

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống và phương pháp kiểm tra đường ống dưới biển.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các đường ống, như các đường ống được sử dụng trong ngành công nghiệp dầu và khí, cần kiểm tra và bảo dưỡng thường xuyên trước khi xảy ra các hư hỏng tồn kém tiềm tàng. Phương pháp truyền thống đánh giá các điều kiện kỹ thuật của đường ống thường bao gồm bước phát hiện hư hỏng bằng sử dụng cách kiểm tra bên trong đường ống (ILI - in-line inspection) để dò vị trí và ước tính các tham số của các hư hỏng kim loại riêng rẽ, liên kết các lỗi thành các chùm bằng phương pháp đánh giá của chuyên gia (mà không biểu thị các nguyên lý liên kết), tính toán mức điều kiện biến dạng bởi ứng suất (SDC - stress deformed condition) trong các vùng chùm để đánh giá mối nguy hiểm của chúng, và tính toán áp suất hoạt động cho phép và hệ số sửa chữa ước tính (EFR – evaluated factor of repair) cho các chùm ăn mòn ban đầu dựa vào chiều dày thành ống dư với các hư hỏng thuộc loại "tổn thất kim loại" (ăn mòn).

Tuy nhiên, có một vài giới hạn đối với phương pháp nêu trên. Ví dụ, ILI sử dụng bộ dò thông minh là không sẵn có đối với một phạm vi các đồ vật mà không thể dò được, hoặc đòi hỏi đáng kể thời gian cho việc chuẩn bị đối tượng cho các thời dò chạy. Mặc dù phương pháp ILI có thể phù hợp cho nhiệm vụ thứ nhất (dò bản thân hư hỏng), nó ít có ưu điểm để đánh giá mức độ so sánh nguy hiểm của hư hỏng (như bằng cách xếp hạng), hoặc để tính toán khả năng sửa chữa của các đoạn đường ống với các lỗi khác nhau. Ngoài ra, các tính toán truyền thống chỉ có ở việc đánh giá nguy hiểm của nhóm hư hỏng (các cụm) như "tổn thất kim loại". Nhiệm vụ đánh giá tốc độ ăn mòn (dự báo hoặc giám sát ăn mòn) không được giải quyết, và thường được giải quyết bằng cách chạy nhiều lần các phạm vi dò của các thiết bị.

Hơn nữa, theo phương pháp truyền thống nêu trên, không có đánh giá về độ ổn định nứt, tức là, không có dự đoán đối với tốc độ tiến triển hư hỏng dạng nứt, đặc biệt theo hướng dọc. Cũng không có đánh giá về mối nguy hiểm của các loại khuyết tật khác (như các mối hàn) do các điều kiện hoạt động, như đánh giá sự thoái hóa các đặc tính kim loại theo các điều kiện xâm thực và với các bất thường về điều kiện biến dạng do ứng suất (SDC) không được thực hiện. Ví dụ, có các đoạn đường ống với các chỗ võng, cong, ứng

suất/kéo giãn/xoắn, tức là, với sự mất độ ổn định đường ống, như do sự xói mòn đất do các trận mưa nặng hạt, các vùng đất trơn trượt, các vách đứng, các khe núi và các vùng có hoạt động địa chấn. Ngoài ra, vấn đề chính - mức độ tập trung ứng suất trong đoạn đường ống cụ thể - không được xem xét; nó phải được xem xét bởi các kỹ sư của phòng đảm bảo chất lượng của công ty/người vận hành bằng cách đánh giá của chuyên gia.

Nỗ lực để khắc phục ít nhất một số trong các vấn đề của phương pháp ILI truyền thống, hệ thống khảo sát dây cáp dưới biển được biết trong bằng sáng chế Hàn Quốc số KR 100 649 620 B1, bao gồm tàu ngầm có người lái được tạo ra để trực tiếp sửa chữa các phần bất thường của dây cáp dưới biển bằng cách sử dụng cánh tay rô-bốt, được lắp theo cách vận hành được với tàu ngầm có người lái này. Ngoài ra, một số cảm biến và một máy đo độ cao cũng được tạo ra trong hệ thống khảo sát dây cáp dưới biển để phát hiện vị trí và sự cố của dây cáp dưới biển hoặc các thiết bị dưới biển khác và đo khoảng cách giữa tàu ngầm có người lái và đáy biển một cách tương ứng.

Ngược lại với giải pháp trong sáng chế Hàn Quốc số KR 100 649 620 B1 và phương pháp truyền thống, phương pháp chụp X quang từ (MTM – magnetometric tomography) được đề xuất. MTM là phương pháp kiểm tra không tiếp xúc, không phá mẫu (NDT – non-destructive testing) và chuẩn đoán kỹ thuật dựa vào việc thực hiện quét từ xa từ trường của đường ống sắt từ theo hệ thống các tọa độ trục giao. Ngoài ra, việc xử lý thủ công và thực hiện hiệu chuẩn được sử dụng để xác định những vị trí của các phần có các hư hỏng kim loại thuộc các loại khác nhau, xác định loại trong số các hư hỏng nguy hiểm nhất và ước tính khả năng sửa chữa của các phần hư hỏng theo mức độ tập trung ứng suất cơ học. Hơn nữa, MTM có thể được tích hợp môđun MTM mà có thể được lắp vào xe được điều khiển từ xa (ROV – remotely operated vehicle).

Tuy nhiên, MTM hiện thời chỉ cung cấp các ứng dụng trên bờ (ví dụ, trên mặt đất). Ngoài ra, khả năng dò hiện tại của máy đo từ như vậy chỉ lên tới khoảng cách lớn nhất bằng 20 lần đường kính ống. Vì vậy, các hệ thống MTM thông thường này không phù hợp cho nhiều đường ống dưới biển (tức là, dưới mặt nước), mà có thể nằm ở các độ sâu đáng kể. Tốc độ kiểm tra cũng bị giới hạn chỉ khoảng 2 mét trên giây (m/s), và việc ghi khoảng cách thường bằng tay. Ngoài ra, việc phân tích các dữ liệu thu thập là chủ yếu bằng tay, ví dụ như dựa vào đánh giá của chuyên gia.

Do đó, có nhu cầu về việc tạo ra hệ thống và phương pháp kiểm tra đường ống dưới biển nhằm khắc phục ít nhất một số trong các nhược điểm nêu trên.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, sáng chế đề xuất hệ thống và phương pháp kiểm tra đường ống dưới biển mà khiến cho nó có thể kiểm tra đường ống trên thềm lục địa ở các độ sâu 200 mét hoặc sâu hơn với việc xác định chính xác vị trí của các diện tích hư hỏng và loại hư hỏng.

Khía cạnh thứ nhất của sáng chế là đề xuất hệ thống kiểm tra đường ống dưới biển, hệ thống này khác biệt ở chỗ: môđun theo phương pháp chụp X quang từ (MTM) chìm dưới biển được lắp trên ROV có thể di chuyển sát với đường ống dưới biển để phát hiện hư hỏng dọc theo đường ống dưới biển; và các phương tiện xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển, nhờ đó xác định vị trí hư hỏng.

Theo một khía cạnh của sáng chế, trong hệ thống này, phương tiện xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển bao gồm các phương tiện xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển tương đối so với tàu trên mặt nước; và phương tiện xác định vị trí tuyệt đối của tàu trên mặt nước.

Theo một phương án của sáng chế, trong hệ thống này, các phương tiện xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển tương đối so với tàu trên mặt nước bao gồm ít nhất một dụng cụ đo đường, biểu đồ tốc độ Doppler và máy đo gia tốc của các hệ thống vi điện cơ (MEMS - microelectromechanical systems) được ghép nối với môđun MTM chìm dưới biển.

Theo một phương án của sáng chế, trong hệ thống này, các phương tiện xác định vị trí tuyệt đối của tàu trên mặt nước bao gồm bộ thu tín hiệu của hệ thống định vị toàn cầu (GPS – global positioning system).

Theo một phương án khác của sáng chế, trong hệ thống này, các dấu thời gian của dữ liệu từ môđun MTM chìm dưới biển và phương tiện xác định vị trí của môđun MTM được đồng bộ hóa được dựa vào tín hiệu thời gian của hệ thống GPS.

Theo một phương án của sáng chế, hệ thống kiểm tra đường ống dưới biển còn bao gồm phương tiện phân loại hư hỏng dựa vào ít nhất mật độ phân bố cường độ từ trường dọc theo đường trục đường ống trong vùng bất thường.

Theo một phương án của sáng chế, trong hệ thống này, phương tiện phân loại các thứ bậc hư hỏng, hư hỏng này tương ứng là một trong một, hai và ba loại tương ứng với: sửa chữa ngay, sửa chữa theo lịch trình và không sửa chữa.

Theo một phương án của sáng chế, hệ thống kiểm tra đường ống dưới biển còn bao gồm phương tiện xác định áp suất hoạt động an toàn của đường ống.

Theo một phương án của sáng chế, hệ thống kiểm tra đường ống dưới biển còn bao gồm phương tiện xác định giới hạn hoạt động an toàn của đường ống.

Theo một phương án của sáng chế, trong hệ thống này, môđun MTM chìm dưới biển được lắp vào xe điều khiển từ xa (ROV).

Theo một phương án của sáng chế, trong hệ thống này, môđun MTM chìm dưới biển được bố trí cách các động cơ ROV ít nhất khoảng 1 mét.

Khía cạnh thứ hai của sáng chế là đề xuất phương pháp kiểm tra đường ống dưới biển, phương pháp này khác biệt ở các bước: phát hiện hư hỏng dọc theo đường ống dưới biển bằng cách sử dụng môđun theo phương pháp chụp X quang từ (MTM) chìm dưới biển sát đường ống dưới biển; và xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển, nhờ đó xác định vị trí hư hỏng.

Theo một phương án của sáng chế, theo phương pháp yêu cầu bảo hộ, bước xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển bao gồm: xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển tương đối so với tàu trên mặt nước; và xác định vị trí tuyệt đối của tàu trên mặt nước.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, phương pháp kiểm tra đường ống dưới biển còn bao gồm bước đồng bộ hóa các nhãn thời gian của dữ liệu từ môđun MTM chìm dưới biển và thiết bị xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển dựa vào tín hiệu thời gian của hệ thống GPS.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, phương pháp kiểm tra đường ống dưới biển còn bao gồm bước phân loại hư hỏng dựa vào ít nhất mật độ phân bố cường độ từ trường dọc theo trục đường ống trong vùng bất thường.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, phương pháp kiểm tra đường ống dưới biển còn bao gồm bước xếp hạng hư hỏng tương ứng là một trong một, hai và ba loại tương ứng với: sửa chữa ngay, sửa chữa theo lịch trình và không sửa chữa.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, phương pháp kiểm tra đường ống dưới biển còn bao gồm bước xác định áp suất hoạt động an toàn của đường ống.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, phương pháp kiểm tra đường ống dưới biển còn bao gồm bước xác định giới hạn hoạt động an toàn của đường ống.

Sáng chế tạo ra khả năng xác định vị trí chính xác của môđun MTM chìm dưới biển trên đường ống khi người ta di chuyển nó dưới nước dọc theo đường ống và vì vậy định vị vị trí hư hỏng, nếu nó được ghi nhận.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các phương án thực hiện của sáng chế sẽ được hiểu rõ hơn và rõ ràng hơn đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng từ phần mô tả dưới đây, theo cách chỉ làm ví dụ và dựa vào các hình vẽ, trong đó:

Fig.1 là hình vẽ thể hiện việc triển khai hệ thống kiểm tra đường ống dưới biển theo một phương án ví dụ của sáng chế.

Fig.2 là sơ đồ khối minh họa các giao diện truyền thông của hệ thống trên Fig.1.

Fig.3 là sơ đồ khối minh họa cách bố trí các bộ phận trên ROV trên Fig.1 theo phương án ví dụ của sáng chế.

Fig.4 là hình vẽ phối cảnh các chi tiết rời của thiết bị dưới nước trên Fig.3 theo phương án ví dụ của sáng chế.

Fig.5 là sơ đồ giản lược minh họa hoạt động của hệ thống trên Fig.1 theo phương án ví dụ của sáng chế.

Fig.6 thể hiện lưu đồ minh họa phương pháp kiểm tra đường ống dưới biển theo phương án ví dụ của sáng chế.

Fig.7 là sơ đồ khối minh họa thiết bị điện toán để thực hiện phương pháp và hệ thống theo phương án ví dụ của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Fig.1 thể hiện hình ảnh của kết cấu của hệ thống 100 để kiểm tra đường ống dưới biển 130 theo một phương án ví dụ của sáng chế. Fig.2 là sơ đồ khối minh họa các giao diện truyền thông của hệ thống trên Fig.1.

Theo phương án ví dụ này, hệ thống 100 bao gồm bộ điều khiển 102 được bố trí trên tàu của tàu trên mặt nước 110 và thiết bị dưới nước 112 được lắp vào xe được điều khiển từ xa (ROV) 120 liền kề với, nhưng không tiếp xúc với, đường ống dưới biển 130. ROV 120 thường được cột vào tàu trên mặt nước 110 thông qua cáp giữa hoặc dây cột 106, như được biết đến bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng. Người vận hành (không được thể hiện) trên tàu của tàu trên mặt nước 110 có thể điều khiển ROV 120 để di chuyển dọc theo đường ống dưới biển 130. Tàu trên mặt nước 110 theo phương án ví dụ có thể thu các tín hiệu (như các tín hiệu thời gian và vị trí) từ vệ tinh của hệ thống định vị toàn cầu (GPS) 140. Ngoài ra, tàu trên mặt nước 110 và thiết bị dưới mặt nước bao gồm thiết bị dẫn đường và theo dõi tương ứng 4, 114. Thiết bị dẫn đường và theo dõi 104 bao gồm thiết bị dẫn đường GPS cho tàu trên mặt nước 110 cũng như thiết bị để theo dõi ROV 120.

Như có thể thấy từ Fig.2, thiết bị dưới mặt nước 112 bao gồm máy tính nội bộ 214 nối thông với hub 212 của ROV 120 (Fig.1). Hub 212 của ROV 120 nối thông với bộ điều khiển 102 qua hub 202. Bộ điều khiển 102 còn bao gồm bộ điều khiển 204 và thiết bị điện toán ở dạng máy tính cá nhân (PC) 208. Bộ điều khiển 204 nối thông với bộ thu tín hiệu thời gian của hệ thống GPS của hệ thống GPS 206 và thiết bị dẫn đường 104 của tàu trên mặt nước 110. Các giao diện truyền thông phù hợp giữa các bộ phận liên quan như được mô tả ở trên bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở RS-485, RS-232, RS-422 và Ethernet, như sẽ được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng.

Một vài phần của bản mô tả này được thể hiện một cách rõ ràng hoặc hoàn toàn theo các thuật ngữ về các thuật toán và các hàm hoặc các phép toán tượng trưng trên dữ liệu trong bộ nhớ máy tính. Các phần mô tả thuật toán này và các biểu diễn hàm hoặc các phép toán tượng trưng là các phương tiện được sử dụng bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng về các kỹ thuật xử lý dữ liệu để mang lại một cách hiệu quả nhất về bản chất của công việc của họ cho những người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng khác. Thuật toán ở đây, thông thường được hiểu là chuỗi tự hợp các bước dẫn tới kết quả mong muốn. Các bước này là các bước đòi hỏi các điều khiển vật lý đối với đại lượng vật lý, như các tín hiệu điện, từ trường hoặc quang học có thể được lưu, chuyển, kết hợp, so sánh, và được điều khiển theo cách khác.

Trừ khi được chỉ ra theo cách khác, còn không thì như được thể hiện dưới đây, cần hiểu rằng xuyên suốt bản mô tả này, phần trình bày sử dụng các thuật ngữ như: "quét", "tính toán", "xác định", "thay thế", "tạo ra", "khởi tạo", "đưa ra", hoặc dạng tương tự dùng để chỉ hoạt động và các quy trình của hệ thống máy tính, hoặc thiết bị điện tử tương tự, mà xử lý và biến đổi dữ liệu được đại diện bằng các đại lượng vật lý trong hệ thống máy tính thành dữ liệu khác đại diện tương tự bằng các đại lượng vật lý trong hệ thống máy tính hoặc các thiết bị nhớ, truyền hoặc hiển thị thông tin khác.

Bản mô tả này cũng bộc lộ thiết bị để thực hiện các hoạt động của các phương pháp. Thiết bị này có thể được tạo kết cấu đặc biệt cho các mục đích cần thiết, hoặc có thể bao gồm máy tính đa năng hoặc thiết bị khác được kích hoạt hoặc được tạo kết cấu lại một cách có lựa chọn bởi chương trình máy tính được lưu trong máy tính. Các thuật toán và các hiển thị được trình bày trong bản mô tả này vốn không liên quan tới máy tính cụ thể bất kỳ hoặc thiết bị khác. Các máy đa năng khác nhau có thể được sử dụng cùng với các chương trình tùy thuộc theo các hướng dẫn trong bản mô tả này. Ngoài ra, kết cấu của thiết bị chuyên dụng hơn để thực hiện các bước của phương pháp yêu cầu có thể là phù hợp. Kết cấu của máy tính đa năng thông thường sẽ xuất hiện hiện qua phần mô tả dưới đây.

Ngoài ra, phần mô tả này cũng bộc lộ hoàn toàn chương trình máy tính, trong đó, chương trình máy tính này sẽ được hiểu bởi những người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng rằng các bước riêng lẻ của phương pháp được mô tả trong bản mô tả này có thể được thực thi bởi mã máy tính. Chương trình máy tính không nhằm giới hạn ở ngôn ngữ lập trình cụ thể bất kỳ nào cũng như việc thực thi nó. Sẽ hiểu rằng các ngôn ngữ lập trình khác nhau và việc mã hóa chúng có thể được sử dụng để thực thi các chỉ dẫn của sáng chế nằm trong bản mô tả này. Hơn nữa, chương trình máy tính không nhằm giới hạn ở lưu đồ điều khiển cụ thể bất kỳ nào. Hơn nữa, một hoặc nhiều bước của chương trình máy tính, có thể được thực hiện song song hơn là liên tục. Chương trình máy tính này có thể được lưu trữ trên phương tiện đọc được bằng máy tính bất kỳ. Phương tiện đọc được bằng máy tính này có thể bao gồm các thiết bị lưu trữ như: các ổ đĩa quang hoặc các ổ đĩa từ, các chip bộ nhớ, hoặc các thiết bị lưu trữ khác phù hợp để giao tiếp với máy tính đa năng. Phương tiện đọc được bằng máy tính này có thể còn bao gồm phương tiện truyền hữu tuyến ví dụ như hệ thống Internet, hoặc phương tiện vô tuyến ví dụ như hệ thống điện

thoại GSM. Chương trình máy tính này, khi được nạp và chạy trên máy tính đa năng làm cho thiết bị thực hiện các bước của phương pháp ưu tiên.

Tham khảo Fig.1 và Fig.2, theo phương án ví dụ, thiết bị dưới mặt nước 112 dò tìm và ghi nhận từ trường (ví dụ, theo đơn vị micro Tesla (μT) lần lượt theo trục X, trục Y và trục Z) được phát ra bởi thành ống có ứng suất như ROV 120 di chuyển dọc theo đường ống 130. Dữ liệu từ trường thường được thu thập trên mỗi khoảng cách 2 centimet (cm) khi đi qua theo phương án ví dụ, bằng cách sử dụng ít nhất một trong các thiết bị như: thiết bị đo đường, biểu đồ tốc độ Doppler và máy đo gia tốc của các hệ thống vi điện cơ (MEMS) để giám sát khoảng cách đã đi qua. Thiết bị dưới mặt nước 112 không thu thập các giá trị đọc của dữ liệu từ trường ở cùng một điểm khi ROV 120 không di chuyển.

Ngoài ra, theo phương án ví dụ, tín hiệu thời gian của hệ thống GPS được thu bởi bộ thu thời gian của hệ thống GPS của hệ thống GPS 206 được cung cấp cho tất cả các bộ phận của hệ thống 100, bao gồm thiết bị dưới mặt nước 112, sao cho toàn bộ dữ liệu của hệ thống 100 được đồng bộ hóa với thời gian của hệ thống GPS. Ví dụ, các nhãn thời gian trên nhật ký dẫn đường của tàu trên mặt nước 110 ăn khớp với các nhãn thời gian trên nhật ký của máy đo từ trường của thiết bị dưới mặt nước 112.

Fig.3 thể hiện sơ đồ khối, minh họa sự bố trí của các bộ phận trên ROV 120 trên Fig.1 theo một phương án ví dụ của sáng chế. Như có thể thấy trên Fig.3, thiết bị dưới mặt nước 112 được bao quanh trong hộp chống nước và được lắp vào ROV 120. Thiết bị dưới mặt nước 112 bao gồm môđun của phương pháp chụp X quang từ (MTM) chìm dưới biển 302 (ví dụ, Model No. Scythian MBS SKIF-04 được sản xuất bởi Transkor-K) để cảm biến và ghi nhận dữ liệu từ trường và thiết bị dẫn đường và định vị 114 để ghi nhận dữ liệu vị trí.

Fig.4 là hình vẽ các chi tiết rời của thiết bị dưới mặt nước 112 trên Fig.3 theo một phương án ví dụ. Ngoài môđun MTM chìm dưới biển 302 và thiết bị dẫn đường và định vị 114, thiết bị dưới mặt nước 112 bao gồm máy tính nội bộ 214 (như được thể hiện trên Fig.2), nguồn cấp năng lượng ở dạng các bình điện 402 và vỏ chống nước 404 tạo thành hộp. Vỏ 404 điển hình được chế tạo từ vật liệu không nhiễm từ. Ngoài ra, tốt hơn là thiết bị dưới mặt nước 112 được bố trí cách các động cơ của ROV 120 ít nhất khoảng 1 mét (m) theo phương án ví dụ để giảm thiểu tiếng vọng.

Fig.5 là sơ đồ giản lược minh họa hoạt động của hệ thống 100 trên Fig.1 theo một phương án ví dụ. Như có thể thấy trên Fig.5, các đầu vào cho thiết bị dẫn đường và định vị 114 (Fig.1) theo phương án ví dụ bao gồm xung thời gian của hệ thống GPS 502 khi được thu bởi bộ định thời của bộ thu thời gian của hệ thống GPS 206 (Fig.2) và được đồng bộ hóa trên toàn bộ hệ thống 100, dữ liệu biểu đồ tốc độ Doppler 504 và dữ liệu máy đo gia tốc MEMS 506. Dữ liệu biểu đồ tốc độ Doppler 504, diễn hình là các thuật ngữ về tốc độ được đo theo cm/s, được chuyển đổi thành dữ liệu khoảng cách 508 (ví dụ, theo cm) qua hàm 510, ví dụ, bằng cách sử dụng máy tính nội bộ 214 (Fig.2). Tương tự, dữ liệu máy đo gia tốc MEMS 506, diễn hình là các thuật ngữ về gia tốc được đo theo m/s^2 , được chuyển đổi thành dữ liệu khoảng cách 512 (ví dụ, theo cm) qua các hàm kế tiếp 514, 516. Xung thời gian 502 và dữ liệu khoảng cách 508, 512 sau đó được cung cấp cho bộ lọc Kalman 518 để tạo ra xung khoảng cách đơn 520, ví dụ như xung 2cm, với dữ liệu thời gian tương ứng 522. Theo phương án ví dụ, bộ lọc Kalman 518 có thể lựa chọn dữ liệu đọc tốt nhất từ hai hoặc nhiều nguồn (ví dụ, các đầu vào), như được hiểu bởi người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng.

Đồng thời, theo phương án ví dụ, môđun MTM chìm dưới biển 302, cảm biến và ghi từ trường được phát ra bởi thành ống ở các khoảng cách vào khoảng 2cm, tạo ra dữ liệu từ trường 524 tương ứng với xung khoảng cách 520 và dữ liệu thời gian 522 bên trên. Xung khoảng cách 520, dữ liệu thời gian 522 và dữ liệu từ trường 524 được truyền đến bộ điều khiển 102 (Fig.1) để xử lý tiếp, ví dụ như tính toán vị trí hư hỏng/bất thường bất kỳ, tính toán mức độ nghiêm trọng của hư hỏng/bất thường này.

Hệ thống 100 theo phương án ví dụ có thể hoạt động theo chế độ chế độ trực tuyến hoặc chế độ ngoại tuyến. Theo chế độ trực tuyến, hệ thống 100 thu cả dữ liệu từ trường với các nhãn thời gian của hệ thống GPS và dữ liệu dẫn đường theo thời gian thực. Theo chế độ ngoại tuyến, hệ thống 100 thu dữ liệu từ trường thời gian thực, nhưng chỉ thu dữ liệu dẫn đường sau khi nhiệm vụ đã hoàn tất, ví dụ, thông qua thiết bị có thể tháo rời như thẻ nhớ (USB). Diễn hình, dữ liệu dẫn đường bao gồm ít nhất các tọa độ tuyệt đối của ROV 120 (do đó, thiết bị dưới mặt nước 112 và hư hỏng/sự bất thường bất kỳ) với các nhãn thời gian của hệ thống GPS và dữ liệu Kilometer Post (khoảng cách đã di chuyển bởi ROV 120 dọc theo đường ống từ khi bắt đầu di chuyển) Theo phương án ví dụ, dữ liệu dẫn đường được tạo ra theo các mã theo chuẩn mã trao đổi thông tin Hoa Kỳ (ASCII – American Standard Code for Information Interchange). Dữ liệu từ trường và dữ liệu dẫn

đường được lưu cùng nhau trong cơ sở dữ liệu của PC 208 của bộ điều khiển 102 (Fig.2) để xử lý tiếp.

Bảng 1 thể hiện chi tiết về dữ liệu dẫn đường theo phương án ví dụ.

Bảng 1

Trường	Mô tả
DD/mm/yy	Ngày
Hh:mm:ss.ss	1PPS thời gian của hệ thống GPS
XF.xx	phía đông của ROV
YF.yy	phía bắc của ROV
SF.xx	KP của ROV (khoảng cách dọc theo đường ống)
CFE	Độ sâu của ROV
XVV.x	ROV tiến về phía trước
sDVVV	Các giá trị CP (tham số điều khiển)

Bảng 2 thể hiện chi tiết của dữ liệu từ trường theo phương án ví dụ.

Bảng 2

Trường	Mô tả
DD/mm/yy	ngày
Hh:mm:ss.ss	1PPS thời gian GPS
Hx	giá trị từ trường trên trục X
Hy	Giá trị từ trường trên trục Y
H _z	Giá trị từ trường trên trục Z

Ví dụ, PC 208 tính toán các tọa độ của ROV 120 so với tàu trên mặt nước 110 ở nhãn thời gian cụ thể dựa vào dữ liệu dẫn đường ROV 120. Các tọa độ này sau đó được kết hợp với các tọa độ tuyệt đối của tàu trên mặt nước 110 thu được từ vệ tinh GPS ở nhãn thời gian đó để xác định các tọa độ tuyệt đối của ROV. Nếu sự bất thường trong dữ liệu từ trường được phát hiện ở cùng nhãn thời gian, sự bất thường này được kết hợp với các tọa độ đã được xác định. Bằng cách biên dịch và xử lý tất cả dữ liệu thu thập được từ nhiệm vụ kiểm tra, các vị trí của các hư hỏng tiềm tàng, phù hợp với các bất thường trong dữ liệu từ trường được xác định theo phương án ví dụ của sáng chế.

Hơn nữa, hệ thống theo phương án ví dụ của sáng chế có thể đánh giá mức độ nguy hiểm của hư hỏng, tính toán áp suất hoạt động an toàn của đường ống và tính toán giới hạn hoạt động an toàn của đường ống. Chỉ số nguyên vẹn F về mức độ nguy hiểm của hư hỏng góp phần làm tăng mức độ bất thường của từ trường, biên độ và hình dạng phân bố của vector cường độ từ trường trên các giá trị nền được tính theo phương án ví dụ dựa vào công thức sau:

$$F = A \cdot e^{\left(1 - \frac{Q_\Phi}{Q_{aH}}\right)} \quad (1)$$

trong đó A biểu thị ảnh hưởng khác biệt của hệ số hiệu chỉnh đến các hư hỏng của các đường ống dựa vào sự thay đổi từ trường và thường được xác định sau các bước hiệu chỉnh; Q_{aH} , Q_Φ biểu thị mật độ phân bố cường độ từ trường dọc theo đường trục đường ống trong vùng bất thường và trong vùng nền "lặng gió", A/M, một cách tương ứng. Mật độ thường được xác định là chiều dài của phần cong. Theo phương án ví dụ, độ cong bao gồm vị trí hình học của các điểm cường độ của từ trường trong khoảng trống, vì vậy:

$$dQ = \sqrt{dH_x^2 + dH_y^2 + dH_z^2} \quad (2)$$

trong đó dH_x , dH_y , dH_z biểu thị các giá trị thay đổi của vector cường độ từ trường, A/M², một cách tương ứng.

Theo phương án ví dụ, Q_{aH} và Q_Φ được tính toán bằng cách lấy tích phân dQ chiều dài của các phần bất thường và các phần nền, một cách tương ứng.

Các giá trị đã tính toán của chỉ số F được duy trì như trong cơ sở dữ liệu của các hư hỏng được phát hiện và trong các đồ thị phân bố bất thường. Bảng 2 cung cấp xếp hạng các vị trí (ví dụ, các vùng) với các bất thường từ trường dựa vào mức độ nguy hiểm của chúng. Tại các vị trí với cấp nguy hiểm thứ nhất, các công việc ưu tiên sửa chữa-xây dựng lại thứ nhất được thực hiện. Tại các vị trí với cấp nguy hiểm thứ hai, các công việc sửa chữa-xây dựng lại đã lập kế hoạch được đưa vào chương trình. Tại các vị trí với cấp nguy hiểm thứ ba, hoạt động của đường ống được cho phép mà không cần các công việc sửa chữa-xây dựng lại.

Bảng 2

Thứ tự	Giá trị của chỉ số nguyên vẹn F	Mức độ nguy hiểm của độ bất thường từ trường, cấp
--------	---------------------------------	---

1	từ 0 đến 0,2	thứ nhất
2	từ 0,22 đến 0,55	thứ hai
3	từ 0,55 đến 0,99	thứ ba

Ngoài ra, theo phương án ví dụ, áp suất hoạt động an toàn P_{safe} được tính toán được dựa vào mức độ nguy hiểm của hư hỏng tương ứng.

Đối với các phần có các hư hỏng của cấp nguy hiểm thứ nhất (ví dụ, $0 \leq F \leq 0,2$) ở $F < 0,1$:

$$P_{safe} = 0,9P_{oper} + 0,1P_{oper} \cdot F \quad (3)$$

ở $0,1 \leq F < 0,2$:

$$P_{safe} = 0,9P_{oper} + 0,05P_{oper} \cdot F \quad (4)$$

Đối với các phần có các hư hỏng của cấp nguy hiểm thứ hai (ví dụ, $0,2 \leq F \leq 0,55$):

$$P_{safe} = 1,01P_{oper} + 0,05P_{oper} \cdot F \quad (5)$$

Đối với các phần có các hư hỏng của cấp nguy hiểm thứ ba (tức là, $F \geq 0,55$):

$$P_{safe} = 1,06P_{oper} + (0,95P_{design} - 1,06P_{oper}) \cdot F \quad (6)$$

Trong đó P_{oper} biểu thị áp suất trong đường ống ở thời điểm kiểm tra, được đo theo megapascal (MPa); P_{design} biểu thị áp suất thiết kế trong đường ống (theo MPa); và P_{safe} biểu thị áp suất hoạt động an toàn được tính toán trong đường ống (theo MPa).

Nếu giá trị của áp suất hoạt động an toàn được tính toán P_{safe} vượt quá áp suất thiết kế P_{design} , thì tốt hơn là đường ống được hoạt động ở áp suất thiết kế. Việc đánh giá điều kiện kỹ thuật đường ống có thể được thực hiện dựa vào hệ số về áp suất an toàn "CSP" trong đó:

$$CSP = \frac{P_{oper}}{P_{safe}}$$

Theo phương án ví dụ, ở $CSP \geq 1$, hư hỏng được đánh giá là nghiêm trọng và có sửa chữa ưu tiên thứ nhất.

Đối với hoạt động ngắn hạn của đường ống, áp suất hoạt động có thể chấp nhận lớn nhất P_{max} (còn được biến đến là MAOP) được tính toán theo phương án ví dụ:

$$P_{\max} = P_{\text{safe}} \cdot \tau \quad (8)$$

trong đó τ biểu thị hệ số về mức tăng áp suất ngắn hạn, được xác định bởi tổ chức vận hành và có thể nằm trong khoảng từ 1,1 đến 1,15 theo phương án ví dụ.

Giới hạn hoạt động an toàn của đường ống (ví dụ, không có tai nạn) T_{safe} được tính toán theo phương án ví dụ theo điều kiện mà đường ống được hoạt động ở áp suất an toàn được tính toán, như được mô tả ở trên thông qua các công thức từ (3) đến (6). Sau khi sửa chữa, toàn bộ các hư hỏng được phát hiện, giới hạn hoạt động an toàn của đường ống được cố định không lớn hơn 90% so với giá trị được tính toán, đưa ra giải thích theo ý nghĩa “cố định không lớn hơn 90%”. Đối với từng hư hỏng được phát hiện, các tính toán được thực hiện theo phương án ví dụ bởi công thức sau:

$$T_{\text{safe}} = K_p \cdot K_F \cdot K_t \quad (9)$$

trong đó K_p biểu thị hệ số về áp suất trong đường ống; K_F biểu thị hệ số xem xét mức độ nguy hiểm của hư hỏng; và K_t biểu thị hệ số góp phần tạo nên giới hạn hoạt động đường ống.

Ví dụ, nếu đường ống được hoạt động ở áp suất thiết kế, $K_p = 1$, mặt khác:

$$K_p = e^{1 - \frac{P_{\text{design}}}{P_{\text{oper}}}} \quad (10)$$

$$\text{Ngoài ra, } K_F = -2 \lg \sqrt{1 - F} \quad (11)$$

K_t coi như ảnh hưởng của các hệ số hoạt động, cụ thể, khả năng hư hỏng đường ống trong 3 năm đầu hoạt động do các hư hỏng lắp ráp xây dựng và do hư hỏng ăn mòn sau 5-7 năm hoạt động.

$$K_t = 10 \cdot \frac{T}{\Delta T} \quad (12)$$

Trong đó T biểu thị giới hạn hoạt động bình thường của đường ống (được đo trong các năm), và ΔT biểu thị giới hạn hoạt động của đường ống từ khi đưa vào hoạt động (được đo trong các năm).

Fig.6 thể hiện lưu đồ 600 minh họa phương pháp kiểm tra đường ống dưới biển theo một phương án ví dụ. Ở bước 602, hư hỏng dọc theo đường ống dưới biển được phát hiện bằng cách sử dụng môđun theo phương pháp chụp X quang từ chìm dưới biển

(MTM) sát đường ống dưới biển. Ở bước 604, vị trí của môđun MTM chìm dưới biển được xác định, nhờ đó vị trí hư hỏng được xác định.

Phương pháp và hệ thống về phương án ví dụ có thể cho phép đo một cách hiệu quả đường ống dưới biển không thể dò từ các vị trí trên bờ. Thậm chí đối với các đường ống dưới biển có thể dò được, nhu cầu đối với việc chuẩn bị đường ống trước khi kiểm tra (ví dụ, (làm sạch khoang trong ống, kiểm tra hình học trước khi chạy công cụ chuẩn đoán của máy phát hiện hư hỏng, đặt các điểm tham chiếu, từ hóa kim loại đường ống) được loại trừ một cách hiệu quả. Các công việc hỗ trợ thêm để tiến hành/tiếp nhận dò cũng không cần đến. Vì vậy, có thể đạt được việc giảm chi phí so với các phương pháp thông thường như bộ dò thông minh.

Ngoài ra, phương pháp và hệ thống theo phương án ví dụ có thể có độ nhạy cao do sự truyền dẫn không tiếp xúc của từ trường của đường ống và việc lọc tín hiệu liên quan trên nhiễu. Điều đó có nghĩa là các hư hỏng kim loại gây ra các điều kiện biến dạng bởi ứng suất gây ra thường không mất đi trong quá trình kiểm tra. Có lợi là, thay đổi từ trường của toàn bộ phần dò (cụm) - không phải hư hỏng riêng rẽ - được đăng ký theo phương án ví dụ. Tức là, phương pháp và hệ thống theo phương án ví dụ có thể tạo ra sự đánh giá định lượng về giá trị tập trung ứng suất F cho toàn bộ các hư hỏng liên quan của độ bất thường từ trường được đăng ký (hoặc điều kiện biến dạng bởi ứng suất một cách bất thường do chùng gây ra).

Hơn nữa, phương pháp và hệ thống theo phương án ví dụ có thể là một công cụ hiệu quả để kiểm tra các kích thước khác nhau của các đường ống, và cho phép đánh giá mức độ nguy hiểm của các loại hư hỏng khác nhau dựa vào chỉ số định lượng duy nhất F của giá trị tập trung ứng suất. Tốt hơn là, điều này cho phép tính toán EFR cho các hư hỏng thuộc loại "tổn thất kim loại" và các loại khác như: "các hư hỏng dạng nứt", các hư hỏng hàn, "hư hỏng về sự liên tục", "thay đổi hình học", v.v.. Vì vậy, các tính toán về khả năng sửa chữa cho tất cả các loại hư hỏng - không chỉ là loại "tổn thất kim loại" - có thể được thực hiện.

Phương pháp và hệ thống theo phương án ví dụ có thể được thực hiện trên hệ thống máy tính 700, được thể hiện dạng sơ đồ trên Fig.7. Nó có thể được thực hiện bằng phần mềm, như chương trình máy tính được chạy trong hệ thống máy tính 700, và lệnh cho hệ thống máy tính 700 thực hiện phương pháp theo phương án ví dụ này.

Hệ thống máy tính 700 bao gồm môđun máy tính 702, các môđun đầu vào như bàn phím 704 và chuột 706 và các thiết bị đầu ra như màn hình 708, và máy in 710.

Môđun máy tính 702 được nối với mạng máy tính 712 qua thiết bị thu phát phù hợp 714, để cho phép truy cập, ví dụ như Internet hoặc các hệ thống mạng khác như Mạng nội bộ (LAN – Local Area Network) hoặc Mạng diện rộng (WAN – Wide Area Network).

Môđun máy tính 702 trong ví dụ này bao gồm bộ xử lý 718, bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (RAM) 720 và bộ nhớ chỉ đọc (ROM) 722. Môđun máy tính 702 cũng bao gồm số giao diện đầu vào/ đầu ra (I/O), ví dụ giao diện I/O 724 cho màn hiển thị 708 và giao diện I/O 726 cho bàn phím 704.

Các phần của môđun máy tính 702 diễn hình liên lạc qua đường truyền dẫn liên kết 728 và theo cách đã biết đối với người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng.

Chương trình ứng dụng thường được cung cấp cho người sử dụng của hệ thống máy tính 700 được mã hóa trên phương tiện lưu trữ dữ liệu như CD-ROM hoặc thiết bị mang bộ nhớ nhanh và đọc bằng cách sử dụng ổ đĩa chạy các phương tiện lưu trữ dữ liệu tương ứng của thiết bị nhớ dữ liệu 730. Chương trình ứng dụng được đọc và được điều khiển khi thực thi bởi bộ xử lý 718. Bộ nhớ dữ liệu chương trình trung gian có thể được thực hiện bằng cách sử dụng RAM 720.

Người có hiểu biết trung bình về lĩnh vực kỹ thuật tương ứng sẽ hiểu rằng vô số các biến thể và/hoặc cải biến có thể được thực hiện theo sáng chế như được thể hiện trong các phương án thực hiện cụ thể. Do đó, các phương án thực hiện được cho là nằm trong tất cả các khía cạnh nhằm minh họa và không hạn chế.

1. Hệ thống (100) kiểm tra đường ống dưới biển (130), hệ thống (100) này khác biệt ở chỗ:

môđun theo phương pháp chụp X quang từ chìm dưới biển (MTM) (302) được lắp đặt trên xe điều khiển từ xa (ROV) (120) có thể di chuyển sát đường ống dưới biển (130) để phát hiện hư hỏng dọc theo đường ống dưới biển (130); và

các phương tiện (110, 104, 114, 140) xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển (302), nhờ đó xác định vị trí hư hỏng.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó phương tiện (110, 104, 114, 140) xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển (302) bao gồm:

các phương tiện (110, 104, 114) xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển (302) so với tàu trên mặt nước (110); và

các phương tiện (140) xác định vị trí tuyệt đối của tàu trên mặt nước (110).

3. Hệ thống theo điểm 2, trong đó phương tiện (110, 104, 114) xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển (302) so với tàu trên mặt nước (110) bao gồm ít nhất một trong các dụng cụ đo đường, biểu đồ tốc độ Doppler và máy đo gia tốc của các hệ thống vi điện cơ (MEMS) được ghép nối với môđun MTM chìm dưới biển (302).

4. Hệ thống theo điểm 2, trong đó các phương tiện (140) xác định vị trí tuyệt đối của tàu trên mặt nước bao gồm bộ thu của hệ thống định vị toàn cầu (GPS).

5. Hệ thống theo điểm 4, trong đó các nhãn thời gian của dữ liệu từ môđun MTM chìm dưới biển (302) và các phương tiện (110, 104, 114) xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển (302) được đồng bộ hóa dựa vào tín hiệu thời gian của hệ thống GPS (502).

6. Hệ thống theo điểm 1, trong đó hệ thống này còn bao gồm các phương tiện (302, 112, 102) để phân loại hư hỏng dựa vào ít nhất là mật độ phân bố cường độ từ trường dọc theo trục của đường ống trong vùng bất thường.

7. Hệ thống theo điểm 6, trong đó các phương tiện (302, 112, 102) để phân loại hư hỏng, bằng cách phân thứ bậc hư hỏng này là một trong số loại một, hai và ba tương ứng với: sửa chữa ngay, sửa chữa theo lịch trình và không sửa chữa, một cách tương ứng.

8. Hệ thống theo điểm 6, trong đó hệ thống này còn bao gồm các phương tiện (112, 700) xác định áp suất hoạt động an toàn (P_{safe}) của đường ống.
9. Hệ thống theo điểm 6, trong đó hệ thống này còn bao gồm các phương tiện (112, 700) xác định giới hạn hoạt động an toàn (T_{safe}) của đường ống.
10. Hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó môđun MTM chìm dưới biển (302) được bố trí cách động cơ của ROV ít nhất 1 mét.
11. Phương pháp kiểm tra đường ống dưới biển (130), phương pháp này bao gồm các bước:

phát hiện hư hỏng dọc theo đường ống dưới biển bằng cách sử dụng môđun theo phương pháp chụp X quang từ (MTM) chìm dưới biển (302) gần sát với đường ống dưới biển (130); và

xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển (302), từ đó xác định vị trí hư hỏng.
12. Phương pháp theo điểm 11, trong đó bước xác định vị trí của môđun (MTM) chìm dưới biển (302) bao gồm:

xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển (302) so với tàu trên mặt nước (110); và

xác định vị trí tuyệt đối của tàu trên mặt nước (110).
13. Phương pháp theo điểm 12, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước thực hiện đồng bộ hóa các nhãn thời gian của dữ liệu từ môđun MTM chìm dưới biển (302) và thiết bị xác định vị trí của môđun MTM chìm dưới biển (302) dựa vào tín hiệu thời gian của hệ thống GPS (502).
14. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 13, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước phân hạng hư hỏng ít nhất là dựa vào sự phân bố cường độ từ trường dọc theo trục đường ống trong vùng bất thường.
15. Phương pháp theo điểm 14, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước phân loại tương ứng hư hỏng thành một trong số một, hai và ba loại tương ứng với: sửa chữa ngay, sửa chữa theo lịch trình và không sửa chữa.

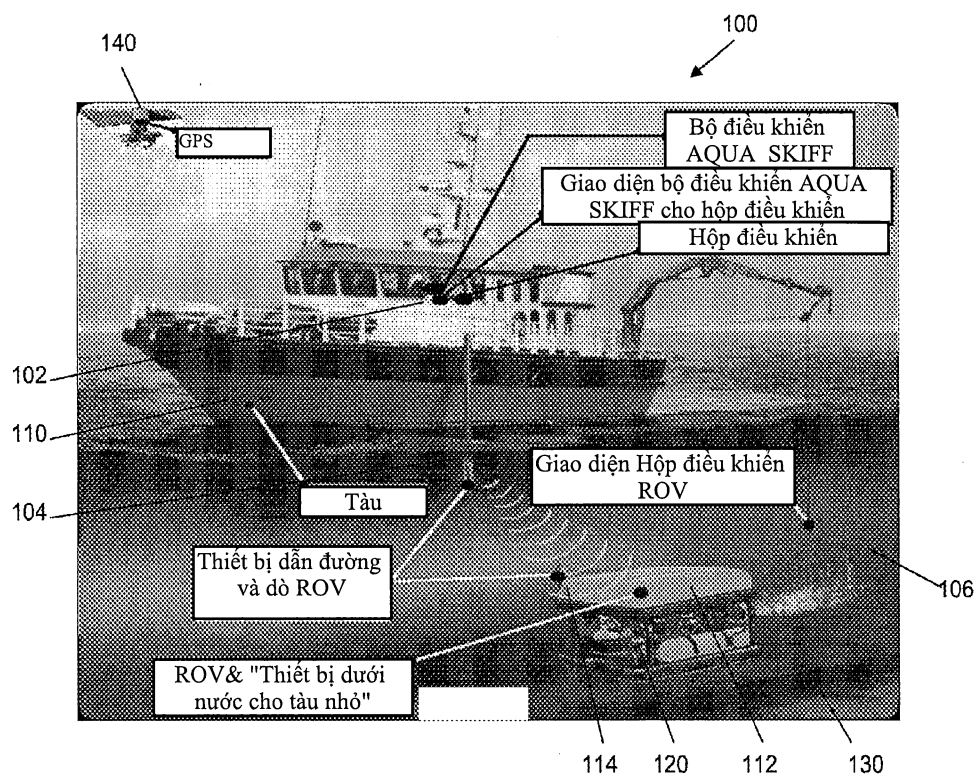


Fig.1

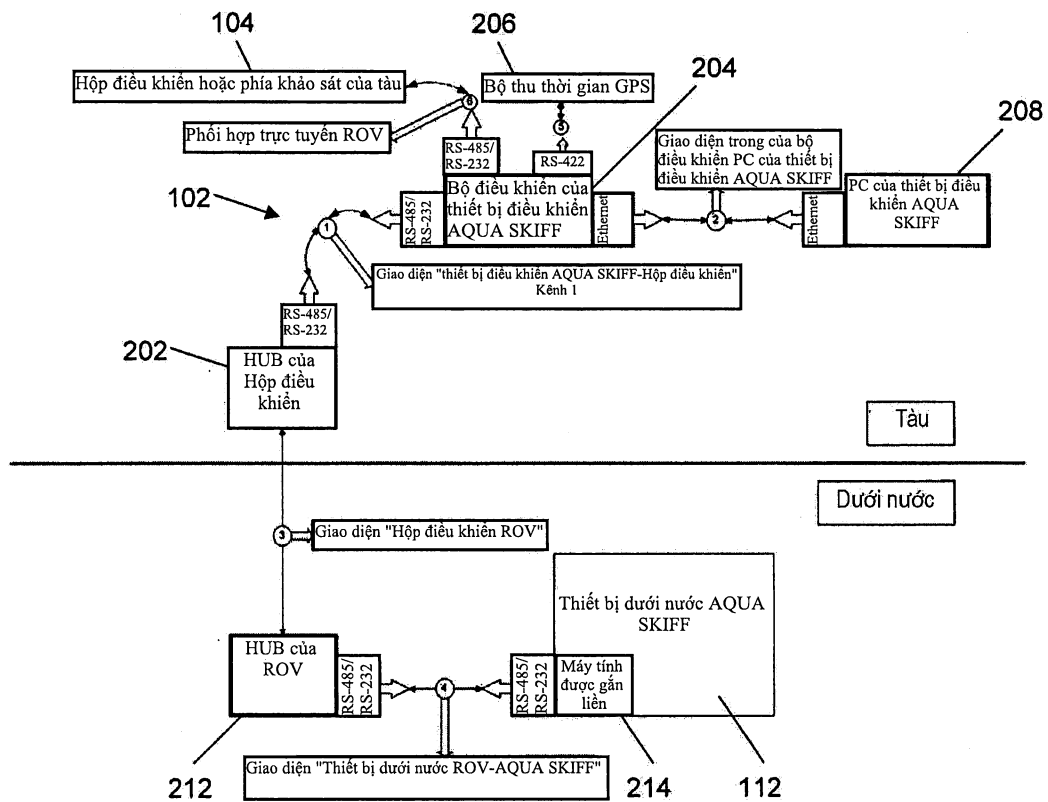


Fig.2

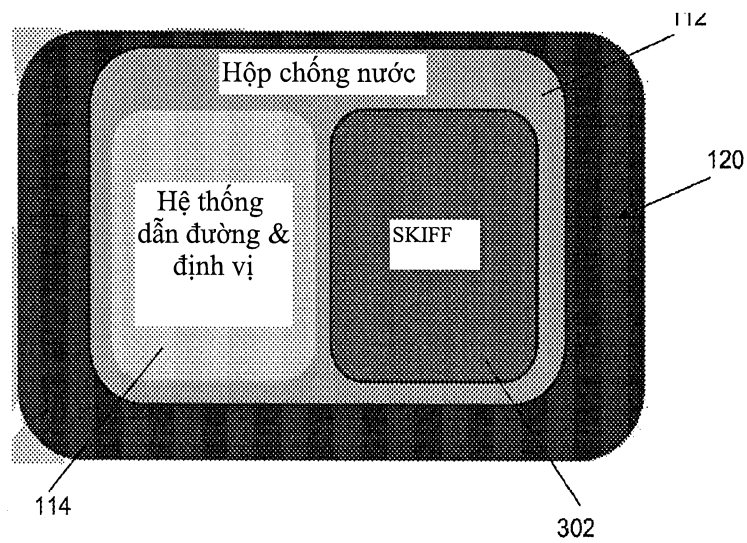


Fig.3

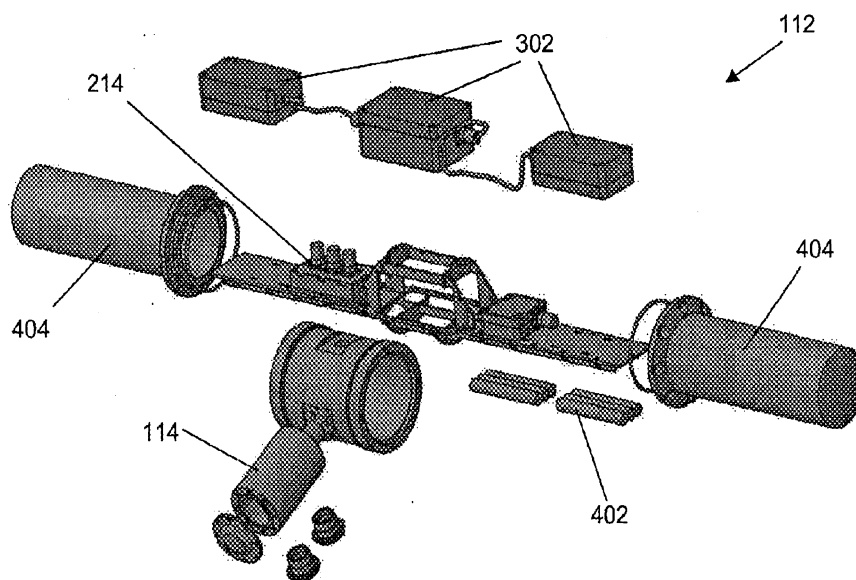


Fig.4

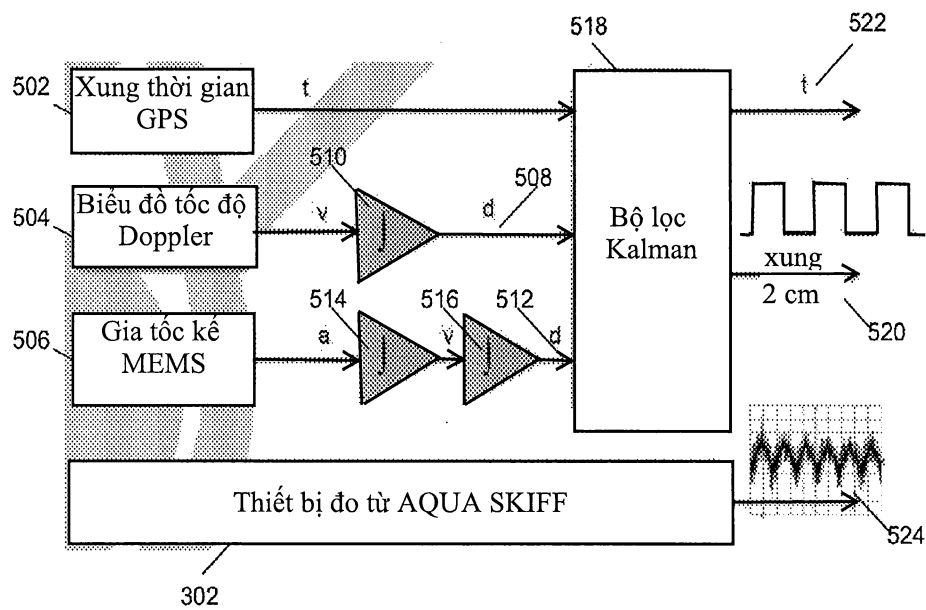


Fig.5

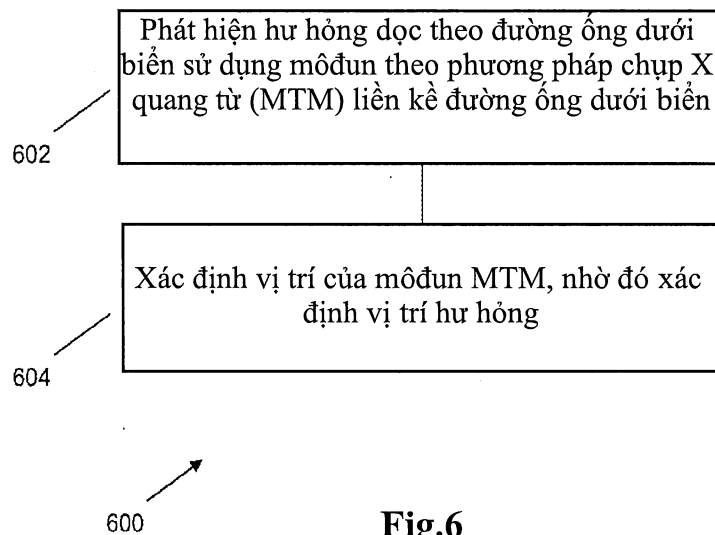


Fig.6

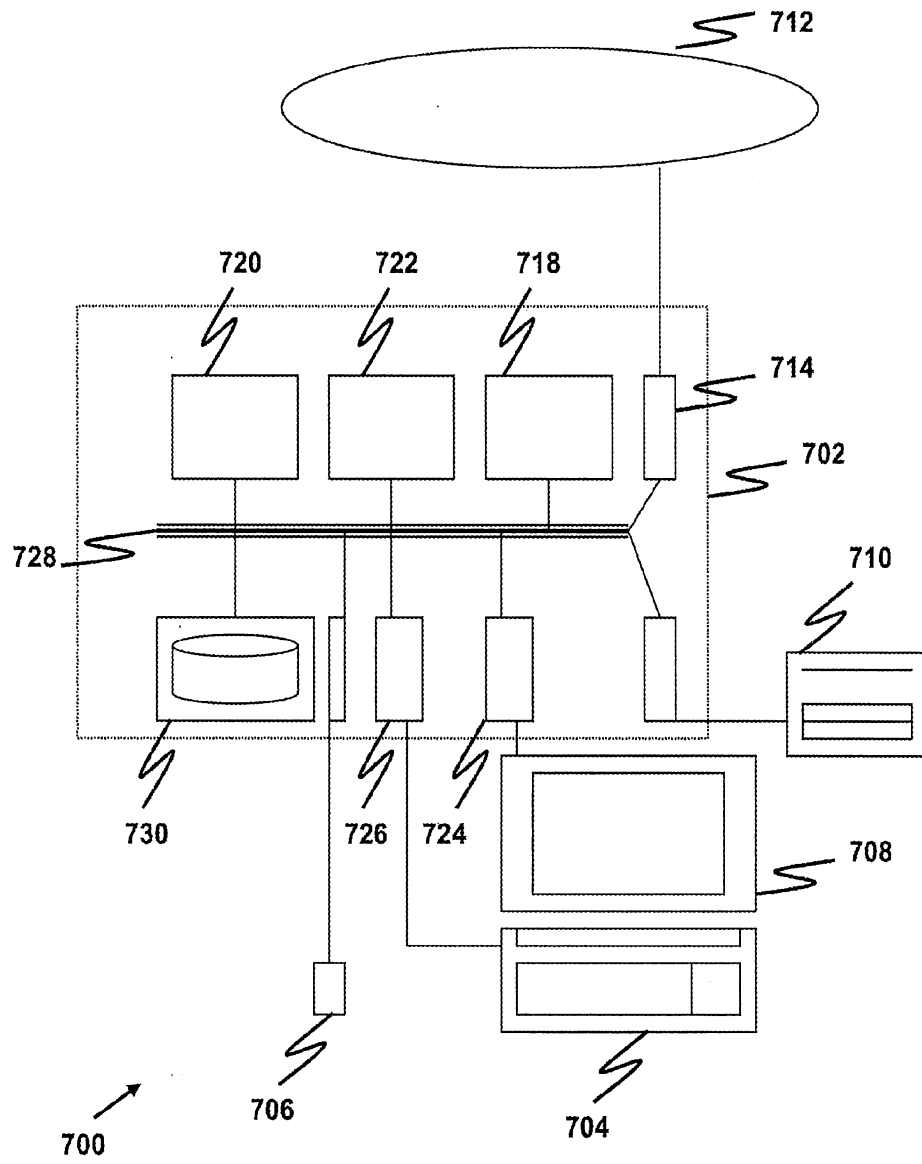


Fig.7