



(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) 
1-0020517

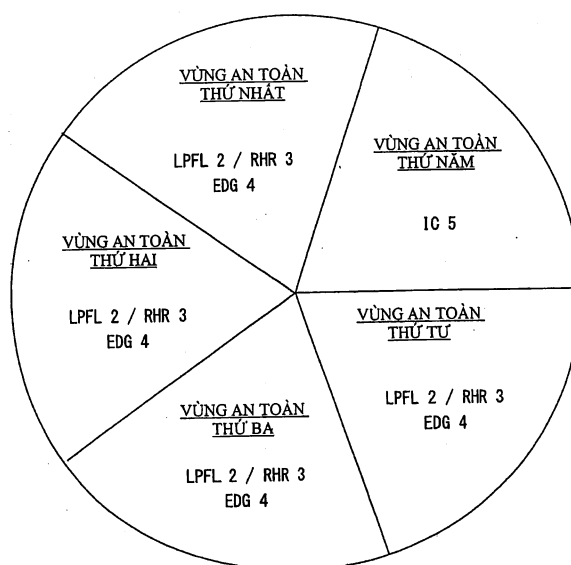
(51)⁷ **G21C 15/18, G21D 1/02, 3/06**

(13) **B**

(21) 1-2013-01745 (22) 14.09.2011
(86) PCT/JP2011/005181 14.09.2011 (87) WO2012/066710A1 24.05.2012
(30) 2010-255815 16.11.2010 JP
(45) 25.02.2019 371 (43) 25.09.2013 306
(73) **KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA (JP)**
1-1, Shibaura 1 -chome, Minato-ku, Tokyo, Japan
(72) **SATO, Takashi (JP)**
(74) **Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)**

(54) **HỆ THỐNG LÀM MÁT LỖI KHẨN CẤP VÀ NHÀ MÁY HẠT NHÂN NƯỚC SÔI**

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống làm mát lỗi khẩn cấp được bố trí ít nhất bốn vùng an toàn hoạt động, mỗi vùng được bố trí hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ, và ít nhất một vùng an toàn thụ động được bố trí hệ thống thụ động không yêu cầu dẫn động bằng điện. Số lượng các vùng an toàn hoạt động lớn hơn số lượng các vùng an toàn được yêu cầu khi có sự cố do thiết kế là hai hoặc lớn hơn hai, và mỗi vùng an toàn hoạt động được bố trí một hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ. Hệ thống an toàn thụ động có thể làm mát lõi phản ứng mà không cần bổ sung thêm nước làm mát từ bên ngoài trong khoảng thời gian cần thiết cho hệ thống an toàn hoạt động được đưa vào bảo dưỡng trong vận hành để phục hồi nếu có sự cố xảy ra khi bảo dưỡng trong vận hành một hệ thống an toàn hoạt động. Trong hệ thống làm mát lõi khẩn cấp cho nhà máy điện hạt nhân nước sôi, có thể giảm quy mô của nguồn điện dự phòng và số lượng các hệ thống không hoạt động được do hệ thống làm mát phụ trợ không hoạt động.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống làm mát lõi khẩn cấp và nhà máy hạt nhân nước sôi có trang bị hệ thống làm mát lõi khẩn cấp này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Tiêu chuẩn an toàn N+1 và tiêu chuẩn an toàn N+2

Tiêu chuẩn sự cố đơn được xác định là tiêu chuẩn an toàn chung nhất được áp dụng để thiết kế hệ thống làm mát lõi khẩn cấp (ECCS) của lò phản ứng nước sôi thông thường. Trong việc đánh giá sự an toàn đối với sự cố hao hụt chất làm mát (LOCA) mà là một trong những sự cố do thiết kế (DBA), tiêu chuẩn sự cố đơn giả định sự xuất hiện sự cố đơn trong hệ thống làm mát lõi khẩn cấp và yêu cầu việc làm mát lõi cần được thực hiện đầy đủ ngay cả trong tình trạng mà ở đó ít nhất một hệ thống làm mát lõi khẩn cấp không thể hoạt động được. Sau đây, tiêu chuẩn này được gọi là tiêu chuẩn N+1.

Hệ thống làm mát lõi khẩn cấp của lò phản ứng nước sôi thông thường được chia thành từ hai đến bốn vùng an toàn. Nhiều hệ thống được bố trí trong một vùng an toàn, và điện năng được cung cấp cho các hệ thống được bố trí trong một vùng an toàn này từ nguồn điện dự phòng được bố trí cho mỗi vùng an toàn.

Nói chung, chỉ có một nguồn điện dự phòng được bố trí trong một vùng an toàn, sao cho khi sự cố của nguồn điện dự phòng được giả thiết là sự cố đơn, thì được xác định trong việc đánh giá an toàn rằng tất cả các hệ thống được dẫn động bằng động cơ trong một vùng an toàn trở nên không thể hoạt động được. Trên thực tế, điện năng được cung cấp từ hệ thống điện bên ngoài, nên những hệ thống được dẫn động bằng động cơ trong một vùng an toàn không trở nên không thể hoạt động được mà chỉ là do sự cố đơn từ nguồn điện dự phòng. Tuy nhiên, việc đánh giá an toàn một cách thận trọng được yêu cầu để đồng thời giả thiết có sự cố mất nguồn từ hệ thống điện bên ngoài. Do đó, cần giả thiết trong việc đánh

giá an toàn rằng chỉ có sự cố đơn của nguồn điện dự phòng làm cho tất cả các hệ thống được dẫn động bằng động cơ trong một vùng an toàn trở nên không thể hoạt động được.

Thuật ngữ “vùng” không chỉ là vùng tương ứng với nguồn điện dự phòng mà còn là vùng đặc biệt được xác định bởi các tường vật lý (tường chống lửa hoặc tường kín chống rò nước) được tạo ra để chống cháy, ngập, v.v. trong nhà máy để cách ly sự ảnh hưởng của các sự cố định trước xảy ra ở vùng khác. Đó là, ngay cả khi sự cố trong đó hệ thống làm mát lõi khẩn cấp tương ứng với một vùng hoàn toàn mất khả năng hoạt động do cháy hoặc ngập nước được giả thiết là sự cố đơn, nhà máy được thiết kế sao cho sự cố đơn này không ảnh hưởng tới vùng khác. Vùng có hệ thống an toàn được gọi là “vùng an toàn”. Vùng không có hệ thống an toàn mà có hệ thống không an toàn được gọi là “vùng không an toàn”.

Trong sự cố đơn của hệ thống an toàn, việc toàn bộ một vùng an toàn không hoạt động dẫn đến suy giảm đáng kể chức năng an toàn, do đó sự cố đơn của hệ thống an toàn được giả định bằng cách lựa chọn bộ phận (ví dụ, nguồn điện dự phòng) hoặc nguyên nhân (ví dụ, hỏa hoạn hoặc ngập lụt) mà có thể dẫn đến việc cả một vùng an toàn không hoạt động.

Khi sự cố trong hệ thống làm mát lõi khẩn cấp được phát hiện khi kiểm tra định kỳ trong suốt quá trình hoạt động nhà máy, sự hoạt động được phép tiếp tục trong khoảng từ 7 đến 10 ngày kể từ ngày xảy ra sự cố đơn, và hoạt động của nhà máy sẽ được ngừng lại nếu sự cố không thể được xử lý trong vòng từ 7 đến 10 ngày. Quy định này được thực hiện bằng cách giới hạn AOT (Allowed Outage Time-thời gian ngừng chạy cho phép) theo tiêu chuẩn kỹ thuật. Do đó, dưới đây, tiêu chuẩn kỹ thuật nêu trên được gọi là quy định AOT.

Thiết kế nêu trên của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp dựa trên tiêu chuẩn N+1 và giới hạn hoạt động của nhà máy dựa trên quy định AOT thường được thực hiện ở Hoa Kỳ và Nhật Bản. Ở những quốc gia này, độ tin cậy của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp rất cao và ít khi xảy ra sự cố, do đó thiết kế an toàn và giới hạn hoạt động của nhà máy được sử dụng như một biện pháp hiệu quả và hợp lý. Mặt khác, tiêu chuẩn an toàn của một số nước châu Âu không chỉ bao gồm tiêu

chuẩn sự cố đơn mà còn bao gồm tiêu chuẩn yêu cầu sự giả định về tình trạng không hoạt động của vùng an toàn khác thông qua sự bảo dưỡng trong vận hành. Sau đây, tiêu chuẩn này được gọi là tiêu chuẩn N+2.

Đó là, tiêu chuẩn N+2 yêu cầu việc thiết kế nhà máy được thực hiện với giả định là có sự cố tại một bộ phận của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp một cách đều đặn và việc bảo dưỡng (bảo dưỡng trong vận hành) luôn được thực hiện trong suốt quá trình hoạt động của nhà máy và yêu cầu thực hiện việc thiết kế an toàn và đánh giá an toàn với giả thiết là khi hệ thống còn lại của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp trong trạng thái chờ được khởi động tự động ngay khi xảy ra sự cố do thiết kế, thì sự cố khác xuất hiện. Tiêu chuẩn N+2 là tiêu chuẩn an toàn rất cao. Theo tiêu chuẩn N+2, việc bảo dưỡng trong vận hành cho riêng hệ thống làm mát lõi khẩn cấp có thể được thực hiện trong khoảng thời gian không xác định. Việc áp dụng tiêu chuẩn N+2 cho phép việc bảo dưỡng hệ thống làm mát lõi khẩn cấp được thực hiện trọn vẹn trong suốt quá trình hoạt động của nhà máy, đóng góp đáng kể vào việc giảm thời gian nhà máy ngừng hoạt động và nâng cao độ an toàn trong thời gian nhà máy ngừng hoạt động.

Giả thiết sự cố hao hụt chất làm mát, mà là một trong những sự cố do thiết kế, xảy ra theo tiêu chuẩn N+2. Cụ thể hơn là, giả thiết đường ống của một hệ thống trong hệ thống làm mát lõi khẩn cấp bị hỏng gây ra sự cố hao hụt chất làm mát và hai hệ thống làm mát lõi khẩn cấp trở nên không hoạt động do sự cố đơn và bảo dưỡng trong vận hành. Do đó, ít nhất phải cần bốn hệ thống trong hệ thống làm mát lõi khẩn cấp. Hơn nữa, tiêu chuẩn N+2 cho rằng hai vùng không thể hoạt động được do sự cố đơn và bảo dưỡng trong vận hành, do đó cần ít nhất ba vùng. Khi ba vùng an toàn hoạt động được bố trí, hai hệ thống được yêu cầu cho một vùng trong số các vùng đó và sau đó cần xem xét đến sự cân đối, với kết quả là hai hệ thống làm mát lõi khẩn cấp cần được bố trí cho mỗi vùng an toàn.

Hệ thống làm mát lõi khẩn cấp “BWR72”

Hệ thống làm mát lõi khẩn cấp “BWR72” ở nước Đức là ví dụ tiêu biểu đáp ứng tiêu chuẩn N+2 bởi nó cung cấp ba vùng hoạt động. Dưới đây, dựa trên Fig.7, cấu hình của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp của nước Đức “BWR72” sẽ

được mô tả.

Theo Fig.7, hệ thống làm mát lõi khẩn cấp, có ba vùng hoạt động, bao gồm hệ thống phun lõi cao áp được dẫn động bằng động cơ (HPCI) 25, hệ thống phun lõi hạ áp được dẫn động bằng động cơ (LPCI) 26, và máy phát điện điêzen dự phòng (EDG) 4 cho mỗi vùng. Hai hệ thống được dẫn động bằng động cơ được bố trí cho mỗi vùng và do đó công suất của mỗi máy phát điện điêzen dự phòng 4 là lớn. Hơn nữa, hệ thống làm mát lõi khẩn cấp được thiết kế sao cho khi hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng (không được minh họa) được bố trí cho mỗi vùng an toàn trở nên không thể hoạt động được thì hệ thống phun lõi cao áp 25 và hệ thống phun lõi hạ áp 26 được bố trí cho vùng tương ứng cũng đồng thời trở nên không thể hoạt động được. Do đó, mặc dù tổng số các hệ thống làm mát lõi khẩn cấp là 6, thì sự không đáng tin cậy của các hệ thống nước làm mát bộ phận của lò phản ứng được bố trí ở ba vùng tương ứng sẽ quyết định độ tin cậy tổng thể. Tương tự, khi máy phát điện điêzen dự phòng 4 cung cấp điện cho mỗi vùng an toàn đang hoạt động bị hỏng, hệ thống phun lõi cao áp 25 và hệ thống phun lõi hạ áp 26 được bố trí trong vùng tương ứng cũng đồng thời không thể hoạt động được.

Hệ thống làm mát lõi khẩn cấp “BWR75”

Một ví dụ điển hình khác của BWR được thiết kế theo tiêu chuẩn N+2 là “BWR75” ở Thụy Điển. Dưới đây, dựa trên Fig.8, những nét chính của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp của “BWR75” sẽ được mô tả.

Theo Fig.8, hệ thống làm mát lõi khẩn cấp có bốn vùng an toàn, bao gồm hệ thống nước cấp phụ trợ (AFS) 31, hệ thống phun lõi hạ áp 26 hoặc hệ thống phun lõi hạ áp (LPCS) 32, hệ thống thải nhiệt thừa (RHR), và máy phát điện điêzen dự phòng 4 cho mỗi vùng an toàn. Hệ thống phun lõi hạ áp 26 hoặc hệ thống phun lõi hạ áp 32 và hệ thống thải nhiệt thừa được bố trí độc lập không cần dùng chung máy bơm. Do hệ thống thải nhiệt thừa của “BWR75” được sử dụng riêng làm hệ thống làm mát khép kín để làm mát khoang ướt và khoang khô của bể chứa khi có sự cố do thiết kế, hệ thống làm mát khoang ướt/khô (WDCS) 24 được chỉ báo.

Tất cả các hệ thống đều sử dụng bơm được dẫn động bằng động cơ, tổng

số hệ thống lên đến 12 và do đó công suất mỗi máy phát điện điêzen dự phòng 4 là lớn. Tuy nhiên, nhiều hệ thống làm mát lõi khẩn cấp được dẫn động bằng động cơ được bố trí cho mỗi vùng hoạt động sẽ trở nên không hoạt động được do hỏng máy phát điện điêzen dự phòng 4 tương ứng. Tương tự, khi hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng (không được minh họa) được bố trí cho mỗi vùng an toàn bị hỏng, tất cả các hệ thống làm mát lõi khẩn cấp được bố trí trong vùng tương ứng trở nên không hoạt động được.

Ví dụ trong đó vùng an toàn thụ động được bố trí bổ sung cho các vùng an toàn hoạt động đáp ứng tiêu chuẩn N+2

Như được mô tả trên đây, hệ thống làm mát lõi khẩn cấp có các vùng hoạt động đáp ứng tiêu chuẩn N+2 có độ dự trữ đủ và do đó có độ an toàn cao. Mặt khác, kỹ thuật bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1 là ví dụ trong đó vùng an toàn thụ động được bố trí bổ sung cho những vùng hoạt động đáp ứng tiêu chuẩn N+2. Hệ thống trong đó vùng an toàn thụ động được bố trí độc lập cho vùng an toàn hoạt động như được mô tả trên đây để nâng cao thêm độ an toàn hơn nữa được gọi là hệ thống an toàn lai ghép có chiều sâu.

Giải pháp kỹ thuật đã biết này sẽ được mô tả dựa trên Fig.9. Theo Fig.9, có vùng an toàn thứ nhất, thứ hai và thứ ba là các vùng an toàn hoạt động. Vùng thứ tư là vùng an toàn thụ động. Mỗi vùng trong số ba vùng an toàn hoạt động bao gồm hệ thống làm mát lõi cao áp (HPCF) 1, hệ thống làm mát lõi áp suất thấp (LPFL) 2 mà cũng được sử dụng làm hệ thống thải nhiệt thừa 3, và máy phát điện điêzen dự phòng 4 cấp điện cho cả hệ thống làm mát lõi cao áp 1 và hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2. Vùng an toàn thụ động bao gồm bình ngưng cách ly (IC) 5, hệ thống làm mát khép kín thụ động (PCCS) 8, và hệ thống làm mát được dẫn động bằng trọng lực (GDCS) 9.

Kết quả là, ngay cả khi hệ thống làm mát lõi khẩn cấp có ba vùng an toàn hoạt động trở nên hoàn toàn không có khả năng hoạt động do thảm họa tự nhiên như động đất lớn hoặc sóng thần lớn, sự an toàn của lò phản ứng có thể được đảm bảo bởi hệ thống làm mát lõi khẩn cấp của vùng an toàn thụ động. Tuy nhiên, do có hai hệ thống làm mát lõi khẩn cấp được bố trí cho mỗi vùng an toàn hoạt động, nên có tổng cộng sáu hệ thống, vượt quá số lượng hệ thống tối thiểu

(bốn, như được mô tả trên đây) cần cho tiêu chuẩn N+2.

Mỗi máy phát điện diesel dự phòng 4 yêu cầu công suất lớn, ví dụ, khoảng 5000 kW do nhu cầu cung cấp điện cho hai hệ thống làm mát lõi khẩn cấp. Kết quả là, số lượng bộ phận và chi phí cho hệ thống làm mát lõi khẩn cấp có các vùng an toàn hoạt động đáp ứng tiêu chuẩn N+2 được tăng lên. Việc tăng số lượng bộ phận làm tăng tương ứng thể tích của nhà chứa lò phản ứng chứa các bộ phận đó. Hơn nữa, việc bổ sung bốn vùng an toàn thụ động cũng làm tăng số lượng và chi phí của toàn bộ hệ thống làm mát lõi khẩn cấp. Ngoài ra, khi hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng (không được minh họa) được bố trí cho mỗi vùng an toàn hoạt động trở nên không hoạt động được thì cả hai hệ thống làm mát lõi cao áp 1 và hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 bị vô hiệu, khi đó sự không tin cậy của tất cả các vùng an toàn hoạt động được xác định bởi sự không tin cậy của các hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng được bố trí trong ba vùng tương ứng.

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp sáng chế Nhật Bản số 2008-281426

Các vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Trong hệ thống làm mát lõi khẩn cấp thông thường đáp ứng tiêu chuẩn N+2, nhiều hệ thống được dẫn động bằng động cơ được bố trí trong một vùng an toàn hoạt động, và do đó, công suất của máy phát điện diesel dự phòng để cấp điện cho các hệ thống được dẫn động bằng động cơ được tăng lên. Hơn nữa, các hệ thống trong một vùng an toàn hoạt động được làm mát bởi hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng đơn lẻ, và do đó sự cố hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng trong một vùng làm vô hiệu các hệ thống trong vùng tương ứng. Tương tự, sự cố máy phát điện diesel dự phòng trong một vùng làm vô hiệu các hệ thống trong vùng tương ứng. Hơn nữa, tổng số hệ thống là lớn mà nằm trong khoảng từ sáu đến mười hai hệ thống làm tăng chi phí và thể tích của nhà chứa lò phản ứng.

Kết quả là, việc lắp đặt vùng an toàn thụ động bên cạnh các vùng an toàn hoạt động đáp ứng tiêu chuẩn N+2 còn làm tăng chi phí và thể tích của nhà chứa lò phản ứng.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế được tạo ra để giải quyết những vấn đề nêu trên và mục đích của sáng chế là đề xuất hệ thống làm mát lõi khẩn cấp của nhà máy hạt nhân nước sôi có khả năng làm giảm quy mô của nguồn điện dự phòng, giảm thiểu số lượng hệ thống được dẫn động bằng động cơ và ngăn không cho các hệ thống trở nên không hoạt động được do bị hỏng hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng.

Giải pháp giải quyết vấn đề

Để đạt được mục đích nêu trên, theo một khía cạnh của sáng chế, sáng chế đề xuất hệ thống làm mát lõi khẩn cấp của nhà máy hạt nhân nước sôi bao gồm: bốn hoặc nhiều hơn bốn vùng an toàn hoạt động, mỗi vùng bao gồm hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ và một hoặc nhiều hơn một vùng an toàn thụ động bao gồm hệ thống an toàn thụ động mà không yêu cầu việc dẫn động bằng động cơ, trong đó số lượng vùng an toàn hoạt động lớn hơn so với số lượng được yêu cầu khi xảy ra sự cố do thiết kế là hai hoặc lớn hơn hai, một hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ và nguồn điện dự phòng để cung cấp điện cho hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ được bố trí cho mỗi vùng an toàn hoạt động, và khi giả thiết là có sự cố xảy ra khi một hệ thống an toàn hoạt động được đưa vào bảo dưỡng trong vận hành, thì hệ thống an toàn thụ động có thể làm mát lõi trong thời gian cần thiết để phục hồi hệ thống an toàn hoạt động được đưa vào bảo dưỡng trong vận hành mà không cần cấp nước làm mát từ bên ngoài.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, sáng chế đề xuất nhà máy hạt nhân nước sôi được bố trí hệ thống làm mát lõi khẩn cấp, hệ thống làm mát lõi khẩn cấp này bao gồm: bốn hoặc nhiều hơn bốn vùng an toàn hoạt động, mỗi vùng bao gồm hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ và một hoặc nhiều hơn một vùng an toàn thụ động bao gồm hệ thống an toàn thụ động không yêu cầu việc dẫn động bằng động cơ, trong đó số lượng vùng an toàn hoạt động lớn hơn so với số lượng được yêu cầu khi xảy ra sự cố do thiết kế là hai hoặc lớn hơn hai, một hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ

và nguồn điện dự phòng để cung cấp điện cho hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ được bố trí cho mỗi vùng an toàn hoạt động, và khi giả thiết là có sự cố xảy ra khi một hệ thống an toàn hoạt động được đưa vào bảo dưỡng trong vận hành, hệ thống an toàn thụ động có thể làm mát lõi trong thời gian cần thiết để phục hồi hệ thống an toàn hoạt động được đưa vào bảo dưỡng trong vận hành mà không cần bổ sung nước làm mát từ bên ngoài.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, có thể đề xuất hệ thống làm mát lõi khẩn cấp của nhà máy hạt nhân nước sôi có khả năng giảm quy mô của nguồn điện dự phòng, giảm thiểu số lượng hệ thống được dẫn động bằng động cơ và ngăn không cho các hệ thống trở nên không hoạt động được do bị hỏng hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ giải thích minh họa toàn bộ cấu hình của phương án thứ nhất của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo sáng chế.

Fig.2 là hình vẽ giải thích minh họa toàn bộ cấu hình của phương án thứ hai của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo sáng chế.

Fig.3 là hình vẽ giải thích minh họa toàn bộ cấu hình của phương án thứ ba của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo sáng chế.

Fig.4 là hình vẽ giải thích minh họa toàn bộ cấu hình của phương án thứ tư của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo sáng chế.

Fig.5 là hình vẽ giải thích minh họa toàn bộ cấu hình của phương án thứ năm của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo sáng chế.

Fig.6 là hình vẽ giải thích minh họa toàn bộ cấu hình của phương án thứ sáu của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo sáng chế.

Fig.7 là hình vẽ giải thích minh họa toàn bộ cấu hình của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp thông thường “BWR72”.

Fig.8 là hình vẽ giải thích minh họa toàn bộ cấu hình của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp thông thường “BWR75”.

Fig.9 là hình vẽ giải thích minh họa toàn bộ cấu hình của hệ thống làm

mát lõi khẩn cấp thông thường của hệ thống an toàn lai ghép có chiều sâu đáp ứng tiêu chuẩn N+2.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo sáng chế sẽ được mô tả dưới đây có dựa vào các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.6. Các số chỉ dẫn giống nhau được gán cho cùng các bộ phận như trên các hình vẽ từ Fig.7 đến Fig.9, do đó phần mô tả chúng sẽ được bỏ qua, và chỉ những thành phần chủ yếu sẽ được mô tả.

Phương án thứ nhất

Phương án thứ nhất của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo sáng chế sẽ được mô tả dựa trên Fig.1.

Fig.1 minh họa cấu hình của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo phương án thứ nhất của sáng chế. Hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo phương án này có năm vùng an toàn: các vùng an toàn từ vùng một đến vùng bốn sử dụng riêng cho hệ thống làm mát lõi khẩn cấp hoạt động và vùng an toàn thứ năm có hệ thống làm mát lõi khẩn cấp thụ động. Mỗi vùng trong các vùng an toàn từ vùng một đến vùng bốn sử dụng riêng cho hệ thống làm mát lõi khẩn cấp hoạt động được bố trí hệ thống làm mát lõi áp suất thấp (LPFL) 2 là hệ thống làm mát lõi áp suất thấp được dẫn động bằng động cơ, hệ thống thải nhiệt thừa (RHR) 3 chia sẻ một số máy bơm và ống với hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2, và máy phát điện điêzen dự phòng (EDG) 4 làm nguồn điện dự phòng. Do một số máy bơm và ống được chia sẻ giữa hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 và hệ thống thải nhiệt thừa 3, chúng được biểu thị là "LPFL 2/RHR 3" trong Fig.1.

Hơn nữa, dù không được minh họa, hệ thống giảm áp tự động (ADS) được bố trí làm phương tiện giảm áp cho lò phản ứng. Hệ thống giảm áp tự động là hệ thống tự động mở nhiều van an toàn ngay khi xảy ra vỡ ống có đường kính nhỏ để giảm áp cho lò phản ứng, và nó cũng được bố trí trong lò phản ứng hạt nhân nước sôi thông thường.

Hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2, hệ thống thải nhiệt thừa 3, máy phát điện điêzen dự phòng 4, hệ thống giảm áp tự động có cùng cấu trúc với cấu trúc

trong hệ thống làm mát lõi khẩn cấp thông thường của BWR (ABWR) tiên tiến (xem tài liệu sáng chế 1).

Hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 hoạt động ở 100% công suất phun cần thiết để làm mát lõi ngay khi xảy ra sự cố hao hụt chất làm mát mà là sự cố do thiết kế. Do đó, chỉ một hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 có thể làm mát lõi một cách an toàn trong khoảng áp suất hoạt động được định rõ. Áp suất hoạt động được định rõ của hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 thấp hơn áp suất hoạt động bình thường của lò phản ứng và bằng, ví dụ, 17 kg/cm² (khoảng 1,7 MPa).

Hệ thống thải nhiệt thừa 3 của mỗi vùng có công suất thải nhiệt ít nhất là 50% của lượng thải nhiệt cần thiết để làm mát lõi và bể chứa ngay khi xảy ra sự cố do thiết kế. Đó là, để tạo ra 100% lượng thải nhiệt cần thiết để làm mát lõi và bể chứa ngay khi xảy ra sự cố do thiết kế, cần phải kích hoạt hệ thống thải nhiệt thừa 3 ở ít nhất hai vùng bất kỳ trong số bốn vùng an toàn hoạt động.

Do đó, trong phương án này, số vùng tối thiểu N cần thiết ngay khi xảy ra sự cố do thiết kế là 2.

Tất nhiên là máy phát điện tua bin khí dự phòng (GTG) có thể sử dụng thay cho máy phát điện diesel dự phòng 4. Máy phát điện tua bin khí dự phòng này không có hệ thống nước làm mát và do đó có thể có độ tin cậy cao hơn máy phát điện diesel dự phòng 4 mà yêu cầu có hệ thống nước làm mát. Hơn nữa, nguồn điện dự phòng trang bị cho mỗi vùng an toàn có thể có công suất 2x50% thay cho 1x100%, nghĩa là, ví dụ, hai nguồn điện công suất nhỏ có thể được bố trí.

Hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 có thể được thay thế bởi bất kỳ hệ thống làm mát lõi khẩn cấp hạ áp nào khác được dẫn động bằng động cơ.

Vùng an toàn thứ năm gồm cả hệ thống làm mát lõi khẩn cấp thụ động được bố trí bình ngưng cách ly (IC) 5. Bình ngưng cách ly 5 có cùng cấu trúc với cấu trúc trong ESBWR (Economical and Simplified BWR-BWR chi phí thấp và được đơn giản hóa) thông thường (xem tài liệu sáng chế 1).

Bình ngưng cách ly 5 có nguồn nước làm mát công suất lớn (ví dụ, 1500 m³) để làm giảm nhiệt phân rã trong khoảng từ ba đến bảy ngày. Phạm vi rộng của thời gian làm mát xuất phát từ sự chênh lệch nhiệt phân rã được sinh ra phụ

thuộc vào công suất đầu ra của nhà máy. Ví dụ, khi hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo phương án này được áp dụng cho BWR 600.000 kWe, lõi có thể được làm mát trong bảy ngày, và khi hệ thống làm mát lõi khẩn cấp được áp dụng cho BWR 1.200.000 kWe, lõi có thể được làm mát trong ba ngày. Tất nhiên là khi công suất của nước làm mát tăng lên, thì có thể đảm bảo thời gian làm mát là ba ngày trở lên cho BWR 1.800.000 kWe.

Một trong các đặc điểm của phương án thứ nhất tạo ra khác biệt với mẫu thông thường ở chỗ bốn hệ thống làm mát lõi áp suất thấp tạo thành hệ thống an toàn lai ghép có chiều sâu có năm vùng có khả năng đáp ứng tiêu chuẩn N+2.

Ví dụ, giả thiết sự cố vỡ ống xuất hiện trong hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 của vùng an toàn thứ nhất là sự cố hao hụt chất làm mát mà là sự cố do thiết kế, cần phải giả thiết trong tiêu chuẩn N+2 là sự cố đơn xảy ra ở máy phát điện điêzen dự phòng 4 của vùng an toàn thứ hai, và việc bảo dưỡng trong vận hành được thực hiện cho máy phát điện điêzen dự phòng 4 của vùng an toàn thứ ba, và nguồn điện bên ngoài bị mất. Thậm chí trong trường hợp này, hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 và việc vận hành máy phát điện điêzen dự phòng 4 của vùng an toàn thứ tư được duy trì trong tình trạng hoạt động được, bằng cách này có thể đảm bảo 100% công suất phun yêu cầu để làm mát lõi. Hơn nữa, hệ thống thải nhiệt thừa 3 của các vùng an toàn thứ nhất và thứ tư có thể sử dụng để đạt 100% độ lạnh hoặc lớn hơn do hệ thống thải nhiệt thừa 3 của mỗi vùng có công suất thải nhiệt bằng 50% hoặc lớn hơn được yêu cầu để làm mát lõi và bể chứa.

Hơn nữa, giả thiết là hệ thống làm mát lõi khẩn cấp của vùng an toàn thứ nhất trở nên không thể hoạt động do có hỏa hoạn bên ngoài. Trong trường hợp này, thậm chí khi giả thiết là sự cố đơn xảy ra ở máy phát điện điêzen dự phòng 4 của vùng an toàn thứ hai và việc bảo dưỡng trong vận hành được thực hiện cho máy phát điện điêzen dự phòng 4 của vùng an toàn thứ ba, sự làm mát bể chứa và lõi có thể tiếp tục trong thời gian dài bởi hệ thống thải nhiệt thừa 3 của vùng an toàn thứ tư và bình ngưng cách ly 5 của vùng an toàn thứ năm. Do đó, việc phục hồi máy phát điện điêzen dự phòng 4 của các vùng an toàn thứ hai và thứ ba và việc khôi phục nguồn điện bên ngoài cần được thực hiện trong lúc vận

hành làm mát và sau đó có thể tắt lò phản ứng trong trạng thái lạnh.

Hơn nữa, ngay cả khi xảy ra mất điện toàn nhà máy (SBO) trong đó điện từ bên ngoài bị mất và toàn bộ bốn máy phát điện diesel dự phòng 4 bị hỏng do gặp hiện tượng tự nhiên khắc nghiệt, như là động đất mạnh hoặc bão lớn vượt quá điều kiện thiết kế, thì có thể tiếp tục làm mát lõi trong thời gian dài bằng bình ngưng cách ly 5 được bố trí ở vùng an toàn thứ năm. Trong quá trình làm mát, việc phục hồi điện bên ngoài và phục hồi các máy phát điện diesel dự phòng 4 có thể đạt được, do đó việc tắt lò phản ứng trong trạng thái lạnh có thể đạt được. Do đó, bình ngưng cách ly 5 là phương tiện làm mát thụ động, hoàn toàn không yêu cầu cung cấp điện xoay chiều để hoạt động, kết quả là hệ thống làm mát lõi khẩn cấp của phương án thứ nhất có bình ngưng cách ly 5 bổ sung cho các hệ thống làm mát lõi khẩn cấp hoạt động của bốn vùng có thể đảm bảo độ an toàn lai ghép có chiều sâu rất cao.

Như được mô tả trên đây, riêng bình ngưng cách ly 5 đã chứa đủ nước làm mát để làm mát lõi trong ít nhất 8 giờ (khoảng từ ba đến bảy ngày trên thực tế) mà không cần bổ sung nước làm mát từ bên ngoài. Do đó, việc phục hồi nguồn điện dự phòng tùy thuộc vào việc bảo dưỡng trong vận hành hoặc hệ thống làm mát lõi khẩn cấp hoạt động vẫn phải tiến hành trong thời gian làm mát dài.

Tiếp theo, ngay cả khi mất nước cấp hoặc có thay đổi tạm thời trong đó lò phản ứng bị cô lập, việc làm mát lò phản ứng có thể được tiếp tục một cách an toàn bởi bình ngưng cách ly 5. Hơn nữa, trong phương án thứ nhất được tạo cấu hình như vậy theo sáng chế, các máy phát điện diesel dự phòng 4 của các vùng an toàn từ vùng một đến vùng bốn được thiết kế để mỗi máy phát điện chỉ cấp điện cho một hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2, nhờ đó làm giảm điện năng xuống còn khoảng 3.000 kW.

Tiếp theo, khi giả thiết là hỏa hoạn xảy ra ở vùng an toàn thứ nhất, xảy ra sự cố đơn tại máy phát điện diesel dự phòng 4 của vùng an toàn thứ hai, máy phát điện diesel dự phòng 4 của vùng an toàn thứ ba đang được bảo dưỡng trong vận hành, và việc tắt lò phản ứng trong trạng thái nóng được tiến hành bởi bình ngưng cách ly 5 của vùng an toàn thứ năm, giả thiết tiếp theo là xảy ra kẹt

van khi mở van xả an toàn. Thậm chí trong trường hợp này, ở phương án này, lõi và bể chứa có thể được làm mát bởi hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2/hệ thống thải nhiệt thừa 3 của vùng an toàn thứ tư, nhờ đó đảm bảo sự an toàn cho cộng đồng.

Tiếp theo, đối với hệ thống làm mát lõi khẩn cấp hoạt động, số hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 là bốn, là số tối thiểu yêu cầu, nhờ đó làm giảm thể tích của tòa nhà chứa các hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 và các hệ thống tương tự. Mặc dù số lượng các hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 chỉ là bốn mà là số lượng yêu cầu tối thiểu như được mô tả trên đây, số lượng hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 trở nên không thể hoạt động được được giới hạn ở một ngay cả khi hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng của mỗi vùng hoạt động bị hỏng. Do đó, các hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 được ngăn không cho trở thành không thể hoạt động đồng thời được theo cách phụ thuộc vào sự cố đơn của hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng.

Theo phương án này, có thể trang bị hệ thống an toàn lai ghép có chiều sâu có độ tin cậy cao phù hợp nhất đối với nhà máy BWR thế hệ tiếp theo bằng cách phối hợp hệ thống an toàn thụ động và hệ thống làm mát lõi khẩn cấp hoạt động. Cụ thể hơn là, đối với sự cố bên ngoài mà là một nguy cơ sót lại đối với BWR có độ an toàn cao so với sự cố bên trong thì độ an toàn được đảm bảo bởi sự đa dạng của hệ thống an toàn thụ động trong khoảng thời gian vận hành và bởi sự dự phòng của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp hoạt động đáp ứng tiêu chuẩn N+2 trong khoảng thời gian dừng nhà máy, do đó đạt được BWR thế hệ tiếp theo có độ an toàn cao đủ để giảm nguy cơ sót lại được gây ra bởi hiện tượng tự nhiên khắc nghiệt, như là động đất mạnh hoặc bão lớn hoặc hỏa hoạn bên ngoài, cơ bản là về không.

Hơn nữa, theo phương án này, chỉ một hệ thống làm mát lõi áp suất thấp được bố trí làm hệ thống làm mát lõi khẩn cấp được dẫn động bằng động cơ sẽ được bố trí trong mỗi vùng an toàn hoạt động, do đó cho phép công suất của nguồn điện dự phòng trở thành tối thiểu và cho phép giảm thiểu số lượng các hệ thống làm mát lõi khẩn cấp mà trở nên không thể hoạt động được do hỏng hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng. Khi so sánh với hệ thống an toàn lai

ghép có chiều sâu thông thường, số lượng các hệ thống làm mát lõi khẩn cấp được dẫn động bằng động cơ có thể giảm từ sáu xuống bốn, nên thể tích của nhà chứa những hệ thống này có thể được giảm.

Phương án thứ hai

Fig.2 minh họa cấu hình của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo phương án thứ hai của sáng chế. Theo phương án này, chỉ có một máy phát điện tua bin khí 6, mà là nguồn điện phụ trợ, được bố trí để chia sẻ giữa tất cả các vùng an toàn được sử dụng riêng cho hệ thống làm mát lõi khẩn cấp hoạt động, nhờ đó cung cấp điện có chọn lọc cho bất kỳ một vùng an toàn nào. Để điện năng được cung cấp có chọn lọc cho bất kỳ một vùng an toàn nào, thiết bị đóng ngắt 7 để đóng ngắt nguồn điện được bố trí qua thanh cái giữa máy phát điện tua bin khí và mỗi vùng an toàn hoạt động.

Theo phương án được tạo cấu hình này, sự an toàn đối với việc mất điện toàn nhà máy trong khi vận hành nhà máy có thể được nâng lên. Hơn nữa, sự đa dạng trong việc cấp điện có thể được đảm bảo ngay cả khi việc làm mát lõi được thực hiện chỉ bởi bốn vùng an toàn hoạt động trong khoảng thời gian dừng nhà máy, kết quả là ngay cả khi hiện tượng tự nhiên khắc nghiệt, như là động đất mạnh hoặc bão lớn xảy ra trong khoảng thời gian dừng nhà máy, có thể giảm đáng kể nguy cơ xảy ra sự hư hỏng lõi.

Phương án thứ ba

Fig.3 minh họa cấu hình của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo phương án thứ ba của sáng chế. Trong phương án này, hệ thống làm mát cách ly lõi phản ứng (RCIC) 10 là hệ thống nước cấp phụ trợ được dẫn động bằng tua bin trong vùng không an toàn. Hệ thống làm mát cách ly lõi phản ứng 10 hoạt động sử dụng hơi nước chính của lò phản ứng làm nguồn năng lượng, do đó không cần phải chạy máy phát điện điêzen dự phòng 4. Hơn nữa, hệ thống làm mát cách ly lõi phản ứng 10 không cần phải được làm mát bởi hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng và do đó có thể được bố trí độc lập trong vùng không an toàn.

Trong phương án này, sự có mặt của hệ thống làm mát cách ly lõi phản ứng 10 cho phép mức nước của lò phản ứng có thể duy trì một cách an toàn

ngay cả khi xảy ra sự kẹt van khi mở van xả an toàn. Hơn nữa, ngay cả khi sự cố hao hụt chất làm mát do vết nứt nhỏ xảy ra, có thể duy trì mức nước của lò phản ứng và làm mát lõi mà không phải giảm áp cho lò phản ứng.

Tuy hệ thống làm mát cách ly lõi phản ứng 10 là hệ thống không an toàn, nhưng nó có thể được trang bị trong các vùng an toàn từ vùng một đến vùng bốn. Thậm chí trong trường hợp này, hệ thống làm mát cách ly lõi phản ứng 10 không yêu cầu điện xoay chiều để hoạt động, do đó công suất của máy phát điện diesel dự phòng 4 không cần thiết phải tăng lên. Hơn nữa, hệ thống làm mát cách ly lõi phản ứng 10 có thể được bố trí trong vùng an toàn thụ động thứ năm. Việc tăng số lượng các hệ thống làm mát cách ly lõi phản ứng 10 làm tăng tương ứng độ tin cậy của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp.

Phương án thứ tư

Fig.4 minh họa cấu hình của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo phương án thứ tư của sáng chế. Trong phương án này, ngoài bình ngưng cách ly 5, hệ thống làm mát khép kín thụ động (PCCS) 8 được bố trí trong vùng an toàn thứ năm kể cả hệ thống làm mát lõi khẩn cấp thụ động. Hệ thống làm mát khép kín thụ động 8 có cùng cấu trúc giống cấu trúc trong ESBWR thông thường. Hệ thống làm mát khép kín thụ động 8 chỉ gồm các bộ phận an toàn thụ động và hoàn toàn không yêu cầu nguồn điện. Hơn nữa, hệ thống làm mát khép kín thụ động 8 hoàn toàn không yêu cầu việc làm mát phía thứ cấp với bộ phận an toàn hoạt động như hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng.

Như vậy, hệ thống làm mát khép kín thụ động 8 có thể làm mát bể chứa với độ tin cậy cao ngay cả khi hiện tượng tự nhiên khắc nghiệt, như là động đất mạnh hoặc bão lớn xảy ra làm hư hỏng mọi phương tiện như nguồn điện bên ngoài, nguồn điện dự phòng, và hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng. Đó là hệ thống làm mát khép kín thụ động 8 tạo ra tính đa dạng rất tốt đối với chức năng làm mát bể chứa của hệ thống thải nhiệt thừa 3. Như vậy theo hệ thống làm mát lõi khẩn cấp của phương án này, độ an toàn cao có thể được đảm bảo trong việc làm mát bể chứa ngay cả khi hiện tượng tự nhiên khắc nghiệt xảy ra.

Phương án thứ năm

Fig.5 minh họa cấu hình của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo phương án thứ năm của sáng chế. Trong phương án này, ngoài bình ngưng cách ly 5 và hệ thống làm mát khép kín thụ động 8, hệ thống làm mát được dẫn động bằng trọng lực (GDCS) 9 được bố trí ở vùng an toàn thứ năm bao gồm hệ thống làm mát lõi khẩn cấp thụ động.

Hệ thống làm mát được dẫn động bằng trọng lực 9 có cùng cấu trúc với cấu trúc ở ESBWR thông thường. Hệ thống làm mát được dẫn động bằng trọng lực 9 hoàn toàn không yêu cầu các phương tiện phụ trợ như nguồn điện và hệ thống nước làm mát bộ phận phản ứng dùng cho sự hoạt động của nó. Do đó, ngay cả khi xảy ra mất điện toàn nhà máy trong một khoảng thời gian do hiện tượng tự nhiên khắc nghiệt, như là động đất mạnh hoặc bão lớn và sau đó bình ngưng cách ly 5 trở nên không thể hoạt động được do một số nguyên nhân dẫn đến sự cố hỏng lõi, nước làm mát trong hệ thống làm mát được dẫn động bằng trọng lực 9 có thể được đổ vào phần dưới của bể chứa. Kết quả là các mảnh lõi có thể được làm ngập và làm mát.

Trong thời gian làm mát các mảnh lõi ngập nước, hơi nước tương ứng với nhiệt phân rã được tạo ra, và hơi nước được hút vào hệ thống làm mát khép kín thụ động 8 do áp suất của chính nó. Sau đó, hơi nước được làm mát và ngưng tụ lại, và sau đó, nước ngưng tụ chảy vào bể nước làm mát (không được minh họa) của hệ thống làm mát được dẫn động bằng trọng lực 9 nhờ có trọng lực. Như vậy, nước ngưng tụ có thể lại được sử dụng để làm mát các mảnh lõi làm nước làm mát của hệ thống làm mát được dẫn động bằng trọng lực 9.

BWR sử dụng hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo phương án được tạo cấu hình như vậy có thể làm mát bể chứa và duy trì sự ổn định của nó theo cách tin cậy hơn ngay cả khi xảy ra sự cố hỏng lõi do hiện tượng tự nhiên khắc nghiệt và có thể giảm đáng kể nguy cơ từ hiện tượng tự nhiên khi so sánh với BWR thông thường. Việc áp dụng chức năng làm mát thụ động của bể chứa đạt được bởi hệ thống làm mát khép kín thụ động 8 và hệ thống làm mát được dẫn động bằng trọng lực 9 làm giảm nguy cơ do hiện tượng tự nhiên về cơ bản là bằng không.

Phương án thứ sáu

Fig.6 minh họa cấu hình của hệ thống làm mát lõi khẩn cấp theo phương án thứ sáu của sáng chế. Trên Fig.6, hệ thống làm ngập áp suất cân bằng (EPLF) được dẫn động bằng dòng điện một chiều 11 và nguồn điện một chiều 12 được bố trí ở vùng an toàn thứ tư. Hệ thống làm ngập áp suất cân bằng 11 có cùng chức năng làm mát lõi như hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2 ở trạng thái áp suất cân bằng mà ở đó áp suất của lò phản ứng gần như bằng áp suất của bể chứa. Kết quả là, số lượng các hệ thống thải nhiệt thừa 3 được giảm xuống còn ba; tuy nhiên, bể chứa có thể được làm mát bởi hệ thống làm mát khép kín thụ động 8 vào lúc có sự cố. Đó là, bốn hệ thống được bố trí như là các phương tiện làm mát bể chứa, và do đó tiêu chuẩn N+2 được đáp ứng.

Theo phương án này, ngay cả khi cấu hình bao gồm ba vùng hoạt động mà là các vùng hoạt động từ vùng thứ nhất đến vùng thứ ba, mỗi vùng có hệ thống làm mát lõi áp suất thấp 2/hệ thống thải nhiệt thừa 3 và chỉ đáp ứng tiêu chuẩn N+1, có thể đáp ứng tiêu chuẩn N+2 bằng cách thêm vùng hoạt động thứ tư có hệ thống làm ngập áp suất cân bằng 11 và nguồn điện một chiều (DC) 12. Ví dụ, thời gian hoạt động của nguồn điện một chiều (DC) 12 được thiết lập là 24 giờ, và sự phục hồi của máy phát điện diesel dự phòng 4 của vùng an toàn hoạt động khác và sự phục hồi của nguồn điện bên ngoài có thể đạt được trong thời gian hoạt động này.

Các phương án khác

Các phương án được mô tả trên đây chỉ là minh họa, và sáng chế không bị giới hạn ở đó.

Ví dụ, mặc dù số lượng N hệ thống an toàn hoạt động được yêu cầu khi xảy ra sự cố do thiết kế được thiết lập là hai và số lượng các vùng an toàn hoạt động được thiết lập là bốn trong các phương án nêu trên, số lượng vùng an toàn hoạt động có thể là N+2 hoặc lớn hơn. Hơn nữa, số lượng các vùng an toàn thụ động có thể là một hoặc lớn hơn.

Danh mục các số chỉ dẫn

- 1: Hệ thống làm mát lõi cao áp (HPCF)
- 2: Hệ thống làm mát lõi áp suất thấp (LPFL)

- 3: Hệ thống thải nhiệt thừa (RHR)
- 4: Máy phát điện điêzen dự phòng (EDG)
- 5: Bình ngưng cách ly (IC)
- 6: Máy phát điện tua bin khí (GTG)
- 7: Thiết bị đóng ngắt
- 8: Hệ thống làm mát khép kín thụ động (PCCS)
- 9: Hệ thống làm mát được dẫn động bằng trọng lực (GDCS)
- 10: Hệ thống làm mát cách ly lõi phản ứng (RCIC)
- 11: Hệ thống làm ngập áp suất cân bằng (EPFL)
- 12: Nguồn điện một chiều
- 24: Hệ thống làm mát khoang ướt hoặc khoang khô (WDCS)
- 25: Hệ thống phun lõi cao áp (HPCI)
- 26: Hệ thống phun lõi hạ áp (LPCI)
- 31: Hệ thống nước cấp phụ trợ (AFS)
- 32: Hệ thống phun lõi hạ áp (LPCS)

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống làm mát lõi khẩn cấp của nhà máy hạt nhân nước sôi, hệ thống này bao gồm:

bốn hoặc nhiều hơn bốn vùng an toàn hoạt động, mỗi vùng có hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ; và

một hoặc nhiều hơn một vùng an toàn thụ động bao gồm hệ thống an toàn thụ động mà không yêu cầu dẫn động bằng động cơ, trong đó:

số lượng vùng an toàn hoạt động lớn hơn số lượng được yêu cầu khi có sự cố do thiết kế là hai hoặc lớn hơn hai,

các vùng an toàn hoạt động, mỗi vùng có một hệ thống duy nhất của hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ và nguồn điện dự phòng dùng để cấp điện cho hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ, và

khi giả thiết là có sự cố xảy ra khi một hệ thống an toàn hoạt động đang được đưa vào bảo dưỡng trong vận hành, hệ thống an toàn thụ động có thể làm mát lõi trong khoảng thời gian cần thiết để phục hồi hệ thống an toàn hoạt động mà được đưa vào bảo dưỡng trong vận hành mà không cần bổ sung nước làm mát từ bên ngoài.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó:

số vùng an toàn hoạt động là bốn,

số vùng an toàn thụ động là một,

các vùng an toàn hoạt động mà mỗi vùng có hệ thống làm mát lõi áp suất thấp mà cũng được sử dụng làm hệ thống thải nhiệt thừa, là một hệ thống duy nhất của hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ,

hệ thống làm mát lõi áp suất thấp có ít nhất là 100% công suất phun được yêu cầu để làm mát lõi ngay khi xảy ra sự cố ít nhất là do thiết kế trong tình trạng áp suất của lò phản ứng thấp,

hệ thống thải nhiệt thừa có ít nhất là 50% công suất thải nhiệt thừa được yêu cầu để làm mát lõi và bể chứa ngay khi xảy ra sự cố do thiết kế, và

vùng an toàn thụ động bao gồm ít nhất một bình ngưng cách ly.

3. Hệ thống theo điểm 1 hoặc 2, trong đó mỗi vùng trong số các vùng an toàn hoạt động bao gồm máy phát điện điêzen dự phòng làm nguồn điện dự phòng.

4. Hệ thống theo điểm 1 hoặc 2, trong đó:

các vùng an toàn hoạt động, mỗi vùng bao gồm nguồn điện dự phòng, và hệ thống làm mát lõi khẩn cấp bao gồm ít nhất một nguồn điện phụ trợ để cấp điện có chọn lọc cho một vùng bất kỳ trong số các vùng an toàn hoạt động.

5. Hệ thống theo điểm 4, trong đó nguồn điện phụ trợ là máy phát điện tua bin khí.

6. Hệ thống theo điểm 1 hoặc 2, bao gồm, làm hệ thống nước cấp phụ trợ, một hoặc nhiều hơn một hệ thống làm mát cách ly lõi phản ứng được dẫn động bằng tua bin hoạt động bằng hơi nước chính được cấp từ lò phản ứng.

7. Hệ thống theo điểm 1 hoặc 2, trong đó vùng an toàn thụ động bao gồm hệ thống làm mát khép kín thụ động.

8. Hệ thống theo điểm 7, trong đó vùng an toàn thụ động bao gồm hệ thống làm mát được dẫn động bằng trọng lực.

9. Hệ thống theo điểm 7, trong đó ít nhất một vùng trong số các vùng an toàn hoạt động bao gồm nguồn điện một chiều và hệ thống làm ngập áp suất cân bằng được dẫn động bằng nguồn điện một chiều.

10. Nhà máy hạt nhân nước sôi được bố trí hệ thống làm mát lõi khẩn cấp, hệ thống làm mát lõi khẩn cấp này bao gồm:

bốn hoặc nhiều hơn bốn vùng an toàn hoạt động, mỗi vùng bao gồm hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ; và

một hoặc nhiều hơn một vùng an toàn thụ động bao gồm hệ thống an toàn thụ động mà không yêu cầu việc dẫn động bằng động cơ, trong đó:

số lượng vùng an toàn hoạt động lớn hơn so với số lượng được yêu cầu khi xảy ra sự cố do thiết kế là hai hoặc lớn hơn hai,

các vùng an toàn hoạt động mà mỗi vùng này có một hệ thống duy nhất của hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ và nguồn điện dự phòng để cấp điện cho hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ,

một hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ và nguồn điện dự phòng để cung cấp điện cho hệ thống an toàn hoạt động được dẫn động bằng động cơ được bố trí cho mỗi vùng an toàn hoạt động, và

khi giả thiết là có sự cố xảy ra khi một hệ thống an toàn hoạt động được đưa vào bảo dưỡng trong vận hành, hệ thống an toàn thụ động có thể làm mát lõi trong thời gian cần thiết để phục hồi hệ thống an toàn hoạt động mà được đưa vào bảo dưỡng trong vận hành mà không cần bổ sung nước làm mát từ bên ngoài.

FIG.1

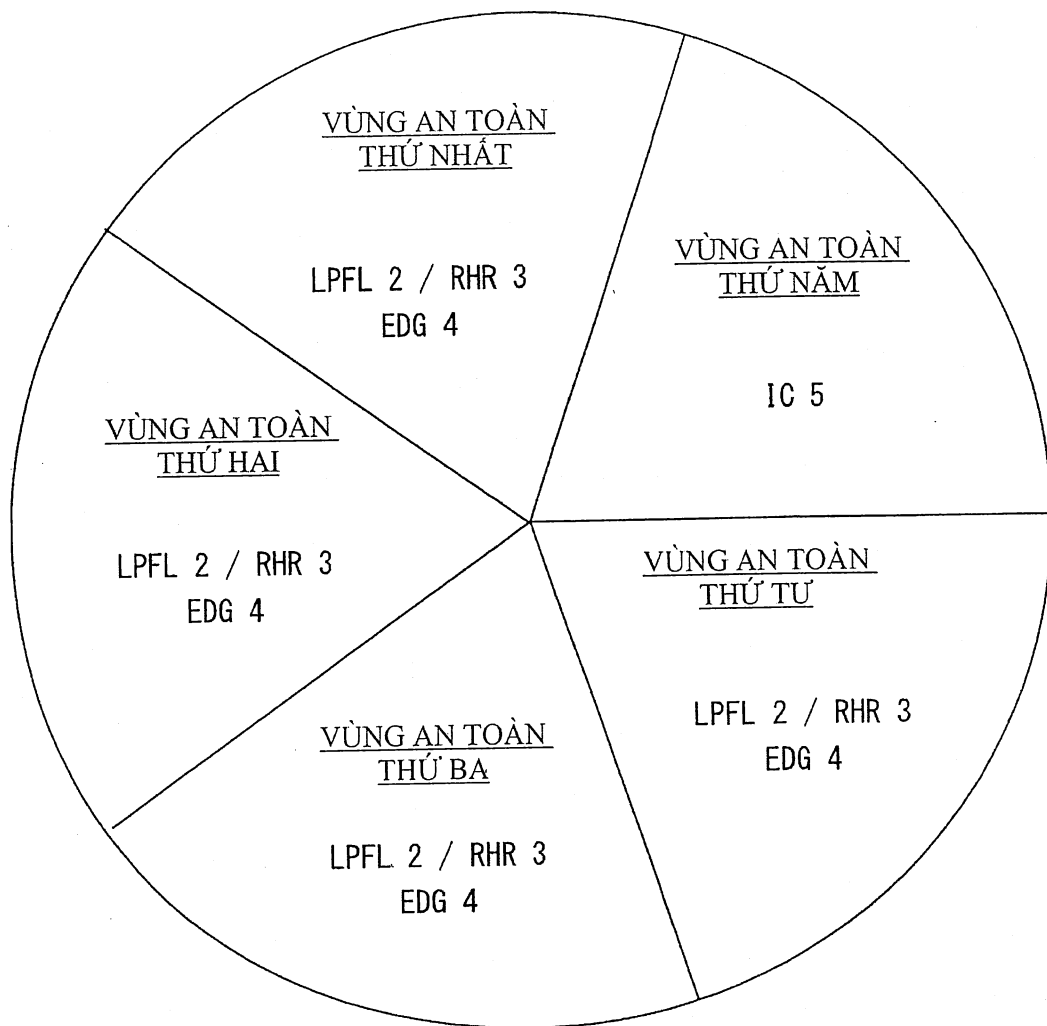


FIG. 2

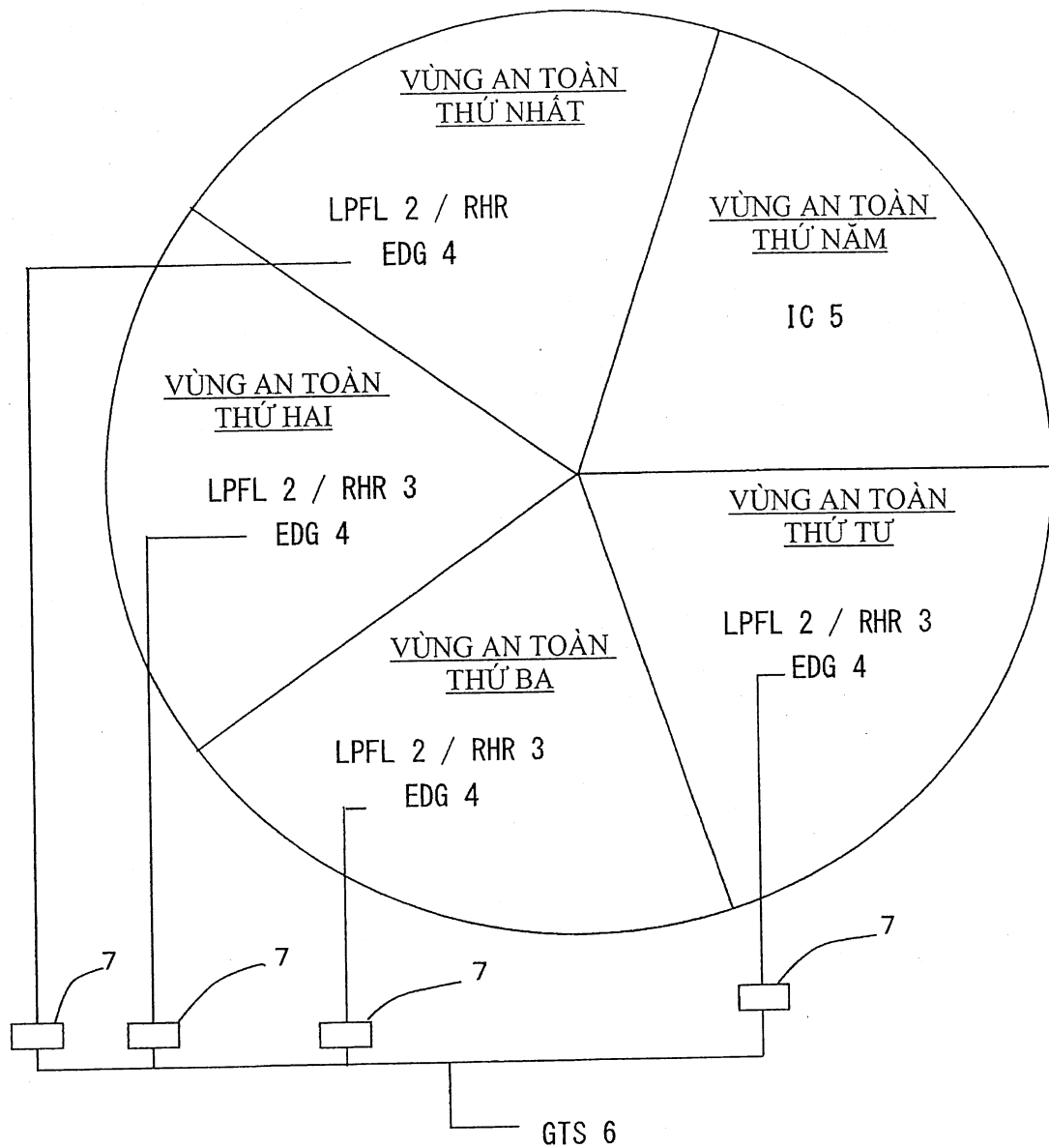


FIG. 3

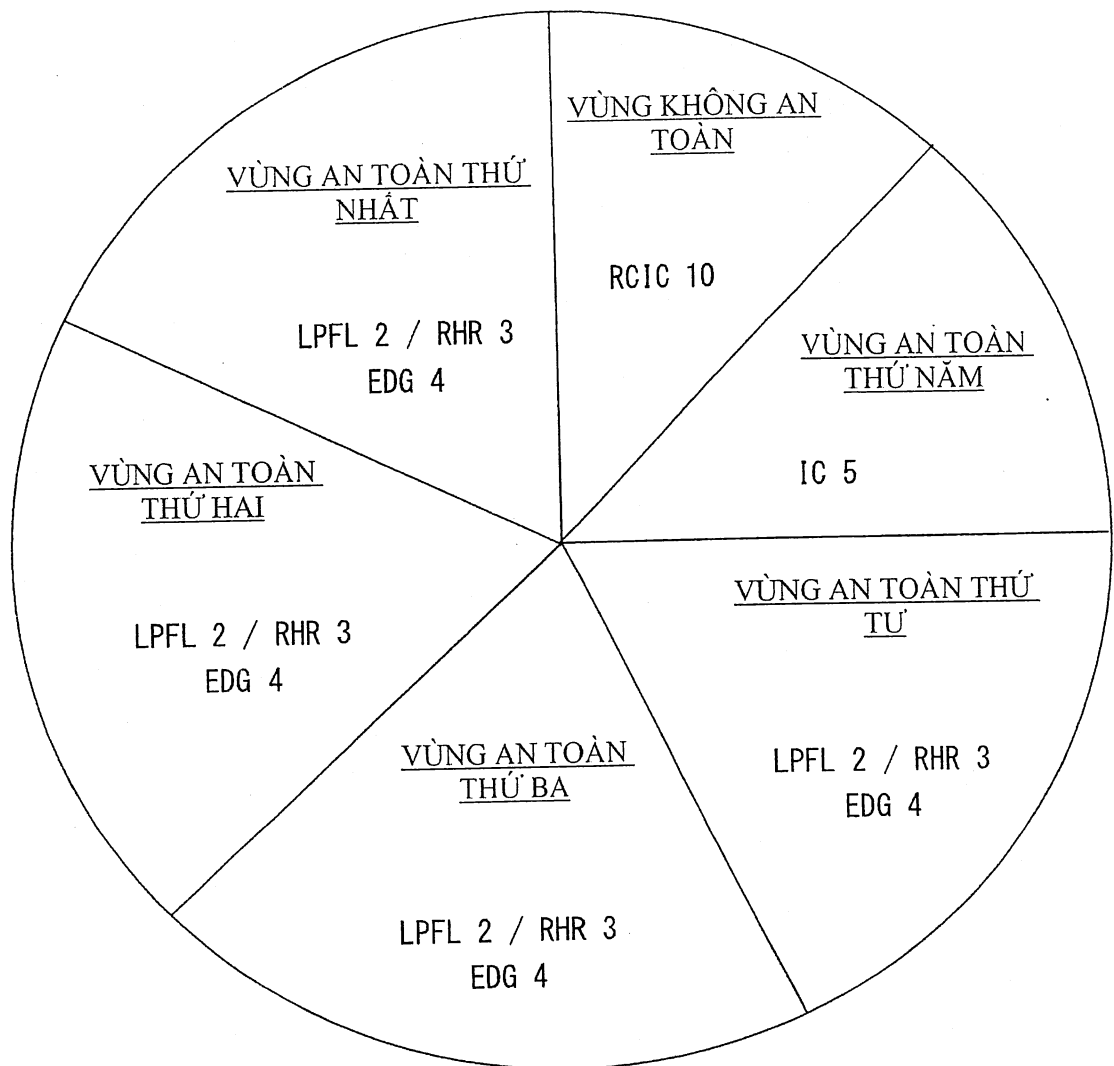


FIG. 4

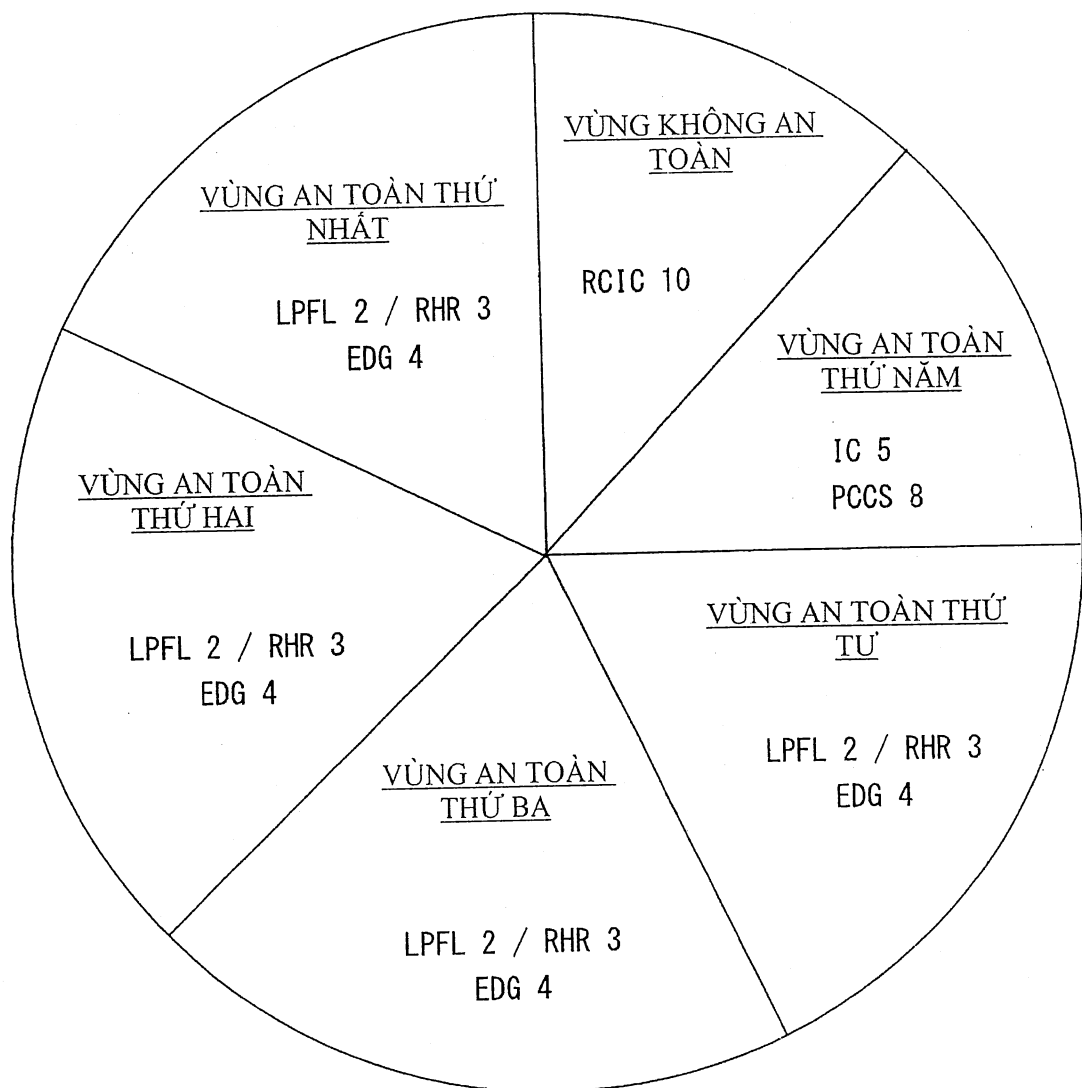


FIG. 5

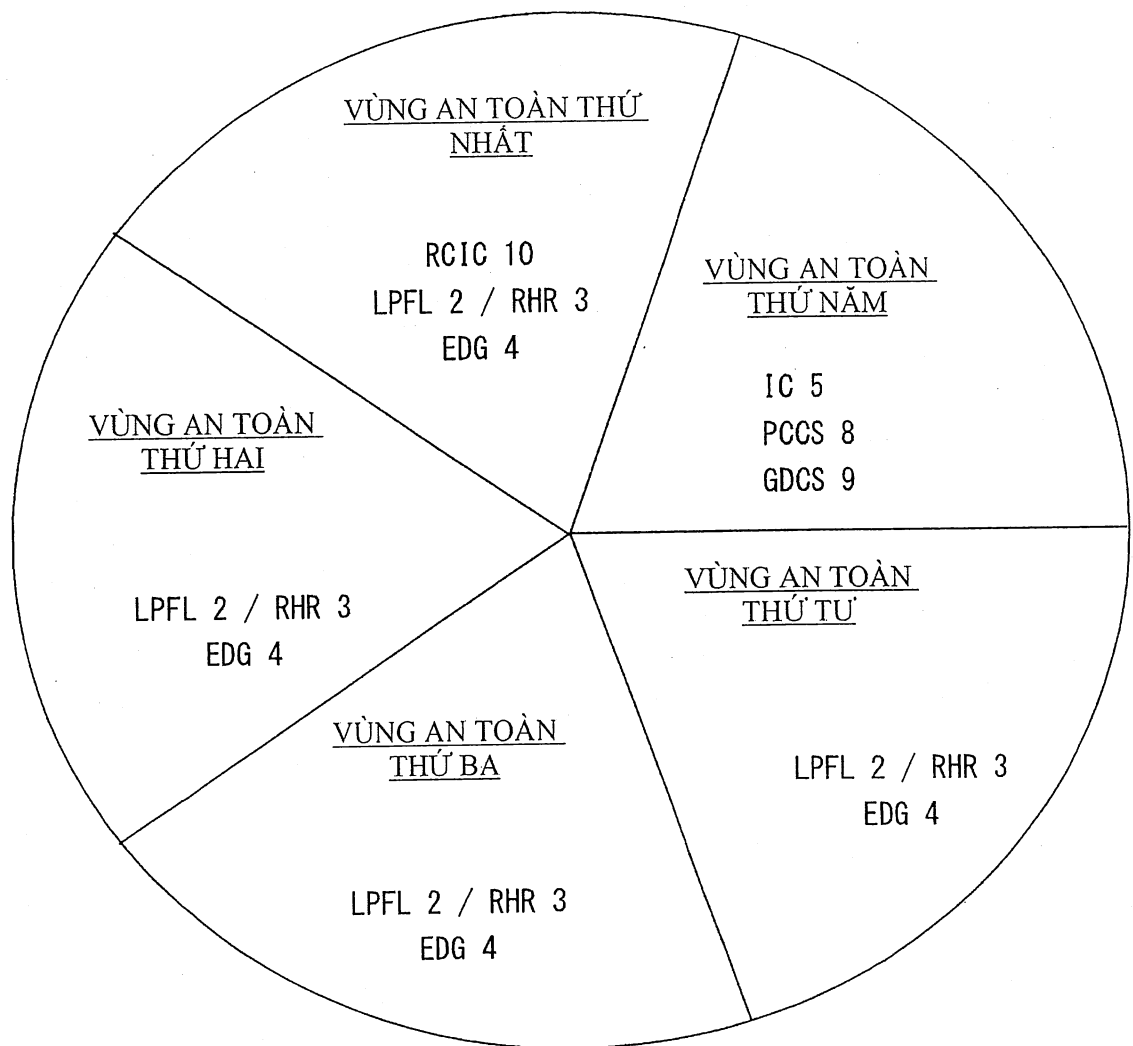


FIG. 6

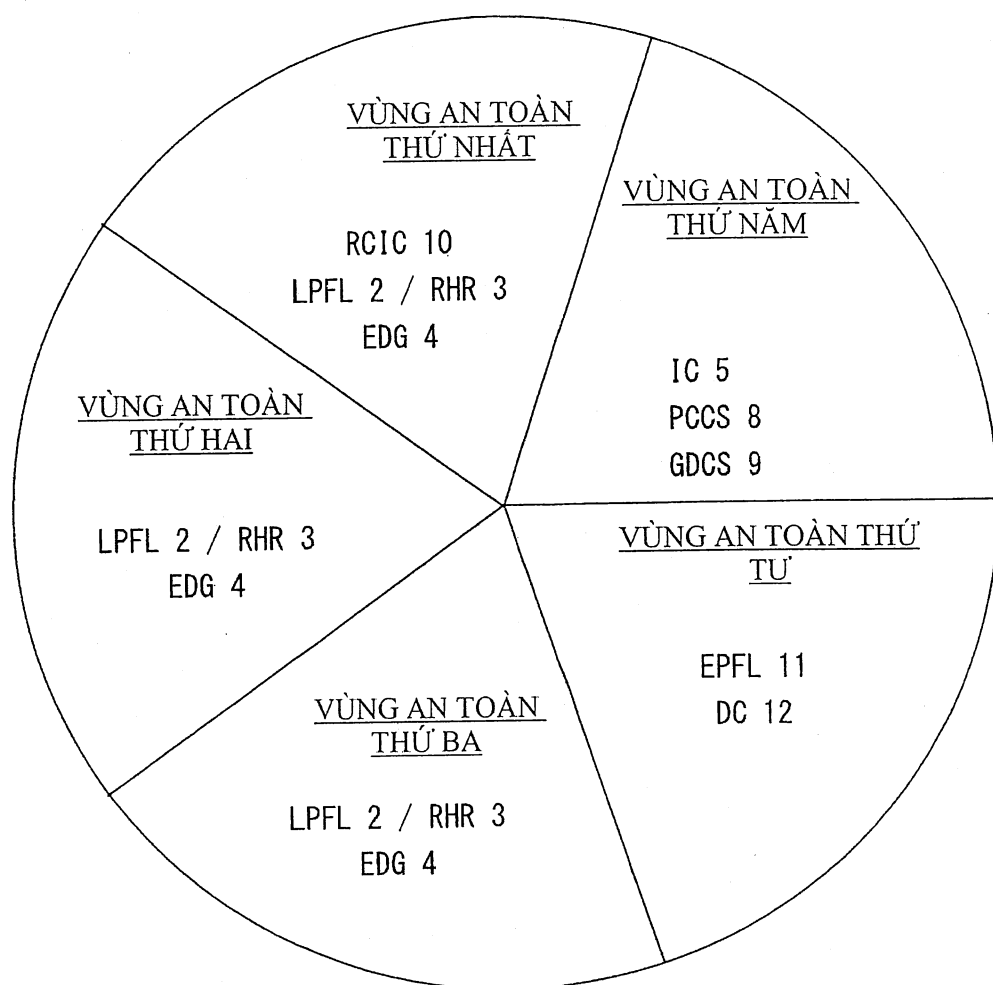


FIG. 7

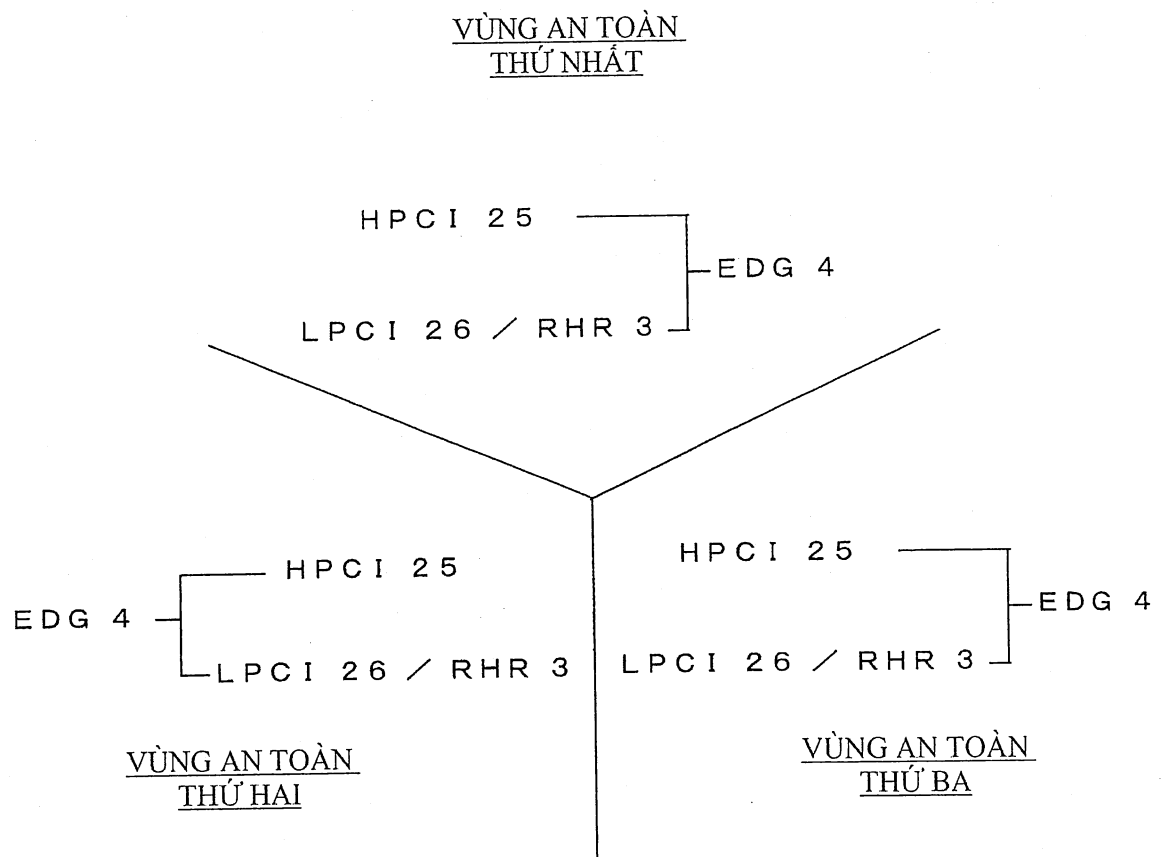


FIG. 8

KỸ THUẬT ĐÃ BIẾT

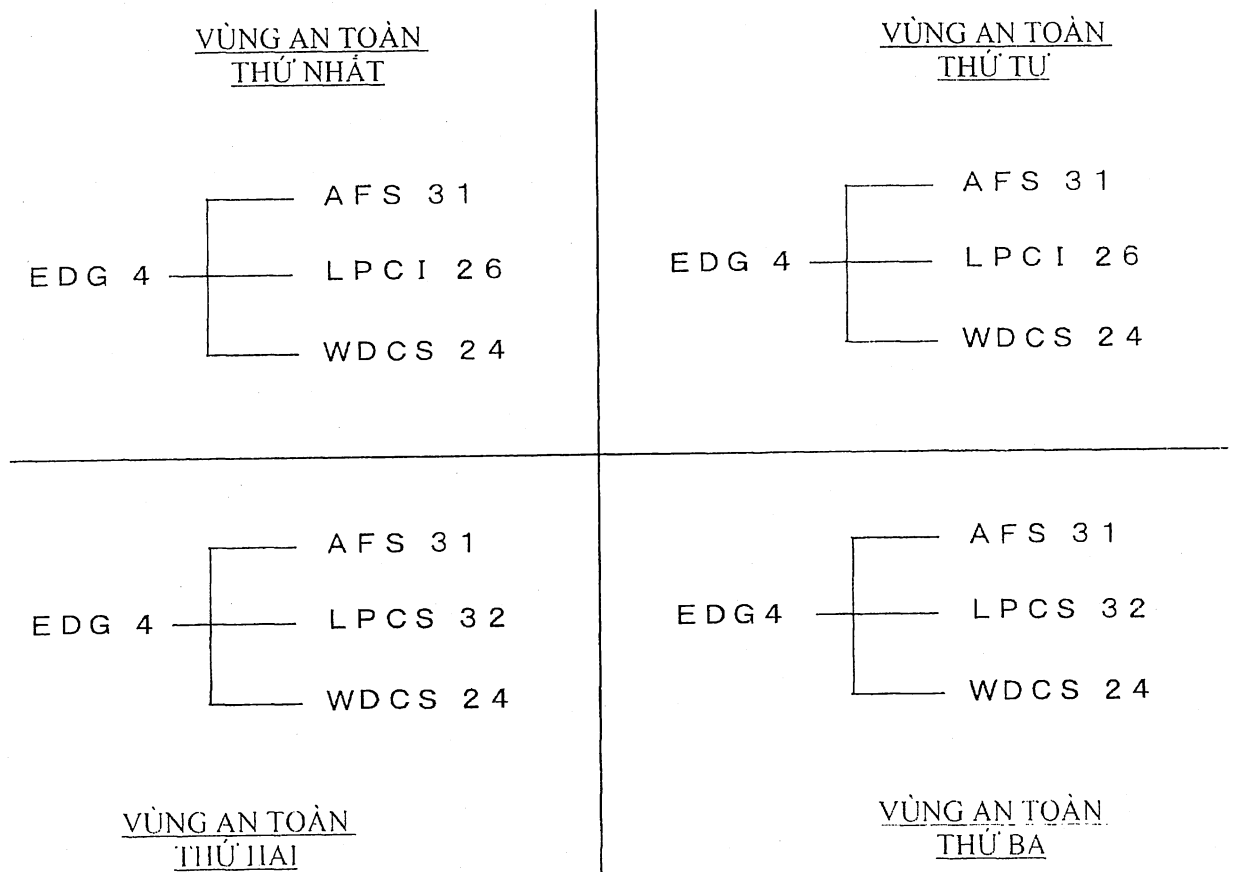


FIG. 9

