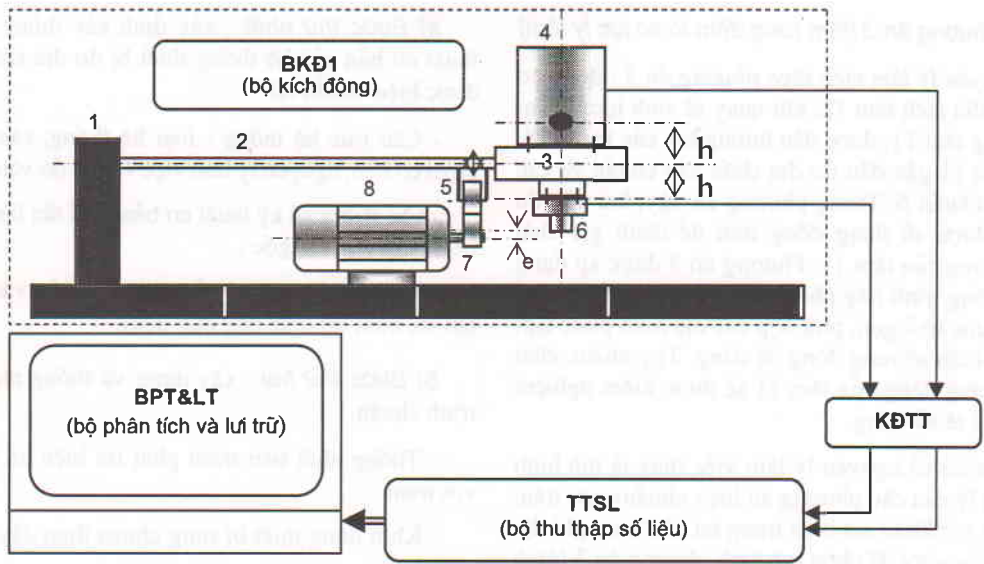
#### a) Phương án 1 (động cơ biến tần-cam-đệm từ)

Nguyên lý làm việc theo phương án 1 : trong phương án này nguồn kích động là động cơ 8 được thay đổi tốc độ bằng biến tần, quay cam lệch tâm 7 (độ lệch tâm có thể từ 0,5 đến 1,5 mm) từ lên đệm từ

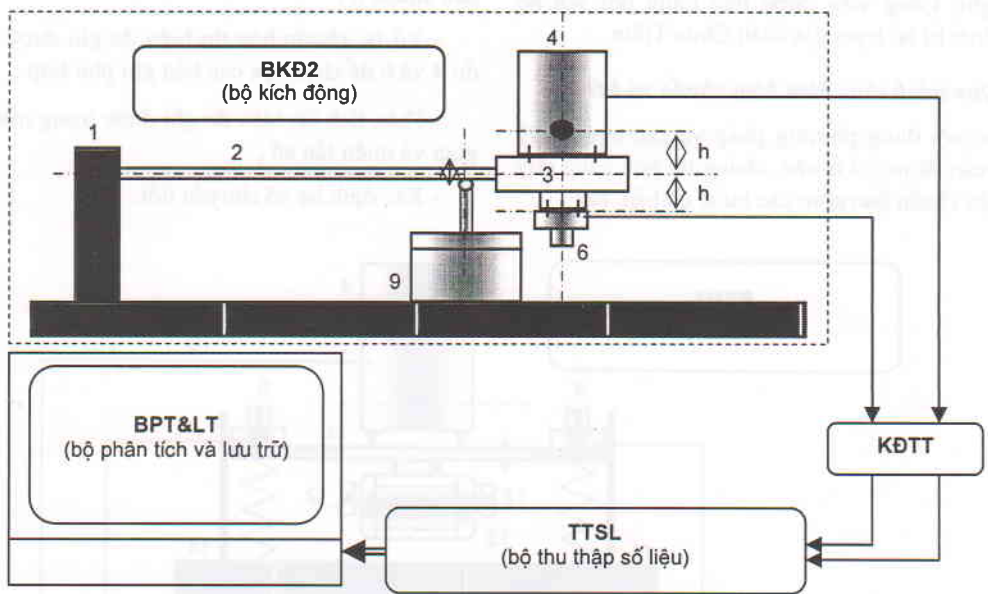
5 (là một vòng bi được gắn lên dầm rung 2) gây rung cho dầm 2 và bộ gá lắp 3. Đầu đo dao động địa chấn 4 và đầu đo chuẩn 6 được gắn đối xứng đối với trục của dầm 2 trên bộ gá lắp 3 (sao cho hai đầu đo nhận được tín hiệu rung động tương đương nhau). Tần số dao động của tín hiệu rung động được điều chỉnh bằng biến tần, biên độ dao động được thay đổi bằng các loại cam có độ lệch tâm khác nhau. Tín hiệu điện thu được từ đầu đo 4 và đầu đo 6 được truyền về bộ khuếch đại tương thích (KĐTT) theo kênh B và A, được truyền về bộ thu thập số liệu (TTSL) để số hóa và chuyển về lưu trữ trong máy tính. Bộ phân tích và lưu trữ (BPT&LT) có nhiệm vụ xử lý phân tích tín hiệu từ kênh A và B để đưa ra tần số đáp ứng được yêu cầu của mỗi kênh và tính ra hệ số hiệu chuẩn tại các tần số hiệu chuẩn, xây dựng hàm hiệu chuẩn cho dải tần số làm việc của đầu đo dao động địa chấn (hình 5).

#### b) Phương án 2 (bộ kích động chuẩn BK4808)

Nguyên lý làm việc theo phương án 2 (hình 6) : phương án 2 chỉ khác phương án 1 ở phần tạo ra



Hình 5. Sơ đồ hệ thống thiết bị phương án 1



Hình 6. Sơ đồ hệ thống thiết bị phương án 2

rung động. Trong phương án này, rung động cho dầm 2 và bộ gá lắp 3 được tạo nên bởi bộ kích rung động 9, bộ kích động này chịu sự điều khiển bộ phát tín hiệu chuẩn. Biên độ và tần số của tín hiệu dao động được điều khiển bằng bộ điều khiển. Sau đó, cũng giống như phương án 1, tín hiệu điện thu được từ đầu đo 4 và đầu đo 6 được truyền về bộ KĐTT theo kênh B và A, và được truyền về bộ TTSL để số hóa và chuyển về lưu trữ trong máy tính. BPT&LT có nhiệm vụ xử lý phân tích tín hiệu

từ kênh A và B để đưa ra được tần số đáp ứng của mỗi kênh và tính được hệ số hiệu chuẩn tại các tần số hiệu chuẩn, xây dựng hàm hiệu chuẩn cho dải tần số làm việc của đầu đo dao động địa chấn.

Thiết bị hiệu chuẩn dùng trong phương án 2 là các thiết bị có độ chính xác cao và đòi hỏi chế độ vận hành nghiêm ngặt và chỉ phù hợp với việc hiệu chuẩn trong phòng thí nghiệm. Phương án 1 phù hợp với việc hiệu chuẩn tại hiện trường hơn.

**c) Phương án 3 (tấm rung đệm lò xo lực ly tâm)**

Nguyên lý làm việc theo phương án 3 : động cơ 13 gắn đĩa lệch tâm 12, khi quay sẽ sinh lực ly tâm làm rung tấm 11, được dẫn hướng bởi các thanh 14. Trên đĩa 11 gắn đầu đo địa chấn chuẩn và các đầu đo chuẩn 6. Trong phương án này, hai đầu đo chuẩn được sử dụng đồng thời để đánh giá chất lượng rung của tấm 11. Phương án 3 được áp dụng trong công trình này nhờ ưu điểm của thiết bị rung kích thước nhỏ gọn, phù hợp các địa hình phức tạp, thay đổi tần số rung động dễ dàng. Tuy nhiên, chất lượng rung động của tấm 11 sẽ được kiểm nghiệm qua thực tế sử dụng.

Trên cơ sở nguyên lý làm việc (hay là mô hình nguyên lý của các phương án hiệu chuẩn) nêu trên, kết hợp với khảo sát hiện trạng tại các trạm ghi địa chấn, chúng tôi đã chọn mô hình phương án 3 (hình 7 và 8) để thiết kế bộ phận giá đỡ cho nguồn kích động và hệ thống thiết bị phục vụ hiệu chuẩn hệ thống ghi. Công việc được tiến hành đối với hệ thống thiết bị tại trạm địa chấn Chùa Trầm.

**4. Quy trình thực hiện hiệu chuẩn và kết quả**

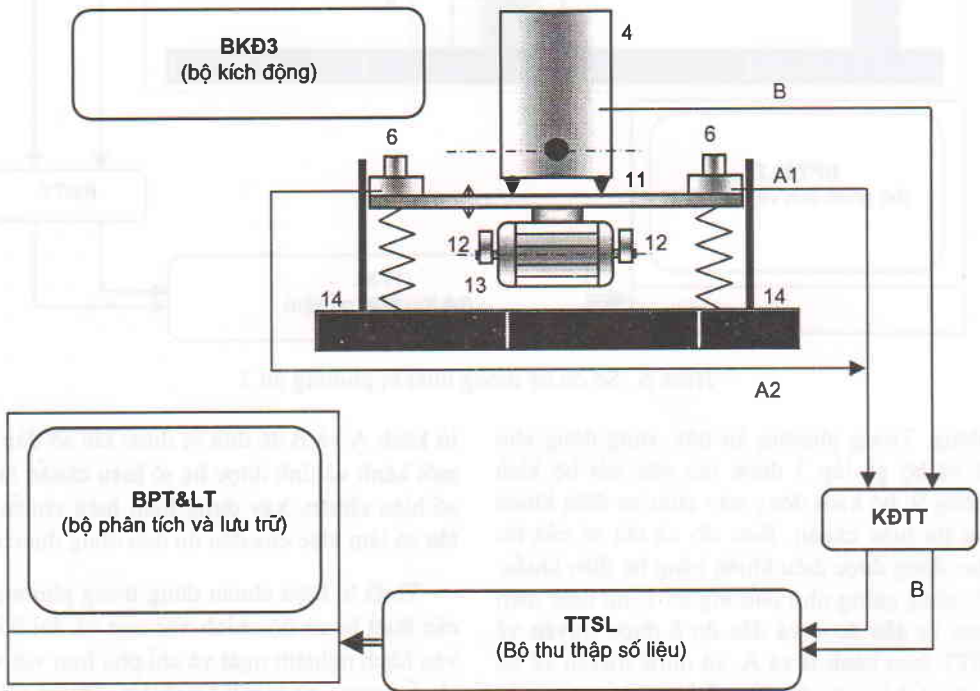
Theo nội dung phương pháp và các nguyên lý hiệu chuẩn đã mô tả ở trên, chúng tôi tiến hành quy trình hiệu chuẩn bao gồm các bước cơ bản sau :

a) **Bước thứ nhất** : xác định các thông số kỹ thuật cơ bản của hệ thống thiết bị đo địa chấn cần được hiệu chuẩn lại :

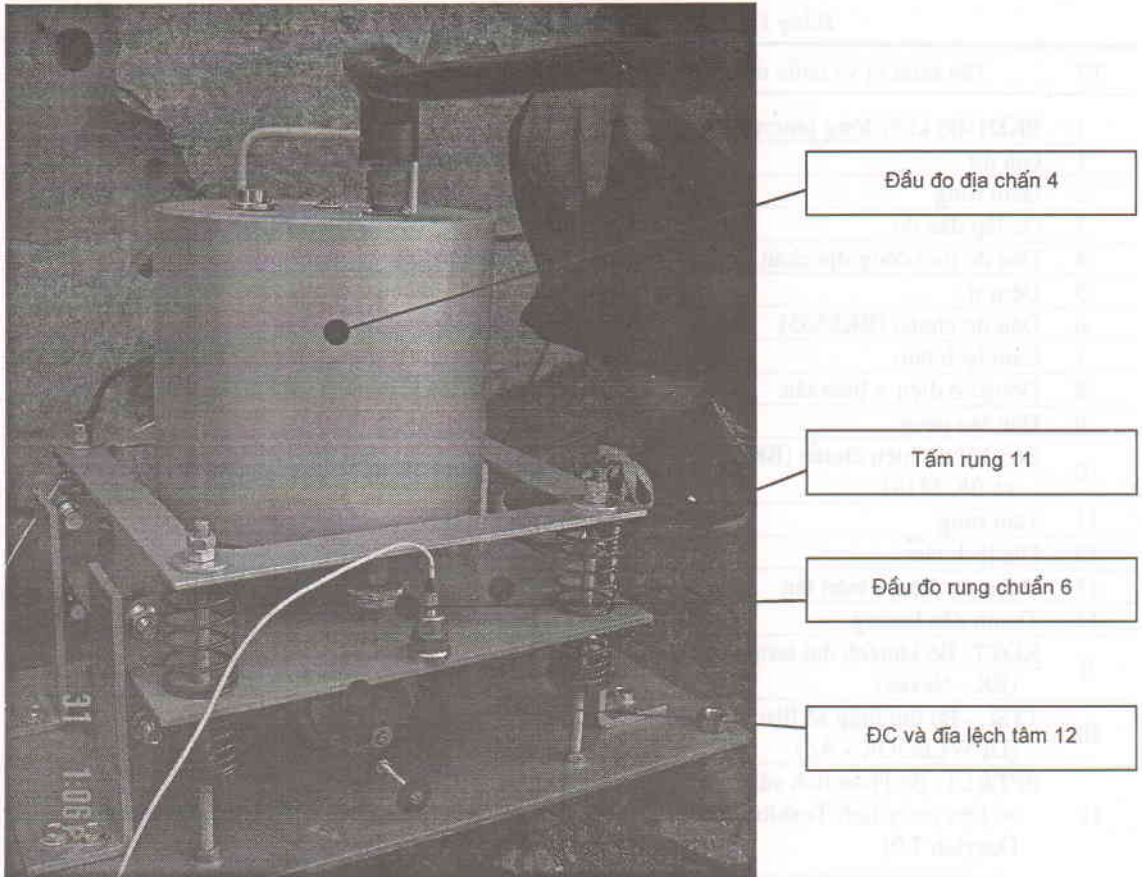
- Cấu trúc hệ thống : loại hệ thống, các thành phần cơ bản, nguyên lý làm việc và chế độ vận hành ;
- Các thông số kỹ thuật cơ bản : dải tần làm việc, hệ số chuyển đổi gốc ;
- Một số đặc trưng của tín hiệu đầu vào : dải tần số, biên độ (cực đại, cực tiểu).

b) **Bước thứ hai** : xây dựng và thống nhất tiến trình chuẩn.

- Thống nhất tiến trình phát tín hiệu và đo ghi với trạm ;
- Khởi động thiết bị rung chuẩn theo dãy tần số quy định ;
- Đo ghi kết quả từ đầu đo địa chấn 4 và các đầu chuẩn 6 ;
- Xử lý, chuẩn hóa tín hiệu đo ghi được từ đầu đo 4 và 6 để chọn lựa các bản ghi phù hợp ;
- Phân tích tín hiệu đo ghi được trong miền thời gian và miền tần số ;
- Xác định hệ số chuyển đổi.



Hình 7. Sơ đồ hệ thống thiết bị phương án 3



Hình 8. Ảnh hệ thống thiết bị rung phương án 3

c) *Bước thứ ba* : phân tích kết quả và đánh giá

- Đánh giá chất lượng rung của tấm 11 ;
- Kết luận độ chính xác và tính khả thi của quy trình ;
- Một số kiến nghị.

### III. ỨNG DỤNG THỬ NGHIỆM HIỆU CHUẨN THIẾT BỊ TẠI TRẠM

Với mục tiêu đánh giá chất lượng thiết bị rung chuẩn và xác định hệ số chuyển đổi, việc hiệu chuẩn được tiến hành tại trạm đo địa chấn Chùa Trâm, Hà Tây trên cơ sở sử dụng thiết bị và phần mềm theo phương án 3 (sơ đồ trên hình 7). Danh sách chi tiết các thiết bị và phần mềm ghi trong *bảng 1*. Trên cơ sở đó, việc hiệu chuẩn được thực hiện trình tự theo các nội dung sau đây :

- Lắp đặt và cân chỉnh thiết bị theo phương án 3 ;
- Điều chỉnh độ rung phù hợp với chế độ đo ghi của trạm Chùa Trâm (tín hiệu ở trạm không bị tràn) ;

- Phát tín hiệu rung động ở các tần số khác nhau. Cần lưu ý trong lần đo thứ nhất, chúng tôi đã phát tín hiệu rung động trong dải tần số 5 Hz, 10 Hz, 20 Hz và 25 Hz và đo ghi kết quả tương ứng từ đầu đo chuẩn và đầu đo địa chấn cân chuẩn. Tuy nhiên, mặc dù miền tần số cho phép của máy địa chấn có thể đạt đến 30 Hz, nhưng qua kinh nghiệm của các cán bộ phòng quan trắc động đất, được biết dải tần thông thường trong đo ghi động đất chỉ khoảng 0,1-10 Hz. Vì thế, trong lần đo thứ 2 (được thực hiện ở trạm Hoà Bình), chúng tôi đã phát tín hiệu rung động trong dải tần số từ 1-15 Hz.

- Xử lý tín hiệu đo : lọc nhiễu, cắt ghép bản ghi phù hợp ;

- Chuẩn hóa tín hiệu : tích phân tín hiệu từ đầu đo chuẩn để được vận tốc dao động (mm/s) ;

- Phân tích tín hiệu trong miền thời gian và miền tần số để đánh giá chất lượng rung động của thiết bị gây rung ;

**Bảng 1. Danh sách thiết bị của hệ thống hiệu chuẩn**

TT	Tên thiết bị và chức năng	Chức năng và thông số kỹ thuật thiết kế
I	BKĐ1-Bộ kích động phương án 1	TS : từ 3 đến 40 Hz, biên độ 0,5-1,5 mm
1	Giá đỡ	Không sinh dao động phụ do liên kết
2	Dầm rung	Không tạo cộng hưởng trong dải tần số hiệu chuẩn
3	Gá lắp đầu đo	Để đảm bảo gá lắp các đầu đo đối xứng
4	Đầu đo dao động địa chấn	Thông số theo catalog
5	Đệm tì	Để truyền dao động có giảm ma sát
6	Đầu đo chuẩn (BK8305)	Có độ chính xác cao
7	Cam lệch tâm	Tạo dao động từ chuyển động quay (độ lệch tâm 0,5-1,5 mm)
8	Động cơ điện + biến tần	Quay cam lệch tâm (Siemens - Đức)
9	Đầu tạo rung	Tạo lực gây rung (BK4808 - Đan Mạch)
10	Bộ phát tín hiệu chuẩn (BK 1050 và BK 2719)	Phát tín hiệu chuẩn đã được khuếch (B&K Đan Mạch)
11	Tấm rung	Gắn đầu đo địa chấn và đầu đo chuẩn
12	Đĩa lệch tâm	Tạo lực ly tâm
13	Động cơ điện + biến tần	Quay đĩa lệch tâm (Siemens-Đức)
14	Thanh dẫn hướng	Hạn chế dao động lắc ngang
II	KĐTT- Bộ khuếch đại tương thích (BK - Nexus)	Khuếch đại tín hiệu đến mức phù hợp (Đan Mạch)
III	TTSL - Bộ thu thập số liệu (DEWEBOOK - Áo)	Thu thập và số hóa tín hiệu 16 kênh đồng thời
IV	BPT&LT- Bộ Phân tích và lưu trữ số liệu (máy tính Toshiba + DasyLab 7.0)	Máy tính và phần mềm phân tích tín hiệu dao động

- Chọn các bản ghi phù hợp để xác định hệ số chuyển đổi.

Cần chú ý, trong quá trình xử lý và phân tích tín hiệu địa chấn, do format số liệu nhận được trên máy thu địa chấn tại Hà Nội được biểu diễn dưới dạng ma trận, nên để phân tích được tín hiệu thu được theo chương trình phù hợp, chúng tôi đã thiết lập một chương trình con để chuyển Format số liệu từ dạng ma trận sang dạng vector cột.

Trên thực tế, chúng tôi đã thu được kết quả là các bản ghi (như ví dụ ở hình 9 và 10) và tiến hành phân tích xử lý từ 5 bản ghi. Tuy nhiên, dưới đây thông báo một số kết quả đo ứng với chế độ phát 10 Hz làm ví dụ minh họa đối với bản ghi thứ nhất. Trên hình 9 và 10 cho thấy băng ghi tín hiệu của đầu rung chuẩn và tín hiệu tương ứng của đầu đo địa chấn trong miền thời gian (hình 9a, 10a) và miền tần số (hình 9b, 10b).

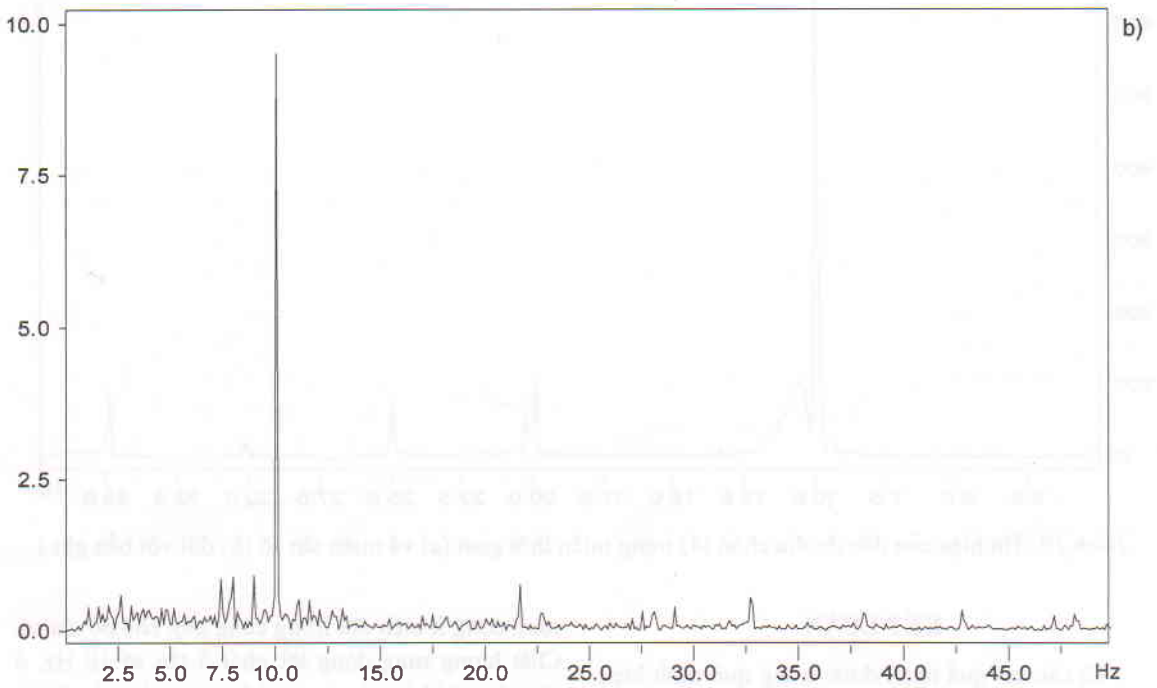
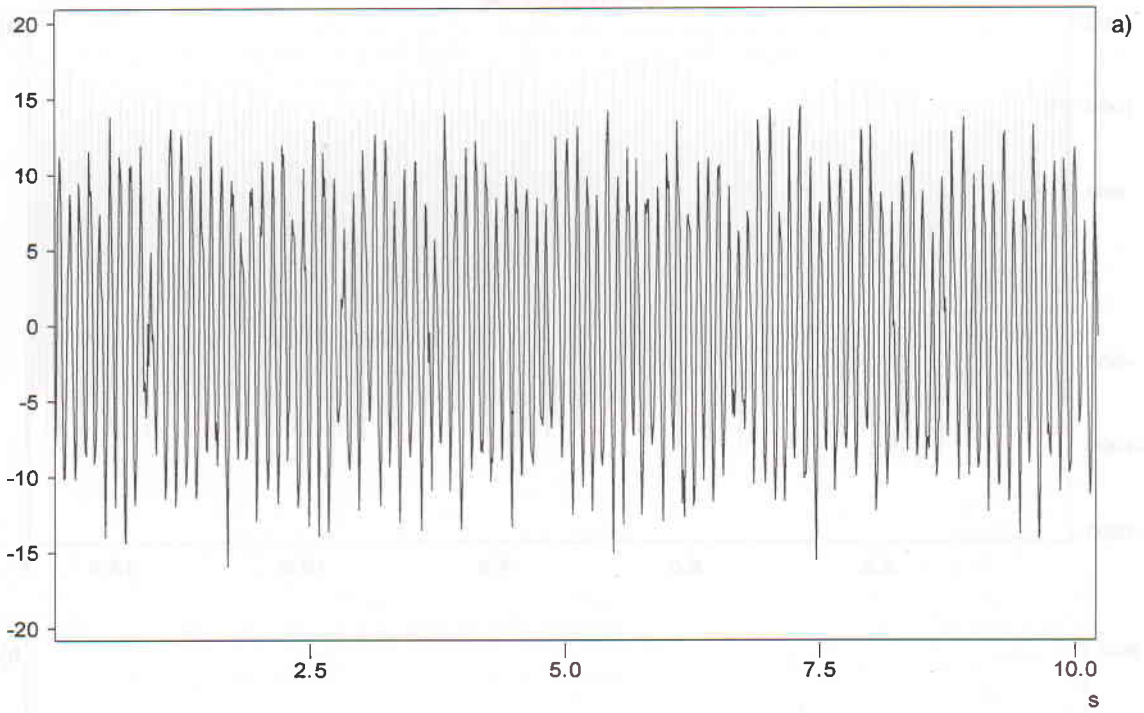
Bằng cách điều khiển thiết bị rung dao động ở tần số 10 Hz với tần số trích mẫu từ đầu đo rung chuẩn  $f_N = 100$  Hz và tần số trích mẫu từ đầu đo

địa chấn  $f_N = 75$  Hz. Các giá trị của đầu đo địa chấn trong bảng 2 là giá trị trung bình phổ. Trên cơ sở các giá trị tương ứng nhận được, đã xác định được các hệ số chuyển đổi đối với từng trường hợp.

Như vậy qua việc thực hiện hiệu chuẩn thiết bị ghi tại trạm địa chấn chùa Trầm (Hà Tây), ngoài việc khẳng định rằng qui trình hiệu chuẩn như đã nêu có thể áp dụng với các trạm địa chấn khác của Việt Nam còn bước đầu xác định được các hệ số chuyển đổi, cho phép xác định được biên độ dao

**Bảng 2. Giá trị phổ tín hiệu và các hệ số chuyển đổi tương ứng**

Bản ghi	Đầu đo địa chấn (mm/s)	Đầu đo chuẩn giá trị trung bình (mm/s)	Hệ số chuyển đổi
1	725	9,50	76,3
2	709	9,50	74,6
3	777	9,50	81,8
4	732	9,50	77,1
5	694	9,50	73,1

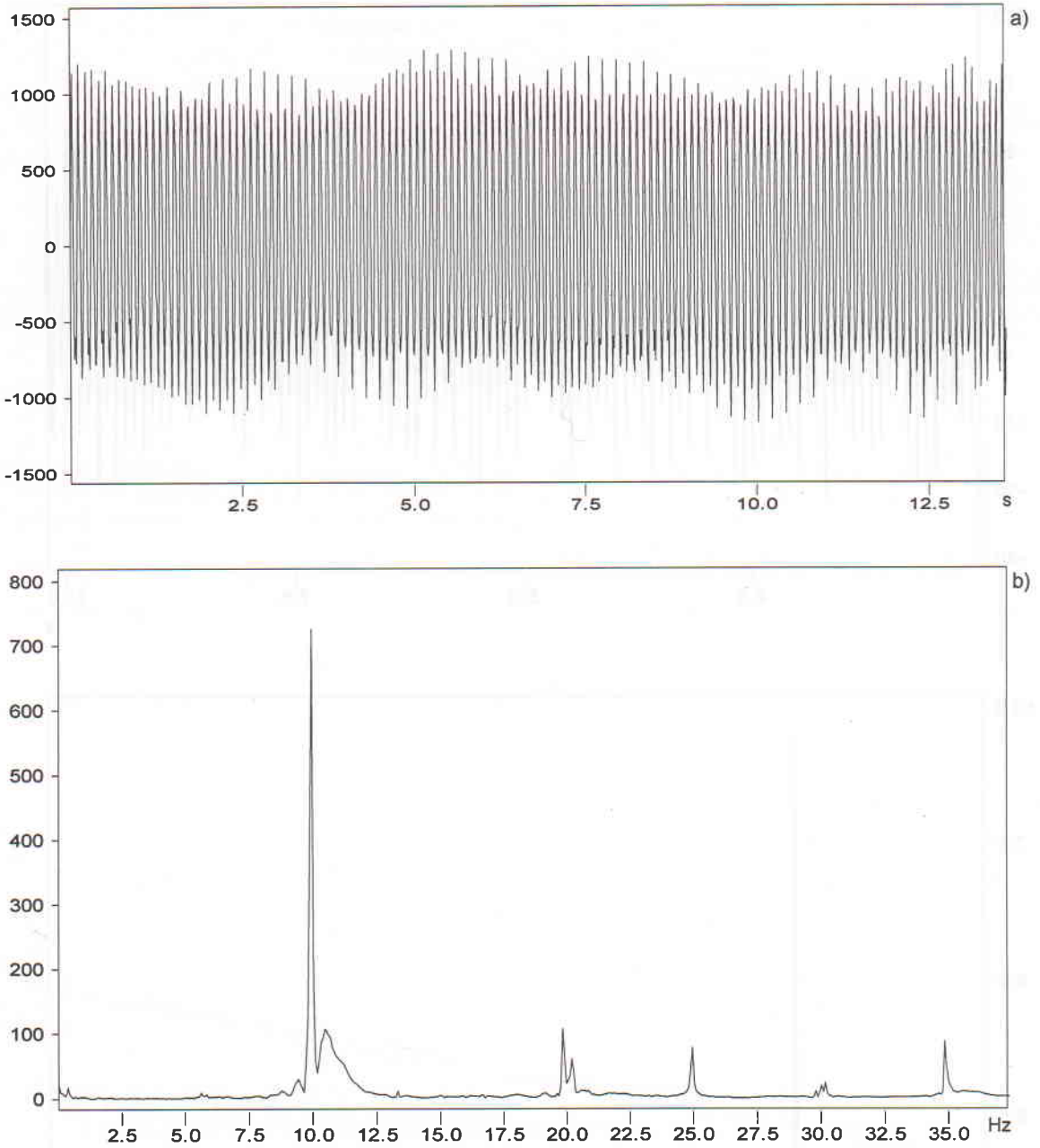


**Hình 9.** Tín hiệu của đầu rung chuẩn trong miền thời gian (a) và miền tần số (b)

động thực của tín hiệu đo. Nếu việc hiệu chuẩn được tiến hành một cách quy mô, đồng bộ đối với tất cả các trạm địa chấn, việc xây dựng đặc trưng biên độ

- tần số (hệ số khuếch đại của máy) và cả việc xác định biên độ dao động thực của tín hiệu địa chấn trên băng ghi sẽ không còn là bài toán nan giải.





Hình 10. Tín hiệu của đầu đo địa chấn (4) trong miền thời gian (a) và miền tần số (b) đối với bản ghi 1

### KẾT LUẬN

Từ các kết quả nhận được trong quá trình hiệu chuẩn, cho phép rút ra các kết luận như sau :

Về chất lượng rung của thiết bị, kết quả phân tích số liệu thu được từ đầu đo chuẩn 6 và đầu đo địa chấn 4 cho thấy : chỉ thành phần tần số phát là nổi trội, không có thành phần lác ngang, biên độ

rung động ít biến đổi trong cùng một chế độ tần số. Chất lượng rung động tốt nhất ở tần số 10 Hz, ở các tần số khác các trạng thái rung của tám 11 là khá phức tạp cả về mặt tần số (nhiều thành phần) và biên độ (thay đổi nhiều).

Các kết quả nhận được trong việc áp dụng thử nghiệm hiệu chuẩn nêu trên cho phép khẳng định

phương pháp hiệu chuẩn các đầu đo địa chấn nêu trên là khả thi và có thể đạt được độ chính xác cao.

Chất lượng của phương pháp hiệu chuẩn phụ thuộc vào các yếu tố như chất lượng thiết bị rung, loại đầu đo chọn làm đầu chuẩn, chế độ đo ghi tín hiệu (tần số trích mẫu, độ dài bản ghi, thời điểm ghi của hai kênh phải trùng khớp nhau hoàn toàn).

Trước tiên cần triển khai thử nghiệm và hoàn thiện quy trình hiệu chuẩn đối với các trạm ghi tại chỗ, tiếp đến mới triển khai cho các trạm truyền phát xa.

Do kinh phí của đề tài rất hạn chế, chỉ đảm bảo tiến hành thử nghiệm bước đầu nên chưa thiết kế được thiết bị rung với chất lượng cao hơn để đạt kết quả hiệu chuẩn thiết bị ghi địa chấn tốt nhất. Vì lẽ đó, cần tăng cường kinh phí để chế tạo thiết bị rung chuẩn theo các phương án khác nhằm tiếp tục thử nghiệm và so sánh với các phương án thiết bị rung khác nhau để chọn lựa phương án đạt độ chính xác theo yêu cầu.

Công trình được hoàn thành với sự hỗ trợ về kinh phí của đề tài nghiên cứu cơ bản thuộc lĩnh vực Các Khoa học về Trái Đất.

## SUMMARY

### Principles and calibrating technique applied to recording equipments at the seismic stations of Vietnam

In the given work, the newly principles and calibrating techniques to recording equipment at seismic stations of Vietnam are applied. The tested application of this method is applied to recording equipment Chua Tram, Ha Tay seismic stations. The received results have shown that, the applied technique is reality and probably to give high accuracy during calibration of recording equipments at seismic stations of Vietnam. Therefore it is necessary to continue study by this given direction for effective application of specified method for all seismic stations of Vietnam.

Ngày nhận bài : 15-3-2007

Viện Khoa học và Công nghệ Việt Nam