บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการใช้งานของโปรแกรมเบสท์-5

จากการศึกษาและผลการคำนวณ จะเห็นได้ว่าโปรแกรมนี้สามารถใช้งานได้อย่างกว้าง-ขวาง กล่าวคือ

5.1.1 สามารถใช้ในด้านการวางแผนระยะยาว เพื่อใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูให้คุ้มค่าทั้งทางด้านการใช้เครื่องและวัฏจักรเชื้อเพลิง โดยค่าทำนายที่คำนวณได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

5.1.2 สามารถใช้ในด้านการวางแผนระยะสั้น หากปรากฏว่าวัฏจักรจะสิ้นสุดลงที่ช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังงานมากในฤดูแล้ง ซึ่งประจวบเหมาะกับการที่พลังงานน้ำมันอื่นขาดแคลน จะสามารถพิจารณาผลได้ผลเสียในกรณีที่ยืดเวลาหรือลดเวลาเดินเครื่องหรือหยุดตามเวลาที่วัฏจักรสิ้นสุดลง เพราะราคาของวัฏจักรเชื้อเพลิงจะเป็นตัวเปรียบเทียบที่ช่วยในการตัดสินใจ

5.1.3 โปรแกรมนี้ใช้สำหรับเลือกการจัดการเชื้อเพลิงในแกนกลางชุดแรก และเลือกวิธีการเปลี่ยนเชื้อเพลิงในวัฏจักรต่อไป โดยให้ค่าราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด โดยคำนึงถึงราคาเชื้อเพลิงทดแทนด้วย ซึ่งนอกจากจะใช้เชื้อเพลิงได้อย่างคุ้มค่าที่สุดแล้ว ยังสามารถประหยัดค่าเชื้อเพลิงจากการเลือกการจัดการเชื้อเพลิงที่ไม่เหมาะสม ยกตัวอย่างเช่น เพียงแต่สามารถประหยัดราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงลงได้ 0.1 mills/kWhr แล้วในเวลา 1 ปี โรงไฟฟ้าปรมาณูขนาด 800 $MW_e$ จะสามารถประหยัดค่าราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงได้ประมาณ 600,000 ดอลล่ารัสหรัฐต่อปีหรือประมาณ 14 ล้านบาทต่อปี

5.1.4 โปรแกรมนี้สามารถใช้กับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูชนิด BWR และ PWR ขนาดต่าง ๆ และการจัดการเชื้อเพลิงในแกนกลางต่าง ๆ กัน ทั้งนี้โดยการเปลี่ยนพารามิเตอร์และใช้ข้อมูลที่เหมาะสม

สำหรับข้อควรระวังในการใช้โปรแกรมนี้ เนื่องจากพารามิเตอร์ขึ้นอยู่กับจำนวนบิทใน 1 เวิร์ด (word) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังนั้นพารามิเตอร์จึงขึ้นอยู่กับยี่ห้อของคอมพิวเตอร์ด้วย ยกตัวอย่างเช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ UNIVAC 1108 ใน 1 เวิร์ดมี 36 บิท ค่าพารามิเตอร์ M3 ซึ่งเป็นตัวกำหนดจำนวนโซ่นในแกนกลางจะเท่ากับ 6 แต่เครื่องคอมพิวเตอร์ IBM 370 ใน 1 เวิร์ด มี 32 บิท ค่าพารามิเตอร์ M3 จะเท่ากับ 4 เป็นต้น ดังนั้นหากจะนำโปรแกรมไปคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ยี่ห้ออื่นจะต้องจัดพารามิเตอร์ให้เหมาะสมเสียก่อนจึงจะนำไปใช้งานได้

สำหรับข้อจำกัดการใช้โปรแกรมนี้ เนื่องจากโปรแกรมนี้ใช้วิธีไดนามิคโปรแกรมมิงของเบลล์มานในการคำนวณเลือกค่าที่เหมาะสม แม้ว่าจะใช้วิธีเทียบเท่าสภาพความคล้ายคลึง (similar states) แล้วก็ตาม ก็ยังคงต้องใช้จำนวนหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการคำนวณเป็นจำนวนมาก ดังนั้นโปรแกรมนี้จึงสามารถใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดค่อนข้างใหญ่เท่านั้น กล่าวคือ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้จะต้องมีหน่วยความจำไม่ต่ำกว่า 65K เวิร์ด และจะต้องมีดรัมหรือจานแม่เหล็กช่วยในการบันทึกข้อมูลในขณะที่ทำการคำนวณ ทั้งนี้เพื่อช่วยเสริมขนาดหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์

## 5.2 สรุปผลการวิเคราะห์ในการศึกษาปัญหานี้

จากการศึกษาวิเคราะห์ราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงปรมาณูด้วยโปรแกรมนี้โดยเครื่องปฏิกรณ์ที่ประกอบการศึกษาโดยที่เป็นข้อมูลมาตรฐานนั้น เป็นเครื่องปฏิกรณ์ยี่ห้อ BWR ขนาด 840 $MW_e$ จำนวนเชื้อเพลิง 560 ชุด แลตทิซ 8x8 ค่าเบิร์นอัพเฉลี่ยในแกนกลาง 28,000 MWd/tonne ยูทิไลเซชันแฟคเตอร์ 90% และระยะเวลาการเดินเครื่อง 20 ปี โดยเริ่มเดินเครื่องครั้งแรกเมื่อวันที่ 1 มกราคม คศ. 1990 นั้น ทราบว่าเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูยี่ห้อและขนาดเดียวกันหากมีการเปลี่ยนข้อมูลไปจากมาตรฐานจะปรากฏผลดังนี้

5.2.1 กำลังการผลิตลดลง ราคาเชื้อเพลิงของพลังงานทดแทนขณะเดินเครื่องและหยุดเครื่องจะลดลง

5.2.2 ค่ายูทิไลเซชันแฟคเตอร์ลดลง ราคาเชื้อเพลิงของพลังงานทดแทนขณะเดินเครื่องสูงขึ้น

5.2.3 ช่วงเวลาหยุดเครื่องระหว่างวัฏจักรยาวขึ้น ราคาเชื้อเพลิงของพลังงานทดแทนขณะหยุดเครื่องมากขึ้น

5.2.4 จำนวนปีในการเดินเครื่องลดลง ราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงจะสูงขึ้น

สำหรับผลการเปรียบเทียบราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงในการศึกษาครั้งนี้กับผู้จัดทำโปรแกรมได้ศึกษาไว้ด้วยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่คล้ายคลึงกัน ปรากฏว่า เมื่อคิดเทียบราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงเป็นราคาในวันที่ 1 มกราคม คศ. 1975 แล้วจะต่างกันอยู่ประมาณ 0.167 mills/kWhr หรือประมาณ 6.23% เมื่อเทียบกับราคาที่ผู้จัดทำโปรแกรมได้ศึกษาไว้ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบราคาต่าง ๆ ที่ใช้คำนวณเป็นราคาที่คาดคะเนของปี คศ. 1990 ดังนั้นความแตกต่างของราคาในการศึกษาครั้งนี้จึงถือว่าเป็นที่ยอมรับได้

5.3 <u>ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษาปัญหานี้</u>

5.3.1 ทราบถึงการวางแผนการใช้วัฏจักรเชื้อเพลิงได้อย่างคุ้มค่า ด้วยการจัดการเชื้อเพลิงภายในแกนกลางให้เหมาะสม โดยมีเงื่อนไขต่างๆ กัน

5.3.2 ทราบถึงการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งมีผลต่อราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงปรมาณู เช่น การยืดเวลาเดินเครื่องออกไป เพื่อหลีกเลี่ยงการหยุดเครื่อง ในช่วงเวลาที่มีความต้องการทางพลังงานมาก

5.3.3 ทราบถึงภาวะและองค์ประกอบต่างๆ ที่จะมีผลต่อราคาวัฏจักรเชื้อเพลิง ซึ่งจะสามารถทำให้ทำนายและวิเคราะห์ความเป็นไปของราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงได้ เมื่อภาวะและองค์ประกอบนั้นๆ ได้เปลี่ยนไป

5.3.4 สามารถทำนายราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงในเงื่อนไขต่างๆ ที่ตั้งไว้รวมทั้งเงื่อนไขที่ได้เกิดขึ้นใหม่ โดยไม่คาดคิด เช่น มีการหยุดเครื่องเป็นเวลามากว่าที่คาดคิดไว้ หรือเกิดการยืดหรือลดเวลาการเดินเครื่อง ซึ่งล้วนแล้วแต่มีผลต่อราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงทั้งสิ้น

5.3.5 จากการเปรียบเทียบราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงปรมาณูกับราคาเชื้อเพลิงพลังงานทดแทน (ในที่นี้ใช้แก๊สธรรมชาติเป็นบรรทัดฐาน) ที่ปี ค.ศ.1990 จะมีราคา 15.595 (ผลการคำนวณในกรณีที่ 2) กับ 36 mills/kWhr ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงนี้เป็นหัวใจสำคัญ

สำคัญในการที่โรงไฟฟ้าปรมาณูสามารถผลิตไฟฟ้าได้ในราคาที่แข่งขันได้กับระบบการผลิตกระแส-ไฟฟ้าอื่น ๆ แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงราคาในการลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้าด้วย

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 ควรจะมีการศึกษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูในด้านอื่น ๆ เช่น นิวตรอนฟลักซ์ เบิร์นอัพ รีแอคติวิตี การออกแบบแกนกลางเป็นต้น เพื่อที่สามารถทราบถึงความเป็นไปขององค์ประกอบต่าง ๆ ของเครื่องปฏิกรณ์ และสามารถนำผลการคำนวณจากโปรแกรมเหล่านี้มาสัมพันธ์กันเพื่อใช้ประโยชน์ตามที่ต้องการ ดังเช่น โปรแกรมเบสท์-5 จะใช้ค่าคงที่ทางนิวเคลียร์ที่ได้จากโปรแกรม LEOPARD มาช่วยในการคำนวณหาค่ารีแอคติวิตีและเบิร์นอัพ เป็นต้น

5.4.2 ควรจะมีการศึกษาและวิเคราะห์ราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงปรมาณู โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์อื่น ๆ เช่น GEM, MITCOST II, FUEL COST และอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบผลคำนวณที่ได้สภาพเงื่อนไขและข้อจำกัดการใช้งาน และค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการคำนวณ เช่น เงินค่าเวลาของเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

5.4.3 ควรจะได้มีการติดตามเรื่องข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบราคาและตัวประกอบการแปรเปลี่ยนขององค์ประกอบราคาอย่างใกล้ชิด เพื่อที่จะได้ข้อมูลที่ถูกต้องกับความเป็นจริงนำไปใช้งานอันจะได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำขึ้น

5.4.4 ควรจะได้ลองคำนวณราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูชนิด BWR และ PWR ขนาดต่าง ๆ เพื่อพิจารณาถึงค่าราคาที่ได้ว่ามีความเป็นไปอย่างไร

5.4.5 ควรจะได้หาโปรแกรมอื่นที่ใช้คำนวณราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงปรมาณูของเครื่องปฏิกรณ์แบบ HWR เพื่อทำการศึกษาและเปรียบเทียบความแตกต่างราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงระหว่าง LWR และ PWR

5.4.6 เนื่องจากราคาวัฏจักรเชื้อเพลิงเป็นองค์ประกอบราคาของราคาค่าไฟฟ้าพลังงานปรมาณู ดังนั้นจึงเห็นว่าควรจะทำการศึกษาต่อไปในราคาค่าไฟฟ้า แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับราคาค่าไฟฟ้าของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าอื่น ๆ

5.4.7 ควรจะได้มีการศึกษาและดัดแปลงโปรแกรมคอมพิวเตอร์ อันเกี่ยวข้องกับการคำนวณทางด้านเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่มีความไม่ซับซ้อนมากนัก ให้สามารถใช้ได้กับมินิคอมพิวเตอร์ โดยอาจแบ่งโปรแกรมออกเป็นส่วน ๆ ตามความต้องการในด้านการศึกษา ทั้งนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการเรียนการสอนและการเตรียมบุคลากรที่จะเข้าทำงานในโรงไฟฟ้าปรมาณู