บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้ พลังงานไฟฟ้าถือว่าเป็นพลังงานที่สำคัญต่อการดำรงชีพของมนุษย์อย่างขาดไม่ได้ ไม่ว่าจะนำมาใช้เพื่อการติดต่อสื่อสารโทรคมนาคม การศึกษา รวมถึงการเพิ่มผลผลิตทั้งด้านการเกษตร และอุตสาหกรรม ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาของประเทศให้ล้ำเทียบเท่าอารยประเทศ ปัจจุบันนี้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กันในหลายประเทศ ล้วนแต่มีการผลิตจากต้นกำเนิดที่แตกต่างกันไป เช่น การผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยพลังงานความร้อน โดยใช้ความร้อนที่เกิดขึ้นไปผลิตไอน้ำ และส่งผ่านไอน้ำเข้าสู่เครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้าต่อไป หรือจะเป็นการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานธรรมชาติ เช่นพลังน้ำ พลังแสงอาทิตย์ หรือ พลังลมก็ตาม ทั้งนี้จะเห็นว่า ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าล้วนแต่มาจากการแปลงพลังงาน จากพลังงานหนึ่ง สู่อีกพลังงานหนึ่งทั้งนั้น

เมื่อกล่าวถึงโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนแล้ว คงจะต้องคำนึงถึงต้นกำเนิดพลังงานที่นำมาผลิตความร้อนเป็นสิ่งสำคัญ เช่นใช้น้ำมัน การใช้ถ่านหิน การใช้ก๊าซธรรมชาติ และรวมไปถึงการใช้พลังงานนิวเคลียร์เป็นต้น ต้นกำเนิดพลังงานแต่ละชนิดล้วนแต่มีข้อดี และข้อเสียแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับทรัพยากรที่ในแต่ละประเทศ ซึ่งถึงทุกวันนี้ การใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ที่กล่าวมาล้วนจะมีแต่หมดลงทุกวัน ทำให้ทุกฝ่ายตระหนักถึงการหาพลังงานเพื่อทดแทนพลังงานธรรมชาติเหล่านั้น

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถผลิตความร้อนได้จากปฏิกิริยาการแตกตัวของนิวเคลียสธาตุหนัก ทำให้เกิดเป็นพลังงานเพื่อนำไปเปลี่ยนเป็นความร้อน และแปลงไปเป็นพลังงานไฟฟ้าไปในที่สุด ซึ่งในปัจจุบันมีการออกแบบก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หลายรูปแบบด้วยกันทั้งบางประเทศยังพัฒนาไปสู่โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่ไม่จำเป็นต้องก่อสร้างบนพื้นหรือเรียกว่า โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบลอยน้ำ เช่นของประเทศรัสเซียเป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าเทคโนโลยีจะก้าวไปไกลแค่ไหน เชื้อเพลิงที่ใช้ในแกนปฏิกรณ์ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ ส่วนใหญ่จะเป็นการนำแร่ยูเรเนียม มาเป็นเชื้อเพลิงหลักเพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยาแตกตัว และนำไปสู่การแปลงพลังงานจากพลังงานการแตกตัวไปสู่พลังงานความร้อน และท้ายสุดนำไปสู่พลังงานไฟฟ้า

เชื้อเพลิงยูเรเนียมที่ใช้ในแกนปฏิกรณ์ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์นั้นจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิด และประเทศผู้ผลิต โดยธรรมชาติแล้ว แร่ยูเรเนียมจะมีปริมาณไอโซโทปต่าง ๆ คือ ^{238}U 99.28% ^{235}U 0.71% ^{234}U 0.006% โดยสำหรับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์บางแห่งจะใช้

เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ได้มาจากการนำเค้กเหลือง (Yellow Cake) U_3O_8 มาเสริมสมรรถนะ (Enrichment) ให้มีความหนาแน่นของไอโซโทป ^{235}U สูงกว่าที่เป็นในธรรมชาติประมาณ 2% ถึง 4% โดยวัฏจักรของเชื้อเพลิงนับว่ามีความสำคัญตั้งแต่เริ่มผลิต จนถึงหลังการใช้งาน

เนื่องจากเชื้อเพลิงยูเรเนียมเป็นเชื้อเพลิงที่มีราคาค่อนข้างสูงก็จริงอยู่ แต่เมื่อเทียบกับประโยชน์ที่ได้รับแล้ว ถือว่ายังมีต้นทุนในการผลิตต่ำสุด และราคาเชื้อเพลิงไม่ขึ้น-ลง เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงอื่น โดยเมื่อ 3 ปีที่ผ่านมาราคาของยูเรเนียมซึ่งเป็นเชื้อเพลิงของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ขณะที่ราคาก๊าซธรรมชาติเพิ่มสูงขึ้น 3 เท่า และราคาถ่านหินเพิ่มขึ้น 2 เท่า ดังนั้น การจัดการเชื้อเพลิงนิวเคลียร์สำหรับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ถือเป็นประเด็นสำคัญในการกำหนดต้นทุนในการผลิต ไปโดยปริยาย

งานวิจัยนี้จะศึกษาถึงการจัดการเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ภายในแกนปฏิกรณ์ โดยจะทำการคำนวณค่าการเผาผลาญของเชื้อเพลิง (Burn up) พร้อมทั้งคำนวณค่าวิกฤต (Criticality) โดยอาศัยทฤษฎีการแพร่ของนิวตรอน (Neutron diffusion theory) และพิจารณาว่าพลังงานของนิวตรอนมีมากกว่า 1 กลุ่มพลังงาน (Multi-group neutron energy) โดยงานวิจัยนี้เป็นการทำวิจัยสืบต่อจาก [1] และ [2]

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับคำนวณการจัดการเชื้อเพลิงในแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่แบบสองมิติและสองกลุ่มพลังงาน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณการจัดการเชื้อเพลิงในแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์โดยใช้ทฤษฎีการแพร่ของนิวตรอน (Neutron Diffusion Theory) และระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่อง (Finite Difference Method)

2. เปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นกับค่าทางทฤษฎีและผลการคำนวณจากโปรแกรมอื่น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้โปรแกรมสำหรับคำนวณการจัดการเชื้อเพลิงในแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบสองมิติและสองกลุ่มพลังงาน

2. เป็นพื้นฐานการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้สำหรับการจัดการเชื้อเพลิงของแกนปฏิกรณ์ ปปว.-1/1

3. สามารถพัฒนาเพื่อใช้กับการคำนวณนิวตรอนฟลักซ์ในระบบสามมิติและหลายกลุ่มพลังงาน

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2. สร้างและพัฒนาโปรแกรมเพื่อคำนวณการจัดการเชื้อเพลิงในแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์โดยใช้ทฤษฎีการแพร่ของนิวตรอนเมื่อกลุ่มพลังงานนิวตรอนมีมากกว่าหนึ่งกลุ่มพลังงานและทฤษฎีระเบียบวิธีผลต่างสืบเนื่อง

3. ตรวจสอบและปรับปรุงโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

4. เปรียบเทียบผลที่ได้กับทางทฤษฎี

5. สรุปและเขียนวิทยานิพนธ์

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง[1,2,3,4]

1.6.1 ปี พ.ศ. 2544 ภุชวดี เขียวรอด ที่บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาโปรแกรมคำนวณการจัดการแกนเชื้อเพลิงนิวเคลียร์แบบ 2 มิติและหนึ่งกลุ่มพลังงานเพื่อใช้สำหรับการจัดการเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ใช้ในแกนปฏิกรณ์ให้เกิดความเหมาะสมโดยการพิจารณาจากความเปลี่ยนแปลงของค่าวิกฤติเมื่อปฏิกรณ์ปฏิบัติการไปช่วงระยะเวลา 1 วงรอบ (cycle) โดยออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขสำหรับแก้ปัญหาสมการการแพร่ของนิวตรอน (Neutron Diffusion Equation) และพิจารณากลุ่มพลังงานของนิวตรอนเพียงหนึ่งกลุ่มพลังงานและพิจารณาห่วงโซ่ผลผลิตการแตกตัว (Fission product chain) ว่าประกอบด้วย Xenon-135 และ Samarium-149 งานวิจัยได้เปรียบเทียบความแตกต่างใน

การบรรจุเชื้อเพลิง 3 แบบ คือ แบบเชื้อเพลิงเป็นเนื้อเดียวกันทั้งแกน แบบ Out-in Loading และแบบ In-Scatter Loading ได้ข้อสรุปว่า การบรรจุเชื้อเพลิงแบบ In-Scatter ให้ผลคำนวณค่าความหนาแน่นกำลังสูงสุดต่อค่าความหนาแน่นกำลังเฉลี่ยดีที่สุด เพราะค่าความหนาแน่นกำลังสูงสุดต่อค่าความหนาแน่นกำลังเฉลี่ยระหว่างรอบการบรรจุน้อยที่สุด รองมาคือ Out-In Loading และ แบบเนื้อเดียวตามลำดับ

1.6.2 ปี พ.ศ. 2544 โดย ไพศาล เติมสินวาณิช ที่บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ได้ทำการวิจัยเรื่องการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ชื่อ NEUDAN เพื่อใช้สำหรับคำนวณค่าวิกฤติและค่านิวตรอนฟลักซ์ในแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์ซึ่งปฏิบัติการที่สภาวะใต้วิกฤติโดยออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลขสำหรับแก้ปัญหาสมการการแพร่ของนิวตรอน (Neutron Diffusion Equation) และพิจารณากลุ่มพลังงานของนิวตรอนออกเป็นหลายกลุ่มพลังงาน และพิจารณาแกนปฏิกรณ์ว่ามีรูปทรงต่างกัน พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการคำนวณค่าวิกฤตที่ได้จากเชิงวิเคราะห์ กับผลการคำนวณที่ได้จากระเบียบวิธีเชิงตัวเลข โดยพิจารณากลุ่มพลังงานนิวตรอนสูงสุดที่ 4 กลุ่มพลังงาน

1.6.3 ปี พ.ศ. 2529 ยุทธพงศ์ บุษมงคล ทำการวิจัยเรื่อง แผนการจัดการเชื้อเพลิงในแกนปฏิกรณ์ ปปว.-1/1 เป็นการวิจัยเพื่อกำหนดแผนการจัดการเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ในแกนปฏิกรณ์ ปปว.-1/1 โดยใช้การคำนวณเชื้อเพลิงแต่ละแท่งแบบ เซลเดี่ยวทรงกระบอกที่เทียบเท่า เซลหกเหลี่ยม เพื่อสร้างค่าคงที่กลุ่มและค่าภาคตัดขวางต่าง ๆ และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ DIFF2D เพื่อคำนวณหาค่าวิกฤตของแกนปฏิกรณ์ และคำนวณการเผาผลาญเชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการจัดการแกนปฏิกรณ์ ปปว.-1/1

1.6.4 ปี พ.ศ. 2547 รังษี พรเจริญ ทำการวิจัยเรื่อง การประเมินค่าคงที่ของกลุ่มนิวตรอนสำหรับสมการการแพร่หลายกลุ่มพลังงานโดยวิธียุบกลุ่ม อาศัยข้อมูลมาตรฐานทางนิวเคลียร์ ENDF แล้วทำการคำนวณหาค่าคงที่ของกลุ่มนิวตรอนโดยพิจารณาการลดพลังงานของนิวตรอนในแบบ Direct Coupling โดยค่าพลังงานสามารถกำหนดได้ตามต้องการ ทำให้ได้ค่าองค์ประกอบต่าง ๆ ที่นำไปใช้ในการคำนวณการแพร่ของนิวตรอนในแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์ด้วยสมการการแพร่