(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) **1-0037595**

(51)[2020.01] **G01N 29/04**; G01N 15/00; G01N 11/00; G01N 13/00

(13) **B**

(21) 1-2021-04558

(22) 23/07/2021

(45) 27/11/2023 428

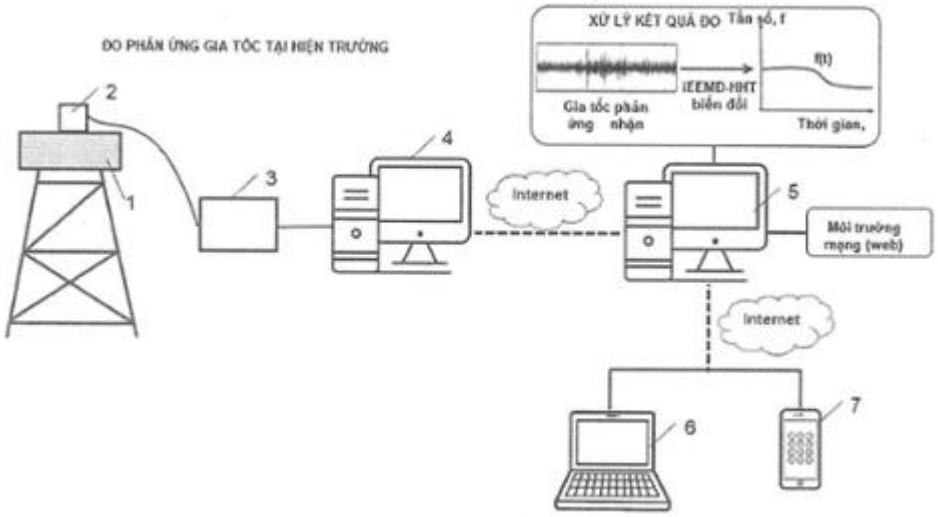
(43) 27/12/2021 405

(73) TRƯỜNG ĐẠI HỌC GIAO THÔNG VẬN TẢI (VN)
Số 3 đường Cầu Giấy, phường Láng Thượng, quận Đống Đa, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Thành Trung (VN); Nguyễn Hữu Hưng (VN); Bùi Ngọc Dũng (VN); Thái Thị Kim Chi (VN); Vũ Đan Chỉnh (VN).

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ TÌNH TRẠNG KỸ THUẬT KẾT CẤU GIÀN KHOAN BIỂN TRỰC TUYẾN

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp đánh giá tình trạng kỹ thuật kết cấu giàn khoan biển trực tuyến mà đánh giá, giám sát và truyền tải các kết quả nhận dạng các tần số dao động riêng biến đổi liên tục theo thời gian của kết cấu giàn khoan biển đến các đơn vị quản lý và người quan tâm trên đất liền qua môi trường mạng. Trong đó, phương pháp này sử dụng thuật toán xử lý iEEMD-HHT (improved Ensemble Empirical Mode Decomposition-Hilbert Huang Transform) trong nhận dạng các tần số dao động riêng cơ bản từ dữ liệu đo phản ứng gia tốc của kết cấu giàn khoan.



Lĩnh vực kỹ thuật đề cập

Sáng chế liên quan đến lĩnh vực bảo trì, giám sát và đánh giá tình trạng kỹ thuật các công trình giàn khoan biển mà phục vụ trong công tác khai thác, thăm dò dầu khí, cụ thể là, sáng chế đề cập đến phương pháp đánh giá tình trạng kỹ thuật kết cấu giàn khoan biển trực tuyến bằng cách xử lý và nhận dạng các tần số dao động riêng của kết cấu.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Kết cấu giàn khoan biển thường làm việc trong môi trường biển khắc nghiệt, chịu tác động lớn, phức tạp và liên tục của sóng gió, dòng chảy. Để đảm bảo an toàn trong quá trình khai thác vận hành công trình, hiện nay đã có một số phương pháp giám sát kỹ thuật kết cấu được xây dựng dựa trên đánh giá về sự suy giảm độ cứng kết cấu thông qua việc nhận dạng các tần số dao động riêng cơ bản và hệ số cản từ kết quả đo phản ứng gia tốc. Trong lĩnh vực giám sát kết cấu công trình, đã có một số tài liệu được công bố về sáng chế liên quan như sau:

Tài liệu sáng chế Trung Quốc số CN110211328 công bố năm 2019 "Structure collapse early-warning system and method based on acceleration data", sáng chế này cũng đã sử dụng phương pháp nhận dạng tần số dao động của kết cấu bằng phương pháp xử lý tín hiệu HT (Hilbert Transform) để đưa ra cảnh báo cho kết cấu. Tuy nhiên, phương pháp này chưa sử dụng phương pháp tách lọc dao động phản ứng kết cấu nên việc nhận dạng tần số dao động riêng chưa được triệt để.

Tài liệu sáng chế Trung Quốc số CN109766803 công bố năm 2018 "Structural damage identification method based on Hilbert-Huang transform" và tài liệu sáng chế Trung Quốc số CN108614926 "Manifold learning and Hilbert-Huang transformation combined structural modal parameter identification method" về ứng dụng thuật toán HHT (Hilbert Huang Transform) trong nhận dạng khuyết tật và tần số dao động riêng của kết cấu. Tuy nhiên, các phương pháp này vẫn sử dụng phương pháp tách lọc tần số EMD (Empirical

Mode Decomposition), chưa cải tiến xử lý nhiễu dạng dao động tương thích theo tác động biến đổi liên tục, vì vậy khả năng áp dụng cho những kết cấu chịu tác động sóng, gió biến đổi liên tục như giàn khoan biển ngoài khơi là khá thấp.

Trong lĩnh vực công trình giàn khoan biển, cũng có một số sáng chế có nội dung về giám sát và quan trắc kết cấu như:

Tài liệu sáng chế Nhật bản số JP6141406B2 công bố năm 2013 "Offshore structure static or dynamic positioning or motion control system and method"; tài liệu sáng chế Trung Quốc số CN109145469 công bố năm 2018 "Offshore structure performance monitoring and O&M decision-making technique, apparatus and system"; tài liệu sáng chế Trung Quốc số CN108414201B công bố năm 2018 "Working condition monitoring and fatigue life predicting system for derrick of ocean platform". Tuy nhiên, những sáng chế này tập trung phần lớn vào phương pháp đo, đánh giá các tác động và phản ứng kết cấu thực, chưa sử dụng phương pháp xử lý lọc tách dữ liệu dao động phản ứng trong nhận dạng được tần số dao động riêng của kết cấu.

Tóm lại, các nghiên cứu và các sáng chế trên thế giới về giám sát kết cấu vẫn tồn tại một số nhược điểm sau đây khi áp dụng cho kết cấu công trình giàn khoan biển ngoài khơi:

1) Chưa nhận dạng được sự biến đổi tần số dao động riêng khi kết cấu làm việc phi tuyến hay các cấu kiện kết cấu bị hư hỏng hay thay đổi kích thước hình học nếu sử dụng các thuật toán đơn giản như phương pháp biến đổi nhanh Fourier.
2) Chưa thể hiện được kết quả nhận dạng và đánh giá liên tục của tình trạng kỹ thuật kết cấu giàn khoan theo thời gian.
3) Việc nhận dạng tần số dao động riêng từ phản ứng cưỡng bức liên tục của sóng gió là rất khó khăn nếu sử dụng các thuật toán xử lý tín hiệu đơn giản. Hơn nữa, các phổ tác động của sóng theo các khoảng thời gian là khác nhau, đòi hỏi cách xử lý số liệu khác nhau. Do đó, cần một phương pháp tương thích và tự điều chỉnh để có thể đưa ra kết quả nhận dạng liên tục và phù hợp.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết các vấn đề trên, mục đích của sáng chế là đưa ra phương pháp giám sát tình trạng kỹ thuật trực tuyến cho kết cấu giàn khoan biển bằng cách:

1) Đề xuất bài toán nhận dạng các tần số dao động riêng cơ bản và hệ số cản của kết cấu giàn khoan bằng cách sử dụng các thuật toán xử lý tín hiệu tiên tiến iEEMD-HHT (impoved Ensemble Empirical Mode Decomposition - Hilbert Huang Transform). Thuật toán biến đổi iEEMD-HHT là thuật toán tiên tiến sử dụng để xử lý các tín hiệu không dừng (non-stationary) và phi tuyến (nonlinear) điều chỉnh tương thích phù hợp với công trình giàn khoan biển chịu tác động phức tạp của sóng gió và dòng chảy. Phương pháp này sẽ tách lọc được các dải tần số thuận tiện trong việc nhận dạng và sẽ tự điều chỉnh cách lọc nhiễu tần số liên tục theo phổ tác động của sóng gió.

   Đặc biệt hơn nữa, thuật toán iEEMD-HHT này xây dựng được hàm biến đổi của tần số và hệ số cản nhận dạng được theo thời gian, đây là căn cứ quan trọng trong việc xây dựng hệ thống đánh giá tình trạng kỹ thuật kết cấu giàn khoan biển trực tuyến.
2) Áp dụng công nghệ IoT (Internet of Thing) để truyền tải dữ liệu đo và thể hiện kết quả đánh giá liên tục, trực tuyến. Công nghệ IoT này sẽ giúp người quản lý, bảo trì hay đối tượng quan tâm ở đất liền lưu trữ được số liệu đo, theo dõi được tình trạng kỹ thuật của kết cấu giàn khoan biển được liên tục.

   Các thiết bị đo và xử lý tín hiệu phải được kết nối mạng, các tín hiệu đo hàm gia tốc phản ứng của kết cấu giàn khoan biển theo thời gian sẽ được truyền qua mạng đến máy tính, được xử lý và thể hiện kết quả nhận dạng tần số dao động riêng của kết cấu liên tục theo thời gian.

Cụ thể, theo một phương án, phương pháp đánh giá tình trạng kỹ thuật kết cấu giàn khoan biển trực tuyến bao gồm các bước:

lắp đặt thiết bị đo phản ứng gia tốc trên kết cấu giàn khoan biển, bao gồm các đầu đo gia tốc có dây (wired accelerometer) có dải giá trị biên độ đo từ 0,2 đến 50 m/s^2, trong đó các đầu đo này kết nối với thiết bị thu giữ tín hiệu (data logger) và thiết bị thu giữ tín

hiệu này sẽ kết nối với máy trạm ngoài biển có kết nối mạng với chức năng lưu trữ dữ liệu phản ứng đo được;

truyền tải dữ liệu đo dao động gia tốc phản ứng đo được bởi các đầu đo gia tốc từ máy trạm ngoài biển đến máy chủ đặt trên đất liền có kết nối mạng, các dữ liệu đo này được ghi, lưu trữ và truyền tải liên tục dưới dạng tệp dữ liệu theo thời gian thực, với mỗi khoảng thời gian đo từ 10 đến 40 giây, tương ứng với dung lượng của mỗi tệp dữ liệu đo từ 3,5 đến 10 MB;

xử lý và nhận dạng các tần số dao động riêng của kết cấu giàn khoan biển theo thời gian từ kết quả đo dao động gia tốc phản ứng bằng thuật toán biến đổi iEEMD-HHT (improved Ensemble Empirical Mode Decomposition-Hilbert Huang Transform), thực hiện trên máy chủ đặt trên đất liền, các tần số dao động riêng của kết cấu giàn khoan biển phải được nhận dạng chính xác từ các tần số đơn lẻ tách lọc từ thuật toán biến đổi iEEMD-HHT, các bước thực hiện của thuật toán này như sau:

xác định độ lệch chuẩn từ tín hiệu gốc x(t), đặt là σ_o;

thực hiện tách tín hiệu gốc bằng phương pháp EMD (Empirical Mode Decomposition), giá trị IMF (Intrinsic Mode Function) đầu tiên đạt được là dải tần số cao của tín hiệu gốc, độ lệch chuẩn của IMF đầu tiên được xác định là σ_h, từ đó, tỷ số độ lệch chuẩn của tín hiệu ồn trắng cộng vào sẽ được xác định như sau:

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{4} = \frac{\sigma_h}{4\sigma_o}$$

thực hiện tách lọc với tín hiệu đo đã được cộng dải ồn trắng sử dụng phương pháp EEMD (Ensemble Empirical Mode Decomposition), thu được các tín hiệu đo dải tần hẹp IMF mà không bị chồng lẫn dạng,

mỗi tín hiệu dải tần hẹp IMF thu được được biến đổi Hilbert để xác định các hàm tần số theo thời gian (instantaneous frequencies):

biến đổi Hilbert cho thành phần i IMF, c_i, như sau:

$$h_i(t) = \frac{1}{\pi} PV \int \frac{c_i(\tau)}{t - \tau}$$

trong đó, PV là biến đổi Cauchy, và tín hiệu, $z_j(t)$ xác định như sau:

$$z_i(t) = c_i(t) + h_i(t)i = a_i(t)e^{i\theta_i(t)}$$

trong đó $a_i(t) = \sqrt{c_i(t)^2 + h_i(t)^2}$s là biên độ theo thời gian mà được xác định đường bao $c_i(t)$ theo thời gian, giá trị góc pha theo thời gian xác định theo công thức sau:

$$\theta_i(t) = \arctan[\frac{h_i(t)}{c_i}(t)]$$

hàm tần số biến đổi theo thời gian (instantaneous frequency), $\omega_i(t)$, cho mỗi dải tín hiệu IMF được xác định như sau:

$$\omega_i(t) = \frac{d\theta_i(t)}{dt}$$

xây dựng máy chủ trên môi trường mạng để quản lý dữ liệu và truyền tải dữ liệu đến đơn vị quản lý và người quan tâm.

Theo một phương án khác, phương pháp đánh giá tình trạng kỹ thuật kết cấu giàn khoan biển trực tuyến theo sáng chế còn bao gồm bước xử lý kết quả đo dao động gia tốc sử dụng thuật toán iEEMD-HHT để nhận dạng tần số dao động riêng của kết cấu tại máy trạm ngoài biển đặt ở công trình kết cấu giàn khoan biển.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ thể hiện các bước thực hiện của phương pháp đánh giá tình trạng kỹ thuật kết cấu giàn khoan biển trực tuyến theo một phương án của sáng chế.

Hình 2 là hình vẽ thể hiện hệ thống đo, xử lý và nhận dạng tần số dao động riêng của kết cấu giàn khoan biển theo phương pháp đánh giá tình trạng kỹ thuật kết cấu giàn khoan biển trực tuyến theo một phương án của sáng chế.

Hình 3 là hình vẽ thể hiện các chức năng của máy trạm ngoài biển đặt ở công trình kết cấu giàn khoan biển

Hình 4 là hình vẽ thể hiện các chức năng của máy chủ đặt tại đất liền.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương pháp đánh giá tình trạng kỹ thuật của kết cấu giàn khoan biển làm bằng thép được tiến hành theo các bước như sau, tham chiếu đến Hình 1 và Hình 2:

Bước 1: Lắp đặt máy móc thiết bị để đo gia tốc phản ứng trên công trình giàn khoan biển.

Bước này được thực hiện tại vị trí đặt công trình giàn khoan biển ngoài khơi. Hệ thống thiết bị dụng cụ đo được lắp đặt trực tiếp trên kết cấu, bao gồm:

- Các đầu đo gia tốc phản ứng (accelerometer) 2: để có thể đo được phản ứng gia tốc biến đổi theo thời gian tác động, các đầu đo này có dải giá trị đo từ 0,2 đến 50 m/s^2 để hạn chế các tín hiệu nhiễu
- Thiết bị thu giữ tín hiệu (data logger) 3: là một bộ thu thập dữ liệu bằng điện tử, có tác dụng ghi lại những dữ liệu gia tốc phản ứng đo được theo thời gian. Những thiết bị thu thập dữ liệu không yêu cầu nguồn cấp, thay vào đó chúng chỉ cần cắm cáp giao tiếp của chúng tới một cổng nhận trên máy tính lưu trữ dữ liệu, chiếc cáp này đóng vai trò cấp nguồn lẫn truyền thông giao tiếp thu thập dữ liệu.
- Máy trạm lưu trữ dữ liệu 4: đây là máy tính có chức năng thu nhận tín hiệu từ thiết bị thu giữ tín hiệu. Máy trạm có thể được cài đặt phần mềm hỗ trợ quản lý, xử lý sơ bộ và thể hiện kết quả đo, phần mềm này thường được hỗ trợ kèm theo thiết bị đo. Máy trạm này được kết nối mạng để thực hiện truyền tải dữ liệu đo cho các bước xử lý tiếp theo. Để các đơn vị giám sát, bảo trì trên giàn khoan có thể giám sát được kết quả đánh giá xử lý dữ liệu đo được, máy trạm 4 có thể được cài đặt chương trình xử lý dữ liệu đo sử dụng thuật toán iEEMD-HHT trong nhận dạng tình trạng kỹ thuật kết cấu của giàn khoan.

Để thu nhận được các tín hiệu đo tốt nhất, các đầu đo gia tốc 2 được lắp đặt trên đỉnh của kết cấu chân đế theo ba phương, đây là vị trí liên kết giữa kết cấu chân đế và thượng tầng, là các vị trí chịu các tác động trực tiếp của môi trường biển. Có thể lựa chọn các vị trí đo khác là các nút liên kết cứng trên các khối thượng tầng, không chịu tác động trực tiếp của sóng và môi trường biển.

Bước 2: Truyền tải dữ liệu từ máy trạm ngoài biển đến vị trí máy trạm lưu trữ trên bờ 5

Các máy trạm lưu trữ dữ liệu ngoài biển 4 và trên bờ 5 đều được kết nối mạng để thực hiện truyền tải dữ liệu. Các dao động phản ứng gia tốc được ghi và lưu trữ liên tục bằng các tệp

tin dạng file.txt đều nhau. Mỗi tệp tin dạng này được đánh số theo thứ tự và có dung lượng từ 3.5÷10 MB tương ứng với khoảng thời gian đo từ 10÷40 giây (thời gian đo có thể dài hơn tùy thuộc vào số lượng đầu đo). Đối với khoảng thời gian đo nhỏ hơn 10 giây tương ứng với dung lượng truyền tải nhỏ, có thể dễ dàng truyền tải và xử lý liên tục dữ liệu nhưng không đảm bảo điều kiện nhận dạng tình trạng kỹ thuật kết cấu, đối với khoảng thời gian đo lớn hơn 40 giây tương ứng với dung lượng truyền tải lớn hơn, sẽ đảm bảo khả năng nhận dạng tình trạng kỹ thuật kết cấu rõ ràng, nhưng không đáp ứng được yêu cầu xử lý dữ liệu liên tục theo thời gian thực. Để đảm bảo việc đánh giá tình trạng kỹ thuật kết cấu giàn khoan biển theo thời gian thực thì phải cân đối giữa thời gian truyền tải dữ liệu với thời gian xử lý, nhận dạng dữ liệu để đưa ra được dung lượng truyền tải và khoảng thời gian đo hợp lý.

Máy trạm được thiết kế có thể nhận biết khi nào có dữ liệu đến, ghi dữ liệu vào tệp tin và chờ đến khi nhận xong dữ liệu từ thiết bị đo, thể hiện trong Hình 3. Khi quá trình ghi tệp tin kết thúc, máy trạm sẽ gửi một thông điệp yêu cầu (request) lên máy chủ và kích hoạt dịch vụ gửi file. Trong quá trình gửi, máy trạm và máy chủ có cơ chế kiểm soát lỗi, nếu có xảy ra lỗi trong các trường hợp bị nghẽn mạng, mất điện thì hệ thống có cơ chế lưu trữ tệp tin chưa gửi và sẽ tiến hành gửi lại khi mạng hoạt động bình thường. Trong quá trình nghẽn mạng, các dữ liệu nhận về từ thiết bị đo được đưa vào bộ đệm lưu trữ và máy trạm sẽ gửi lần lượt các dữ liệu đó về máy chủ cho đến khi tất cả các tệp tin được gửi xong.

Bước 3: Xử lý và nhận dạng tình trạng kỹ thuật kết cấu từ kết quả đo dao động gia tốc phản ứng bằng thuật toán biến đổi iEEMD-HHT thực hiện trên máy chủ đặt ở trung tâm.

Đây chính là bước quan trọng và khác biệt nhất trong phương pháp theo sáng chế, sử dụng thuật toán biến đổi HHT trong xử lý và nhận dạng tình trạng kỹ thuật kết cấu (gồm tần số dao động riêng và lực cản). Bước này gồm quá trình xử lý nhiễu cho tín hiệu gốc, sau đó nhận dạng tình trạng kỹ thuật của kết cấu theo thời gian. Quá trình xử lý này được thực hiện trên máy chủ đặt ở trung tâm đất liền. Thuật toán xử lý HHT này sử dụng phương pháp tách lọc iEEMD (hay viết tắt thành iEEMD-HHT) sẽ giải quyết ba vấn đề sau:

- Tách lọc các dải tần số trong nhận dạng các tần số dao động riêng cơ bản của kết cấu giàn khoan biển. Căn cứ vào việc phân tích động lực học ứng với từng loại kết cấu giàn khoan biển và điều kiện tác động của môi trường biển cụ thể để nhận dạng chính xác các tần số dao động riêng cơ bản của kết cấu giàn khoan biển.
- Xử lý nhiễu tương thích và phù hợp với từng tệp tin dữ liệu. Các tệp tin dữ liệu được ghi trữ tại các thời điểm khác nhau, với các điều kiện tác động khác nhau như điều kiện sóng gió to, nhỏ và vừa. Tương ứng với mỗi điều kiện tác động sẽ có một cách xử lý nhiễu khác nhau. Phương pháp iEEMD tự điều chỉnh cách xử lý nhiễu theo số liệu phổ sóng tác động đầu vào và sẽ giúp việc xử lý tín hiệu được thực hiện trơn tru, liên tục.
- Xây dựng hàm biến đổi tần số dao động riêng theo thời gian (instantaneous frequencies). Đây là căn cứ quan trọng quyết định việc xây dựng hệ thống đánh giá kết cấu trực tuyến.

Các dữ liệu đo và kết quả xử lý này sẽ được lưu trữ và xử lý trong máy chủ.

Thuật toán HHT là thuật toán phát triển biển Huang năm 1998 từ biến đổi Hilbert. Phương pháp HHT là tổ hợp của hai bước: bước 1 là tách dữ liệu đo thành các dải dao động đơn lẻ khác nhau có dải tần hẹp phù hợp với biến đổi Hilbert (Empirical Mode Decomposition, EMD); bước 2 là biến đổi Hilbert cho mỗi dạng dao động riêng lẻ.

Sau đó, phương pháp EMD-HHT được phát triển thành EEMD-HHT (Ensemble Empirical Mode Decomposition, EEMD) bởi Huang và Wu năm 2009 để giải quyết hiện tượng nhiễu dao động (mode mixing). Phương pháp này được thực hiện bằng cách cộng dồn dữ liệu gốc với dải ồn trắng (white noise) để giải quyết hiện tượng nhiễu, tuy nhiên nhược điểm của phương pháp này là dựa vào kinh nghiệm để lựa chọn dải ồn trắng này. Vì thế năm 2011, Chen và các cộng sự đã phát triển thêm phương pháp tách lọc EEMD thành iEEMD (improved Ensemble Empirical Mode Decomposition). Phương pháp này dựa vào phản ứng đầu vào chưa xử lý để lựa chọn dải tín hiệu ồn trắng thêm vào cho phù hợp và có thể giải quyết triệt để hiện tượng nhiễu dao động. Đây là phương pháp rất phù hợp các công trình giàn khoan chịu tác động biến đổi liên tục của sóng, gió biển.

Phương pháp xử lý tín hiện iEEMD được phát triển từ EMD và EEMD, vì vậy nội dung thực hiện của phương pháp này sẽ triển khai từ phương pháp EMD, sau đó tới EEMD và cuối cùng là iEEMD, các bước thực hiện như sau:

Phương pháp Empirical Mode Decomposition (EMD):

Phương pháp EMD sẽ tách lọc tín hiệu dao động phản ứng ban đầu thành một số chuỗi dao động dải tần số hẹp gọi là IMFs (Intrinsic Mode Functions). Quá trình xác định được IMFs đạt được như sau:

1) Xác định tất cả các cực trị sau nó nối tất cả cực trị lớn nhất với nhau tạo thành đường cong bao trên.

2) Lặp lại quá trình trên với các cực trị nhỏ nhất tạo thành đường cong bao dưới. Gọi giá trị trung bình đường bao trên là m_1 và sự khác biệt giữa dữ liệu gốc và giá trị trung bình là h_1, xác định như sau :

$$h_1 = x(t) - m_1$$

Trong đó, h_1 là một IMF; giá trị trung bình m_1

3) Coi h_1 như một dữ liệu mới với một giá trị trung bình mới, xác định như sau

$$h_1 - m_{11} = h_{11}$$

Sau đó lặp lại quá trình trên k làn, h_1 trở thành một IMF, đó là:

$$h_{1(k-1)} - m_{1k} = h_{1k}$$

4) Sau khi IMF1 đầu tiên đạt được, thay c_1 từ tín hiệu gốc $x(t)$ và tính toán giá trị dư như sau:

$$x(t) - c_1 = r_1$$

5) Xử lý r_1 như tín hiệu gốc ban đầu và lặp lại quá trình như bước (1) đến (4) để đạt được IMF ($c_2, c_3, \ldots, c_n$). Quá trình này dừng khi giá trị dư $r_n(t)$ là một hàm điều hòa

$$r_1 - c_2 = r_2; \ldots\ldots r_{n-1} - c_n = r_n$$

6) Kết thúc quá trình, tín hiệu dao động phản ứng ban đầu được tách lọc thành n tín hiệu dao động đơn $c_i(t)$ và một giá trị dư $r_n(t)$:

$$x(t) = \sum_{i=1}^{n} c_1(t) + r_n(t)$$

Phương pháp Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD):

1) Phương pháp EEMD được xác định như sau: Cộng chuỗi tín hiệu ồn trắng vào dữ liệu gốc:

$$x_i(t) = x(t) + n_i(t)$$

$n_i(t)$ là dải tín hiệu ồn trắng, dải tín hiệu ồn trắng này phải có giá trị trung bình và độ lệch chuẩn σ_h

2) Tách lọc chuỗi tín hiệu đã cộng ồn trắng thành các chuỗi tín hiệu dải tần hẹp IMFs xác định theo thuật toán EMD ở trên.

3) Lặp lại bước (1) và (2) với đến khi số lượng thử đạt yêu cầu nhưng với tín hiệu ồn trắng khác nhau cho mỗi lần.

4) Mỗi IMF tương ứng được tính toán với giá trị trung bình để đạt được IMF cuối cùng.

Phương pháp Improved Ensemble Empirical Mode Decomposition (iEEMD):

Các bước thực hiện như sau:

1) Xác định độ lệch chuẩn từ tín hiệu gốc x(t), đặt là σ_o;
2) Thực hiện tách tín hiệu gốc bằng phương pháp EMD như trình bày trên, giá trị IMF đầu tiên đạt được là dải tần số cao của tín hiệu gốc, độ lệch chuẩn của IMF đầu tiên được xác định là σ_h. Từ đó, tỷ số độ lệch chuẩn của tín hiệu ồn trắng cộng vào sẽ được xác định như sau:

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{4} = \frac{\sigma_h}{4\sigma_o}$$

3) Thực hiện tách lọc với tín hiệu đo đã được cộng dải ồn trắng sử dung phương pháp EEMD. Khi đó, các tín hiệu đo dải tần hẹp IMF sẽ được xác định mà không bị chồng lẫn dạng.

Phương pháp Hilbert Transform (HT):

Mỗi tín hiệu dải tần hẹp IMF xác định theo phương pháp iEEMD ở trên được biến đổi Hilbert để xác định các hàm tần số theo thời gian (instantaneous frequencies)

Biến đổi Hilbert cho thành phần i IMF, c_i, như sau:

$$h_i(t) = \frac{1}{\pi} PV \int \frac{c_i(\tau)}{t-\tau}$$

Trong đó, *PV* là biến đổi Cauchy, và tín hiệu, $z_j(t)$ xác định như sau:

$$z_i(t) = c_i(t) + h_i(t)i = a_i(t)e^{i\theta_i(t)}$$

Trong đó $a_i(t) = \sqrt{c_i(t)^2 + h_i(t)^2}$s là biên độ theo thời gian mà được xác định đường bao $c_i(t)$ theo thời gian. Giá trị góc pha theo thời gian xác định theo công thức sau:

$$\theta_i(t) = \arctan[\frac{h_i(t)}{c_{\ i}}(t)]$$

Hàm tần số biến đổi theo thời gian (instantaneous frequency), $\omega_i(t)$, cho mỗi dải tín hiệu IMF được xác định như sau:

$$\omega_i(t) = \frac{d\theta_i(t)}{dt}$$

Bước 4: Xây dựng máy chủ trên môi trường mạng để quản lý dữ liệu và truyền tải dữ liệu đến khách hàng

Việc xây dựng máy chủ 5 để máy khách gồm cán bộ quản lý bảo trì công trình 6 và người quan tâm 7 có thể giám sát, đánh giá kết cấu giàn khoan biển được liên tục thuận tiện. Máy chủ 5 được xây dựng tại trung tâm đất liền, gồm hai phần chính:

1) Phần cứng là máy chủ có kết nối mạng và truy cập một tên miền. Đây là nơi lưu trữ các tệp tin thành phần của một trình duyệt web.
2) Phần mềm bao gồm các phần để điều khiển người dùng truy cập tới các tệp tin lưu trữ trên một HTTP. Một HTTP là một phần mềm có thể hiểu được các URL (Uniform Resource Locator) và giao thức trình duyệt đang sử dụng. Bất cứ lúc nào trình duyệt cần đến tệp tin dữ liệu trên máy chủ, trình duyệt sẽ gửi yêu cầu tệp tin đó thông qua HTTP.

Máy chủ được đặt ở trung tâm có địa chỉ IP cố định. Phần mềm máy chủ thu nhận dữ liệu được xây dựng dưới dạng giao diện web. Các dịch vụ được thiết kế để tự động nhận biết khi máy trạm gửi dữ liệu lên máy chủ. Trong quá trình nhận dữ liệu cũng sử dụng giao thức bắt tay để kiểm soát lỗi. Dữ liệu thu về sẽ được phần mềm xử lý và hiển thị kết quả. Hình 4 là hình vẽ mô tả chức năng của máy chủ. Khi có yêu cầu từ các máy khách 6 và 7 truy cập theo cú pháp quy định thì máy chủ sẽ gửi kết quả dưới dạng tệp tin hoặc hình ảnh cho máy khách.

Giao thức sử dụng trong quá trình gửi và nhận trong hệ thống là giao thức HTTP (hypertext transfer protocol) dựa trên TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Quá trình truyền nhận thường qua các bước: bước 1 sẽ mở kết nối TCP khi máy trạm có nhu cầu truyền dữ liệu trên địa chỉ của máy chủ được xác định bởi URL và cổng 8000, kết nối này được dùng để gửi các yêu cầu (request) và nhận phản hồi (response); bước 2 thực hiện sau khi có kết nối thì gửi yêu cầu, là nội dung yêu cầu được máy khách tạo ra và gửi đến máy chủ, ở đây là tệp tin cần tải. Máy chủ sẽ sử dụng dịch vụ để nhận các tệp tin này.

Như vậy, các dữ liệu đo đã được xử lý và kết quả nhận dạng tình trạng kỹ thuật kết cấu nằm trong máy tính chủ, thông qua mạng sẽ truyền tải thông tin kết quả và đánh giá đến máy khách 6 và 7.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp đánh giá tình trạng kỹ thuật kết cấu giàn khoan biển trực tuyến, phương pháp này bao gồm các bước:

a) lắp đặt thiết bị đo phản ứng gia tốc trên kết cấu giàn khoan biển, bao gồm các đầu đo gia tốc có dây (wired accelerometer) có dải giá trị biên độ đo từ 0,2 đến 50 m/s^2, được lắp đặt ở vị trí liên kết giữa chân đế và thượng tầng của kết cấu giàn khoan biển theo ba phương, trong đó các đầu đo này kết nối với thiết bị thu giữ tín hiệu (data logger) và thiết bị thu giữ tín hiệu này sẽ kết nối với máy trạm ngoài biển có kết nối mạng với chức năng lưu trữ dữ liệu phản ứng đo được;

b) truyền tải dữ liệu đo dao động gia tốc phản ứng đo được bởi các đầu đo gia tốc từ máy trạm ngoài biển đến máy chủ đặt trên đất liền có kết nối mạng, các dữ liệu đo này được ghi, lưu trữ và truyền tải liên tục dưới dạng tệp dữ liệu theo thời gian thực, với mỗi khoảng thời gian đo từ 10 đến 40 giây, tương ứng với dung lượng của mỗi tệp dữ liệu đo từ 3,5 đến 10 MB;

c) xử lý và nhận dạng các tần số dao động riêng của kết cấu giàn khoan biển theo thời gian từ kết quả đo dao động gia tốc phản ứng bằng thuật toán biến đổi iEEMD-HHT (improved Ensemble Empirical Mode Decomposition-Hilbert Huang Transform), bước này được thực hiện trên máy chủ đặt trên đất liền, các tần số dao động riêng của kết cấu giàn khoan biển phải được nhận dạng chính xác từ các tần số đơn lẻ tách lọc từ thuật toán biến đổi iEEMD-HHT, các bước thực hiện của thuật toán này như sau:

xác định độ lệch chuẩn từ tín hiệu gốc x(t), đặt là σ_o;

thực hiện tách tín hiệu gốc bằng phương pháp EMD (Empirical Mode Decomposition), giá trị IMF (Intrinsic Mode Function) đầu tiên đạt được là dải tần số cao của tín hiệu gốc, độ lệch chuẩn của IMF đầu tiên được xác định là σ_h, từ đó, tỷ số độ lệch chuẩn của tín hiệu ồn trắng cộng vào sẽ được xác định như sau:

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{4} = \frac{\sigma_h}{4\sigma_o}$$

thực hiện tách lọc với tín hiệu đo đã được cộng dải ồn trắng sử dụng phương pháp EEMD (Ensemble Empirical Mode Decomposition), thu được các tín hiệu đo dải tần hẹp IMF mà không bị chồng lẫn dạng,

mỗi tín hiệu dải tần hẹp IMF thu được được biến đổi Hilbert để xác định các hàm tần số theo thời gian (instantaneous frequencies):

biến đổi Hilbert cho thành phần i IMF, c_i, như sau:

$$h_i(t) = \frac{1}{\pi} PV \int \frac{c_i(\tau)}{t-\tau}$$

trong đó, PV là biến đổi Cauchy, và tín hiệu, $z_j(t)$ xác định như sau:

$$z_i(t) = c_i(t) + h_i(t)i = a_i(t)e^{i\theta_i(t)}$$

trong đó $a_i(t) = \sqrt{c_i(t)^2 + h_i(t)^2}$s là biên độ theo thời gian mà được xác định đường bao $c_i(t)$ theo thời gian, giá trị góc pha theo thời gian xác định theo công thức sau:

$$\theta_i(t) = \arctan\left[\frac{h_i(t)}{c_{\ i}}(t)\right]$$

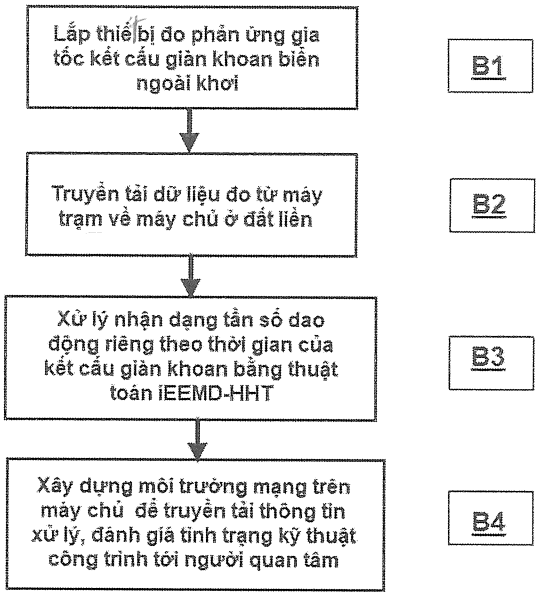
hàm tần số biến đổi theo thời gian (instantaneous frequency), $\omega_i(t)$, cho mỗi dải tín hiệu IMF được xác định như sau:

$$\omega_i(t) = \frac{d\theta_i(t)}{dt}$$

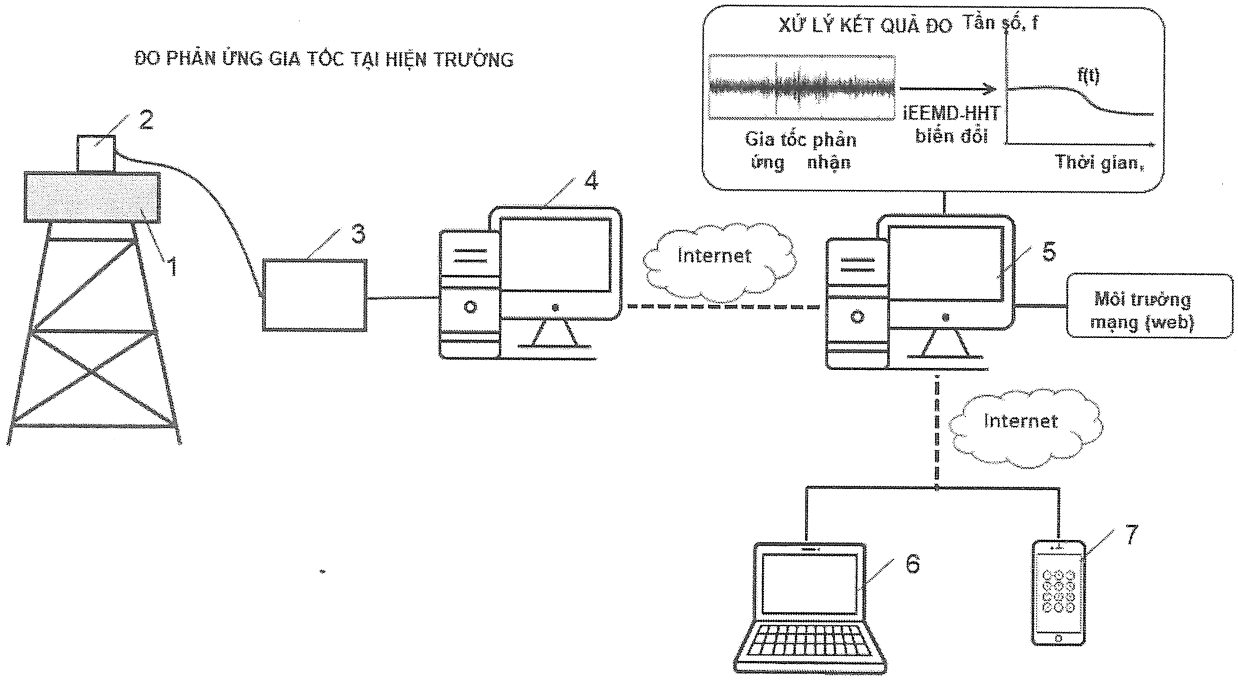
d) xây dựng máy chủ trên môi trường mạng để quản lý dữ liệu và truyền tải dữ liệu đến đơn vị quản lý và người quan tâm.

2. Phương pháp đánh giá tình trạng kỹ thuật kết cấu giàn khoan biển trực tuyến theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước xử lý kết quả đo dao động gia tốc sử dụng thuật toán iEEMD-HHT để nhận dạng tần số dao động riêng của kết cấu tại máy trạm ngoài biển đặt ở công trình kết cấu giàn khoan biển.

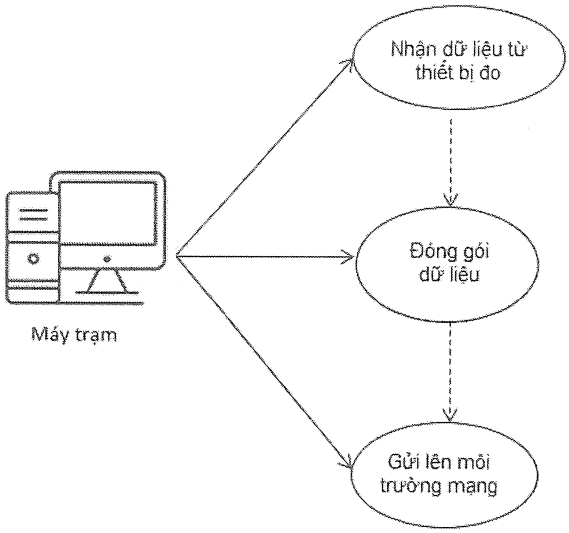
Hình 1


Lắp thiết bị đo phản ứng gia tốc kết cấu giàn khoan biển ngoài khơi
B1
Truyền tải dữ liệu đo từ máy trạm về máy chủ ở đất liền
B2
Xử lý nhận dạng tần số dao động riêng theo thời gian của kết cấu giàn khoan bằng thuật toán iEEMD-HHT
B3
Xây dựng môi trường mạng trên máy chủ để truyền tải thông tin xử lý, đánh giá tình trạng kỹ thuật công trình tới người quan tâm
B4

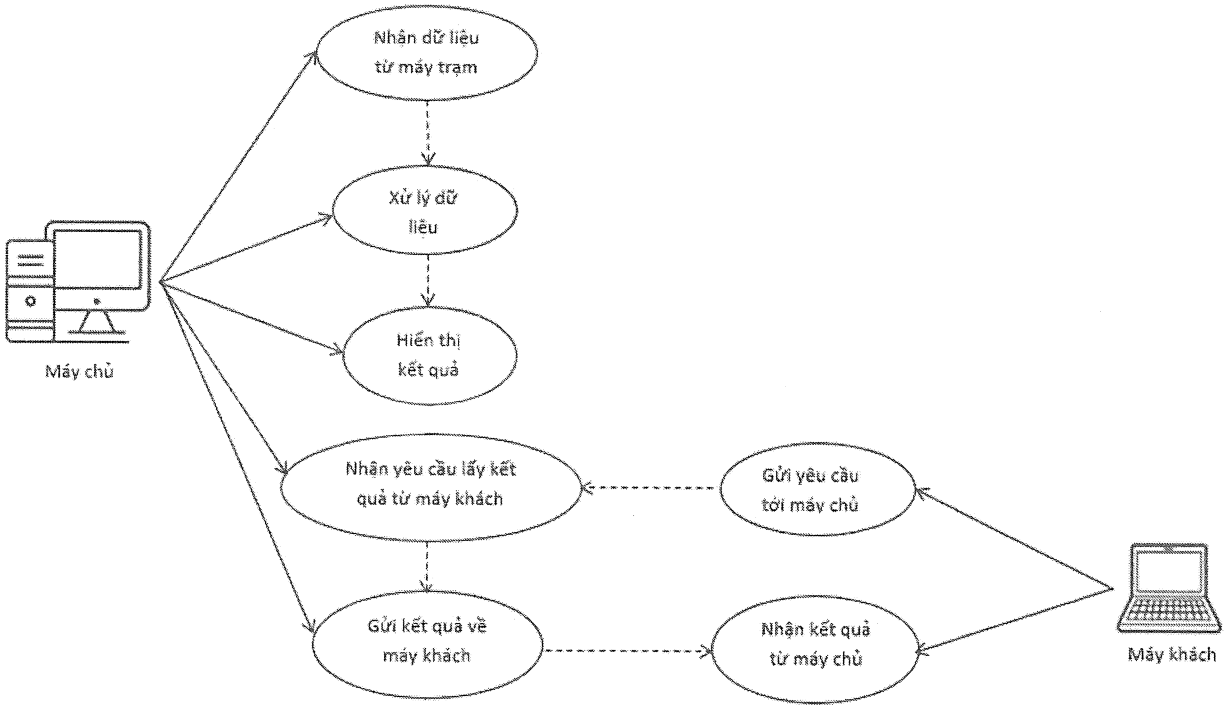
Hình 2


ĐO PHẢN ỨNG GIA TỐC TẠI HIỆN TRƯỜNG
XỬ LÝ KẾT QUẢ ĐO
Tần số, f
f(t)
iEEMD-HHT biến đổi
Gia tốc phản ứng nhận
Thời gian,
1
2
3
4
5
Internet
Môi trường mạng (web)
Internet
6
7

Hình 3


Nhận dữ liệu từ thiết bị đo
Đóng gói dữ liệu
Gửi lên môi trường mạng
Máy trạm

Hình 4


Nhận dữ liệu từ máy trạm
Xử lý dữ liệu
Hiển thị kết quả
Máy chủ
Nhận yêu cầu lấy kết quả từ máy khách
Gửi yêu cầu tới máy chủ
Gửi kết quả về máy khách
Nhận kết quả từ máy chủ
Máy khách