บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับแบบฉับพลันโดยใช้เทคนิคการกระเพื่อมกำลังขนาดย่อม ได้อาศัยทฤษฎีการแพร่กระจายของนิวตรอน (diffusion equation) ในตัวกลางปฏิกรณ์ที่มีขอบเขต โดยใช้นิวตรอนล่ากลุ่มเดียว และประมาณการกระโดด (prompt jump approximation) ของความหนาแน่นนิวตรอน จากการประมาณการดังกล่าว จึงได้สมการที่เหมาะสมและง่ายต่อความเข้าใจเพื่อใช้อธิบายการเคลื่อนไหวของนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์ เมื่อประกอบกับทฤษฎีทางด้านการถ่ายเทความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง ทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนวิกฤตกับค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับแบบฉับพลัน นอกจากความสัมพันธ์ดังกล่าว อาศัยการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของเครื่องปฏิกรณ์บางตัวและคุณสมบัติการถ่ายเทความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง จึงสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับแบบฉับพลันได้

จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนวิกฤตกับค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับแบบฉับพลันที่ได้ การวิจัยจึงประกอบด้วยการปรับเทียบค่าเปลี่ยนวิกฤตของแท่งควบคุม การหาค่าส่วนกลับของค่าคงตัวเวลาในการถ่ายเทความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง และการกระเพื่อมกำลังขนาดย่อม

ในการกระเพื่อมกำลังขนาดย่อม ได้เพิ่มค่าเปลี่ยนวิกฤตให้แก่เครื่องปฏิกรณ์อยู่ในช่วง 30 - 50 เซนต์เท่านั้น ทั้งนี้เพื่อให้สามารถใช้เทคนิคการกระเพื่อมกำลังขนาดย่อมและประมาณการกระโดดของความหนาแน่นนิวตรอน อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์ได้

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับแบบฉับพลันได้ใช้ค่า λ ประมาณ 0.0767 วินาที$^{-1}$ ค่า $a \cong 0.62$ และ $\gamma \cong 0.023 - 0.030$ วินาที$^{-1}$ เพื่อให้ผลการคำนวณอยู่ในย่านที่เป็นไปได้เมื่อเทียบกับผลการทดลองที่ได้มีรายงานไว้

ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับแบบฉับพลันของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1/ปรับปรุงครั้งที่ 1 ที่ได้จากการวิจัยมีค่าโดยสรุปได้ดังนี้

6.1.1 ที่ย่านอุณหภูมิเฉลี่ยโดยปริมาตรของแท่งเชื้อเพลิง 53-57 °ซ มีค่าเฉลี่ย -1.39 เซนต์/°ซ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากเทคนิคการวัดการสูญเสียค่าเปลี่ยนวิกฤต และเทคนิคการกระเพื่อมกำลังขนาดย่อม ของมหาวิทยาลัยอริโซนา โดยมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณของแท่งเชื้อเพลิงแบบมาตรฐาน ที่รายงานโดยบริษัท เจเนอรัลอะตอมมิค ประมาณ 16 เปอร์เซนต์

6.1.2 เป็นเพียงค่าที่อ้างอิงของเครื่องปฏิกรณ์ เพื่อใช้ติดตามการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับในอนาคต และเป็นการยืนยันว่าเครื่องปฏิกรณ์มีความปลอดภัยจากอุบัติเหตุอันอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแท่งเชื้อเพลิง

6.1.3 เป็นค่าเฉพาะของเครื่องปฏิกรณ์ ที่มีการจัดเรียงแท่งเชื้อเพลิงภายในแกนเครื่องปฏิกรณ์เท่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน (core loading no. III)

การหาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับแบบฉับพลัน โดยใช้เทคนิคการกระเพื่อมกำลังขนาดย่อมนี้ ไม่เหมาะสมกับเครื่องปฏิกรณ์ที่จะหมดอายุการใช้งาน เนื่องจากจะมีค่าสัมประสิทธิ์ย้อนกลับของค่าเปลี่ยนวิกฤตที่ไม่ขึ้นกับ อุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้องได้มาก ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับแบบฉับพลันที่ได้จากการวิจัยมีลักษณะไม่เป็นสมการเส้นตรง และไม่ใช่ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับแบบฉับพลันแต่เพียงอย่างเดียว

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ควรพิจารณาการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของนิวตรอน ที่มีพลังงานหลายพลังงาน (multigroup) ทั้งนี้เพื่อขจัดข้อบกพร่องอันเกิดจากการพิจารณานิวตรอนเพียงกลุ่มเดียว (one group)

6.2.2 เมื่อต้องการให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับแบบฉับพลันที่ถูกต้องยิ่งขึ้น จำเป็นต้องศึกษาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในรายละเอียดต่อไป ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วค่าพารามิเตอร์บางตัว มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติอื่น ๆ ของเครื่องปฏิกรณ์ในทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนมาก

6.2.3 ควรทำการวิจัยหาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับแบบฉับพลัน โดยอาศัยเทคนิคอื่นเพื่อได้ข้อมูลในย่านอุณหภูมิกว้างขึ้นมาเปรียบเทียบ

6.2.4 เมื่อเครื่องปฏิกรณ์จะหมดอายุการใช้งาน การหาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิย้อนกลับแบบฉับพลัน โดยใช้เทคนิคการกระเพื่อมกำลังขนาดย่อม ควรพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ย้อนกลับ เนื่องจากไอโซโทปที่มีคุณสมบัติดูดกลืนนิวตรอนอีกค่าหนึ่งเข้าไปในสมการค่าเปลี่ยนวิกฤตของเครื่องปฏิกรณ์ เช่น ผลของ ซีนอน-135 (Xenon-135) เป็นต้น และสมการค่าเปลี่ยนวิกฤตอาจจะเปลี่ยนไปเป็น

$$\rho = \rho_o - \rho_{fT} - \rho_{fXe} - \cdots\cdots$$

เมื่อ ρ_{fT} = ค่าเปลี่ยนวิกฤตย้อนกลับเนื่องจากผลของอุณหภูมิแท่งเชื้อเพลิง

ρ_{fXe} = ค่าเปลี่ยนวิกฤตย้อนกลับเนื่องจากผลของซีนอน-135

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย