



(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)



1-0026205

(51)⁷ G21C 15/18

(13) B

(21) 1-2016-00499

(22) 05/02/2016

(30) 2015-022207 06/02/2015 JP

(45) 25/11/2020 392

(43) 25/08/2016 341A

(73) Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd. (JP)

1-1, Saiwai-cho 3-chome, Hitachi-shi, Ibaraki 317-0073, Japan

(72) Yasunori NAGATA (JP); Tomohiro NAKAMURA (JP); Masayoshi MATSUURA (JP); Kazuaki KITO (JP); Yoshihiko ISHII (JP).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) HỆ THỐNG LÀM MÁT PHẦN LỖI KHẨN CẤP CỦA NHÀ MÁY ĐIỆN HẠT NHÂN

(57) Sáng chế đề cập đến lò phản ứng có thể đạt được trạng thái ngừng hoạt động nguội ở lõi lò phản ứng bởi mỗi hệ thống đơn lẻ trong kết cấu của hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) bao gồm hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng (RCIC). Trong hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) của nhà máy điện hạt nhân bao gồm các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) được chia thành ít nhất ba khu vực, trong đó khu vực thứ nhất trong các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) có hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng (RCIC) có bơm để bơm áp suất cao được dẫn động bởi tuabin, hệ thống chảy tràn áp suất thấp (LPFL) có bơm để bơm áp suất thấp được dẫn động bởi motor và nguồn điện khẩn cấp, nước được cấp vào bình áp suất lò phản ứng (RPV) qua ống thứ nhất và ống cấp nước thứ nhất nhờ hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng (RCIC), và nước được cấp vào bình áp suất lò phản ứng (RPV) qua ống thứ hai và ống cấp nước thứ hai nhờ hệ thống chảy tràn áp suất thấp (LPFL), và hệ thống giảm áp tự động (ADS) được sử dụng chung bởi các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) được chia thành ba khu vực, hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) bao gồm bộ phát hiện vết nứt phát hiện vết nứt trong ống cấp nước thứ nhất hoặc ống cấp nước thứ hai, và van thứ nhất được bố trí ở ống thứ hai của hệ thống chảy tràn áp suất thấp (LPFL) và đường nối nối ống thứ nhất và ống thứ hai qua van thứ hai ở phần trên của van thứ nhất, trong đó bộ phát hiện vết nứt phát hiện vết nứt của ống cấp nước thứ hai và vận hành van thứ nhất và van thứ hai để cung cấp nước vào bình áp suất lò phản ứng (RPV) từ hệ thống chảy tràn áp suất thấp (LPFL) qua đường nối và ống cấp nước thứ nhất.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (Emergency Core Cooling System, viết tắt là ECCS) của nhà máy điện hạt nhân bao gồm các hệ thống bơm dự phòng để bơm chất lỏng làm mát lò phản ứng vào bình áp suất lò phản ứng (Reactor Pressure Vessel, viết tắt là RPV) để đạt được trạng thái ngừng hoạt động nguội.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong nhà máy điện hạt nhân, các biến cố cần được giả sử dựa trên đánh giá về độ chính xác của thiết kế được xác định với mục đích an toàn, và sự cố thất thoát chất lỏng làm mát (Loss of Coolant Accident, viết tắt là LOCA) là một trong những biến cố như vậy.

LOCA là biến cố trong đó chất lỏng làm mát của lò phản ứng chảy ra ngoài và khả năng làm mát ở lõi lò phản ứng bị giảm trong suốt quá trình dẫn điện của lò phản ứng do hư hỏng, tổn thất, v.v, trong các đường ống tạo nên ranh giới áp suất chất lỏng làm mát lò phản ứng hoặc các thiết bị phụ trợ.

Tại đây, ranh giới áp suất chất lỏng làm mát lò phản ứng tương ứng với phương tiện có điều kiện áp suất tương tự như lò phản ứng nhờ chứa chất lỏng làm mát lò phản ứng trong quá trình hoạt động thông thường của lò phản ứng và tạo nên rào cản áp suất dưới các điều kiện khắc nghiệt/đơn giản tại thời điểm chuyển tiếp bất thường trong quá trình hoạt động tại thời điểm xảy ra các sự cố, và nếu phương tiện bị vỡ, sự cố thất thoát chất làm mát LOCA có thể xảy ra.

Để đảm bảo tính an toàn đối với các phương tiện của lò phản ứng, lò phản ứng cần được ngừng hoạt động một cách an toàn, lõi lò phản ứng được làm mát bằng cách bơm chất lỏng làm mát lò phản ứng vào trong bình áp suất lò phản ứng RPV để ngăn các chất phóng xạ bên trong bể chứa đầu tiên PCV.

Trong các quy trình trên, việc làm mát của lõi lò phản ứng đạt được nhờ hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS). Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) được thiết kế để ngăn ngừa hư hỏng ở ống bọc nhiên liệu, để duy trì độ nguyên vẹn của bình chứa đầu tiên PCV và loại bỏ nhiệt phân rã của lò phản ứng trong khoảng thời gian dài bằng cách làm mát phần lõi lò phản ứng khi xảy ra LOCA. Ngoài ra, trong thiết kế của hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS), chức năng an toàn dưới mỗi hư hỏng đơn lẻ của từng thành phần hoạt động được đảm bảo, và việc lắp đặt máy phát điện diezen khẩn EDG cấp dựa trên giả định về việc thất thoát nguồn điện nội tại và nguồn điện bên ngoài cũng như sự đảm bảo về các chức năng/hệ thống dự phòng/độc lập cần được lưu ý. Ở đây, mỗi hư hỏng đơn lẻ có nghĩa là mỗi thành phần đơn lẻ mất chức năng an toàn được thiết lập bởi một yếu tố đơn lẻ, gồm nhiều hỏng hóc do các yếu tố phụ thuộc.

Trong lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR, hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) bao gồm hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF và hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC có thể bơm chất lỏng làm mát lò phản ứng ngay cả khi bình áp suất lò phản ứng RPV ở trạng thái áp suất cao, hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL bơm chất lỏng làm mát lò phản ứng khi bên trong bình áp suất lò phản ứng RPV ở trạng thái áp suất thấp và hệ thống giảm áp tự động ADS làm giảm áp bình áp suất lò phản ứng RPV một cách tự động.

Fig.2 là sơ đồ hệ thống của hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) theo kỹ thuật đã biết trong lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR hiện tại. Trên hình vẽ, lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR có cấu tạo như dưới đây.

Trên Fig.2, số chỉ dẫn “3” biểu thị bể chứa đầu tiên PCV, và bình áp suất lò phản ứng RPV 2 chứa lõi lò phản ứng 4 được lắp bên trong. Trong buồng khử áp suất S/C 19 ở phần đáy của bể chứa đầu tiên PCV của lò phản ứng 3, bể khử áp suất S/P 11 được tạo nên để trữ nước làm mát. Số chỉ dẫn “20” biểu thị giếng khô tương ứng với các phần ngoài buồng khử áp suất S/C 19 bên trong bể chứa đầu tiên PCV 3. Số chỉ dẫn “12” biểu thị ống cấp nước, ống này dẫn nước cung cấp vào bình áp suất lò phản ứng RPV 2 nhờ bơm cấp nước của lò phản ứng không được

minh họa. Ống cấp nước bao gồm hai hệ thống 12A, 12B. Hơi nước được sinh ra bên trong bình áp suất lò phản ứng RPV 2 được cấp cho tuabin hơi nước không được minh họa qua ống hơi nước chính 18.

Hệ thống làm mát phân lõi khẩn cấp (ECCS) 1 được thể hiện trên Fig.2 được phân chia thành khu vực 1A, khu vực 1B và khu vực 1C, cung cấp nước làm mát được trữ trong bể khử áp suất S/P 11 vào bình áp suất lò phản ứng RPV 2 nhờ các bơm làm mát 5, 6 và 7 được bố trí trong các khu vực này, nhờ đó làm mát lõi lò phản ứng 4.

Hệ thống làm mát phân lõi khẩn cấp (ECCS) 1 thuộc ABWR hiện tại bao gồm ba hệ thống gồm các hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (LPFL (A), LPFL (B) và LPFL (C)) có các bơm hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL 5 (5A, 5B và 5C) được dẫn động bởi các mô-tơ 8, hai hệ thống gồm các hệ thống chảy tràn phân lõi áp suất cao HPCF (HPCF (B), HPCF (C)) có các bơm hệ thống chảy tràn phân lõi áp suất cao HPCF 6 (6B, 6C) được dẫn động bởi các mô-tơ 8, một hệ thống thuộc hệ thống làm mát cách ly phân lõi lò phản ứng RCIC có bơm hệ thống làm mát cách ly phân lõi lò phản ứng RCIC 7 được dẫn động bởi tuabin hơi nước 9 và hệ thống giảm áp tự động ADS.

Các hệ thống làm mát này được bố trí riêng biệt sao cho tương ứng với khu vực 1A, khu vực 1B và khu vực 1C. Hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A) và hệ thống làm mát cách ly phân lõi lò phản ứng RCIC được bố trí ở khu vực 1A, hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (B) và hệ thống chảy tràn phân lõi áp suất cao HPCF (B) được bố trí ở khu vực (B) và hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (C) và hệ thống chảy tràn phân lõi áp suất cao HPCF (C) được bố trí ở khu vực (C).

Hệ thống làm mát phân lõi khẩn cấp (ECCS) 1 nhận nguồn cấp điện từ ba hệ thống gồm các máy phát diesel khẩn cấp EDG 8 (8A, 8B và 8C) như là các nguồn điện khẩn cấp để đạt được chức năng an toàn của hệ thống ngay cả khi bị mất nguồn điện bên ngoài và trong trường hợp giả sử có hư hỏng đơn lẻ của thành phần nằm trong hệ thống. Do đó, hệ thống được tạo nên bởi ba khu vực là khu vực 1A bao gồm một hệ thống thuộc hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A), một hệ

thống thuộc hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC và một hệ thống thuộc máy phát diezen khẩn cấp EDG 8A, khu vực B bao gồm một hệ thống thuộc hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (B), một hệ thống thuộc hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF (B) và một hệ thống thuộc máy phát diezen khẩn cấp EDG 8B, và khu vực 1C bao gồm một hệ thống thuộc hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (C), một hệ thống thuộc hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF (C) và một hệ thống thuộc máy phát diezen khẩn cấp EDG 8C.

Hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL theo các kết cấu của các hệ thống bơm là một trong các dạng hoạt động ở hệ thống loại bỏ nhiệt dư RHR, mà là hệ thống hấp thụ nước bề bên trong bể khử áp suất S/P 11 và bơm nước ra bên ngoài nắp phần lõi của bình áp suất lò phản ứng RPV 2, bao gồm ba hệ thống độc lập (LPFL (A), LPFL (B) và LPFL (C)). Ở các hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL trong ba khu vực, hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A) ở khu vực 1A sử dụng ống cấp nước 12A như là lộ trình bơm qua van mở-đóng 24, và các ống bơm của hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL 13, 14 được sử dụng như các ống bơm ở các khu vực 1B và 1C còn lại.

Hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF là hệ thống hấp thụ nước từ bể trữ ngưng tụ CST 15 như là nguồn nước thứ nhất đầu tiên, và từ bể khử áp suất S/P 11 như nguồn nước thứ hai cuối cùng, bơm nước vào bên trong nắp phần lõi của bình áp suất lò phản ứng RPV 2, bao gồm hai hệ thống độc lập. Các ống bơm phần lõi áp suất cao 16, 17 được dùng như là các lộ trình bơm ở các khu vực 1B và 1C của hệ thống.

Hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC hấp thụ nước từ bể trữ ngưng tụ CST 15 đầu tiên, và từ bể khử áp suất S/P 11 cuối cùng, bơm nước ra bên ngoài nắp phần lõi. Trong hệ thống, ống cấp nước 12B được dùng như là lộ trình bơm.

Hệ thống giảm áp tự động ADS là hệ thống làm giảm hơi nước bên trong bình áp suất lò phản ứng RPV 2 vào buồng khử áp suất S/C 19, làm giảm áp suất bên trong bình áp suất lò phản ứng RPV 2 xuống tới áp suất trong đó quá trình

bơm có thể được thực hiện bởi hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL để đẩy mạnh việc làm mát của lõi lò phản ứng. Hơi nước được đưa tới buồng khử áp suất S/C 19 qua van xả áp an toàn SRV 27 được bố trí ở, ví dụ, một phần của ống hơi nước chính 18.

Với giả định đơn giản nhất về hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) 1 trong lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR hiện tại, việc thất thoát nguồn điện nội tại và nguồn điện bên ngoài được giả sử cùng với điều kiện là hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) ở khu vực 1B hoặc 1C không dùng được vì một nguyên nhân nào đó, hư hại nặng hơn ống bơm 16 và 17 bất kỳ còn lại ở các hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF cần được lưu ý đến. Tại thời điểm này, bơm hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC 7 được khởi động, và chất lỏng làm mát lò phản ứng được bơm vào bình áp suất lò phản ứng RPV 2 ở trạng thái áp suất cao để nhờ đó làm giảm nhẹ việc sụt giảm của mức nước lò phản ứng. Sau đó, hệ thống giảm áp tự động ADS được vận hành và van xả áp an toàn SRV 27 được mở, việc này làm giảm áp suất bên trong bình áp suất lò phản ứng RPV 2 và quá trình bơm được thực hiện bởi hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL.

Với giả định đơn giản nhất về hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) 1 của ABWR hiện tại, trạng thái trong đó một khu vực khác không thể dùng được do nguyên nhân nào đó được giả sử. Trong trường hợp này, với giả định mới đơn giản nhất, việc thất thoát nguồn điện nội tại và nguồn điện bên ngoài được giả sử cùng với điều kiện là các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) ở các khu vực 1B, 1C không được sử dụng do nguyên nhân nào đó, hư hại nặng hơn của ống bơm 12A của hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A) ở khu vực 1A cần được lưu ý đến.

Nghĩa là, trạng thái được thể hiện ở các Fig.3, Fig. 4 được giả sử. Trong số chúng, Fig.3 thể hiện các chức năng của các thành phần hệ thống thuộc hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) 1 bằng cách phân loại các chức năng theo các khu vực tương ứng. Bơm hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC (7) và bơm hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (5A) và máy phát diesel khẩn cấp

EDG (8A) được bố trí ở khu vực 1A, bơm hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF (6B), bơm hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (5B) và máy phát diesel khẩn cấp EDG (8B) được bố trí ở khu vực 1B, và bơm hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF (6C), bơm hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (5C) và máy phát diesel khẩn cấp EDG (8C) được bố trí ở khu vực 1C. Hình vẽ thể hiện rằng hệ thống giảm áp tự động ADS làm giảm áp bình áp suất lò phản ứng một cách tự động được bố trí không quan tâm tới những khu vực này.

Ở trạng thái được giả sử, các chức năng của các hệ thống làm mát phần lõi được thể hiện trên Fig.3 với các dấu hiệu “X” là không thể dùng được. Fig.4 thể hiện sơ đồ cấu tạo của hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) dưới điều kiện khắc nghiệt hơn điều kiện được giả sử trong lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR hiện tại, trong đó các dấu hiệu “X” được bổ sung vào những vị trí nơi mà rối loạn chức năng xảy ra. Chỉ có bơm hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC 7 và máy phát diesel khẩn cấp EDG 8A ở khu vực 1A và van xả áp an toàn SRV 27 của hệ thống giảm áp tự động ADS làm giảm áp bình áp suất lò phản ứng RPV một cách tự động hoạt động ở tình trạng ổn định. Mặc dù máy phát diesel khẩn cấp EDG 8A có thể hoạt động, nước làm mát được cấp bởi bơm hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL 5A không góp phần vào quá trình làm mát của lõi lò phản ứng do hư hại của ống bơm 12A (ống cấp nước).

Chức năng làm mát nhờ các chức năng ổn định ở trạng thái này cần được lưu ý như sau. Trong trường hợp này, bơm 7 của hệ thống làm mát cách ly lõi lò phản ứng RCIC được khởi động bởi tuabin hơi nước, bơm chất lỏng làm mát lò phản ứng vào bình áp suất lò phản ứng RPV 2 ở trạng thái áp suất cao để làm giảm nhẹ việc sụt giảm của mức nước lò phản ứng. Sau đó, hệ thống giảm áp tự động ADS được vận hành (van xả áp an toàn SRV 27 được mở) để nhờ đó làm giảm áp suất bên trong bình áp suất lò phản ứng RPV 2, tuy nhiên, hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC không thể dùng được dưới điều kiện là bình áp suất lò phản ứng RPV 2 ở trạng thái áp suất thấp, và các hệ thống làm mát khác thuộc

về ECCS 1 cũng không thể dùng được, do đó, trạng thái ngừng hoạt động nguội của lõi lò phản ứng hầu như không đạt được.

Liên quan đến những vấn đề trên, thiết kế trong đó hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC ở khu vực 1A được thay thế bởi hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF mà có thể dùng được dưới điều kiện áp suất thấp được bộc lộ ở tài liệu sáng chế 1.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1 JP-A-2009-31079

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Theo giải pháp được đề xuất trong tài liệu sáng chế 1, trạng thái ngừng hoạt động nguội của lõi lò phản ứng có thể đạt được, tuy nhiên, bất kỳ hệ thống làm mát nào cũng có thể đạt được quá trình bơm nước làm mát vào lõi lò phản ứng dưới điều kiện tắt nguồn điện nhà máy SBO. Hơn nữa, cần phải thực hiện việc tháo dỡ và các công việc lắp đặt quy mô lớn trong trường hợp các phương tiện đã biết. Do đó, người ta mong muốn đạt được trạng thái ngừng hoạt động nguội của lõi lò phản ứng bằng giải pháp có thể bơm nước làm mát vào lõi lò phản ứng ngay cả trong điều kiện tắt nguồn điện nhà máy SBO và bằng phương pháp đơn giản hơn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết nhược điểm nêu trên, sáng chế đề xuất lò phản ứng có thể đạt được trạng thái ngừng hoạt động nguội ở lõi lò phản ứng tại mỗi hệ thống đơn lẻ ở kết cấu của hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) bao gồm hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC.

Cách thức giải quyết vấn đề

Theo một phương án của sáng chế, sáng chế đề xuất hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) của nhà máy điện hạt nhân bao gồm các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) được chia thành ít nhất ba khu vực trong đó khu vực thứ nhất ở các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) có một hệ thống làm mát

cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC có bơm để bơm áp suất cao được dẫn động bởi tuabin, một hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL có bơm để bơm áp suất thấp được dẫn động bởi mô-tơ và nguồn điện khẩn cấp, nước được cấp vào bình áp suất lò phản ứng RPV qua ống thứ nhất và ống cấp nước thứ nhất nhờ hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC, và nước được cấp vào bình áp suất lò phản ứng RPV qua ống thứ hai và ống cấp nước thứ hai nhờ hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL, và một hệ thống giảm áp tự động ADS được sử dụng chung bởi các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) được chia thành ba khu vực, bao gồm bộ phát hiện vết nứt phát hiện vết nứt trong ống cấp nước thứ nhất hoặc ống cấp nước thứ hai và van thứ nhất được bố trí trong ống thứ hai của hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL và đường nối, nối ống thứ nhất và ống thứ hai qua van thứ hai ở phần trên của van thứ nhất, trong đó bộ phát hiện vết nứt phát hiện vết nứt của ống cấp nước thứ hai và vận hành van thứ nhất và van thứ hai để cấp nước vào bình áp suất lò phản ứng RPV từ hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL qua đường nối và ống cấp nước thứ nhất.

Hiệu quả sáng chế

Theo sáng chế, có thể bố trí hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) cho phép các hệ thống bơm có mức dự phòng để bơm chất lỏng làm mát lò phản ứng vào bình áp suất lò phản ứng RPV và đạt được trạng thái ngừng hoạt động nguội của lõi lò phản ứng dưới điều kiện mà tại đó các hệ thống làm mát khẩn cấp ở hai khu vực (thuộc các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) mà có ba khu vực) không thể dùng được do nguyên nhân nào đó cũng như khi một thành phần được giả sử thêm sẽ xảy ra trong ống bơm nằm trong hệ thống bơm bất kỳ của hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) ở khu vực có thể dùng được.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ thể hiện khái quát hệ thống của lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR bao gồm hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) theo phương án của sáng chế.

Fig.2 là sơ đồ thể hiện khái quát hệ thống của hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) trong lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR hiện tại.

Fig.3 là hình vẽ thể hiện các chức năng của các thành phần hệ thống của hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) 1 bằng cách phân loại các chức năng theo các khu vực tương ứng.

Fig.4 là sơ đồ thể hiện kết cấu của hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) trong lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR ở trạng thái đơn giản nhất.

Fig.5 là sơ đồ chủ yếu thể hiện các thành phần bổ sung của sáng chế.

Fig.6 là hình vẽ thể hiện vị trí thiết lập thiết bị đo cụ thể của thiết bị 22 (thiết bị đo áp suất vi sai) để phát hiện vết nứt trong ống cấp nước 12A.

Fig.7 là hình vẽ thể hiện rằng vết nứt F trong ống cấp nước 12A xảy ra trong kết cấu trên Fig.6.

Fig.8 là sơ đồ thể hiện ví dụ về kết cấu của 2 trong số 4 logic được chấp nhận đối với bộ thiết bị đo áp suất vi sai dùng để đo áp suất vi sai giữa các ống cấp nước.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, phương án theo sáng chế sẽ được giải thích chi tiết có viện dẫn tới các hình vẽ.

Phương án

Fig.1 sơ đồ hệ thống của lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR bao gồm hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) theo phương án của sáng chế.

Trên Fig.1, các phần được bao quanh bởi các đường chấm biểu thị các kết cấu chức năng được bổ sung bởi sáng chế. Tóm lại, đường nối 21 bao gồm van điều khiển 23 nối giữa ống của hệ thống làm mát cách ly lõi lò phản ứng RCIC và ống của hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A) trong khu vực 1A, và van điều

khẩn 23 được điều khiển mở khi vết nứt trong ống cấp nước 12A được phát hiện (ví dụ, áp suất vi sai của giá trị được thiết lập hoặc lớn hơn xuất hiện giữa các ống).

Theo kết cấu trên, bơm 7 của hệ thống làm mát cách ly lõi lò phản ứng RCIC được khởi động bởi tuabin hơi nước 9, bơm chất lỏng làm mát lò phản ứng vào bình áp suất lò phản ứng RPV 2 ở trạng thái áp suất cao để làm giảm nhẹ việc sụt giảm của mức nước lò phản ứng. Sau đó, hệ thống giảm áp tự động ADS được vận hành (van xả áp an toàn SRV 27 được mở) để nhờ đó làm giảm áp suất bên trong bình áp suất lò phản ứng RPV 2. Hơn nữa, khi vết nứt trong ống cấp nước 12A được phát hiện (ví dụ, áp suất vi sai của giá trị được thiết lập hoặc lớn hơn xuất hiện giữa các ống), van điều khiển 23 được mở và bơm hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL 5A được dẫn động bởi mô-tơ 8A có thể được vận hành để nhờ đó bơm nước vào lõi lò phản ứng qua hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A), có thể đạt được đường nối 21 và ống cấp nước 12B.

Phương án thứ nhất theo sáng chế có kết cấu như trên và được dùng như mô tả trên sẽ được giải thích chi tiết như sau.

Đầu tiên, theo phương án các thành phần chính của hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) trong lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR tương tự như các thành phần được thể hiện trên Fig.2. Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) 1 bao gồm ba hệ thống thuộc các hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (LPFL (A), LPFL (B) và LPFL (C)) có các bơm hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL 5 (5A, 5B và 5C) được dẫn động bởi các EDG 8, hai hệ thống gồm các hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF (HPCF (B), HPCF (C)) có các bơm hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF 6 (6B, 6C) được dẫn động bởi các EDG 8, một hệ thống thuộc hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC có bơm hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC 7 được dẫn động bởi tuabin hơi nước 9 và một hệ thống giảm áp tự động ADS.

Các hệ thống làm mát này được bố trí riêng biệt sao cho tương ứng với khu vực 1A, khu vực 1B và khu vực 1C. Hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A) và hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC được bố trí ở khu vực 1A, hệ

thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (B) và hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF (B) được bố trí ở khu vực (B) và hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (C) và hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF (C) được bố trí ở khu vực (C).

Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) 1 nhận nguồn cấp điện từ ba hệ thống gồm các máy phát diezen khẩn cấp EDG 8 (8A, 8B và 8C) như là các nguồn điện khẩn cấp để đạt được chức năng an toàn của hệ thống ngay cả khi nguồn điện bên ngoài không thể dùng được và trong trường hợp giả sử có hư hỏng đơn lẻ của thành phần được bao gồm trong hệ thống. Do đó, hệ thống được tạo nên bởi ba khu vực là khu vực 1A bao gồm một hệ thống thuộc hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A), một hệ thống thuộc hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC và một hệ thống thuộc máy phát diezen khẩn cấp EDG 8A, khu vực B bao gồm một hệ thống thuộc hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (B), một hệ thống thuộc hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF (B) và một hệ thống thuộc máy phát diezen khẩn cấp EDG 8B, và khu vực 1C bao gồm một hệ thống thuộc hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (C), một hệ thống thuộc hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF (C) và một hệ thống thuộc máy phát diezen khẩn cấp EDG 8C.

Hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL trong kết cấu của các hệ thống bơm là một trong các các dạng hoạt động ở quá trình loại bỏ nhiệt dư RHR, là phương pháp hấp thụ nước bề bên trong bể khử áp suất S/P 11 và bơm nước ra bên ngoài nắp phần lõi của bình áp suất lò phản ứng RPV 2, bao gồm ba hệ thống độc lập (LPFL (A), LPFL (B) và LPFL (C)). Trong các hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL tại ba khu vực, hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A) ở khu vực 1A sử dụng ống cấp nước 12A như là lộ trình bơm qua van mở-đóng 24, và các ống bơm hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL 13, 14 được sử dụng như các lộ trình bơm ở các khu vực còn lại 1B và 1C.

Hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF là hệ thống hấp thụ nước từ bể trữ ngưng tụ CST 15 như là nguồn nước thứ nhất đầu tiên, và từ bể khử áp suất S/P 11 như là nguồn nước thứ hai cuối cùng, bơm nước vào bên trong nắp phần lõi

của bình áp suất lò phản ứng RPV 2, bao gồm hai hệ thống độc lập. Các ống bơm phần lõi áp suất cao 16, 17 được sử dụng như các lộ trình bơm ở các khu vực 1B và 1C của hệ thống.

Hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC hấp thụ nước từ bể trữ ngưng tụ CST 15 đầu tiên, và từ bể khử áp suất S/P 11 cuối cùng, bơm nước ra bên ngoài nắp phần lõi. Trong hệ thống, ống cấp nước 12B được sử dụng như là lộ trình bơm.

Hệ thống giảm áp tự động ADS là hệ thống làm giảm hơi nước bên trong bình áp suất lò phản ứng RPV 2 vào buồng khử áp suất S/C 19, làm giảm áp suất bên trong bình áp suất lò phản ứng RPV 2 xuống áp suất mà quá trình bơm có thể thực hiện được nhờ hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL để thúc đẩy quá trình làm mát của lõi lò phản ứng. Hơi nước được đưa tới buồng khử áp suất S/C 19 qua van xả áp an toàn SRV 27 được bố trí ở, ví dụ, một phần của ống hơi nước chính 18.

Với giả định đơn giản nhất về hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) 1 trong lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR hiện tại, việc thất thoát nguồn điện nội tại và nguồn điện bên ngoài được giả sử và cùng với điều kiện là hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) ở khu vực 1B hoặc 1C không thể dùng được do nguyên nhân nào đó, hư hại nặng hơn ở các ống bơm 16 hoặc 17 bất kỳ còn lại ở các hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF cần được lưu ý. Tại thời điểm này, bơm hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC 7 được khởi động, và chất lỏng làm mát lò phản ứng được bơm vào bình áp suất lò phản ứng RPV 2 ở trạng thái áp suất cao để nhờ đó giảm nhẹ việc sụt giảm của mức nước lò phản ứng. Sau đó, hệ thống giảm áp tự động ADS được vận hành và van xả áp an toàn SRV 27 được mở, van này làm giảm áp suất bên trong bình áp suất lò phản ứng RPV 2 và quá trình bơm được thực hiện nhờ hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL

Với giả định đơn giản nhất về hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) 1 thuộc ABWR hiện tại, trạng thái mà tại đó một khu vực khác không thể dùng được

do nguyên nhân nào đó được giả sử. Trong trường hợp này, với giả định mới, đơn giản nhất, việc thất thoát nguồn điện nội tại và nguồn điện bên ngoài được giả sử cùng với điều kiện là các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) ở các khu vực 1B, 1C không thể dùng được do nguyên nhân nào đó, hư hại nặng hơn của ống bơm 12A của hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A) ở khu vực 1A cần được lưu ý.

Trong trường hợp này, chỉ có hệ thống thuộc hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC có thể bơm chất lỏng làm mát lò phản ứng vào bình áp suất lò phản ứng RPV 2 như được thể hiện trên Fig.3.

Trong phương án theo sáng chế, các thành phần bổ sung dưới đây được bao gồm cùng với các thành phần hiện có nêu trên. Các phần được bao quanh bởi các hình tròn trên Fig.1 là các phần bổ sung, và Fig.5 chủ yếu minh họa các thành phần ở các phần bổ sung bằng cách phân loại các thành phần. Phân giải thích về các phần bổ sung sẽ được thực hiện, dựa vào Fig.5.

Khu vực 1A được giải thích chủ yếu trên Fig.5. Trong trường hợp này, đường nối 31 tới ống bơm (ống cấp nước) 12A của hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A) và đường nối 32 tới ống bơm (ống cấp nước 12B) của hệ thống làm mát cách ly lõi lò phản ứng RCIC được nối bởi đường nối 21. Van 23 có thể được mở/đóng được bố trí ở đường nối 21 (van được điều khiển bởi động cơ MO được thể hiện thử nghiệm trên Fig.1). Ngoài ra, van điều khiển 24 có thể được mở/đóng cũng được bố trí ở đường nối 31 của hệ thống áp suất thấp LPFL (A). Van hiện tại có thể dùng được như van 24.

Thiết bị 22 đo các số lượng trạng thái (thiết bị đo áp suất vi sai được thể hiện thử nghiệm trên Fig.1) được nối với cả hai ống cung cấp 12A, 12B, và bộ phát hiện vết nứt 29 dùng để xác định ống bị nứt gãy dựa trên các số lượng trạng thái của cả hai ống cung cấp 12A, 12B được nối với thiết bị 22. Ở ví dụ của Fig.5, máy dò áp suất vi sai được bố trí trong các ống cấp nước 12A, 12B để phát hiện ống bị nứt gãy nhờ bộ phát hiện vết nứt 29.

Bộ phát hiện vết nứt 29 phát hiện vết nứt F trong ống cấp nước 12A từ đầu ra của thiết bị 22, làm hoạt động van 23 của đường nối 21 và van 24 trên đường nối 31. Do đó, hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A) có thể bơm nước từ hai ống thuộc ống cấp nước 12A và ống cấp nước 12B một cách chọn lọc.

Ví dụ, khi vết nứt được phát hiện trong ống cấp nước 12A, bộ phát hiện vết nứt 29 thực hiện quá trình hoạt động sao cho van 24 trên đường nối 31 tới ống 12A được đóng lại và van 23 trên đường nối 21 được mở ra, nhờ đó cho phép quá trình bơm nước vào lõi lò phản ứng cũng từ hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A). Trong trường hợp này, bơm hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL 5A được khởi động nhờ EDG 8A có thể được vận hành, và quá trình bơm nước vào lõi lò phản ứng được thực hiện từ ống 31 của hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL qua van 23 trên đường nối 21, ống 32 của hệ thống làm mát cách ly lõi lò phản ứng RCIC và ống bơm (ống cấp nước) 12B của nó.

Do đó, trong trường hợp mà các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) ở hai khu vực trong các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) có ba khu vực không thể dùng được do nguyên nhân nào đó và chỉ có hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) ở một khu vực có thể dùng được, ngay cả khi một thành phần được giả sử thêm sẽ xảy ra trong ống bơm ở hệ thống bơm bất kỳ nằm trong hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) ở một khu vực có thể dùng được, tốc độ chảy ổn định của chất lỏng làm mát lò phản ứng có thể được bơm vào bình áp suất lò phản ứng RPV 2 bằng cách chuyển đổi lộ trình bơm của hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL ở khu vực 1A bằng cách vận hành van 23 của đường nối 21 và van 24 trên đường nối nếu cần thiết trong hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) theo phương án.

Nghĩa là, trạng thái ngừng hoạt động nguội của lõi lò phản ứng có thể đạt được bằng cách cho phép các hệ thống bơm có mức dự phòng ngay cả trong trạng thái được giả sử khắc nghiệt hơn lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR hiện tại trên.

Mặc dù phương án đã được giải thích bằng cách viện dẫn lò phản ứng nước sôi được cải tiến ABWR làm ví dụ, sáng chế có thể được ứng dụng ở tất cả các lò phản ứng.

Ở phương án được giải thích trên, các sửa đổi và thay thế sâu hơn có thể cũng được chấp nhận. Đầu tiên, ở phương án thứ nhất, khi van điều khiển 24 có thể được mở/đóng trên đường nối 21 giữa hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL và hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC ở khu vực 1A, các van như van được điều khiển bởi động cơ, van dẫn không khí nén, van dẫn khí nitơ và van điều khiển bằng tay có thể được chấp nhận bất kể là loại nào.

Với thiết bị 22 đo các số lượng trạng thái của cả hai ống cấp nước 12A, 12B để phát hiện vết nứt trong các ống cấp nước 12A, 12B, thiết bị bất kỳ trong số các thiết bị như thiết bị đo áp suất vi sai, lưu lượng kế vi sai, nhiệt kế và máy đo bức xạ có thể được sử dụng bất kể loại nào.

Khi thiết bị đo áp suất vi sai được tạo nên bằng cách thiết lập bên hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC như là bên áp suất cao và thiết lập bên hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL như là bên áp suất thấp được dùng như thiết bị 22 đo các số lượng trạng thái của cả hai ống cấp nước 12A, 12B để phát hiện vết nứt của ống cấp nước 12A, có thể ngăn ngừa việc chuyển đổi không mong muốn của của lộ trình bơm LPFL (A) thuộc hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL bằng cách giảm phạm vi (hạ thấp quy mô) trong trường hợp mà ống cấp nước 12B bị nứt gãy.

Fig.6 là hình vẽ thể hiện vị trí thiết lập thiết bị đo cụ thể của thiết bị 22 (thiết bị đo áp suất vi sai) để phát hiện vết nứt trong ống cấp nước 12A. Trong trường hợp này, khi vị trí thiết lập thiết bị đo được thiết lập gần với bên bể chứa đầu tiên PCV 3 hơn là các phần nâng cao 33 của cả hai ống cấp nước 12A, 12B trong bể chứa đầu tiên PCV 3, áp suất vi sai lớn hơn có thể đạt được bên phía cột nước tĩnh.

Fig.7 là hình vẽ thể hiện rằng vết nứt F trong ống cấp nước 12A xảy ra ở kết cấu trên Fig.6. Trên Fig.7, các áp suất tại các điểm đo áp suất nhờ thiết bị 22 (thiết bị đo áp suất vi sai) là PA, PB, và áp suất bên trong lõi lò phản ứng là P0.

Trong trường hợp này, áp suất vi sai mà cần được thiết lập để chuyển đổi lộ trình bơm ở khu vực 1A được thiết lập thành giá trị cao hơn áp suất vi sai $\Delta P1$ giữa cả hai ống cấp nước 12A và 12B ở trạng thái bình thường cũng như là thấp hơn áp suất vi sai $\Delta P2$ giữa cả hai ống cấp nước 12A và 12B đạt được khi vết nứt ống F xuất hiện ở vùng xung quanh bình áp suất lò phản ứng RPV 2 trong ống cấp nước 12A cũng như ở vị trí gần với bên bình áp suất lò phản ứng RPV 2 hơn là phần nâng cao 33A của ống cấp nước 12A. Do đó, việc chuyển đổi không mong muốn của lộ trình bơm ở trạng thái bình thường được ngăn ngừa và áp suất vi sai có thể được phát hiện cũng như lộ trình bơm có thể được chuyển đổi ngay cả trong trường hợp mà vết nứt được giả sử sẽ xuất hiện ở hầu hết các vị trí trên ống cấp nước 12A trong các trạng thái được giả sử theo sáng chế.

Trong phần kết cấu được thể hiện trên Fig.6 và Fig.7, sóng va chạm có thể xảy ra ngay sau khi vết nứt xuất hiện ở bất kỳ vết nứt nào xuất hiện trong cả hai ống cấp nước 12A, 12B. Trong trường hợp này, khó để đo được áp suất vi sai giữa cả hai ống cấp nước 12A và 12B một cách chính xác do ảnh hưởng của sóng va chạm. Để đáp ứng được với biến cố này, thiết bị định giờ được thiết lập trong bộ phát hiện vết nứt 29 để hoạt động được, ví dụ, sau mười giây kể từ khi xuất hiện vết nứt, nhờ đó ngăn ngừa việc chuyển đổi không mong muốn của lộ trình bơm do việc đo áp suất vi sai không chính xác.

Ngoài ra, ở kết cấu được thể hiện trên Fig.6 và Fig.7, có hiệu quả khi cho phép các thiết bị đo, v.v, có mức dự phòng để nâng cao độ tin cậy trong quá trình đo, và ví dụ về kết cấu vị trí trong trường hợp này được thể hiện trên Fig.8. Trên Fig.8, bốn thiết bị đo áp suất vi sai 22 (22a, 22b, 22c và 22d) được bố trí, và logic 2 trong số 4 được chấp nhận để làm tín hiệu cho bốn thiết bị đo vi sai trong bộ phát hiện vết nứt 29, nhờ đó nâng cao khả năng ngăn ngừa việc đo lỗi bởi các thiết bị đo áp suất vi sai.

Danh mục các số chỉ dẫn

1: Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS)

2: Bình áp suất lò phản ứng RPV

- 3: Bể chứa dầu tiên PCV
- 4: Lõi lò phản ứng
- 5: Bơm hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL
- 6: Bơm hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF
- 7: Bơm hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC
- 8A, 8B, 8C: Các máy phát diesel khẩn cấp EDG
- 9: Tuabin hơi nước để điều khiển bơm hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC
- 11: Bể khử áp suất S/P
- 12A, 12B: Các ống cấp nước
- LPFL (A), LPFL (B), LPFL (C): Các hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL
- HPCF (B), HPCF (C): Các hệ thống chảy tràn lõi áp suất cao
- RICI: Hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC
- 13, 14: Các ống bơm hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL
- 15: Bể trữ ngưng tụ CST
- 16, 17: các ống bơm hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao HPCF
- 18: Ống hơi nước chính
- 19: Buồng khử áp suất S/C
- 20: Giếng khô
- 21: Đường nối giữa hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A) và hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng RCIC
- 22: Thiết bị để phát hiện vết nứt
- 23: Van để chuyển đổi lộ trình bơm của hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A)

24: Van điều khiển trên ống nối tới ống cấp nước 12A của hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A)

33A, 33B: Các phần nâng cao của ống cấp nước

27: Van xả áp an toàn SRV

29: Bộ phát hiện vết nứt

31: Ống nối tới ống bơm (ống cấp nước) 12A của hệ thống chảy tràn áp suất thấp LPFL (A)

32: Ống nối tới ống bơm (ống cấp nước) 12B của hệ thống làm mát cách ly lõi lò phản ứng RCIC

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (Emergency Core Cooling System, viết tắt là ECCS) của nhà máy điện hạt nhân bao gồm:

các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) được chia thành ít nhất ba khu vực,

trong đó khu vực thứ nhất trong các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) có hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng (Reactor Core Isolation Cooling, viết tắt là RCIC) có bơm để bơm áp suất cao được dẫn động bởi tuabin, hệ thống chảy tràn áp suất thấp (LPFL) có bơm để bơm áp suất thấp được dẫn động bởi mô-tơ và nguồn điện khẩn cấp,

nước được cấp vào bình áp suất lò phản ứng (Reactor Pressure Vessel, viết tắt là RPV) qua ống thứ nhất và ống cấp nước thứ nhất bởi hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng (RCIC), và

nước được cấp vào bình áp suất lò phản ứng (RPV) qua ống thứ hai và ống cấp nước thứ hai bởi hệ thống chảy tràn áp suất thấp (LPFL), và

hệ thống giảm áp tự động (Automatic Depressurization System, viết tắt là ADS) được sử dụng chung bởi các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) được chia thành ba khu vực, hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) bao gồm:

bộ phát hiện vết nứt phát hiện vết nứt trong ống cấp nước thứ nhất hoặc ống cấp nước thứ hai; và

van thứ nhất được bố trí trong ống thứ hai của hệ thống chảy tràn áp suất thấp (LPFL); và

đường nối nối ống thứ nhất và ống thứ hai qua van thứ hai ở phần trên của van thứ nhất,

trong đó bộ phát hiện vết nứt phát hiện vết nứt của ống cấp nước thứ hai và làm hoạt động van thứ nhất và van thứ hai để cấp nước vào bình áp suất lò phản ứng (RPV) từ hệ thống chảy tràn áp suất thấp (LPFL) qua đường nối và ống cấp nước thứ nhất.

2. Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) của nhà máy điện hạt nhân theo điểm 1,

trong đó hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) ở khu vực thứ nhất cấp nước vào bình áp suất lò phản ứng (RPV) qua ống thứ nhất và ống cấp nước thứ nhất bởi hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng (RCIC), làm hoạt động hệ thống giảm áp tự động (ADS) được sử dụng chung bởi các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) được chia thành ba khu vực và cấp nước vào bình áp suất lò phản ứng (RPV) qua đường nối và ống cấp nước thứ nhất từ hệ thống chảy tràn áp suất thấp (LPFL) sau khi làm giảm áp suất trong bình áp suất lò phản ứng (RPV).

3. Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) của nhà máy điện hạt nhân theo điểm 1 hoặc điểm 2,

trong đó các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) khác ngoài khu vực thứ nhất trong các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) được chia thành ba khu vực bao gồm các hệ thống chảy tràn phần lõi áp suất cao (HPCF) có thể dùng được để bơm chất lỏng làm mát lò phản ứng ngay cả khi phần bên trong bình áp suất lò phản ứng (RPV) ở trạng thái áp suất cao và các hệ thống chảy tràn áp suất thấp (LPFL) bơm chất lỏng làm mát lò phản ứng khi bên trong bình áp suất lò phản ứng (RPV) ở trạng thái áp suất thấp, và

bơm để bơm áp suất thấp trong khu vực thứ nhất có thể dùng được ngay cả trong trường hợp mà sự thất thoát nguồn điện nội tại và nguồn điện bên ngoài xảy ra và việc làm mát bởi các hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) khác ngoài hệ thống thuộc khu vực thứ nhất không thể dùng được vì một số lý do và khi vết nứt xuất hiện trong ống cấp nước thứ hai.

4. Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) của nhà máy điện hạt nhân theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3,

trong đó bất kỳ trong số van dẫn động mô tơ có thể được mở và đóng, van dẫn động không khí nén, van dẫn động khí nitơ và van điều khiển bằng tay được bố trí như là van thứ nhất hoặc van thứ hai.

5. Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) của nhà máy điện hạt nhân theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4,

trong đó bộ phát hiện vết nứt phát hiện vết nứt trong ống cấp nước thứ nhất hoặc ống cấp nước thứ hai sử dụng tín hiệu của thiết bị được bố trí giữa ống cấp nước thứ nhất và ống cấp nước thứ hai và đo các số lượng trạng thái bên trong các ống cấp nước, và

bất kỳ trong số thiết bị đo áp suất vi sai, lưu lượng kế vi sai, nhiệt kế và thiết bị đo bức xạ được bố trí như là thiết bị.

6. Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) của nhà máy điện hạt nhân theo điểm 5, trong đó thiết bị đo áp suất vi sai được dùng làm bộ phát hiện vết nứt,

trong đó thiết bị đo áp suất vi sai được tạo nên bằng cách thiết lập bên hệ thống làm mát cách ly phần lõi lò phản ứng (RCIC) như là bên áp suất cao và thiết lập bên hệ thống chảy tràn áp suất thấp (LPFL) như là bên áp suất thấp, và

giá trị được thiết lập của áp suất vi sai để chuyển đổi lộ trình bơm được thiết lập đến giá trị cao hơn so với áp suất vi sai trong trạng thái bình thường và thấp hơn so với áp suất vi sai khi vết nứt xuất hiện sao cho lộ trình bơm trong hệ thống chảy tràn áp suất thấp (LPFL) không được chuyển đổi bằng cách giảm phạm vi hoạt động của đầu ra của thiết bị đo áp suất vi sai trong trường hợp mà ống cấp nước thứ nhất bị nứt gãy.

7. Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) của nhà máy điện hạt nhân theo điểm 5 hoặc điểm 6, trong đó thiết bị đo áp suất vi sai được dùng làm bộ phát hiện vết nứt,

trong đó thiết bị đo áp suất vi sai đo áp suất vi sai ở vị trí ở bên trong bể chứa đầu tiên (PCV) và được bố trí gần với bên bể chứa đầu tiên (PCV) hơn so với các phần nâng cao của ống cấp nước thứ nhất và ống cấp nước thứ hai.

8. Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) của nhà máy điện hạt nhân theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 7, trong đó thiết bị đo áp suất vi sai được dùng làm bộ phát hiện vết nứt,

trong đó giá trị được thiết lập của áp suất vi sai để chuyển đổi lộ trình bơm được thiết lập đến giá trị cao hơn áp suất vi sai trong hoạt động bình thường giữa ống cấp nước thứ nhất và ống cấp nước thứ hai sao cho lộ trình bơm không bị chuyển đổi trong quá trình hoạt động bình thường.

9. Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) của nhà máy điện hạt nhân theo điểm 8, trong đó thiết bị đo áp suất vi sai được dùng làm bộ phát hiện vết nứt,

trong đó áp suất vi sai có thể được phát hiện ngay cả khi vết nứt ống được giả sử sẽ xuất hiện ở vùng lân cận quanh bình áp suất lò phản ứng (RPV) trong ống cấp nước thứ hai cũng như ở vị trí gần với bên bình áp suất lò phản ứng (RPV) hơn so với phần nâng cao của ống cấp nước thứ hai.

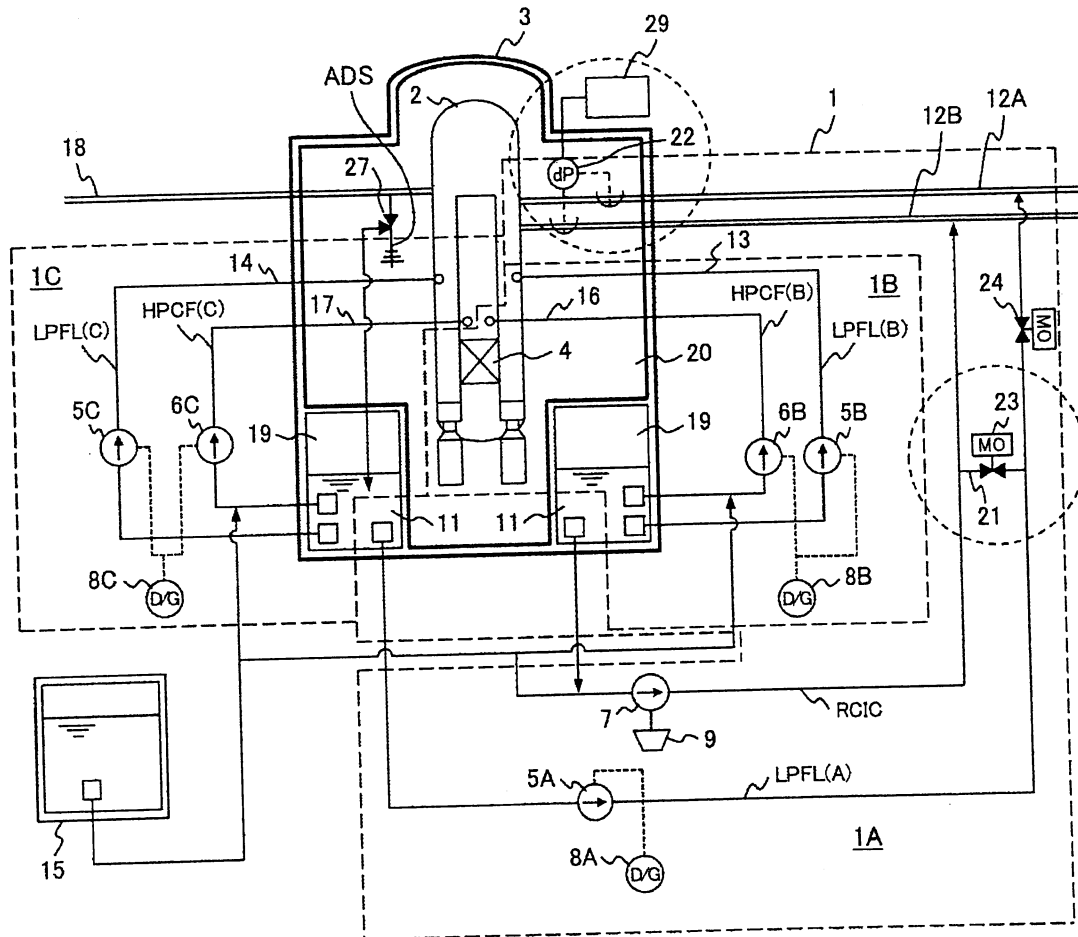
10. Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) của nhà máy điện hạt nhân theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9,

trong đó bộ phát hiện vết nứt được bố trí thiết bị định giờ mà được thiết lập để hoạt động sau quãng thời gian chùng trôi qua kể từ khi xuất hiện vết nứt sao cho bộ phát hiện vết nứt không hoạt động chính xác ngay cả khi sóng va chạm có thể xảy ra ngay sau khi vết nứt xuất hiện trong ống cấp nước thứ nhất hoặc ống cấp nước thứ hai được cân nhắc.

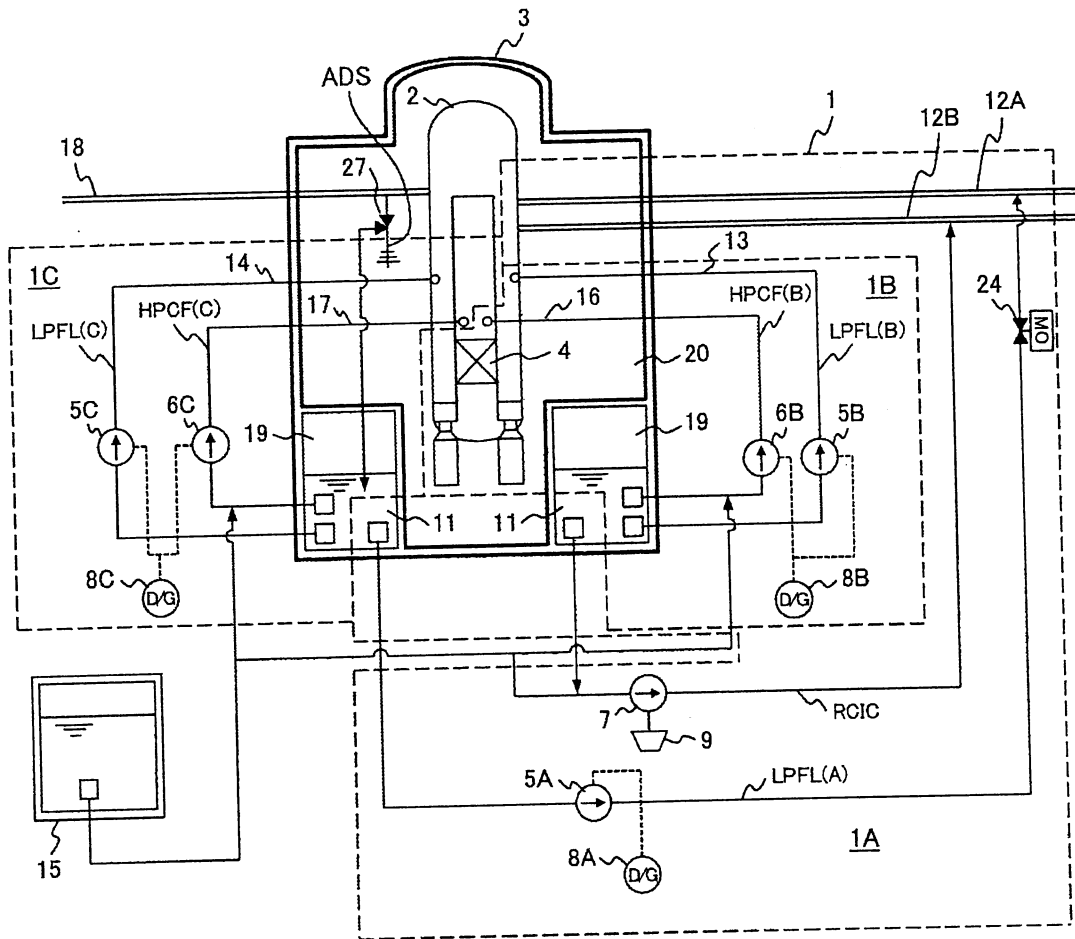
11. Hệ thống làm mát phần lõi khẩn cấp (ECCS) của nhà máy điện hạt nhân theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, trong đó thiết bị đo áp suất vi sai được dùng làm bộ phát hiện vết nứt,

trong đó thiết bị đo áp suất vi sai chấp nhận logic 2 trong 4 để ngăn ngừa việc đo lỗi.

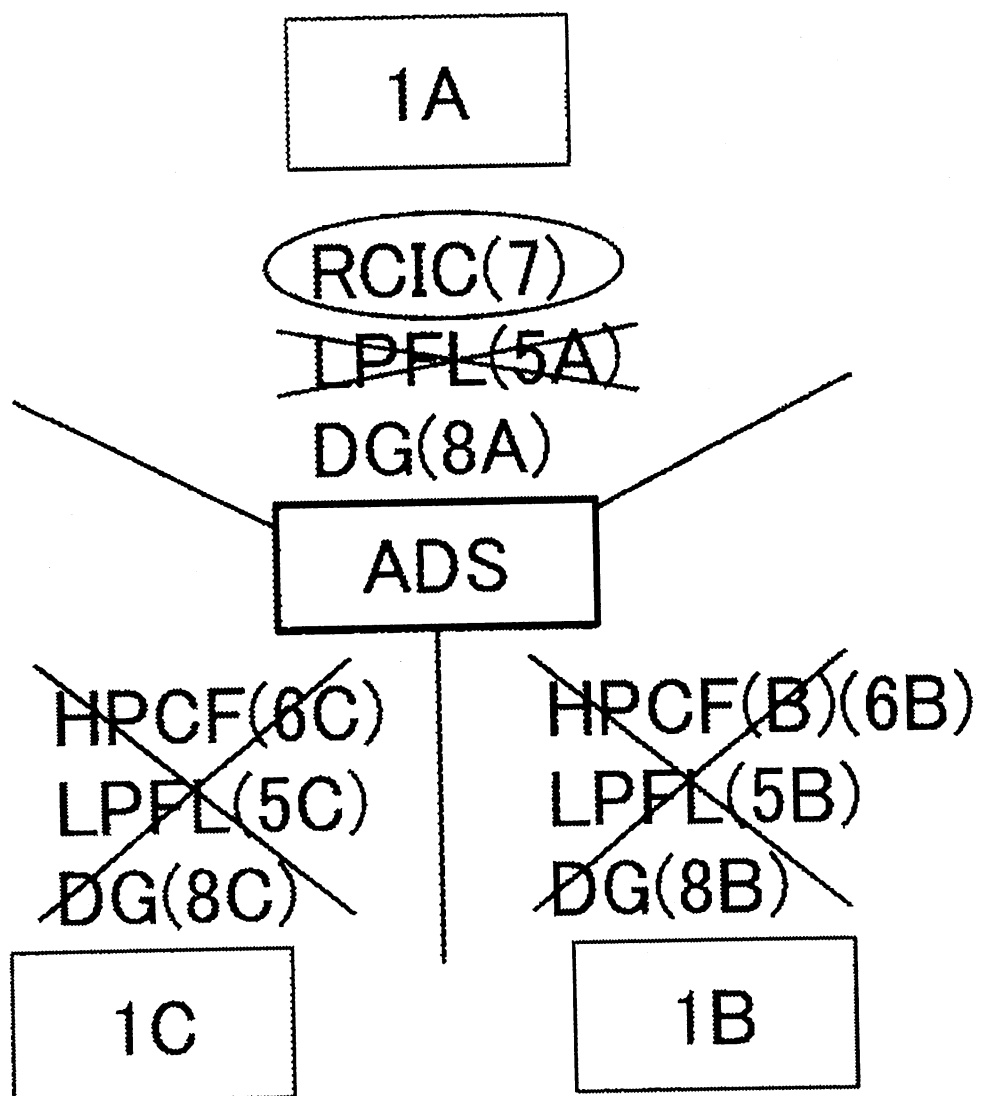
[FIG. 1]



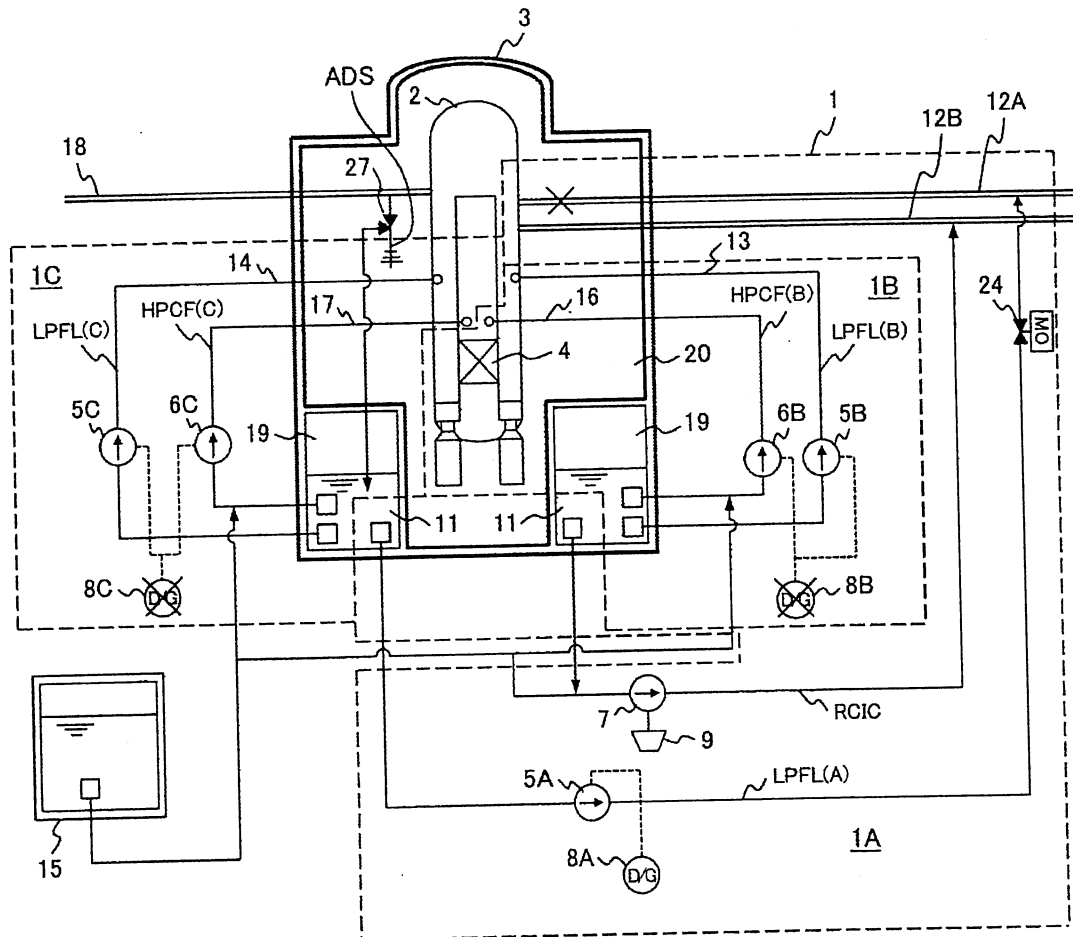
[FIG. 2]



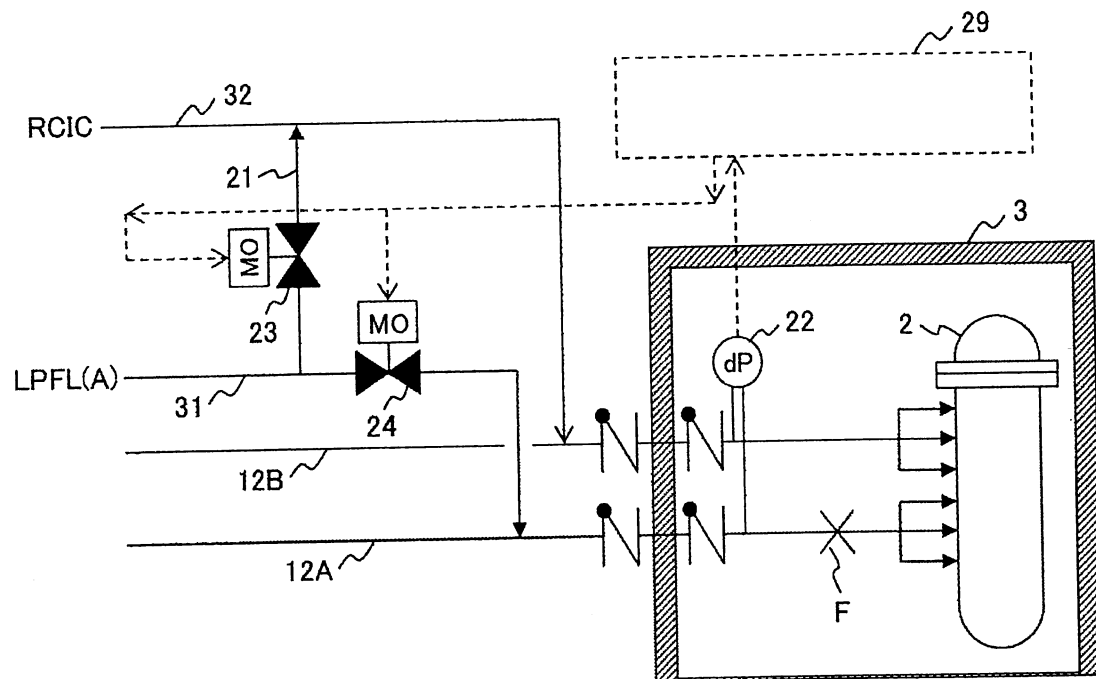
[FIG. 3]



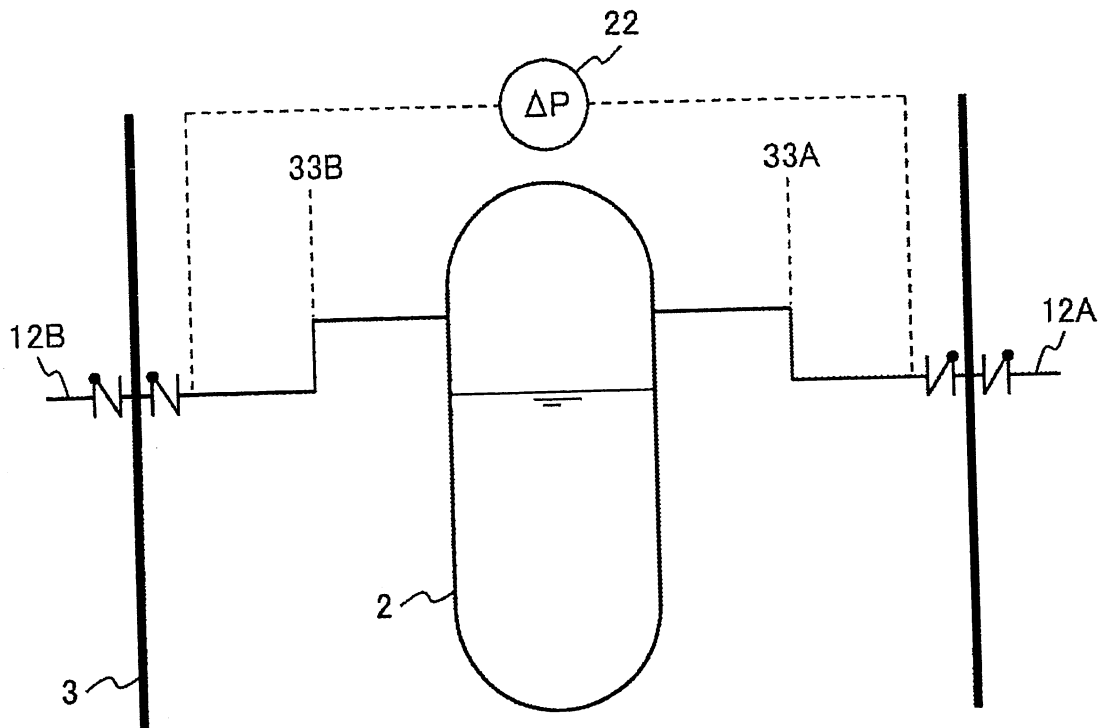
[FIG. 4]



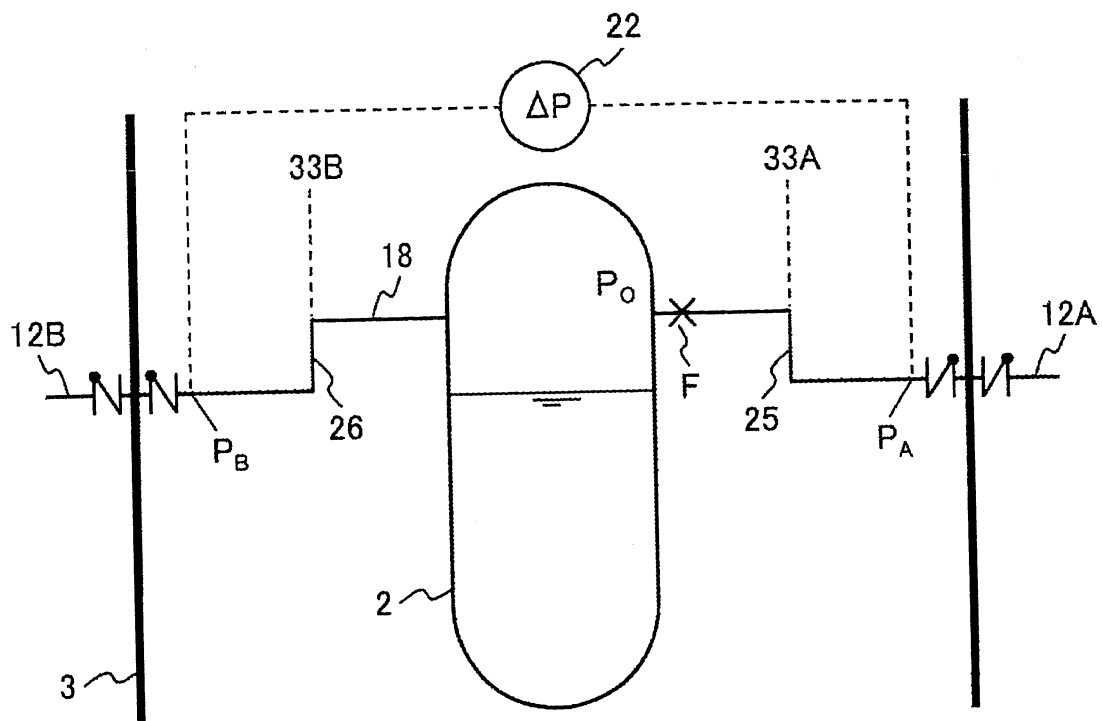
[FIG. 5]



[FIG. 6]



[FIG. 7]



[FIG. 8]

