

การกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
โดยพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัด

นายวฤต รัตนจีน



สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-566-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**GENERATOR MAINTENANCE SCHEDULING
WITH CONSIDERATION OF ENERGY LIMITED UNITS**

MR. Warit Rattanachuen

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering**

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 1997

ISBN 974-638-566-6

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วัตถุ รัตนจีน : การกำหนดแผนบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัด (Generator Maintenance Scheduling with Consideration of Energy Limited Units) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์, 170 หน้า. ISBN 974-638-566-6

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาและพัฒนากระบวนการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่ ซึ่งต้องการแผนบำรุงรักษารายวันสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยพิจารณาครอบคลุมถึงเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆในระบบไฟฟ้ากำลัง เพื่อให้แผนบำรุงรักษาที่ได้เป็นแผนบำรุงรักษาที่เหมาะสมในทางปฏิบัติและใช้เวลาในการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม

กระบวนการที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้อาศัยวิธีการลดขอบเขตของปัญหาลง โดยพิจารณาค่าใช้จ่ายในการผลิตเป็นตัวแปรหลักเพื่อดำเนินการค้นหาคำตอบขั้นต้น จากนั้นจึงแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยวิธี Levelized Loss Of Load Probability (LOLP) ซึ่งพิจารณาค่าดัชนี LOLP เป็นตัวแปรหลัก สำหรับการพิจารณาถึงผลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำซึ่งมีพลังงานจำกัดนั้น ได้นำวิธีการตัดยอดโหลด (Peak shaving method) มาแก้ปัญหา ทั้งนี้ในการคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้และค่าใช้จ่ายในการผลิตได้ มีการพิจารณาความไม่แน่นอนในการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องด้วย

ผู้ศึกษาได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยอาศัยวิธีการและกระบวนการดังกล่าวขึ้น จากนั้นได้ทำการทดสอบทดสอบกับระบบ IEEE-RTS (IEEE reliability test system) และระบบไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยประจำปีงบประมาณ 2541 และ 2542 พบว่ากระบวนการกำหนดแผนบำรุงรักษาที่พัฒนาขึ้นใช้เวลาในการแก้ปัญหารวดเร็วกว่าวิธีที่นิยมในปัจจุบัน อีกทั้งความเชื่อถือได้และค่าใช้จ่ายในการผลิตรวมของระบบไฟฟ้ากำลังก็ใกล้เคียงหรือดีกว่าแผนบำรุงรักษาที่กำหนดได้จากวิธีที่ใช้อยู่ทั่วไป นอกจากนี้เงื่อนไขต่างๆที่นำมาพิจารณานั้นประกอบด้วยเงื่อนไขทั่วไปและที่เป็นเงื่อนไขเฉพาะของระบบไฟฟ้ากำลังของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ทำให้กระบวนการและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้กำหนดแผนบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในทางปฏิบัติได้จริง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อผู้สมัคร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

3971598321 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEY WORD: GENERATOR MAINTENANCE SCHEDULING / ENERGY LIMITED UNITS / PEAK SHAVING METHOD / LEVELIZED LOLP / DYNAMICS PROGRAMMING / BRANNC AND BOUND
WARIT RATTANACHUEN : GENERATOR MAINTENANCE SCHEDULING WITH CONSIDERATION OF ENERGY LIMITED UNITS. THESIS ADVISOR: ASSIST. PROF. BUNDHIT EUA-ARPORN, Ph.D. 170 PP. ISBN 974-638-566-6

The thesis emphasizes on the development of practical daily generator maintenance scheduling method for a large-scale power system. Several constraints, e.g. crew, reserve, multiple times of maintenance constraints, etc., are taken into account including several energy limited units. With the proposed method, an appropriate generator maintenance plan can be obtained.

The proposed method first employs the total production cost to decrease the size of problem and to obtain initial solution. Then, the levelized Loss of Load Probability (LOLP) method taking into account reliability index as an objective function is used to search for a generator maintenance plan. The effect of energy limited units which are included in the reliability indices and probabilistic production cost calculation are solved by the peak shaving method.

Based on the proposed method, a computer program has been developed and tested with the IEEE-RTS (IEEE reliability test system) and the EGAT (Electricity Generating Authority of Thailand) system of the fiscal year 1998 and 1999. The results show that the computation time by the proposed method is less than that of conventional methods. The reliability indices and total production costs of the plan obtained from the method are close to or slightly better than the indices and costs of the plans obtained from the conventional methods. Finally, the results demonstrate that the proposed method can be practically used in the actual operation of a large power system.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2540
ลายมือชื่อนิติกร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษารวม



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา โดยได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ของการทำวิทยานิพนธ์มาด้วยดีตลอด รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบและแก้ไขจนสำเร็จเรียบร้อย

นอกจากนั้น ต้องขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.สำรวย สังข์สะอาด ผู้อำนวยการศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ และ คุณฉัตรชัย สติวรกุล หัวหน้ากองวางแผนการผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้า การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ได้กรุณาตรวจสอบแก้ไข และให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เนื่องจากทุนการศึกษาในระดับปริญญาโทบัณฑิตทั้งหมดนี้ ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วยที่ได้เล็งเห็นความสำคัญต่อการศึกษาในระดับสูงของนิสิต ซึ่งจะเป็นการวางรากฐานที่สำคัญอันจะนำไปสู่การพัฒนาประเทศไทยอย่างแท้จริง

อนึ่ง ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณสมพร สิริสำราญนุกูล นักวิจัยประจำศูนย์เชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านเทคโนโลยีไฟฟ้ากำลัง ที่ให้ความช่วยเหลือในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และขอขอบคุณกองวางแผนการผลิตและจ่ายกระแสไฟฟ้าที่กรุณาอนุเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ให้กำลังใจเสมอมา และทุกๆ คนที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วฤต รัตนจีน
พฤษภาคม 2541

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | ง |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | จ |
| กิตติกรรมประกาศ | ฉ |
| สารบัญตาราง | ฅ |
| สารบัญภาพ | ฉ |
| บทที่ | |
| 1. บทนำ | 1 |
| 1.1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2. การหยุดบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 2 |
| 1.3. วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์ | 5 |
| 1.4. ขั้นตอนการศึกษาและวิธีดำเนินงาน | 5 |
| 1.5. ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ | 6 |
| 1.6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 6 |
| 1.7. เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ | 6 |
| 2. ความเชื่อถือได้ในระบบผลิตไฟฟ้ากำลัง | 8 |
| 2.1. แบบจำลองของระบบผลิตไฟฟ้า (Generation model) | 8 |
| 2.2. แบบจำลองโหลด (Load model) | 18 |
| 2.3. การคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้ากำลัง | 22 |
| 3. การคำนวณดัชนีความเชื่อถือได้โดยพิจารณาโรงไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัด | 27 |
| 3.1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัด | 27 |
| 3.2. การพิจารณาผลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำด้วยวิธีตัดยอดโหลด (Peak shaving method)..... | 29 |
| การปรับปรุงวิธีตัดยอดโหลด | 35 |
| 3.3. การคำนวณค่าใช้จ่ายในการผลิต | 39 |
| 4. การกำหนดแผนการบำรุงรักษา | 41 |
| 4.1. เป้าหมายในการกำหนดแผนการบำรุงรักษา | 41 |
| 4.2. วิธีการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 43 |
| 4.3. เงื่อนไข (Constraint)..... | 50 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 4.4. วิธีการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Searching Techniques)..... | 54 |
| 4.5. การพิจารณาหลักการกำหนดแผนกับวิธีออปติไมซ์ | 65 |
| 5. การกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยพิจารณา เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีพลังงานจำกัด | 66 |
| 5.1. ความเกี่ยวข้องกันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า..... | 66 |
| 5.2. การกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเบื้องต้น | 67 |
| 5.3. การกำหนดแผนบำรุงรักษารายวันและรายสัปดาห์ | 76 |
| 5.4. ผลของการซื้อไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก | 85 |
| 5.5. วิธีการกำหนดแผนการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 87 |
| 6. ตัวอย่างการกำหนดแผนบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้า | 89 |
| 6.1. การทดสอบระบบ IEEE-RTS | 89 |
| 6.2. วิเคราะห์ผลการทดสอบระบบ IEEE-RTS | 109 |
| 6.3. การทดสอบระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย | 114 |
| 6.4. วิเคราะห์ผลการทดสอบระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต แห่งประเทศไทย | 149 |
| 7. สรุปและข้อเสนอแนะ..... | 153 |
| 7.1. บทสรุป | 153 |
| 7.2. ข้อเสนอแนะ | 154 |
| รายการอ้างอิง | 155 |
| ภาคผนวก | |
| ก. ข้อมูลระบบ IEEE-RTS | 157 |
| ข. ข้อมูลระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย | 161 |
| ประวัติผู้เขียน | 170 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 2.1 แบบจำลองความน่าจะเป็นของโหลด ตัวอย่างที่ 2.2 | 21 |
| 2.2 ค่าความถี่ระดับโหลด ตัวอย่างที่ 2.2 | 21 |
| 3.1 แบบจำลองโหลดจากรูปที่ 3.1 ตัวอย่างที่ 3.1 | 31 |
| 4.1 ขั้นตอนการแก้ปัญหา ตัวอย่างที่ 4.1 | 56 |
| 4.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหา ตัวอย่างที่ 4.2 | 59 |
| 4.3 ขั้นตอนการอุปติโมซ์ ตัวอย่างที่ 4.3 | 64 |
| 5.1 ค่าใช้จ่ายในการผลิตแต่ละช่วงเวลาย่อย ตัวอย่างที่ 5.2 | 72 |
| 5.2 ค่าใช้จ่ายในการผลิตแต่ละช่วงเวลายำรุงรักษา ตัวอย่างที่ 5.2 | 73 |
| 5.3 ค่าใช้จ่ายในการผลิตแต่ละช่วงเวลายำรุงรักษาอย่างหยาบ ตัวอย่างที่ 5.2 | 73 |
| 6.1 ลำดับวันใน 1 ปีของระบบ IEEE-RTS | 91 |
| 6.2 ข้อมูลการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ IEEE-RTS | 92 |
| 6.3 เงื่อนไขบุคลากรและอุปกรณ์ในการกำหนดแผนบำรุงรักษาระบบ IEEE-RTS | 93 |
| 6.4 แผนบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าระบบ IEEE-RTS | 94 |
| 6.5 คำสำคัญต่างๆที่ได้จากแผนบำรุงรักษาด้วยวิธีที่แตกต่างกัน | 97 |
| 6.6 เปรียบเทียบการเข้าสู่ผลตอบของการกำหนดแผนบำรุงรักษาจากวิธีที่แตกต่างกัน | 107 |
| 6.7 ลำดับของวันประจำปีประมาณ 2541..... | 115 |
| 6.8 ข้อมูลการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตประจำปีงบประมาณ 2541 | 116 |
| 6.9 เงื่อนไขบุคลากรและอุปกรณ์ในการกำหนดแผนบำรุงรักษาระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตปีงบประมาณ 2541..... | 121 |
| 6.10 ข้อมูลการบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตประจำปีงบประมาณ 2542 | 123 |
| 6.11 เงื่อนไขบุคลากรและอุปกรณ์ในการกำหนดแผนบำรุงรักษาระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตปีงบประมาณ 2542 | 128 |
| 6.12 แผนบำรุงรักษาระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตปีงบประมาณ 2541..... | 130 |
| 6.13 คำดัชนีและคำสำคัญต่างๆจากแผนบำรุงรักษาระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตปีงบประมาณ 2541 | 135 |

สารบัญตาราง(ต่อ)

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 6.14 การเข้าสู่ผลตอบในการกำหนดแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์ ปีงบประมาณ 2541 | 139 |
| 6.15 แผนบำรุงรักษาระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตปีงบประมาณ 2542..... | 140 |
| 6.16 ค่าดัชนีและค่าสำคัญต่างๆจากแผนบำรุงรักษาระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ปีงบประมาณ 2542 | 144 |
| 6.17 การเข้าสู่ผลตอบในการกำหนดแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์ ปีงบประมาณ 2542 | 148 |
| ก.1 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ IEEE-RTS..... | 157 |
| ก.2 ลำดับการเพิ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเข้าไปในระบบและค่าใช้จ่ายในการผลิต..... | 158 |
| ก.3 เปอร์เซนต์ของโหลดสูงสุดในแต่ละสัปดาห์..... | 159 |
| ก.4 เปอร์เซนต์ของโหลดสูงสุดในแต่ละวันใน 1 สัปดาห์..... | 160 |
| ข.1 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย..... | 161 |
| ข.2 กำลังผลิตที่คาดว่าจะลดลงในแต่ละเดือน ระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิต..... | 167 |
| ข.3 ข้อมูลการซื้อไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย..... | 168 |
| ข.4 โหลดพยากรณ์สูงสุดในแต่ละเดือน..... | 168 |
| ข.5 เปอร์เซนต์ของโหลดสูงสุดในแต่ละวันใน 1 สัปดาห์..... | 169 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 2.1 การเปลี่ยนแปลงสถานะการทำงานของอุปกรณ์..... | 8 |
| 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า λ และระยะเวลาการทำงานของอุปกรณ์..... | 9 |
| 2.3 การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า..... | 10 |
| 2.4 การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า..... | 10 |
| 2.5 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าก่อนการรavadค้อฟ..... | 16 |
| 2.6 แบบจำลองเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหลังการทำรavadค้อฟโดยมีสถานะชานาน..... | 17 |
| 2.7 แสดงรูปของโหลดรายชั่วโมงใน 1 สัปดาห์..... | 18 |
| 2.8 เส้นช่วงโค้งเวลาโหลด..... | 19 |
| 2.9 เส้นโค้งช่วงเวลาโหลดที่ถูกอินเวอร์ท..... | 19 |
| 2.10 รูปโหลดรายชั่วโมงตัวอย่างที่ 2.2..... | 20 |
| 2.11 แบบจำลองโหลดแบบ Cumulative state load model..... | 21 |
| 2.12 ความสัมพันธ์ระหว่างโหลด ค่ากำลังการผลิต และค่ากำลังสำรอง..... | 22 |
| 2.13 พลังงานที่ไม่ได้รับการจ่ายเนื่องจากค่ากำลังผลิตไม่เพียงพอ..... | 23 |
| 3.1 โหลดรายชั่วโมงในตัวอย่างที่ 3.1..... | 30 |
| 3.2 รูปโหลดรายชั่วโมงภายหลังการตัดยอด..... | 31 |
| 3.3 ลักษณะการตัดโหลดบางส่วน(เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 10 MW)..... | 36 |
| 3.4 ลักษณะการตัดโหลดบางช่วงเวลา(เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาด 10 MW)..... | 36 |
| 3.5 รูปช่วงเวลาโหลดจากโหลดรายชั่วโมงในรูปที่ 3.1..... | 37 |
| 3.6 รูปช่วงเวลาโหลดภายหลังการปรับปรุงโหลด..... | 38 |
| 4.1 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธี Levelized LOLP และ Levelized EUE..... | 46 |
| 4.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาด้วยวิธี Levelized Energy Cost..... | 49 |
| 4.3 หลักของวิธี Complete enumeration ที่ปรับปรุงแล้ว..... | 55 |
| 4.4 กรณีปัญหาของตัวอย่างที่ 4.1..... | 56 |
| 4.5 วิธี Dynamic programming..... | 58 |
| 4.6 วิธี Successive dynamic programming..... | 61 |
| 4.7 วิธี Branch and bound..... | 63 |
| 5.1 ช่วงเวลาบำรุงรักษาจากตัวอย่างที่ 5.1 และช่วงเวลาม่ารุงรักษาที่เลือกได้..... | 72 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 5.2 ขั้นตอนการขอปติไมซ์เพื่อกำหนดแผนการบำรุงรักษาเบื้องต้น..... | 75 |
| 5.3 การตัดยอดโหลดโดยพิจารณาทั้งสัปดาห์..... | 80 |
| 5.4 การตัดยอดโหลดโดยพิจารณารายวัน..... | 81 |
| 5.5 การแปลงแผนบำรุงรักษารายสัปดาห์เป็นแผนรายวันในตัวอย่างที่ 5.3..... | 83 |
| 6.1 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนี LOLP จากการกำหนดแผนบำรุงรักษาจาก วิธีที่พัฒนาขึ้นและ Levelized LOLP | 98 |
| 6.2 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนี LOLP จากการกำหนดแผนบำรุงรักษาจาก วิธีที่พัฒนาขึ้นและ Levelized EUE.. | 99 |
| 6.3 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนี LOLP จากการกำหนดแผนบำรุงรักษาจาก วิธีที่พัฒนาขึ้นและวิธีพิจารณาค่าใช้จ่ายรวม..... | 100 |
| 6.4 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนี EUE จากการกำหนดแผนบำรุงรักษาจาก วิธีที่พัฒนาขึ้นและ Levelized LOLP | 101 |
| 6.5 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนี EUE จากการกำหนดแผนบำรุงรักษาจาก วิธีที่พัฒนาขึ้นและ Levelized EUE.. | 102 |
| 6.6 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนี EUE จากการกำหนดแผนบำรุงรักษาจาก วิธีที่พัฒนาขึ้นและวิธีพิจารณาค่าใช้จ่ายรวม..... | 103 |
| 6.7 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าสำรอง จากการกำหนดแผนบำรุงรักษาจาก วิธีที่พัฒนาขึ้นและ Levelized LOLP | 104 |
| 6.8 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าสำรอง จากการกำหนดแผนบำรุงรักษาจาก วิธีที่พัฒนาขึ้นและ Levelized EUE.. | 105 |
| 6.9 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าสำรอง จากการกำหนดแผนบำรุงรักษาจาก วิธีที่พัฒนาขึ้นและวิธีพิจารณาค่าใช้จ่ายรวม..... | 106 |
| 6.10 กราฟเปรียบเทียบการเข้าสู่ผลตอบรองจากการกำหนดแผนรายสัปดาห์ ระบบ IEEE-RTS | 108 |
| 6.11 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนี LOLP ระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ปีงบประมาณ 2541 | 136 |
| 6.12 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนี EUE ระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ปีงบประมาณ 2541 | 137 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| รูปที่ | หน้า |
|---|------|
| 6.13 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าสำรองระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ปีงบประมาณ 2541 | 138 |
| 6.14 กราฟค่าดัชนี LOLP ของผลจากแต่ละรอบการทำงานในการกำหนดแผน รายสัปดาห์ระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตปีงบประมาณ 2541 | 139 |
| 6.15 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนี LOLP ระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ปีงบประมาณ 2542 | 145 |
| 6.16 กราฟเปรียบเทียบค่าดัชนี EUE ระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ปีงบประมาณ 2542 | 146 |
| 6.17 กราฟเปรียบเทียบค่ากำลังไฟฟ้าสำรองระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ปีงบประมาณ 2542 | 147 |
| 6.18 กราฟค่าดัชนี LOLP ของผลจากแต่ละรอบการทำงานในการกำหนดแผน รายสัปดาห์ระบบการไฟฟ้าฝ่ายผลิตปีงบประมาณ 2542..... | 148 |