

KHẢO SÁT Lò ABWR KHI HỆ MỘT MÁY BƠM CUNG CẤP NƯỚC GẶP SỰ CỐ BẰNG PHẦN MỀM MÔ PHỎNG PCTRAN

NGUYỄN QUANG DUY⁽¹⁾, VÕ HỒNG HẢI⁽²⁾

⁽¹⁾ Khoa Khoa Học, trường Đại Học Cần Thơ

⁽²⁾ Bộ môn Vật lý hạt nhân, trường Đại học khoa học tự nhiên, TP Hồ Chí Minh

Email: quangduy2626@yahoo.com.vn

Tóm tắt

Việc mô phỏng tai nạn lò phản ứng hạt nhân trên mô hình máy tính đã và đang phát triển để nghiên cứu hoạt động của lò nhằm đề phòng các sự cố có thể gây ra. PCTRAN (*Personal Computer Transient Analyzer*) là một trong những phần mềm mô phỏng về lò, hiện đang được sử dụng ở một số nước trên thế giới như: Germany, Switzerland, Pakistan, Japan, India, Korea, Turkey, Taiwan,... Trong báo cáo này, chúng tôi khảo sát một sự cố tai nạn xảy ra, cụ thể là một máy bơm cung cấp nước (feedwater pump) hoạt động không bình thường, sử dụng phần mềm PCTRAN – ABWR (Version 5.0.0) PCTRAN. Ở đây, chúng tôi khảo sát cho lò Lungmen ABWR (*Advanced Boiling Water Reactor*), *Đài Loan* – loại lò phản ứng hạt nhân thế hệ thứ III. Các thông số hoạt động trong lò sẽ được khảo sát và trình bày trong báo cáo.

Từ khóa: PCTRAN, ABWR.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay trên thế giới có rất nhiều phần mềm mô phỏng hoạt động lò phản ứng như: Cathare, Relap, Cassim, PCTRAN,... Trong đó, PCTRAN (*Personal Computer Transient Analyzer*) là một phần mềm mô phỏng tai nạn lò phản ứng trên mô hình máy tính. Kể từ lần đầu tiên xuất hiện năm 1988, Micro-Simulation Technology (MST) [1] luôn cải tiến công nghệ và ứng dụng rộng rãi tại một số nước trên thế giới. Hiện nay PCTRAN có thể mô phỏng được rất nhiều mô hình lò phản ứng khác nhau như: BWR, PWR, Areva EPR, Westinghouse AP1000, Toshiba ABWR, Russian VVER1000, MHI hay Chinese 3-loop PWR,... và đã được ứng dụng rất nhiều trong các trường Đại học trên thế giới. Đặc biệt, kể từ năm 1996, Cơ quan Năng lượng nguyên tử quốc tế (IAEA) chọn PCTRAN và sử dụng như một tài liệu nâng cao trong các hội thảo về mô phỏng lò phản ứng [6].

Trong báo cáo này, chúng tôi sử dụng PCTRAN – ABWR (Version 5.0.0) để tìm hiểu một số thông số trên mô hình lò phản ứng nước nhẹ ABWR. Đây là mô hình được GE (General Electric) thiết kế với công suất lên đến 3962 MWt (1300 MWe), lò phản ứng thuộc thế hệ thứ 3 và được thiết kế cho ***dự án điện hạt nhân thứ 4 của công ty điện lực Đài Loan – Lungmen.***

Bất kỳ một bộ phận nào của lò phản ứng gặp sự cố đều có thể dẫn đến tai nạn cho nhà máy. Hệ thống cung cấp nước là một trong những bộ phận vô cùng quan trọng, nó là nguồn cung cấp nước chính cho lò phản ứng, giúp duy trì áp suất lò, làm mát vùng hoạt lò phản ứng,... Trong báo cáo này chúng tôi dùng PCTRAN – ABWR để mô phỏng tai nạn: ***Một máy bơm cung cấp nước (feedwater pump) hoạt động KHÔNG bình thường.***

Trong mô phỏng này tôi tìm hiểu các thông số sau:

1. Thông lượng neutron: Neutron flux (%)
2. Lưu lượng cung cấp nước: Feedwater Flow (%)
3. Lượng hơi qua Valve lối tắt: Flow Bypass valve (%).
4. Lượng hơi qua Turbine: Turbine Steam flow (%)
5. Nhiệt độ đỉnh: Temperature Peak Centerline fuel (%)
6. Mức nước: Level (ref-separator-skirt) (m)

Từ đó, dự báo tình trạng hoạt động của lò phản ứng ABWR trong trường hợp trên.

2. GIỚI THIỆU HỆ THỐNG CUNG CẤP NƯỚC TRONG PHẦN MỀM PCTTRAN ABWR CHO Lò LUNG MEN

Trong phần mềm mô phỏng PCTTRAN ABWR cho lò Lungmen, Đài Loan, hệ thống cung cấp nước gồm 4 máy bơm, trong đó, 3 máy bơm truyền động Turbine và một máy bơm truyền động motor. Ở chế độ hoạt động bình thường, 2 máy bơm truyền động turbine, mỗi máy hoạt động 50% công suất và một máy ở chế độ chờ. Máy bơm truyền động motor có công suất khoảng 25% / tổng công suất được dùng để khởi động. Hệ thống điều khiển cung cấp nước – Feedwater Control System (FWC) của trạm điện hạt nhân (NPS) Lungmen sử dụng một hệ thống điều khiển kỹ thuật số 3 kênh (triplicated) xử lý song song, thay vì một kênh Analog như được sử dụng trong các thiết kế trước đây (BWR 2-6), mỗi kênh có chứa các vi xử lý - dựa trên phần cứng và phần mềm cần thiết có liên quan để thực hiện tất cả các tính toán điều khiển.

Khi lưu lượng truyền vào (Input) biến động, xác nhận có lỗi được nhận dạng và được cô lập. Các kênh sẽ thực hiện giao tiếp và xử lý liên tục để từ đó đưa ra khả năng tự chẩn đoán tình trạng lò. Khi một kênh nào đó sai lệch được phát hiện và báo động đến các bộ phận khác để xử lý. Khi hệ thống cung cấp nước hoạt động không bình thường có thể ngay tức khắc làm tăng hoặc làm giảm lượng nước làm mát. Nếu tín hiệu tổng lưu lượng hơi (Total steam flow) hoặc tổng lưu lượng cung cấp nước (Total feedwater flow) thay đổi bất thường, các FWC kiểm tra Input, phản hồi thông tin và tự động chuyển chế độ. Việc kiểm soát mức độ về cơ bản sẽ không bị ảnh hưởng bởi chính sự sai lệch này. Bộ điều khiển cung cấp nước (FWC) sẽ tự động điều khiển để bù trừ lưu lượng nước từ sai lệch của máy bơm. Ảnh hưởng nghiêm trọng nhất mà một máy bơm cung cấp nước gây ra là công suất tối đa của nó (125%) và tắt hoàn toàn (0%). Nên chúng tôi sẽ khảo sát 2 trường hợp trên. Ngoài ra, chúng tôi cũng khảo sát trong những trường hợp một máy bơm hoạt động ở công suất thấp (dưới 50%).

3. KẾT QUẢ KHẢO SÁT THÔNG SỐ Lò ABWR KHI HỆ THỐNG CUNG CẤP NƯỚC HOẠT ĐỘNG KHÔNG BÌNH THƯỜNG

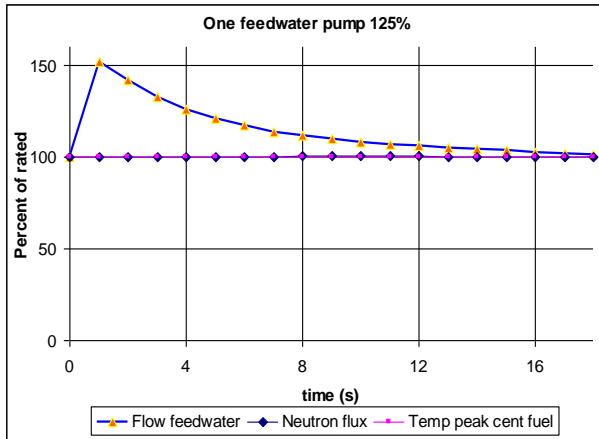
Chúng tôi khảo sát trường hợp tai nạn của một máy bơm truyền động Turbine. Cụ thể, máy bơm hoạt động quá công suất (125%), máy bơm ngưng hoạt động (0%) và máy bơm hoạt động dưới công suất.

3.1 Trường hợp 1: Chúng tôi khảo sát khảo sát trường hợp lò phản ứng hoạt động 100% công suất với một máy bơm truyền động turbine quá công suất (125%).

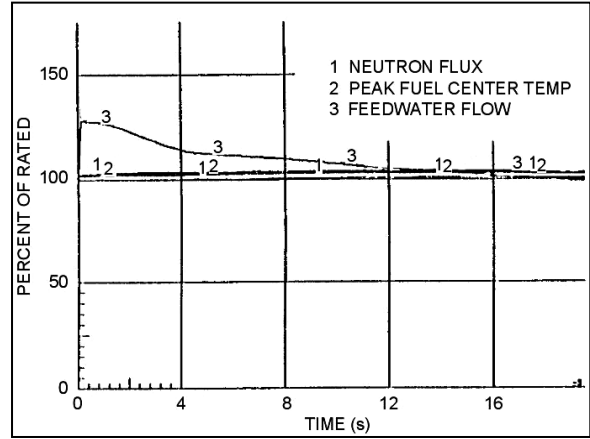
Kết quả mô phỏng:

Tại thời điểm 1.0 giây sau khi thiết lập trạng thái của máy bơm 125%, lưu lượng nước cung cấp tăng nhanh, tức là trong trường hợp này nước được bơm vào thùng của lò nhiều hơn bình thường, cũng chính vì vậy mực nước trong lò cũng tăng lên, thông lượng neutron (neutron flux) và nhiệt độ đỉnh (Temp peak centerline fuel) có tăng lên nhưng không nhiều điều này thể hiện rõ trên đồ thị (Hình 1), có sự thoát hơi qua Valve Bypass (Hình 3). Quá trình đóng, mở Van Bypass cũng góp phần vào việc điều chỉnh áp suất của lò phản ứng cho đến khi hệ thống điều khiển cung cấp nước điều tiết mực nước trong lò ổn định.

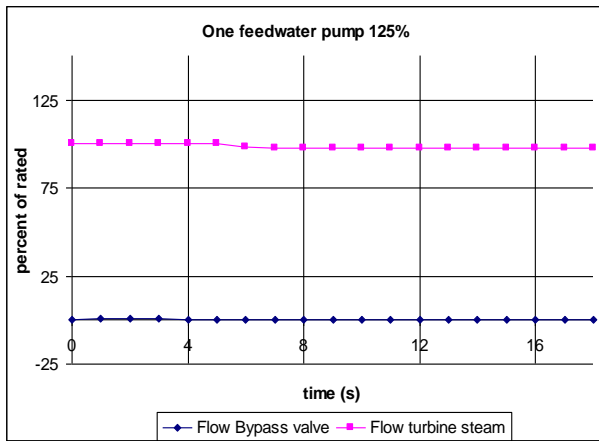
Kết quả khảo sát trường hợp này (Hình 1, Hình 3, Hình 5) rất sát thực với kết quả phân tích thực từ lò phản ứng Lungmen của Đài Loan (Hình 2, Hình 4 và Hình 6) [2].



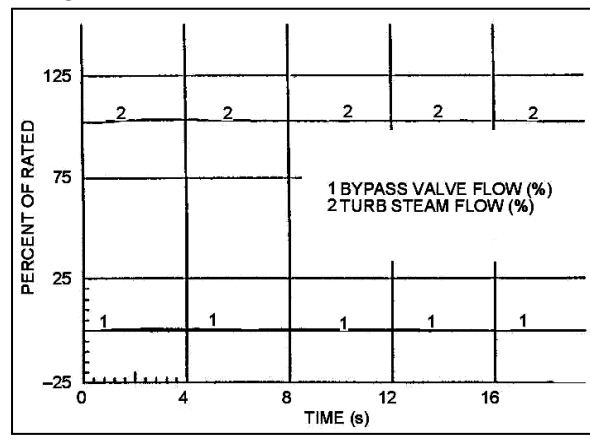
Hình 1: Biểu đồ lưu lượng cung cấp nước, thông lượng Neutron, nhiệt độ đỉnh trong trường hợp một máy bơm truyền động Turbine hoạt động 125%



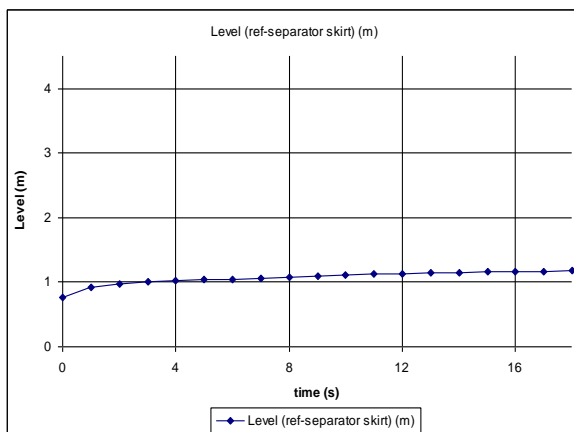
Hình 2: Biểu đồ thông lượng Neutron, lưu lượng cung cấp nước, nhiệt độ đỉnh trong trường hợp một máy bơm truyền động Turbine hoạt động 125%. Số liệu tham khảo từ lò Lungmen, Đài Loan [2]



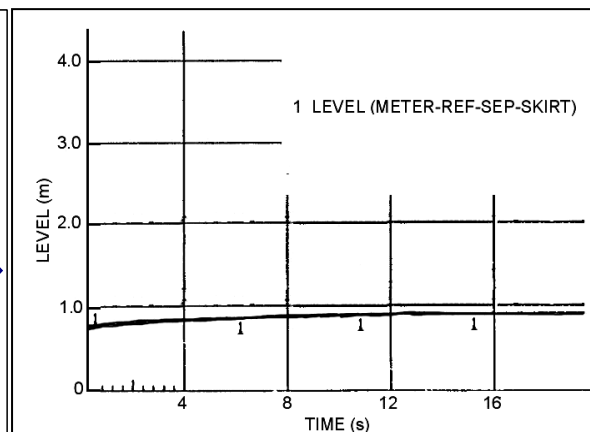
Hình 3: Biểu đồ dòng hơi qua Van tắt và dòng hơi qua turbine, trong trường hợp một máy bơm truyền động Turbine hoạt động 125%



Hình 4: Biểu đồ dòng hơi qua Van tắt và dòng hơi qua turbine, trong trường hợp một máy bơm truyền động Turbine hoạt động 125%. Số liệu tham khảo từ lò Lungmen, Đài Loan [2]



Hình 5: Biểu đồ mực nước lò (tính từ bờ dưới của tấm tách lọc hơi nước) trong trường hợp một máy bơm truyền động Turbine hoạt động 125%



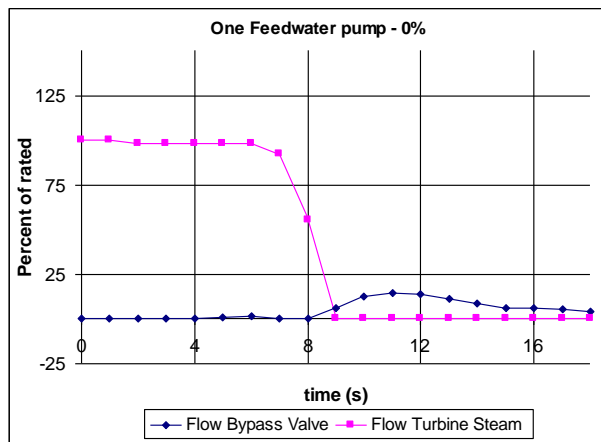
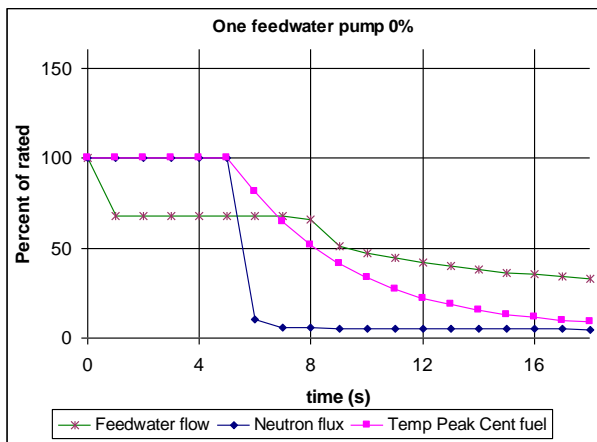
Hình 6: Biểu đồ mực nước lò (tính từ bờ dưới của tấm tách lọc hơi nước) trong trường hợp một máy bơm truyền động Turbine hoạt động 125%. Số liệu tham khảo từ lò Lungmen, Đài Loan [2]

3.2 Trường hợp 2:

Số liệu mô phỏng của trường hợp 1 cho kết quả phù hợp với số liệu từ lò thực Lungmen. Chúng tôi tiến hành khảo sát sự cố một máy bơm truyền động Turbine bị tắt hoàn toàn.

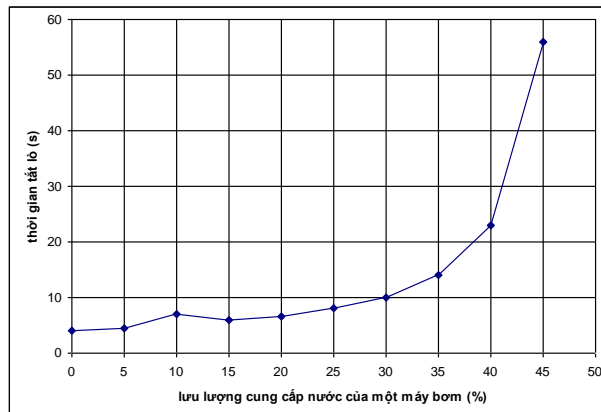
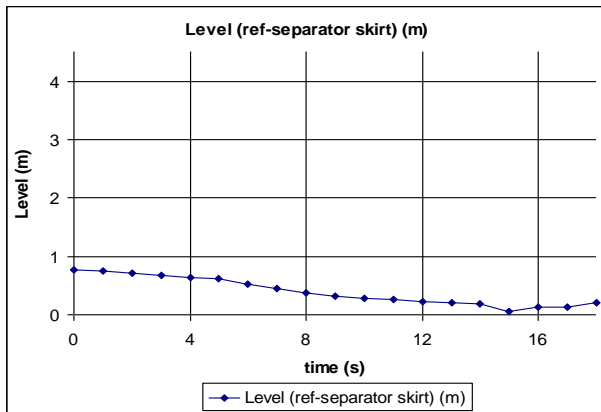
Kết quả mô phỏng:

Ta thiết lập độ sai lệch của một máy bơm là 0% (một máy bơm truyền động turbine ngừng hoạt động). Hình 7 cho thấy lưu lượng nước bơm vào thùng lò giảm, các máy bơm còn lại dù được kích hoạt để bù trừ phần nước thiếu trong thùng lò nhưng thời gian đáp ứng quá ngắn. Theo kết quả phân tích của PCTRAN, tại thời điểm 4.0 giây mực nước trong thùng lò bị thiếu trầm trọng, xuống dưới mức L3 (364.70 cm - TAF) theo đó 4 RIPs ngưng hoạt động, cũng vào thời điểm này các thanh điều khiển được đưa vào lò, lượng Neutron bị hấp thụ và giảm đi rất nhanh (Hình 7), lò phản ứng bắt đầu ngưng hoạt động (Reactor Trip), lưu lượng hơi qua Turbine giảm mạnh (Hình 8) và Turbine Trip 4.0 giây sau đó[2].



Hình 7: Biểu đồ lưu lượng cung cấp nước, thông lượng Neutron, nhiệt độ đỉnh trong trường hợp một máy bơm truyền động Turbine ngừng hoạt động (0%)

Hình 8: Biểu đồ dòng hơi qua Van tắt và dòng hơi qua turbine, trong trường hợp một máy bơm truyền động Turbine ngừng hoạt động (0%)



Hình 9: Biểu đồ mực nước lò (tính từ bờ dưới của tấm tách lọc hơi nước) trong trường hợp một máy bơm truyền động Turbine ngừng hoạt động (0%)

Hình 10: Biểu đồ mối quan hệ giữa lưu lượng cung cấp nước của một máy bơm và thời gian tắt của lò phản ứng (Reactor Trip).

3.3 Trường hợp 3:

Trường hợp này chúng tôi khảo sát một máy bơm truyền động Turbine hoạt động dưới công suất bình thường, cụ thể ở các mức: 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%.

Để khảo sát sự tắt của lò phản ứng (Reactor Trip). Hình 10 trình bày sự phụ thuộc thời gian ngừng hoạt động lò theo lượng nước cung cấp của một máy bơm. Thời gian dập tắt lò hoạt động ở cấp độ vài chục giây.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

Trong bài báo này, chúng tôi khảo sát sự cố một máy bơm truyền động Turbine hoạt động không bình thường cho lò Lungmen ABWR sử dụng phần mềm mô phỏng PCTTRAN. Chúng tôi khảo sát cho trường hợp máy bơm hoạt động vượt công suất (125%), và dưới công suất (0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%). Trường hợp 125% cho kết quả khá phù hợp với số liệu thực của lò Lungmen ABWR, Đài Loan. Với những trường còn lại (hoạt động ở công suất thấp), kết quả cho dự đoán về sự dập tắt tự động của lò.

Việc khảo sát hoạt động của lò phản ứng trên mô hình máy tính hiện đang được triển khai tại BM. Vật lý Hạt Nhân, ĐH. Khoa Học Tự Nhiên-TpHCM. Với những kết quả này, sẽ là nền tảng mô phỏng cho những sự cố tai nạn khác.

STUDYING AN ACCIDENT OF ONE FEEDWATER PUMP ON LUNG MEN-ABWR BY PCTTRAN SOFTWARE SIMULATOR

NGUYEN QUANG DUY⁽¹⁾ and VO HONG HAI⁽²⁾

⁽¹⁾ Faculty of Science, Can Tho University

⁽²⁾ Nuclear Physics Department, University of Science, Ho Chi Minh City

Email : quangduy2626@yahoo.com.vn

Abstract: The simulation accident nuclear reactor on computer models has been developed to study the operation of the reactor. PCTTRAN (Personal Computer Transient Analyzer) is one of the simulation software of reactors which have been used in some countries such as Germany, Switzerland, Pakistan, Japan, India, Korea, Turkey, Taiwan, etc. In this report, we examine an accident problem, namely a pump supplying water (feedwater pump) activity is not normal. Here, we examine the reactor the Lungmen ABWR (Advanced Boiling Water Reactor), Taiwan - type nuclear reactor third generation. Parameters of the reactor operation will be surveyed in the report.

Keyword: PCTTRAN, ABWR.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <http://www.microsimtech.com/PCTran/>
- [2] Lungmen Power Plant Units 1 and 2 Preliminary Safety Analysis Report, Download from: URL: <http://www.nucleartourist.com/psar/index.html>. Chapter 5,7,15.
- [3] <http://www.nrc.gov/reactors/new-reactors/design-cert/abwr.html>
- [4] <http://www.microsimtech.com/pcttran/University.html>
- [5] John R.Lamarsh- Late Professor with the New York Polytechnic Institute and Anthony J. Baratta – Pennsylvania state Uni, Introduction to Nuclear Engineering (1982), Third Edition, chapter 4,11.
- [6] <http://www.microsimtech.com/>

Liên hệ:

NGUYỄN QUANG DUY

Bộ môn Vật Lý Hạt Nhân, trường đại học Khoa học tự nhiên, TP Hồ Chí Minh.

Địa chỉ: Số 227, Đường Nguyễn Văn Cừ, Quận 5, TP Hồ Chí Minh.

Email: quangduy2626@yahoo.com.vn

Số điện thoại: 0919 544 044