ศึกษาและคำนวณหาปริมาณสารกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้าพลังปรมาณูขนาด 600 เมกกะวัตต์ แบบพีดับเบิลยูอาร์ ในสภาวะที่เดินเครื่องปกติ

หอสมุดกลาง
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายอนุรักษ์ ธารสิริโรจน์

006343

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
แผนกวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี่
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2520

I 18199458

STUDY AND CALCULATION OF RADIOACTIVE WASTES FROM A 600 MWe PWR IN NORMAL OPERATING CONDITION

Mr. Anurak Tansiriroj

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1977

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ศึกษาและคำนวณหาปริมาณสารกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้าพลังปรมาณู ขนาด 600 เมกกะวัตต์ แบบพีดับเบิลยูอาร์ ในสภาวะที่เดินเครื่องปกติ
โดย	นายอนุรักษ์ ธารสิริโรจน์
แผนกวิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี่
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธัชชัย สุมิตร

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.วิศิษฐ์ ประจวบเหมาะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ สุวรรณ แสงเพ็ชร์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธัชชัย สุมิตร)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ปรีชา การสุทธิ์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ วิทิต เกษคุปต์)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ศึกษาและคำนวณหาปริมาณสารกัมมันตรังสีจากโรงไฟฟ้าพลังปรมาณู ขนาด 600 เมกกะวัตต์ แบบพีดับเบิลยูอาร์ ในสภาวะเดินเครื่องปกติ

ชื่อนิสิต นายอนุรักษ์ ธารสิริโรจน์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร

แผนกวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2520

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

โรงไฟฟ้าปรมาณูแบบ Pressurized Water Reactor (PWR) เป็นแบบใช้น้ำระบายความร้อนสองวงจร น้ำในวงจรแรกมีความดันสูงทำหน้าที่ระบายความร้อนจากเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ แล้วนำไปถ่ายเทให้น้ำในวงจรที่สองที่เครื่องผลิตไอน้ำ (Steam Generator) ซึ่งมีความดันต่ำกว่า ทำให้น้ำในระบบที่สองกลายเป็นไอน้ำ ไหลเวียนไปหมุนกังหันเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า หลังจากทำงานแล้วไอน้ำจะถูกเปลี่ยนกลับมาเป็นน้ำอีกที่คอนเดนเซอร์ เพื่อที่จะส่งมารับความร้อนที่เครื่องผลิตไอน้ำต่อไป

สารกัมมันตรังสีส่วนใหญ่เกิดจากปฏิกริยาฟิสชั่น (Fission Products) ในเชื้อเพลิงและมีบางส่วนเกิดจากการสึกกร่อน (Corrosion Products) ของวัสดุที่ใช้ในระบบระบายความร้อน เมื่อแท่งเชื้อเพลิงมีรอยร้าว Fission Products ก็เล็ดลอดออกมาสู่น้ำระบายความร้อนวงจรแรก ซึ่งส่วนหนึ่งของน้ำระบายความร้อนนี้จะไหลผ่านระบบขจัดกากเพื่อควบคุมระดับกัมมันตภาพรังสีในวงจรแรก และสารกัมมันตรังสีเหล่านี้จะมีโอกาสเล็ดลอดออกมาสู่ระบบระบายความร้อนวงจรที่สองได้ต่อเมื่อมีรอยรั่วที่ท่อในเครื่องผลิตไอน้ำ ซึ่งเป็นจุดเชื่อมโยงของวงจรทั้งสอง วิธีขจัดสารกัมมันตรังสีที่ผสม หรือละลายอยู่ในน้ำระบายความร้อน วงจรที่สองนั้น ทำได้โดยการระบายส่วนหนึ่งของน้ำในเครื่องผลิตไอน้ำไปสู่ระบบขจัดกากที่เป็นของเหลว นอกจากนี้ กากของเหลวจากแหล่งต่าง ๆ ในโรงไฟฟ้า ตลอดจนน้ำที่ใช้ทำความสะอาด น้ำจำพวกสารเคมีจากห้องทดลอง และ

น้ำจากการซักฟอกภายในโรงไฟฟ้าก็ต้องส่งผ่านระบบขจัดกากดังกล่าวเช่นเดียวกัน ของเหลวที่ผ่านการขจัดกากแล้วหากมีคุณภาพดีจะถูกนำไปใช้ในโรงไฟฟ้าอีก และถ้าคุณภาพไม่ดีหลังจากการตรวจสอบแล้วว่ามีระดับรังสีต่ำจะถูกปล่อยออกสู่แหล่งน้ำภายนอก สำหรับสารรังสีที่เป็นแกสจะถูกนำออกจากระบบที่ Condenser Air Ejector เพื่อส่งเข้าระบบขจัดกากที่เป็นแกส ซึ่งทำหน้าที่ขจัดกากที่เป็นแกสจากส่วนอื่น ๆ ทั้งหมด รวมทั้งอากาศระบายในอาคารต่าง ๆ ด้วย แกสที่มีรังสีสูงจะถูกกักอยู่จนกว่าสารรังสีจะสลายตัวไปอยู่ในระดับต่ำ ส่วนแกสที่มีรังสีต่ำก็อาจปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมได้โดยผ่านเครื่องกรองเสียก่อน สารรังสีเข้มข้นที่สะกัดได้จากระบบขจัดกากทั้งสองจะถูกทำให้เป็นของแข็งในรูปที่เหมาะสมต่อการบรรจุถังเพื่อนำไปเก็บในสถานที่เก็บกากต่อไป

ผลการวิจัย โดยที่กำหนดให้มีเชื้อเพลิงบกพร่อง 1 % และมีการรั่วไหลที่เครื่องผลิตไอน้ำ 110 ปอนด์ต่อวัน ปรากฏว่าความเข้มข้นของสารรังสีแต่ละชนิดในของเหลวที่จุดปล่อยต่ำกว่าความเข้มข้นสูงสุดที่กำหนดโดย ICRP มาก ส่วนความเข้มข้นของสารรังสีส่วนใหญ่ในแกสมีค่าใกล้เคียงหรือสูงกว่าความเข้มข้นสูงสุดเล็กน้อย นอกจาก Xe 133 ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่ามาก เนื่องจากการวิจัยนี้ได้ศึกษาติดตามการเกิดขึ้นของสารรังสีจนถึงจุดที่จะปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อมเท่านั้น ดังนั้นจึงมิได้นำการแพร่กระจายของบรรยากาศภายนอกมาร่วมในการคำนวณด้วย อย่างไรก็ดี วิธีที่จะทำให้ความเข้มข้นของ Xe 133 ลดลงอาจทำได้ด้วยการเก็บกักแกสไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะปล่อยหรือเพิ่มอัตราไหลของอากาศที่จะมาทำให้เจือจาง หรือใช้ทั้ง ๒ วิธีร่วมกัน

Thesis Title	Study and Calculation of Radioactive Wastes from a 600 MWe PWR in Normal Operating Condition
Name	Mr. Anurak Tansiriroj
Thesis Adviser	Assistant Professor Dr. Tatchai Sumitra
Department	Nuclear Technology
Academic Year	1977

ABSTRACT

In the PWR, there are two loops of cooling water. The coolant in the primary loop is pumped under high pressure through the reactor core where heat is transferred from the nuclear fuel. The reactor coolant passes to a steam generator where heat is transferred to a low pressure secondary water system before returning to the bottom of the reactor core. The secondary water is boiled in the steam generator, and the steam is passed to the turbine where electricity is generated. The steam is then condensed in the condenser and returned to the steam generator.

The radioactive materials are mainly produced by fission process in the fuel (Fission Products) and some are produced by neutron bombardment of corrosion products in the primary coolant. The fission products are normally retained entirely within the fuel elements but they can occasionally escape into the reactor coolant through cracks in the cladding. Reactor coolant quality is usually maintained by passing a portion of the main coolant

through a bypass purification system. These radioactive materials can escape to secondary loop only through leakages of the tubes in the steam generator. Secondary water quality is maintained by blowdown of the secondary side of the steam generator and processed by the liquid waste system. Besides, the liquid wastes from all sources including building floor drains and laundry drains are collected and processed by the liquid waste system. The good quality processed liquid is normally recycled to the condensate storage tank or the reactor makeup water storage tank for reuse. The other sufficiently low activity liquid is normally discharged to the plant outfall. The radioactive gases are removed from the secondary loop mainly by condenser air ejector and are processed by the gaseous waste system. The gaseous waste system collects and processed radioactive or potentially radioactive waste gases from all sources including building ventilations. High activity gas is collected, compressed and stored in waste gas decay tanks. Subsequent to decay, the gas is discharged at a controlled rate to the ventilation exhaust. Low activity gas is normally filtered for particulates prior to discharge. The concentrated wastes from both liquid and gaseous waste systems are sent to the solid waste system for encapsulation and solidification and eventual shipment to a disposal site.

At the end of the study, with the assumption of 1 % defective fuel and 110 lbs per day leak rate of coolant in the steam generator, it has been found that at the release point the

specific activity of each nuclide selected in the liquid waste is much less than MPC proposed by ICRP. Moreover, most of the specific activity in discharged gas inventory are in the same order of magnitude with MPC except Xe 133. For the scope of this study is limited only to the plant boundary, so the effect of dilution by atmosphere outside the plant is not considered. To reduce the concentration of Xe 133 in the gaseous release to the environment could be done by keeping the gaseous waste in a gas decay tank for a period of time, allowing Xe 133 to decay away or increasing the air flow-rate for dilution or the combination of both methods as necessary.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยการแนะแนว ให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือทางวิชาการของอาจารย์ ดร. ธัชชัย สุมิตร และ อาจารย์ปรีชา การสุทธิ์ แห่งแผนกนิวเคลียร์เทคโนโลยี่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่อนุญาตให้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ขอขอบคุณ คุณวิวัฒน์ พฤษะวัน คุณอุดร ชุนวิไชย คุณกิตติเทพ กาญจนวีดี คุณนพพล มิลินทางกูร และ คุณเทพธร สิงหพันธุ์ แห่งการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ ขอขอบคุณ อาจารย์วิทิต เกษคุปต์ แห่งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านข้อมูล และในที่สุดนี้ ขอขอบคุณ คุณภัทรา ธารสิริโรจน์ ที่ได้ช่วยสนับสนุนให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ทันกำหนดเวลา

อนุรักษ์ ธารสิริโรจน์

สารบาญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย . . . . . ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ . . . . . ฉ

กิตติกรรมประกาศ . . . . . ฌ

รายการตารางประกอบ . . . . . ฎ

รายการรูปประกอบ . . . . . ฏ

บทที่

1. บทนำ 1

2. โรงไฟฟ้าปรมาณูแบบพีคับเบิลยูอาร์ 6

3. ปริมาณของสารกัมมันตรังสีในวงจรแรก 18

4. ระบบขจัดกาก 41

5. ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ 63

หนังสืออ้างอิง 66

ภาคผนวก 68

ประวัติการศึกษา 72

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

รายการตารางประกอบ

ตารางที่		หน้า
3-1	ข้อมูลพื้นฐานของโรงไฟฟ้าปรมาณูแบบ PWR ขนาด 600 เมกกะวัตต์	23
3-2	ข้อมูลทางนิวเคลียร์ฟิสิคส์ของ Fission Products	24
3-3	จำนวนอะตอมของ Fission Products	27
3-4	ข้อมูล Activity เฉลี่ยของเครื่องปฏิกรณ์แบบ PWR อื่น ๆ. .	37
3-5	Specific Activity ในน้ำระบายความร้อน	38
4-1	ค่าความเข้มข้นสูงสุดของไอโซโทปที่กำหนดโดย ICRP . . .	52
4-2	ดีคอนตามิเนชั่น แฟคเตอร์	53
4-3	ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้คำนวณ Activity ในวงจรที่สอง	54
4-4	Specific Activity ในกากของเหลวที่จุดปล่อย	55
4-5	ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้คำนวณ Activity ของแกส	56
4-6	Specific Activity ในแกสที่จุดปล่อย	57

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2-1	อาคารเครื่องปฏิกรณ์	12
2-2	ระบบผลิตไอน้ำ	13
2-3	การจัดตำแหน่งเชื้อเพลิง	14
2-4	แท่งควบคุม	15
2-5	แกนเครื่องปฏิกรณ์	16
2-6	เครื่องปรับความดัน	17
3-1	Decay Chains ที่ใช้ในการคำนวณ	39
4-1	ระบบขจัดกากของเหลว (1)	58
4-2	ระบบขจัดกากของเหลว (2)	59
4-3	ระบบขจัดกากของเหลว (3)	60
4-4	ระบบขจัดกากที่เป็นแกส	61
4-5	ระบบขจัดกากของแข็ง	62