บทที่ ๑

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๑.๑ ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันประเทศไทยและประเทศต่าง ๆ ในโลก ได้ประสบปัญหาการขาดแคลนแหล่งทรัพยากรพลังงาน จึงได้มีการลงทุนดำเนินการค้นคว้า วิจัย และพัฒนาในเรื่องพลังงานจากแสงแดด พลังงานจากลม พลังงานจากวัสดุเหลือทิ้ง และพลังงานนิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์จึงเป็นทางออกทางหนึ่งซึ่งจะช่วยบรรเทาปัญหาพลังงานลงได้ แต่ประชาชนไม่สนับสนุน เนื่องจากยังมีความข้องใจในเรื่องความปลอดภัย ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ให้ความสนใจในพัฒนาการด้านการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานนิวเคลียร์เช่นกัน

ในการใช้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ผลิตไฟฟ้า เราจำเป็นต้องศึกษารายละเอียดการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์และมาตรการต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยมากที่สุด การศึกษาเบื้องต้นที่สำคัญ คือ การศึกษาการประพฤติตัวของนิวตรอน (neutron behavior) ซึ่งเกิดจากปฏิกริยาแตกตัวอย่างต่อเนื่อง (fission chain reaction) ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

การคำนวณเครื่องปฏิกรณ์แบบเทอร์มัล (thermal reactor) ขั้นพื้นฐานจะใช้สมมติฐานง่าย ๆ หลายประการ เช่น การประมาณให้นิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์มีพลังงานเดียวเท่านั้น คือ พลังงานเทอร์มัลและการประมาณให้แกนกลาง (core) เป็นเอกพันธ์ (homogeneous) ในการออกแบบและติดตามการเดินเครื่องของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ใช้เพื่อผลิตพลังงาน (power reactor) จะใช้สมมติฐานเหล่านี้ไม่ได้ เนื่องจากนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์มีหลายพลังงานและส่วนประกอบ (composition) ของแกนกลางจะมีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละรีเจี้ยน (region) ในการคำนวณจึงต้องจัดให้มีกลุ่มของนิวตรอนที่มีพลังงานต่าง ๆ กันเป็นหลายกลุ่ม และเนื่องจากแกนกลางไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (non-homogeneous) โดยปกติจึงแบ่งแกนกลางออกเป็น region ย่อย ๆ การคำนวณหาค่าคงที่ทางนิวเคลียร์ (nuclear constants) เช่น ค่าภาคตัดขวาง (cross sections) ต้องเริ่มคำนวณจากยูนิตเซล (unit cell) โดยใช้ทฤษฎี

ทรานสปอร์ต (transport theory) แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อทำให้ยูนิตเซลในแต่ละมัดเชื้อเพลิง (assembly) เป็นเนื้อเดียวกัน และหาค่าเฉลี่ยของค่าคงที่ในแอสเซมบลี้ทั้งหมดเพื่อให้แกนกลางเป็นเนื้อเดียวกันทำให้ได้ค่าคงที่ที่ถูกต้องที่สุด เพื่อนำไปคำนวณเครื่องปฏิกรณ์โดยทฤษฎีการแพร่ของนิวตรอน (neutron diffusion theory)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึง การคำนวณค่าสภาวะวิกฤต (criticality) และเบอร์นอัพ (burnup) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปริบ - 5 (RIBOT-5) ซึ่งประกอบด้วย 1 โปรแกรมหลัก(main program)กับ 12 สับรูทีนสับโปรแกรม (subroutine subprogram) ข้อกำหนดสำหรับโปรแกรมนี้ คือ การให้เครื่องปฏิกรณ์เป็นจุด (zero dimension) แกนกลางประกอบด้วย 1 รีเจี้ยน นิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์มีพลังงานต่าง ๆ กันเป็น 5 กลุ่ม คือนิวตรอนเร็ว (fast neutron) 3 กลุ่ม เขตของกลุ่มอยู่ที่พลังงาน 10 MeV, 183 KeV. และ 5.53 KeV. กับนิวตรอนช้า (themal neutron) 2 กลุ่ม เขตของกลุ่มอยู่ที่พลังงาน 0.625 eV. และ 0.2 eV. และสมมติให้แกนกลางของเครื่องปฏิกรณ์ประกอบขึ้นด้วยยูนิตเซลที่เหมือนกัน (identical unit cells)

๑.๒ <u>ลักษณะแกนกลางของเครื่องปฏิกรณ์แบบใช้น้ำธรรมดา (Light Water Reactor, LWR)</u>

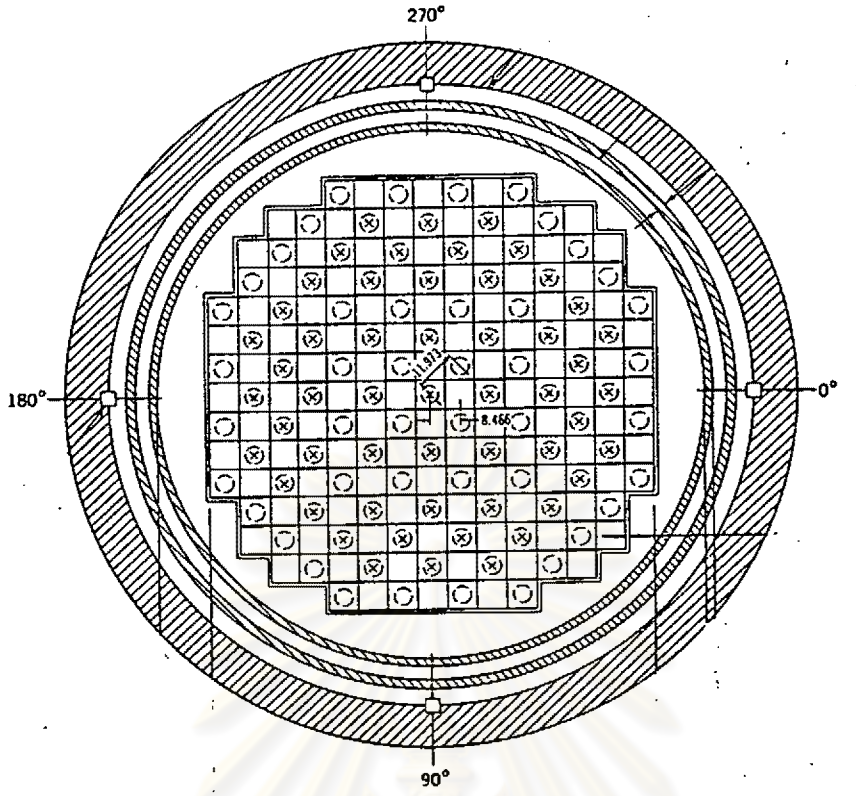
เครื่องปฏิกรณ์แบบใช้น้ำธรรมดา คือ เครื่องปฏิกรณ์ที่ใช้น้ำบริสุทธิ์เป็นทั้งตัวระบายความร้อนและตัวหน่วงความเร็วของนิวตรอน ใช้ยูเรเนียม -235 เข้มข้นประมาณ 2 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์เป็นเชื้อเพลิง เครื่องปฏิกรณ์ LWR มี 2 แบบ คือ

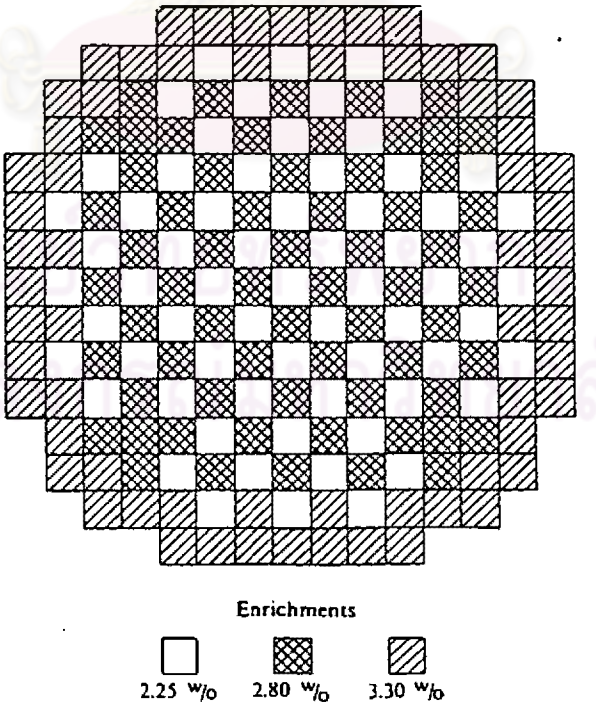
๑.๒.๑ แบบ Boiling Water Reactor (BWR) เป็นแบบวงจรเดี่ยวหรือ direct cycle น้ำที่หมุนในวงจรระบายความร้อนจากเชื้อเพลิงแล้วจะเปลี่ยนไปเป็นไอน้ำไปขับดันกังหันไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าโดยตรง

๑.๒.๒ แบบ Pressurized Water Reactor (PWR) เป็นแบบ 2 วงจร หรือ indirect cycle น้ำในวงจรแรกมีความดันสูง จึงมีสถานะเป็นน้ำอยู่ตลอดเวลา น้ำในวงจรนี้รับความร้อนจากเชื้อเพลิง แล้วถ่ายเทความร้อนให้แก่น้ำในวงจรที่ 2 โดยอาศัย steam generator น้ำในวงจรที่ 2 ได้รับความร้อนแล้วกลายเป็นไอไปขับดันกังหันไอน้ำ

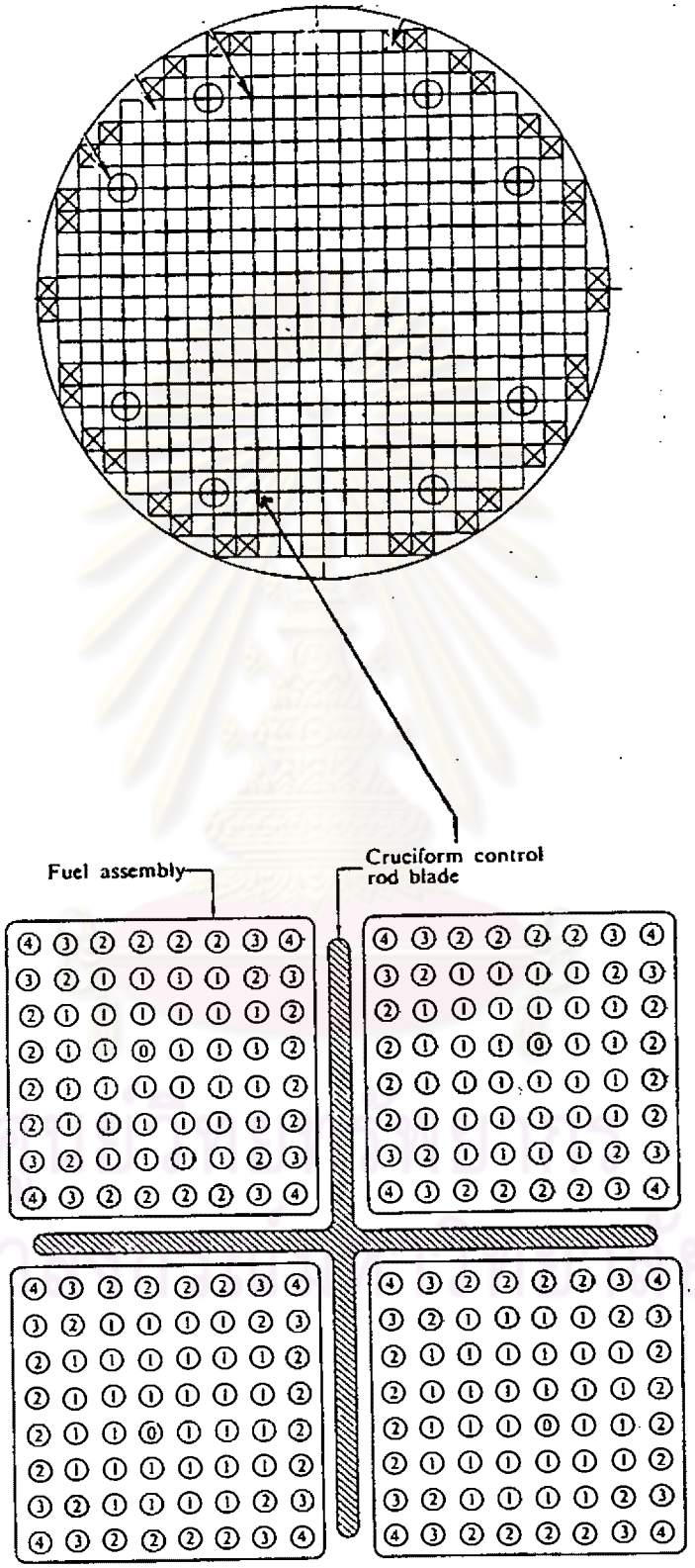
แกนกลางของเครื่องปฏิกรณ์ (รูปที่ ๑, ๒) ประกอบขึ้นด้วยแท่งเชื้อเพลิง (fuel element) ตัวหน่วงนิวตรอน (moderator) และแท่งควบคุม (control rod) ลักษณะของแท่งควบคุมในเครื่องปฏิกรณ์แบบ BWR เป็นฟอร์มกากะบาด (cruciform) ดังรูปที่ ๓ ส่วนแท่งควบคุมในเครื่องปฏิกรณ์แบบ PWR ฟอร์มรวมกันเป็นกลุ่ม (cluster) ดังรูปที่ ๔ รูปที่ ๕ แสดงรูปแท่งเชื้อเพลิง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

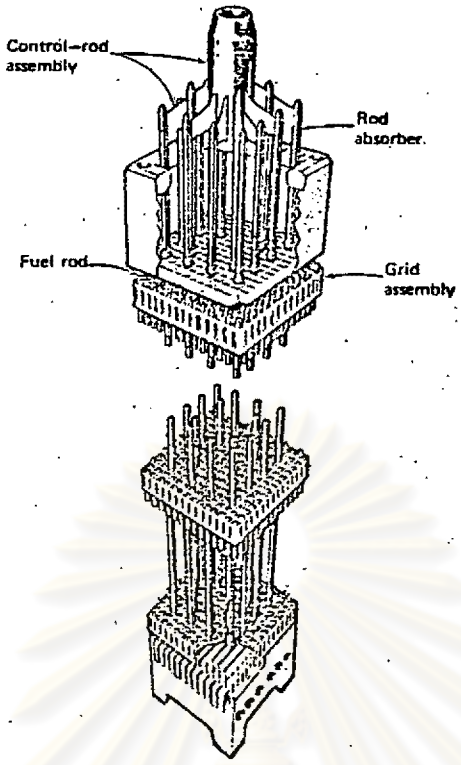




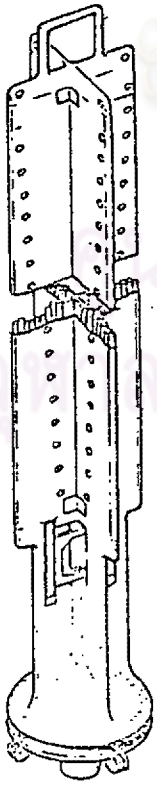
รูปที่ ๑.๔ แกนกลางของเครื่องปฏิกรณ์ PWR



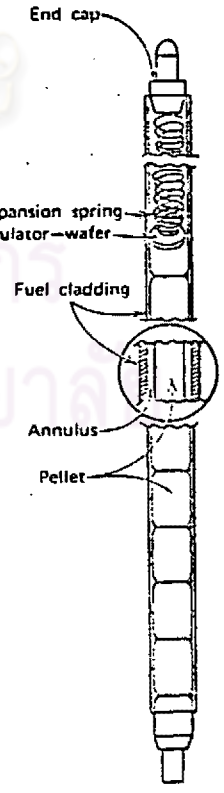
รูปที่ ๒[๑,๔] แกนกลางของเครื่องปฏิกรณ์ BWR



รูปที่ ๓ แท่งควบคุมของเครื่องปฏิกรณ์ PWR



รูปที่ ๔ แท่งควบคุมของเครื่องปฏิกรณ์ BWR



รูปที่ ๕ แท่งเชื้อเพลิงของ LWR