

SỬ DỤNG HỆ THỐNG MÔ PHÒNG NHÀ MÁY ĐIỆN HẠT NHÂN LÒ VVER1200 CHO MỤC ĐÍCH ĐÀO TẠO

Đoàn Mạnh Long, Lê Đại Diễn, Nguyễn Nam Giang

Trung tâm Đào tạo hạt nhân

Email: longdoanmanh28@gmail.com

Giới thiệu: Hệ thống mô phỏng nhà máy điện hạt nhân VVER1200 được lắp đặt tại Trung tâm Đào tạo hạt nhân vào cuối năm 2015, nằm trong gói hỗ trợ của Cơ quan năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) cho Việt Nam. Đây là hệ thống mô phỏng khái quát với thời gian thực, có khả năng mô phỏng nhiều trạng thái hoạt động của nhà máy như: hoạt động ở trạng thái tối đa công suất, các trạng thái chuyển tiếp khi có sự bất thường xảy ra và cả tai nạn nghiêm trọng, bên cạnh đó hệ thống mô phỏng còn cho phép thực hiện các thao tác khởi động và dừng lò phản ứng.

Nội dung của bài báo gồm 3 phần chính: (1) giới thiệu cơ bản về hệ thống mô phỏng nhà máy điện hạt nhân VVER1200; (2) trình bày một bài thực hành ứng phó sự cố rò rỉ phóng xạ từ vòng sơ cấp ra vòng thứ cấp do xảy ra hiện tượng nứt bó ống trao đổi nhiệt trong bình sinh hơi (SGTR – Steam Generator Tube Rupture), được xây dựng trên hệ thống mô phỏng với mục đích cung cấp kiến thức cho học viên và giúp học viên hiểu được ý nghĩa của việc ứng phó nhanh khi xảy ra sự cố trong trường hợp này; (3) bổ sung kiến thức cho học viên về ảnh hưởng của Xenon trong lò phản ứng hạt nhân. Kết quả thu được cho thấy khả năng sử dụng hệ thống mô phỏng nhà máy điện hạt nhân VVER1200 cho công tác đào tạo và có thể phục vụ nghiên cứu để nâng cao năng lực cho ngành năng lượng nguyên tử Việt Nam.

Từ khóa: hệ thống mô phỏng nhà máy điện hạt nhân VVER120, VVER120 nguồn nhân lực.

I. GIỚI THIỆU CHUNG

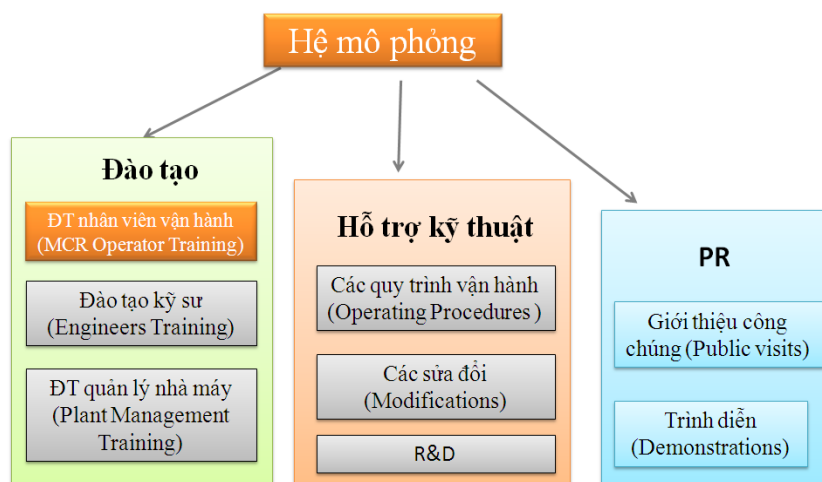
Trong chiều dài lịch sử hơn 60 năm của ngành công nghiệp điện hạt nhân, công cụ tính toán mô phỏng nhà máy điện hạt nhân đã không ngừng được phát triển và hoàn thiện nhờ vào sự phát triển của công nghệ số hóa, qua đó đã đóng góp một phần không nhỏ vào những thành tựu mà ngành công nghiệp này đạt được. Hệ thống mô phỏng nhà máy điện hạt nhân (NMĐHN) là một hệ thống máy tính có màn hình hiển thị và bộ chương trình được cài đặt trong hệ thống máy tính có chức năng mô phỏng các cấu trúc hệ thống/thiết bị và quá trình hoạt động của các hệ thống/thiết bị này của một nhà máy điện hạt nhân thực tế. Thông qua hệ thống giúp cho người sử dụng quan sát, kiểm tra và thực hành các thao tác điều khiển quá trình hoạt động của nhà máy, cũng như thực hành các thao tác ứng phó với các kịch bản sự cố/tai nạn giả định có thể xảy ra. Như vậy có thể thấy, hệ thống mô phỏng nhà máy điện hạt nhân là một công cụ đào tạo, huấn luyện có tính trực quan và tính thực tế cao, quá trình thực hành trên hệ thống giống như là quá trình điều khiển nhà máy điện hạt nhân thật.

Theo Cơ quan năng lượng nguyên tử quốc tế IAEA, các hệ thống mô phỏng NMĐHN được phân loại chủ yếu vào dựa mục đích và đối tượng sử dụng [1]:

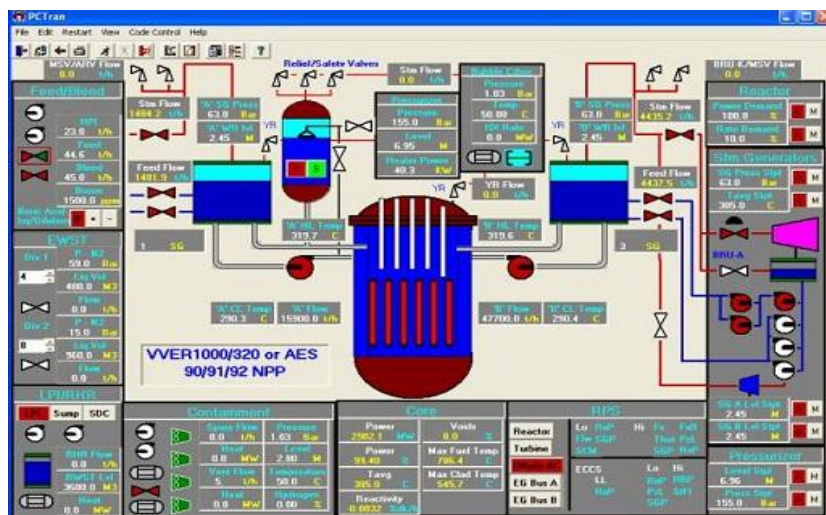
- **Hệ thống mô phỏng các nguyên lý cơ bản** (Basic principles simulator): mô phỏng một cách tổng quát quá trình vận hành NMĐHN thông qua minh họa các khái niệm, giải thích và hiển thị các quá trình vật lý cơ bản của nhà máy. Mục đích của hệ thống này nhằm giúp người học hiểu rõ về các quá trình vật lý, quá trình vận hành chủ yếu của các hệ thống quan trọng và các thủ tục vận hành cơ bản.
- **Hệ thống mô phỏng điều khiển thực** (Full-scope simulator): đây là hệ thống mô phỏng chân thực và đầy đủ một phòng điều khiển thực của một nhà máy điện hạt nhân cụ thể, các thao tác vận hành giống như trong điều khiển thực. Hệ thống mô phỏng này được sử dụng để đào tạo, huấn luyện nhân viên vận hành cho nhà máy điện hạt nhân thực.
- **Hệ thống mô phỏng tiên tiến bằng đồ họa** (Advanced Desktop): hệ thống này mô phỏng giả lập nhà máy điện hạt nhân thông qua các giao diện tương tác giữa người và máy (Human machine interface). Hiện nay với ưu thế phát triển của các thiết bị số hóa và khả năng thích ứng với công nghệ hiện đại của thế hệ nhân viên mới đã cho phép việc sử dụng hệ thống mô phỏng này vào mục đích đào tạo.

Hệ mô phỏng trên máy tính bổ sung cho quá trình thực tập và học tập trên lớp với việc nghiên cứu hệ thống mà không cần vận hành các hệ thống thực của nhà máy hoặc các bàn điều khiển thực. Hệ thống mô phỏng góp phần cải thiện nhận thức và hiểu biết của nhân viên về an toàn với việc tối thiểu hóa hoặc giảm thiểu các lỗi vận hành thông qua việc đào tạo các kỹ thuật vận hành trong các điều kiện vận hành khác nhau, kể cả các tình huống cực đoan. Hệ mô phỏng có thể giúp nhân viên vận hành xác lập các quy trình vận hành hiệu quả nhất, đưa ra chiến lược kiểm soát hệ thống bằng việc phân tích các đặc trưng của các thành phần và hệ thống con trước hoặc sau khi vận hành nhà máy.

Theo IAEA sự khác nhau trong phạm vi mô phỏng và các phương pháp mô phỏng, tương tác giữa người hướng dẫn và người học, và các đặc điểm tường minh về đồ họa với giao diện cụ thể cho phép hệ mô phỏng không chỉ hướng dẫn cho người học với các mục tiêu học tập khác nhau, mà còn cho phép thực hiện lại các quá trình, các thao tác nhằm đạt được sự hiểu biết và kỹ năng nhất định. Các thao tác mang tính thời gian thực cho phép quan sát và hiểu rõ hơn các phản ứng của hệ thống nhà máy. Những nhu cầu đào tạo có thể được giải quyết bằng cách sử dụng các mô phỏng khác nhau một cách trực tiếp và với sự hướng dẫn cụ thể. Việc ứng dụng những quá trình mô phỏng này có thể rất hiệu quả và cũng tương đối rẻ. Ba chức năng chính của hệ mô phỏng: Đào tạo, hỗ trợ kỹ thuật và giới thiệu công nghệ NMDHN được minh họa ở Hình 1.



Hình 1: Vai trò trong quá trình đào tạo và các ứng dụng khác của hệ mô phỏng [1]



Hình 2: Giao diện của bộ phần mềm mô phỏng PCTRAN[1]

Hiện nay ở Việt Nam, các bộ phần mềm mô phỏng NMDHN cũng đã được sử dụng để phục vụ nghiên cứu và đào tạo tại một số cơ quan, tổ chức. Bộ các phần mềm mô phỏng nguyên lý cơ bản của các NMDHN cho mục đích đào tạo của IAEA gồm có các phần mềm mô phỏng lò PWR-2 nhánh (2-loop PWR), lò PWR kiểu Hàn Quốc, lò PWR kiểu Nga (VVER-1000) và lò APWR, hai kiểu lò nước sôi: BWR và ABWR; hai kiểu lò nước nặng: PHWR và APHWR. Bộ phần mềm này đang được sử dụng tại Viện Năng lượng nguyên tử Việt Nam, đại học Khoa học tự nhiên – Đại học Quốc gia thành

phổ Hồ Chí Minh, đại học Bách Khoa Hà Nội và một số trường khác phục vụ công tác nghiên cứu và giảng dạy.

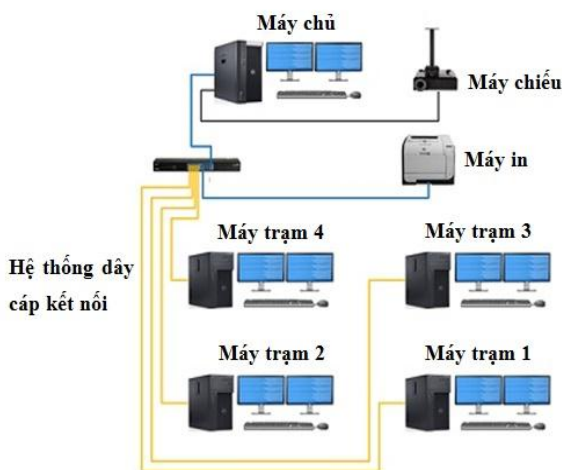
Ngoài ra, phần mềm PCTRAN (Personal Computer Transient Analyzer) (hình 2) mô phỏng các trường hợp tai nạn khác nhau của NMDHN cũng được nhiều cơ sở giảng dạy, nghiên cứu nhiều nước sử dụng. IAEA đã tài trợ phần mềm này cho Cục An toàn bức xạ và hạt nhân nhằm hỗ trợ nâng cao năng lực an toàn hạt nhân của cơ quan pháp quy. PCTRAN do công ty Micro-Simulation Technology (Hoa Kỳ) phát triển mô phỏng trên máy tính cá nhân (desktop simulator) cho nhiều lò phản ứng khác nhau.

Tháng 11-2014, trường đại học Đà Lạt đã tiếp nhận hệ thống thiết bị mô phỏng lò phản ứng hạt nhân thời gian thực OPR1000 Core Simulator (CoSi) do Hàn Quốc tài trợ. Sinh viên trường đại học Đà Lạt sử dụng thiết bị này để học tập và thực hành thực nghiệm mô phỏng. Hệ thống thiết bị gồm máy tính chủ và các máy tính trạm được cài đặt hệ thống phần mềm giả lập lò phản ứng hạt nhân OPR-1000 công suất 1000MWe do Hàn Quốc phát triển.

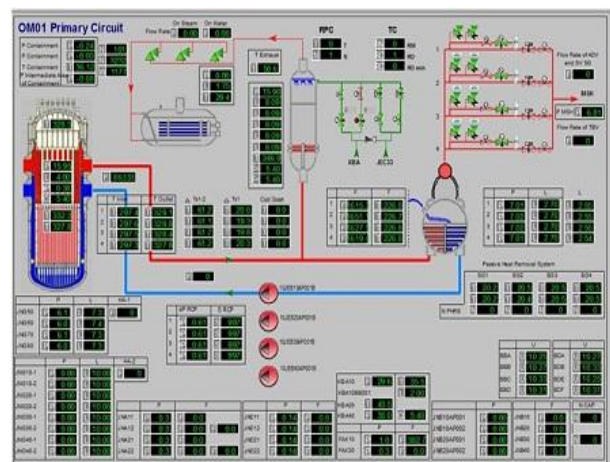
Hệ thống mô phỏng NMDHN được lắp đặt tại trung tâm đào tạo mô phỏng công nghệ NMDHN VVER1200 phiên bản V392M. Đây là hệ thống mô phỏng được cài đặt trên hệ thống máy vi tính, ưu điểm của hệ thống mô phỏng này so với các hệ thống mô phỏng hiện có trong nước đó là nó cho phép người sử dụng thực hiện thao tác khởi động và dừng nhà máy điện hạt nhân, qua đó giúp người học có cái nhìn tổng quát về quá trình hoạt động cũng như sự liên kết giữa các hệ thống/thiết bị trong một nhà máy điện hạt nhân. Bên cạnh đó, hệ thống không những có một bộ thư viện lưu giữ các kịch bản trạng thái hoạt động của nhà máy cũng như các kịch bản tai nạn được tạo ra trên hệ thống mà nó còn cho phép người sử dụng tự thực hiện và lưu các kịch bản theo ý muốn phục vụ quá trình học tập và nghiên cứu. Mô tả chi tiết về hệ thống mô phỏng này được trình bày ở nội tiếp theo.

II. HỆ THỐNG MÔ PHỎNG NHÀ MÁY ĐIỆN HẠT NHÂN VVER1200

Hệ thống mô phỏng NMDHN VVER1200/V392M (sau được gọi tắt là VVER1200) là hệ thống mô phỏng bao gồm 5 hệ thống máy tính, trong đó có 1 máy chủ và 4 máy trạm. Mỗi hệ thống máy tính được trang bị 2 màn hình và được kết nối với nhau thông qua bộ dây cáp (hình 3). Bên cạnh đó, hệ thống mô phỏng được trang bị một máy in và một máy chiếu để phục vụ quá trình khai thác và đào tạo, sơ đồ bố trí hệ thống mô phỏng được minh họa trên hình 3.



Hình 3: Minh họa hệ thống mô phỏng NMDHN VVER1200 [1]

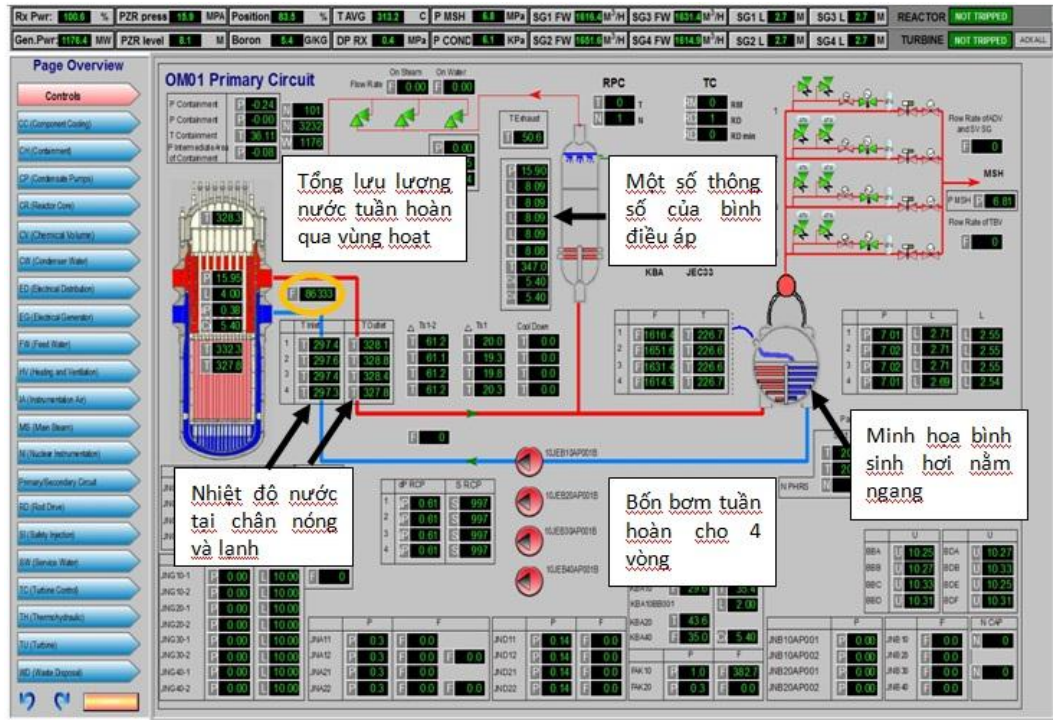


Hình 4: Minh họa phần màn hình chính của giao diện mạch sơ cấp [2]

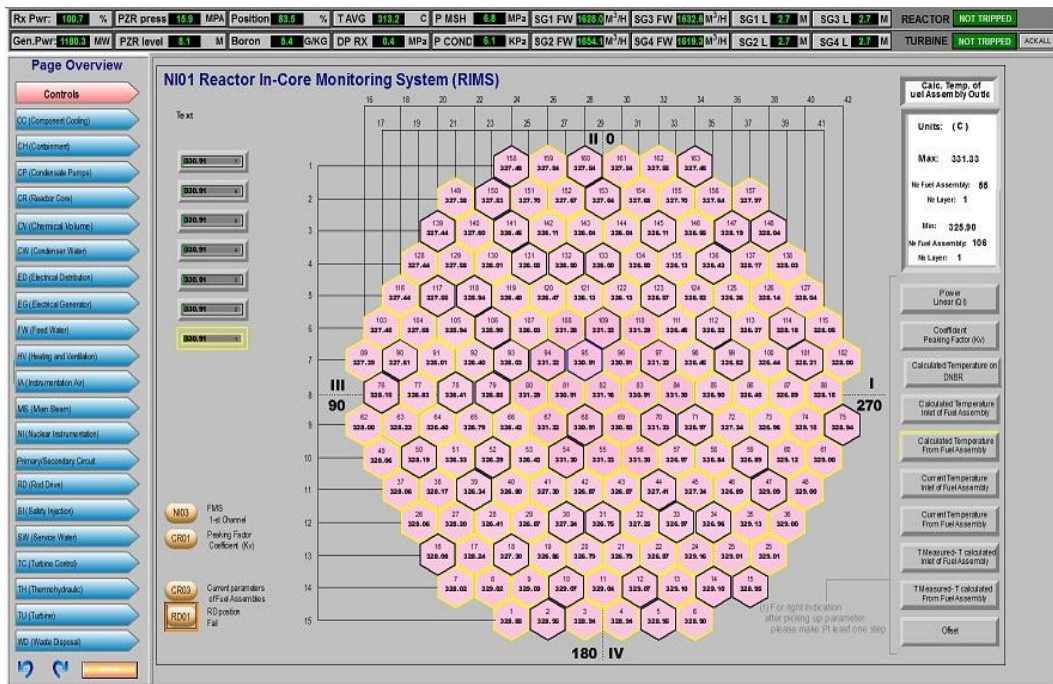
Trên các hệ thống máy tính được cài đặt bộ phần mềm mô phỏng 3KEYMASTER của công ty WSC (Hoa Kỳ), đây là bộ phần mềm mô phỏng với thời gian thực, bao gồm 150 giao diện tương tác giữa người và máy mô tả đầy đủ các hệ thống/thiết bị cơ bản của NMDHN VVER1200 như hệ thống lò phản ứng, hệ thống cấp hơi, hệ thống tuabin, hệ thống cấp nước cấp, hệ thống an toàn thụ động... Các giao diện cho phép quan sát trực quan các thông tin như: tên của một hệ thống, sơ đồ bố trí các thành phần/thiết bị quan trọng của hệ thống và trạng thái hoạt động của chúng cùng với các tham số vật lý liên quan như nhiệt độ hay áp suất... Ví dụ trên hình 4 minh họa khu vực màn hình chính của giao diện của mạch sơ cấp, tên của giao diện được thể hiện ở góc phía bên trái giao diện, khu vực trung tâm là sơ đồ bố trí và sự kết nối giữa các thiết bị, trạng thái của bơm và van (màu đỏ ứng với

trạng thái hoạt động đối với bơm và mở đối với van, màu xanh ứng với trạng thái không hoạt động đối với bơm và đóng đối với van).

Hệ thống mô phỏng này có thể mô phỏng được nhiều trạng thái hoạt động của nhà máy với thời gian thực như: trạng thái hoạt động bình thường tối đa công suất cũng như ở các trạng thái công suất nhỏ hơn công suất danh định; các quá trình chuyển tiếp (transients) hay các sự cố. Đặc biệt hệ thống còn cho phép người sử dụng thực hiện các thao tác khởi động và dừng lò phản ứng, xây dựng các kịch bản theo ý muốn thông qua chức năng đặc biệt ở máy chủ.



Hình 5: Giao diện minh họa hệ thống vòng sơ cấp [2]



Hình 6: Giao diện minh họa hệ thống đo đặc bên trong lò phản ứng [2]

Với 150 giao diện tương tác giữa người và máy, hệ thống mô phỏng đã cung cấp cơ bản các sơ đồ hệ thống thiết bị quan trọng và các thông số đi kèm của NMDHN VVER1200 qua đó hệ mô phỏng này có thể coi là một nguồn tài liệu cung cấp thông tin và là cơ sở tham chiếu cho các tính toán sau

này. Đặc biệt hệ thống còn có thể mô phỏng quá trình hoạt động bình thường của nhà máy ở 3 giai đoạn của một chu trình nhiên liệu như: (1) giai đoạn bắt đầu chu trình nhiên liệu; (2) giai đoạn giữa chu trình nhiên liệu; (3) giai đoạn cuối chu trình nhiên liệu. Các khả năng mô phỏng này cung cấp thông tin đầu vào hữu ích cho các tính toán liên quan đến vật lý lò cũng như các tính toán tai nạn khi mà các tính toán này cần mô phỏng quá trình hoạt động ổn định của lò phản ứng trước khi thực hiện các kịch bản tính toán. Có thể chỉ ra một vài các giao diện cung cấp thông số quan trọng phục vụ quá trình mô phỏng trạng thái hoạt động ổn định của nhà máy như sau:

- Trên giao diện minh hoạt sơ đồ vòng sơ cấp (hình 5), ngoài thể hiện các đặc trưng thiết kế của lò VVER1200 như đáy lò dạng hình elip, sự khác biệt về độ cao của chân nóng (màu đỏ) và chân lạnh (màu xanh), 4 bơm tuần hoàn đặc trưng cho 4 vòng hay bình sinh hơi nằm ngang thì cung cấp thông tin quan trọng như: tổng lưu lượng nước tuần hoàn của 4 vòng, nhiệt độ chất tải nhiệt tại chân nóng và chân lạnh, áp suất trong lò phản ứng, nồng độ boron trong mạch sơ cấp hay mực nước trong bình điều áp, mực nước và áp suất trong bình sinh hơi hay lưu lượng nước cấp cho từng bình sinh hơi ...
- Hay trên giao diện minh họa hệ thống đo đặc bên trong lò phản ứng (hình 6), trên màn hình chính là sơ đồ bố trí 163 bó thanh nhiên liệu hình lục giác, trên giao diện này cho phép người sử dụng lấy ra được rất nhiều thông số như: sự phân bố công suất nhiệt trên một đơn vị chiều dài thanh nhiên liệu, hệ số đỉnh công suất, nhiệt độ tại lõi vào và lõi ra bó thanh nhiên liệu... bằng cách kích chuột vào các thẻ ở phía bên phải của giao diện.

...

Với những ưu điểm như trên, hệ thống mô phỏng có thể cung cấp một bộ thông số đầy đủ mô phỏng trạng thái hoạt động ổn định của lò VVER1200 như là bộ dữ liệu đầu vào phục vụ các tính toán sự cố, thủy nhiệt hoặc vật lý lò.

III. XÂY DỰNG BÀI THỰC HÀNH TRÊN HỆ THỐNG MÔ PHỎNG

❖ **Đặt vấn đề:** Xây ra hiện tượng nứt bó ống trao đổi nhiệt của bình sinh hơi số 1 dẫn đến sự rò rỉ phóng xạ từ vòng sơ cấp ra vòng thứ cấp. Trong thực tế, khi xảy ra sự cố rò rỉ và hoạt độ phóng xạ đo được trong đường hơi chính tính trong 1 đơn vị thể tích hơi đạt tới giá trị 2×10^7 Bq/m³, thì tín hiệu dừng lò sẽ được phát ra và các hệ thống an toàn được kích hoạt, tuy nhiên nếu nhân viên vận hành phát hiện sự cố trước khi giá trị hoạt độ phóng xạ đạt đến ngưỡng để kích hoạt các hệ thống an toàn thì nhân viên vận hành hoàn toàn có thể dừng lò phản ứng và thực hiện các thao tác để hạn chế lượng phóng xạ rò rỉ từ vòng sơ cấp ra vòng thứ cấp.

❖ **Mục tiêu:**

- Trước khi đi vào thực hành, các học viên được yêu cầu học viên suy nghĩ hướng giải quyết qua đó đánh giá được mức độ hiểu biết cũng như khả năng ứng phó của học viên.
- Đưa ra các bước thực hành ứng phó cụ thể từ đó cung cấp thêm các kiến thức cho học viên.

1. Xây dựng bài thực hành về mặt lý thuyết

Khi sự cố xảy ra, tín hiệu chuông cảnh báo sẽ vang lên và trên đường hơi chính sẽ xuất hiện phóng xạ, mức hoạt độ phóng xạ được hiển thị trong một cửa sổ nhỏ cạnh đường hơi chính (hình 10). Sau khi phát hiện sự cố rò rỉ phóng xạ từ vòng sơ cấp ra vòng thứ cấp do nứt bó ống trao đổi nhiệt ở bình sinh hơi, nhân viên vận hành cần:

- Dừng lò phản ứng đồng thời tuabin cũng được dừng hoạt động, các van đường hơi chính tự động được đóng lại do đó ngăn chặn được hơi chứa phóng xạ đi vào tuabin.
- Nhanh chóng xác định sự rò rỉ xảy ra ở bình sinh hơi nào để tiến hành đóng van cô lập bình sinh hơi đó ngăn không cho hơi chứa chất phóng xạ đi thêm vào vòng thứ cấp.
- Nhiệm vụ tiếp theo là giảm sự rò rỉ bằng cách tiến hành giảm áp suất trong mạch sơ cấp bằng cách sử dụng hệ thống phun giảm áp ở bình điều áp, lúc này áp suất ở vòng thứ cấp được kiểm soát nhờ các van chuyển tiếp nếu cần thiết có thể đóng các van chuyển tiếp (bypass valves) để tăng áp suất trong vòng thứ cấp. Tuy nhiên trong quá trình giảm áp suất của mạch sơ cấp cần đảm bảo mức độ an toàn của nhà máy bằng việc duy trì giá trị chênh lệch giữa nhiệt độ bão hòa giữa vòng sơ cấp và thứ cấp trong khoảng 50-60°C.
- Sau đó nhanh chóng thực hiện quá trình làm nguội vòng sơ cấp và vòng thứ cấp.

2. Xây dựng bài thực hành trao tác trên hệ mô phỏng

Bước 1: Người hướng dẫn đặt chế độ mô phỏng nhà máy đang hoạt động ở chế độ bình thường trên hệ thống mô phỏng, bằng cách kích chuột thẻ “RESET (vòng tròn màu đỏ bao quanh)” trên thanh thẳng đứng ở phía phải màn hình máy chủ để thiết lập (hình 7).

Bước 2: Sử dụng chức năng gây ra hoạt động lỗi cho các thiết bị/hệ thống bằng chức năng “MALFUNCTION” trên máy chủ để thiết lập sự rò rỉ ở một trong 4 bình sinh hơi. Trong trường hợp này lựa chọn bình sinh hơi số 1 là nơi xảy ra sự rò rỉ, thiết lập tốc độ rò rỉ bằng việc thiết lập diện tích rò rỉ là 5% tổng diện tích của bó ống trao đổi nhiệt, thiết lập thời gian trễ là 15 giây (tức là 15 giây sau khi người hướng dẫn hoàn thành việc thiết lập thì sự rò rỉ sẽ xảy ra). Thao tác thực hiện việc thiết lập (hình 8):

- Kích chuột vào thẻ “MF” ở thanh thẳng đứng ở phía phải màn hình máy chủ, một cửa sổ sẽ xuất hiện ở phía trái màn hình chính.
- Kích chuột vào dòng chữ “TH Thermal hydraulic”, một cửa sổ sẽ xuất hiện ở giữa màn hình, kích chuột vào dòng chữ “SG TUBE LEAKAGE” đầu tiên (ứng với bình sinh hơi ở vòng 1) thì một cửa sổ thiết lập xuất hiện.
- Trên cửa sổ thiết lập, tại ô “delay time” nhập vào giá trị 15, ở dòng “Final” nhập giá trị 5.
- Sau đó kích chuột vào ô chữ “Insert” để hoàn thành và kích hoạt các thiết lập.

Sau khi sự cố rò rỉ xảy ra, chuông cảnh báo có sự cố bất thường sẽ kêu lên, học viên chịu trách nhiệm khu vực tuabin phải nhanh chóng phát hiện sự cố rò rỉ xảy ra ở bình sinh hơi số 1 thông qua xác nhận lượng phóng xạ lớn ở đường dẫn hơi từ bình này ra trên giao diện MS01 (bao quanh hình tròn đỏ - hình 10), nhanh chóng thông báo cho toàn bộ các học viên khác và theo dõi tốc độ thay đổi hoạt độ phóng xạ bằng cách lấy ra đồ thị thể hiện (hình 9).

Bước 3: Học viên vận hành lò phản ứng sẽ kích hoạt chức năng dừng lò phản ứng bằng cách kích chuột vào 1 trong 2 nút “REACTOR TRIP” trên giao diện RP (hình 10). Sau 3 giây kể từ khi lò phản ứng được dừng thì tuabin cũng được dừng, các van trên đường hơi chính được đóng lại tự động (hình 11) nhờ vậy mà hơi chứa phóng xạ không thể đi vào khu vực tuabin.

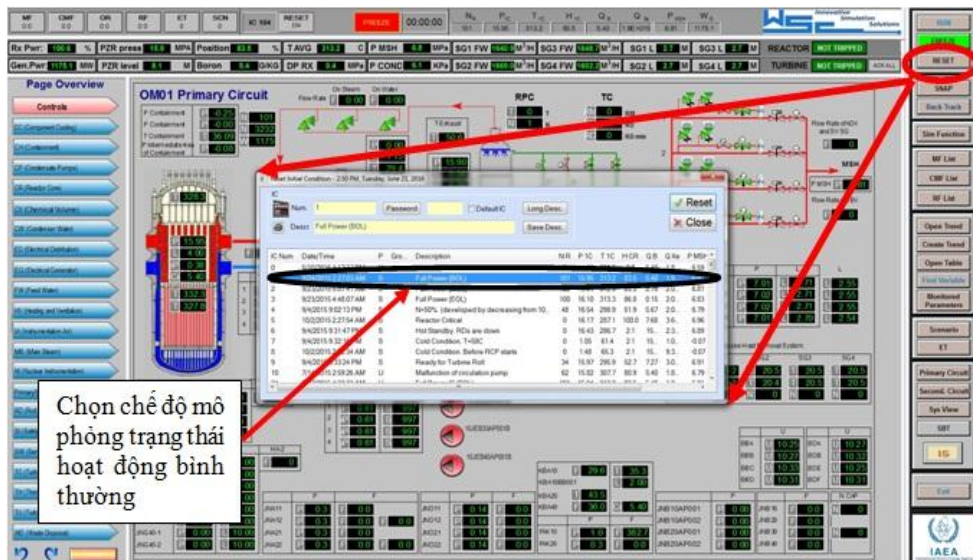
Bước 4: Học viên chịu trách nhiệm khu vực tuabin thực hiện việc đóng van cách ly của bình sinh hơi số 1 trên giao diện OM2 (hình 11) để ngăn không cho hơi chứa phóng xạ tăng thêm vào vòng sơ cấp, khi van đóng hoàn toàn thì màu hiển thị sẽ là màu xanh. Đồng thời nhân viên chịu trách nhiệm khu vực lò phản ứng sẽ dừng bơm tuần hoàn ứng với bình sinh hơi số 1.

Bước 5: Học viên chịu trách nhiệm khu vực lò phản ứng sẽ mở van để phun giảm áp cho vòng sơ cấp trên giao diện chứa bình sinh hơi (hình 12), qua đó giảm tốc độ rò rỉ ra vòng thứ cấp bằng cách kích chuột vào van 10JEF11AA004 (bao quanh đường bởi đường tròn màu vàng) một cửa sổ sẽ xuất hiện và kích chuột vào nút “open” để mở van.

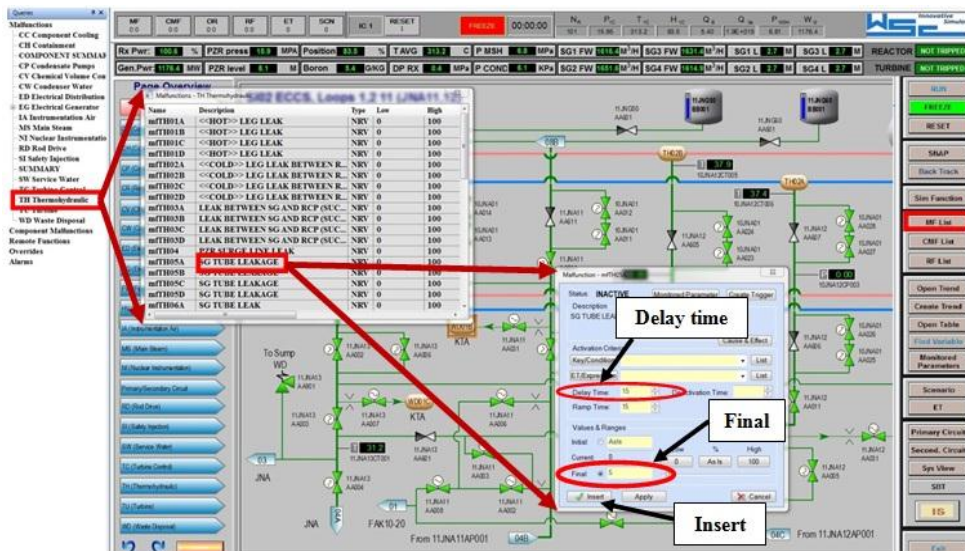
Bước 6: Tiếp đó học viên chịu trách nhiệm khu vực lò phản ứng thiết lập hệ thống làm mát cho vòng sơ cấp thông qua hệ thống JNA ở giao diện minh họa hệ thống cấp nước làm mát vùng hoạt khẩn cấp (hình 14).

Trong bước 6 cơ chế của quá trình làm mát thông qua hệ thống JNA như sau: nước trong đoạn ống nóng được dẫn ra hòa trộn với nước lấy từ bể chứa nhiên liệu đã qua sử dụng, hỗn hợp nước này sau đó được đưa trực tiếp vào bên trong vùng hoạt (hình 13 và 14). Thông qua các thao tác như trên, tốc độ rò rỉ phóng xạ từ mạch sơ cấp ra mạch thứ cấp đã được giảm chậm lại (hình 15), việc theo dõi sự rò rỉ thông qua việc lấy ra đồ thị vẫn tiếp tục được tiến hành cho đến khi quá trình làm nguội 2 vòng hoàn thành.

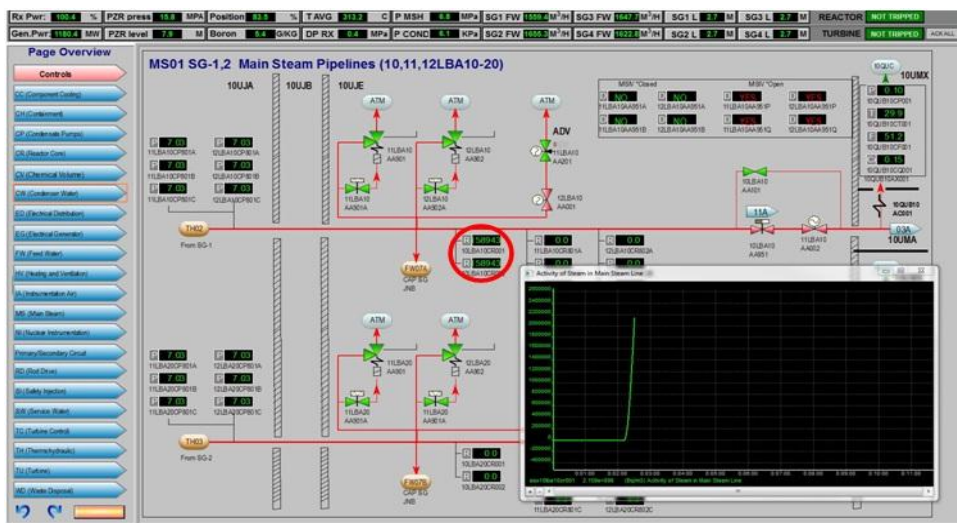
Các thao tác được chia làm các bước với mục đích tiện cho việc quan sát, khi thực hành thực tế trên hệ thống mô phỏng thì một số bước được thực hiện gần như song song với nhau. Thời gian phát hiện và thực hiện các thao tác có ý nghĩa vô cùng quan trọng, việc phát hiện chậm và thao tác chậm dẫn tới lượng phóng xạ rò rỉ sẽ rất lớn, và nguy cơ chất phóng xạ đi vào tuabin và thoát ra ngoài là rất cao. Dưới đây là minh họa 2 trường hợp (hình 16 và 17) các điều kiện xảy ra rò rỉ là giống nhau, trong đó trường hợp 2 phát hiện sự cố chậm hơn 10 giây so với trường hợp 1, dẫn đến việc thực hiện các thao tác bị chậm hơn, kết quả quan sát được là lượng phóng xạ rò rỉ ra vòng thứ cấp nhiều hơn. Trong trường hợp 1, tổng hoạt độ phóng xạ có trong đường hơi chính tính cho 1 đơn vị thể tích hơi là $55 \times 10^4 (Bq/m^3)$; trong khi đó ở trường hợp 2 tổng hoạt độ phóng xạ lớn nhất là $67 \times 10^4 (Bq/m^3)$, điều này cho thấy việc phát hiện và thực hiện thao tác ứng phó sớm sẽ giảm được lượng phóng xạ thoát vào vòng thứ cấp và có thể thoát ra ngoài môi trường.



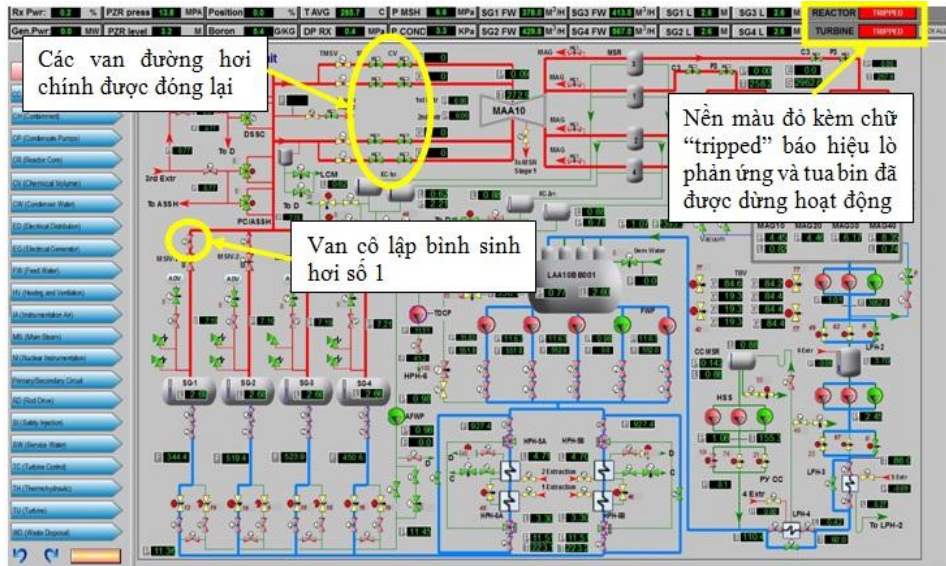
Hình 7: Minh họa các thiết lập chế độ mô phỏng trạng thái hoạt động bình thường



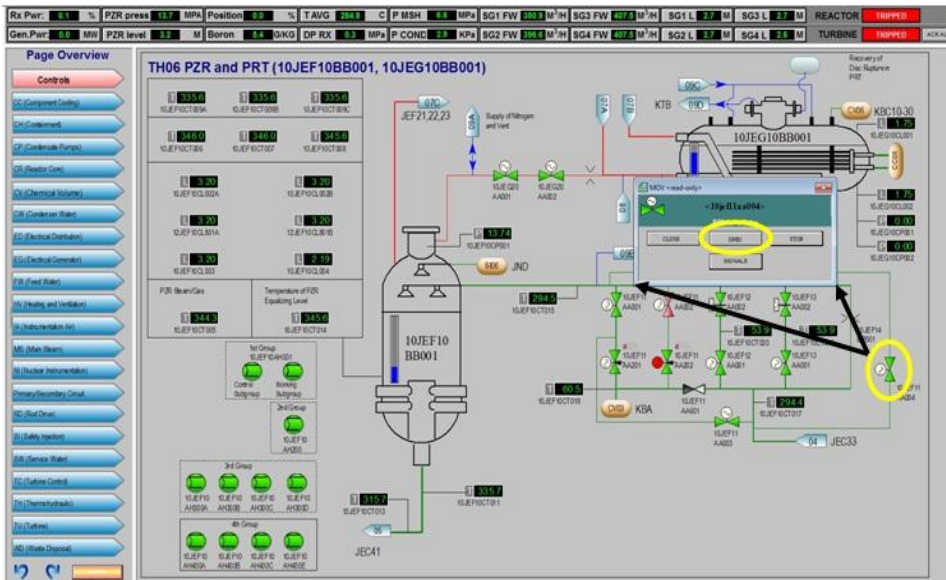
Hình 9: Minh họa quá trình thiết lập sự cố



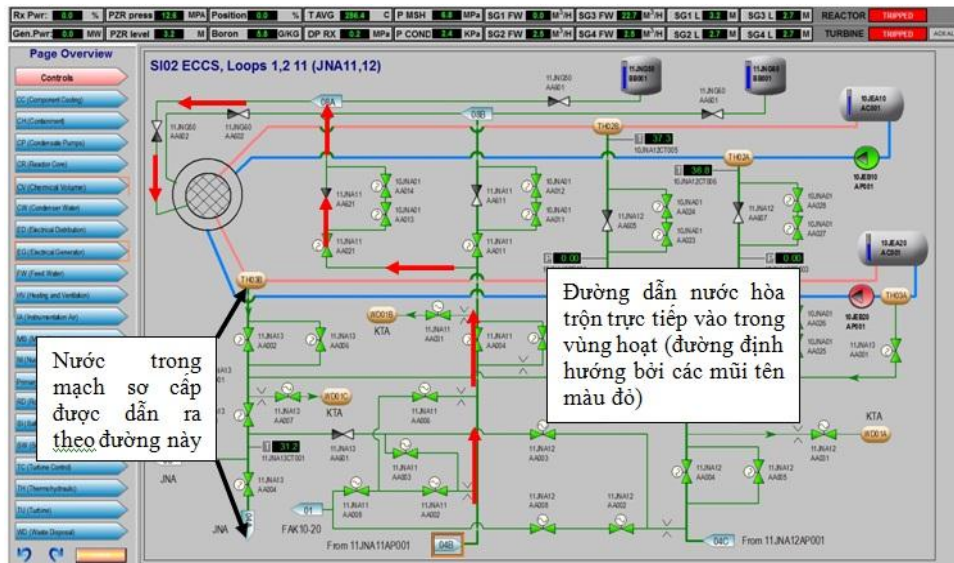
Hình 10: Giao diện MS01 phát hiện chất phóng xạ rò rỉ ra vòng thứ cấp



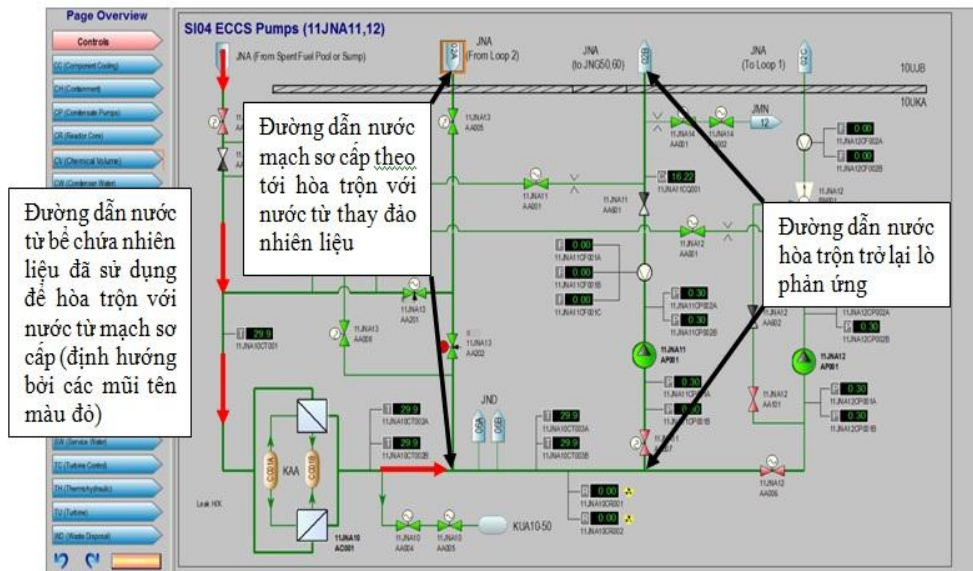
Hình 11: Giao diện vòng thứ cấp



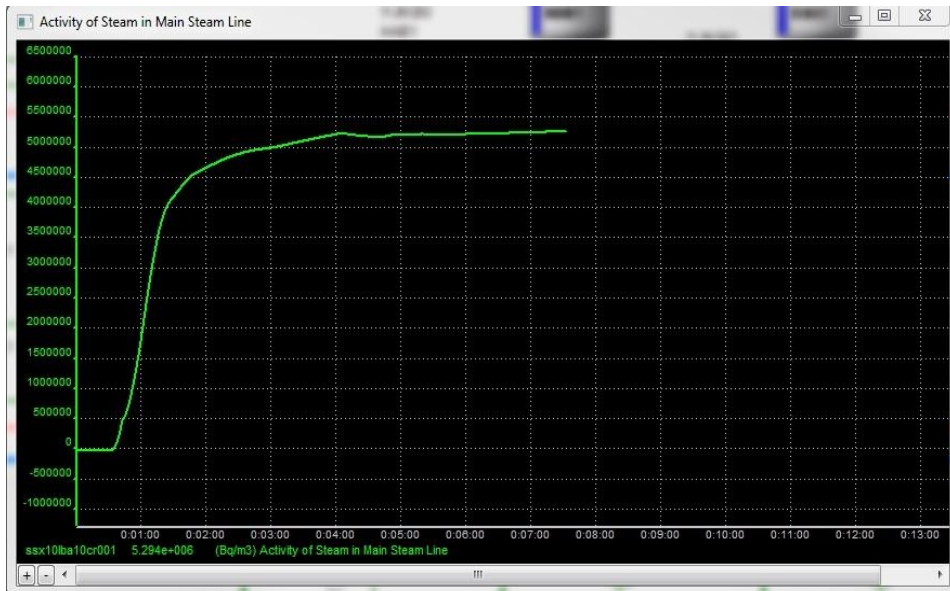
Hình 12: Giao diện chứa bình sinh hơi



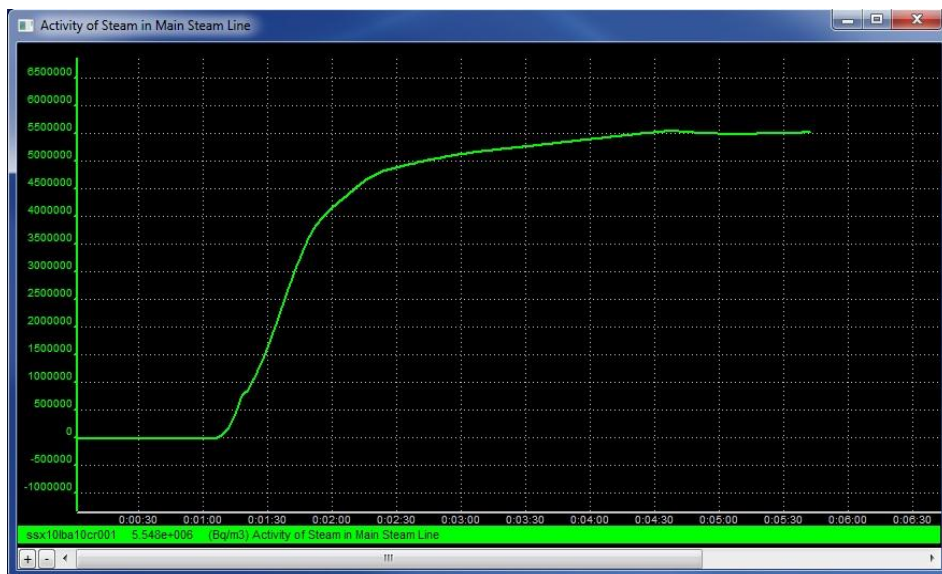
Hình 13: Giao diện minh họa đường dẫn nước ra và quay trở lại lò phản ứng



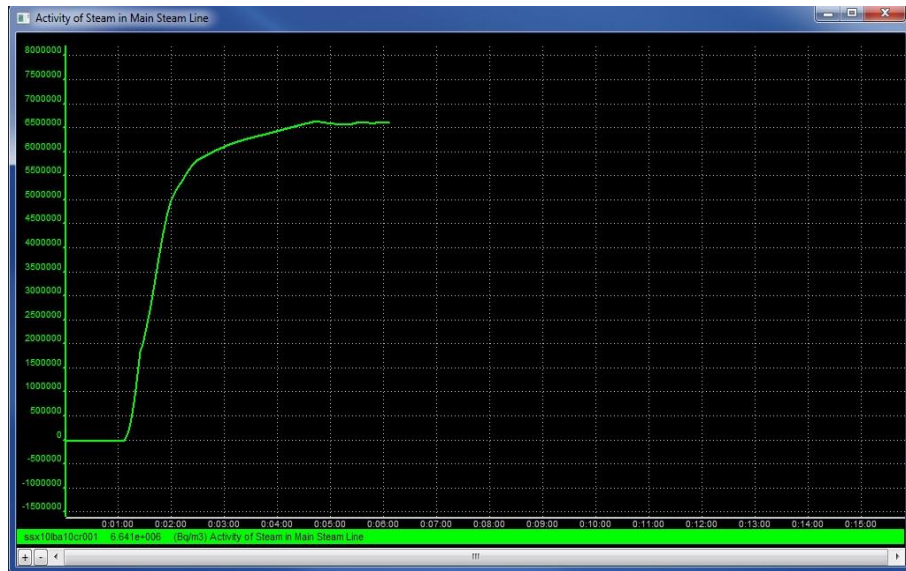
Hình 14: Giao diện minh họa quá trình hòa trộn nước



Hình 15: Đồ thị thể hiện hoạt độ phóng xạ ở vòng thứ cấp



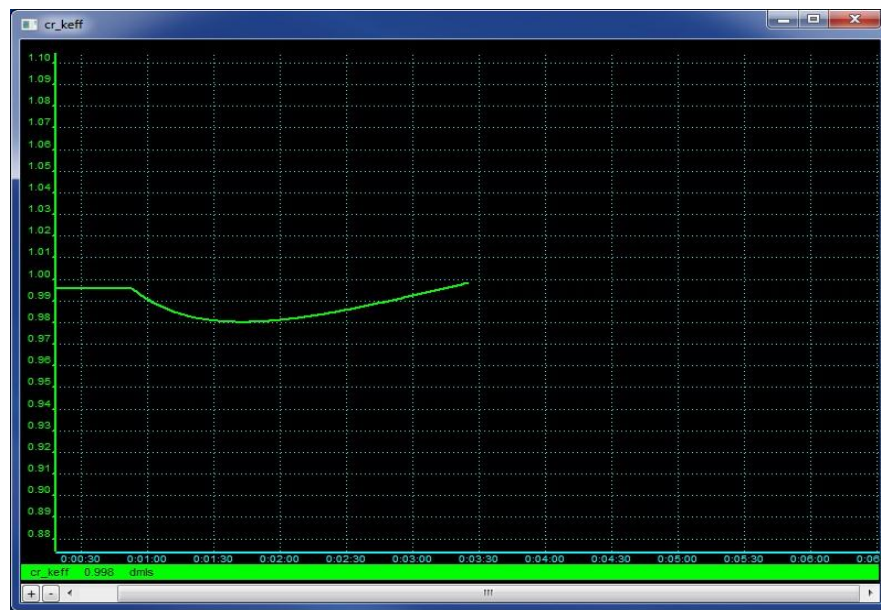
Hình 16: Minh họa hoạt độ phóng xạ ở vòng thứ cấp trong trường hợp 1



Hình 17: Minh họa hoạt độ phóng xạ ở vòng thứ cấp trong trường hợp 2

IV. QUAN SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA XENON (Xe-135)

Xe-135 là một trong các nguyên tố gây nhiễm độc lò phản ứng được sinh ra từ quá trình phân hạch và phân rã hạt nhân, được đặc biệt quan tâm do nó có tiết diện hấp thụ neutron nhiệt lớn và tốc độ sinh cũng như tốc độ mất đi của Xe-135 ngắn. Trong quá trình hoạt động của lò phản ứng hạt nhân, quá trình tạo ra Xe-135 không đồng đều ở các khu vực dẫn đến những sự mất ổn định của công suất lò phản ứng, đây là một vấn đề trong quá trình vận hành lò phản ứng hạt nhân. Tuy nhiên, các ảnh hưởng của sự tích tụ Xe-135 trong lò phản ứng không chỉ trong quá trình hoạt động của lò phản ứng hạt nhân mà ngay cả sau khi lò phản ứng đã được dừng hoạt động, đặc biệt là đối với các lò phản ứng có công suất cao.



Hình 18: Minh họa ảnh hưởng của Xe-135 tới giá trị hoạt độ lò phản ứng sau khi lò phản ứng đã được dừng hoạt động

Ảnh hưởng của Xe-135 sau khi lò phản ứng đã được dừng hoạt động có thể quan sát được trên hệ thống mô phỏng. Trong giai đoạn dừng lò phản ứng hạt nhân, khi mà lò đã được giảm công suất về xấp xỉ 0% công suất danh định, nhưng vẫn đang ở trạng thái tới hạn thì lúc này ta có thể quan sát rõ nhất các ảnh hưởng của Xe-135 gây ra làm dao động giá trị hoạt độ của lò phản ứng. Sau khi lò phản ứng được dừng hoạt động (tức là công suất ở mức xấp xỉ 0% công suất danh định), Xe-135 tiếp tục được sinh ra do quá trình phân rã của Iot-135, do tốc độ sinh lớn hơn tốc độ mất đi (do Xe-135 phân rã β^-) do đó mà nồng độ Xe-135 tăng lên và đạt đến giá trị bão hòa sau khoảng thời gian là 10 giờ tính

từ thời điểm dừng lò phản ứng, sau giai đoạn bão hòa nồng độ Xe-135 giảm xuống do tốc độ sinh nhỏ hơn tốc độ mất.

Trong giai đoạn nồng độ Xe-135 tăng lên dẫn đến tạo ra một giá trị hoạt độ âm lớn làm cho hoạt độ của lò phản ứng lúc này giảm xuống (hình 18), khi nồng độ Xe-135 đạt đến trạng thái bão hòa tức là tốc độ sinh bằng tốc độ mất đi lúc này hoạt độ của lò không giảm nữa (hình 18), sau giai đoạn bão hòa do tốc độ mất lớn hơn tốc độ sinh cộng với việc Xe-135 phân rã β^- tạo ra neutron dẫn đến tạo ra một hoạt độ dương do đó làm tăng giá trị hoạt độ của lò phản ứng (hình 18). Trong thực tế thời gian thực để quan sát toàn bộ quá trình ảnh hưởng trên mất khoảng 20 giờ tính từ thời điểm dừng lò phản ứng, nhưng trên hệ thống mô phỏng cho phép tăng tốc quá trình sinh và mất Xe-135 vì thế mà không cần phải chờ một khoảng thời gian dài như vậy để quan sát sự ảnh hưởng này.

V. KẾT LUẬN

Nội dung của bài báo đã giới thiệu cơ bản về hệ thống mô phỏng nhà máy điện hạt nhân VVER1200, đây là hệ thống mô phỏng với thời gian thực, bao gồm khoảng 150 giao diện tương tác giữa người và máy mô phỏng hầu hết các hệ thống thiết bị cơ bản của nhà máy. Hệ thống mô phỏng cho phép người sử dụng thực hiện quá trình mô phỏng nhiều trạng thái hoạt động của nhà máy VVER1200 như trạng thái hoạt động tối đa công suất, các trạng thái hoạt động có công suất nhỏ hơn công suất danh định, các trạng thái chuyển tiếp và mô phỏng các kịch bản sự cố nghiêm trọng theo ý muốn của người sử dụng thông qua chức năng đặc biệt của máy chủ.

Bài báo cũng đã trình bày một trong số các bài thực hành được xây dựng dựa trên hệ thống mô phỏng, bài thực hành này nhằm mục đích cung cấp kiến thức và đánh giá khả năng phán đoán, ứng phó sự cố rò rỉ từ vòng sơ cấp ra vòng thứ cấp từ bộ ống trao đổi nhiệt trong bình sinh hơi của các học viên. Thông qua quá trình dừng lò phản ứng, hệ thống mô phỏng cho phép quan sát được ảnh hưởng của Xe-135 tới giá trị hoạt độ của lò phản ứng.

Qua đó cho thấy hệ thống mô phỏng sẽ là một công cụ hữu ích cho quá trình đào tạo nguồn nhân lực cho lĩnh vực năng lượng nguyên tử và có thể hỗ trợ cung cấp một số thông tin đầu vào cho các tính toán thủy nhiệt và vật lý lò.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Lê Đại Diễn, Đoàn Mạnh Long, Trần Chí Thành “Hệ thống mô phỏng nhà máy điện hạt nhân và ứng dụng trong chương trình đào tạo”, Tạp chí Tia sáng, 8/2015.

[2] Western Services Coporation, “Generic PWR, VVER type simulator – train guide”, September 2015.

APPLICATION OF THE VVER1200 NUCLEAR POWER PLANT SIMULATOR FOR TRAINING

Doan Manh Long, Le Dai Dien, Nguyen Nam Giang
Nuclear Training Center

Email: longdoanmanh28@gmail.com

Abstract: The VVER1200 nuclear power plant simulator which is one of the supporting packages of International Atomic Energy Agency (IAEA) for Viet Nam was setup in Nuclear Training Center last year. It was aimed to support Viet Nam for training and studying in nuclear energy field. It is a generic simulator with 150 human machine interfaces. The simulator can simulate many operating conditions of VVER1200 nuclear power plant in real time such as normal condition (full power), abnormal conditions, transients or even severe accident. Additionally, one of the high lights of the simulator is that it allows user to perform the nuclear power plant startup and shutdown procedures.

There are 3 main contents in the paper: (1) briefly introduce about the VVER1200 NPP simulator; (2) present a practical exercise on responding the Steam Generator Tube Rupture accident created on simulator aiming to provide knowledge for students and help them understand the meaning of quick response in case of the accident; (3) provide knowledge for students on effect of Xenon in nuclear reactor. The results showed that the ability of using the VVER1200 NPP simulator for training and supporting research activities in order to increase competence for atomic energy field in Viet Nam.

Key words: *VVER1200 simulator, VVER1200, human resource.*