บทที่ 1

บทนำ

ทอดมุกการ สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 แนวเหตุผลทฤษฎีที่สำคัญหรือสมมุติฐาน

ในปัจจุบันนี้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของชาวโลกมาก เพราะเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เป็นแหล่งพลังงานที่ให้ประสิทธิภาพสูงและใช้ในระยะเวลายาวนาน เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ใช้กันอยู่สองชนิดคือ ชนิดเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบเอกพันธ์ (homogeneous reactor) ซึ่งเป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่มีเชื้อเพลิงและตัวหน่วงนิวตรอน (moderater) ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน และชนิดเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบวิวิธพันธ์ (heterogeneous reactor) หมายถึงเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่มีเชื้อเพลิงและตัวหน่วงนิวตรอนแยกกันคนละส่วน แต่ส่วนมากเครื่องปฏิกรณ์ชนิดวิวิธพันธ์จะใช้มากกว่าเพราะสามารถควบคุมได้ง่าย และเปลี่ยนเชื้อเพลิงได้สะดวกเมื่อเชื้อเพลิงหมดอายุการใช้งานไป โครงสร้างของเครื่องปฏิกรณ์ส่วนมากเป็นรูปทรงกระบอก ซึ่งบรรจุด้วยแท่งเชื้อเพลิงโดยถ้าเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์สามารถที่จะทำงานได้พอดี มวลของเชื้อเพลิงที่ใช้นั้นจะเรียกว่า มวลวิกฤต มวลวิกฤตนี้เราสามารถคำนวณได้โดยใช้ทฤษฎีการฟุ้งกระจายของนิวตรอนและเงื่อนไขสำหรับการฟุ้งกระจายของนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์รูปทรงกระบอก สำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะศึกษาการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ โดยการคำนวณขนาดและจำนวนเชื้อเพลิงรวมทั้งตัวหน่วงนิวตรอนที่เหมาะสมที่สุดและให้กำลังออกมาพอเหมาะ จึงจำเป็นต้องศึกษาทฤษฎีต่อไปนี้

ทฤษฎีการฟุ้งกระจายของนิวตรอน เป็นทฤษฎีที่ใช้สำหรับอธิบายการฟุ้งกระจายของนิวตรอนที่แผ่ออกมาจากต้นกำเนิดนิวตรอน โดยวางอยู่ในวัสดุที่มีความสามารถลดความเร็วและพลังงานของนิวตรอนซึ่งเรียกว่า ตัวหน่วงนิวตรอน ได้แก่พวกที่มีเลขอะตอมน้อย ๆ เช่น น้ำชนิดหนัก น้ำธรรมดา กราไฟท์ (Graphite) และเบอริลเลียม (Beryllium) เป็นต้น โดยคิดว่านิวตรอนที่วิ่งออกจากต้นกำเนิดแล้วไปฟุ้งอยู่ในตัวกลาง มีทั้งนิวตรอนเร็ว และเทอร์มัลนิวตรอน (thermal neutron) หรือนิวตรอนช้า

ส่วนนิวตรอน เร็วนั้น เกิดจากปฏิกริยาฟิชชัน (fission) ภายใน เชื้อ เพลิง เท่านั้น เมื่อผ่านออกมาจาก เชื้อ เพลิงจะถูกตัวหน่วงนิวตรอนลดความ เร็วลงจนกระทั่งกลาย เป็น เทอร์มัลนิว-ตรอน แต่ถึงอย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติการสร้าง เครื่องปฏิกรณ์นิว เคลียร์นั้นจะต้องมีขนาดจำกัด ดังนั้นจึงต้องมีการคิดการดูดกลืนและการรั่วของนิวตรอนด้วย แต่ เครื่องปฏิกรณ์จะสามารถทำงานได้นั้นอย่างน้อยอัตราการ เกิดนิวตรอนกับอัตราการสูญ เสียนิวตรอน (ซึ่งหมายถึงอัตราการดูดกลืนและอัตราการรั่วของนิวตรอน) จะต้อง เท่ากัน

นอกจากต้องศึกษาทฤษฎีการฟุ้งกระจายของนิวตรอนแล้วยังต้องอาศัย เงื่อนไขของการฟุ้งกระจายของนิวตรอนใน เครื่องปฏิกรณ์นิว เคลียร์รูปทรงกระบอก ซึ่งกล่าวถึงความต่อ เนื่องของนิวตรอนฟลักซ์ (neutron flux) ระหว่างผิวของตัวกลางทั้งสองที่มีคุณสมบัติในการฟุ้งกระจายต่างกัน และความต่อ เนื่องของกระแสนิวตรอนในแนวตั้งฉากกับรอยต่อของตัวกลางทั้งสองนี้ด้วย

ส่วนที่ เรียกว่าแกนของ เครื่องปฏิกรณ์จะหมายถึงส่วนที่ เป็นตัวหน่วงนิวตรอนและมีแท่ง เชื้อ เพลิงซึ่งจัด เรียงห่างกันในระยะ เท่า ๆ กันในลักษณะต่าง ๆ เช่น รูปสี่ เหลี่ยม-จัตุรัส รูปสาม เหลี่ยมด้าน เท่า และรูปหก เหลี่ยมด้าน เท่า เป็นต้น ดังนั้น เมื่อ เกิดปฏิกริยาฟิชชันจะ เกิดจำนวนนิวตรอนขึ้นมามากมาย จำนวนนิวตรอนที่ เกิดจะ เป็นนิวตรอน เร็วและจะถูกตัวหน่วงนิวตรอนลดพลังงานลงจนกระทั่ง เป็น เทอร์มัลนิวตรอนซึ่งหมายถึงนิวตรอนที่มีความ เร็วสัมพันธ์กับอุณหภูมิของตัวกลางนั้น ๆ แต่จะมีนิวตรอนจำนวนหนึ่งที่หลุดรอดออกมาจากแกน เครื่องปฏิกรณ์นิว เคลียร์ทำให้ปฏิกริยาฟิชชันลดลงจึงควรต้องมีตัวสะท้อนนิวตรอนมาหุ้มแกน เครื่องปฏิกรณ์อีกชั้นหนึ่ง เพื่อให้นิวตรอนที่หลุดออกมาจำนวนหนึ่งสะท้อนกลับ เข้าไป เพิ่มปฏิกริยาฟิชชันขึ้นอีก ดังนั้นตัวสะท้อนนิวตรอนจึงมีประโยชน์ทำให้แกน เครื่องปฏิกรณ์มีขนาดลดลง ซึ่งหมายถึงจำนวน เชื้อและตัวหน่วงนิวตรอนที่ใช้จะลดลงกว่า เดิม ตัวสะท้อนนิวตรอนที่ดีนั้นจะต้องมีคุณสมบัติในการดูดกลืนนิวตรอนต่ำ แต่มีคุณสมบัติในการชนแบบกระ เจิงกับนิวตรอนได้ดีซึ่งโดยมากจะ เป็นพวกที่มี เลขอะตอมน้อย ๆ ได้แก่ น้ำชนิดหนัก เบอริล เลียม และกราไฟท์ เป็นต้น

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อการศึกษาออกแบบแกนกลางของ เครื่องปฏิกรณ์นิว เคลียร์รูปทรงกระบอกที่เหมาะสม

2. เพื่อการศึกษาออกแบบขนาดและรูปร่างของแท่ง เชื้อ เพลิงที่ใช้ใน เครื่องปฏิกรณ์นิว เคลียร์รูปทรงกระบอก

3. เพื่อการศึกษาออกแบบค่า เอฟ เฟคทีฟ มัลติพลิ เคชัน แฟก เตอร์ (effective multiplication factor) เมื่อใช้น้ำชนิดหนัก เป็นตัวสะท้อนนิวตรอนสำหรับหุ้มแกนกลางของเครื่องปฏิกรณ์นิว เคลียร์

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้แนวทางในการศึกษาออกแบบ เครื่องปฏิกรณ์นิว เคลียร์รูปทรงกระบอก ซึ่งหุ้มด้วยน้ำชนิดหนัก เป็นตัวสะท้อนนิวตรอนโดยใช้ทฤษฎีของนิวตรอนสองพวก

2. จะ เป็นประโยชน์ เมื่อประ เทศไทยคิดสร้าง เครื่องปฏิกรณ์นิว เคลียร์ชนิดต่ำกว่าวิกฤต (subcritical nuclear reactor) ด้วยตัว เอง

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำ เนินการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล และทฤษฎีจากวารสาร หรือ เอกสารต่าง ๆ

2. ทดลองคำนวณหาขนาดของ เครื่องปฏิกรณ์นิว เคลียร์รูปทรงกระบอกโดยใช้ทฤษฎีของนิวตรอนหนึ่งพวก โดย

2.1 กำหนดขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางของแท่ง เชื้อ เพลิง ความหนาของวัสดุที่ใช้หุ้มแท่ง เชื้อ เพลิง โดยใช้ยู เร เนียมธรรมชาติ (natural uranium) เป็น เชื้อ เพลิง มีอะลูมินัม (aluminum) หรือ เซอร์โค เนียม (zirconium) เป็นวัสดุหุ้มแท่ง เชื้อ เพลิง

2.2 กำหนดให้น้ำชนิดหนัก (heavy water) เป็นตัวหน่วงนิวตรอน

ในการคำนวณนี้จะอาศัยอ้างอิงและ เปรียบ เทียบในวารสารหรือ เอกสารอ้างอิงที่บอกรายละ เอียดไว้พอสัง เขปตามที่จะหามาได้ เพื่อ เป็นการตรวจความถูกต้องของวิธีการคำนวณที่ได้ค้นคว้าศึกษาจากทฤษฎี

3. ศึกษาและเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นภาษาเบสิค (BASIC) เพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการคำนวณหาขนาดที่เหมาะสมของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

4. ศึกษารายละเอียดและทฤษฎีของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์รูปทรงกระบอกที่หุ้มด้วยน้ำชนิดหนักเป็นตัวสะท้อนนิวตรอน

5. ทดลองคำนวณขนาดของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่หุ้มด้วยตัวสะท้อนนิวตรอน

6. คำนวณค่าเอฟเฟคทีฟ มัลติพลิเคชัน แฟกเตอร์ ที่เพิ่มขึ้นซึ่งจะบอกถึงขีดความสามารถในการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์