การจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม

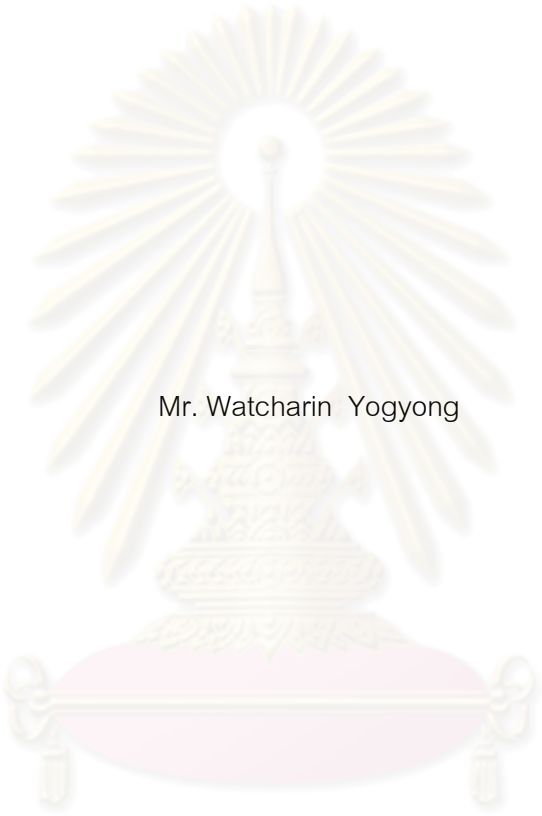
นาย วัชรินทร์ ยกย่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2553
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

OPTIMAL FUEL ALLOCATION FOR GENERATION SYSTEM USING A GENETIC ALGORITHM

Mr. Watcharin Yogyong



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

Department of Electrical Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม
โดย	นาย วัชรินทร์ ยกย่อง
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุลยศ อุดมวงศ์เสรี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กุลยศ อุดมวงศ์เสรี)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. แนบบุญ หุนเจริญ)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐภพ นิ่มปิติวัน)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัชรินทร์ ยกย่อง : การจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (OPTIMAL FUEL ALLOCATION FOR GENERATION SYSTEM USING A GENETIC ALGORITHM) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร. กุลยศ อุดมวงศ์เสรี , 177 หน้า.

ระบบผลิตไฟฟ้าประกอบด้วย โรงไฟฟ้าซึ่งใช้เชื้อเพลิงในการผลิตแตกต่างกัน โดยมีทั้งแบบที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดเดียวหรือใช้เชื้อเพลิงแบบผสม เช่น ก๊าซหรือน้ำมันเตา ดังนั้น การวางแผนการผลิตจึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดสรรการใช้เชื้อเพลิงเหล่านี้ให้เป็นไปตามเป้าหมายและเกิดประโยชน์สูงสุด วิทยานิพนธ์นี้ นำเสนอวิธีการจัดสรรเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะใช้เชื้อเพลิงที่มีอยู่ให้คุ้มค่าที่สุด ในขณะเดียวกันกำลังไฟฟ้าที่ผลิตได้ต้องเพียงพอกับความต้องการ และมีกำลังผลิตสำรองพร้อมจ่าย (Spinning Reserve) เพียงพอกับระดับความมั่นคงที่เหมาะสม การแก้ปัญหาดังกล่าวจะใช้วิธีการหาค่าขีดสุด (Optimization method) ซึ่งวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอ การประยุกต์ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ในการหาคำตอบดังกล่าว รวมทั้งเสนอวิธีการพิจารณาถึงความไม่แน่นอนของโหลดในการวางแผนเชื้อเพลิงด้วย ทั้งนี้หลักการและกระบวนวิธีที่พัฒนาขึ้นในวิทยานิพนธ์นี้ถูกนำไปทดสอบกับระบบที่ดัดแปลงจากระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยซึ่งได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต วัชรินทร์ ยกย่อง

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2553

5170454221 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING

KEYWORDS : FUEL ALLOCATION / GENETIC ALGORITHM / LOAD UNCERTAINTY / FUEL CONSTRANT

WATCHARIN YOGYONG: OPTIMAL FUEL ALLOCATION FOR GENERATION SYSTEM USING A GENETIC ALGORITHM. THESIS ADVISOR: ASST.PROF. KULYOS AUDOMVONGSEREE, Ph.D., 177 pp.

In general, different power plants may use different types of fuel. For a power plant, it may use fuel of either a single fuel type or mixed types e.g. gas and oil. Thus, in generation system operational planning, it is necessary to allocate these fuel resources optimally. This thesis proposes the concept of optimal fuel allocation for power plants. A key objective of this allocation is the efficient use of fuel while maintaining the ability to serve all load demand, and also enough spinning reserve margin to provide acceptable security level. To solve this problem, an optimization technique is needed. In this thesis, solving the fuel optimization problem using the Genetic Algorithm is proposed. In addition, the load uncertainty is taken into consideration. The developed method is tested with the modified system originated from the actual electric generating authority of Thailand (EGAT)'s generation system. The obtained results are satisfactory.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Electrical Engineering Student's Signature Watcharin Yogyong

Field of Study : Electrical Engineering Advisor's Signature

Academic Year : 2010

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องมาจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร .กุลยศ อุดมวงศ์เสรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีตลอดมา รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบ แก้ไข และให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จเรียบร้อย และขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย ศาสตราจารย์ .ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ .ดร.แนบบุญ หุนเจริญ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ .ดร.ณัฐภพ นิ่มปิติวัน ที่ได้เสียสละเวลาตรวจสอบแก้ไขและให้คำแนะนำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี นอกจากนี้ผู้วิจัยต้องขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรม ศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอย่างสูง ที่ให้ความสะดวกในการติดต่อประสานงานต่างๆ

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา เพื่อนๆพี่ๆน้องๆในห้องปฏิบัติการวิจัย ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา และผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณ กมล พงศ์ธาดาพร ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านข้อมูลและด่านต่างๆตลอดระยะเวลาทำการวิจัยนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์..... 3

1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์..... 4

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและวิธีการดำเนินงาน..... 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์..... 5

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์..... 5

2 หลักการและความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบผลิตไฟฟ้า..... 6

2.1 การวางแผนการผลิตไฟฟ้า..... 6

2.2 ประเภทของโรงไฟฟ้า..... 7

2.3 หลักการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบผลิตไฟฟ้ากำลัง..... 8

2.4 ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบไฟฟ้ากำลัง..... 9

2.4.1 การพยากรณ์โหลด..... 9

2.4.2 กำลังผลิตสำรองพร้อมจ่าย..... 9

2.5 แบบจำลองของโหลด..... 10

3 ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม..... 12

3.1 แนวคิดหลักของวิธีการทางพันธุกรรม..... 12

3.2 กระบวนการขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม..... 13

3.2.1 การลงรหัส (Encoding)..... 13

3.2.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initialization)..... 14

บทที่ หน้า

3.2.3 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Value)..... 14
3.2.4 การคัดเลือก (Selection)..... 15
3.2.5 การดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operator)..... 16
3.2.6 การเลือกโครโมโซมที่โดดเด่นเพื่อรักษาไว้ในรุ่นถัดไป..... 19
3.2.7 เงื่อนไขการหยุด..... 20
3.3 ตัวอย่างการหาจุดเหมาะสมโดยขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม..... 22
3.4 การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า..... 24
4 การจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม..... 26
4.1 แนวคิดในการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า..... 26
4.2 การกำหนดปัญหา..... 27
4.2.1 นิยามตัวแปร..... 27
4.2.1 ฟังก์ชันเป้าหมาย..... 28
4.2.1 เงื่อนไขบังคับ..... 29
4.3 การแปลงปัญหา (Problem Transformation)..... 30
4.4 ฟังก์ชันการปรับโทษ (Penalty Function)..... 30
4.5 ขั้นตอนการแก้ปัญหา..... 32
4.5.1 การกำหนดตัวแปร..... 32
4.5.2 การลงรหัส (Encoding)..... 35
4.5.3 การกำหนดประชากรเริ่มต้น (Initialization)..... 35
4.5.4 โครงสร้างของโครโมโซมที่ใช้ในกระบวนการทางพันธุกรรม..... 37
4.5.5 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Value)..... 37
4.5.6 การคัดเลือก (Selection)..... 38
4.5.7 การดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operator)..... 38
4.5.8 การเลือกโครโมโซมที่โดดเด่นเพื่อรักษาไว้ในรุ่นถัดไป..... 43
4.5.9 เงื่อนไขการหยุด..... 43
4.6 การปรับปรุงวิธีหาคำตอบ..... 45

บทที่ หน้า

5 การจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า..... 48
6 ผลการทดสอบ..... 53
6.1 ระบบทดสอบ..... 53
6.2 ผลการทดสอบ..... 56
6.2.1 ผลการทดสอบกรณีไม่คิดผลของความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า..... 56
6.2.1 ผลการทดสอบกรณีคิดผลของความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า..... 64
7 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..... 69
รายการอ้างอิง..... 71
ภาคผนวก..... 75
ภาคผนวก ก..... 76
ภาคผนวก ข..... 87
ภาคผนวก ค..... 101
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 177

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.1	ตารางแสดงตัวอย่างการคัดเลือก.....	15
ตารางที่ 3.2	ผลการแก้ปัญหาของฟังก์ชันในตัวอย่างหัวข้อ 3.8.....	23
ตารางที่ 5.1	ความน่าจะเป็นของโหลดแต่ละระดับที่ใช้ในการคำนวณ.....	51
ตารางที่ 6.1	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามโรงไฟฟ้า กรณีไม่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง.....	58
ตารางที่ 6.2	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง กรณีไม่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง.....	59
ตารางที่ 6.3	ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า กรณีไม่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง.....	59
ตารางที่ 6.4	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามโรงไฟฟ้า กรณีคิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง.....	62
ตารางที่ 6.5	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง กรณีคิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง.....	63
ตารางที่ 6.6	ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า กรณีคิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง.....	63
ตารางที่ 6.7	ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าแยกตามโรงไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ แผนที่ 1...	65
ตารางที่ 6.8	ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าแยกตามโรงไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ แผนที่ 2...	66
ตารางที่ 6.9	ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าแยกตามโรงไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ แผนที่ 3...	67
ตารางที่ 6.10	สรุปผลการทดสอบจากแผนการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 แผน.....	68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงในหนึ่งวัน……	11
รูปที่ 2.2	ความต้องการใช้ไฟฟ้าทุก 6 ชั่วโมงในรอบสัปดาห์……....	11
รูปที่ 3.1	ตัวอย่างการลงรหัสด้วยโครโมโซมเลขฐานสอง……..	14
รูปที่ 3.2	แผนภาพแสดงความน่าจะเป็นที่โครโมโซมแต่ละตัวจะถูกเลือก……	16
รูปที่ 3.3	การข้ามสายพันธุ์พื้นฐาน……	17
รูปที่ 3.4	การปรับปรุงการข้ามสายพันธุ์ด้วยวิธียูนิฟอร์มครอสโอเวอร์.....	18
รูปที่ 3.5	แสดงตัวอย่างการผ่าเหล่ากรณี $i = 2$	19
รูปที่ 3.6	ขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีพันธุกรรม……...	21
รูปที่ 3.7	ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสม……..…….....	25
รูปที่ 4.1	ตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$……..……..……	33
รูปที่ 4.2	ตัวแปร $P_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$……..……..……	33
รูปที่ 4.3	ตัวแปร $\gamma_i(\mathrm{t})$……..……	34
รูปที่ 4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิง $\gamma_i(\mathrm{t})$ กับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด……..……	34
รูปที่ 4.5	โครงสร้างของโครโมโซมที่ใช้ในกระบวนการทางพันธุกรรม…..……..…	37
รูปที่ 4.6	ตัวอย่างการข้ามสายพันธุ์ของตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$…..……..……	39
รูปที่ 4.7	ตัวอย่างการผ่าเหล่าของตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$…..……	40
รูปที่ 4.8	ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนบิตโดยวิธี Swap-window operator……	41
รูปที่ 4.9	ตัวอย่างการกำหนดบิตโดยวิธี Window-mutation operator……	42
รูปที่ 4.10	ขั้นตอนการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม……..……..……..……..……	44
รูปที่ 4.11	ตัวแปรที่ใช้ในการแก้ปัญหา.....	47
รูปที่ 5.1	ลักษณะเส้นโค้งการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution curve)…..	49
รูปที่ 5.2	ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ……	51

หน้า

รูปที่ 5.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยคำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า..... 52
รูปที่ 6.1 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ..... 57
รูปที่ 6.2 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ..... 58
รูปที่ 6.3 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ (กรณีที่สอง)..... 61
รูปที่ 6.4 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ (กรณีที่สอง)..... 62
รูปที่ 6.5 ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ..... 65

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การผลิตไฟฟ้าแตกต่างจากการผลิตพลังงานรูปแบบอื่น ที่ต้องมีการวางแผนการผลิตให้พอดีกับความต้องการใช้พลังงานตลอดเวลาโดย ต้องไม่มากหรือน้อย กว่าความต้องการ ไฟฟ้าในระบบ การผลิตไฟฟ้าต้องผลิตแล้วจ่ายออกทันทีไม่สามารถผลิตเกินแล้วเก็บไว้ใช้ได้ และเนื่องจากความต้องการไฟฟ้าในแต่ละวันมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าจึงต้องวางแผนให้สามารถผลิตได้เพียงพอ ปัจจัยที่ต้องคำนึงถึงในการผลิตไฟฟ้าให้เพียงพอกับความต้องการประกอบด้วย การพยากรณ์โหลดที่แม่นยำ และการวางแผนการผลิตไฟฟ้าให้สอดคล้องกับข้อมูลการพยากรณ์โหลดดังกล่าว โดยการวางแผนการผลิตไฟฟ้าจะประกอบด้วย การกำหนดแผนการเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และการจัดสรรกำลังการผลิตไฟฟ้า ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ขาดไม่ได้ ก็คือ ชนิดและปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ในการผลิตไฟฟ้าแต่ละวัน

เชื้อเพลิงที่ใช้ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญและเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการวางแผน การผลิตไฟฟ้า เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไฟฟ้ามีหลายชนิด เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำ มัน เป็นต้น การเลือกใช้เชื้อเพลิงควรมีการจัดสรรสัดส่วนให้เหมาะสม และไม่ควรพึ่ งพาเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งมากจนเกินไป ในกรณีที่ประเทศนั้นๆ ไม่มีแหล่งเชื้อเพลิงเป็นของตัวเอง เชื้อเพลิงเหล่านี้จะต้องมีการจัดหามาก่อนล่วงหน้าเพื่อที่ว่า เมื่อถึงเวลาที่ต้องใช้จะได้มีเชื้อเพลิงใช้ได้โดยไม่เกิดปัญหาขาดแคลน อย่างไรก็ตาม หากเตรียมเชื้อเพลิงไว้มากเกินความต้องการก็จะสูญเสียค่าใช้จ่ายเกินความจำเป็น

สำหรับประเทศไทย เชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าคือ ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมัน เตา และน้ำมันดีเซล สำหรับถ่านหิน ประเทศ ไทยมีแหล่งเชื้อเพลิงเป็นของตัวเองที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ดังนั้นโรงไฟฟ้าดังกล่าวจึงใช้ ถ่านหิน เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าโดยที่ไม่มีปัญหาเรื่องการขาดแคลนเชื้อเพลิง สำหรับ เชื้อเพลิงชนิดอื่น เช่น ก๊าซธรรมชาติจะต้องมีแผนการสั่งซื้อโดยจะต้องมีการทำสัญญาซื้อขายล่วงหน้า ส่วนน้ำ มันเตาก็ต้องมีการลำเลียงขนส่งซึ่งต้องใช้ระยะเวลานานพอสมควร ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำแผนการจัดสรรเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ โดยคำนึงถึงความเพียงพอกับความต้องการ ใช้เชื้อเพลิงได้คุ้มค่า และมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด โดยที่การทำงานต้องเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

ประเด็นปัญหาในการจัด สรรเชื้อเพลิงที่เหมาะสมสำหรับโรงไฟฟ้าคือ จะต้องทำควบคู่ไปกับการกำหนดแผนการเดินเครื่อง หรือ ยูนิตคอมมิตเมนต์ (Unit commitment) โดยจะต้องวางแผนกำหนดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่มีในระบบในแต่ละช่วงเวลา ว่าจะให้เครื่องไหนทำงานหรือหยุดทำงาน และสำ หรับเครื่องที่ทำงาน จะต้องหาจุดทำงานที่เหมาะสมและปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ทั้งหมดตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณา เพื่อให้สามารถผลิตและจ่ายไฟฟ้าแก่ผู้ใช้ได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดและมีการทำงานที่เป็นไปตามเงื่อนไข

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีอยู่ ในระบบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำ สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำจะอาศัยพลังงานจลน์จากการไหลของน้ำมาใช้หมุนกังหันน้ำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภ ทนี้จึงไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ดังนั้น เราจึงต้องทำการจัดสรรเชื้อเพลิงให้กับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนเท่านั้น ซึ่งโรงไฟฟ้าแต่ละแห่งอาจจะมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงแตกต่างกันออกไป ทั้งแบบที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดเดียวหรือใช้เชื้อเพลิงแบบผสม เช่นก๊าซและน้ำมันเตา ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องจัดสรรการใช้เชื้อเพลิงเหล่านี้ให้เป็นไปตามเป้าหมายและเกิดประโยชน์สูงสุด

ในอดีต ได้มีการเสนอวิธีการจัดสรรเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้กระบวนการห าจุดทำงานที่เหมาะสม เช่น [1] อย่างไรก็ดี วิธีการเหล่านั้น มีจุดด้อย คือใช้กับ ฟังก์ชันเป้าหมายและเงื่อนไขบังคับที่ซับซ้อนไม่ได้ เนื่องจากข้อจำกัดของการแก้ปัญหาค่าขีดสุดโดยใช้วิธีทางแคลคูลัส อีกทั้งคำตอบของวิธีดังกล่าวอาจจะยังไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุด (Global optima) ด้วย วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหากับฟังก์ชั่นเป้าหมายที่ซับซ้อนได้ดี และมีโอกาสค้นพบคำตอบที่เป็น Global optima ได้มากขึ้น

ขั้นตอนวิธี ทาง พันธุกรรม เป็นวิธีการที่อาศัยการเลียนแบบ การคัดสรรพันธุกรรมตามธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วย การคัดเลือก การข้ามสายพันธุ์ การผ่าเหล่า และประยุกต์ใช้ทฤษฎีวิวัฒนาการในการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตเพื่อค้นหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดในปริภูมิของคำตอบ (Search-Solution Space) ไปพร้อมกัน จากนั้นอาศัยหลักการกระจายความน่าจะเป็นให้กับแต่ละประชาการของคำต อบที่เป็นไปได้ และทำการสร้างชุดคำตอบใหม่ที่มีแนวโน้มที่จะทำให้ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์มีค่าที่ดีขึ้นเรื่อยๆ จึงมีโอกาสที่จะได้คำตอบที่ดีที่สุดมากกว่าวิธีอื่นๆ

ผลการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่างานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบผลิตไฟฟ้าโดยตรงที่คำนึงถึงเงื่อนไขของเชื้อเพลิงแบบหลากหลายควบคู่ไปกับเงื่อนไขของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในระบบ และความไม่แน่นอนของการพยากรณ์โหลด นั้นมีอยู่น้อยมาก S.A.Hovanessian[1] พิจารณาการจัดสรรเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าเท่านั้น โดยไม่ สามารถ

พิจารณาเงื่อนไขที่สลับซับ ซ้อนได้ สำ หรับบทความวิจัยอื่นๆที่ใกล้เคียง เช่น [5-6],[9-11],[14-31],[33] ส่วนใหญ่จะเป็นการแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ เป็นหลักโดยไม่ได้พิจารณาเงื่อนไขเชื้อเพลิง สำหรับบทความวิจัยที่พิจารณาเงื่อนไขเชื้อเพลิง เช่น [7],[8] จะเน้นความสำคัญที่ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์เป็นหลัก ในขณะที่เงื่อนไขด้านเชื้อเพลิงจะพิจารณาแค่ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงโดยรวมของเชื้อเพลิงบางชนิดเท่านั้น อีกทั้ง ยังไม่สามารถใช้กับระบบที่ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงแบบผสมได้ และสำหรับบทความ วิจัยที่พิจารณาเงื่อนไขปริมาณเชื้อเพลิง และพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงแบบผสมได้ เช่น D.Zhai[32] สามารถใช้ได้กับระบบขนาดเล็กหรือสำหรับโรงไฟฟ้าเท่านั้น ยังไม่คำนึงถึงเงื่อนไขการเดินเครื่องที่ซับซ้อนได้ สำหรับบทความวิจัยที่ใช้ ขั้นตอนวิธี ทาง พันธุกรรม ในการแก้ปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์ เช่น [9-11], [14-31],[33] ส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญกับปัญหายูนิตคอมมิตเมนต์เป็นหลัก โดยไม่ได้พิจารณาเงื่อนไขปริมาณเชื้อเพลิง และไม่สามารถใช้กับระบบที่ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงแบบผสมได้ นอกจากนี้งานวิจัยต่างๆที่กล่าวถึงก็ไม่ได้พิจารณาผลของความไม่แน่ นอนของการพยากรณ์โหลดเลย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอวิธีการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมในระบบไฟฟ้ากำลังที่ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน ด้วยขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมพร้อมทั้งพิจารณาถึงความไม่แน่นอนของการพยากรณ์โหลด โดยในขั้นแรก จะทำการ กำหนดแผนการเดินเค รื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ ต่อจากนั้นจึงทำการจัดสรรเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน ซึ่งเป็นการหาจุดทำงานและปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ หรืออัตราส่วนการผสมเชื้อเพลิงในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เชื้อเพลิงที่มีอยู่ให้คุ้มค่าที่สุด หรือ มีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการผลิตโดยรวมน้อยที่สุด โดยกำลังการผลิตที่ได้จะต้องเพียงพอต่อความต้องการ มีกำลังผลิตสำรองเพียงพอต่อระดับความเชื่อถือได้ที่เหมาะสมและผลการจัดสรรนั้นจะต้องไม่ส่งผลให้เกิดการละเมิดเงื่ อนไขบังคับต่างๆ เช่น เงื่อนไขปริมาณเชื้อเพลิงที่มีจำกัด เป็นต้น ในขั้นตอนสุดท้าย จะพิจารณา ถึงความไม่แน่นอนของการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในระบบ โดยทำการจัดสรรเชื้อเพลิงใหม่หากโหลดที่พยากรณ์มีการเปลี่ยนแปลงไปโดยอาศัยแผนการผลิตที่หาได้จากขั้นตอนก่อนหน้า จากนั้นจะพิจารณาเลือกแผนที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดและมีค่าเบี่ยงเบนของค่าใช้จ่ายจากการพยากรณ์ต่ำที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาและประยุกต์ใช้ ขั้นตอนวิธี ทาง พันธุกรรม ในการแก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า
2) เพื่อออกแบบและ พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ที่สามารถ แก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมได้

1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์

1) พิจารณาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าที่ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนโดยประยุกต์ใช้ ขั้นตอนวิธี ทาง พันธุกรรม ในการแก้ปัญหาค่าขีดสุด
2) พิจารณาแผนการจัดสรรเชื้อเพลิงระยะสั้นถึงระยะกลาง
3) ไม่พิจารณาเงื่อนไขกำลังคน
4) ไม่คำนึงเงื่อนไขของระบบส่ง
5) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมซึ่งประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังไอน้ำนั้นจะพิจารณารวมเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องเดียว
6) พิจารณาให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในระบบพร้อมใช้งานได้ตลอดทุกช่วงเวลา
7) ไม่พิจารณาความผิดพร่องที่เกิดจากระบบผลิตไฟฟ้าและระบบขนส่งเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ศึกษาวิธีการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยค้นคว้าจากหนังสือและวารสารทางวิชาการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2) ศึกษาวิธีการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมในการแก้ปัญหาค่าขีดสุด
3) รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและระบบที่จะใช้ทดสอบพร้อมทั้งเงื่อนไขที่เกี่ยวข้อง
4) พัฒนาแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยอาศัยขั้นตอนวิธีทางพันธุกรม
5) ทำการออกแบบและพัฒนาโปร แกรมจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมในระบบไฟฟ้ากำลัง โดยอาศัยขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม
6) ทดสอบความสามารถและประสิทธิภาพของโปรแกรม
6) วิเคราะห์ สรุปผลงานวิจัย และตีพิมพ์ผลงานในการประชุมวิชาการ
7) เรียบเรียงผลงานวิจัยและจัดเข้ารูปเล่มเพื่อทำการเสนอต่อคณะกรรมการต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) วิธีการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยอาศัย ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม
2) โปรแกรมที่ใช้ในการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า ตามวิธีการที่นำเสนอ
3) ใช้ผลจากงานวิจัยเป็นแนวทางพัฒนาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ต่อไป

1.6 เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ที่นำเสนอในที่นี้ถูกจัดเรียงลำดับตามความเหมาะสมในแต่ละบทเป็นดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึง ที่มาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ ขอบเขต รวมทั้งขั้นตอนการดำเนินงาน และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 กล่าวถึง หลักการและ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการ จัดสรรเชื้อเพลิงในระบบผลิตไฟฟ้าโดยรวม

บทที่ 3 กล่าวถึง ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับขั้นตอนวิ ธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) และเสนอวิธีการประยุกต์ขั้นตอนวิธี ทางพันธุกรรมกับการ จัดสรรเชื้อเพลิง อย่างเหมาะสม ในระบบผลิตไฟฟ้า

บทที่ 4 นำเสนอแนวคิดและขั้นตอนที่ใช้ในการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม

บทที่ 5 นำเสนอแนวคิดและขั้นตอนที่ใช้ในการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า ที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า

บทที่ 6 แสดงผลการทดสอบการ จัดสรรเชื้อเพลิง อย่างเหมาะสม สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยได้ทำการทดสอบกับระบบที่ดัดแปลงมาจากระบบผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย

บทที่ 7 เป็นการสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาต่อไป

บทที่ 2

หลักการและความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบผลิตไฟฟ้า

2.1 การวางแผนการผลิตไฟฟ้า [8]

โดยทั่วไปการวางแผนการผลิตไฟฟ้าสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามระยะเวลา ในอนาคตที่พิจารณา (Lead time) ดังนี้คือ

2.1.1) การวางแผนพัฒนา

เป็นการกำหนดแผนงานเพื่อปรับปรุงและขยายระบบไฟฟ้า อาจมีการเพิ่มสายส่ง หรือก่อสร้างโรงไฟฟ้า ซึ่งเป็นแผนระยะยาว มีระยะเวลา 3 ปีถึง 5 ปีขึ้นไป

2.1.2) การวางแผนปฏิบัติการ (Operational planning)

อาจแบ่งตามกิจกรรมหลักได้ดังนี้

- แผนการผลิตและส่งจ่ายไฟฟ้า
- แผนการบำรุงรักษา
- แผนการใช้เชื้อเพลิง

ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 แผนการ ดังต่อไปนี้

ก. แผนระยะยาว (Long term planning)

เป็นแผนการสำหรับใช้ในช่วงระยะเวลาประมาณ 1-3 ปี

ข. แผนระยะกลาง (Medium term planning)

เป็นแผนการสำหรับใช้ในช่วงระยะเวลาประมาณ 1 เดือน ถึง 1 ปี

ค. แผนระยะสั้น (Short term planning)

เป็นแผนการสำหรับใช้ในช่วงระยะเวลาประมาณ 1 วัน ถึง 1 สัปดาห์

สำหรับการจัดสรรเชื้ อเพลิงในระบบไฟฟ้ากำลังใน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ มีข้อจำกัดในเรื่องการทำสัญญาซื้อขายเชื้อเพลิงจะต้องทำล่วงหน้า อีกทั้งข้อจำกัดเรื่องระยะเวลาการขนส่งเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวางแผนล่วงหน้าเป็นระยะเวลาประมาณ 1 สัปดาห์ ถึง 1 เดือน ซึ่งครอบคลุมการวางแผนในระยะสั้นถึงปานกลางนั่นเอง

2.2 ประเภทของโรงไฟฟ้า [8]

โดยทั่วไประบบไฟฟ้าประกอบด้วยโรงไฟฟ้าจำนวนมากซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันไปดังนี้

2.2.1 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน (Thermal power plant)

การผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยโรงไฟฟ้าประเภทนี้เป็นการผลิตที่มีช่วงต้นทุนการผลิตกว้าง หลักการผลิตนั้นเกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น น้ำมันเตา ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ ฯลฯ นำมาเผาไหม้ให้เกิดพลังงานความร้อน พลังงานความร้อนที่ได้จะถูกแปลงเป็ นพลังงานกลเพื่อนำไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้าอีกต่อหนึ่ง โรงไฟฟ้าดังกล่าวอาจแยกออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

1) โรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ อาศัยความร้อนที่ได้จาก การเผาไหม้เชื้อเพลิงไปต้มน้ำจนเดือดเป็นไอน้ำ ไอน้ำที่ได้นี้มีความดันสูงมากจนสามารถหมุนเครื่องกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าได้

2) โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ โรงไฟฟ้าประเภทนี้ไม่ต้องอาศัยการต้มน้ำแต่ใช้ก๊าซร้อนที่มีความดันสูงไปหมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยตรง

3) โรงไฟฟ้าดีเซล หลักการผลิตไฟฟ้าคล้ายกับโรงไฟฟ้ ากังหันก๊าซแต่ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันดีเซล

4) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม เนื่องจากเชื้อเพลิงก๊าซที่เหลือจากโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซยังมีความร้อนสูงมาก เราจึงสามารถนำก๊าซที่เหลือนี้มาต้มน้ำ ให้เดือดจนกลายเป็นไอแล้วไปหมุนเครื่องกังหันไอน้ำได้ ซึ่งจะทำให้ใช้พลังงานได้คุ้มค่ามากยิ่งขึ้น โรงไฟฟ้าประเภทนี้จึงเปรียบเสมือนโรงไฟฟ้าพลังงานไอน้ำรวมกับโรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ

2.2.2 โรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ (Hydro power plant)

การผลิตไฟฟ้าโดยวิธีนี้ใช้พลังงานศักย์จากน้ำที่กักเก็บไว้ในอ่างหรืออาศัยพลังงานจลน์จากการไหลของแม่น้ำที่มีอยู่ ตามธรรมชาติมาใช้หมุนกังหันน้ำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า การผลิตไฟฟ้าด้วยโรงไฟฟ้าประเภทนี้จึงไม่เสียต้นทุนค่าเชื้อเพลิง สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่อยู่ในโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทดังนี้

1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำแบบไม่สูบกลับ (Hydro unit) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้มีวิธีการผลิตไฟฟ้าเหมือนกับที่อธิบายไว้ข้างต้น

2) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับ (Pumped storage unit) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้มีลักษณะการทำงานเหมือนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำตามปกติ แต่มีความสามารถพิเศษตรงที่สามารถสูบน้ำ จากใต้เขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ กลับไปไว้เหนือเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำ ได้ โดย

การสูบน้ำกลับนี้จะใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบมาเป็นแหล่งพลังงานในการสูบน้ำกลับ ดังนั้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้จึงสามารถเป็นได้ทั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแล ะมอเตอร์สำหรับสูบน้ำได้ในตัวเดียวกัน โดยการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับคือ ในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าต่ำจะมีความสามารถในการผลิต กำลังไฟฟ้าเหลืออยู่จำนวนหนึ่ง โรงไฟฟ้าพลังน้ำแบบสูบกลับก็จะนำพลังงานไฟฟ้าในส่วนนี้มาสูบน้ำขึ้นไปเก็บในอ่างเก็บน้ำบนภูเขา และเมื่อมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงก็จะปล่อยน้ำจากอ่างเก็บน้ำบนภูเขาลงมายังอ่างเก็บน้ำด้านล่าง น้ำจะผ่านกังหันทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งต่ออยู่กับกังหันหมุนผลิตพลังงานไฟฟ้าออกมาใช้งานได้

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องในโรงไฟฟ้าประเภทนี้อาจแยกกันทำงานได้อย่างอิสระ หรืออาจมีการทำงานร่วมกันเพื่อให้ปริมาณการปล่อยน้ำของโรงไฟฟ้ามีค่าตามที่กำหนด

2.3 หลักการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบผลิตไฟฟ้า

เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไฟฟ้า เป็นสิ่งที่มีความสำคัญและเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการวางแผนผลิตไฟฟ้า เชื้อเพลิงที่ใช้ผลิตไฟฟ้ามีหลายชนิด เช่น ก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน น้ำมัน เป็นต้น การเลือกใช้เชื้อเพลิงควรมีการจัดสรรสัดส่วนให้เหมาะสม และไม่ควรพึ่งพาเชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งมากจนเกินไป ในกรณีที่ประเทศนั้นๆ ไม่มีแหล่งเชื้อเพลิงเป็นของตัวเอง เชื้อเพลิงเหล่านี้จะต้องมีการจัดหามาก่อนล่วงหน้าเพื่อที่ว่า เมื่อถึงเวลาที่ต้องใช้จะได้มีเชื้อเพลิงใช้ได้โดยไม่เกิดปัญหาขาดแคลน อย่างไรก็ตาม หากเตรียมเชื้อเพลิงไว้มากเกินความต้องการก็จะเป็นการสูญเสียค่าใช้จ่ายเกินความจำเป็น ในทางตรงกันข้าม หากเชื้อเพลิงที่ จัดเตรียมไว้น้อยเกินไปก็จะเกิดปัญหาผลิตไฟฟ้าไม่เพียงพอกับโหลดได้

การจัดสรรเชื้อเพลิงที่เหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าจะต้องทำควบคู่ไปกับการกำหนดแผนการเดินเครื่อง หรือ ยูนิตคอมมิตเมนต์ (Unit commitment) และการจ่ายโหลดอย่างประหยัด (Economic dispatch) โดยจะต้องวางแผนกำหนดการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่มีในระบบในแต่ละช่วงเวลาว่าจะให้เครื่องไหนทำงานหรือหยุดทำงาน และสำหรับเครื่องที่ทำงานจะต้องหาจุดทำงานที่เหมาะสม และปริมาณเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ทั้งหมดตลอดช่วงระยะเวลาที่พิจารณาด้วย เพื่อให้สามารถผลิตและจ่ ายไฟฟ้าแก่ผู้ใช้ได้อย่างต่อเนื่องโดยมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดและมีการทำงานที่เป็นไปตามเงื่อนไข ประเด็นปัญหาในการจัดสรรเชื้อเพลิงสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

2.3.1 การกำหนดสถานะการปฏิบัติงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง

เป็นการคำนวณหาว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบเครื่องใดควรจะเดินเครื่อง (ON) หรือหยุดเดินเครื่อง (OFF) ในช่วงคาบเวลาใด จึงจะทำให้มีกำลังผลิตในระบบเพียงพอกับความต้องการ โดยมีต้นทุนการผลิตรวมต่ำที่สุด

2.3.2 การกำหนดค่ากำลังการจ่ายโหลดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง

เป็นการคำนวณหาว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่ได้รับการกำหนดให้เดินเครื่องในแต่ละคาบเวลานั้น ควรจะจ่ายโหลดปริมาณเท่าใดจึงจะทำให้กำลังไฟฟ้ารวมเพียงพอกับความต้องการของโหลดในระบบและทำให้มีต้นทุนการผลิตรวมต่ำสุด ปัญหานี้เรียกกันทั่วไปว่า ปัญหาการจ่ายโหลดอย่างประหยัด (Economic Dispatch Problem)

2.4 ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบไฟฟ้ากำลัง

2.4.1 การพยากรณ์โหลด (Load forecasting)

ข้อมูลโหลดที่ใช้ในการวางแผนจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบไฟฟ้ากำลังเป็นโหลดที่ได้จากการพยากรณ์ล่วงหน้า (Forecasted load) ซึ่งความผิดพลาดจากการพยากรณ์เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ในกรณีที่ทำนายโหลดไว้ต่ำกว่าความเป็นจริงจะทำให้กำลังผลิตที่ได้รับการจัดสรรไว้ในระบบไม่เพียงพอกับความต้องการ ซึ่งอาจจะทำให้ต้องใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีต้นทุนการผลิตสูงมาใช้จ่ายโหลดเพิ่มเติมส่งผลให้ต้นทุนการผลิตรวมมีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น แต่ถ้าหากทำนายโหลดมากเกินความเป็นจริงก็จะทำให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีต้นทุนสูงอาจได้รับการกำหนดให้เดินเครื่องโดยไม่จำเป็น ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า การจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบไฟฟ้าจะให้ประโยชน์ได้อย่าง เต็มที่ก็ต่อเมื่อโหลดที่ได้จากการทำนายนั้นมีความแม่นยำในระดับที่ยอมรับได้เท่านั้น

2.4.2 กำลังผลิตสำรองพร้อมจ่าย (Spinning reserve)

นอกจากความผิดพลาดในการทำนายโหลดแล้ว ปัญหาอีกอย่างหนึ่งที่เกี่ยวข้อง กับการจัดสรรเชื้อเพลิงก็ คือ ความขัดข้องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต่อขนานอยู่กับระบบซึ่งอาจจะเกิดขึ้นโดยไม่มีทางรู้ล่วงหน้าได้ เหตุการณ์เหล่านี้ หากเกิดขึ้นจริงจะทำให้ไม่สามารถผลิ ตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการข องโหลดได้ ปัญหานี้ สามารถ บรรเทา ได้โดยการกำหนดให้กำลังการผลิตติดตั้งของเครื่องกำ เนิดไฟฟ้าที่ได้รับการกำหนดให้เดินเครื่องมีค่ามากกว่าปริมาณโหลดที่ทำนายไว้ โดยความสามารถส่วนที่เกินกว่าโหลดนี้เรียกว่า กำลังผลิตสำรองพร้อมจ่าย (Spinning reserve) ความหมายของกำลังผลิตสำรองพร้อมจ่ายคือปริมาณกำลังผลิตที่สามารถผลิตได้จาก

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหม ดที่ต่อขนานอยู่กับระบบหักออกด้วยโหลดและกำลังสูญเสียที่เวลานั้นๆ กำลังผลิตสำรองพร้อมจ่ายนี้ต้องมีค่ามากเพียงพอเพื่อที่ว่าเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดการขัดข้อง จะไม่ทำให้ปริมาณของโหลดที่ไม่ได้รับการจ่ายมีค่ามากจนเกินไปหรือไม่มีเลย

กำลังผลิตสำรอง พร้อมจ่าย นี้ได้มาจากปริมาณไฟฟ้าสำรอง พร้อมจ่าย จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องรวมกัน ปริมาณไฟฟ้าสำรองพร้อมจ่ายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องขึ้นอยู่กับผลต่างของกำลังไฟฟ้าที่ผลิตออกมากับกำลังผลิตติดตั้ง ว่ามีค่ามากน้อยเพียงใด ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$S_i = P_{max,i} - P_i \qquad (2.1)$$

โดย S_i คือ ปริมาณไฟฟ้าสำรองพร้อมจ่ายจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i (MW)

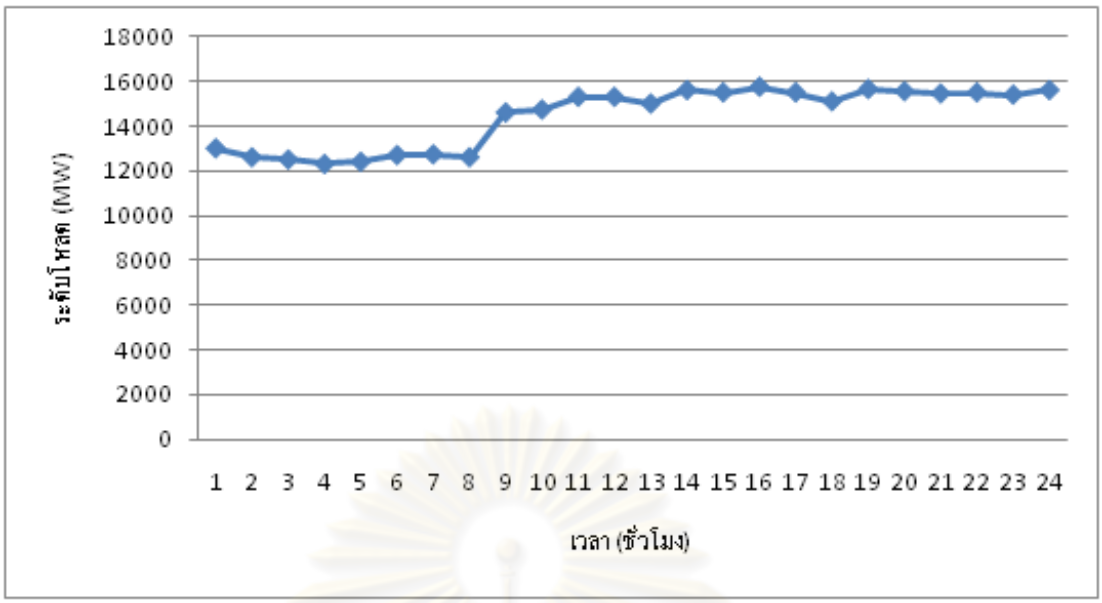
$P_{max,i}$ คือ กำลังผลิตติดตั้งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i (MW)

P_i คือ กำลังผลิตจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i (MW)

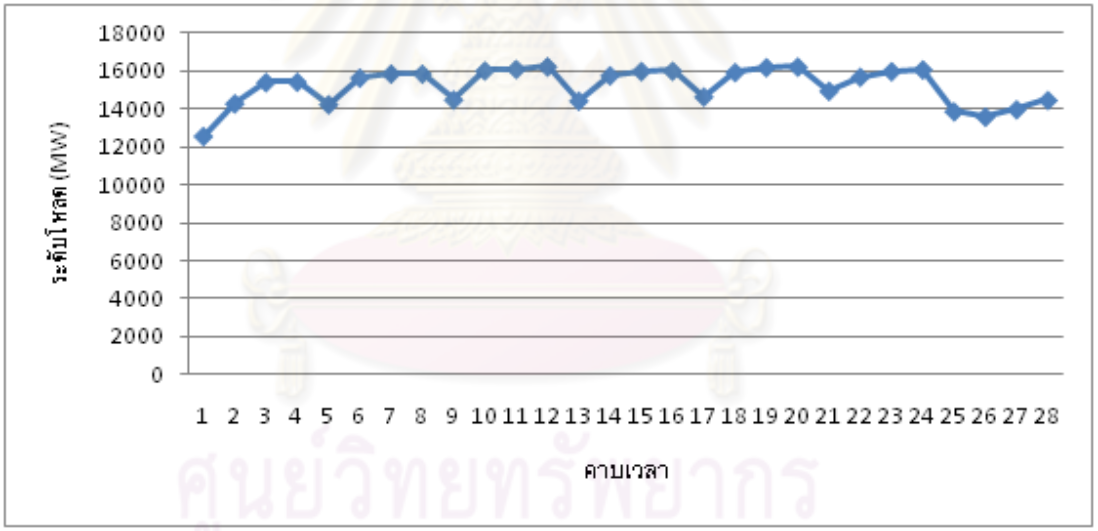
2.5 แบบจำลองของโหลด

การจัดสรรเชื้อเพลิง ในระบบผลิตไฟฟ้ากำลังนั้น มีการเลือกใช้โหลดลักษณะต่างๆตามความเหมาะสม เช่น โหลดรายชั่วโมง โหลดรายวัน โหล ดรายสัปดาห์ หรือโหลดรายเดือน ขึ้ นอยู่กับระยะเวลาที่ต้องการจัดสรรเชื้อเพลิง และความละเอียดของ ระดับโหลดที่ต้องการ อีกทั้งแบบจำลองของโหลดที่นำ มาใช้ในการวางแผนการจัดสรรเชื้อเพลิงเป็นโหลดที่ตัดกำลังไฟฟ้าส่วนที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานน้ำจ่าย รวมถึงกำลังไฟฟ้าที่ได้จากโรงไฟฟ้าอื่นๆที่ไม่เกี่ยวข้องกับการจัดสรรเชื้อเพลิงออกไปแล้ว เช่น กำลังไฟฟ้าจาก โรงไฟฟ้าเอกชนขนาดเล็ก (SPP) กำลังไฟฟ้าที่ได้จากการซื้อไฟจากต่างประเทศ เป็นต้น

ตัวอย่างแบบจำลองของโหลดที่ใช้ในการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบผลิตไฟฟ้า เช่น แบบจำลองความต้องการใช้ไฟฟ้าแบบรายชั่วโมงในหนึ่งวัน และแบบจำลองความต้องการใช้ไฟฟ้าแบบรายคาบ (คาบละ 6 ชั่วโมง) ในรอบหนึ่งสัปดาห์ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1-2.2



รูปที่ 2.1 ความต้องการใช้ไฟฟ้ารายชั่วโมงในหนึ่งวัน



รูปที่ 2.2 ความต้องการใช้ไฟฟ้าทุก 6 ชั่วโมงในรอบสัปดาห์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม

3.1 แนวคิดหลักของวิธีการทางพันธุกรรม [2],[3],[4],[13]

ขั้นตอนวิธี ทาง พันธุกรรม เป็นวิธีการแก้ปัญหาค่าขีดสุดแบบสุ่ม (Stochastic optimization) อย่างหนึ่งที่เลียนแบบหลักการถ่ายทอดทางพันธุกรรมทางธรรมชาติ (Natural genetics) เพื่อหาค่าเหมาะสมโดยรวม (Global optimum) โดยอาศัยการสมมติจุดคำตอบขึ้นมาหลายๆจุดก่อน (Population of solutions) แล้วประยุกต์ใช้หลักการค้นหาจุดที่เหมาะสมที่สุดซึ่งมีโอกาสที่จะอยู่รอดมากที่สุด (Survival of the fittest) เพื่อหาคำตอบที่ดียิ่งขึ้นในแต่ละรุ่นของการถ่ายทอด (Generation) สำหรับในแต่ละรุ่นของการถ่ายทอดจะมีการประเมิน ค่าความเหมาะสม (Fitness) ของจุดคำตอบแต่ละจุดแล้วพิจารณาเลือกจุดคำตอบใหม่จากค่าความเหมาะสมนี้ โดยอาศัยวิธีการคัดเ ลือกสายพันธุ์ วิธีการคัดเลือกดังกล่าวประกอบด้วย การคัดเลือก การข้ามสายพันธุ์ และการผ่าเหล่า จุดคำตอบแต่ละจุดจะประกอบไปด้วยสตริง (String) ของตัวแปรที่ถูกลงรหัสไว้เรียกว่าโครโมโซม (Chromosomes) ซึ่งสามารถถอดรหัสเป็นค่าของตัวแปรจริงได้ ซึ่งโดยทั่วไปนิยมลงรหัสตัวแปรให้เป็นระบบเลขฐานสอง

จากหลักการข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาค่าขีดสุดโดยใช้ขั้นตอนวิธี ทางพันธุกรรมนั้นจะแตกต่างจาก วิธีการแก้ปัญหาค่าขีดสุดวิธีอื่นๆ ดังนี้

1) ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม ใช้รหัสของตัวแปรเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาค่ าขีดสุดแทนที่จะใช้ค่าของตัวแปรโดยตรง ดังนั้นวิธีนี้จึงสะดวกในการแก้ปัญหากับตัวแปรชนิดใดก็ได้โดยไม่จำเป็นต้องเป็นตัวแปรชนิดต่อเนื่อง

2) ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม เป็นวิธีการแก้ปัญหาค่าขีดสุดที่หาจากจุดเริ่มต้นหลายๆจุด เป็นการหาจุดเหมาะสมโดยรวมโดยเทคนิคการแก้ ปัญหาค่าขีดสุดแบบขนาน ซึ่งทำให้คำตอบที่ได้เป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่เหมาะสมโดยรวม

3) ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม ใช้ข้อมูลเพียงแค่ค่าของฟังก์ชันเป้าหมายเท่านั้น ดังนั้นวิธีนี้สามารถใช้กับฟังก์ชันเป้าหมายได้ทุกชนิด ไม่จำเป็นต้องต่อเนื่องหรือหาอนุพันธ์ได้

4) ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม ใช้ทฤษฎีทางความน่าจะเป็นในการหาคำตอบ ในขณะที่วิธีการอื่นๆส่วนมากใช้วิธีการทางแคลคูลัสของเวคเตอร์ (Vector Calculus)

3.2 กระบวนการขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม

การแก้ปัญหาค่าขีดสุดโดยใช้ขั้นตอนวิธี ทางพันธุกรรม ประกอบไปด้วยขั้นตอนพื้นฐานทั้งหมด 7 ขั้นตอน ได้แก่

1. การลงรหัส
2. การสร้างประชากรเริ่มต้น
3. การประเมินค่าความเหมาะสม
4. การคัดเลือก
5. การดำเนินการทางพันธุกรรม
6. การเลือกโครโมโซมที่โดดเด่นเพื่อรักษาไว้ในรุ่นถัดไป
7. เงื่อนไขการหยุด

3.2.1 การลงรหัส (Encoding)

เนื่องจากขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมใช้รหัสของตัวแปรในการแก้ปัญหาค่าขีดสุด ดังนั้น หากเราเลือกวิธีลงรหัสที่เหมาะสมย่อมทำให้ ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมมีประสิทธิภาพดีขึ้นด้วย การลงรหัสที่นิยมใช้โดยทั่วไปจะเป็นการลงรหัสโดยอาศัยระบบเลขฐานสอง (0 และ 1) เป็นส่วนประกอบของโครโมโซมในก ารลงรหัส ความยาวของสตริงถูกกำหนดจากความละเอียดของตัวแปรที่เราต้องการ ตามเงื่อนไขดังสมการที่ 3.1

$$2^{n_i-1} \leq (U_i - L_i) \times 10^{m_i} < 2^{n_i} \qquad (3.1)$$

โดย n_i คือ ความยาวโครโมโซมของตัวแปร i

U_i คือ ค่าขอบเขตบนของตัวแปร i

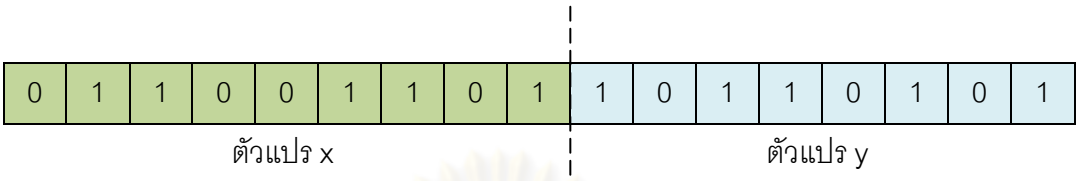
L_i คือ ค่าขอบเขตล่างของตัวแปร i

m_i คือ ค่าความละเอียดของตัวแปร i

ตัวอย่างเช่น หากเรามีตัวแปรต่อเนื่อง x ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง -1 ถึง 2 และตัวแปรต่อเนื่อง y ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 2 และต้องการความละเอียดถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 2 ในการคำนวณ ตัวแปร x ในช่วง -1 ถึง 2 จึงควรถูกแบ่งออกเป็นอย่างน้อย (2 – (-1))*100 = 300 ช่วงย่อยๆ และตัวแปร y ในช่วง 0 ถึง 2 จึงควรถูกแบ่งออกเป็นอย่างน้อย (2 – 0)*100 = 200 ช่วงย่อยๆ นั่นหมายถึงตัวแปร x และ y ต้องใช้โครโมโซมที่มีความยาว 9 บิตและ 8 บิต ตามลำดับ เนื่องจาก

$256 = 2^8 < 300 < 2^9 = 512$ และ $128 = 2^7 < 300 < 2^8 = 256$

หลังจากกำหนดความยาวของโครโมโซมในแต่ละตัวแปรแล้วจึงนำมาลงรหัสด้วยโครโมโซมเลขฐานสอง ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการลงรหัสด้วยโครโมโซมเลขฐานสอง

3.2.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initialization)

การสร้างประชากรเริ่มต้น หมายถึง การหารูปแบบของคำตอบในรูปแบบของโคร โมโซมขึ้นมาจำนวนหนึ่งโดยการสุ่มให้เท่ากับจำนวนประชากรที่ต้องการ การกำหนดประชากรเริ่มต้นที่ดีจึงต้องมีค่าไม่มากจนทำให้เสียเวลาในการคำนวณเริ่มต้นมาก แต่ก็ต้องไม่น้อยจนเกินไปเพื่อทำให้มีโอกาสเกิดการผสมสายพันธุ์ที่หลากหลาย

3.2.3 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Value)

แต่ละค่าคำตอบที่ผ่านการถอ ดรหัสจากโครโมโซมในขั้นตอนวิธี ทางพันธุกรรมจะถูกประเมินความเหมาะสมโดยทั่วไปค่าความเหมาะสมนี้จะขึ้นอยู่กับค่าของ ฟังก์ชันเป้าหมาย ตัวอย่างเช่น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ต้องการให้ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุด นั่นคือ ต้องการให้ค่าของฟังก์ชั่นเป้าหมายมีค่าน้อยๆ จึงกำหนดให้ค่าความเหมาะสมมีค่าเท่ากับส่วนกลับของค่าฟังก์ชันเป้าหมายดังสมการที่ 3.2

$$f(x) = 1/F(x) \tag{3.2}$$

เมื่อ $f(x)$ คือ ค่าความเหมาะสมของตัวแปร x

$F(x)$ คือ ค่าฟังก์ชันเป้าหมายของตัวแปร x

เมื่อมีการประเมินค่าความเหมาะสมแล้ว ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมจะทำการพิจารณาเลือกเซตคำตอบใหม่ จากเซตคำตอบเดิมโดยอาศัยค่าความเหมาะสมนี้ ดังนั้น การเลือกใช้วิธีการ

ประเมิน และฟังก์ชันประเมินค่าความเหมาะสมอย่างเหมาะสมจะช่วยให้การค้นหา คำตอบเป็นไปอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

3.2.4 การคัดเลือก (Selection)

การคัดเลือก เป็นขั้นตอนที่จะเลือกว่าโครโมโซมแต่ละตัวในกลุ่มประชากรนั้นควรจะอยู่รอดในรุ่นต่อไปหรือไม่ โดยจะพิจารณาจากค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัว ถ้าโครโมโซมใดมีค่าความเหมาะสมสูงก็มีโอกาสที่จะอยู่รอดมาก ส่วนโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมต่ำก็มีโอกาสอยู่รอดน้อย สำหรับวิธีในการคัดเลือกประชากรที่นิยมใช้คือ การสุ่มแบบวงล้อ (Roulette wheel)

การสุ่มแบบวงล้อ เป็นกระบวนการคัดเลือกประชากรแบบสุ่ม โดยใช้ค่าความเหมาะสมเพื่อกำหนดความน่าจะเป็นของโครโมโซม (P_i) ตามสมการที่ 3.3 จากนั้น ทำการสุ่มความน่าจะเป็นในช่วง 0 ถึง 1 (U(0,1)) เพื่อเปรียบเทียบกับความน่าจะเป็นสะสมของโครโมโซม (C_i=$\sum_{j=1}^{i} P_j$) หากค่าความน่าจะเป็นดังกล่าวเป็นไปตามเงื่อนไข $C_{i-1} < U(0,1) \leq C_i$ โครโมโซม i จะได้รับการคัดเลือก

ตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.2 แสดงตัวอย่างการคัดเลือกและความน่าจะเป็นที่โครโมโซมแต่ละตัวจะถูกเลือกของโครโมโซมจำนวน 4 ตัว

$$P_i = \left(\frac{f_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i}\right) * 100 \qquad (3.3)$$

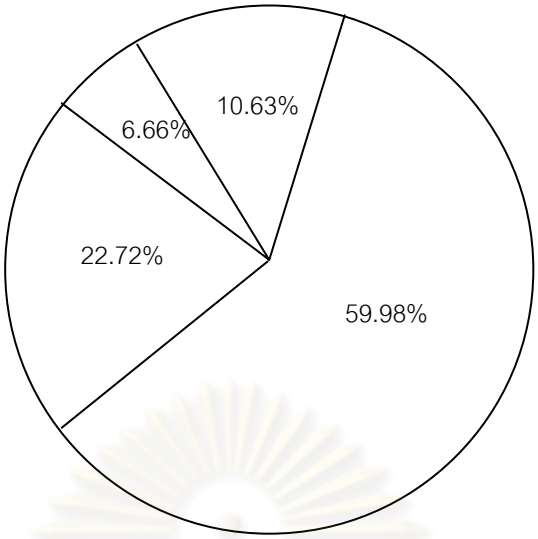
โดย f_i คือ เป็นค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม

n คือ เป็นจำนวนประชากรโครโมโซมทั้งหมด (Population Size)

P_i คือ โอกาสของโครโมโซมที่ถูกเลือก (Probability of Selection)

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงตัวอย่างการคัดเลือก

ลำดับที่	โครโมโซม	ค่าความเหมาะสม	อันดับความเหมาะสม	โอกาสโครโมโซมจะถูกเลือก
1	11010	0.005917	2	22.72 %
2	11000	0.001736	4	6.66 %
3	10000	0.015625	1	59.98 %
4	10011	0.00277	3	10.63 %
ผลรวม		0.026048	ผลรวม	100 %



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงความน่าจะเป็นที่โครโมโซมแต่ละตัวจะถูกเลือก

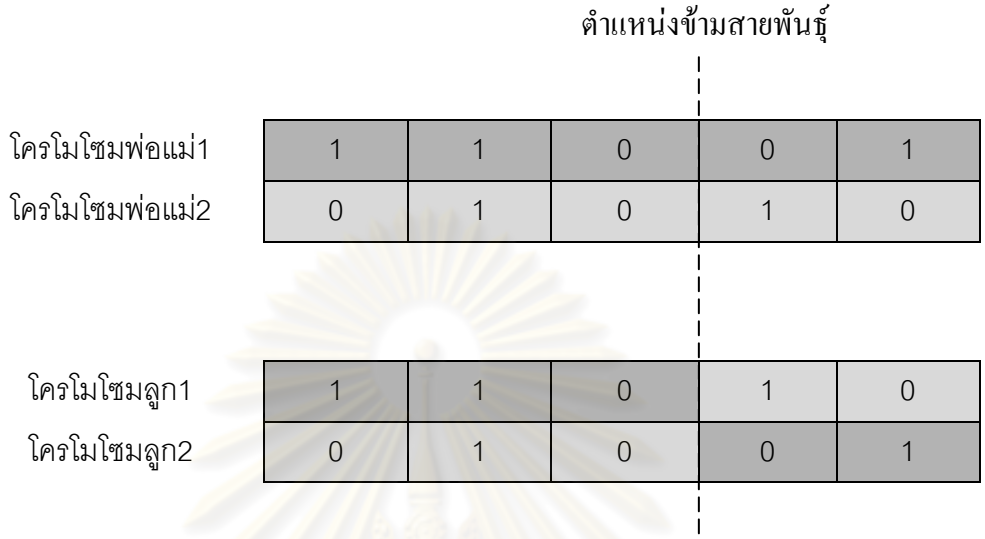
3.2.5 การดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operator)

ขั้นตอนการดำเนินการทาง พันธุกรรม ทำหน้าที่สร้างเซตคำตอบใหม่ๆ จากเซตคำตอบ ที่ผ่านขั้นตอนการคัดเลือกประชากรมาแล้ว โดยการดำเนินการทาง พันธุกรรมที่นิยมใช้ คือ การข้ามสายพันธุ์ และการผ่าเหล่า

(1) การข้ามสายพันธุ์ (Crossover)

เป็นกระบวนการสร้างประชากรรุ่นใหม่โดยอาศัยการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโครโมโซมพ่อแม่ (Parents) จำนวน 2 โครโมโซม เพื่อกำเนิดโครโมโซมลูก (Offspring) จำนวน 2 โครโมโซม พื้นฐานการข้ามสายพันธุ์เป็นกระบวนการที่โครโมโซมคู่หนึ่งๆจะแลกเปลี่ยนบิตกันในบางตำแหน่ง เพื่อให้กำเนิดโครโมโซมโครงสร้างใหม่ๆขึ้นมาด้วยความน่าจะเป็นค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า ความน่าจะเป็นของการข้ามสายพันธุ์ (Probability of crossover; P_C) ความน่าจะเป็นของการข้ามสายพันธุ์ก็คือเลขจริงระหว่าง 0 ถึง 1 ที่เรากำหนดขึ้นมาเพื่อบอกว่าโครโมโซมมีโอกาสจะข้ามสายพันธุ์มากน้อยเพียงใด รูปที่ 3.3 แสดงพื้นฐานการข้ามสายพันธุ์ โดยในขั้นแรกจะสุ่มเลขจริงในช่วง 0 ถึง 1 ขึ้นมาถ้าเลขที่สุ่มนี้มีค่าน้อยกว่าความน่าจะเป็นของการข้ามสายพันธุ์ก็จะไม่ ทำการข้ามสายพันธุ์ แต่ถ้าเลขที่ สุ่มขึ้นมานั้นมีค่า มากกว่าความน่าจะเป็นของการข้ามสายพันธุ์ก็จะทำการข้ามสายพันธุ์ โดยโครโมโซมคู่หนึ่งจะถูกคัดเลือกขึ้นมาเรียกว่า โครโมโซมพ่อแม่ (Parent Chromosomes) จากนั้นก็จะสุ่มตำแหน่งในการข้ามสายพันธุ์ (Cross site) ขึ้นมา หลังจากนั้นโครโมโซมคู่นั้นก็จะเปลี่ยนบิตกันในตั้งแต่ตำแหน่งที่อยู่หลังตำแหน่งข้ามสายพันธุ์เป็นต้นไป เพื่อให้กำเนิดโครโมโซม

ใหม่ขึ้นมาเรียกว่า โครโมโซมลูก กระบวนการนี้จะถูกกระทำซ้ำจนได้โครโมโซมชุดใหม่ขึ้นมาครบตามจำนวนประชากรที่เราต้องการ



รูปที่ 3.3 การข้ามสายพันธุ์พื้นฐาน

การข้ามสายพันธุ์ตามหลักการดังกล่าวนั้นเรียกว่า การข้ามสายพันธุ์แบบจุดเดียว (Single point crossover) ซึ่งจะให้ผลดีในบางปัญหา เช่น ปัญหาที่มีตัวแปรควบคุมไม่มากนักและปัญหาที่มีความยาวของบิตโครโมโซมน้อยๆ แต่เมื่อปัญหาค่าขีดสุดมีขนาดใหญ่ขึ้น และมีจำนวนตัวแปรควบคุมมากขึ้น การข้ามสายพันธุ์แบบจุดเดียวดังกล่าวจะให้ผลที่ไม่ดีนัก ทั้งนี้เนื่องมาจากการข้ามสายพันธุ์แบบจุดเดียวนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จะ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งข้ามสายพันธุ์กล่าวคือโครโมโซมคู่หนึ่งๆจะแลกเปลี่ยนบิตโครโมโซมกันในตำแหน่งที่อยู่หลังตำแหน่งข้ามสายพันธุ์ (ตามรูปที่ 3.3) ซึ่งจะเห็นว่าบิตโครโมโซมที่อยู่ในตำแหน่งแรกของโครโมโซมพ่อแม่จะไม่มีโอกาสได้แลกเปลี่ยนบิตกับโครโมโซมอื่นเลย ซึ่งในบางค รั้งโครโมโซมในตำแหน่งดังกล่าวอาจจะเป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาค่าขีดสุดก็ได้

ด้วยเหตุผลดังกล่าว หลักการปรับปรุงการข้ามสายพันธุ์ด้วยวิธียูนิฟอร์มครอสโอเวอร์จึงได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยการปรับปรุงดังกล่าวจะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ ในขั้นแรก เราจะสุ่มคัดเลือกโครโมโซมที่จะข้ามสายพันธุ์ขึ้นมาคู่หนึ่งก่อนเรียกว่าโครโมโซมพ่อแม่ จากนั้นในขั้นตอนที่สอง จะทำการสุ่มเลขระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมาโดยถ้าเลขสุ่มดังกล่าวมีค่าสูงกว่าความน่าจะเป็นของการข้ามสายพันธุ์ก็จะทำการข้ามสายพันธุ์ แต่ถ้าเลขสุ่มดังกล่าว ต่ำกว่าความน่าจะเป็นของการข้า มสายพันธุ์ก็จะไม่ทำการข้ามสายพันธุ์ สรุปคือการข้ามสายพันธุ์จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อเป็นไปตามเงื่อนไขดังสมการที่ 3.4

$$P_R \geq P_C \tag{3.4}$$

โดย P_R คือ ความน่าจะเป็นที่ถูกสุ่มขึ้นมาในแต่ละคู่โครโมโซม

P_C คือ ความน่าจะเป็นของการข้ามสายพันธุ์

ในกรณีที่ต้องมีการข้ามสายพันธุ์ ในขั้นตอนที่สาม จะทำการสุ่มบิตโครโมโซม 0 ถึง 1 ที่มีความยาวเท่ากับความยาวบิตของโครโมโซมพ่อแม่ขึ้นมาชุดหนึ่ง จากนั้นถ้าตำแหน่งใดของบิตโครโมโซมที่สุ่มขึ้นมามีค่าเป็น 1 ก็จะทำการแลกเปลี่ยนบิตตำแหน่งนั้นระหว่างโครโมโซมพ่อแม่คู่นั้น ถ้าตำแหน่งใดของบิตสตริงที่สุ่มขึ้นมามีค่าเป็น 0 ก็จะคงบิตตำแหน่งนั้นเหมือนเดิม ดังรูปที่ 3.4 ซึ่งหลักการปรับปรุงการข้ามสายพันธุ์ด้วยวิธีการดังกล่าวเรียกว่าการทำยูนิฟอร์มครอสโอเวอร์ (Uniform Crossover)

โครโมโซมพ่อแม่1	0	1	0	0	1
โครโมโซมพ่อแม่2	1	0	1	1	0
โครโมโซมสุ่ม	1	0	0	1	1
โครโมโซมลูก1	1	1	0	1	0
โครโมโซมลูก2	0	0	1	0	1

รูปที่ 3.4 การปรับปรุงการข้ามสายพันธุ์ด้วยวิธียูนิฟอร์มครอสโอเวอร์

จากหลักการดังกล่าวจะเห็นว่าการทำยูนิฟอร์มครอสโอเวอร์เป็นการข้ามสายพันธุ์ที่ทุกบิตในโครโมโซมมีโอกาสที่จะแลกเปลี่ยนบิตกับโครโมโซมอื่นๆเท่าเทียมกัน ดังนั้นการข้ามสายพันธุ์วิธีนี้จะได้ผลลัพธ์ที่ไม่ขึ้นกับตำแหน่งข้ามสายพันธุ์หรือความยาวบิตของโครโมโซมพ่อแม่

(2) การผ่าเหล่า (Mutation)

เป็นกระบวนการที่ป้องกันการลู่เข้าก่อนกำหนดและไม่ให้สูญเสียข้อมูลที่สำคัญบางอย่างไปในระหว่างกระบวนการถ่ายทอด โดยเราจะกำหนดความน่าจะเป็นค่าหนึ่งซึ่งเรียกว่า ความ

น่าจะเป็นของการผ่าเหล่า (Probability of mutation; P_M) โดยในขั้นแรกจะสุ่มเลขในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 ที่ทุกๆบิตของโครโมโซม แล้วเปรียบเทียบเลขที่สุ่มแต่ละบิตกับความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่า ถ้าเลขที่สุ่มในบิตตำแหน่งใดมีค่าต่ำกว่าความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่าบิตตำแหน่งนั้นก็จะไม่ผ่าเหล่า แต่ถ้าเลขที่สุ่มในบิตตำแหน่งใดมีค่า สูงกว่าความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่าก็จะผ่าเหล่าที่บิตตำแหน่งนั้น โดยเปลี่ยนบิตที่ตำแหน่งนั้นจาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0 สรุปคือการผ่าเหล่า (Mutation) จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อเป็นไปตามเงื่อนไขดังสมการที่ 3.5

$$P_{R_i} \geq P_M \tag{3.5}$$

โดย P_{R_i} คือ ความน่าจะเป็นที่ถูกสุ่มขึ้นมาในแต่ละบิตโครโมโซม

P_M คือ ความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่า

โครโมโซม ก่อนการผ่าเหล่า	0	1	0	0	1
โครโมโซม หลังการผ่าเหล่า	1	0	1	1	0

รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการผ่าเหล่ากรณี $i = 2$

3.2.6 การเลือกโครโมโซมที่โดดเด่นเพื่อรักษาไว้ในรุ่นถัดไป

การดำเนินการทาง พันธุกรรม เป็นกระบวนการที่อาศัยความน่าจะเป็นในการถ่ายทอดประชากรจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง ซึ่งไม่มีหลักประกันว่าในรอบถัดไปจะมีประชากรที่ดีกว่ารุ่นแรก และในบางครั้งก็อาจจะสูญเสียโครโมโซมที่ดีที่สุดไปในระหว่างการถ่ายทอด จากปัญหานี้เองจึงได้เกิดแนวคิดที่ว่าควรจะเก็บโครโมโซมที่ดีที่สุดในแต่ละรอบของการถ่ายทอดเอาไว้เพื่อส่งต่อไปในรอบถัดไป ทั้งนี้ เพื่อเป็นหลักประกันว่าโครโมโซมที่ดีที่สุดในรอบถัดไปจะดีกว่าในรอ บก่อนหน้านี้เสมอ หลักการนี้เรียกว่า อิลิทิสซึม (Elitism)

3.2.7 เงื่อนไขการหยุด

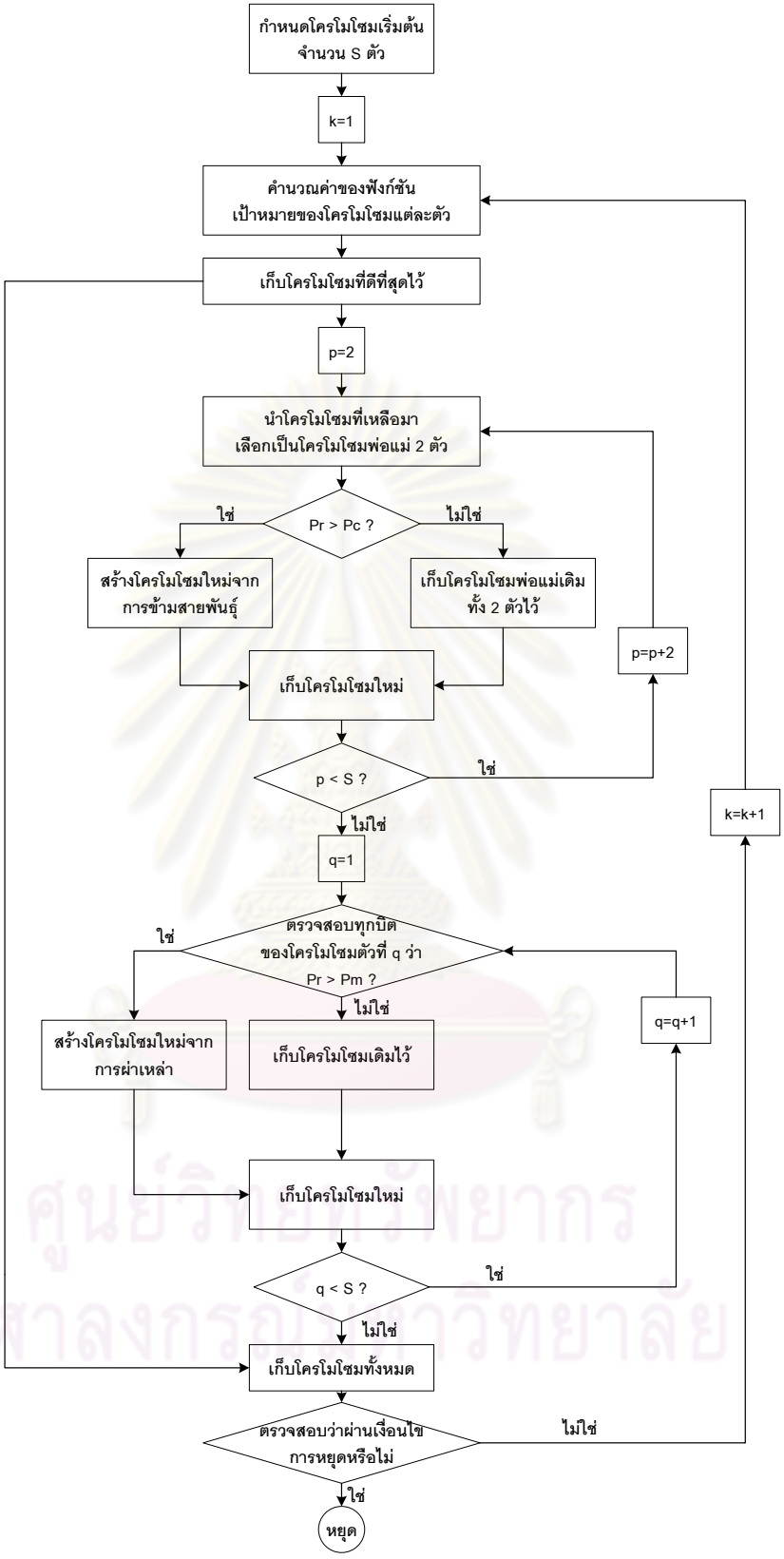
ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เงื่อนไขการหยุดของ ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมก็คือ หยุดหาคำตอบเมื่อครบจำนวนรุ่นการถ่ายทอดสูงสุดที่กำหนดเอาไว้ หรือค่าฟังก์ชันเป้าหมายในแต่ละรุ่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงครบจำนวนครั้งที่กำหนดไว้

จากองค์ประกอบข้างต้น การแก้ปัญหาค่าขีดสุดโดยรวมของขั้นตอนวิธี ทางพันธุกรรมมีขั้นตอนดังนี้

1) กำหนดประชากรเริ่มต้นโดยการสุ่ม
2) หาค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัว จากขั้นตอนที่อธิบายในหัวข้อ 3.4
3) จากประชากรทั้งหมด จะเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุด (มีความเหมาะสมมากที่สุด) เก็บเอาไว้
4) นำโครโมโซมที่ไม่ได้รับคัดเลือกไปผ่านขั้นตอนการคัดเลือก การข้ามสายพันธุ์และการผ่าเหล่า
5) นำโครโมโซมจากขั้นที่ 3) และขั้นที่ 4) มารวมกัน
6) ย้อนไปทำขั้นที่ 2) จนผ่านเงื่อนไขการหยุดที่กำหนดไว้

ขั้นตอนการแก้ปัญหาค่าขีดสุดโดยรวมของขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม สรุปได้ดังรูปที่ 3.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม

3.3 ตัวอย่างการหาจุดเหมาะสมโดยขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม

ในตัวอย่างนี้จะแสดงให้วิธีการประยุกต์ขั้นตอนวิธี ทาง พันธุกรรมในการแก้ปัญหา Optimization ทั่วไป

ตัวอย่าง จงหาจุดสูงสุดของฟังก์ชัน

$$F(x,y) = \frac{1}{(x+0.5)^2 + 2(y-0.5)^2 - 0.3\cos(3x) - 0.4\cos(4y) + 0.8}$$

โดยที่ $-1 \le x \le 1$, $-1 \le y \le 1$

จากโจทย์จะเห็นว่าปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาออปติไมซ์แบบมีเงื่อนไขที่มีความซับซ้อนมากในระดับหนึ่ง การแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการเชิงเลขโดยทั่วไปอาจจะเกิดปัญหาการไม่ลู่เข้าของคำตอบได้เนื่องจากฟังก์ชันเป้าหมายประกอบด้วยตัวแปรแบบตรีโกณมิติซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้ค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันมีการเปลี่ยนแปลงสูงมาก สำหรับในตัวอย่างนี้ จะแสดงวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมแทน

ขั้นตอนที่1 การลงรหัสและถอดรหัส

ในปัญหานี้หากเราต้องการความละเอียดของตัวแปรถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 8 ดังนั้นเราต้องใช้โครโมโซมที่มีความยาวเท่ากับ 28 บิตของทั้งสองตัวแปรในการลงรหัส โดยอาศัยหลักการที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2

$$134,217,728 = 2^{27} \le (1-(-1))*10^8 \le 2^{28} = 268,435,456$$

ส่วนการถอดรหัสโครโมโซมให้เป็นตัวแปร สามารถใช้สมการ

$$x = -1 + x' \frac{(1-(-1))}{2^{28}-1}$$

โดยที่ x' คือเลขฐานสิบที่ได้จากการแปลงบิตโครโมโซมที่เป็นเลขฐานสอง ($b_{27}b_{26}..b_0$) ซึ่งหาได้จากสมการ

$$x' = \sum_{i=0}^{27} b_i \times 2^i$$

ขั้นตอนที่ 2 การกำหนดประชากรเริ่มต้น

การกำหนดประชากรเริ่มต้นจะใช้วิธีการสุ่มในการกำหนดประชากรเริ่มต้นโดยในตัวอย่างนี้จำนวนประชากรที่ใช้คือ 10 โครโมโซม

ขั้นตอนที่ 3 การประเมินค่าความเหมาะสม

เนื่องจากปัญหาในตัวอย่างนี้เป็นการหาจุดสูงสุดของฟังก์ชัน ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่าของฟังก์ชันเป้าหมายเป็นค่าความเหมาะสมได้

ขั้นตอนที่ 4 การดำเนินการทางพันธุกรรม

การดำเนินการทางพันธุกรรมประกอบด้วย 3 ส่วนคือ การคัดเลือก การข้ามสายพันธุ์ และการผ่าเหล่า โดยได้แสดงตัวอย่างขั้นตอนวิธีของทั้ง 3 ส่วนไว้ในหัวข้อที่ 3.5, 3.6.1.2 และหัวข้อที่ 3.6.2 ตามลำดับ ในปัญหานี้จะใช้ความน่าจะเป็นในการข้ามสายพันธุ์เท่ากับ 0.2 และความน่าจะเป็นในการผ่าเหล่าเท่ากับ 0.9

ขั้นตอนที่ 5 เงื่อนไขการหยุด

เงื่อนไขการหยุดสำหรับตัวอย่างนี้จะกำหนดให้ ขั้นตอนวิธี ทางพันธุกรรม หยุด เมื่อถึงจำนวนรุ่นสูงสุดเท่านั้น คือ 300 รุ่น

ผลลัพธ์

จากการแก้ปัญหา Optimization ในตัวอย่างนี้ ด้วยวิธีการ ทางพันธุกรรมจนลู่เข้าตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ จำนวน 10 ครั้ง ผลลัพธ์สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลการแก้ปัญหาของฟังก์ชันในตัวอย่างหัวข้อ 3.8

ครั้งที่	x	y	$F(x,y)$
1	-0.65520646	0.50019384	7.94669185
2	-0.65450311	0.49992539	7.94656419
3	-0.65396537	0.49952304	7.94534425
4	-0.65544111	0.49946427	7.94603018
5	-0.65506383	0.50010460	7.94678061
6	-0.65504573	0.49995404	7.94680082
7	-0.65525521	0.49950477	7.94623201
8	-0.65520674	0.50000230	7.94677143
9	-0.65522559	0.49956098	7.94635569
10	-0.65504812	0.50015253	7.94675579

จากตารางที่ 3.2 คำตอบของปัญหาOptimization โดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมทั้ง 10 ครั้งจะได้คำตอบที่ดีที่สุดในตัวอย่างนี้ คือ $x = -0.65504573$ และ $y = 0.49995404$ โดยที่ค่าของฟังก์ชันเป้าหมาย ($F(x, y)$) มีค่าเท่ากับ 7.94680082

3.4 การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า

การแก้ปัญหาค่าเหมาะสมโดยใช้ขั้นตอนวิธี ทางพันธุกรรมเป็นวิธีใหม่ที่มีประสิทธิภาพสามารถประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าได้ ทั้งนี้ ด้วยความสัมพันธ์อันซับซ้อนของตัวแปร ฟังก์ชันจุดประสงค์ และฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับต่างๆ ของปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า อาจทำให้บางครั้งวิธีการดั้งเดิมที่นำมาแก้ปัญหาค่าเหมาะสมไม่สามารถหาผลเฉลยได้ หรือถ้าจะหาได้ก็ต้องละเลยเงื่อนไขที่ซับซ้อนบางอย่างไป หรือไม่ก็ต้องทำการประมาณ ฟังก์ชัน ที่ซับซ้อนให้อยู่ในรูปที่สามารถแก้ปัญหาโดยวิธีดั้งเดิมได้ แต่สำหรับการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมโดยใช้ขั้นตอนวีธี ทางพันธุกรรมแล้วจะใช้เพียงค่า ฟังก์ชัน จุดประสงค์และ ฟังก์ชัน เงื่อนไขบังคับมาเป็นข้อมูลในการหาผลเฉลยเท่านั้น โดยไม่สนใจรูปแบบของฟังก์ชันและความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ

ในการหาผลเฉลยของการแก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมมีฟังก์ชันจุดประสงค์ คือ การหาต้นทุนการผลิตรวมต่ำสุดโดยใช้เชื้อเพลิงที่มีอยู่ให้คุ้มค่าที่สุดและ มีการทำงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด สามารถทำได้โดย ขั้นตอนแรก เริ่มจากการแทนค่าตัวแปรควบคุมต่างๆ ให้อยู่ในรูปของโครโมโซมด้วยระบบเลขฐานสอง โดยอาศัยหลักการที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.1 จากนั้นทำการกำหนดประชากรเริ่มต้นขึ้นมาตามจำนวนที่ต้องการด้วยการสุ่ม และนำโครโมโซมที่ได้ไปคำนวณหาต้นทุนการผลิตรวมของระบบ พร้อมทั้ งตรวจสอบเงื่อนไขบังคับต่างๆในระบบ และทำการประเมินค่าความเหมาะสมของประชากรทั้งหมดโดยอาศัยหลักการที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.3 หลังจากนั้น นำประชากรเหล่านี้ไปทำการคัดเลือกเพื่ อนำไปผ่านการดำเนินการทางพันธุกรรม ที่ประกอบไปด้วยการข้ามสายพันธ์และการผ่าเหล่าต่อไป หลังจากอาศัยหลักการที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.4 – 3.2.6 เราจะเริ่มกระบวนการใหม่อีกรอบ แล้วทำวนซ้ำไปจนกว่าจะผ่านเงื่อนไขการหยุด

ขั้นตอนการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 3.7

รูปที่ 3.7 ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า โดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม

4.1 แนวคิดในการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า

เชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในระบบไฟฟ้ามีหลายประเภท เช่น ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ถ่านหิน เป็นต้น เชื้อเพลิงที่นำมาใช้เหล่านี้บางส่วนถูกขนส่งผ่านมาทางท่อก๊าซ หรือขนส่งผ่านเรือเดินทะเลทำให้เสียเวลาในการเดินทางและปริมาณที่ขนส่งได้ในแต่ละครั้งก็มีจำนวนจำกัด หากไม่มีการวางแผนการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ เชื้อเพลิงเหล่าที่มีราคาถูกอาจมีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการและทำให้ต้องเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นซึ่งมีราคาแพงกว่าแทน นอกจากข้อจำกัดในการขนส่งแล้ว สัญญาการใช้เชื้อเพลิง (Fuel contract) ก็เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ปริมาณเชื้อเพลิงมีจำกัด สัญญาเหล่านี้เป็นข้อตกลงการซื้อขายเชื้อเพลิงระหว่างผู้ผลิตไฟฟ้ากับผู้จำหน่ายเชื้อเพลิงโดยปริมาณเชื้อเพลิงที่ตกลงซื้อขายกันจะกำหนดไว้ก่อนล่วงหน้า หากไม่มีการวางแผนที่ดีพอ ผู้ผลิตไฟฟ้า จะต้องรับซื้อ ปริมาณเชื้อเพลิง ตามที่กำหนดแม้ในบางครั้งอาจจะไม่มีความจำเป็นต้องซื้อก็ตาม ในขณะเดียวกันผู้ขายก็ต้องจัดหาเชื้อเพลิงให้ครบถ้วนตามที่ตกลงกันไว้ด้วย

การทำแผนการใช้เชื้อเพลิง (Fuel scheduling) เป็นการวางแผนล่วงหน้าว่าจะใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิดเป็นปริมาณเท่าใดซึ่งโดยทั่วไปจะวางแผนล่วงหน้าเป็นสัปดาห์ การจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบผลิตไฟฟ้าเป็นการหาจุดทำงานและปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง หรือโรงไฟฟ้าแต่ละโรง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เชื้อเพลิงที่มีอยู่ให้คุ้มค่าที่สุด และให้เป็นไปตามแผนการใช้เชื้อเพลิงที่วางไว้ โดยมีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุด ในขณะเดียวกันกำลังการผลิตที่ได้ก็ต้องเพียงพอต่อความต้องการและมีการทำงานเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด

ประเด็นปัญหาในการจัดสรรเชื้อเพลิงสำหรับ ระบบผลิตไฟฟ้าประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.3 คือ การกำหนดสถานะการปฏิบัติงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง และการกำหนดค่ากำลังการจ่ายโหล ดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง ซึ่งจะเห็นว่าลักษณะปัญหาจะประกอบด้วยการทำยูนิตคอมมิตเมนต์ (Unit commitment) และการจ่ายโหลดอย่างประหยัด (Economic Dispatch) แต่เนื่องจากการวางแผนจัดสรรเชื้อเพลิง สำหรับระบบผลิตไฟฟ้า จะให้ความสำคัญกับปัญหาและเงื่อนไขด้านเชื้อเพลิงเป็นหลัก ดังนั้น โดยทั่วไป เรา จึงให้

ความสำคัญกับ เงื่อนไขทางด้านเชื้อเพลิงมากกว่าการ ทำยูนิตคอมมิตเมนต์และการจ่ายโหลดอย่างประหยัด โดยทั่วไป ในขณะเดียวกันก็จะละเลยเงื่ อนไขบางอย่างที่ไม่จำเป็นออกไป ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดของข้อแตกต่างระหว่าง การจัดสรรเชื้อเพลิงสำหรับ ระบบผลิตไฟฟ้าในวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้กับการ ทำยูนิตคอมมิตเมนต์และการจ่ายโหลดอย่างประหยัด แบบที่ทำกันโดยทั่วไป ได้ดังนี้

1. การจัดสรรเชื้อเพลิงสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพิจารณาโหลดเฉลี่ยทุกๆ 6 ชั่วโมง ในขณะที่การทำยูนิตคอมมิตเมนต์และการจ่ายโหลดอย่างประหยัด พิจารณาโหลดเป็นรายชั่วโมง

2. การจัดสรรเชื้อเพลิงสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าพิจารณาโหลดทั้งสัปดาห์ ในขณะที่การทำยูนิต คอมมิตเมนต์และการจ่ายโหลดอย่างประหยัด พิจารณาโหลดอย่างมากแค่หนึ่งวัน

3. การจัดสรรเชื้อเพลิงสำหรับ ระบบผลิตไฟฟ้าเป็นการวางแผนระยะกลาง ในขณะที่การทำยูนิต คอมมิตเมนต์และการจ่ายโหลดอย่างประหยัดเป็นการวางแผนระยะสั้น

4. การจัดสรรเชื้อเพลิงสำหรับ ระบบผลิตไฟฟ้าพิจารณาปริมาณเชื้อเพลิงที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องใช้ ซึ่งอาจเป็นเชื้อเพลิงชนิดเดียวหรือเชื้อเพลิงแบบผสมกันได้ ในขณะที่การทำยูนิตคอมมิตเมนต์และการจ่ายโหลดอย่างประหยัดพิจารณาเฉพาะกำลังที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่านั้น โดยไม่สนใจชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้

5. การจัดสรรเชื้อเพลิงสำหรับ ระบบผลิตไฟฟ้าพิจารณาเงื่อนไขขีดความสามารถในการส่งเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติของแต่ละแหล่งในแต่ละวันหรือในแต่ละโรงไฟฟ้า

6. การจัดสรรเชื้อเพลิงสำหรับ ระบบผลิตไฟฟ้าพิจารณาเงื่อนไขปริมาณการใช้เชื้อแพลิงบางชนิด สำหรับโรงไฟฟ้าบางโรง เช่น ชีดจำกัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาสำหรับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนในแต่ละวันหรือสัปดาห์

4.2 การกำหนดปัญหา

4.2.1 นิยามตัวแปร

$Load(t)$: โหลดของระบบ ณ เวลา t (MW)

$Reserve(t)$: กำลังผลิตสำรองพร้อมจ่ายที่ระบบต้องการ ณ เวลา t (MW)

$H_i(.)$: อัตราความร้อนของเครื่องพลังงานความร้อน i (Mbtu/Hr)

N : จำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

T : จำนวนช่วงระยะเวลาในการจัดสรรเชื้อเพลิง (คาบ)

i : ดัชนีเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

t : ดัชนีช่วงระยะเวลา

$U_i(t)$: สถานการณ์เดินเครื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ *i* ณ เวลา *t*

$P_i(t)$: กำลังไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ *i* ณ เวลา *t* (MW)

FC_i : ราคาเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ *i* (฿/Mbtu)

FSC_i : ค่าใช้จ่ายคงที่ในการเริ่มเดินเครื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ *i* (฿)

SFC_i : ค่าใช้จ่ายผันแปรในการเริ่มเดินเครื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ *i* (฿)

$x_i(t)$: สภาวะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ *i* ณ เวลา *t*
(ค่านี้เป็นระยะเวลาการเดินเครื่อง (+) หรือ หยุดเดินเครื่อง (-) ติดต่อกัน)

τ_i : ค่าคงตัวเวลาการปลดปล่อยความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ *i* (Hr)

MUP_i : ขีดจำกัดเวลาเดินเครื่องน้อยที่สุด (คาบ)

MDN_i : ขีดจำกัดเวลาหยุดเดินเครื่องน้อยที่สุด (คาบ)

P_i^{min}, P_i^{max} : กำลังผลิตต่ำสุด สูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ *i* (MW)

M_g : เซตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงแบบผสม

N_g : เซตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงชนิดเดียว

$H_i(t)$: ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ *i* ณ เวลา *t* (Mbtu)

$Q_k(j)$: ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจากแหล่งเชื้อเพลิง *k* ตลอดช่วงระยะเวลา *j* (*Fuel unit*)

$Q_k^{min}(j), Q_k^{max}(j)$: ขีดจำกัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่ำสุด สูงสุดจากแหล่งเชื่อเพลิง *k* ตลอดช่วงระยะเวลา *j* (*Fuel unit*)

Fuel unit : น้ำมัน (ลิตร) ,ถ่านหิน ลิกไนต์ (ตัน) ,ก๊าซธรรมชาติ (ลูกบาศก์ฟุต)

$\gamma_i(t)$: สัดส่วนการผสมของเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ ถูกกำหนดให้ใช้เชื้อเพลิงแบบผสม เครื่องที่ *i* ณ เวลา *t* โดย $0 \le \gamma_i(t) \le 1$

$\gamma_i{}^{min}(t), \gamma_i{}^{max}(t)$: สัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงต่ำสุด สูงสุด ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ ถูกกำหนดให้ใช้เชื้อเพลิงแบบผสม เครื่องที่ *i* ณ เวลา *t*

4.2.2 ฟังก์ชันเป้าหมาย

$$Min\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{N}[F_i(P_i(t))\cdot U_i(t) + StCost_i(t)] \quad (4.1)$$

โดยที่ $F_i(P_i(t)) = H_i(P_i(t))\cdot FC_i$ เมื่อ $i \epsilon N_g$ (4.2)

$$F_i(P_i(t)) = H_i^{fuel\,1}\left(P_i(t),\gamma_i(t)\right)\cdot FC_i^{fuel\,1} + H_i^{fuel\,2}(P_i(t),\gamma_i(t))\cdot FC_i^{fuel\,2} \quad \text{เมื่อ } i\epsilon M_g \tag{4.3}$$

$$H_i^{fuel\,1}\left(P_i(t),\gamma_i(t)\right) = \gamma_i(t)\cdot\left[\gamma_i(t)\cdot H_i^{fuel\,1}\left(P_i(t)\right) + (1-\gamma_i(t))\cdot H_i^{fuel\,1}\left(P_i(t)\right)\right] \tag{4.4}$$

$$H_i^{fuel\,2}\left(P_i(t),\gamma_i(t)\right) = (1-\gamma_i(t))\cdot\left[\gamma_i(t)\cdot H_i^{fuel\,1}\left(P_i(t)\right) + (1-\gamma_i(t))\cdot H_i^{fuel\,1}\left(P_i(t)\right)\right] \tag{4.5}$$

หมายเหตุ : ที่มาของสมการที่ 4.4 และ 4.5 แสดงในหัวข้อที่ 4.5.1

$$StCost_i(t) = U_i(t)\cdot(1-U_i(t-1))\cdot[FST_i + SFC_i\cdot(1-e^{-x_i(t-1)/\tau_i})] \tag{4.6}$$

โดย $F_i(P_i(t))\cdot U_i(t)$ คือ ค่าใช้จ่ายในการผลิตไฟฟ้าของเครื่องที่ *i* ณ เวลา *t* (฿)

$StCost_i(t)$ คือ ค่าใช้จ่ายในการเริ่มเดินเครื่องของเครื่องที่ *i* ณ เวลา *t* (฿)

4.2.3 เงื่อนไขบังคับ

โหลด:

$$\sum_{i=1}^{N} P_i(t)\cdot U_i(t) = Load(t) \tag{4.7}$$

กำลังผลิตสำรอง:

$$\sum_{i=1}^{N} P_i^{\max}(t)\cdot U_i(t) \geq Load(t) + \mathrm{Re}\,serve(t) \tag{4.8}$$

ขีดจำกัดเวลาเดินเครื่อง,หยุดเดินเครื่องต่ำสุด (Minimum up time /down time):

$$U_i(t) = 1 \text{ ถ้า } 1 \leq x_i(t) \leq MUP_i \tag{4.9}$$

$$U_i(t) = 0 \text{ ถ้า } -MDN_i \leq x_i(t) \leq -1 \tag{4.10}$$

ขนาดกำลังผลิต:

$$P_{\min\ i}\cdot U_i(t) \leq P_{\ i}\cdot U_i(t) \leq P_{\max\ i}\cdot U_i(t) \tag{4.11}$$

ขีดจำกัดสัดส่วนการผสมของเชื้อเพลิง:

$$\gamma_i^{\,min}(t) \leq \gamma_i(t) \leq \gamma_i^{\,max}(t) \qquad \text{เมื่อ } i\epsilon M_g \tag{4.12}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เงื่อนไขปริมาณเชื้อเพลิง:

$$Q_k^{min}(j) \leq Q_k(j) \leq Q_k^{max}(j) \tag{4.13}$$

4.3 **การแปลงปัญหา** (Problem Transformation)

ในการแก้ปัญหาเพื่อหาค่าเหมาะสม (Optimization) เราจะต้องเขียนปัญหาในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ทั่วไป ดังนี้

$$\textit{Minimize} \quad F(x) \tag{4.14}$$

$$\textit{Subject to} \quad g_i(x) \geq 0 \tag{4.15}$$

$$h_i(x) = 0 \tag{4.16}$$

โดย $F(x)$ คือ ฟังก์ชันเป้าหมาย (สมการที่ 4.1)

$g_i(x)$ คือ ฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับแบบอสมการ (สมการที่ 4.8 – 4.13)

$h_i(x)$ คือ ฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับแบบสมการ (สมการที่ 4.7)

จากปัญหาค่าเหมาะสมแบบมีเงื่อนไขบังคับข้างต้น สามารถแปลงให้เป็นปัญหาค่าเหมาะสมแบบไม่มีเงื่อนไขบังคับได้โดยการแปลงฟังก์ชันก์เป้าหมายใหม่ได้ดังสมการ

$$f(x) = F(x) + \varphi(x) \tag{4.17}$$

โดย $\varphi(x)$ คือ ฟังก์ชันการปรับโทษ (Penalty function)

4.4 **ฟังก์ชันการปรับโทษ** (Penalty Function) [13]

ฟังก์ชันการปรับโทษ เป็นเทคนิคที่ใช้รวมผลของเงื่อนไขบังคับของตัวแปรเข้ากับฟังก์ชันเป้าหมายในการแก้ปัญหาค่าเหมาะสม ฟังก์ชันการปรับโทษเป็นการทำให้ตัวแปรที่ใช้ในปัญหาค่าเหมาะสมมีค่าอยู่ในขอบเขตของตัวเองหรืออยู่นอกขอบเขตได้เล็กน้อยขึ้นกับขนาดของการปรับโทษ

หลักการของการปรับโทษ คือ จะอนุญาตให้ตัวแปร $\boldsymbol{x}_{\mathbf{k}}$ ในการคำนวณแต่ละรอบออกนอกเซตคำตอบได้ แต่จะมีผลทำให้ฟังก์ชันมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมาก จนในที่สุดเมื่อหาค่าต่ำสุดของฟังก์ชันจะทำให้ ตัวแปรเข้าสู่เซตคำตอบ (เซตคำตอบ หมายถึง เซตของตัวแปร $\boldsymbol{x}_{\mathbf{k}}$ ที่สอดคล้องกับเงื่อนไขทั้งหมดของปัญหา)

หลักกการสำคัญของวิธีการนี้ คือ ต้องเปลี่ยนฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับแบบอสมการและฟังก์ชันเงื่อนไขบังคับแบบสมการเป็นฟังก์ชัน $\varphi(x)$ ซึ่งมีสมบัติ ดังนี้

$$\varphi(x) = \begin{cases} 0 & for\ x \in feasible\ set \\ \infty & for\ x \notin feasible\ set \end{cases} \tag{4.18}$$

ฟังก์ชัน $\varphi(x)$ มีหลายรูปแบบ สำหรับฟังก์ชันที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เลือกใช้รูปแบบสมการดังนี้

$$\varphi(x) = \begin{cases} \sum_{i=1}^{m} k_i^h \ |h_i(x)|^q \\ \sum_{i=1}^{n} k_i^g \ |\min[0, g_i(x), 0)|^r \end{cases} \tag{4.19}$$

โดยที่ *m* คือ จำนวนเงื่อนไขบังคับแบบสมการ

n คือ จำนวนเงื่อนไขบังคับแบบอสมการ

k_i^h, k_i^g คือ สัมประสิทธ์การปรับโทษ (Penalty factor) ซึ่งเป็นตัวกำหนดขนาดของการปรับโทษ

q,r คือ เลขจำนวนเต็ม

จากสมการตั้งต้น 4.14 – 4.16 โดยอาศัยสมการที่ 4.17 และสมการที่ 4.19 เราเขียนเป็นสมการฟังก์ชันก์เป้าหมายใหม่เพื่อแก้ปัญหาค่าต่ำสุดได้ ดังนี้

$$f(x) = F(x) + \sum_{i=1}^{m} k_i^h \ |h_i(x)|^q + \sum_{i=1}^{n} k_i^g \ |\min[0, g_i(x), 0)|^r \tag{4.20}$$

การเลือกค่า k_i^h, k_i^g และ q, r มีหลักดังนี้

1) กรณีที่ $q, r < 1$ขนาดของการปรับโทษจะน้อยเกินไปซึ่งทำให้คำตอบที่ได้อาจจะอยู่นอกขอบเขตของเงื่อนไขบังคับได้ ดังนั้นโดยทั่วไปนิยมใช้ $q, r \geq 1$
2) กรณีที่ $q, r = 1$ จะเรียกว่า Exact Penalty function [] ทั้งนี้เนื่องจากจะมีค่า k_i^h, k_i^g ที่มากพออยู่ค่าหนึ่งที่ทำให้คำตอบของฟังก์ชันที่ถูกปรับโทษแล้ว

เป็นคำตอบจริงของฟังก์ชันเป้าหมายเดิม แต่ว่าการปรับโทษด้วยวิธีนี้จะทำให้ฟังก์ชันที่จะแก้ปัญหาค่าเหมาะสมไม่ต่อเนื่องภายหลังการปรับโทษแล้ว

3) กรณีที่ $q, r > 1$ ในกรณีนี้ฟังก์ชันที่จะแก้ปัญหาค่าเหมาะสม จะเป็นฟังก์ชันต่อเนื่องภายหลังการปรับโทษ ดังนั้นจึงใช้ได้กับเทคนิคการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมทุกชนิด แต่ว่าการปรับโทษด้วยวิธีนี้ในทางทฤษฎีค่า k_i^h, k_i^g ต้องมีค่าอนันต์ (Infinity) เท่านั้น คำตอบของฟังก์ชันภายหลังการปรับโทษตามสมการที่ 4.17 จึงจะเป็นคำตอบจริงของปัญหาเดิม

สำหรับปัญหาค่าเหมาะสมในวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้มีจำนวนเงื่อนไขบังคับทั้ง แบบสมการและแบบอสมการค่อนข้างหลากหลายและมีเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการเลือกค่า k_i^h, k_i^g และ q, r จะต้องมีการพิจารณาอย่างละเอียดและทดสอบผลเพื่อหาค่าที่เหมาะสมมาใช้ต่อไป

4.5 ขั้นตอนการแก้ปัญหา

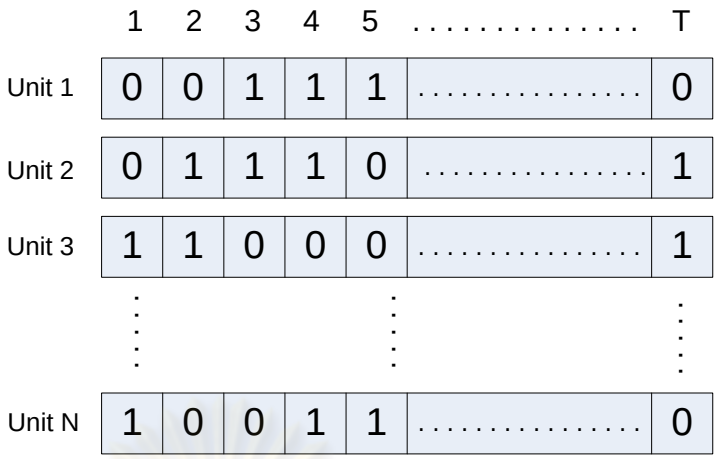
ในวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้ ประยุกต์ใช้ ขั้นตอนวิธี ทางพันธุกรรม ในการแก้ปัญหา การจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้า มีขั้นตอนดังนี้

4.5.1 การกำหนดตัวแปร

สำหรับตัวแปรทั้งหมดที่ใช้ในการแก้ปัญหา การจัดสรรเชื้อเพลิง อย่างเหมาะสม สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ ตัวแปรสถานะการปฏิบัติงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ ตัวแปรจุดทำงานหรือกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง $P_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ และตัวแปรสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกกำหนดให้ใช้เชื้อเพลิงแบบผสม $\gamma_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$

1) ตัวแปรสถานะการปฏิบัติงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$

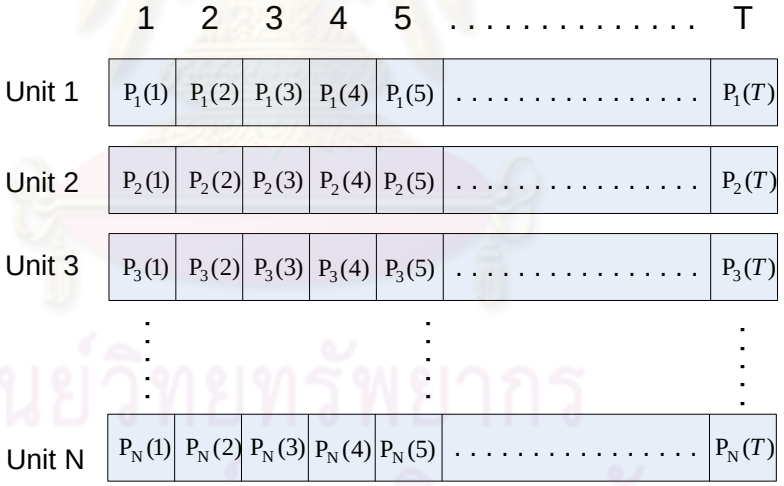
$U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ คือสถานะการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า มีค่าเป็น 0 หรือ 1โดยจะมีค่าเป็น 1 เมื่อกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า i มีสถานะ ON ในช่วงเวลา t และมีค่าเป็น 0 เมื่อกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า i มีสถานะ OFFในช่วงเวลา t ดังนั้นจำนวนตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ ทั้งหมดในระบบ มีจำนวนทั้งสิ้น $N \times T$ ตัวแปร ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$

2) ตัวแปรจุดทำงานหรือกำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง $P_i(t)$

$P_i(t)$ เป็นตัวกำหนดจุดทำงานหรือ กำลังการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า *i* ในแต่ละช่วงเวลา *t* ดังนั้นจำนวนตัวแปร $P_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ ทั้งหมดในระบบ มีจำนวนทั้งสิ้น $N \times T$ ตัวแปร ดังแสดงในรูปที่ 4.2

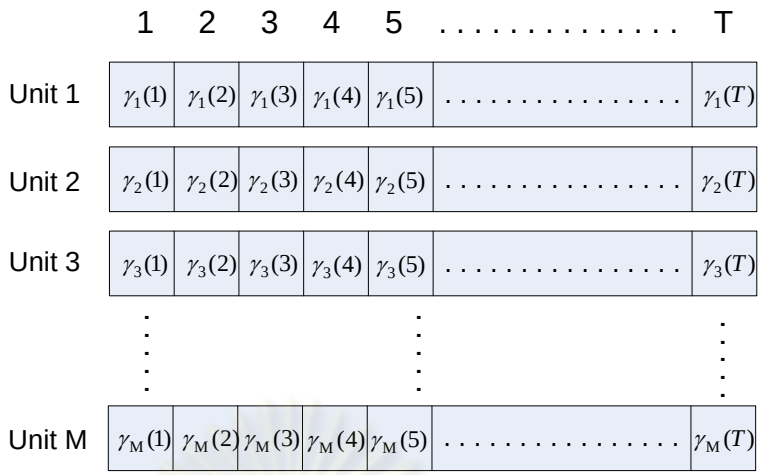


รูปที่ 4.2 ตัวแปร $P_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$

3) ตัวแปรสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิง $\gamma_i(\mathrm{t})$

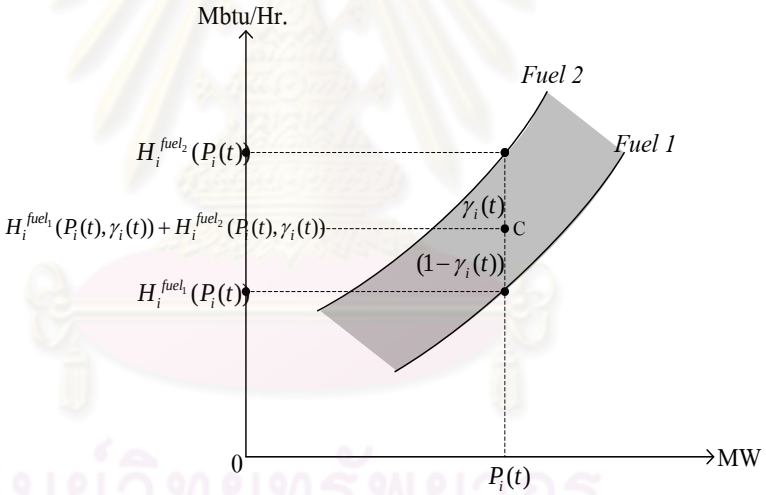
$\gamma_i(\mathrm{t})$ เป็นตัวกำหนดสัดส่วนการผสมของเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ ถูกกำหนดให้ใช้เชื้อเพลิงแบบผสม เครื่องที่ *i* ณ เวลา *t* โดย $0 \leq \gamma_i(t) \leq 1$, $i \epsilon M_g$ ดังนั้นจำนวนตัวแปร $\gamma_i(\mathrm{t})$ ทั้งหมดในระบบ มีจำนวนทั้งสิ้น $numM_g \times T$ ตัวแปร ดังแสดงในรูปที่ 4.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3 ตัวแปร $\gamma_i(t)$

ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิง $\gamma_i(t)$ กับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด(Mbtu/Hr) แสดงดังในรูปที่ 4.4 และสมการที่ 4.21- 4.22



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิง $\gamma_i(t)$ กับปริมาณการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด

เราสามารถหาปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (Mbtu/Hr) แต่ละชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกกำหนดให้ใช้เชื้อเพลิงแบบผสมเครื่องที่ i ได้ดังสมการ

$$H_i^{fuel\,1}\big(P_i(t),\gamma_i(t)\big) = \gamma_i(t)\cdot\big[\gamma_i(t)\cdot H_i^{fuel\,1}\big(P_i(t)\big) + (1-\gamma_i(t))\cdot H_i^{fuel\,1}\big(P_i(t)\big)\big] \qquad 4.21$$

$$H_i^{fuel\,2}\big(P_i(t),\gamma_i(t)\big) = (1-\gamma_i(t))\cdot\big[\gamma_i(t)\cdot H_i^{fuel\,1}\big(P_i(t)\big) + (1-\gamma_i(t))\cdot H_i^{fuel\,1}\big(P_i(t)\big)\big] \qquad 4.22$$

โดย $H_i^{fuel\,1}(P_i(t),\gamma_i(t))$ คือ ปริมาณความร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดที่ 1 ที่กำลังผลิต $P_i(t)$และสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิง $\gamma_i(\mathrm{t})$ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวที่ *i*

$H_i^{fuel\,2}(P_i(t),\gamma_i(t))$ คือ ปริมาณความร้อนจากเชื้อเพลิงชนิดที่ 2 ที่กำลังผลิต $P_i(t)$และสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิง $\gamma_i(\mathrm{t})$ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวที่ *i*

4.5.2 การลงรหัส (Encoding)

หลังจากที่ได้กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมแล้ว เราจะนำตัวแปรทั้งหมดมาทำการลงรหัสโดยอาศัยระบบเลขฐานสอง (0 และ 1) เป็นส่วนประกอบของโครโมโซมในการลงรหัส โดยจะอาศัยหลักการที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.2

4.5.3 การกำหนดประชากรเริ่มต้น (Initialization)

เราจะแบ่งการกำหนดประชากรเริ่มต้นออกเป็น 3 ขั้นตอนด้วยกันตามชนิดของตัวแปรดังนี้

(1) การกำหนดประชากรเริ่มต้นสำหรับตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้หลักการเลือกเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเรียงตามลำดับ (Priority list) ในการกำหนดสถานะการปฏิบัติงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องหรือแนวโน้มการเดินเครื่องของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ โดยจะพิจารณาวิธีการเรียงลำดับ การเดินเครื่อง 3 แบบด้วยกัน คือ

(ก) เรียงลำดับของต้นทุนการผลิตเฉลี่ยที่กำลังผลิตสูงสุด (Average full load cost)[8]

โดยวิธีนี้จะเรียงลำดับ จากต้นทุนการผลิตต่ำไปหาต้นทุนการผลิตสูง โดยจะเริ่มจากเครื่องที่มีต้นทุนการผลิตต่ำก่อน แล้วคอยๆเพิ่มตามลำดับ จนได้กำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่าความต้องการของระบบ การคำนวณหาต้นทุนการผลิตเฉลี่ยที่กำลังการผลิตสูงสุด (AFLC) สามารถกระทำได้โดยนำต้นทุนค่าเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่กำลังผลิตสูงสุดหารด้วยกำลังผลิตสูงสุดดังสมการที่ 4.23

$$AFLC_i = \frac{F_i(P_{\max_i})}{P_{\max_i}} \tag{4.23}$$

โดย $F_i(.)$ คือ ต้นทุนค่าเชื้อเพลิงของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i (฿)

$P_{\max_i}$ คือ กำลังการผลิตสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องที่ i (MW)

จากนั้นก็จะเลือกเดินเครื่องตามลำดับซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- คำนวณค่า AFLC ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่อง
- เรียงลำดับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามค่า AFLC จากต่ำไปสูง
- ในแต่ละชั่วโมงของช่วงเวลาที่กำหนด พิจารณาโหลด และกำลังผลิตสำรองที่ระบบต้องการจากข้อมูลการพยากรณ์โหลด
- เลือกเดินเครื่องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามลำดับ AFLC จนกระทั้งผลรวมกำลังผลิตสูงสุดของทุกเครื่องที่ถูกเลือกมีค่าไม่น้อยกว่า ผลบวกของโหลดและกำลังผลิตสำรองของระบบ และ ผลรวมกำลังผลิตต่ำสุดของทุกเครื่องที่ถูก เลือกมีค่าไม่มากกว่าผลบวกของโหลดและกำลังผลิตสำรองของระบบ

(ข) เรียงลำดับตามค่าตัวประกอบโรงไฟฟ้า (Plant Factor) [12]

ค่าตัวประกอบโรงไฟฟ้าหมายถึงสัดส่วนระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจริงของโรงไฟฟ้าในช่วงเวลาที่สนใจ ต่อพลังงานที่ควรผลิตได้หากทำการผลิตที่ ค่าพิกัด ตามสมการที่ 4.24

$$Plant\ Factor = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจริง}}{\text{ขนาดกำลังพิกัดของโรงไฟฟ้า} \times \text{ระยะเวลาเดินเครื่อง}} \qquad (4.24)$$

เมื่อทราบค่าตัวประกอบกำลังของโรงไฟฟ้าทั้งหมดในระบบแล้วก็จะเลือกเดินเครื่องเช่นเดียวกับวิธี (ก) โดยจะเริ่มจากเครื่องที่มีค่าตัวประกอบโรงไฟฟ้าสูงสุดก่อนแล้วคอยๆเพิ่มตามลำดับจนได้กำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่าความต้องการของระบบ

(ค) เรียงลำดับตามชนิดของโรงไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าที่นำมาพิจารณาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คือโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนเท่านั้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยโรงไฟฟ้า ประเภทนี้จะใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ คือ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันเตา โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ โรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ (Steam Power Plant) โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas Turbine Power Plant) และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined Cycle Power Plant)

หลักการเลือกเดินเครื่องวิธีนี้ จะเลือกเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมก่อนเป็นอันดับแรก หลังจากนั้นจะเลือกเดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พลังไอน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ ตามลำดับจนได้กำลังผลิตรวมไม่น้อยกว่าความต้องการของระบบเช่นเดียวกับวิธีที่ (ก) และ (ข)

(2) การกำหนดประชากรเริ่มต้นสำหรับตัวแปร $P_i(t)$

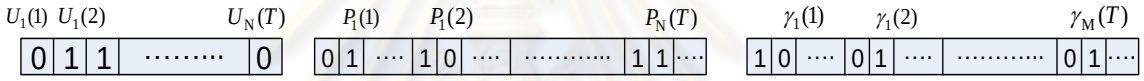
การกำหนดจุดทำงานหรือกำลังการผลิตเริ่มต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง $P_i(t)$ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กำหนดให้มีค่าที่ 70% - 90% ของค่าพิกัดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง

(3) การกำหนดประชากรเริ่มต้นสำหรับตัวแปร $\gamma_i(t)$

สำหรับประชากรเริ่มต้นของตัวแปรสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิง $\gamma_i(t)$ ของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้าที่ถูกกำหนดให้ใช้เชื้อเพลิงแบบผสม ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดให้เป็น 0 หรือ 1 นั้นคือ เริ่มแรกเราจะกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหล่านี้เลือกใช้เชื้อเพลิงชนิดใดชนิดหนึ่งก่อน

4.5.4 โครงสร้างของโครโมโซมที่ใช้ในกระบวนการทางพันธุกรรม

หลังจากที่ได้กำหนดประชากรเริ่มต้นให้กับตัวแปรทั้ง 3 ชนิดแล้ว เราสามารถนำตัวแปรดังกล่าวมารวมเป็นโครโมโซมเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาโดยกระบวนการทางพันธุกรรมได้รูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 โครงสร้างของโครโมโซมที่ใช้ในกระบวนการทางพันธุกรรม

4.5.5 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Value)

แต่ละค่าคำตอบที่ผ่านการถอดรหัสจากโครโมโซมในขั้นตอนวิธี ทางพันธุกรรมจะถูกประเมินความเหมาะสม ค่าความเหมาะสมนี้จะขึ้นอยู่กับค่าของฟังก์ชันเป้าหมาย ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ต้องการให้ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้ามีค่าน้อยที่สุด นั่นคือ ต้องการให้ค่าของฟังก์ชันเป้าหมายมีค่าน้อยๆ โดยที่การทำงานเป็นไปตามเงื่อนไขบังคับของระบบ ดังนั้นค่าความเหมาะสมจึงมีค่าเท่ากับส่วนกลับของสมการที่ 4.20 ดังนี้

$$Fit(x) = \frac{1}{F(x) + \sum_{i=1}^{m} k_i^h \, |h_i(x)|^q + \sum_{i=1}^{n} k_i^g \, |\min[0, g_i(x)]|^r} \qquad (4.25)$$

เมื่อ $Fit(x)$ คือ ค่าความเหมาะสมของตัวแปร *x*

$F(x)$ คือ ค่าฟังก์ชันเป้าหมายตามสมการที่ 4.1

4.5.6 การคัดเลือก (Selection)

สำหรับวิธีในการคัดเลือกประชากรที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ การสุ่มแบบวงล้อ (Roulette wheel) โดยอาศัยหลักการที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.4

4.5.7 การดำเนินการทางพันธุกรรม (Genetic Operator)

การดำเนินการทา งพันธุกรรม ที่ใช้ในการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วย การข้ามสายพันธ์ การผ่าเหล่า การแลกเปลี่ยนบิตโดยวิธี Swap-window operator การกำหนดบิตโดยวิธี Window-mutation operator และ การผ่าเหล่าโดยวิธี Swap-mutation operator ดังนี้

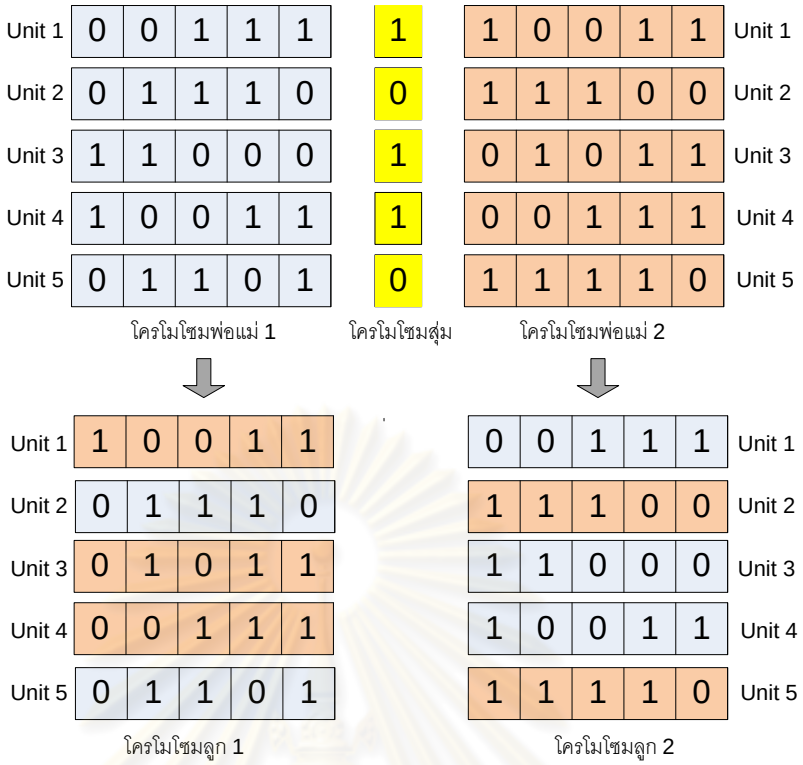
(1) การข้ามสายพันธุ์ (Crossover)

เป็นกระบวนการสร้างประชากรรุ่นใหม่โดยอาศัยการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโครโมโซมพ่อแม่ (Parents) จำนวน 2 โครโมโซม เพื่อกำเนิดโครโมโซมลูก (Offspring) จำนวน 2 โครโมโซม สำหรับการข้ามสายพันธุ์ที่ใช้ในปัญหานี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ การข้ามสายพันธุ์สำหรับโครโมโซมตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ และการข้ามสายพันธุ์สำหรับโครโมโซมตัวแปร $P_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ และ $\gamma_i(\mathrm{t})$ โดยสำหรับการข้ามสายพันธุ์ของตัวแปร $P_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ และ $\gamma_i(\mathrm{t})$ ใช้วิธียูนิฟอร์มครอสโอเวอร์ (Uniform Crossover) โดยอาศัยหลักการตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.5(1)

สำหรับการข้ามสายพันธุ์ของตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ มีขั้นตอนดังนี้ [31]

1) สุ่มบิตโครโมโซม 0 หรือ 1 ที่มีความยาวเท่ากับจำนวนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ (N)
2) ถ้าตำแหน่ง ใดของบิตโครโมโซมที่สุ่มขึ้นมามีค่าเป็น 1 ก็จะทำการ แลกเปลี่ยนบิตตำแหน่งนั้นระหว่างโครโมโซมพ่อแม่ แต่ถ้าตำแหน่งใดของบิตโครโมโซมที่สุ่มขึ้นมามีค่าเป็น 0 ก็จะคงบิตตำแหน่งนั้นเหมือนเดิม ตัวอย่างการ ข้ามสายพันธุ์ของตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ แสดงดังรูปที่ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างการข้ามสายพันธุ์ของตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$

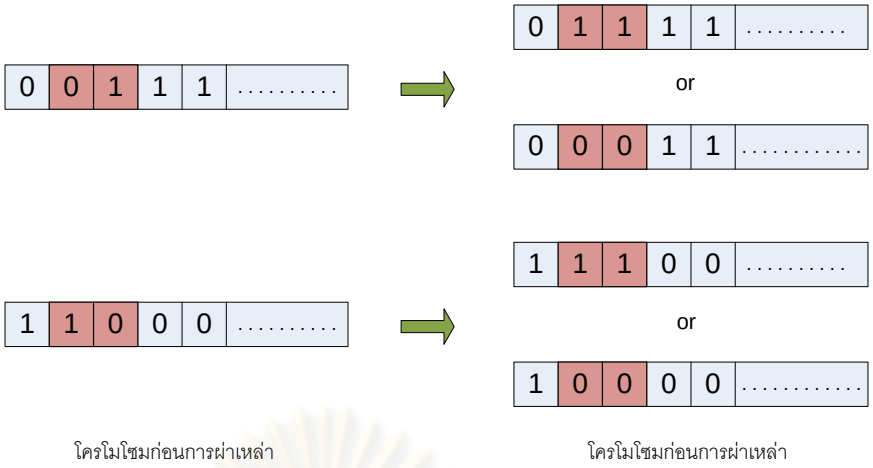
(2) การผ่าเหล่า (Mutation)

เป็นกระบวนการที่ป้องกันการลู่เข้าก่อนกำหนดและไม่ให้สูญเสียข้อมูลที่สำคัญบางอย่างไปในระหว่างกระบวนการถ่ายทอด สำหรับการผ่าเหล่าที่ใช้ในปัญหานี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ การผ่าเหล่าสำหรับโครโมโซมตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ และการผ่าเหล่าสำหรับโครโมโซมตัวแปร $P_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ และ $\gamma_i(\mathrm{t})$ โดยสำหรับการผ่าเหล่าของตัวแปร $P_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ และ $\gamma_i(\mathrm{t})$ อาศัยหลักการตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.6.2

สำหรับการผ่าเหล่าของตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ มีขั้นตอนดังนี้ [31]

1) หาตำแหน่งของโครโมโซมที่มีบิต 0 1 หรือ 1 0
2) สุ่มเลขในช่วง 0 ถึง 1 ขึ้นมาค่าหนึ่ง (P_r)
3) เปรียบเทียบเลขที่สุ่มกับความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่า (P_m)
4) ถ้าเลขที่สุ่มมีค่าต่ำกว่าความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่าบิตตำแหน่งนั้นก็จะไม่ผ่าเหล่า แต่ถ้าเลขที่สุ่มในบิตตำแหน่งใดมีค่า สูงกว่าความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่าก็จะผ่าเหล่าที่บิตนั้น โดยเปลี่ยนบิตที่ตำแหน่งนั้นจาก 0 1 หรือ 1 0 เป็น 0 0 หรือ 1 1 อย่างใดอย่างหนึ่ง

ตัวอย่างการผ่าเหล่าของตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ แสดงดังรูปที่ 4.7



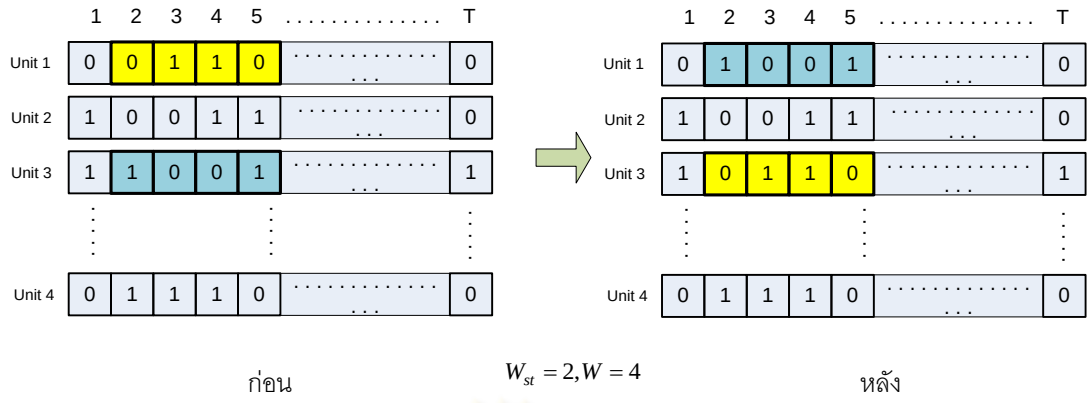
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างการผ่าเหล่าของตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$

(3) Swap-window operator [14]

Swap-window operator เป็นวิธีการแลกเปลี่ยนบิตซึ่งเป็นกระบวนการทางพันธุกรรมที่ใช้สำหรับตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ โดยจะใช้กับประชากรทุกตัวในแต่ละรอบของกระบวนการทางพันธุกรรม มีขั้นตอนดังนี้

1) สุ่มเลขในช่วง 0 ถึง 1 ขึ้นมาค่าหนึ่ง (P_r)
2) เปรียบเทียบเลขที่สุ่ม (P_r) กับค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนบิต (P_{sw}) ถ้า $P_r \leq P_{sw}$ ก็จะไม่แลกเปลี่ยนบิต แต่ถ้า $P_r > P_{sw}$ ก็จะแลกเปลี่ยนบิตตามขั้นตอนข้อต่อไป
3) เลือกโครโมโซมสถานะการปฏิบัติงานของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้าขึ้นมา 2 ชุด (โครโมโซมแต่ละชุดประกอบด้วยตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(1) - U_{\mathrm{i}}(\mathrm{T})$)
4) สุ่มขนาดความยาวบิต (W) ในช่วง 1 ถึง T มาหนึ่งค่า
5) สุ่มตำแหน่งเริ่มต้น (W_{st}) ในช่วง 1 ถึง T-W
6) ทำการแลกเปลี่ยนบิตของโครโมโซมทั้งสองชุดโดยเริ่มแลกเปลี่ยนบิตตั้งแต่ตำแหน่งเริ่มต้น (W_{st}) ตลอดช่วงความยาวบิต (W)

ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนบิตโดยวิธี Swap-window operator แสดงดังรูปที่ 4.8



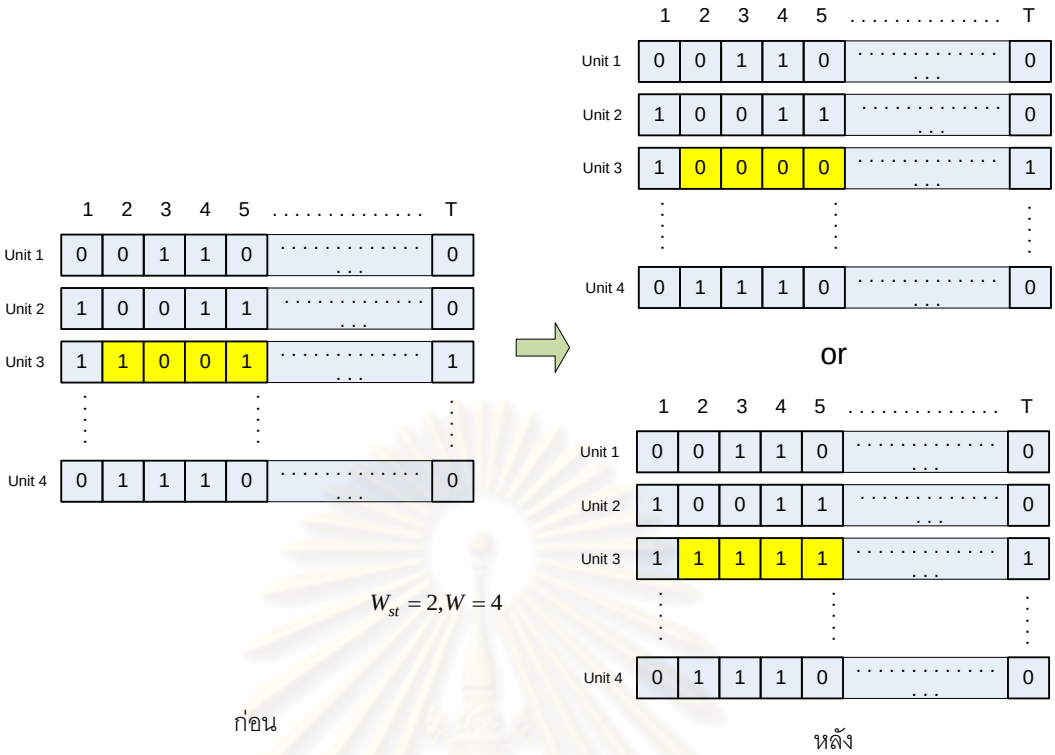
รูปที่ 4.8 ตัวอย่างการแลกเปลี่ยนบิตโดยวิธี Swap-window operator

(4) Window-mutation operator [14]

Window-mutation operator เป็นวิธีการกำหนดบิตซึ่งเป็นกระบวนการทางพันธุกรรมที่ใช้สำหรับตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ โดยจะใช้กับประชากรทุกตัวในแต่ละรอบของกระบวนการทางพันธุกรรม มีขั้นตอนดังนี้

1) สุ่มเลขในช่วง 0 ถึง 1 ขึ้นมาค่าหนึ่ง (P_r)
2) เปรียบเทียบเลขที่สุ่ม (P_r) กับค่าความน่าจะเป็นของการ กำหนดบิต (P_w) ถ้า $P_r \leq P_w$ ก็จะไม่กำหนดบิต แต่ถ้า $P_r > P_w$ ก็จะทำการกำหนดบิตตามขั้นตอนข้อต่อไป
3) เลือกโครโมโซมสถานะการปฏิบัติงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นมา 1ชุด (โครโมโซมประกอบด้วยตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(1) - U_{\mathrm{i}}(\mathrm{T})$)
4) สุ่มขนาดความยาวบิต (W) ในช่วง 1 ถึง T มาหนึ่งค่า
5) สุ่มตำแหน่งเริ่มต้น (W_{st}) ในช่วง 1 ถึง T-W
6) กำหนดบิตของโครโมโซม ให้เป็น 0 หรือ 1 เหมือนกันทั้งหมดตั้งแต่ตำแหน่งเริ่มต้น (W_{st}) ตลอดช่วงความยาวบิต (W)

ตัวอย่างการกำหนดบิตโดยวิธี Window-mutation operator แสดงดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ตัวอย่างการกำหนดบิตโดยวิธี Window-mutation operator

(5) Swap-mutation operator [14]

Swap-mutation operator เป็นวิธีการผ่าเหล่าซึ่งเป็นกระบวนการทางพันธุกรรมที่ใช้สำหรับตัวแปร $U_i(t)$ โดยจะใช้กับประชากรตัวที่ดีที่สุดในแต่ละรุ่นของการถ่ายทอด โดยจะเลือกใช้วิธีการผ่าเหล่ารูปแบบใดรูปแบบหนึ่งจากสองรูปแบบดังนี้

1) เลือกโครโมโซมสถานะการปฏิบัติงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นมา 2 ชุด (โครโมโซมแต่ละชุดประกอบด้วยตัวแปร $U_i(1) - U_i(T)$) หลังจากนั้นทำการแลกเปลี่ยนบิตระหว่างโครโมโซมทั้งสองในทุกๆตำแหน่งบิต
2) เลือกโครโมโซมสถานะการปฏิบัติงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขึ้นมา 1 ชุด (ชุดโครโมโซมประกอบด้วยตัวแปร $U_i(1) - U_i(T)$) หลังจากนั้นทำการสลับบิตจาก 0 เป็น 1 หรือจาก 1 เป็น 0 ในทุกๆบิต

หลังจากทำการผ่าเหล่ารูปแบบใดรูปแบบหนึ่งจากสองรูปแบบดังกล่าว แล้วนำประชากรที่ได้ไปประเมินค่าความเหมาะสม โดยอาศัยหลักการที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.5.5 และอาศัยหลักการคัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.5.8 โดยถ้าประชากรที่ได้มีค่าความเหมาะสมดีกว่าประชากรตั้งต้น ก็จะเก็บประชากรตัวนี้ไว้ ในรอบถัดไป แต่ถ้าประชากรที่ได้ มีค่าความเหมาะสมแย่กว่าประชากรตั้งต้นก็จะเก็บประชากรตั้งต้นไว้ในรอบถัดไปแทน

เราสามารถนำหลักการผ่าเหล่าโดยวิธีนี้ไปประยุกต์ใช้กับตัวแปร $\gamma_i(\mathrm{t})$ได้โดยใช้กับประชากรตัวที่ดีที่สุดในแต่ละรุ่นของการถ่ายทอด ดังนี้

เลือกโครโม โซมสัดส่วนการผสมเชื้อเพลิง $\gamma_i(\mathrm{t})$ ของเครื่อง กำเนิดไฟฟ้า ขึ้นมา 1 ตัว (ตัวอย่างเช่น $\gamma_1(2)$) หลังจากนั้นทำการกำหนดบิตของโครโมโซมให้เป็น 0 หรือ 1 เหมือนกันทุกบิต แล้วนำประชากรที่ได้ไปประเมินค่าความเหมาะสม โดยอาศัยหลักการที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.5.5 และอาศัยหลักการคัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุดตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.5.8 โดยถ้าประชากรที่ได้มีค่าความเหมาะสมดีกว่าประชากรตั้งต้นก็จะเก็บประชากรตัวนี้ไว้ในรอบถัดไป แต่ถ้าประชากรที่ได้มีค่าความเหมาะสมแย่กว่าประชากรตั้งต้นก็จะเก็บประชากรตั้งต้นไว้ในรอบถัดไปแทน

4.5.8 การเลือกโครโมโซมที่โดดเด่นเพื่อรักษาไว้ในรุ่นถัดไป

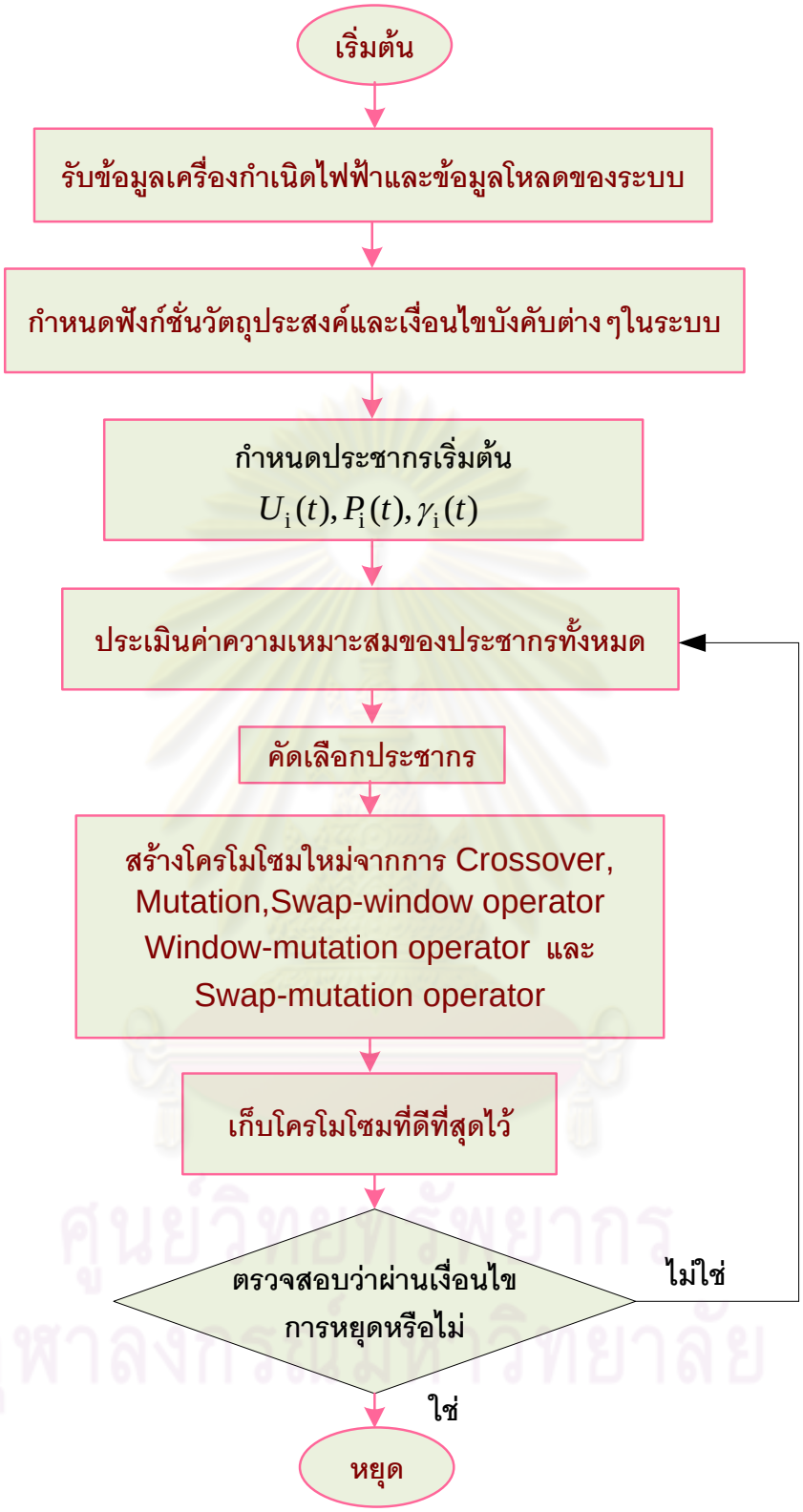
เพื่อเป็นหลักประกันว่าโครโมโซมที่ดีที่สุดในรอบถัดไปจะดีกว่าในรอบก่อนหน้านี้เสมอ เราจึงจำเป็นต้องเก็บโครโมโซมที่ดีที่สุดในแต่ละรอบของการถ่ายทอดเอาไว้ เพื่อส่งต่อไปในรอบถัดไป หลักการนี้เรียกว่าอิลิทิสซึม (Elitism) ซึ่งกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.6

สำหรับ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ใช้หลักการเลือก เก็บโครโมโซมที่ดีที่สุดในแต่ละรอบ โดยพิจารณาจากค่าความเหมาะสมของโครโมโซมจากประชากรทั้งหมด ตามสมการที่ (4.25) ตัวที่ถูกคัดเลือกให้เก็บไว้ในรอบถัดไป คือตัวที่มีค่าความเหมาะสมดีที่สุด และต้องไม่ละเมิดเงื่อนไขบังคับต่างๆของระบบ ส่วนในกรณีที่มีทั้งประชากรที่ไม่ละเมิดเงื่อนไขบังคับและประชากรที่ละเมิดเงื่อนไขบังคับ จะพิจารณาตัวที่ไม่ละเมิดเงื่อนไขบังคับก่อนเป็นอันดับแรก

4.5.9 เงื่อนไขการหยุด

อาศัยเงื่อนไขการหยุดตามที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.2.7 คือหยุดหาคำตอบเมื่อครบจำนวนรุ่นการถ่ายทอดสูงสุดที่กำหนดเอาไว้ หรือค่าฟังก์ชันเป้าหมายในแต่ละรุ่นไม่มีการเปลี่ยนแปลงครบจำนวนครั้งที่กำหนดไว้

ขั้นตอนการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับ ระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม สรุปได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ขั้นตอนการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม

4.6 การปรับปรุงวิธีหาคำตอบ

เนื่องจากคำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา การจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับ ระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ ขั้นตอนวิธี ทางพันธุกรรม ดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา ในบางครั้งอาจมีการละเมิดเงื่อนไขข้อบังคับบางข้อ ได้ ตัวอย่างเช่น เงื่อนไขข้อบังคับในสมการที่ 4.7 อีกทั้งจำนวนตัวแปรที่ใช้แก้ปัญหามีจำนวนมาก ส่งผลให้การคำนวณมีความล้าช้า ดังนั้นเราจึงทำการปรับปรุงวิธีการหาคำตอบเพิ่มเติมโดยใช้คำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหาโดยวิธีการข้างต้นมาเป็นจุดเริ่มต้นในการแก้ปัญหาในขั้นตอนนี้ โดยจะลดจำนวนตัวแปรและเงื่อนไ ขบังคับของระบบอ อกไป การปรับปรุงวิธีหาคำตอบดังกล่าวมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

1) จาก กระบวน การหาคำตอบ ตามหลักการในหัวข้อที่ผ่านมา เราจะได้แผนการเดินเครื่องหรือสถานะการปฏิบัติงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง ($U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$) ดังนั้นเราจะใช้แผนที่ได้นี้เป็นแผนที่ใช้สำหรับการจัดสรรเชื้อเพลิงสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าได้เลย ส่งผลให้การแก้ปัญหาในขั้นตอนนี้ ไม่ต้องพิจารณาตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$
2) ผลจากการไม่คิดสถานะการปฏิบัติงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง ($U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$) ทำให้กำจัดเงื่อนไขบังคับบางข้อออกไป คือ เงื่อนไขบังคับในสมการที่ 4.8 – 4.10
3) ส่วนการคำนวณหาจุดทำงานหรือขนาดกำลังผลิต ($P_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$) และ สัดส่วนการผสมของเชื้อเพลิง ($\gamma_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$) ก็จะคิดเฉพาะเครื่องที่ถูกกำหนดให้เดินเครื่องในแต่ละช่วงเวลานั้นๆ เท่านั้น ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4.11
4) เนื่องจากการแก้ปัญหาโดยวิธีทางพันธุกรรมสำหรับปัญหาที่มีเงื่อนไขข้อบังคับแบบสมการ สามารถทำได้ยาก ดังนั้นถ้าเราสามารถหลีกเลี่ยงได้ก็จะทำให้การหาคำตอบง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น ในขั้นตอนนี้จึงได้กำจัด เงื่อนไขข้อบังคับแบบสมการ (สมการที่ 4.7) ออกโดยพิจารณาดังนี้
   - กำลังผลิตรวมของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกกำหนดให้เดินเครื่องต้องมีค่าเท่ากับโหลดในแต่ละช่วงเวลา ตามสมการที่ 4.26

$$\sum_{i=1}^{N_{on}} P_i(t) = Load(t) \tag{4.26}$$

   - ในแต่ละช่วงเวลา เราสามารถกำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องใดเครื่องหนึ่งจ่ายโหลดที่ค่ากำลังผลิตตามสมการที่ 4.27

$$P_{select}\,(t) = Load(t) - \sum_{i=1}^{N_{on}-1} P_i(t) \qquad (4.27)$$

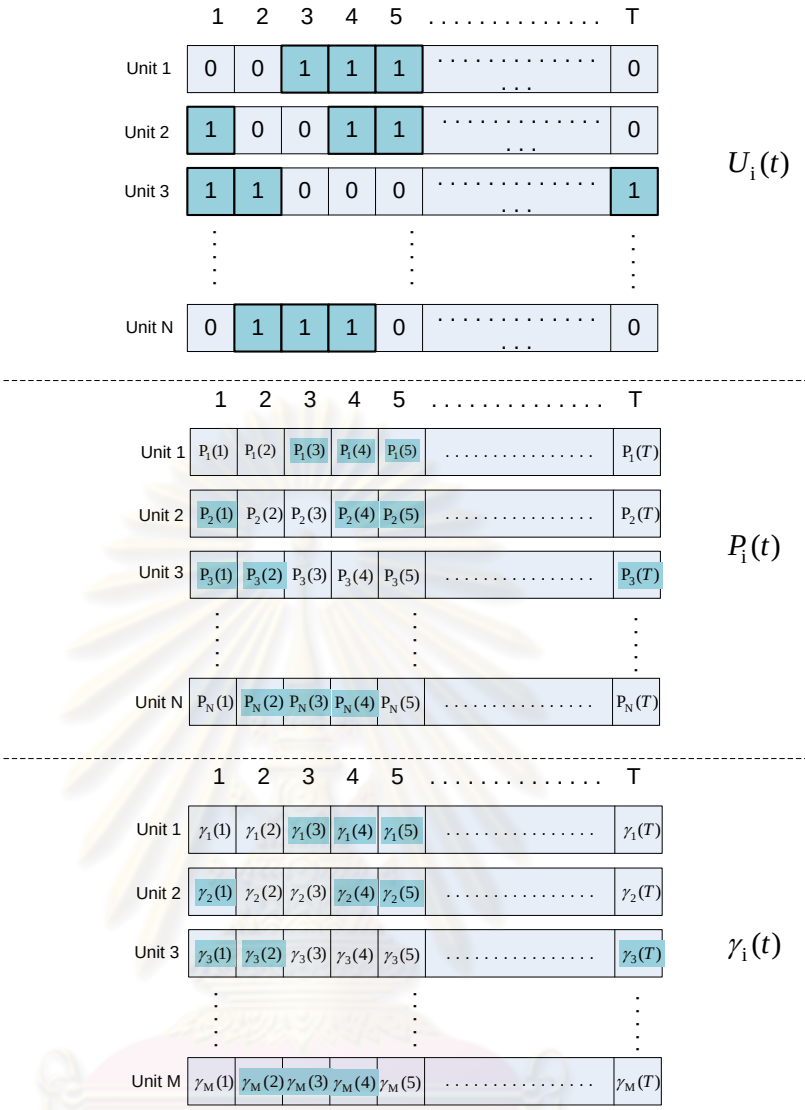
- โดยกำลังผลิตของเครื่องที่ถูกเลือกดังกล่าวต้องเป็นไปตามเงื่อนไขขีดจำกัดกำลังผลิตตามสมการที่ 4.28 – 4.29

$$P_{select}^{min} \le P_{select}\,(t) \le P_{select}^{max} \qquad \text{หรือ} \qquad (4.28)$$

$$P_{select}^{min} \le Load(t) - \sum_{i=1}^{N_{on}-1} P_i(t) \le P_{select}^{max} \qquad (4.29)$$

5) จากขั้นตอนในข้อที่ 4 เราสามารถกำจัดเงื่อนไขข้อบังคับแบบสมการ (สมการที่ 4.7) ออกไปได้ โดยเพิ่มเงื่อนไขข้อบังคับแบบอสมการ (สมการที่ 4.28 หรือ 4,29) ขึ้นมาแทน และยังสามารถลดจำนวนตัวแปร $P_i(t)$ ออกไปได้ T ตัวแปร (แต่ละช่วงเวลาลดจำนวนตัวแปรไปได้ 1 ตัว)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 ตัวแปรที่ใช้ในการแก้ปัญหา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

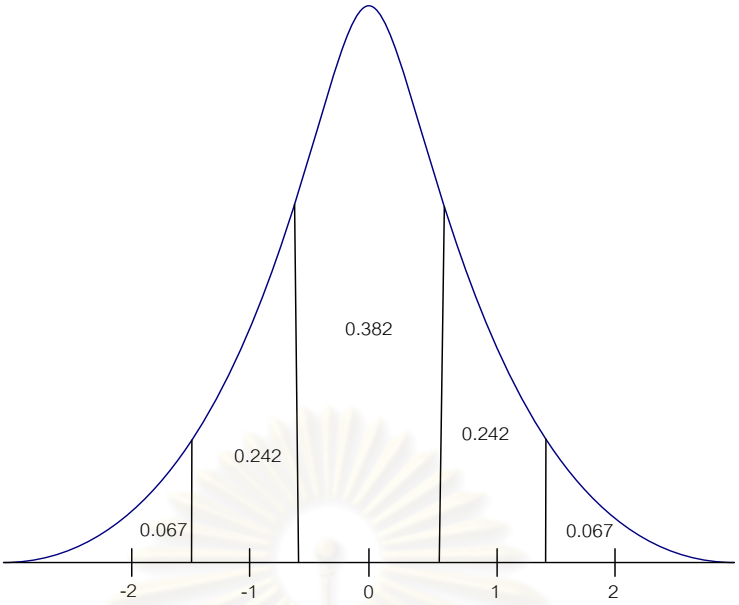
บทที่ 5

การจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า

ในการวางแผนการผลิตไฟฟ้าที่ไม่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของ ความต้องการใช้ไฟฟ้า เรามักจะสมมุติให้ค่าโหลดในแต่ละช่วงเวลาที่พยากรณ์ไว้มีความถูกต้องแม่นยำ 100% ทั้งที่ในความเป็นจริงแล้วการพยากรณ์โหลดล่วงหน้ามักจะมีความคาดเคลื่อนประกอบด้วยเสมอ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า ด้วย โดยความไม่แน่นอนของ ความต้องการใช้ไฟฟ้า นั้นจะถูกจำลองผ่านฟังก์ชันการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution curve) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับค่าความต้องการใช้ไฟฟ้า ที่ได้จากการพยากรณ์และ ความแปรปรวนเท่ากับข้อมูลความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ที่เคยเกิดขึ้นในอดีต สำหรับวิธีการที่นำเสนอ ฟังก์ชันการกระจายตัวแบบปกติจะถูกแบ่งออกเป็นช่วงทั้งหมด 5 ช่วง ตามค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และแต่ละช่วงจะแสดงค่าโหลด ที่มีค่าเท่ากับจุดกึ่งกลางของ ช่วงที่พิจารณา โดยค่าโหลดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงที่กำหนดจะมีค่าความน่าจะเป็นในการเกิดขึ้นตามสมการการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 5.1

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}] \qquad -\infty < x < \infty \qquad (5.1)$$

จากสมการ ดังกล่าว ค่าพารามิเตอร์ $\mu \in \Re$ และ $\sigma^2 \in \Re^+$ จะแทน ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการพยากรณ์และความแปรปรวนของการพยากรณ์ ตามลำดับ ซึ่งกราฟของ $f(x)$ ก็จะเป็นรูประฆังคว่ำและรูปกราฟจะสมมาตรกันรอบค่าเฉลี่ย μ ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ลักษณะเส้นโค้งการกระจายตัวแบบปกติ (Normal distribution curve)

จากรูปที่ 5.1 จะเห็นได้ว่า หากแบ่งการพิจารณา เป็น 5 ช่วงตาม จำนวนเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เราจะสามารถหาความน่าจะเป็นที่โหลดแต่ละค่าอยู่ในช่วงที่พิจารณาได้จากพื้นที่ใต้เส้นโค้ง ซึ่งเป็นดังตัวเลขที่แสดงในรูปเดียวกัน เช่น ความน่าจะเป็นของเหตุการณ์ที่โหลดที่จะเกิดขึ้นจริงในอนาคตมีค่าอยู่ในช่วงต่ำกว่า ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ 1.5 ถึง 0.5 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะมีค่าเท่ากับ 0.242 เป็นต้น

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอ การจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมา ะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยคำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้าในระบบ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. กำหนดแผนการเดินเครื่องเริ่มต้นโดยอาศัยหลักการเลือกเดินเครื่องแบบเรียงตามลำดับ 3 แผน ประกอบด้วย (1) แผนการเดินเครื่องเรียงตามลำดับต้นทุนการผลิตเฉลี่ยที่กำลังผลิตสูงสุด (2) แผนการเดินเครื่องเรียงลำดับตามค่าตัวประกอบโรงไฟฟ้าและ (3) แผนการเดินเครื่องเรียงลำดับตามประสิทธิภาพของโรงไฟฟ้า โดยหลักการเลือกเดินเครื่องดังกล่าวแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 4.5.3

2. แผนเริ่มต้น แต่ละแผนจะถูกนำมาจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม โดยอาศัยหลักการที่กล่าวไว้ในบทที่ 4 โดยเริ่มพิจารณา เฉพาะระดับโหลดที่เท่ากับ ค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ค่าเฉลี่ย (ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการพยากรณ์) ก่อน

3. นำแผนที่ได้จากข้อ 2 มาคิดผลของ ความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้าในระบบโดยทำการจัดสรรเชื้อเพลิงใหม่ ด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม เมื่อความต้องการใช้ไฟฟ้าในระบบมีการเปลี่ยนแปลงไป จากค่าเฉลี่ย 4 ระดับ ตามค่าการเบี่ยง เบนมาตรฐานของฟังก์ชันการกระจายตัวแบบปกติ ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น โดย จะกำหนดให้การจัดสรรเชื้อเพลิงใหม่นี้อาศัยแผนการผลิตที่หาได้จากขั้นตอนก่อนหน้า

4. เมื่อได้แผนการใช้เชื้อเพลิงทั้ ง 3 แผนแล้ว เราจะพิจารณาเลือกแผนที่เหมาะสมโดยอาศัยหลักความจริงที่ว่า แผนการจัดสรรเชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดจะต้องมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด และหากโหลดในอนาคตมีการเบี่ยงเบนไปจากค่าที่พยากรณ์ได้ ค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนไปจะต้องมีค่าไม่มากด้วย ดังนี้ เราจะทำการ พิจารณาเลือกแผนการจัดสรรเชื้อเพลิงจากดัชนีการตัดสินใจเลือกแผน ที่คำนวณจากผลคูณของต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า ตามสมการที่ 5.2 – 5.4 โดยแผนที่เหมาะสมที่สุดจะต้องมีค่าผลคูณนี้ต่ำที่สุด

$$\text{ดัชนีการตัดสินใจเลือกแผน } (index) = E(C) \times \sigma(C) \tag{5.2}$$

$$\text{โดย} \quad E(C) = \sum_{i=1}^{5} p_i \times C_i \tag{5.3}$$

$$\text{และ} \quad \sigma(C) = \sqrt{\sum_{i=1}^{5} p_i \times (C_i - E(C))^2} \tag{5.4}$$

เมื่อ $index$ คือ ดัชนีการตัดสินใจเลือกแผน

C_i คือ ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ

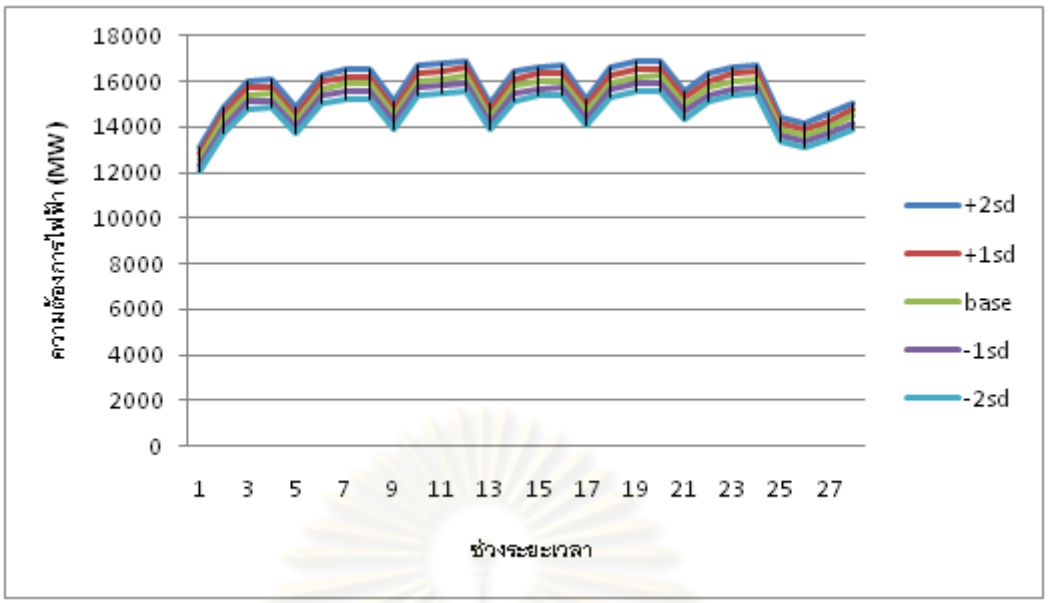
p_i คือ ความน่าจะเป็นของโหลดแต่ละระดับ (แสดงในตารางที่ 5.1)

$E(C)$ คือ ค่าคาดหมายของต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า

$\sigma(C)$ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า

แนวคิดของกระบวนการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้าที่นำเสนอ สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 5.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

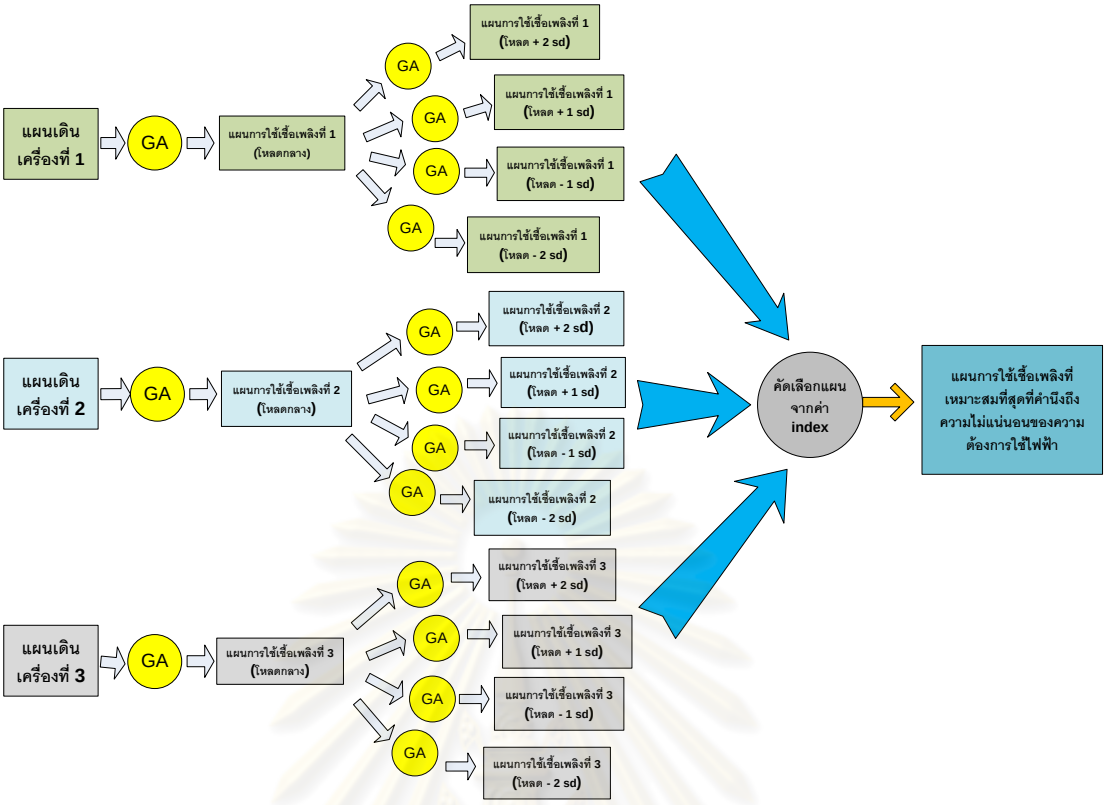


รูปที่ 5.2 ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ

ตารางที่ 5.1 ความน่าจะเป็นของโหลดแต่ละระดับที่ใช้ในการคำนวณ

จำนวนช่วงตามค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ย	ความน่าจะเป็นของโหลด
-2	0.0668
-1	0.2417
0	0.3829
+1	0.2417
+2	0.0668

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยคำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

ผลการทดสอบ

วิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ถูกทดสอบ กับระบบไฟฟ้าตัวอย่างที่ดัดแปลงมาจากระบบจริงของประเทศ โดยจะนำเสนอตามหัวข้อ ดังนี้ (1) ผลที่ได้จากการแก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม เมื่อไม่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้าโดยจะแบ่งเป็นสองกรณีเปรียบเทียบกันคือ กรณีที่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง กับ กรณีที่ไม่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง (2) ผลที่ได้จากการแก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมเมื่อคำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า

6.1 ระบบทดสอบ

ระบบไฟฟ้าที่นำมาเป็นตัวอย่างในการทดสอบ คือระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบจริงของประเทศไทย ปีพ.ศ. 2551 ดังแสดงรายละเอียดไว้ใน ภาคผนวก ก.1 ซึ่งประกอบด้วยโรงไฟฟ้าทั้งสิ้น 19 โรง มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารวมทั้งหมด 61 เครื่อง โดยสามารถแยกประเภทได้ดังนี้

- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 23 เครื่อง มีกำลังผลิตติดตั้งรวม 8,586.7 MW
- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมจำนวน 30 เครื่องมีกำลังผลิตติดตั้งรวม 15,701.5 MW
- โรงไฟฟ้ากังหันแก๊สจำนวน 8 เครื่องมีกำลังผลิตติดตั้งรวม 237 MW

ระบบทดสอบดังกล่าวมีกำลัง ผลิตติดตั้งรวมทั้งสิ้น 24,525.2 MW โดยรายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องแสดงไว้ในภาคผนวก ก.1

เนื่องจากระบบ ที่นำมาทดสอบนี้ มีรายละเอียดสำคัญหลายอย่างที่มีผลต่อการ จัดสรรเชื้อเพลิงในระบบผลิตไฟฟ้า ดังนั้นจะขออธิบายถึงรายละเอียด ของคำจำกัดความต่างๆ เพื่อให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงลักษณะของระบบผลิตไฟฟ้าได้มากยิ่งขึ้น

รายละเอียดเกี่ยวกับโหลดและกำลังผลิตสำรองพร้อมจ่าย

นอกจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ และผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระ (IPP) ที่ทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าแล้วยังมีผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อย (SPP) การนำเข้าจากต่างประเทศ และการผลิตจากโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ ที่ร่วมทำหน้าที่ผลิตไฟฟ้าด้วย เนื่องจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้พิจารณาเฉพาะโรงไฟฟ้าของ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ และผู้ผลิตไฟฟ้าอิสระเท่านั้น ปริมาณโหลดที่ใช้ในระบบทดสอบนี้จึงมีปริมาณน้อยกว่าโหลดทั้งหมดของประเทศ ดังนั้นแบบจำลองโหลดที่นำมาใช้ในการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบผลิตไฟฟ้าในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเป็นโหลดที่หักกำลังผลิตจากผู้ผลิตไฟฟ้ารายย่อย การนำเข้าจากต่างประเทศ และการผลิตจากโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำแล้ว

แบบจำลองของโหลดที่นำมาใช้ในระบบทดสอบนี้ จะเป็นโหลดที่มีระยะเวลาทั้งสิ้นรวม 1 สัปดาห์ โดยแบ่งออกเป็นช่วงเวลาเฉลี่ยทุกๆ 6 ชั้วโมง รวมทั้งสิ้น 28 ช่วงระยะเวลา โดยเป็นโหลดของวันที่ 1 ถึงวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 สำหรับกำลังผลิตสำรองพร้อมจ่ายที่ระบบต้องการนั้นจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10% ของโหลดในช่วงเวลานั้น ๆ

รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน

- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined cycle)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกออกแบบมาเพื่อให้ใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปเครื่องกำเนิดไฟฟ้าประเภทนี้ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อน 2 ประเภท คือ เครื่องกังหันก๊าซ และเครื่องพลังไอน้ำ เช่นโรงไฟฟ้าพระนครใต้ (South Bangkok) มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม 2 เครื่อง คือ SB-CC1 และ SB-CC2 ในแต่ละเครื่องประกอบด้วยเครื่องกังหันก๊าซ 2 เครื่อง และเครื่องพลังไอน้ำ 1 เครื่อง ดังนี้

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมตัวที่ 1 (SB-CC1) ประกอบด้วย

รหัสเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ประเภท
SB-C11	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ
SB-C12	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ
SB-C10	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังไอน้ำ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมตัวที่ 2 (SB-CC2) ประกอบด้วย

รหัสเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	ประเภท
SB-C21	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ
SB-C22	เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซ
SB-C20	เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังไอน้ำ

โดย SB หมายถึง South bangkok

C หมายถึง Combined cycle

x หมายถึง อยู่ในกลุ่มเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมตัวที่ x

y ถ้าเป็นเลข 0 หมายถึง เครื่องพลังไอน้ำ
ถ้าเป็นตัวเลขอื่น หมายถึงเครื่องกังหันก๊าซตัวที่เท่าใด

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมจะใช้ก๊าซร้อนที่เหลือจากการผลิตไฟฟ้าของเครื่องกังหันก๊าซไปเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าให้กับเครื่องพลังไอน้ำ ดังนั้นเครื่องพลังไอน้ำจะเดินเครื่องได้ก็ต่อเมื่อเครื่องกังหันก๊าซเดินเครื่องอยู่ก่อน เท่านั้น จะเห็นว่าลักษณะเช่นนี้ทำให้การทำงานของเครื่องพลังไอน้ำไม่เป็นอิสระ ซึ่งวิธีที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์จะไม่แยกพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมออกเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากังหันก๊าซกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังไอน้ำ แต่จะพิจารณาเสมือนเป็นเครื่องหรือระบบเดียวกัน โดยจะถือว่ากำลังผลิตรวมจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องเป็นกำลังผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมเครื่องนี้

- สมการอัตราความร้อน (Heat rate function)

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำหนดให้สมการอัตราความร้อนมีลักษณะเป็น เชิงเส้นเป็นช่วง (Piecewise linear) ซึ่งมีรายละเอียดแสดงในภาคผนวก ก.2

- เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีเงื่อนไขปริมาณเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่มีปริมาณจำกัดในระบบของการไฟฟ้า ฯ คือ เชื้อเพลิงก๊าซ และ น้ำมันเตา แต่ไม่ได้หมายความว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ก๊าซ และน้ำมัน ทุกเครื่องจะต้องมีเงื่อนไขในการใช้เชื้อเพลิง เนื่องจากแหล่งผลิตก๊าซนั้นมีหลายแห่ง บางแห่งมีปริมาณก๊าซมากเพียงพอกับความต้องการแต่บางแห่งมีปริมาณจำกัด สำหรับข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีเงื่อนไขปริมาณเชื้อเพลิง แสดงในภาคผนวก ก.1

- ปริมาณเชื้อเพลิงที่มีจำกัด

ปริมาณเชื้อเพลิงที่มีจำกัดในที่นี้แบ่งตามแหล่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิด จากการสอบถามถึงเงื่อนไขในการใช้เชื้อเพลิงที่มีจำกัดจากเจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ทำให้ทราบว่าการใช้เชื้อเพลิงที่มีจำกัดในแต่ละวันนั้น หรือในแต่ละสัปดาห์ ไม่จำเป็นต้องกำหนดให้แน่นอนตายตัว เนื่องจากสัญญาการซื้อเชื้อเพลิงเป็นสัญญาระยะยาว ซึ่งจากการสอบถามเพิ่มเติมได้รับคำแนะนำ

ว่าควรกำหนดให้ใช้เชื้อเพลงที่มีปริมาณจำกัดนี้ไม่เกินค่าที่กำหนดแต่อาจใช้น้อยกว่าได้ สำหรับข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณเชื้อเพลิงที่มีจำกัด แสดงในภาคผนวก ก.4

- สถานะเริ่มต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เนื่องจากไม่มีข้อมูลสถานะเริ่มต้นในการเดินเครื่อง ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงสมมติให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทุกเครื่องเดินเครื่องมาแล้วเป็นเวลานานเท่ากับขีดจำกัดเวลาเดินเครื่องน้อยสุด ทั้งนี้ก็เพื่อให้ในช่วงเวลาแรก เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีอิสระในการเดินเครื่องหรือหยุดเดินเครื่องได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดผลของต้นทุนในการเริ่มเดินเครื่องที่มีต่อการ วางแผนการเดินเครื่องด้วย

6.2 ผลการทดสอบ

6.2.1 ผลการทดสอบกรณีไม่คิดผลของความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า

จากการทดลองแก้ปัญหาค่าเหมาะสม โดยอาศัยขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม โดยใช้จำนวนประชากรตั้งแต่ 50 ถึง 100 ตัว ความละเอียดของคำตอบตั้งแต่ 10^{-1} ถึง 10^{-3} จำนวนรุ่นการถ่ายทอดสูงสุดตั้งแต่ 500 ถึง 3000 รุ่น ความน่าจะเป็นของการข้ามสายพันธุ์ (P_C) ตั้งแต่ 0.6 ถึง 0.9 ความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่า สำหรับตัวแปร $P_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ และ $\gamma_i(\mathrm{t})$ ตั้งแต่ 0.005 ถึง 0.05 ความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่า สำหรับตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ ตั้งแต่ 0.01 ถึง 0.2 ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนบิตด้วยวิธี Swap-window operator (P_{sw}) ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.3 ความน่าจะเป็นของการกำหนดบิตด้วยวิธี Window-mutation operator (P_w) ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.3 ความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่าด้วยวิธี Swap-mutation operator สำหรับตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ และ $\gamma_i(\mathrm{t})$ ตั้งแต่ 0.3 ถึง 1.0 รวมถึงการทดลองเลือก ค่าสัมประสิทธิ์การปรับโทษ (Penalty factor) พบว่า พารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหานี้คือ

1) จำนวนประชากรเท่ากับ 80
2) ความละเอียดของคำตอบเท่ากับ 10^{-3}
3) จำนวนรุ่นการถ่ายทอดสูงสุดเท่ากับ 2000
4) ความน่าจะเป็นของการข้ามสายพันธุ์ (P_C) เท่ากับ 0.7
5) ความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่าสำหรับตัวแปร $P_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ และ $\gamma_i(\mathrm{t})$ เท่ากับ 0.01
6) ความน่าจะเป็นของการผ่าเหล่าสำหรับตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ เท่ากับ 0.15
7) ความน่า จะเป็นของการ แลกเปลี่ยนบิตด้วยวิธี Swap-window operator (P_{sw}) เท่ากับ 0.3

8) ความน่าจะเป็นของการกำหนดบิตด้วยวิธี Window-mutation operator (P_w) เท่ากับ 0.3

9) ความน่าจะเป็นของการ ผ่าเหล่าด้วยวิธี Swap-mutation operator สำหรับตัวแปร $U_{\mathrm{i}}(\mathrm{t})$ และ $\gamma_i(\mathrm{t})$ เท่ากับ 1.0

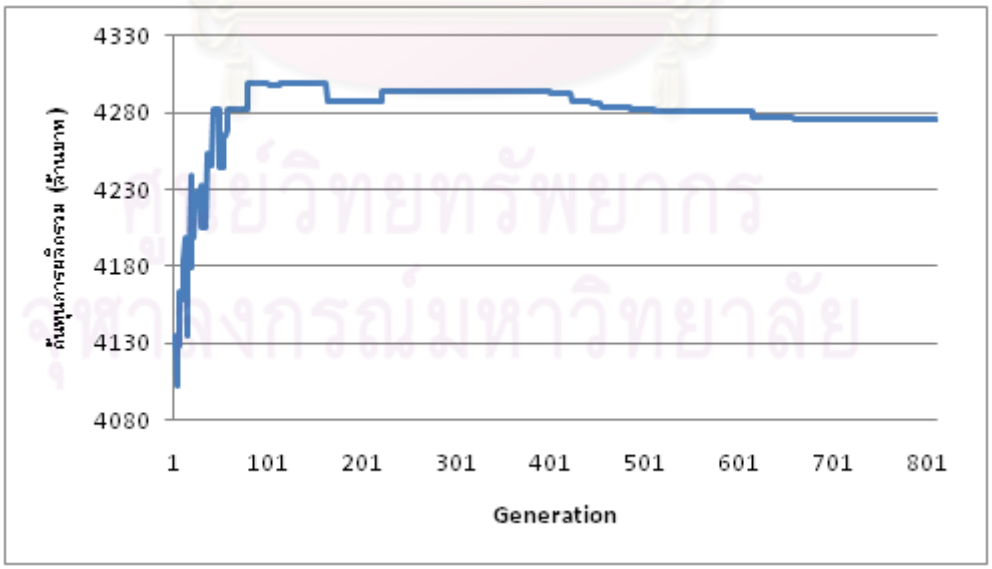
10) สำหรับการปรับโทษตามสมการ 4.20 ใช้สัมประสิทธิ์การปรับโทษ ตั้งแต่ 1,000 ถึง 1,000,000

สำหรับการทดสอบในหัวข้อนี้จะแบ่งออกเป็นสองกรณีด้วยกัน คือ กรณีแรกไม่ พิจารณาเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง ส่วนกรณีที่สอง พิจารณา เงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง สำหรับรายละเอียดของเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิงต่างๆ จะแสดงในภาคผนวก ก.4

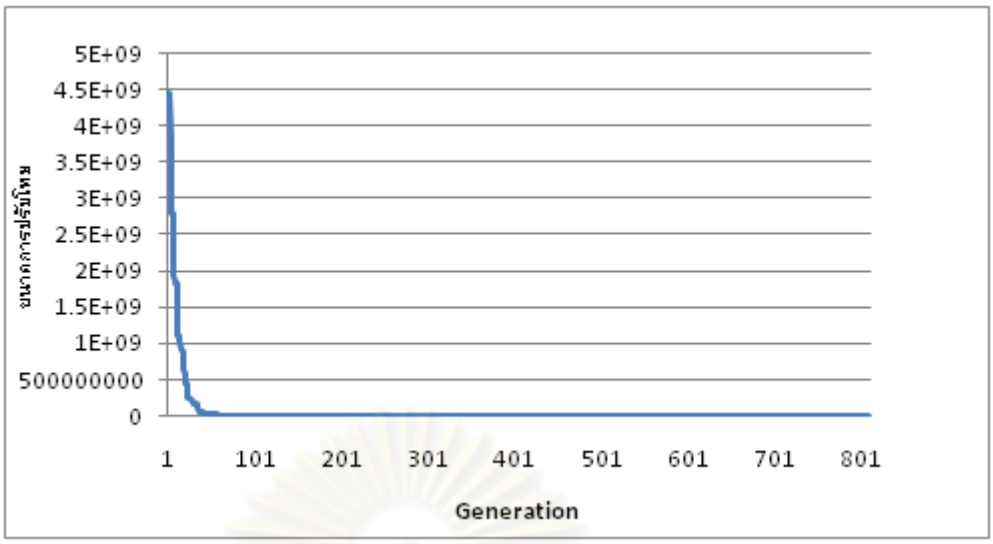
รายละเอียดของผลการคำนวณทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก ข.และภาคผนวก ค. โดยในที่นี้จะแสดงผลการคำนวณโดยสรุป ดังนี้

<u>กรณีที่ 1</u>: ไม่พิจารณาเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง

เรานำระบบนี้มาทดสอบก็เพื่อแสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่ระบบไฟฟ้ามีเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าอย่างไม่จำกัด การหาจุดทำงานและปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องหรือแต่ละโรงไฟฟ้ารวมถึงต้นทุนในการผลิตว่า จะมีแนวโน้มเป็นอย่างไร (ผลโดยละเอียดแสดงในภาคผนวก ข.)



รูปที่ 6.1 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ 6.2 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ 6.1 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามโรงไฟฟ้า กรณีไม่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง

Plant No.	Fuel Type	วันที่						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Coal	8020	9340	10010	10265	10069	9606	9698
2	Gas1	351	467	441	431	447	453	425
	Oil1	0	0	0	0	0	0	0
3	Gas2	107	99	102	101	112	108	101
4	Gas1	12	0	0	0	0	0	0
5	Gas1	112	108	105	108	108	110	108
6	Gas1	155	209	193	222	206	205	20
7	Gas1	0	0	0	0	0	0	0
8	Oil2	0	0	0	0	0	0	0
9	Gas3	147	159	156	165	145	160	134
	Oil5	0	0	0	0	0	0	0
10	Gas4	52	49	58	56	59	58	49
11	Lignite	47465	48534	47394	48155	48299	47263	46720
12	Gas5	100	106	127	102	109	129	104
13	Gas6	235	267	223	187	251	241	238
	Oil3	0	0	0	0	0	0	0
14	Gas6	187	166	187	162	182	179	188
15	Gas1	229	227	225	225	225	225	214

Plant No.	Fuel Type	วันที่						
		1	2	3	4	5	6	7
16	Gas1	137	154	150	165	158	165	130
	Oil4	0	0	0	0	0	0	0
17	Gas6	37	57	89	115	91	59	56
	Oil4	0	0	0	0	0	0	0
18	Gas6	114	105	108	113	117	110	116
19	Gas1	93	148	236	104	152	123	90
	Gas6	199	135	103	199	143	190	226

หมายเหตุ : หน่วยปริมาณเชื้อเพลิง: Coal = ตัน, Gas = ล้านลูกบาศก์ฟุต, Oil = ล้านลิตร

ตารางที่ 6.2 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง กรณีไม่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง

วันที่	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite
1	1089.5	106.8	147.0	52.2	100.4	772.9	8019.6	47465.1
2	1312.9	99.5	158.8	49.2	106.5	730.0	9339.6	48534.1
3	1348.3	102.2	156.4	57.8	127.4	710.2	10010.4	47394.0
4	1255.5	100.6	165.2	55.9	101.7	776.4	10264.8	48154.7
5	1294.9	112.2	145.1	59.0	109.3	784.4	10068.9	48299.1
6	1281.3	108.2	160.4	58.4	129.2	779.2	9605.8	47262.7
7	987.7	100.9	133.7	48.7	104.4	822.8	9697.9	46719.9

ตารางที่ 6.3 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า กรณีไม่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	133.6	133.6
2	2.4	704.4	704.6
3	0.0	172.0	172.0
4	0.0	3.0	3.0
5	0.0	190.5	190.5
6	2.2	304.2	304.4
7	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.0
9	0.0	220.9	220.9
10	0.0	85.0	85.0

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
11	3.1	219.8	220.1
12	0.0	192.8	192.8
13	0.0	308.3	308.3
14	0.0	308.5	308.5
15	0.0	375.5	375.5
16	3.2	236.4	236.8
17	9.3	98.2	99.1
18	0.0	196.8	196.8
19	0.0	524.1	524.1
Total	20.2	4274.0	4276.0

ผลการทดสอบ กรณีไม่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง ดังกล่าวพบว่า ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าที่น้อยที่สุดมีค่าประมาณ 4,276 ล้านบาท เวลาที่ใช้ในการคำนวณทั้งหมด 4 ชั่วโมง

วิเคราะห์ผล

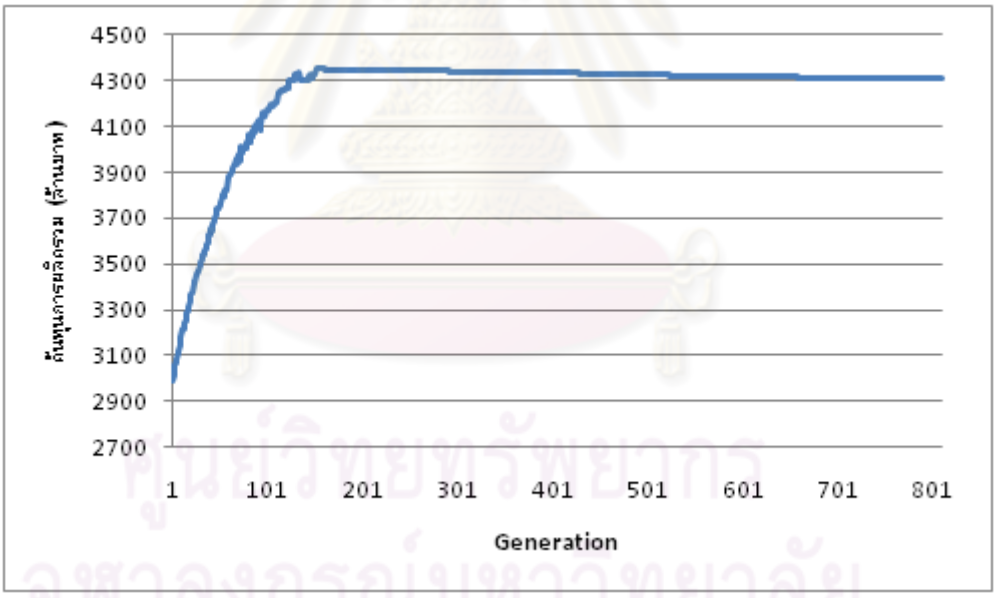
จากผล การคำนวณกับระบบที่ไม่พิจารณาเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง พบว่า คำตอบในแต่ละรอบของกระบวนการหาคำตอบโดยขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมจะไม่เท่ากัน จะเห็นได้จากรูปที่ 6.1 โดยในช่วงแรกคำตอบจะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงกว้างๆ เนื่องจากประชากรของคำตอบยังละเมิดเงื่อนไขบังคับต่างๆของระบบอยู่ค่อนข้างเยอะ แต่เมื่อได้ผ่านขั้นตอนการถ่ายทอดทางพันธุกรรมไปหลายๆรอบ จะเห็นว่าประชากรของคำตอบเริ่มละเมิดเงื่อนไขบังคับต่างๆน้อยลง จนในที่สุดจะได้ประชากรที่ดีที่สุดที่ผ่านเงื่อนไขข้อบังคับต่างๆได้หมด โดยเห็นได้จากการถูกปรับโทษดังรูปที่ 6.2 ซึ่งจะเห็นว่าในรอบท้าย ๆ คำตอบที่ได้แต่ละรอบมีค่าการถูกปรับโทษน้อยลงจนเป็น 0 นั้นคือไม่ละเมิดเงื่อนไขข้อบังคับต่างๆ นั่นเอง หลังจากนั้น คำตอบที่ได้จะมีแนวโน้มที่ดีขึ้น (ต้นทุนการผลิตลดลง) ดังส่วนท้ายของรูปที่ 6.1 ซึ่งวิธีนี้แสดงให้เห็นว่าคำตอบที่ได้จากการถ่ายทอดพันธุกรรมในรอบท้ายๆ จะดีกว่าคำตอบในรอบต้นๆเสมอ

จากผลการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบไฟฟ้าที่ได้ดังตารางที่ 6.1 จะเห็นว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้น้ำมันเตาในการผลิตไม่ถูกกำหนดให้เดินเครื่องดังเช่น โรงไฟฟ้าที่ 8 ที่ใช้นำมันเตาในการผลิตเพียงชนิดเดียว และสำหรับโรงไฟฟ้าที่ใช้เชื้อแพลิงแบบผสมระหว่างก๊าซธรรมชาติกับน้ำมันเตาก็จะถูกกำหนดให้ใช้ก๊าซธรรมชาติเพียงชนิดเดียวในการผลิต เนื่องจากต้นทุนค่าเชื้อเพลิงน้ำมันเตามีราคาสูงกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น โดยสรุปแผนการใช้เชื้อเพลิงแยกตามแหล่งเชื่อเพลิงได้ดังตารางที่ 6.2 โดยเมื่อเปรียบ เทียบการใช้เชื่อเพลิงก๊าซจะเห็นว่าแหล่งก๊าซ 1 และ 6 มีปริมาณการใช้

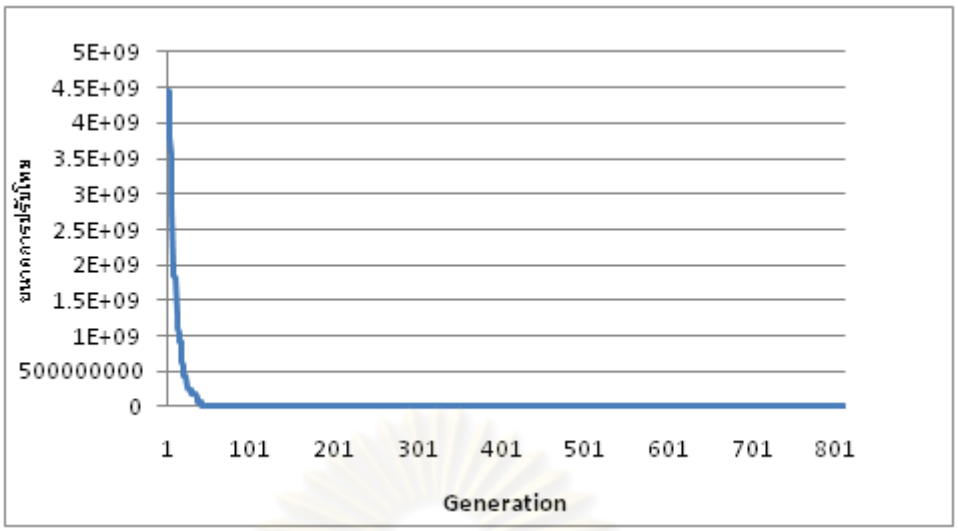
เชื้อเพลิงที่สูงกว่า 4 แหล่งที่เหลือ อันเนื่องมาจากแหล่งก๊าซ 2 แหล่งดังกล่าวเป็นแหล่งส่งก๊าซไปยังโรงไฟฟ้าหลายแห่งในระบบ ดังแสดงข้อมูลในภาคผนวก ก.1 สำหรับต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้าต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 6.3 จะเห็นว่า โรงไฟฟ้าที่ 2 มีต้นทุนการผลิตสูงที่สุดอันเนื่องมาจากโรงไฟฟ้าดังกล่าวประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกกำหนดให้เดินเครื่องหลายตัว อีกทั้งยังมีกำลังการผลิตโดยรวมค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าอื่น สำหรับข้อมูลกำลังการผลิตแยกตามเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงไว้ในภาคผนวก ข.1

กรณีที่ 2: พิจารณาเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง

เรานำระบบนี้มาทดสอบก็เพื่อแสดงให้เห็นว่า ในกรณีที่ระบบไฟฟ้ามีเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง การหาจุดทำงานและปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่อง หรือแต่ละโรงไฟฟ้า รวมถึงต้นทุนในการผลิต จะมีแนวโน้มที่จะต้องใช้เชื้อเพลิงที่มีราคาแพง เช่น น้ำมันเตา มากขึ้น เนื่องจากเชื้อเพลิงที่มีราคาถูก คือ ก๊าซธรรมชาติ มีปริมาณไม่เพียงพอต่อการใช้งาน (ผลโดยละเอียดแสดงในภาคผนวก ข)



รูปที่ 6.3 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ (กรณีที่สอง)



รูปที่ 6.4 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ (กรณีที่สอง)

ตารางที่ 6.4 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามโรงไฟฟ้า กรณีคิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง

Plant No.	Fuel Type	วันที่						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Coal	8320.6	9281.5	9779.8	9222.6	10015.1	9564.4	10688.9
2	Gas1	102.9	94.9	97.8	89.2	83.1	83.9	99.5
	Oil1	0.2	0.4	0.4	0.6	0.8	0.5	1.0
3	Gas2	83.8	99.6	113.0	102.2	83.0	95.4	91.8
4	Gas1	53.3	53.0	53.1	49.6	51.0	53.3	53.7
5	Gas1	109.3	110.5	107.8	109.5	108.1	107.2	109.9
6	Gas1	177.8	189.5	199.5	189.7	195.1	223.9	198.3
7	Gas1	110.8	100.5	103.2	100.1	105.1	104.5	101.9
8	Oil2	1.6	1.7	1.3	1.4	1.6	1.3	1.4
9	Gas3	105.5	112.5	122.5	112.9	106.1	118.0	44.1
	Oil5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	Gas4	3.2	5.8	2.6	3.0	1.9	4.4	22.2
11	Lignite	42553.8	41683.9	40971.3	41928.6	41282.0	40920.5	44512.1
12	Gas5	22.5	16.5	57.4	50.1	58.9	35.9	17.1
13	Gas6	379.8	371.0	371.8	388.3	369.1	366.4	425.1
	Oil3	0.5	0.3	0.4	0.5	0.6	0.3	0.6
14	Gas6	152.6	200.4	187.0	187.0	205.7	171.6	154.7
15	Gas1	98.4	114.0	82.5	97.1	110.7	100.4	42.3

Plant No.	Fuel Type	วันที่						
		1	2	3	4	5	6	7
16	Gas1	161.9	190.7	201.5	224.2	200.1	203.2	143.5
	Oil4	0.0	0.3	0.2	0.0	0.5	0.2	0.2
17	Gas6	78.4	120.7	146.2	129.0	156.7	151.7	116.1
	Oil4	0.0	0.2	0.0	0.2	0.2	0.3	0.1
18	Gas6	115.5	110.8	109.1	106.9	107.6	111.2	107.8
19	Gas1	60.4	241.8	143.6	139.7	232.9	207.7	127.8
	Gas6	221.7	59.4	184.2	161.6	57.2	127.3	18.6

ตารางที่ 6.5 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง กรณีคิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง

วันที่	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	874.9	83.8	105.5	3.2	22.5	948.0	8320.6	42553.8	0.19	1.61	0.47	0.03	0
2	1094.9	99.6	112.5	5.8	16.5	862.2	9281.5	41683.9	0.41	1.74	0.25	0.57	0
3	989.0	113.0	122.5	2.6	57.4	998.3	9779.8	40971.3	0.44	1.27	0.37	0.23	0
4	999.2	102.2	112.9	3.0	50.1	972.7	9222.6	41928.6	0.55	1.35	0.46	0.27	0
5	1086.2	83.0	106.1	1.9	58.9	896.3	10015.1	41282.0	0.76	1.60	0.56	0.68	0
6	1084.4	95.4	118.0	4.4	35.9	928.2	9564.4	40920.5	0.55	1.32	0.32	0.56	0
7	876.9	91.8	44.1	22.2	17.1	822.3	10688.9	44512.1	0.98	1.41	0.56	0.37	0

ตารางที่ 6.6 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า กรณีคิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	133.4	133.4
2	5.3	189.3	189.8
3	0.0	157.5	157.5
4	0.0	92.3	92.3
5	0.0	191.4	191.4
6	0.0	345.5	345.5
7	0.0	185.4	185.4
8	0.0	229.7	229.7
9	0.0	147.5	147.5
10	2.2	9.6	9.8
11	11.4	193.5	194.6
12	9.8	63.5	64.5

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
13	6.3	671.4	672.0
14	0.0	310.3	310.3
15	19.3	154.3	156.2
16	4.0	332.1	332.5
17	14.5	221.7	223.2
18	0.0	193.1	193.1
19	2.2	484.1	484.3
รวม	74.9	4305.5	4313.0

ผลการทดสอบกรณีคิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิงดังกล่าวพบว่า ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าที่น้อยที่สุดมีค่าประมาณ 4,313 ล้านบาท เวลาที่ใช้ในการคำนวณทั้งหมด 4 ชั่วโมง 10 นาที

วิเคราะห์ผล

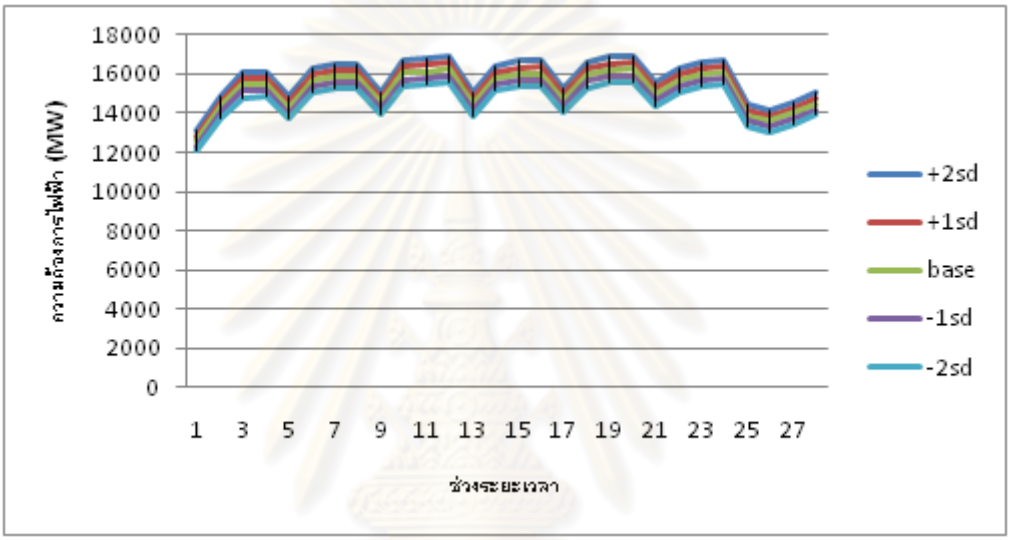
จากผลการคำนวณกับระบบที่พิจารณาเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง พบว่า ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้ามีค่าลดลงจากกรณีแรกประมาณ 37 ล้านบาท คำตอบในแต่ละรอบของกระบวนการหาคำตอบโดยขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมที่ได้ออกมาดังรูปที่ 6.3 และ ผลจากการถูกปรับโทษดังรูปที่ 6.4 มีลักษณะใกล้เคียงกับกรณีแรก จึงไม่ขออธิบายในส่วนนี้ สำหรับผลการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบไฟฟ้าที่ได้ดังตารางที่ 6.4 จะเห็นว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาในการผลิตมีแนวโน้มที่จะถูกเลือกใช้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติมีจำนวนจำกัด จึงไม่สามารถใช้ได้เหมือน ในกรณีแรก จากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในตารางที่ 6.5 จะเห็นว่าเชื้อเพลิงก๊าซมีการใช้ที่น้อยลงเมื่อ เทียบกับกรณีแรก ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนคือก๊าซจากแหล่งที่ 1 และแหล่งที่ 4 มีปริมาณการใช้น้อยลงจากกรณีแรกค่อนข้างมาก ด้วยเหตุนี้ทำให้ระบบมีแนวโน้มที่จะใช้เชื้อเพลิงน้ำมันซึ่งมี ต้นทุนที่สูง กว่าเข้ามาแทน ซึ่งแตกต่างจากกรณีแรกที่ไม่ได้เลือกใช้เชื้อเพลิงชนิดนี้ เลย ด้วยเหตุนี้ต้นทุนการผลิตในกรณีนี้จึงสูงกว่ากรณีแรก ดังแสดงในตารางที่ 6.6 แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิงส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้น

6.2.2 ผลการทดสอบกรณีคิดผลของความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า

ในหัวข้อนี้ เราจะทำการทดสอบผลของการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมโดยพิจารณาผลของความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการและขั้นตอนตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 5 เพื่อที่จะหาแผนการใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้าดังกล่าว และเนื่องจากกระบวนการหาคำตอบโดยขั้นตอนทางพันธุกร รมเป็นเพียงคำตอบ

ที่ดีที่สุดภายใต้ประชากรของคำตอบทั้งหมดที่ทำการสุ่มได้เท่านั้น ด้วยเหตุนี้เราจึงจำเป็นต้องทำแผนการใช้เชื้อเพลิงมากกว่าหนึ่งแผน เพื่อนำมาเปรียบเทียบหาแผนที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้ดัชนีชี้วัดความเหมาะสมตามวิธีการที่นำเสนอต่อไป

ในเบื้องต้น เราจะพิจารณาความไม่แน่นอนของ ค่าความต้องการใช้ไฟฟ้า ที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ที่ 2% ของค่าที่ได้จากการพยากรณ์ ซึ่งจะได้ค่าความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ประกอบด้วย 5 ระดับด้วยกัน รายละเอียดของผลการคำนวณทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก ค โดยในที่นี้จะแสดงผลการคำนวณโดยสรุป ดังนี้



รูปที่ 6.5 ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ

ตารางที่ 6.7 ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าแยกตามโรงไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ แผนที่ 1

Plant No.	Total cost (ล้านบาท)				
	-2	-1	0	1	2
1	119.1	117.5	114.5	132.6	126.1
2	530.7	537.9	566.9	588.5	605.4
3	146.6	153.0	144.7	151.5	166.5
4	90.4	89.8	91.0	91.4	91.4
5	188.8	187.1	186.0	189.1	190.9
6	337.9	338.0	351.3	343.5	349.2
7	187.1	177.5	189.1	185.5	187.9
8	23.6	23.6	30.5	24.9	27.7
9	149.8	156.4	159.5	160.9	160.0
10	14.4	13.7	14.7	14.5	14.5

Plant No.	Total cost (ล้านบาท)				
	-2	-1	0	1	2
11	207.2	206.2	207.2	214.5	214.8
12	98.0	96.5	107.2	101.9	111.2
13	706.1	760.0	803.1	809.3	816.2
14	229.6	260.3	272.8	280.8	303.6
15	136.9	136.9	137.5	137.1	137.4
16	294.4	293.3	288.2	288.4	299.1
17	211.9	218.2	209.6	217.5	219.5
18	185.1	187.0	186.3	187.1	189.8
19	206.3	208.9	217.3	216.3	233.3
Total	4064.0	4161.5	4277.5	4335.3	4444.6
$E(C)$	4260.3				
$\sigma(C)$	93.1				

ตารางที่ 6.8 ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าแยกตามโรงไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ แผนที่ 2

Plant No.	Total cost (ล้านบาท)				
	-2	-1	0	1	2
1	97.4	107.3	105.2	115.3	112.8
2	533.7	529.9	549.4	556.4	559.5
3	148.1	144.8	140.5	152.2	158.3
4	78.3	80.3	79.6	79.4	80.6
5	163.2	165.6	166.9	167.1	168.0
6	340.0	326.3	356.8	343.1	341.9
7	172.3	176.8	176.6	177.0	177.2
8	129.8	127.7	151.5	152.2	142.8
9	161.0	166.3	161.4	162.6	174.1
10	11.6	12.1	13.1	12.5	12.3
11	209.1	208.7	209.0	210.5	215.1
12	40.2	46.7	44.4	45.5	49.4
13	695.0	719.1	739.3	754.9	785.5
14	161.7	202.2	210.8	230.1	258.8
15	72.2	72.5	73.7	73.9	74.1
16	288.2	284.1	286.1	292.8	291.5

Plant No.	Total cost (ล้านบาท)				
	-2	-1	0	1	2
17	250.7	250.5	246.4	254.2	252.0
18	186.6	187.6	186.4	190.9	194.3
19	403.2	413.6	449.6	455.4	467.3
Total	4142.2	4222.2	4346.8	4426.0	4515.5
$E(C)$	4333.4				
$\sigma(C)$	98.9				

ตารางที่ 6.9 ต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าแยกตามโรงไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ แผนที่ 3

Plant No.	Total cost (ล้านบาท)				
	-2	-1	0	1	2
1	130.5	129.2	133.4	139.5	139.9
2	170.2	167.9	189.8	186.1	195.9
3	148.3	164.4	157.5	175.3	181.0
4	91.5	89.8	92.3	92.2	93.2
5	186.7	187.0	191.4	192.1	191.4
6	329.8	345.0	345.5	358.2	367.8
7	185.7	189.1	185.4	185.6	191.5
8	209.4	208.8	229.7	227.4	243.9
9	144.4	141.8	147.5	152.8	147.5
10	11.7	11.0	9.8	11.6	11.5
11	195.6	193.6	194.6	195.1	193.9
12	57.1	63.7	64.5	66.5	66.4
13	658.8	667.6	672.0	697.7	723.6
14	253.2	286.8	310.3	332.1	330.2
15	157.9	158.4	156.2	157.7	157.7
16	319.3	330.9	332.5	331.7	341.4
17	215.6	224.0	223.2	219.7	228.7
18	188.2	192.5	193.1	189.8	192.2
19	452.4	458.0	484.3	481.2	513.3
Total	4106.3	4209.4	4313.0	4392.2	4511.1
$E(C)$	4306.5				
$\sigma(C)$	97.7				

ตารางที่ 6.10 สรุปผลการทดสอบจากแผนการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 แผน

แผนการใช้เชื้อเพลิงที่	$E(C)$	$\sigma(C)$	ดัชนีการตัดสินใจเลือกแผน
1	4,260.3	93.1	396829.3
2	4,333.4	98.9	428693.1
3	4,306.5	97.7	420730.6

วิเคราะห์ผล

ผลการทดสอบกับระบบที่พิจารณา ความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า ทั้ง 3 แผน จะเห็นได้ว่าแผนการใช้เชื้อเพลิงที่ได้ในแต่ละแผนจะประกอบไปด้วยแผนที่รองรับโหลดทั้งหมด 5 ระดับด้วยกัน โดยแต่ละระดับโหลดจะได้แผนการใช้เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุดจากกระบวนการหาคำตอบตามวิธีการที่นำเสนอ ซึ่งเมื่อพิจารณาผลที่คำนวณออกมาได้โดยรวมแล้ว จะเห็นว่า ในแต่ละแผนจะมีการจัดสรรเชื้อเพลิงที่เป็นไปในแนวทางเดียวกันกับผลการทดสอบที่ 1 กรณีที่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง กล่าวคือ ระบบมีแนวโน้มที่จะเลือกเชื้อเพลิงที่มีต้นทุนการผลิตต่ำก่อน เพื่อให้ต้นทุนการผลิตโดยรวมน้อยที่สุด แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านปริมาณเชื้อเพลิง ระบบจึงมีการเลือกใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นเข้ามาถึงแม้ว่าจะมีต้นทุนสูงขึ้นก็ตาม ทั้งนี้เพื่อให้ไม่ละเมิดเงื่อนไขข้อบังคับต่างๆในระบบ

เมื่อนำผลที่ได้จากการ แก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม มาพิจารณาถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยกำหนดให้ความต้องการไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงมีโอกาสเบี่ยงเบนไปจาก ค่าพยากรณ์ได้ 5 ระดับ โดยนำทั้ง 3 แผนไปจัดสรรเชื้อเพลิงใหม่อีกครั้ง เราสามารถสรุปผลการจัดสรรเชื้อเพลิงได้ดังตารางที่ 6.10 ซึ่งจะเห็นได้ว่าแผนที่ 1 มีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าโดยรวมต่ำที่สุดที่ประมาณ 4,260 ล้านบาท และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าโดยรวมประมาณ 93 ล้านบาทซึ่งเป็นค่าที่ต่ำสุดเช่นกันเมื่อเทียบกับแผนการใช้เชื้อเพลิง ทั้ง 2 แผนที่เหลือ ส่งผลให้ค่าดัชนี การตัดสินใจเลือกแผนที่คำนวณได้มีค่าต่ำที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแผนการใช้เชื้อเพลิงที่ 1 เป็นแผนที่เหมาะสมที่สุด เมื่อพิจารณา ถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า ในระบบประกอบด้วย สำหรับข้อมูลผลการทดสอบโดยละเอียดแสดงในภาคผนวก ค

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอวิธีการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมในระบบไฟฟ้ากำลังที่ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ าพลังความร้อนด้วยขั้นตอนวิธี ทางพันธุกรรมพร้อมทั้งพิจารณาถึงความไม่แน่นอนของการพยากรณ์โหลด โดยในขั้นแรก จะทำการกำหนดแผนการเดินเครื่อง เริ่มต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าทั้งหมดในระบบ สามแบบ จากนั้นจึงทำการจัดสรรเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังความร้อนด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรมซึ่งเป็นการหาจุดทำงานและปริมาณเชื้อเพลิง หรืออัตราส่วนการผสม เชื้อเพลิง ที่ใช้ในการผลิตของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละเครื่องโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เชื้อเพลิงที่มีอยู่ให้คุ้มค่าที่สุด โดยมีค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการผลิตโดยรวมน้อยที่สุด ทั้งนี้กำลังการผลิตที่ได้จะต้องเพียงพอต่อความต้องการ โหลด มีกำลังผลิตสำรอง พร้อมจ่าย เพียงพอต่อระดับความเชื่อถือได้ที่เหมาะสม และผลการจัดสรรนั้นจะต้องไม่ส่งผลให้เกิดการละเมิดเงื่อนไขบังคับต่างๆ เช่น เงื่อนไขปริมาณเชื้อเพลิงที่มีจำกัด เป็นต้น ในขั้นตอนสุดท้าย จะพิจารณาถึงความไม่แน่นอนของการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้าในระบบโดยทำการจัดสรรเชื้อ เพลิงใหม่หากโหลดที่พยากรณ์มีการเปลี่ยนแปลง จากค่าที่พยากรณ์ได้ โดยจะอาศัยแผนการผลิตที่หาได้จากขั้นตอนก่อนหน้า จากนั้นจะพิจารณาเลือกแผนที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากแผนที่มีค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดและมีค่าเบี่ยงเบนของค่าใช้จ่ายจากการพยากรณ์ต่ำที่สุดด้วย

สำหรับ การทดสอบวิธีการที่นำเสนอ กับระบบ ไฟฟ้า ตัวอย่าง ที่ดัดแปลงมาจากระบบ จริงของประเทศ ไทยนั้น แบ่งออกเป็นสองการทดสอบด้วยกันคือ การทดสอบกับระบบที่ไม่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า และระบบที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยในการทดสอบกับระบบแรก ได้แบ่งการศึกษาออกเป็นสองกรณีคือ กรณีที่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง กับกรณีที่ไม่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง จากผลการทดสอบกังกล่าว สามารถสรุปและมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1) วิธีการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสม สำหรับระบบผลิตไฟฟ้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมในการแ ก้ปัญหา ค่าเหมาะสม มีขีดจำกัดในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการคำนวณที่ค่อนข้างนาน โดยเฉพาะเมื่อ ระบบที่ใช้เป็นระบบไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นจำนวนมากซึ่งจะส่งผลให้ตัวแปรที่ใช้ในการแก้ปัญหามีเป็นจำนวนมากตามไปด้วย แต่อย่างไรก็ดี การจัดสรรเชื้อเพลิง ในระบบผลิตไฟฟ้าเป็นการวางแผนล่วงหน้าเป็นสัปดาห์ ปัญหาเรื่องเวลาที่ใช้

ในการคำนวณ จึงอาจถูกละเลยได้ นอกจากนี้หากมีการนำเอาแนวคิดที่นำเสนอไปประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติจริง ปัญหาดังกล่าวอาจมีความสำคัญน้อยลงมากเนื่องจากประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ เซิฟเวอร์ที่ใช้ในการคำนวณ ของหน่วยงานการไฟฟ้าฯ จะสูงกว่าคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลธรรมดามาก

2) ผลการทดสอบกับระบบไฟฟ้าตัวอย่างที่ดัดแปลงมาจากระบบจริงของประเทศ พบว่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากสามารถกำหนดแผนการใช้เชื้อเพลิงล่วงหน้าที่ไม่ละเมิดขีดจำกัดที่สำคัญทุกขีดจำกัดของระบบได้ อย่างไรก็ตาม คำตอบที่ได้เป็นเพียงคำตอบที่ ดีที่สุดภายใต้ประชากรของคำตอบทั้งหมดที่ทำการสุ่มได้ เท่านั้น ยังไม่สามารถรับประกันได้ว่าเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยรวม (Global optima) หรือไม่

3) ข้อดีของการใช้ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการจัดสรรเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าขนาดใหญ่ คือ สามารถพิจารณาเงื่อนไขบังคับที่ซับซ้อนมากๆได้ อีกทั้งยังใช้ได้กับตัวแปรและฟังก์ชันทุกชนิด ทั้งต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ซึ่งแก้ปัญหาไม่ได้ โดยใช้วิธีทางแคลคูลัส

4) การใช้ระบบผลิตไฟฟ้าในวิทยานิพนธ์ไม่ได้คำนึงถึงโรงไฟฟ้าชนิดดีเซลเนื่องจากเป็นโรงไฟฟ้าที่เน้นไว้จ่ายเข้าระบบในยามฉุกเฉินซึ่งอาจส่งผลต่อผลการคำนวณ ได้ ดังนั้น หากมีการปรับปรุงในอนาคตให้สมบูรณ์อาจจะนำเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดดีเซลมาร่วมพิจารณาด้วย

5) ในการปรับปรุงในอนาคตให้สมบูรณ์อาจ พิจารณาเงื่อนไขด้านการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเพิ่มเติม เช่น เงื่อนไข Must-run และ Must off เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

[1] Hovanessian, S.A.,Stout, M. Optimum Fuel Allocation in Power Plants IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems 82 (June 1963) : 329–335.

[2] Goldberg, D.E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison Wesley, Inc., 1989.

[3] Man, K.F., Tang, K.S., and Kwong,S. Genetic algorithm , Concept and application. IEEE Transaction on Indrustrial Electronics. 43 (October 1996) : 519-534.

[4] Syswerda, G. Uniform crossover in genetic algorithm. Proceeddings of the Fifth International Conference on Genetic Algorithms. University of Illinois at Urbana-Champaign 1993: 2-9.

[5] S.M.Shahidehpour and S.K. Tong. An Overview of Generation Scheduling in The Optimal Operation of a Large Scale Power System. Electric Machines and Power Systems (n.p.): Hemisphere Publishing Corporation1991:731-762.

[6] Allen J.Wood and Bruce F. Wollenberg. Power Generation Operation & Control New York john Wiley & Sons, 1984.

[7] F.N.Lee. A Fuel-Constrained Unit Commitment Method. IEEE Transaction on Power System. PWRS-4 (August 1989):1208-1218.

[8] กมล พงศ์ธาดาพร. การทำยูนิตคอมมิตเมนต์ในระบบไฟฟ้ากำลังขนาดใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

[9] Chira Achayuthakan. Genetic algorithms application to economic load dispatch. Master's Thesis, Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering Asian Institute of Technology,1997.

[10] Dasgupta, D., and McGregor, D.R. Thermal unit commitment using genetic algorithms. IEE Proceedings of the Generation, Transmission and Distribution 5 (September 1994): 459-465.

[11] Orero, S.O., and Irving, M.R. Large scale unit commitment using a hybrid genetic algorithm. Electrical Power & Energy Systems 1 (1996): 45-55.

[12] บัณฑิต เอื้ออาภรณ์. การวิเคราห์ระบบไฟฟ้ากำลังเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2547.

[13] นายปฐม อัตตวิริยะนุภาพ. การทำออปติมัลเพาเวอร์โฟลว์โดยใช้เจเนติกอัลกอริทึม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

[14] S.A. Kazarlis, A.G. Bakirtzis, V. Petridis. A GENETIC ALGORITHM SOLUTION TO THE UNIT COMMITMENT PROBLEM. IEEE Transaction on Power Systems. 11(Feb. 1996).

[15] M. Sudhakaran, P. Ajay-D-Vimal Raj. Integrating genetic algorithms and tabu search for unit commitment problem. International Journal of Engineering, Science and Technology. 2, (2010): 57-69.

[16] H.T. Yang, P.C. Yang, Ching-Lien Huang. Optimization of Unit Commitment Using Parallel Structures of Genetic Algorithm. IEEE Transaction on Power Systems. 2 (November 1995): 577-582.

[17] K. Abookazemi, M.W. Mustafa. Unit Commitment Optimization using Improved Genetic Algorithm. IEEE Bucharest Power Tech Conference, Bucharest, Romania. 2009 : 1-6.

[18] A.S. Eldin, M.A.H. El-sayed, H.K.M. Youssef. A two-stage genetic based Power System Conference. MEPCON 12th International Middle-East. 2008 : 425-430.

[19] W.P. Chang, X.J. Luo. Application of double matrix hybrid coded genetic algorithm in unit commitment. International Conference on Electricity Distribution.CICED 2008 : 1-6.

[20] W.P. Chang, X.J. Luo. A solution to the unit commitment using hybrid genetic algorithm. TENCON IEEE Region 10 Conference, Hyderabad. 2008 : 1-6.

[21] Z.F. Liang, C.Q. Kang, H.Q. Xu, Z.D. Cao, Y.P. Zhang, M.Jing. A new multiple objectives optimization model of monthly generation scheduling. International Conference on Power System Technology, PowerCon 2006: 1-6.

[22] S. Jalilzadeh, Y. Pirhayati. An Improved Genetic Algorithm for unit commitment problem with lowest cost. IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems.1(2009) : 571-575.

[23] P.P. Bedekar, S.R. Bhide, V.S. Kale. Optimum Unit Commitment for Thermal Power Plants - A Genetic Algorithm Approach. India Conference, Gujarat. 2009 : 1-4

[24] A.H. Mantawy, Y.L. Abdel-Magid, Selim, S.Z. A new genetic algorithm approach for unit commitment. International Conference on Genetic Algorithms in Engineering Systems 1997 : 215-220.

[25] A.Y. Saber, T. Senjyu, T. Miyagi, N. Urasaki, T. Funabashi. Absolute stochastic simulated annealing approach to unit commitment problem. The 13th International Conference on Intelligent Systems Application to Power Systems, Arlington.2005 : 434-439.

[26] D.C. Walters, G.B. Sheble. Genetic algorithm solution of economic dispatch with valve point loading. IEEE Transactions on Power Systems.8 (1993) : 1325-1332.

[27] P.H. Chen, H.C. Chang. Large-scale economic dispatch by genetic algorithm. IEEE Transactions on Power Systems.10(1995): 1919-1926.

[28] I.G. Damousis, A.G. Bakirtzis, P.S. Dokopoulos. A solution to the unit-commitment problem using integer-coded genetic algorithm. IEEE Transactions on Power Systems.19(2004): 1165-1172.

[29] D. Ganguly, V. Sarkar, J. Pal. A new genetic approach for solving the unit commitment problem. International Conference on Power System Technology.1(2004): 542-547.

[30] T. Senjyu, H. Yamashiro, K. Uezato, T. Funabashi. A unit commitment problem by using genetic algorithm based on unit characteristic classification. IEEE Power Engineering Society Winter Meeting.1(2002): 58-63.

[31] T. Senjyu, A.Y. Saber, T.Miyagi, Shimabukuro, K., N.Urasaki,T. Funabashi. Fast technique for unit commitment by genetic algorithm based on unit clustering. Generation, Transmission and Distribution, IEE Proceedings. 152 (2005): 705-713.

[32] A. Zhai, W. Snyder, J. Waight, J. Farah, A. Gonzalez, P. Vallejo. Fuel constrained unit commitment with fuel mixing and allocation. IEEE Power Engineering Society International Conference on Power Industry Computer Applications. 2001: 11-16.

[33] Kezhen Liu, Jilai Yu, Hong-Chun Shu, Yong Chen. A New Advanced Genetic Algorithm for Optimal Unit Commitment of Power System. Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference.2009: 1-4.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ค่าความต้องการใช้ไฟฟ้า กำลังผลิตสำรอง และเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิงของระบบทดสอบ

ระบบผลิตไฟฟ้าที่นำมาเป็นตัวอย่างในการทดสอบ คือระบบไฟฟ้าที่ดัดแปลงมาจากระบบจริงของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551 โดยข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ของระบบผลิตไฟฟ้าจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและข้อมูลของโหลดซึ่งแสดงได้ดังต่อไปนี้

ก.1 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ระบบผลิตไฟฟ้าที่ประกอบด้วยโรงไฟฟ้าทั้งสิ้น 19 โรง ซึ่งประกอบด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ารวมทั้งหมด 61 เครื่องโดยสามารถแยกประเภทได้ดังนี้

- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนจำนวน 23 เครื่อง มีกำลังผลิตติดตั้งรวม 8,586.7 MW
- โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วมจำนวน 30 เครื่องมีกำลังผลิตติดตั้งรวม 15,701.5 MW
- โรงไฟฟ้ากังหันแก๊สจำนวน 8 เครื่องมีกำลังผลิตติดตั้งรวม 237 MW

ระบบดังกล่าวมีกำลังติดตั้งรวมทั้งสิ้น 24,525.2 MW โดยมีรายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแสดงได้ดังตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ

Plant No.	Unit No.	Pmin (MW)	Pmax (MW)	Fuel Type 1	Fuel Cost1 (฿/Mbtu)	Fuel Type 2	Fuel Cost2 (฿/Mbtu)	MUP (Hr)	MDN (Hr)	Start up cost			Plant factor (%)
										FST(฿)	SFC(฿)	T(Hr)	
1	1	161.6	673.3	Coal	79.8	-	-	24	12	102474	252549	14	91.6
	2	161.6	673.3	Coal	79.8	-	-	24	12	102474	252549	14	91.6
2	3	235.6	386.3	Gas1	301.7	-	-	12	6	99737	560053	51	21.8
	4	235.6	386.3	Gas1	301.7	-	-	12	6	99737	560053	51	21.8
	5	200.4	328.5	Gas1	252.6	-	-	12	6	99737	560053	51	21.8
	6	200.4	328.5	Gas1	252.6	-	-	12	6	99737	560053	51	21.8
	7	291.5	550	Gas1	260.5	Oil1	321.8	24	6	128453	211201	33	35.9
	8	291.5	550	Gas1	260.5	Oil1	321.8	24	6	128453	211201	33	35.9
	9	294.0	600	Gas1	218.1	Oil1	312.0	24	6	128453	211201	33	35.9
	10	294.0	600	Gas1	218.1	Oil1	312.0	24	6	128453	211201	33	35.9

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ (ต่อ)

Plant No.	Unit No.	Pmin (MW)	Pmax (MW)	Fuel Type 1	Fuel Cost1 (฿/Mbtu)	Fuel Type 2	Fuel Cost2 (฿/Mbtu)	MUP (Hr)	MDN (Hr)	Start up cost			Plant factor (%)
										FST(฿)	SFC(฿)	T(Hr)	
3	11	355.0	710	Gas2	238.8	-	-	12	12	99737	560053	51	60.4
4	12	280.0	350	Gas1	255.0	-	-	24	12	99737	560053	51	87.1
5	13	285.2	356.5	Gas1	254.6	-	-	24	12	99737	560053	51	82.4
	14	285.2	356.5	Gas1	254.6	-	-	24	12	99737	560053	51	82.4
6	15	418.4	734	Gas1	255.0	-	-	12	12	99737	560053	51	71.5
	16	418.4	734	Gas1	255.0	-	-	12	12	99737	560053	51	71.5
7	17	560.0	700	Gas1	258.8	-	-	12	12	99737	560053	51	88.1
8	18	183.6	340	Oil2	591.5	-	-	12	12	100000	20000	10	6.8
9	19	372.9	678	Gas3	207.3	-	-	12	12	100000	20000	10	82.2
	20	55.2	69.9	Gas3	215.4	Oil5	270.4	24	6	100000	20000	10	66.2
	21	55.5	70.2	Gas3	222.4	Oil5	281.2	24	6	100000	20000	10	66.2
10	22	4.4	13	Gas4	226.1	-	-	6	6	30000	80000	10	32.5
	23	4.8	14	Gas4	226.1	-	-	6	6	30000	80000	10	32.5
	24	4.8	14	Gas4	226.1	-	-	6	6	30000	80000	10	32.5
	25	5.4	16	Gas4	226.1	-	-	6	6	30000	80000	10	32.5
	26	5.4	16	Gas4	226.1	-	-	6	6	30000	80000	10	32.5
	27	7.5	22	Gas4	226.1	-	-	6	6	30000	80000	10	32.5
	28	7.5	22	Gas4	226.1	-	-	6	6	30000	80000	10	32.5
	29	40.8	120	Gas4	226.1	-	-	6	6	30000	80000	10	32.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ (ต่อ)

Plant No.	Unit No.	Pmin (MW)	Pmax (MW)	Fuel Type 1	Fuel Cost1 (฿/Mbtu)	Fuel Type 2	Fuel Cost2 (฿/Mbtu)	MUP (Hr)	MDN (Hr)	Start up cost			Plant factor (%)
										FST(฿)	SFC(฿)	T(Hr)	
11	30	106.5	150	Lignite	66.4	-	-	72	6	102474	252549	14	88.9
	31	106.5	150	Lignite	66.4	-	-	72	6	102474	252549	14	88.9
	32	106.5	150	Lignite	66.4	-	-	72	6	102474	252549	14	88.9
	33	106.5	150	Lignite	66.4	-	-	72	6	102474	252549	14	88.9
	34	180.0	300	Lignite	66.4	-	-	72	6	101332	848505	21	88.9
	35	180.0	300	Lignite	66.4	-	-	72	6	101332	848505	21	88.9
	36	180.0	300	Lignite	66.4	-	-	72	6	101332	848505	21	88.9
	37	180.0	300	Lignite	66.4	-	-	72	6	101332	848505	21	88.9
	38	180.0	300	Lignite	66.4	-	-	72	6	101332	848505	21	88.9
	39	180.0	300	Lignite	66.4	-	-	72	6	101332	848505	21	88.9
12	40	146.0	365	Gas5	249.0	-	-	12	6	99737	560053	51	68.7
	41	149.2	373	Gas5	253.0	-	-	12	6	99737	560053	51	68.7
13	42	493.2	685	Gas6	255.1	-	-	12	12	99737	560053	51	74.4
	43	486.0	675	Gas6	255.1	-	-	12	12	99737	560053	51	74.4
	44	490.3	681	Gas6	255.1	-	-	12	12	99737	560053	51	74.4
	45	93.6	720	Gas6	189.6	Oil3	316.4	24	12	99737	560053	51	29.5
	46	93.6	720	Gas6	189.6	Oil3	316.4	24	12	99737	560053	51	29.5
14	47	91.0	700	Gas6	249.9	-	0	12	12	99737	560053	51	47.4
	48	91.0	700	Gas6	249.9	-	0	12	12	99737	560053	51	47.4
15	49	250.4	294.6	Gas1	242.3	-	0	12	6	99737	560053	51	22.8
	50	244.5	287.6	Gas1	242.3	-	0	12	6	99737	560053	51	22.8
	51	246.3	289.8	Gas1	242.3	-	0	12	6	99737	560053	51	22.8
	52	257.5	302.9	Gas1	242.3	-	0	12	6	99737	560053	51	22.8

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ (ต่อ)

Plant No.	Unit No.	Pmin (MW)	Pmax (MW)	Fuel Type 1	Fuel Cost1 (฿/Mbtu)	Fuel Type 2	Fuel Cost2 (฿/Mbtu)	MUP (Hr)	MDN (Hr)	Start up cost			Plant factor (%)
										FST(฿)	SFC(฿)	T(Hr)	
16	53	301.5	335	Gas1	260.8	-	0	12	6	99737	560053	51	74.3
	54	469.7	618	Gas1	255.0	-	0	12	6	99737	560053	51	74.3
	55	148.8	310	Gas1	183.0	Oil4	279.2	24	6	302577	163346	34	55.3
17	56	469.7	618	Gas6	255.0	-	0	12	6	99737	560053	51	74.3
	57	148.8	310	Gas6	183.0	Oil4	279.2	24	6	100000	500000	25	55.3
18	58	560.0	700	Gas6	254.7	-	0.0	12	12	99737	560053	51	74.3
19	59	358.3	676	Gas1	254.5	Gas6	254.5	6	6	99737	560053	51	56.6
	60	358.3	676	Gas1	254.5	Gas6	254.5	6	6	99737	560053	51	56.6
	61	338.0	676	Gas1	235.0	Gas6	235.0	6	6	99737	560053	51	56.6

ก. 2 ข้อมูลสมการอัตราความร้อน (Heat rate function)

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำหนดให้สมการอัตราความร้อนมีลักษณะเป็นเชิงเส้นเป็นช่วง (piecewise linear) โดยจะมีข้อมูลของจุดทำงาน (MW) กับปริมาณ ความร้อน ที่ใช้ในหน่วย (Mbtu/Hr) ของแต่ละจุดทำงานดังกล่าว ซึ่งมีด้วยกันทั้งหมด 4 จุดด้วยกัน และสำหรับกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ถูกกำหนดให้ใช้เชื้อเพลิงแบบผสมจะมีข้อมูลของ สมการอัตราความร้อนสำหรับแต่ละชนิดของเชื้อเพลิง ข้อมูลทั้งหมดแสดงอยู่ในตารางที่ ก.2 สำหรับสมการที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณความร้อนในหน่วย (Mbtu/Hr) จะแสดงอยู่ในรูปดังสมการที่ ก.1

$$H(P) = \left(\frac{H_{i+1} - H_i}{P_{i+1} - P_i}\right) \times (P - P_i) + H_i \qquad \text{เมื่อ } (P_i \le P \le P_{i+1}) \qquad \text{(ก.1)}$$

P_i, H_i จะขึ้นกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละตัว (แสดงในตาราง ก.2)

P คือ กำลังการผลิต (MW)

$H(P)$ คือ ปริมาณความร้อนที่ใช้ (Mbtu/Hr)

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลสมการอัตราความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ

Plant No.	Unit No.	Heat Rate Fuel 1 (Mbtu/Hr)							
		P1 (MW)	H1	P2 (MW)	H2	P3 (MW)	H3	P4 (MW)	H4
1	1	161.6	1426.4	332.2	3022.7	502.7	4620.6	673.3	6127.0
	2	161.6	1426.4	332.2	3022.7	502.7	4620.6	673.3	6127.0
2	3	235.6	1883.9	285.9	2356.1	336.1	2797.7	386.3	3183.9
	4	235.6	1883.9	285.9	2356.1	336.1	2797.7	386.3	3183.9
	5	200.4	1602.0	243.1	2003.5	285.8	2379.1	328.5	2707.5
	6	200.4	1602.0	243.1	2003.5	285.8	2379.1	328.5	2707.5
	7	291.5	2699.5	377.7	3605.6	463.8	4472.5	550.0	5250.9
	8	291.5	2699.5	377.7	3605.6	463.8	4472.5	550.0	5250.9
	9	294.0	2722.6	396.0	3780.6	498.0	4802.0	600.0	5728.2
	10	294.0	2722.6	396.0	3780.6	498.0	4802.0	600.0	5728.2
3	11	355.0	2438.7	473.3	3352.1	591.7	4232.1	710.0	5028.2
4	12	280.0	1849.9	303.3	2066.0	326.7	2247.2	350.0	2383.9
5	13	285.2	1911.6	309.0	2135.0	332.7	2322.2	356.5	2463.4
	14	285.2	1911.6	309.0	2135.0	332.7	2322.2	356.5	2463.4
6	15	418.4	2820.5	523.6	3638.9	628.8	4413.8	734.0	5101.3
	16	418.4	2820.5	523.6	3638.9	628.8	4413.8	734.0	5101.3
7	17	560.0	3737.8	606.7	4174.5	653.3	4540.5	700.0	4816.7
8	18	183.6	1654.3	235.7	2189.7	287.9	2700.7	340.0	3158.3
9	19	372.9	2950.9	474.6	3871.8	576.3	4748.5	678.0	5531.1
	20	55.2	619.1	60.1	694.8	65.0	758.9	69.9	807.9
	21	55.5	621.8	60.4	697.8	65.3	762.1	70.2	811.4

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลสมการอัตราความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ (ต่อ)

Plant No.	Unit No.	Heat Rate Fuel 1 (Mbtu/Hr)							
		P1 (MW)	H1	P2 (MW)	H2	P3 (MW)	H3	P4 (MW)	H4
10	22	4.4	58.5	7.3	99.4	10.1	139.8	13.0	177.5
	23	4.8	63.0	7.8	107.0	10.9	150.6	14.0	191.1
	24	4.8	63.0	7.8	107.0	10.9	150.6	14.0	191.1
	25	5.4	72.0	9.0	122.3	12.5	172.1	16.0	218.4
	26	5.4	72.0	9.0	122.3	12.5	172.1	16.0	218.4
	27	7.5	99.0	12.3	168.2	17.2	236.6	22.0	300.3
	28	7.5	99.0	12.3	168.2	17.2	236.6	22.0	300.3
	29	40.8	540.3	67.2	917.3	93.6	1290.5	120.0	1638.1
11	30	106.5	1000.7	121.0	1172.1	135.5	1325.7	150.0	1453.1
	31	106.5	1000.7	121.0	1172.1	135.5	1325.7	150.0	1453.1
	32	106.5	1000.7	121.0	1172.1	135.5	1325.7	150.0	1453.1
	33	106.5	1000.7	121.0	1172.1	135.5	1325.7	150.0	1453.1
	34	180.0	1691.4	220.0	2131.1	260.0	2543.8	300.0	2906.1
	35	180.0	1691.4	220.0	2131.1	260.0	2543.8	300.0	2906.1
	36	180.0	1691.4	220.0	2131.1	260.0	2543.8	300.0	2906.1
	37	180.0	1691.4	220.0	2131.1	260.0	2543.8	300.0	2906.1
	38	180.0	1691.4	220.0	2131.1	260.0	2543.8	300.0	2906.1
	39	180.0	1691.4	220.0	2131.1	260.0	2543.8	300.0	2906.1
12	40	146.0	1175.4	219.0	1817.7	292.0	2447.8	365.0	3029.5
	41	149.2	1201.2	223.8	1857.5	298.4	2501.5	373.0	3095.9

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลสมการอัตราความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ (ต่อ)

Plant No.	Unit No.	Heat Rate Fuel 1 (Mbtu/Hr)							
		P1 (MW)	H1	P2 (MW)	H2	P3 (MW)	H3	P4 (MW)	H4
13	42	493.2	3302.9	557.1	3846.4	621.1	4330.7	685.0	4729.2
	43	486.0	3254.7	549.0	3790.3	612.0	4267.5	675.0	4660.2
	44	490.3	3283.6	553.9	3824.0	617.4	4305.4	681.0	4701.6
	45	93.6	843.2	302.4	2808.4	511.2	4795.0	720.0	6686.6
	46	93.6	843.2	302.4	2808.4	511.2	4795.0	720.0	6686.6
14	47	91.0	622.4	294.0	2073.0	497.0	3539.4	700.0	4935.7
	48	91.0	622.4	294.0	2073.0	497.0	3539.4	700.0	4935.7
15	49	250.4	2079.7	265.1	2270.1	279.9	2420.2	294.6	2522.4
	50	244.5	2030.3	258.8	2216.2	273.2	2362.7	287.6	2462.4
	51	246.3	2045.8	260.8	2233.1	275.3	2380.8	289.8	2481.3
	52	257.5	2138.3	272.6	2334.1	287.8	2488.4	302.9	2593.4
16	53	301.5	2189.3	312.7	2340.6	323.8	2448.5	335.0	2507.8
	54	469.7	3410.5	519.1	3886.1	568.6	4298.8	618.0	4626.3
	55	148.8	1539.8	202.5	2160.6	256.3	2761.2	310.0	3307.1
17	56	469.7	3410.5	519.1	3886.1	568.6	4298.8	618.0	4626.3
	57	148.8	1539.8	202.5	2160.6	256.3	2761.2	310.0	3307.1
18	58	560.0	3815.4	606.7	4261.2	653.3	4634.9	700.0	4916.8
19	59	358.3	2665.9	464.2	3560.8	570.1	4416.9	676.0	5185.6
	60	358.3	2665.9	464.2	3560.8	570.1	4416.9	676.0	5185.6
	61	338.0	2515.0	450.7	3457.1	563.3	4364.5	676.0	5185.6

ตารางที่ ก.2 ข้อมูลสมการอัตราความร้อนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระบบ (ต่อ)

Plant No.	Unit No.	Heat Rate Fuel 2 (Mbtu/Hr)							
		P1 (MW)	H1	P2 (MW)	H2	P3 (MW)	H3	P4 (MW)	H4
2	7	291.5	2159.57	377.6667	2884.467	463.8333	3577.999	550	4200.68
	8	291.5	2159.57	377.6667	2884.467	463.8333	3577.999	550	4200.68
	9	294	2178.091	396	3024.49	498	3841.56	600	4582.56
	10	294	2178.091	396	3024.49	498	3841.56	600	4582.56
9	20	55.221	495.2776	60.114	555.8381	65.007	607.0915	69.9	646.3234
	21	55.458	497.4032	60.372	558.2237	65.286	609.6971	70.2	649.0973
13	45	93.6	674.5482	302.4	2246.711	511.2	3835.992	720	5349.312
	46	93.6	674.5482	302.4	2246.711	511.2	3835.992	720	5349.312
16	55	148.8	1231.821	202.5333	1728.5	256.2667	2208.953	310	2645.664
17	57	148.8	1231.821	202.5333	1728.5	256.2667	2208.953	310	2645.664
19	59	358.28	2665.915	464.1867	3560.776	570.0933	4416.918	676	5185.596
	60	358.28	2665.915	464.1867	3560.776	570.0933	4416.918	676	5185.596
	61	338	2515.014	450.6667	3457.064	563.3333	4364.543	676	5185.596

ก. 3 ข้อมูลโหลดและกำลังผลิตสำรอง

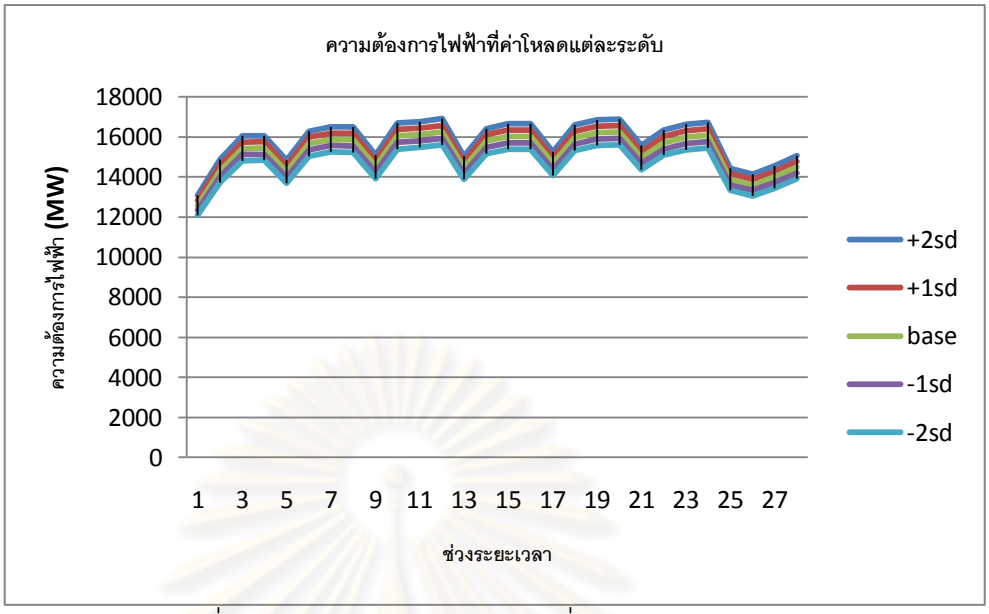
ในการจัดสรรเชื้อเพลิงในระบบผลิตไฟฟ้าในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เลือกแบบจำลองโหลดแบบรายคาบ (คาบละ 6 ชั่วโมง) ในรอบหนึ่งสัปดาห์ และสำหรับกำลังผลิตสำรองที่ระบบต้องการนั้นกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 10 % ของโหลดในช่วงเวลานั้น ๆ โดยแบ่งโหลดออกเป็น 5 ระดับด้วยกัน ตามความไม่แน่นอนของ โหลดที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ที่ 2 % ของค่าที่ได้จากการพยากรณ์

ตารางที่ ก.3-1 ข้อมูลโหลดแต่ละระดับ

วันที่	คาบ (T)	ค่าโหลดแต่ละระดับ (MW)				
		-2	-1	0	1	2
1	1	12085	12337	12589	12840	13092
	2	13737	14023	14309	14595	14881
	3	14809	15118	15426	15735	16043
	4	14831	15140	15449	15758	16067
2	5	13697	13982	14268	14553	14838
	6	15037	15350	15664	15977	16290
	7	15244	15562	15880	16197	16515
	8	15239	15556	15874	16191	16509
3	9	13930	14220	14510	14801	15091
	10	15401	15721	16042	16363	16684
	11	15479	15802	16124	16447	16769
	12	15605	15930	16256	16581	16906
4	13	13871	14160	14449	14738	15027
	14	15158	15474	15790	16106	16422
	15	15371	15691	16011	16332	16652
	16	15388	15708	16029	16349	16670
5	17	14084	14378	14671	14965	15258
	18	15321	15640	15959	16278	16598
	19	15566	15891	16215	16539	16864
	20	15593	15918	16243	16568	16892
6	21	14372	14671	14971	15270	15570
	22	15083	15397	15711	16026	16340
	23	15365	15685	16005	16325	16645
	24	15451	15773	16095	16417	16739
7	25	13331	13609	13887	14164	14442
	26	13065	13337	13610	13882	14154
	27	13438	13718	13998	14278	14558
	28	13906	14196	14485	14775	15065

ตารางที่ ก.3-2 ข้อมูลกำลังผลิตสำรองของโหลดแต่ละระดับ

วันที่	คาบ (T)	ค่ากำลังผลิตสำรองของโหลดแต่ละระดับ (MW)				
		-2	-1	0	1	2
1	1	1209	1234	1259	1284	1309
	2	1374	1402	1431	1460	1488
	3	1481	1512	1543	1573	1604
	4	1483	1514	1545	1576	1607
2	5	1370	1398	1427	1455	1484
	6	1504	1535	1566	1598	1629
	7	1524	1556	1588	1620	1651
	8	1524	1556	1587	1619	1651
3	9	1393	1422	1451	1480	1509
	10	1540	1572	1604	1636	1668
	11	1548	1580	1612	1645	1677
	12	1561	1593	1626	1658	1691
4	13	1387	1416	1445	1474	1503
	14	1516	1547	1579	1611	1642
	15	1537	1569	1601	1633	1665
	16	1539	1571	1603	1635	1667
5	17	1408	1438	1467	1496	1526
	18	1532	1564	1596	1628	1660
	19	1557	1589	1621	1654	1686
	20	1559	1592	1624	1657	1689
6	21	1437	1467	1497	1527	1557
	22	1508	1540	1571	1603	1634
	23	1536	1568	1600	1632	1664
	24	1545	1577	1610	1642	1674
7	25	1333	1361	1389	1416	1444
	26	1307	1334	1361	1388	1415
	27	1344	1372	1400	1428	1456
	28	1391	1420	1449	1478	1506



รูปที่ ก.3-1 ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ

ก. 4 ข้อมูลเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงที่มีเงื่อนไขขีด จำกัดในที่นี้ มีด้วยกัน 2 ชนิดคือ ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา ซึ่งปริมาณเชื้อเพลิงที่มีจำกัดสามารถแบ่งตามแหล่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิด โดยเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติมีเงื่อนไขรายวัน ส่วนเชื้อเพลิงนำมันเตามีเงื่อนไขรายสัปดาห์แสดงดังตารางที่ ก.4

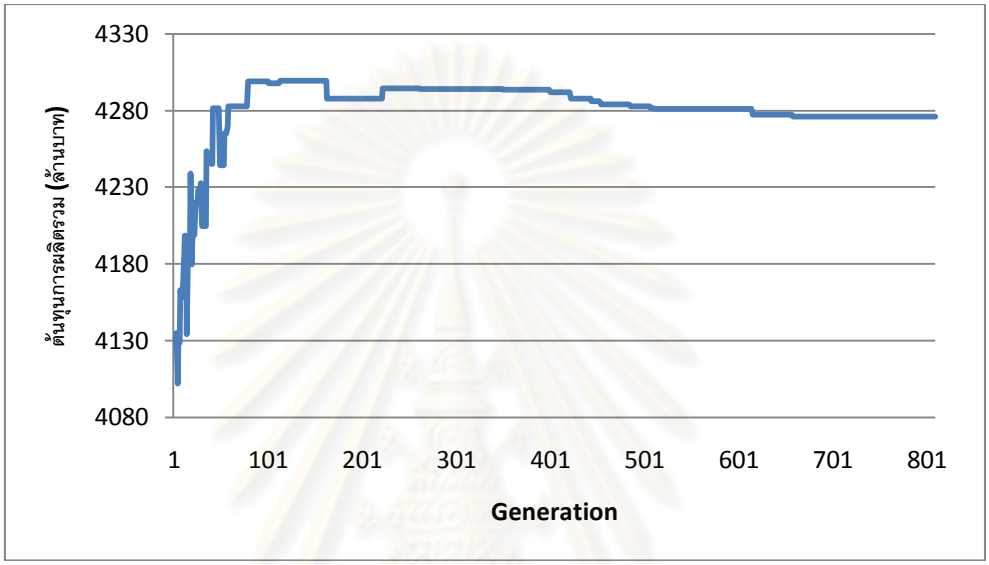
ตารางที่ ก.4 ข้อมูลเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง

วันที่	ขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง (แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง)										
	gas1	gas2	gas3	gas4	gas5	gas6	oil1	oil2	oil3	oil4	oil5
1	1200	125	125	50	132	1000					
2	1200	125	125	50	132	1000					
3	1200	125	125	50	80	1000					
4	1200	125	125	50	80	1000	33	12	20	10	3
5	1200	125	125	50	132	1000					
6	1100	125	125	50	132	1000					
7	1100	125	125	50	132	1000					

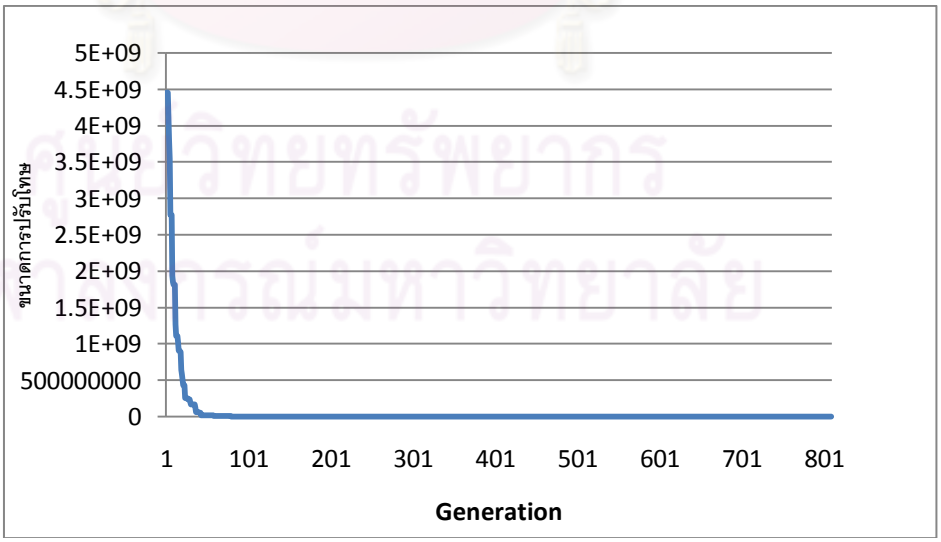
หมายเหตุ : หน่วยปริมาณเชื้อเพลิง : Coal = ตัน , Gas = ล้านลูกบาศก์ฟุต , Oil = ล้านลิตร

ภาคผนวก ข ผลการทดสอบกรณีไม่คิดผลของความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า

1) กรณีไม่คิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง



รูปที่ ข.1-1 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ข.1-2 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ข.1-1 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	201	394	642	537	395	639	369	645	359	657	610	437	605	565	611	646	300	606	613	618	544	655	610	547	575	505	616	640
2	164	506	555	665	407	622	568	618	672	556	652	630	620	574	493	565	609	586	609	659	446	622	394	561	573	312	550	651
3	295	334	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	202	242	250	274	325	309	269	294	228	306	281	285	213	274	261	238	308	327	214	312	250	278	266	309	326	210	320	315
6	302	326	312	279	237	276	308	324	242	306	318	249	278	291	252	253	320	322	312	275	304	240	220	301	308	224	231	222
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	460	511	364	525	512	503	308	521	413	497	502	529	401	467	447	397	508	472	420	536	370	489	490	460
9	311	451	552	571	521	565	495	456	545	482	596	368	324	529	455	359	458	399	469	374	538	535	571	493	348	571	406	469
10	324	494	444	463	349	599	579	563	376	452	430	566	360	479	589	596	500	578	537	572	556	372	354	541	400	404	514	518
11	563	637	697	569	653	650	610	392	599	521	709	532	406	599	621	704	600	661	684	646	663	560	674	599	650	394	615	682
12	289	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	353	346	341	318	308	351	354	324	287	356	286	333	292	325	319	287	311	325	331	338	351	339	342	351	319	323	351	303
14	292	343	344	329	304	298	311	319	331	290	313	315	336	339	325	343	310	351	295	299	286	308	312	328	316	338	294	322
15	639	431	686	731	708	658	643	639	420	572	589	725	674	628	703	676	511	715	669	432	518	472	651	684	485	0	0	0
16	0	0	470	723	482	541	700	553	523	534	590	600	676	664	576	619	700	529	703	602	567	616	733	598	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	547	677	398	651	524	668	657	650	653	487	657	640	622	628	674	661	428	676	462	666	670	569	636	574	530	453	425	560
20	58	65	63	59	55	64	63	60	61	65	58	64	62	59	67	68	62	65	57	70	67	65	69	69	58	67	64	66

ตารางที่ ข.1-1 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
21	68	60	58	57	69	57	62	64	60	70	56	68	65	69	64	63	62	56	56	69	69	62	69	70	56	66	65	70
22	11	8	5	10	5	11	10	7	5	6	8	10	7	12	12	4	12	10	5	8	5	11	12	10	10	7	10	7
23	9	10	11	13	6	9	6	10	5	9	5	6	13	12	6	12	13	12	6	12	10	13	10	10	11	5	11	11
24	14	13	7	5	8	12	7	8	10	10	6	12	8	9	13	12	8	12	8	11	12	9	6	10	6	12	6	14
25	10	6	6	12	15	14	12	16	14	15	14	12	13	14	13	5	6	14	11	15	11	13	11	9	14	15	11	11
26	14	6	12	7	14	10	14	15	14	12	13	13	11	11	13	14	14	8	14	12	6	16	9	11	12	12	11	13
27	15	19	11	10	18	14	21	10	14	17	20	16	11	10	17	18	19	10	10	16	17	21	19	8	13	19	19	22
28	17	21	16	9	13	22	21	13	14	13	17	10	14	18	16	20	16	21	18	9	19	15	12	20	8	14	12	16
29	54	82	71	115	53	53	74	70	90	80	92	107	71	67	111	85	109	114	78	77	72	111	79	105	48	56	65	86
30	122	108	148	141	113	116	124	140	139	122	109	132	118	120	141	124	128	130	116	138	137	147	119	128	147	136	136	110
31	128	130	142	144	133	148	128	108	116	136	117	131	149	122	130	114	142	139	126	127	139	119	116	129	128	139	131	127
32	140	125	142	129	128	129	122	142	120	142	125	133	149	145	138	114	150	108	131	148	107	111	125	129	141	143	145	143
33	131	123	145	149	114	137	126	140	113	132	147	110	113	135	147	142	126	107	122	121	123	134	143	130	127	109	136	132
34	211	0	275	234	204	293	276	217	251	269	206	283	298	280	193	251	259	288	220	229	278	246	274	262	190	241	244	201
35	225	282	258	204	281	228	229	289	252	257	291	218	255	211	247	184	274	293	283	212	192	290	289	225	235	183	285	260
36	249	231	282	291	292	269	295	272	297	293	249	239	197	283	242	267	224	218	298	291	263	193	219	288	238	270	284	287
37	274	293	212	248	216	300	288	291	208	294	247	274	260	252	280	213	274	299	224	266	270	280	280	237	253	280	240	277
38	272	292	282	202	222	274	287	223	274	213	295	207	278	272	256	286	258	252	277	198	263	283	284	198	262	195	210	191
39	299	283	246	288	233	284	273	188	190	220	288	243	251	294	262	290	208	276	264	284	224	207	244	230	225	289	228	263

ตารางที่ ข.1-1 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
40	261	353	222	283	170	185	310	344	214	319	359	318	152	363	289	238	218	267	240	347	251	334	327	336	197	214	294	311
41	212	150	338	172	327	160	289	322	340	244	359	362	259	188	292	231	273	250	236	326	296	331	358	313	264	198	362	221
42	508	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	164	486	591	637	607	632	674	514	317	606	238	414	297	520	559	415	386	565	344	679	160	433	685	443	363	493	709	599
46	444	436	692	329	616	450	537	669	491	677	603	580	302	377	383	438	489	609	716	632	592	634	624	687	635	589	379	417
47	208	651	696	592	508	517	590	568	372	449	545	693	173	639	514	446	278	609	688	685	575	656	661	686	301	618	602	631
48	549	548	521	581	117	634	587	331	280	696	642	674	670	475	566	267	195	562	683	542	384	604	333	275	580	573	363	699
49	284	263	290	262	289	258	260	295	278	272	257	263	272	288	255	291	271	283	279	255	274	276	286	293	262	286	276	270
50	258	269	283	247	261	271	260	270	256	260	268	255	250	280	273	264	283	260	272	248	252	268	251	267	282	263	258	276
51	287	253	256	287	280	260	266	262	259	285	286	279	252	256	281	260	256	248	272	253	268	264	247	248	288	271	289	267
52	297	296	277	292	284	303	286	258	291	275	264	270	296	266	295	261	300	297	278	274	280	275	285	297	260	277	283	0
53	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	596	478	567	482	482	577	609	478	543	618	479	508	604	568	549	509	504	585	527	618	500	542	483	617	485	0	565
55	178	273	246	254	192	204	196	284	157	206	284	192	229	230	204	306	233	154	248	309	244	252	284	261	172	150	231	294
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	576	525	0	0	571	556	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	170	220	189	264	179	155	281	223	310	239	189	180	251	289	281	263	260	228	245	265	190	216	232	198	234	268	160
58	655	622	683	700	586	604	616	653	669	638	612	605	672	644	630	691	684	670	693	689	640	672	569	690	670	700	689	643
59	378	671	552	668	578	497	565	639	628	603	615	476	394	474	573	665	572	559	550	601	423	529	571	620	439	643	652	578
60	643	400	562	463	449	451	571	512	631	626	591	524	485	643	632	590	441	551	653	457	618	589	571	631	408	499	627	457
61	458	533	436	489	393	444	478	479	633	635	644	620	369	504	659	500	344	339	584	674	347	522	621	638	567	635	591	648
Total	12591	14313	15432	15457	14278	15676	15894	15890	14528	16062	16146	16280	14475	15818	16041	16061	14705	15995	16253	16283	15013	15755	16051	16143	13937	13662	14052	14541

ตารางที่ ข.1-2 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าแยกตามเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

Plant No.	Unit No.	Start up cost (ล้านบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	1	0.00	66.16	66.16
	2	0.00	67.49	67.49
2	3	0.00	9.44	9.44
	4	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	96.09	96.09
	6	0.00	98.03	98.03
	7	0.00	0.00	0.00
	8	0.24	166.30	166.53
	9	0.00	165.40	165.40
	10	0.00	169.11	169.11
3	11	0.00	171.97	171.97
4	12	0.00	2.95	2.95
5	13	0.00	96.76	96.76
	14	0.00	93.73	93.73
6	15	0.00	162.38	162.38
	16	0.22	141.84	142.06
7	17	0.00	0.00	0.00
8	18	0.00	0.00	0.00
9	19	0.00	167.07	167.07
	20	0.00	26.46	26.46
	21	0.00	27.34	27.34

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1-2 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าแยกตามเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ต่อ)

Plant No.	Unit No.	Start up cost (ล้านบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
10	22	0.00	4.49	4.49
	23	0.00	4.96	4.96
	24	0.00	4.95	4.95
	25	0.00	6.17	6.17
	26	0.00	6.12	6.12
	27	0.00	8.06	8.06
	28	0.00	8.04	8.04
	29	0.00	42.23	42.23
11	30	0.00	13.85	13.85
	31	0.00	14.07	14.07
	32	0.00	14.30	14.30
	33	0.00	13.95	13.95
	34	0.31	25.79	26.10
	35	0.00	26.77	26.77
	36	0.00	28.32	28.32
	37	0.00	28.37	28.37
	38	0.00	27.06	27.06
	39	0.00	27.34	27.34
12	40	0.00	95.94	95.94
	41	0.00	96.89	96.89
13	42	0.00	5.24	5.24
	43	0.00	0.00	0.00
	44	0.00	0.00	0.00
	45	0.00	143.60	143.60
	46	0.00	159.49	159.49

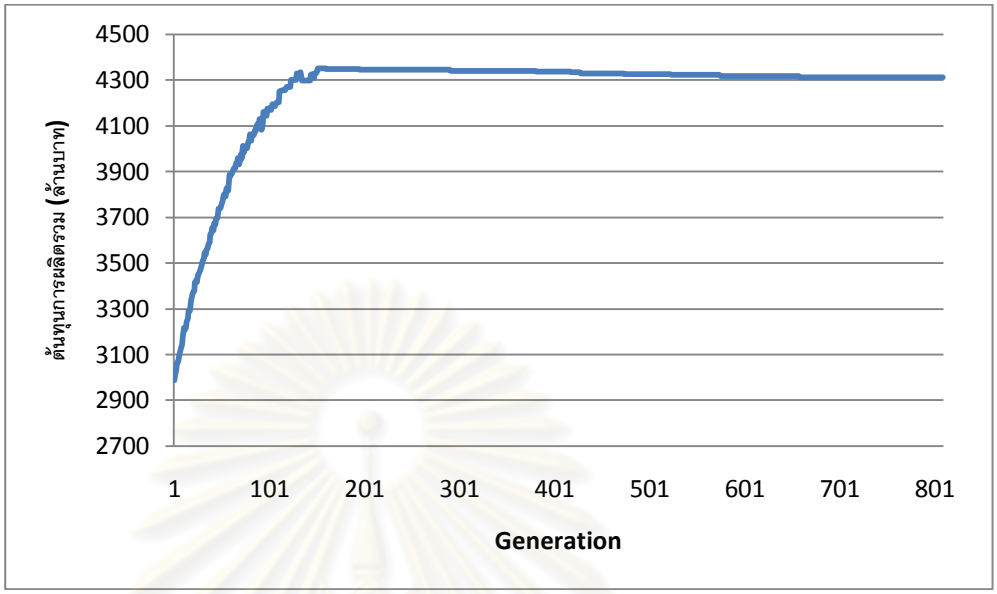
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1-2 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าแยกตามเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ต่อ)

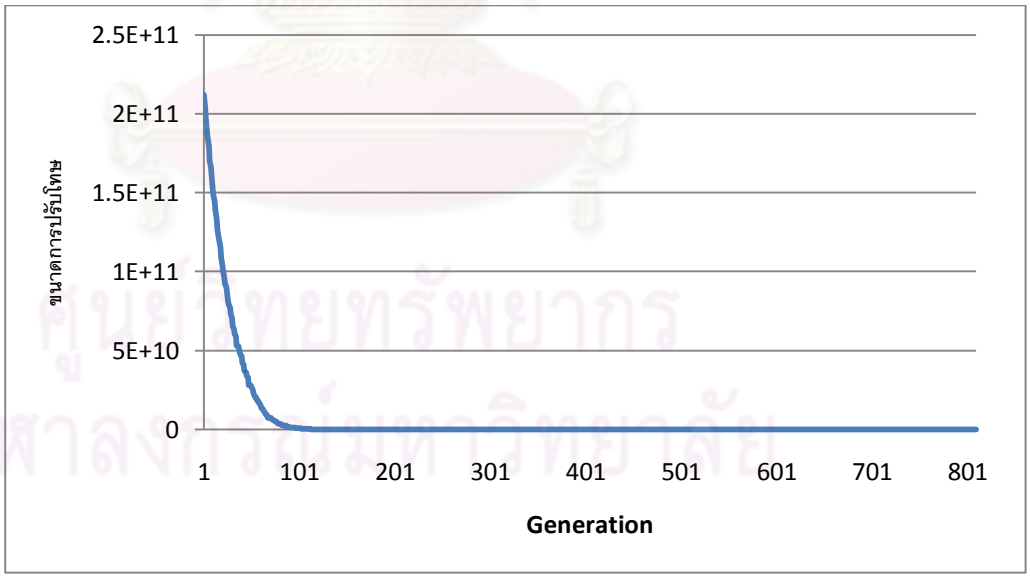
Plant No.	Unit No.	Start up cost (ล้านบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
14	47	0.00	160.70	160.70
	48	0.00	147.78	147.78
15	49	0.00	95.71	95.71
	50	0.00	92.19	92.19
	51	0.00	92.83	92.83
	52	0.00	94.80	94.80
16	53	0.00	0.00	0.00
	54	0.32	160.61	160.94
	55	0.00	75.81	75.81
17	56	0.72	25.69	26.41
	57	0.21	72.48	72.69
18	58	0.00	196.84	196.84
19	59	0.00	184.68	184.68
	60	0.00	179.41	179.41
	61	0.00	159.97	159.97
Total		2.02	4274.02	4276.04

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) กรณีคิดเงื่อนไขขีดจำกัดปริมาณเชื้อเพลิง



รูปที่ ข.1-3 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ข.1-4 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ข.1-3 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	337	444	616	649	343	617	584	376	483	628	549	627	363	642	399	464	388	618	664	620	550	598	410	637	670	492	629	617
2	288	350	453	663	569	550	566	627	442	590	498	639	613	404	660	665	396	672	637	579	406	547	577	636	655	672	656	489
3	289	348	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	271	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	415	526	460	391	584	519	473	471	539	535	546	559	567	306	495	564	379	597	488	387	478	520	497	490	407	530
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	555
11	465	596	383	504	482	642	692	490	564	660	708	681	410	700	693	569	456	461	481	528	477	525	499	708	640	580	385	523
12	295	312	340	338	289	310	343	339	337	337	284	325	293	325	304	282	300	332	318	283	340	306	343	297	283	325	349	341
13	311	297	319	299	325	311	348	318	332	309	301	292	347	353	308	321	334	337	304	336	308	322	324	339	347	296	350	349
14	340	343	348	343	346	355	310	308	328	342	331	326	346	329	308	292	296	323	333	304	311	304	306	331	314	317	317	320
15	451	475	698	699	429	419	681	517	634	589	732	522	443	692	668	477	457	729	733	695	599	685	658	610	433	704	727	439
16	452	455	527	480	630	684	433	710	554	555	535	579	488	505	500	734	466	476	578	498	607	715	673	721	684	559	629	524
17	673	602	680	686	578	695	581	578	570	654	698	564	672	591	560	592	592	663	695	573	585	691	627	601	573	696	602	586
18	210	324	286	264	334	332	290	217	203	184	232	251	198	222	245	254	283	210	323	265	201	195	190	318	283	198	262	213
19	514	514	662	436	551	583	453	671	580	635	617	621	521	545	659	538	509	548	453	621	541	581	669	572	487	409	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ข.1-3 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	8	11	10	8	11	10	12	7	7	7	6	12	11	9	9	7	11	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	17	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	88	58	74	48
30	123	0	128	132	121	118	132	140	130	107	120	130	146	111	115	146	117	109	121	141	133	115	115	124	123	145	115	125
31	112	134	110	129	127	119	127	137	141	140	111	124	136	141	141	150	138	113	134	149	126	135	120	142	117	116	112	110
32	128	130	112	139	146	141	110	135	139	134	107	140	120	111	138	146	136	111	110	119	136	148	135	122	113	121	138	107
33	108	109	117	146	130	136	134	131	141	123	125	127	118	131	112	138	136	143	113	124	119	121	148	118	135	146	137	143
34	218	202	247	293	259	246	295	186	262	278	260	262	200	256	278	215	265	287	281	210	260	208	259	271	282	223	252	285
35	199	283	189	282	214	219	203	285	261	239	230	252	296	294	290	296	236	280	222	271	254	217	208	294	218	205	204	251
36	252	293	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	290	192
37	187	261	255	238	268	200	231	282	253	245	224	255	271	290	276	223	267	220	244	279	283	221	258	268	252	288	282	219
38	212	282	286	207	245	194	284	293	182	258	261	283	202	255	263	279	247	267	228	247	218	256	233	192	298	224	284	298
39	272	226	256	270	276	297	283	260	218	215	220	273	200	264	182	225	252	231	231	244	215	239	272	287	269	215	268	295
40	186	260	0	0	0	0	0	325	236	294	296	301	220	214	282	271	235	274	352	301	288	227	194	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	337

ตารางที่ ข.1-3 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	575	674	657	656	520	602	573	588	627	546	569	583	525	618	500	667	552	568	682	593	541	579	494	669	606	606	580	669
43	584	567	593	595	574	658	645	657	657	578	624	633	566	601	660	631	658	656	596	585	675	612	584	631	662	504	561	537
44	542	591	506	641	670	584	658	621	579	660	509	577	641	613	524	644	548	665	632	605	502	570	629	559	624	503	517	534
45	319	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	406	97	365
46	128	304	487	513	109	553	406	222	203	412	378	562	417	353	546	573	178	625	178	528	328	408	444	323	343	707	518	420
47	133	626	692	673	367	557	634	657	659	525	625	668	155	491	497	600	584	336	603	700	404	686	630	691	603	495	159	434
48	136	431	245	617	387	680	681	699	207	700	390	573	591	679	638	696	591	601	680	689	323	405	447	400	438	225	590	647
49	265	277	288	0	0	0	0	0	0	0	268	270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	263
50	284	254	268	253	269	245	261	286	269	253	284	246	254	252	252	247	255	246	247	255	246	278	266	270	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	291	272	274	291	0	0	0	0	0	284	292	292	285	285	285	277	287	283	291	0	0	0	0	283
53	314	312	332	305	306	304	330	327	302	329	324	310	334	302	317	311	310	309	318	318	330	308	303	325	327	331	0	0
54	600	557	575	551	485	588	566	606	483	586	550	582	564	608	617	560	503	497	576	573	515	490	524	489	559	477	562	0
55	0	0	0	0	0	187	235	305	162	263	244	175	214	192	239	289	276	218	279	247	193	252	298	274	264	257	266	0
56	0	0	506	616	569	609	506	560	539	547	544	552	579	599	562	578	559	585	593	571	585	585	591	545	505	574	495	544
57	0	0	286	161	270	167	0	0	0	240	285	188	285	235	0	0	292	217	246	182	242	196	220	271	0	0	235	165
58	670	693	643	685	597	688	620	685	620	670	626	624	648	581	598	678	681	592	680	576	597	677	648	670	646	690	594	594
59	383	567	589	536	528	424	542	477	606	546	647	538	509	409	623	590	364	452	418	387	674	668	603	525	0	0	567	494
60	411	458	650	453	614	549	674	520	616	577	610	575	442	417	601	660	453	539	612	584	581	424	666	642	0	0	0	0
61	343	523	674	463	580	428	581	509	512	617	665	478	568	614	587	423	571	586	658	590	507	549	671	650	548	355	525	641
total	12591	14313	15432	15457	14278	15676	15894	15890	14528	16062	16146	16280	14475	15818	16041	16061	14705	15995	16253	16283	15013	15755	16051	16143	13937	13662	14052	14541

ตารางที่ ข.1-4 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าแยกตามเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

Plant No.	Unit No.	Start up cost (ล้านบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	1	0.00	65.63	65.63
	2	0.00	67.75	67.75
2	3	0.00	9.54	9.54
	4	0.00	0.00	0.00
	5	0.00	6.18	6.18
	6	0.00	0.00	0.00
	7	0.00	0.00	0.00
	8	0.00	0.00	0.00
	9	0.19	166.52	166.71
	10	0.34	7.05	7.39
3	11	0.00	157.49	157.49
4	12	0.00	92.31	92.31
5	13	0.00	95.45	95.45
	14	0.00	95.93	95.93
6	15	0.00	176.03	176.03
	16	0.00	169.42	169.42
7	17	0.00	185.39	185.39
8	18	0.00	229.67	229.67
9	19	0.00	147.51	147.51
	20	0.00	0.00	0.00
	21	0.00	0.00	0.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1-4 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าแยกตามเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ต่อ)

Plant No.	Unit No.	Start up cost (ล้านบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
10	22	0.00	3.13	3.13
	23	0.00	0.00	0.00
	24	0.00	0.00	0.00
	25	0.00	0.00	0.00
	26	0.00	0.00	0.00
	27	0.11	0.55	0.66
	28	0.00	0.00	0.00
	29	0.11	5.93	6.04
11	30	0.19	13.03	13.23
	31	0.00	13.84	13.84
	32	0.00	13.76	13.76
	33	0.00	13.93	13.93
	34	0.00	27.24	27.24
	35	0.00	26.61	26.61
	36	0.95	3.96	4.91
	37	0.00	27.26	27.26
	38	0.00	26.95	26.95
	39	0.00	26.91	26.91
12	40	0.35	59.24	59.58
	41	0.64	4.26	4.90
13	42	0.00	175.64	175.64
	43	0.00	181.18	181.18
	44	0.00	173.73	173.73
	45	0.63	13.88	14.51
	46	0.00	126.93	126.93

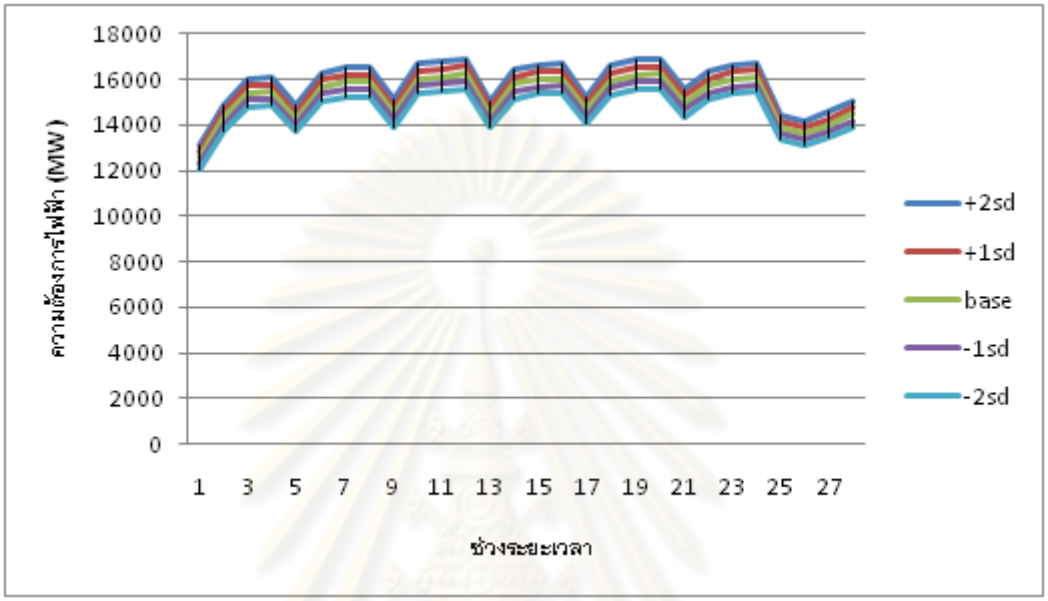
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1-4 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าแยกตามเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ต่อ)

Plant No.	Unit No.	Start up cost (ล้านบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
14	47	0.00	157.83	157.83
	48	0.00	152.47	152.47
15	49	0.97	23.64	24.61
	50	0.00	77.12	77.12
	51	0.00	0.00	0.00
	52	0.97	53.51	54.48
16	53	0.00	96.06	96.06
	54	0.00	170.10	170.10
	55	0.40	65.95	66.35
17	56	0.22	167.90	168.12
	57	1.23	53.83	55.06
18	58	0.00	193.13	193.13
19	59	0.22	160.28	160.50
	60	0.00	156.50	156.50
	61	0.00	167.29	167.29
Total		7.49	4305.46	4312.96

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค ผลการทดสอบกรณีคิดผลของความไม่แน่นอนของความต้องการใช้ไฟฟ้า



รูปที่ ค.1ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ค่าโหลดแต่ละระดับ

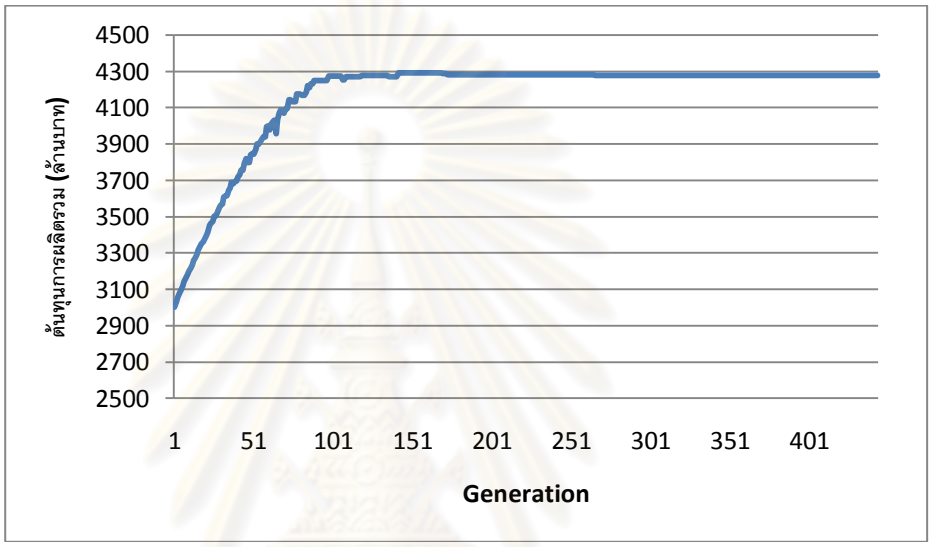
ตารางที่ ค.1 ความน่าจะเป็นของโหลดแต่ละระดับที่ใช้ในการคำนวณ

จำนวนช่วงตามค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ย	ความน่าจะเป็นของโหลด
-2	0.0668
-1	0.2417
0	0.3829
+1	0.2417
+2	0.0668

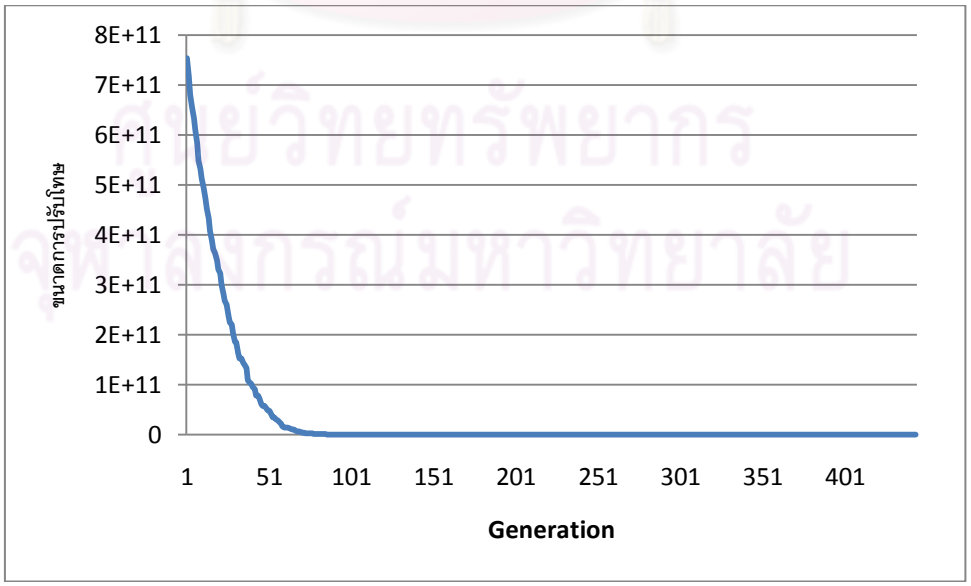
ค.1 แผนการใช้เชื้อเพลิง แผนที่ 1

ผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 5 แผนย่อย ตามค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย (ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการพยากรณ์)



รูปที่ ค.1-1 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.1-2 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอ

ตารางที่ ค.1-1 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	423	179	457	564	299	444	213	617	524	644	509	609	239	602	572	380	223	243	608	629	478	575	605	649	615	446	287	625
2	449	498	440	547	551	593	477	606	283	654	524	617	347	519	393	469	454	597	654	465	465	416	519	641	169	435	162	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	339	374	341	243	301	262	360	265	304	321	266	237	258	333	250	245
4	317	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	271	271	286	274	317	289	268	219	209	202	246	278	232	250	250	258	306	301	230	248	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	234	205	299	0
7	0	0	467	538	298	448	480	385	340	471	364	548	319	314	310	438	467	0	0	0	0	0	295	408	366	343	523	347
8	536	443	503	388	378	428	398	412	337	402	379	301	530	503	293	317	356	433	478	489	545	465	303	0	0	0	0	0
9	0	383	547	597	403	437	534	565	389	402	583	552	439	362	408	414	478	518	339	545	427	579	399	375	516	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	434	644	621	407	458	445	464	445	503	406	676	466	444	606	560	489	447	658	638	427	460	625	641	447	386	456	364	670
12	281	281	320	349	294	338	314	285	335	283	323	341	345	315	324	348	283	342	312	299	344	283	308	337	281	301	281	324
13	298	310	346	290	327	302	298	318	295	337	299	295	309	306	343	295	303	291	322	332	322	292	326	314	314	295	313	345
14	325	327	354	355	347	300	300	303	294	299	306	306	299	287	335	301	313	345	305	327	318	314	336	353	309	343	296	335
15	648	484	573	487	540	694	585	607	428	727	462	454	440	693	517	596	426	710	628	613	648	529	476	617	445	690	595	458
16	540	620	558	673	517	538	702	691	714	700	713	652	533	519	556	683	702	455	616	616	652	703	564	663	551	720	478	615
17	643	658	568	665	599	605	613	641	633	637	675	576	570	562	614	686	562	692	700	650	688	675	693	590	576	608	666	688
18	308	304	307	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	575	463	592	491	377	474	542	581	375	616	628	502	448	460	502	632	401	410	662	565	573	488	607	452	433
20	59	68	57	69	57	66	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	69	57	63	68	68	58	64	57	63	68	0	56	69	57	66	61	69	63	67	56	60	56	60	64	0

ตารางที่ ค.1-1 ข้อมูลการจ่ายโหลด(ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	0	0	0	0	0	0	0	11	5	6	10	8	12	7	10	6	5	7	7	8	8	0	0	0	0	11	5	9
23	11	6	7	5	5	14	7	5	10	12	13	10	7	6	7	7	11	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	14	6	12	14	15	15	11	7	14	6	13	11	6	14	8	7	9	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	21	17	11	17	19	14	13	8	12	18	8	18	11	10	14	18	21	16	16	10	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	113	116	112	117	145	148	108	148	127	120	124	135	128	123	118	107	114	139	114	147	138	134	112	135
31	135	114	136	127	119	131	136	126	127	139	143	147	110	110	128	140	135	146	110	128	138	129	145	126	149	129	143	127
32	133	120	146	108	128	123	132	116	127	119	110	133	146	111	115	112	147	116	107	110	137	119	117	114	121	146	107	134
33	125	137	149	147	118	117	113	140	113	123	143	144	139	107	112	108	123	134	142	132	111	130	129	143	131	142	144	120
34	254	222	205	226	223	242	251	261	207	186	268	291	184	236	197	243	242	238	237	233	284	293	191	289	282	209	253	246
35	0	0	0	191	255	241	195	254	226	181	289	275	212	190	276	268	202	256	289	256	209	278	283	229	271	282	207	252
36	268	293	256	233	202	254	218	255	222	240	251	191	223	272	257	244	189	295	195	277	286	256	251	202	188	202	182	268
37	223	222	251	239	185	279	246	198	215	248	298	263	219	249	295	290	190	253	263	271	264	195	299	234	243	223	198	261
38	207	186	235	240	184	232	217	222	198	299	224	268	221	212	211	242	271	270	270	247	198	228	225	201	203	234	201	298
39	278	223	235	252	250	278	227	249	251	204	299	211	205	298	242	232	282	279	293	189	283	281	186	271	283	217	256	265
40	202	158	244	243	247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	339	294	324	230	289	227	244	224	333	291	345	169	282	266	241	311	227	266	254	279	316	339	365	219	162	260	297

ตารางที่ ค.1-1 ข้อมูลการจ่ายโหลด(ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	581	682	580	505	565	682	617	520	516	656	591	597	573	616	566	543	529	640	586	622	539	509	576	547	565	581	573	608
43	542	537	659	538	586	588	650	514	567	536	577	663	607	591	646	620	605	548	489	583	646	623	585	627	605	511	597	620
44	660	667	619	673	629	661	623	674	581	541	678	574	651	533	619	534	639	608	662	599	549	512	646	632	493	596	654	663
45	613	561	350	369	477	572	545	305	438	433	706	619	329	128	322	546	621	614	194	525	501	226	629	222	272	370	352	195
46	450	547	129	168	410	574	617	217	429	132	650	675	183	277	558	452	437	664	375	519	253	714	274	653	130	311	594	629
47	259	162	560	673	588	309	203	164	506	672	552	577	245	561	590	603	196	124	635	633	411	511	676	222	100	99	646	682
48	147	487	694	475	192	650	342	656	344	624	335	600	658	699	614	558	112	354	574	636	199	562	594	684	258	343	550	643
49	0	0	0	0	0	0	286	271	255	283	283	267	262	262	258	278	275	284	267	270	253	278	284	265	251	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	278	284	262	266	281	286	274	250	253	267	252	261	276	278	257	249	264	289	253	286	255	252
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	334	317	303	332	324	308	316	333	317	333	330	334	308	315	303	316	317	317	320	328	321	320	315	305	320	305
54	486	608	482	602	473	499	486	544	473	472	475	591	470	590	549	563	486	600	521	606	549	538	547	489	571	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	168	160	178	258	0	0	0	0	237	174	221	196	170	211	257	193	199	288	193	0	0	0
56	0	576	470	489	507	490	592	592	478	610	594	488	472	514	565	577	516	497	562	502	515	586	477	527	508	570	557	580
57	193	234	242	183	152	208	199	212	181	0	0	0	0	173	259	204	185	195	274	208	0	0	0	0	0	0	0	261
58	588	690	630	641	616	604	621	618	599	632	562	583	642	639	580	635	577	661	565	631	630	601	631	669	660	669	587	612
59	519	470	620	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	442	398	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	514	553	526	655	434
61	455	597	511	620	651	546	489	633	462	543	393	539	645	585	440	454	363	599	482	506	382	385	647	549	355	510	563	502
Total	12591	14313	15432	15457	14278	15676	15894	15890	14528	16062	16146	16280	14475	15818	16041	16061	14705	15995	16253	16283	15013	15755	16051	16143	13937	13662	14052	14541

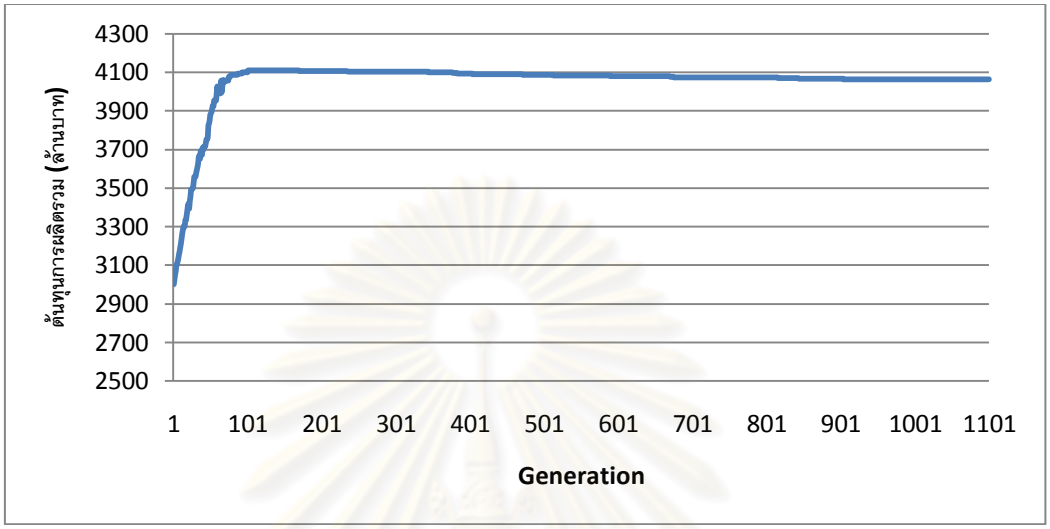
ตารางที่ ค.1-2 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

Day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	887	91	45	2	91	947	7813	38227	1.5	1.4	0.7	0.3	0.1
2	1093	78	122	9	63	916	8327	44398	1.3	0.0	0.5	0.3	0.1
3	1007	88	111	16	60	935	9567	46397	1.6	0.0	1.6	0.3	0.1
4	1076	91	118	12	48	939	7723	44808	1.3	0.0	0.8	0.2	0.1
5	1101	93	112	12	54	942	8475	46872	0.8	0.0	0.9	0.7	0.1
6	1041	94	122	9	66	894	9544	46659	1.4	0.0	1.0	0.5	0.1
7	890	80	109	3	47	890	5979	45945	0.6	0.0	0.7	0.1	0.0

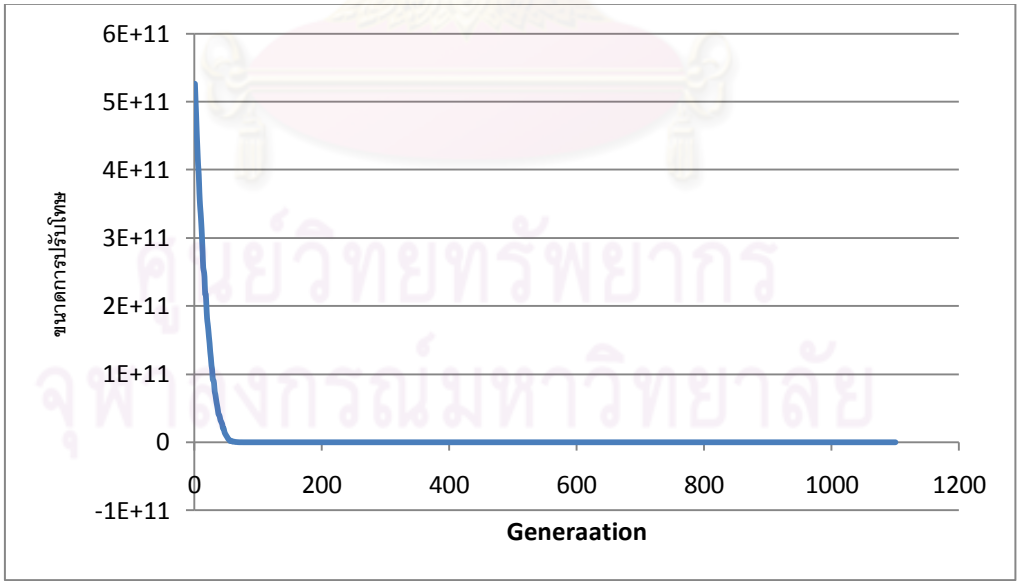
ตารางที่ ค.1-3 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	114.5	114.5
2	19.2	565.0	566.9
3	0.0	144.7	144.7
4	0.0	91.0	91.0
5	0.0	186.0	186.0
6	0.0	351.3	351.3
7	0.0	189.1	189.1
8	0.0	30.5	30.5
9	3.4	159.2	159.5
10	4.3	14.2	14.7
11	9.0	206.3	207.2
12	1.6	107.0	107.2
13	0.0	803.1	803.1
14	0.0	272.8	272.8
15	7.7	136.8	137.5
16	10.1	287.2	288.2
17	10.8	208.5	209.6
18	0.0	186.3	186.3
19	9.5	216.3	217.3
รวม	75.6	4269.9	4277.5

2) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า -2sd จากค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.1-3 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.1-4 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.1-4 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	673	661	578	646	543	514	649	203	384	552	571	653	668	554	406	575	473	556	559	343	399	637	277	522	162	502	530	627
2	479	661	669	484	444	505	598	610	399	609	661	666	210	400	511	566	613	345	250	652	305	462	359	226	168	637	355	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	265	377	326	328	276	350	316	347	241	339	318	249	250	277	266	250
4	252	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	204	254	203	317	320	265	257	206	235	253	228	275	278	323	326	210	271	210	263	206	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	254	230	285	0
7	0	0	298	315	297	447	319	360	426	342	487	481	354	491	352	308	307	0	0	0	0	0	442	419	366	347	305	300
8	506	406	343	428	413	434	306	322	359	513	464	364	349	535	426	301	373	413	501	333	342	317	453	0	0	0	0	0
9	0	440	448	495	334	483	309	302	332	590	435	343	385	448	429	377	317	406	580	374	347	474	379	551	344	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	369	360	643	562	607	362	373	651	546	400	413	682	693	705	464	455	485	400	645	420	482	534	607	605	443	531	382	660
12	298	287	318	283	309	296	289	339	321	329	296	342	314	336	332	305	323	280	328	311	344	300	329	289	317	283	300	299
13	302	313	315	328	312	287	305	343	292	337	306	295	325	341	312	349	301	345	291	319	293	348	342	323	354	330	287	296
14	313	332	332	287	315	354	328	316	329	290	294	285	352	308	355	329	322	332	351	330	337	328	292	296	294	333	340	353
15	570	623	566	423	727	592	512	581	594	546	729	550	454	627	514	610	525	660	444	681	477	640	549	718	427	450	587	466
16	651	427	610	696	534	690	708	503	516	558	688	734	470	539	544	583	462	424	435	531	526	682	477	491	578	585	666	657
17	641	647	572	683	580	675	673	585	682	632	672	693	612	658	638	647	574	572	566	596	628	656	671	570	614	640	578	589
18	222	218	278	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	410	497	585	413	380	378	519	598	386	502	431	395	596	504	423	488	530	417	476	539	394	416	474	545	609
20	68	66	59	60	59	68	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	66	66	59	59	67	62	67	69	64	61	0	69	68	56	56	68	56	61	69	69	58	62	59	57	0

ตารางที่ ค.1-4 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	0	0	0	0	0	0	0	6	7	12	10	10	4	5	11	6	5	5	6	6	10	0	0	0	0	7	12	9
23	5	11	10	12	8	11	13	13	10	7	14	10	5	12	12	6	11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	7	10	13	6	12	12	7	11	11	6	8	9	15	8	11	12	6	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	15	13	10	17	17	10	22	18	13	16	8	13	8	10	16	13	15	21	12	10	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	148	138	141	111	130	116	121	118	129	107	109	113	109	150	109	149	114	137	107	121	111	124	119	128
31	122	109	145	112	110	114	112	149	139	132	129	146	115	145	119	130	125	136	143	109	107	131	144	130	131	116	140	127
32	117	127	141	136	112	132	112	142	131	148	131	122	130	127	117	112	140	117	139	148	111	145	129	110	144	136	142	129
33	142	127	149	139	109	107	118	133	139	110	129	107	109	117	149	141	143	139	148	148	133	138	109	143	109	149	128	132
34	191	202	256	280	188	238	278	220	260	185	206	289	259	272	237	261	213	269	260	294	207	282	191	275	193	277	206	228
35	0	0	0	196	189	225	263	284	230	217	185	280	235	183	214	268	218	215	279	284	288	286	251	278	284	299	185	184
36	207	236	282	278	224	201	277	257	211	245	231	247	277	289	273	224	209	217	296	280	244	257	197	293	277	194	279	275
37	218	259	196	282	259	180	240	275	272	270	182	196	188	219	289	199	245	250	228	244	287	227	207	289	251	241	237	292
38	198	248	255	193	256	264	255	272	230	300	229	269	234	296	291	220	230	231	181	286	254	231	182	210	184	219	185	244
39	183	241	220	202	191	223	296	283	225	260	255	215	240	191	247	190	202	270	236	263	259	281	290	204	236	201	255	265
40	150	326	268	303	238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	222	333	190	155	372	360	259	173	199	368	179	244	314	157	150	288	180	302	316	200	264	211	280	165	276	162	190

ตารางที่ ค.1-4 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	519	624	593	574	619	619	501	560	591	660	662	599	683	572	614	520	541	537	545	652	506	685	564	606	674	640	603	497
43	633	541	519	557	506	492	586	527	499	533	552	644	503	497	554	643	528	576	601	573	660	647	596	627	610	648	565	620
44	517	605	597	634	614	673	507	665	558	542	556	657	557	559	525	651	605	673	593	557	675	535	583	632	519	494	535	656
45	417	293	246	494	94	465	290	174	166	133	235	200	305	212	405	159	288	509	177	371	519	346	432	380	164	293	315	454
46	224	301	276	233	273	96	143	117	130	168	388	543	135	432	121	616	147	421	600	176	281	224	581	508	95	130	279	245
47	598	632	463	624	211	585	150	479	114	629	431	634	188	330	293	436	139	506	524	168	377	486	514	453	198	154	696	485
48	128	127	206	266	438	595	433	346	477	549	601	415	147	121	501	95	145	519	404	568	313	111	478	563	279	268	416	631
49	0	0	0	0	0	0	284	251	274	287	260	265	256	254	266	265	252	262	285	270	272	274	258	261	265	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	257	278	267	252	271	276	261	247	270	262	251	266	286	285	289	255	277	256	289	249	283	282
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	306	321	320	312	326	307	303	328	305	312	307	319	313	322	317	330	305	318	306	310	327	310	323	312	305	320
54	477	593	597	615	470	482	566	494	538	594	475	523	516	472	527	558	511	556	558	585	491	589	597	575	519	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	228	200	231	153	0	0	0	0	249	273	156	301	270	240	229	259	285	289	199	0	0	0
56	0	525	517	612	482	592	471	608	472	553	597	613	548	480	600	541	476	552	569	571	550	478	566	501	506	493	470	480
57	169	205	298	152	197	212	215	239	168	0	0	0	0	271	196	233	178	184	255	301	0	0	0	0	0	0	0	252
58	611	592	607	611	575	568	591	643	689	664	641	573	639	606	613	593	598	651	575	687	677	590	601	570	605	616	641	654
59	366	412	570	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	443	534	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	380	517	360	378	486
61	549	534	477	447	356	455	604	575	440	614	356	360	341	456	673	464	670	435	635	633	585	629	560	478	424	493	422	536
Total	12087	13741	14815	14839	13707	15049	15258	15255	13948	15421	15501	15629	13897	15186	15401	15420	14118	15357	15604	15633	14414	15127	15411	15499	13381	13117	13492	13962

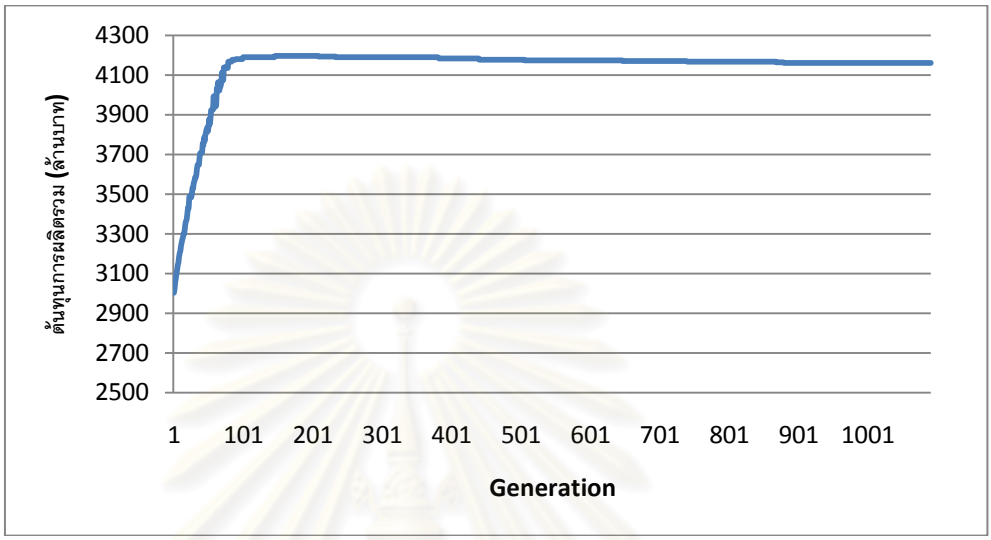
ตารางที่ ค.1-5 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	860	83	39	3	91	842	10624	37339	1.1	1.1	0.6	0.3	0.1
2	1025	85	117	9	70	783	8917	45816	1.6	0.0	0.5	0.4	0.1
3	1101	88	107	16	46	784	9843	45346	1.4	0.0	0.6	0.2	0.1
4	1167	100	103	13	43	728	8529	45444	1.5	0.0	0.4	0.4	0.1
5	1062	84	110	11	55	885	8302	47223	0.6	0.0	0.8	0.4	0.1
6	1037	97	105	8	48	896	6975	46707	0.9	0.0	1.1	0.3	0.1
7	858	87	111	3	40	799	6514	45388	0.6	0.0	0.4	0.2	0.1

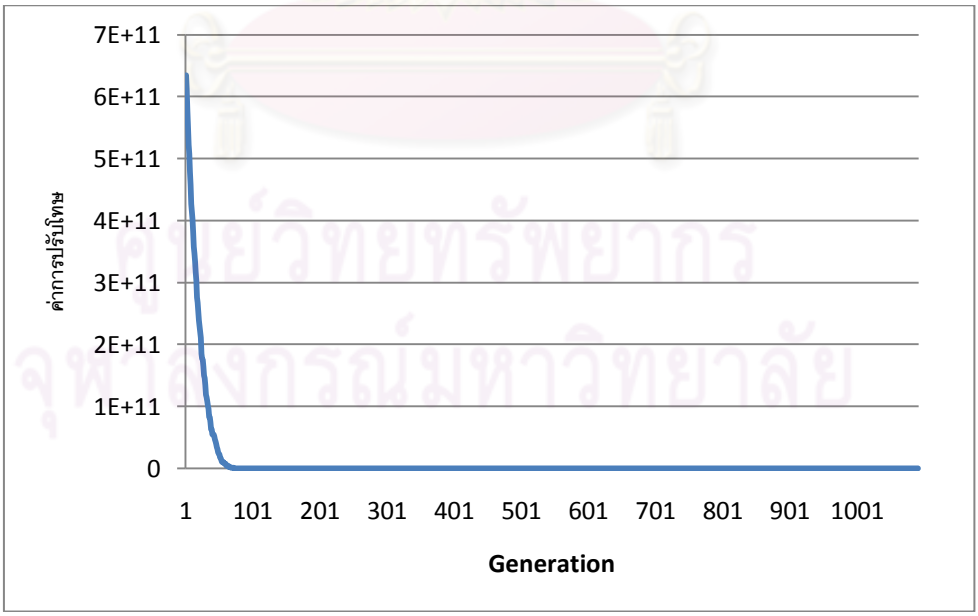
ตารางที่ ค.1-6 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	119.1	119.1
2	19.2	528.8	530.7
3	0.0	146.6	146.6
4	0.0	90.4	90.4
5	0.0	188.8	188.8
6	0.0	337.9	337.9
7	0.0	187.1	187.1
8	0.0	23.6	23.6
9	3.4	149.5	149.8
10	4.3	14.0	14.4
11	9.0	206.3	207.2
12	1.6	97.8	98.0
13	0.0	706.1	706.1
14	0.0	229.6	229.6
15	7.7	136.2	136.9
16	10.1	293.4	294.4
17	10.8	210.9	211.9
18	0.0	185.1	185.1
19	9.5	205.4	206.3
รวม	75.6	4056.5	4064.0

3) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า -1sd จากค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.1-5 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.1-6 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.1-7 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	663	585	353	639	657	664	250	293	380	546	584	599	279	598	574	578	264	613	489	463	338	465	500	598	430	643	495	579
2	618	526	313	467	633	664	450	631	277	362	596	632	229	346	664	525	169	574	658	579	382	668	273	550	346	218	419	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	356	358	246	302	319	315	289	300	356	241	376	242	330	252	254	280
4	236	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	302	283	232	282	252	209	301	282	236	290	279	245	211	243	325	328	228	269	232	211	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	210	233	270	0
7	0	0	366	456	383	363	415	369	337	303	477	536	306	442	323	492	351	0	0	0	0	0	356	463	299	300	490	368
8	535	314	421	352	348	385	319	342	428	498	430	455	346	399	293	346	418	375	425	436	360	300	292	0	0	0	0	0
9	0	309	540	420	332	459	496	448	510	491	295	550	536	451	420	301	352	407	415	448	340	574	395	342	403	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	376	537	644	369	415	483	557	701	444	581	667	456	562	615	662	398	507	571	388	504	594	586	552	683	367	570	661	609
12	281	286	317	335	329	327	322	290	280	342	297	288	325	289	285	305	324	292	317	328	335	344	282	323	313	325	284	283
13	294	344	296	350	329	315	294	287	314	316	286	302	343	299	314	350	356	286	290	310	317	292	342	327	312	338	306	334
14	338	316	301	344	308	352	353	290	328	302	294	350	306	341	295	351	296	337	354	288	289	315	306	332	293	352	308	310
15	503	690	588	644	430	611	426	441	716	578	579	721	524	581	671	533	475	631	677	613	435	544	592	686	499	620	672	635
16	473	506	486	702	481	582	643	583	480	457	527	696	473	524	498	427	538	439	690	569	469	576	652	729	423	698	485	703
17	590	647	593	606	604	587	618	562	582	588	638	632	583	568	631	579	573	578	598	561	659	570	589	599	599	605	589	613
18	233	299	187	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	621	571	473	500	382	488	633	431	563	446	573	645	522	379	557	382	582	454	523	447	514	400	546	375	557
20	62	69	60	56	58	68	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	58	61	61	56	64	58	64	66	69	56	0	57	65	62	69	67	56	62	61	65	63	65	70	57	0

ตารางที่ ค.1-7 ข้อมูลการจ่ายโหลด(ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	0	0	0	0	0	0	0	7	11	7	5	13	13	5	11	7	12	7	6	6	5	0	0	0	0	6	8	12
23	8	11	9	11	9	6	8	13	6	13	14	9	8	5	8	7	14	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	9	8	9	9	8	9	6	5	9	7	6	9	14	13	8	10	9	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	11	10	8	21	13	9	19	11	21	8	9	20	8	12	10	20	14	15	11	10	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	129	121	147	128	150	122	114	138	139	137	144	130	129	111	128	110	132	126	137	138	134	122	126	130
31	109	118	145	109	137	133	117	128	141	141	107	109	126	118	126	109	131	128	126	141	125	126	133	149	122	109	110	146
32	116	112	143	115	141	138	136	119	134	140	120	144	108	109	139	121	108	110	132	149	127	129	137	123	108	125	132	132
33	113	121	117	107	139	132	126	112	138	108	116	130	132	128	140	123	114	150	112	133	115	138	124	134	116	123	137	120
34	225	241	255	282	192	294	239	293	180	295	204	254	257	279	293	215	189	187	203	272	276	186	281	279	250	257	230	287
35	0	0	0	246	249	281	295	184	263	298	290	268	222	208	279	206	199	281	220	280	300	190	231	276	183	249	207	279
36	181	276	224	182	189	242	289	224	219	251	246	207	258	226	213	275	290	232	284	242	201	239	272	250	191	248	260	269
37	251	253	183	184	266	285	213	256	295	284	244	258	259	202	231	189	256	243	261	223	228	224	296	274	236	204	234	185
38	187	217	279	265	217	192	199	290	280	294	203	185	246	213	206	192	220	287	268	217	206	289	248	188	220	232	182	236
39	251	279	196	222	298	233	227	195	256	197	279	234	248	260	288	186	182	183	279	282	240	208	253	231	241	188	241	249
40	183	193	229	264	174	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	250	362	319	199	295	263	318	230	169	337	223	190	237	236	266	289	154	184	244	161	325	284	286	157	151	202	287

ตารางที่ ค.1-7 ข้อมูลการจ่ายโหลด(ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	537	515	655	588	526	508	677	601	512	614	637	657	547	507	589	591	596	535	517	590	684	590	683	611	668	531	546	524
43	607	571	669	490	491	546	588	551	535	666	667	594	555	610	538	531	490	625	649	657	497	491	529	515	517	509	586	603
44	677	520	523	533	494	528	569	680	657	518	629	571	674	610	591	675	619	560	583	551	556	681	553	661	616	495	502	556
45	547	267	518	131	359	460	697	266	187	112	120	176	96	398	218	339	238	270	611	473	357	472	663	360	452	485	269	313
46	309	318	238	564	338	702	254	229	111	498	587	434	569	537	172	658	537	654	423	526	378	367	521	529	221	484	469	348
47	140	427	610	407	331	672	511	536	466	630	657	613	93	245	478	462	653	683	507	263	308	560	394	328	109	280	551	551
48	245	630	681	685	333	147	276	408	104	445	636	625	545	585	608	301	98	380	594	528	669	414	395	195	306	115	455	669
49	0	0	0	0	0	0	253	269	275	284	273	263	257	266	266	251	267	287	259	275	289	277	263	281	291	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	274	254	285	255	283	248	265	251	273	268	246	280	251	255	283	250	284	260	260	264	287	250
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	319	306	305	304	320	304	325	318	324	308	303	302	303	324	310	321	330	331	328	330	333	310	302	306	334	326
54	565	591	510	486	486	550	522	489	564	581	483	581	479	568	608	542	490	586	493	507	545	525	504	548	479	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	255	259	284	223	0	0	0	0	156	285	197	240	226	307	269	304	287	201	151	0	0	0
56	0	590	600	581	495	585	474	538	508	597	551	567	507	515	553	587	545	507	487	482	525	606	605	614	533	515	601	545
57	207	236	172	300	216	158	284	266	172	0	0	0	0	194	205	210	264	291	157	238	0	0	0	0	0	0	0	246
58	598	577	674	601	641	591	580	585	612	673	634	574	674	635	572	676	607	562	628	693	673	692	678	577	595	679	566	635
59	593	518	561	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	390	523	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	365	461	374	397	562
61	485	462	499	508	409	592	392	530	388	674	569	393	458	504	409	566	351	488	641	651	565	579	552	632	392	516	420	458
Total	12339	14027	15124	15148	13992	15362	15576	15572	14238	15741	15824	15954	14186	15502	15721	15740	14412	15676	15929	15958	14713	15441	15731	15821	13659	13389	13772	14252

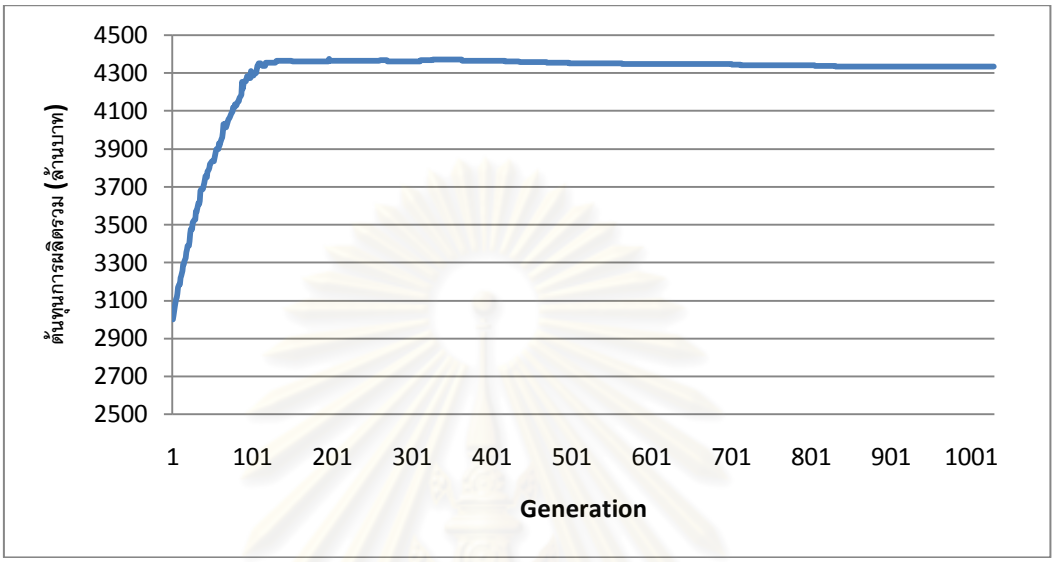
ตารางที่ ค.1-8 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

Day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	849	82	46	3	91	920	9124	36797	1.3	1.1	0.6	0.5	0.1
2	1037	93	119	7	63	818	9268	46423	1.6	0.0	0.9	0.4	0.1
3	1110	93	119	15	48	866	8713	47044	1.2	0.0	0.3	0.1	0.1
4	1059	97	121	12	47	886	8305	44971	1.0	0.0	1.0	0.4	0.0
5	1128	85	111	12	44	881	8341	45597	1.2	0.0	0.6	0.6	0.0
6	1043	105	111	8	54	946	8273	46702	0.6	0.0	0.6	0.2	0.1
7	874	95	104	3	40	829	6863	44206	0.6	0.0	1.0	0.1	0.1

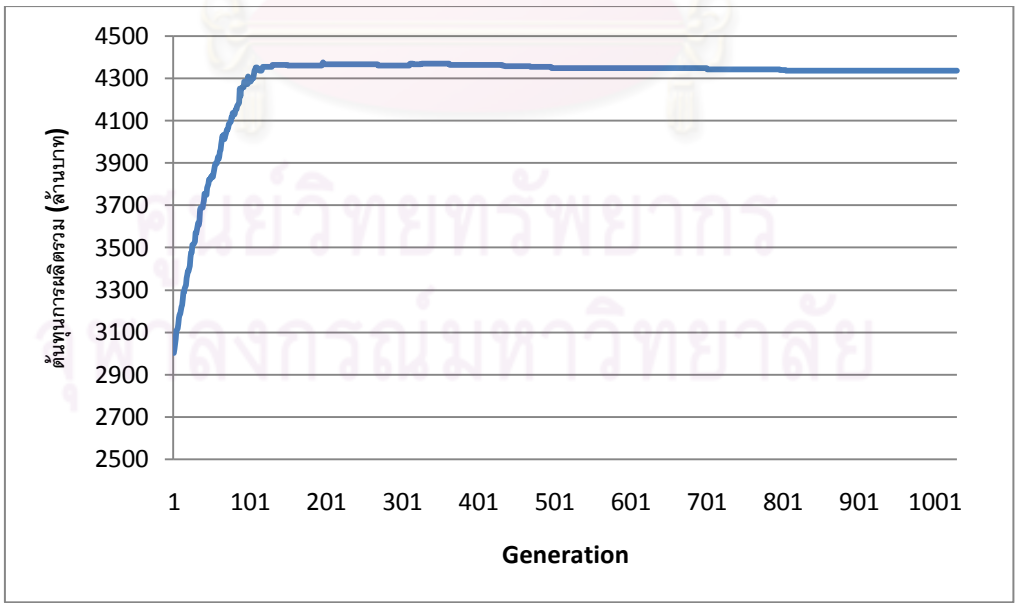
ตารางที่ ค.1-9 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	117.5	117.5
2	19.2	536.0	537.9
3	0.0	153.0	153.0
4	0.0	89.8	89.8
5	0.0	187.1	187.1
6	0.0	338.0	338.0
7	0.0	177.5	177.5
8	0.0	23.6	23.6
9	3.4	156.0	156.4
10	4.3	13.3	13.7
11	9.0	205.3	206.2
12	1.6	96.3	96.5
13	0.0	760.0	760.0
14	0.0	260.3	260.3
15	7.7	136.1	136.9
16	10.1	292.3	293.3
17	10.8	217.1	218.2
18	0.0	187.0	187.0
19	9.5	207.9	208.9
รวม	75.6	4153.9	4161.5

4) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า +1sd จากค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.1-7 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.1-8 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.1-10 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	326	617	503	666	553	642	524	617	636	653	667	649	181	479	562	529	665	660	263	620	628	629	640	639	222	541	375	574
2	628	653	630	669	613	628	644	645	426	548	651	607	304	665	411	630	276	590	565	652	305	603	641	671	608	442	415	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	243	342	382	322	328	318	348	267	313	291	318	365	311	276	270	381
4	276	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	310	235	319	323	305	250	245	206	208	271	261	246	234	291	239	259	215	261	221	256	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	322	239	271	0
7	0	0	409	418	484	503	356	354	433	502	365	489	341	314	496	368	549	0	0	0	0	0	334	353	302	517	428	517
8	500	355	546	328	391	381	305	378	429	447	464	537	499	535	384	358	365	531	450	507	530	508	529	0	0	0	0	0
9	0	305	450	539	529	591	555	338	472	332	479	478	301	421	513	480	386	514	584	561	510	483	502	526	349	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	644	368	521	384	461	688	562	509	383	506	693	631	648	499	447	508	403	588	619	663	404	386	686	471	654	522	387	709
12	295	325	313	323	326	301	331	309	289	335	302	287	302	337	318	346	334	311	299	304	323	304	294	348	308	284	295	328
13	311	302	298	354	289	304	351	348	285	323	337	316	346	289	304	303	348	327	318	296	290	342	302	327	291	344	328	356
14	288	334	312	320	296	297	341	315	320	338	286	295	340	311	318	325	347	303	333	335	289	340	342	352	353	334	305	356
15	455	586	658	683	442	574	593	431	441	420	682	597	422	568	558	466	464	583	682	653	568	620	432	615	428	463	522	715
16	612	500	665	723	548	566	603	693	698	728	641	641	520	680	516	616	492	692	651	716	533	704	498	554	466	499	558	681
17	572	670	673	636	598	612	664	561	589	595	598	678	577	585	567	626	572	586	635	691	681	671	653	672	572	683	575	636
18	270	251	230	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	600	549	416	407	601	590	499	481	605	563	488	578	444	484	641	536	483	459	493	481	488	415	528	546	621
20	68	56	59	56	67	61	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	56	63	59	66	58	69	67	58	60	58	0	64	62	66	56	63	61	64	67	68	63	55	56	56	0

ตารางที่ ค.1-10 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	0	0	0	0	0	0	0	6	5	10	9	9	6	13	6	10	13	5	10	5	9	0	0	0	0	12	12	7
23	6	7	6	8	7	12	7	12	8	11	7	13	12	14	11	9	7	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	16	8	14	8	15	6	8	14	16	8	9	7	8	14	11	7	7	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	9	14	17	11	12	14	12	19	21	9	9	13	12	18	9	13	20	14	9	17	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	118	149	125	114	108	134	144	115	145	117	115	115	132	139	126	127	132	147	127	109	124	124	143	124
31	137	135	140	130	137	134	126	121	144	145	110	143	118	112	126	111	144	120	130	122	123	137	120	130	111	107	136	139
32	116	141	133	145	148	137	124	121	111	109	117	135	112	111	140	108	124	130	114	146	115	137	115	141	118	130	132	127
33	107	125	144	112	135	143	110	131	116	136	128	115	145	146	112	139	132	129	143	149	109	132	127	123	139	144	115	124
34	254	289	279	223	198	217	238	258	288	287	201	240	273	256	247	275	228	262	272	239	194	266	250	195	270	264	285	264
35	0	0	0	254	189	291	291	272	213	208	295	258	208	273	244	241	239	247	266	283	257	203	233	257	240	268	225	247
36	248	294	296	240	260	198	294	201	184	293	238	201	212	257	266	203	236	293	263	201	240	249	268	225	265	253	296	267
37	184	254	250	250	281	252	262	262	201	271	273	261	247	280	272	251	289	263	295	215	247	256	277	295	193	276	255	276
38	281	217	290	251	266	263	180	297	237	292	292	225	244	275	268	233	232	241	198	266	217	187	212	256	256	292	265	200
39	257	207	296	255	224	278	259	251	278	281	214	265	246	275	228	252	295	239	215	282	277	299	260	253	267	283	207	255
40	179	225	163	198	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	282	189	291	171	190	354	281	288	228	228	289	173	277	327	271	358	217	335	247	344	169	265	369	209	200	371	200

ตารางที่ ค.1-10 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	522	552	565	632	498	538	497	552	627	632	559	605	584	613	499	634	549	648	615	598	496	516	682	599	579	657	644	654
43	491	609	601	561	547	568	530	619	573	569	603	626	601	669	502	671	618	639	643	617	500	521	605	590	526	593	493	667
44	626	609	674	577	524	595	557	539	552	600	644	611	539	515	501	606	656	492	572	664	580	653	650	580	588	659	670	577
45	611	374	177	351	652	260	466	481	217	578	356	471	360	656	644	590	97	373	619	217	720	365	238	664	235	185	620	256
46	410	565	658	704	158	680	544	196	656	553	573	661	689	503	718	374	228	223	686	612	324	648	621	146	158	98	160	555
47	511	582	684	135	260	680	299	558	92	629	575	552	566	272	317	653	377	557	654	553	567	651	625	483	412	533	582	534
48	260	679	477	590	487	678	391	492	95	569	677	439	193	458	380	272	351	455	266	476	291	626	679	558	369	318	700	343
49	0	0	0	0	0	0	275	257	279	273	251	291	285	269	256	256	263	253	294	287	265	279	283	279	256	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	261	268	268	262	258	256	273	275	247	263	248	264	282	258	254	281	277	276	266	258	268	259
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	306	320	313	328	334	305	311	329	313	329	313	331	319	311	302	311	303	313	302	302	329	320	304	308	303	330
54	561	471	484	481	558	547	579	549	558	478	583	543	487	606	607	579	485	500	536	471	613	492	517	475	473	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	194	213	152	254	0	0	0	0	154	210	261	302	174	235	215	272	248	259	159	0	0	0
56	0	570	586	531	478	609	507	479	615	494	484	601	521	489	607	566	529	608	494	597	569	552	563	511	561	590	594	510
57	159	208	207	193	257	228	189	189	310	0	0	0	0	164	178	272	263	181	283	294	0	0	0	0	0	0	0	223
58	677	610	566	586	571	610	613	681	563	598	688	627	648	600	639	609	604	674	614	585	620	591	621	698	630	646	617	668
59	503	449	651	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	505	568	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	605	375	467	466	448
61	497	507	407	664	383	454	448	492	461	619	621	553	621	497	668	627	349	572	506	452	511	627	392	567	410	489	392	648
total	12842	14599	15741	15766	14563	15989	16211	16207	14819	16383	16469	16605	14764	16134	16362	16381	14999	16314	16577	16608	15312	16070	16371	16465	14214	13934	14332	14831

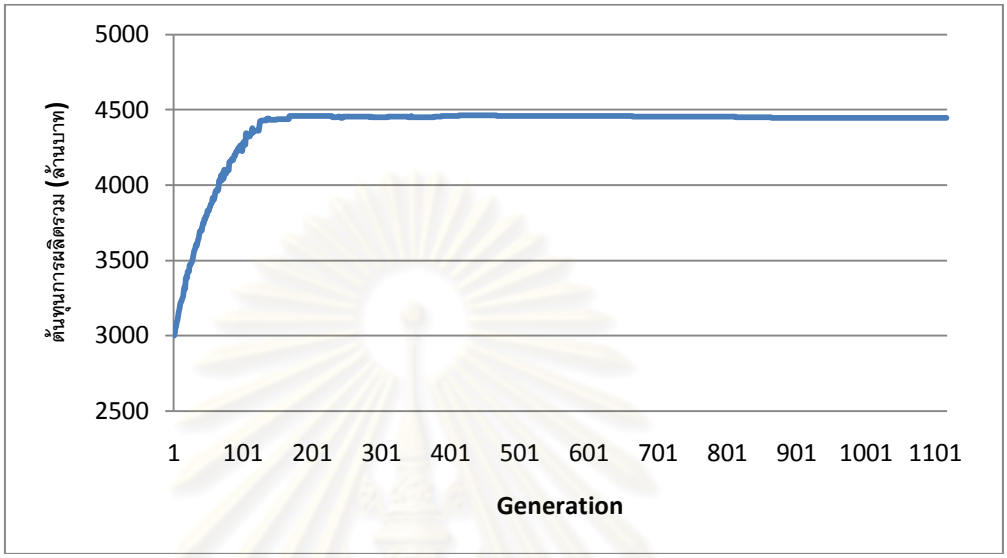
ตารางที่ ค.1-11 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

Day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	906	82	45	2	77	918	10268	40752	1.1	1.1	1.5	0.2	0.1
2	993	96	118	9	60	978	10658	47274	1.4	0.0	0.4	0.4	0.2
3	1154	95	122	14	52	866	10588	46894	1.2	0.0	1.1	0.3	0.1
4	1112	91	114	15	53	908	8237	46955	1.8	0.0	1.5	0.2	0.0
5	1168	98	118	11	59	849	9382	47975	1.3	0.0	1.2	0.6	0.1
6	1090	83	112	7	58	952	10404	46360	0.7	0.0	1.3	0.4	0.0
7	876	98	112	4	49	881	6968	48243	0.7	0.0	0.5	0.2	0.1

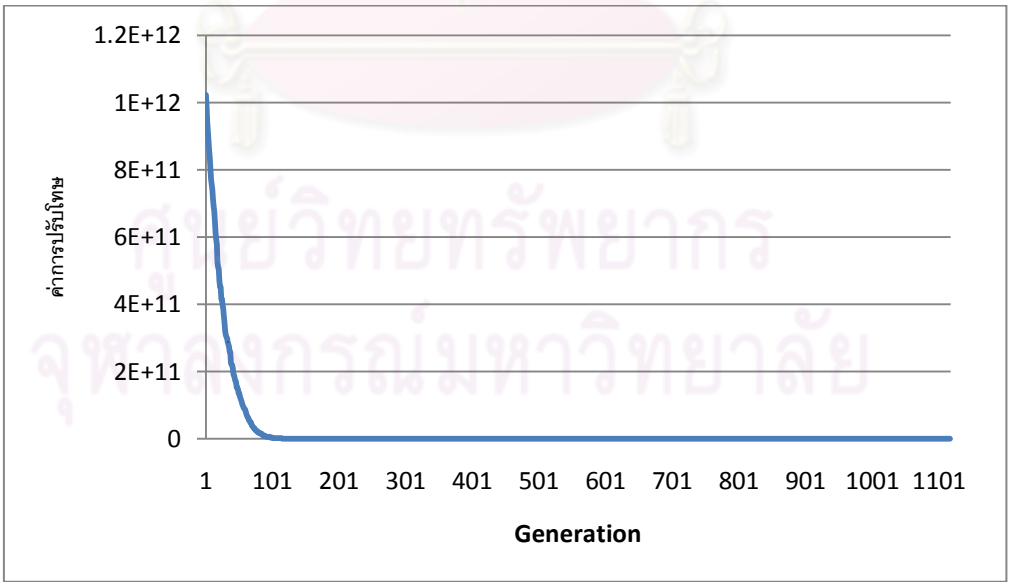
ตารางที่ ค.1-12 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	132.6	132.6
2	19.2	586.6	588.5
3	0.0	151.5	151.5
4	0.0	91.4	91.4
5	0.0	189.1	189.1
6	0.0	343.5	343.5
7	0.0	185.5	185.5
8	0.0	24.9	24.9
9	3.4	160.5	160.9
10	4.3	14.1	14.5
11	9.0	213.6	214.5
12	1.6	101.7	101.9
13	0.0	809.3	809.3
14	0.0	280.8	280.8
15	7.7	136.3	137.1
16	10.1	287.4	288.4
17	10.8	216.5	217.5
18	0.0	187.1	187.1
19	9.5	215.3	216.3
รวม	75.6	4327.7	4335.3

5) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า +2sd จากค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.1-9 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.1-10 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.1-13 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	324	301	261	660	660	660	644	638	202	538	598	541	569	651	320	488	535	565	539	667	620	601	425	602	274	326	608	573
2	574	497	623	390	243	503	246	511	575	620	591	592	337	666	522	576	439	665	660	655	510	573	640	608	458	549	646	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	263	288	310	356	316	336	291	332	312	346	271	355	254	294	358	345
4	323	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	223	319	284	290	291	280	246	234	237	318	242	325	223	300	308	277	297	248	319	262	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	281	320	318	0
7	0	0	549	483	350	441	524	533	389	412	435	443	516	446	457	539	433	0	0	0	0	0	319	518	313	545	385	518
8	439	495	515	533	352	398	404	526	355	387	439	479	405	363	303	492	292	544	550	342	295	431	402	0	0	0	0	0
9	0	509	548	432	369	570	377	512	411	541	568	579	354	522	590	383	579	459	385	551	525	542	561	563	365	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	373	661	558	381	539	644	687	358	694	489	634	569	406	613	641	707	694	690	626	707	687	598	555	632	489	443	608	700
12	301	349	330	296	312	309	283	344	323	284	343	324	326	346	285	327	282	334	294	339	287	281	292	325	301	328	322	325
13	291	296	346	327	355	326	291	313	287	310	340	299	329	334	352	297	322	351	329	338	320	356	344	344	309	326	343	346
14	346	343	349	304	302	344	349	317	322	309	319	291	352	298	298	316	308	308	339	325	329	307	321	296	309	334	307	323
15	485	517	482	447	469	474	586	640	490	721	455	601	450	634	527	540	627	454	639	712	555	699	734	733	518	503	701	682
16	655	560	724	584	633	540	440	560	496	697	519	725	621	509	542	717	587	436	722	469	606	660	715	456	655	710	527	715
17	608	693	694	670	620	694	651	613	588	688	616	661	587	694	581	602	562	566	677	669	561	598	598	686	587	646	574	651
18	302	334	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	491	414	501	408	619	461	583	511	506	608	528	452	604	494	650	424	654	428	468	470	583	456	582	573	503
20	67	56	56	57	59	57	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	57	62	62	59	68	62	69	63	65	59	0	61	61	61	63	60	56	60	66	56	56	60	59	57	0

ตารางที่ ค.1-13 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	0	0	0	0	0	0	0	5	12	5	12	12	10	8	6	11	12	6	10	7	8	0	0	0	0	7	7	11
23	11	10	11	8	11	9	11	5	5	8	8	5	5	10	10	8	9	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	7	6	14	7	12	12	14	7	12	6	6	8	15	15	13	5	8	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	16	21	21	12	13	11	19	15	17	14	9	21	12	15	12	13	9	19	10	13	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	147	147	129	145	142	148	136	113	114	132	132	132	122	134	129	143	128	112	112	144	138	117	141	147
31	148	128	147	117	118	133	122	144	117	110	132	140	132	133	126	119	146	113	107	131	146	110	136	113	144	111	107	118
32	111	137	122	140	125	127	143	121	133	109	135	116	113	110	149	122	119	146	142	125	145	145	107	139	139	147	139	112
33	149	112	134	140	130	142	137	114	120	111	125	135	120	142	120	108	117	131	139	120	134	121	133	148	125	132	115	110
34	237	285	192	296	299	299	225	185	239	264	259	254	213	215	292	264	204	276	196	284	276	279	252	273	279	212	257	235
35	0	0	0	290	187	214	267	221	259	225	262	200	292	261	251	272	241	256	205	282	280	224	285	257	252	202	297	273
36	250	287	293	274	262	248	259	282	295	284	278	258	238	283	296	258	185	206	284	269	196	279	237	223	269	264	184	224
37	217	183	299	201	227	248	207	294	298	299	273	295	223	251	216	244	214	237	221	265	290	294	228	265	297	197	210	267
38	210	264	220	263	264	256	291	279	283	289	289	194	250	284	292	214	226	252	227	260	201	210	252	217	231	258	217	247
39	249	219	221	282	251	273	298	220	271	242	288	252	205	212	295	288	259	249	255	264	232	296	265	270	268	211	226	217
40	231	170	364	235	188	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	337	231	348	201	335	307	190	177	293	284	336	204	314	322	313	304	325	180	365	302	367	359	188	311	206	248	282

ตารางที่ ค.1-13 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	668	542	572	641	551	546	577	591	555	598	581	579	684	538	531	559	494	609	623	676	573	513	658	670	496	615	630	637
43	659	531	579	574	648	621	583	606	530	658	661	644	581	529	489	614	591	580	619	574	581	642	619	621	584	493	529	654
44	518	677	623	663	491	598	526	658	500	558	588	607	495	625	638	640	562	676	647	580	615	573	599	675	626	614	574	614
45	567	314	712	598	222	278	403	324	119	591	342	613	247	699	549	129	200	363	586	341	382	326	328	677	355	184	276	148
46	710	607	254	595	635	662	521	434	419	591	719	634	125	673	294	700	452	672	677	492	331	669	708	140	153	430	313	665
47	387	597	585	476	635	579	654	596	538	440	563	694	624	511	647	158	95	659	490	474	617	520	623	288	472	495	398	684
48	279	437	554	632	481	656	314	223	630	619	673	653	504	139	698	561	317	489	662	467	379	649	662	691	107	567	618	444
49	0	0	0	0	0	0	277	256	289	277	262	268	282	276	273	285	253	264	291	257	252	267	288	252	266	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	287	247	257	263	275	287	279	283	274	274	274	255	255	271	250	259	276	261	247	261	247	287
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	302	333	307	318	324	310	311	320	311	332	332	310	313	307	310	323	326	320	309	320	316	319	333	307	309	330
54	516	613	613	616	543	578	547	581	557	589	571	491	530	481	617	579	541	533	601	527	493	582	504	562	493	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	205	233	289	208	0	0	0	0	291	243	257	300	307	209	183	168	175	152	178	0	0	0
56	0	472	485	532	506	610	520	590	551	511	600	582	545	574	554	595	536	500	533	523	577	549	583	549	559	473	574	597
57	207	281	209	262	154	254	252	290	193	0	0	0	0	285	291	291	153	191	199	265	0	0	0	0	0	0	0	157
58	572	656	669	592	672	652	652	608	574	661	699	593	626	613	652	671	633	645	662	607	696	657	588	621	601	615	574	606
59	467	519	460	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	481	381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	662	390	558	634	641
61	642	669	634	563	554	675	675	551	511	507	668	670	517	392	470	382	598	456	476	632	607	665	623	597	488	515	405	675
total	13094	14885	16049	16075	14848	16302	16529	16525	15109	16704	16791	16930	15053	16450	16682	16702	15292	16634	16902	16932	15612	16384	16691	16787	14492	14206	14612	15121

ตารางที่ ค.1-14 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

Day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	968	85	42	3	97	969	7944	39965	0.9	1.2	1.5	0.3	0.1
2	1114	96	119	9	62	925	8985	48052	1.4	0.0	0.8	0.5	0.2
3	1151	103	116	14	55	909	9330	49176	1.3	0.0	1.3	0.4	0.1
4	1188	102	119	13	58	874	9053	47625	1.5	0.0	1.1	0.4	0.1
5	1141	117	121	13	59	925	10351	46280	1.0	0.0	0.9	0.9	0.1
6	1099	107	108	7	61	939	10042	47853	1.6	0.0	1.0	0.2	0.1
7	929	97	116	3	53	923	7526	45941	0.3	0.0	0.3	0.1	0.0

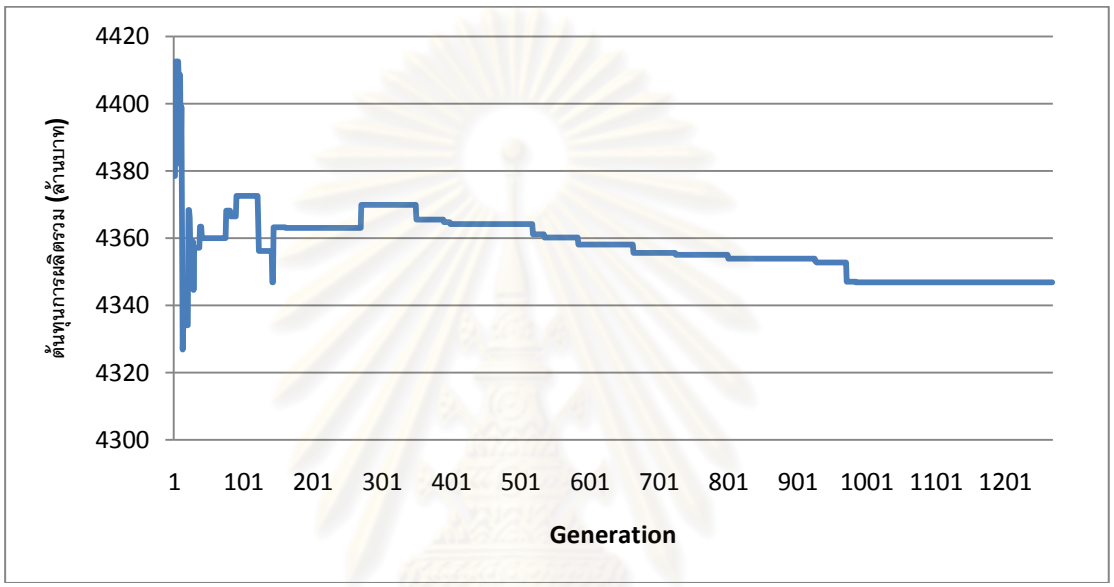
ตารางที่ ค.1-15 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	126.1	126.1
2	19.2	603.5	605.4
3	0.0	166.5	166.5
4	0.0	91.4	91.4
5	0.0	190.9	190.9
6	0.0	349.2	349.2
7	0.0	187.9	187.9
8	0.0	27.7	27.7
9	3.4	159.7	160.0
10	4.3	14.1	14.5
11	9.0	213.9	214.8
12	1.6	111.1	111.2
13	0.0	816.2	816.2
14	0.0	303.6	303.6
15	7.7	136.6	137.4
16	10.1	298.1	299.1
17	10.8	218.4	219.5
18	0.0	189.8	189.8
19	9.5	232.4	233.3
รวม	75.6	4437.1	4444.6

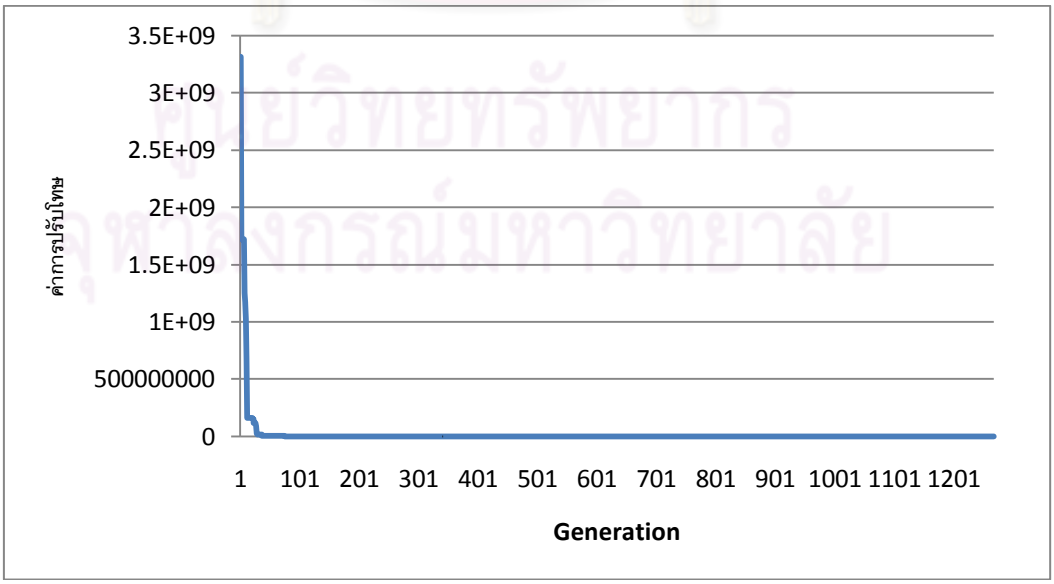
ค.2 แผนการใช้เชื้อเพลิง แผนที่ 2

ผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 5 แผนย่อย ตามค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย (ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการพยากรณ์)



รูปที่ ค.2-1 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.2-2 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.2-1 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	164	542	463	524	352	633	298	554	278	525	547	588	228	559	231	422	389	257	667	601	545	220	531	217	246	320	209	662
2	182	567	482	465	270	654	632	597	408	213	487	508	451	473	391	589	203	542	659	585	616	632	453	481	612	176	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	286	237	285	353	352	287	279	259	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	211	316	266	305	320	326	281	279	252	218	264	263	225	217	274	303	293	228	308	315	252	306	325	203	221	231
6	246	204	244	213	242	310	247	264	276	211	298	241	214	316	238	302	239	230	307	235	250	238	284	281	263	321	320	311
7	393	411	306	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	373	377	295	349	343	470	366	536	320	501	336	496	408	339	473	439	513	504	548	516	475	322	307	338	403	368
9	405	454	534	555	526	299	536	492	405	370	408	312	314	325	345	536	314	355	418	555	544	320	408	358	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	533	327	557	305	376
11	486	566	460	381	371	426	462	504	633	706	370	514	562	388	467	557	703	408	404	404	518	587	591	511	524	407	575	389
12	309	291	324	309	310	348	334	314	339	330	315	289	301	328	335	0	0	0	0	297	340	280	319	324	290	311	346	323
13	352	291	345	326	293	307	299	291	347	330	354	316	347	334	321	332	312	0	0	0	0	0	0	0	311	308	349	306
14	343	298	350	348	319	346	351	286	333	327	306	354	298	327	294	324	319	332	304	316	320	339	345	303	306	300	297	325
15	445	542	730	589	421	570	529	714	574	606	715	630	456	443	490	584	664	666	694	494	436	570	713	517	454	626	733	634
16	580	667	624	504	688	731	701	719	537	733	690	724	559	649	694	702	482	674	630	671	680	456	595	457	556	443	564	590
17	677	678	598	662	675	569	699	586	566	572	587	683	680	591	691	570	572	669	649	663	649	634	699	679	591	680	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	275	230	185	306	262	290	322	210	194	239	253	257	333	263	285	274	201	0	0	211
19	497	553	668	386	509	411	374	419	473	580	393	531	518	474	580	608	639	398	554	563	465	417	671	640	471	389	534	417
20	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	59	69	65	60	59	61	59	64	65	61	56	62	57	57	63	63	68	56	0	0	0

ตารางที่ ค.2-1 ข้อมูลการจ่ายโหลด(ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	0	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	10	7	10	9	11	11	6	10	5	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	8	9	13	13	13	14	5	9	12	10	8	14	6	7	5	8	12	14	7	13	10	0
24	0	0	0	0	13	9	12	5	5	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	13	14	9	8	16	12	13	11	13	14	6	15	8	11	14	12	13	12	13	13	15	7	15	9	10
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	123	133	149	123	121	120	134	142	123	128	150	119	134	115	141	129	111	142	134	132	132	119	135	109	115	115
31	118	135	118	109	142	148	139	127	116	119	122	144	127	150	141	148	113	145	145	121	0	111	107	144	139	130	117	134
32	135	0	0	0	144	123	112	117	133	141	124	133	138	145	135	125	142	142	115	144	139	116	143	113	111	127	119	120
33	111	148	110	109	144	136	137	108	124	111	135	121	123	138	146	143	146	140	116	119	134	112	143	114	136	132	141	131
34	201	239	211	210	271	186	289	183	254	207	281	227	190	296	274	278	191	293	291	298	219	284	183	293	234	250	247	258
35	289	225	276	219	207	284	281	279	288	215	277	215	203	218	271	273	185	250	231	207	188	198	245	281	236	195	195	221
36	288	287	203	219	197	257	299	216	220	233	197	254	234	232	199	285	217	277	277	270	192	284	292	193	292	262	205	189
37	206	233	236	181	285	273	209	241	276	206	227	197	196	210	202	205	229	247	226	202	245	293	190	262	224	215	270	190
38	276	285	299	248	263	216	286	296	203	275	239	224	295	197	209	211	212	276	260	210	285	252	271	300	273	228	192	293
39	186	291	185	199	257	194	286	260	295	225	184	186	228	254	290	264	225	285	246	256	267	234	283	262	291	202	299	0
40	0	0	0	0	0	0	244	341	150	187	193	237	0	0	0	0	0	0	0	0	0	317	311	313	173	219	226	357
41	241	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค.2-1 ข้อมูลการจ่ายโหลด(ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	0	0	651	657	626	559	638	611	569	544	563	560	582	650	579	659	522	584	566	508	501	600	536	560	608	542	533	496
43	583	551	497	519	670	517	597	576	635	573	588	571	512	649	623	653	551	497	536	596	599	631	492	666	634	504	554	640
44	593	614	538	618	510	501	502	583	573	640	633	523	522	645	544	559	493	556	562	601	507	669	627	563	538	660	571	677
45	316	340	221	260	213	479	190	147	130	242	717	718	440	508	555	408	705	313	608	641	569	534	519	464	183	425	542	495
46	102	673	693	527	128	214	257	169	113	465	452	96	120	268	309	96	181	684	196	351	147	494	96	386	307	439	208	678
47	169	499	284	671	230	580	328	324	181	94	587	623	140	592	200	600	91	230	572	466	483	398	690	308	101	285	511	317
48	364	370	282	684	141	297	583	513	105	564	414	314	100	210	579	231	114	303	405	456	132	244	480	691	93	147	398	138
49	283	294	280	261	286	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	283	287	269	275	264	299	285	285	266	296	294	274	282	288	261	270	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	312	305	325	308	324	303	320	319	325	306	303	322	305	311	317	313	322	326	309	332	325	334	306	0	0
54	0	0	570	514	527	475	571	499	617	536	568	589	562	594	501	582	516	550	489	585	595	485	610	508	577	479	496	474
55	152	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220	166	190	199	255	169	254	172	249	221	215	260	304
56	521	485	507	510	603	616	486	516	506	547	527	524	594	513	575	485	592	544	567	573	520	514	493	508	502	478	479	509
57	194	264	244	176	200	309	265	187	185	267	191	152	191	231	209	165	247	252	285	181	228	300	162	287	257	184	190	263
58	572	590	573	679	629	670	633	583	657	608	639	561	693	581	626	600	625	604	625	660	687	610	624	668	564	566	610	673
59	551	567	446	541	585	631	616	479	402	623	387	582	662	506	519	483	560	666	0	0	0	0	0	0	0	0	629	569
60	426	606	657	414	359	628	566	581	417	516	412	520	415	397	643	672	378	571	595	489	392	564	583	620	481	491	464	613
61	567	359	500	502	350	363	515	592	471	491	431	448	589	558	521	369	383	670	632	574	394	624	575	588	388	414	553	479
total	12591	14313	15432	15457	14278	15676	15894	15890	14528	16062	16146	16280	14475	15818	16041	16061	14705	15995	16253	16283	15013	15755	16051	16143	13937	13662	14052	14541

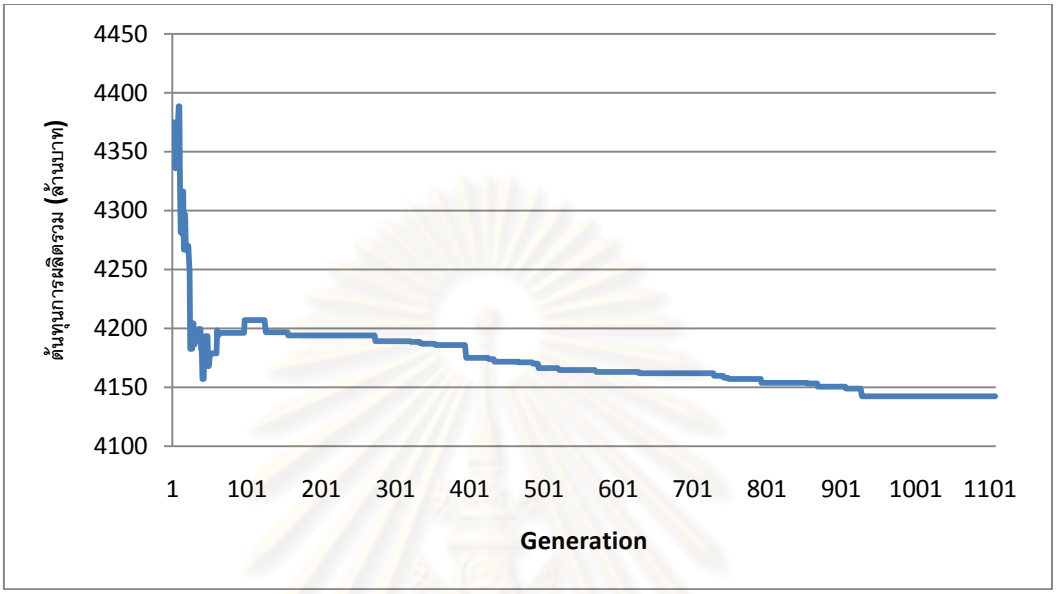
ตารางที่ ค.2-2 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

Day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	977	81	106	4	12	910	7435	41126	1.2	0.0	1.1	0.3	0.1
2	1043	75	88	8	30	956	8726	47504	1.0	0.0	0.6	0.4	0.0
3	1100	96	109	10	38	917	7796	44827	0.7	1.5	0.7	0.3	0.2
4	1055	85	121	7	0	967	7331	46217	0.7	1.6	0.6	0.5	0.1
5	1040	82	121	10	0	998	8535	46732	0.7	1.4	1.6	0.5	0.1
6	1054	96	122	11	48	937	8096	46212	0.9	1.7	0.8	0.3	0.1
7	918	81	93	6	49	888	4841	43722	1.2	0.6	0.7	0.6	0.0

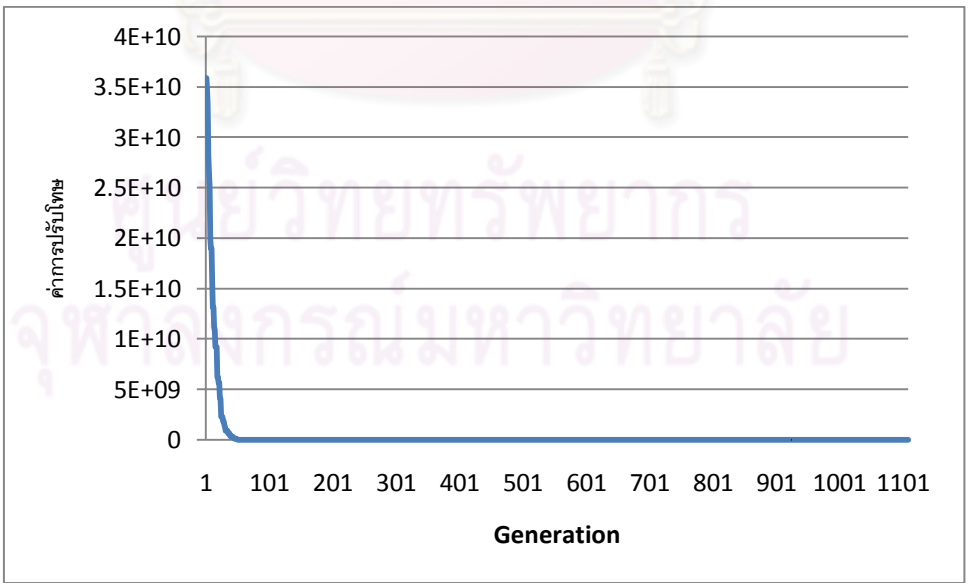
ตารางที่ ค.2-3 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	105.2	105.2
2	13.0	548.1	549.4
3	0.0	140.5	140.5
4	3.1	79.3	79.6
5	4.1	166.5	166.9
6	0.0	356.8	356.8
7	0.0	176.6	176.6
8	2.3	151.3	151.5
9	1.2	161.3	161.4
10	4.8	12.6	13.1
11	7.3	208.3	209.0
12	8.5	43.6	44.4
13	2.2	739.1	739.3
14	0.0	210.8	210.8
15	3.1	73.3	73.7
16	9.3	285.2	286.1
17	0.0	246.4	246.4
18	0.0	186.4	186.4
19	4.4	449.2	449.6
รวม	63.3	4340.5	4346.8

2) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า -2sd จากค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.2-3 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.2-4 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.2-4 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	227	477	624	190	345	490	563	417	179	350	349	482	236	522	246	491	245	645	614	514	415	597	163	645	448	316	648	410
2	425	636	241	511	177	469	312	556	343	415	256	394	309	384	434	248	227	580	514	572	275	642	673	258	237	380	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	331	336	268	257	336	277	252	253	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	298	298	221	214	243	326	322	226	285	248	239	308	294	312	306	240	214	258	287	258	211	286	204	325	206	242
6	295	263	282	316	225	241	292	244	238	288	214	285	219	204	221	249	225	316	321	302	246	213	276	209	202	251	320	252
7	296	502	315	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	412	502	301	539	403	484	323	299	361	419	298	410	333	419	307	477	382	529	296	317	486	520	359	308	412	416
9	318	330	365	309	356	306	478	456	303	516	389	311	313	381	563	339	334	304	365	380	473	512	451	523	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	570	354	464	422	550
11	531	375	621	578	511	358	442	660	485	702	563	550	384	397	588	629	471	523	691	529	657	658	530	383	374	380	428	605
12	316	338	302	338	297	305	343	295	309	339	349	341	326	293	290	0	0	0	0	333	286	281	290	290	283	302	349	322
13	292	353	326	328	318	301	293	343	287	326	315	313	349	288	287	314	329	0	0	0	0	0	0	0	327	320	287	312
14	340	335	293	291	324	341	330	319	315	294	328	325	290	306	355	304	332	287	337	318	298	306	345	337	294	300	326	291
15	538	688	672	604	427	703	671	503	544	722	711	660	455	725	727	462	527	706	470	494	455	609	638	450	422	451	460	489
16	432	612	694	690	565	535	570	537	569	718	667	566	428	514	586	690	438	643	600	575	432	518	625	660	454	653	608	463
17	654	582	665	568	619	604	620	673	611	696	684	573	574	670	562	610	563	577	621	699	690	628	608	666	614	562	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	194	229	198	221	188	213	230	193	207	186	330	310	277	207	190	218	194	0	0	191
19	465	644	530	548	384	511	377	483	428	474	522	540	418	429	592	621	608	409	395	603	408	463	594	585	515	385	539	569
20	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	63	65	59	68	63	64	65	56	69	58	57	70	68	68	65	62	56	63	0	0	0

ตารางที่ ค.2-4 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	0	10	5	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	12	5	8	11	6	6	6	12	9	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	12	7	5	11	13	11	8	11	14	13	11	9	8	5	6	10	6	11	10	11	5	0
24	0	0	0	0	12	13	5	6	6	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	9	13	15	6	8	6	6	10	6	10	13	14	11	9	7	9	7	8	6	14	11	15	13	10	7
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	126	139	131	114	118	135	127	113	141	123	109	141	139	139	127	143	140	149	140	116	149	129	147	119	143	138
31	121	120	145	136	143	111	114	125	112	112	111	118	126	117	145	148	141	137	132	118	0	146	133	118	139	149	138	140
32	130	0	0	0	130	110	111	108	109	139	108	138	108	132	137	140	110	118	124	139	128	121	123	123	129	125	149	136
33	130	150	138	115	110	130	132	121	119	107	129	144	109	136	148	124	111	137	132	121	130	119	109	110	126	115	120	116
34	274	226	223	194	253	276	274	272	186	239	286	284	230	194	291	296	279	188	260	291	221	204	210	180	270	280	242	242
35	251	205	300	238	223	191	240	248	255	284	239	204	267	273	295	197	197	203	281	234	273	237	269	203	208	187	253	267
36	265	229	274	279	185	215	298	183	186	187	225	285	223	293	197	282	253	251	287	297	236	285	264	207	233	248	298	253
37	246	262	233	290	201	264	240	232	197	206	249	207	250	232	215	250	263	205	193	269	207	284	237	246	185	298	229	280
38	210	259	228	297	210	260	222	185	213	205	230	254	229	260	281	183	231	285	208	294	289	273	202	255	275	283	199	240
39	258	207	243	197	221	233	294	266	235	191	276	281	234	251	251	185	237	211	247	199	273	276	248	274	256	252	224	0
40	0	0	0	0	0	0	296	163	233	213	181	312	0	0	0	0	0	0	0	0	0	191	299	304	173	224	230	199
41	157	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค.2-4 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	0	0	556	547	597	518	635	508	568	603	671	655	519	605	588	651	543	514	661	514	617	601	531	637	499	586	624	670
43	617	543	585	547	553	536	637	578	634	519	665	599	553	556	629	506	587	605	571	645	607	495	545	507	553	517	502	592
44	510	526	666	557	562	672	655	532	506	661	556	626	609	669	660	559	597	501	584	664	567	676	494	671	499	520	540	626
45	131	596	392	195	538	255	490	466	328	249	301	175	417	144	273	148	106	445	614	185	231	345	396	301	423	103	265	538
46	137	719	143	191	123	357	126	134	427	183	201	543	349	276	198	379	576	483	237	222	210	481	317	125	110	96	151	330
47	162	150	297	536	217	173	145	140	120	400	224	95	110	631	223	400	154	119	267	452	258	127	610	281	130	146	327	180
48	200	156	298	187	383	686	194	397	219	148	310	396	201	251	108	364	96	315	496	391	488	338	95	176	314	268	421	337
49	291	253	258	285	276	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	265	265	299	301	276	265	297	260	263	289	280	273	270	277	290	263	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	311	312	311	312	321	315	332	319	318	318	307	318	318	311	314	306	318	309	321	311	326	315	304	0	0
54	0	0	490	615	577	575	478	520	568	564	487	573	543	537	503	582	477	562	576	479	550	504	584	594	543	490	497	520
55	192	298	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	192	194	198	194	195	176	251	218	258	273	274	188
56	487	512	497	493	493	503	498	506	478	512	564	523	509	528	611	485	543	498	594	474	578	530	613	604	513	500	583	542
57	273	261	198	306	175	155	273	182	153	225	294	160	229	199	289	277	195	263	264	235	262	264	276	305	298	185	252	295
58	578	616	672	692	568	561	635	677	665	565	570	587	608	669	613	606	668	645	579	589	615	586	678	699	570	661	602	676
59	363	473	416	367	377	464	563	618	377	361	437	376	593	390	415	434	391	597	0	0	0	0	0	0	0	0	446	483
60	489	360	416	661	396	573	435	428	436	622	471	631	392	546	454	449	395	395	440	478	620	433	632	592	412	369	362	429
61	432	473	373	366	382	586	572	513	356	519	655	431	667	399	386	393	553	487	601	593	533	404	620	577	376	346	347	371
total	12087	13741	14815	14839	13707	15049	15258	15255	13948	15421	15501	15629	13897	15186	15401	15420	14118	15357	15604	15633	14414	15127	15411	15499	13381	13117	13492	13962

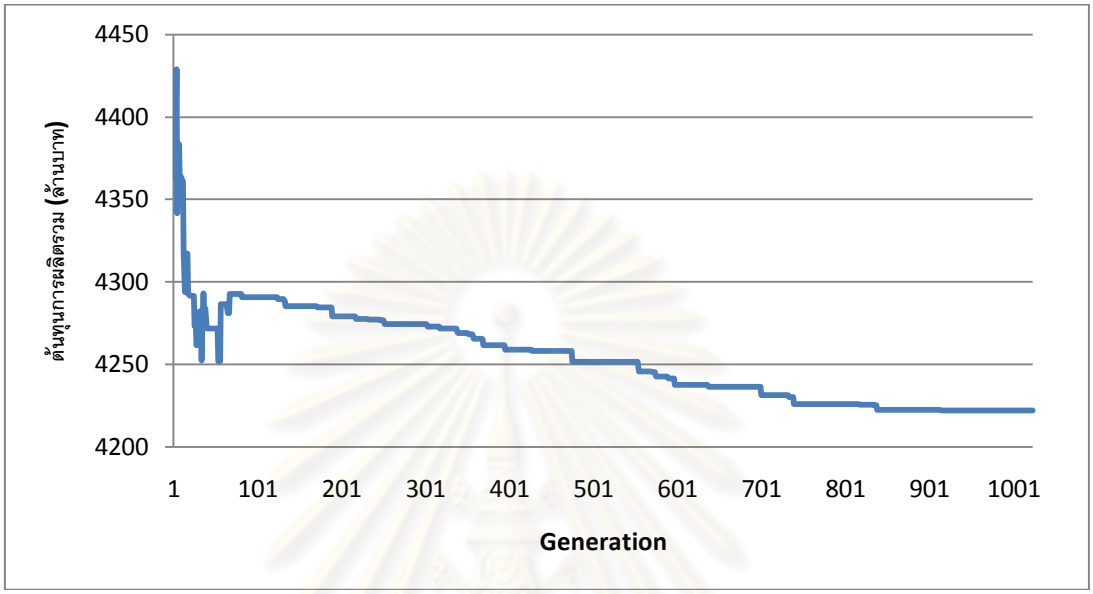
ตารางที่ ค.2-5 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

Day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	941	91	112	3	8	804	7285	43080	1.3	0.0	1.0	0.5	0.0
2	1034	85	88	8	23	919	7298	44621	1.1	0.0	0.5	0.1	0.1
3	1092	99	110	7	47	859	6054	44116	0.6	1.2	0.4	0.3	0.1
4	1032	86	116	9	0	890	6280	46629	1.1	1.2	0.7	0.4	0.1
5	1123	96	110	8	0	795	8568	46551	1.1	1.5	0.8	0.3	0.2
6	1041	96	116	8	40	892	8009	45428	0.7	1.3	0.4	0.3	0.1
7	830	76	102	7	42	860	5338	45967	0.9	0.6	0.4	0.7	0.0

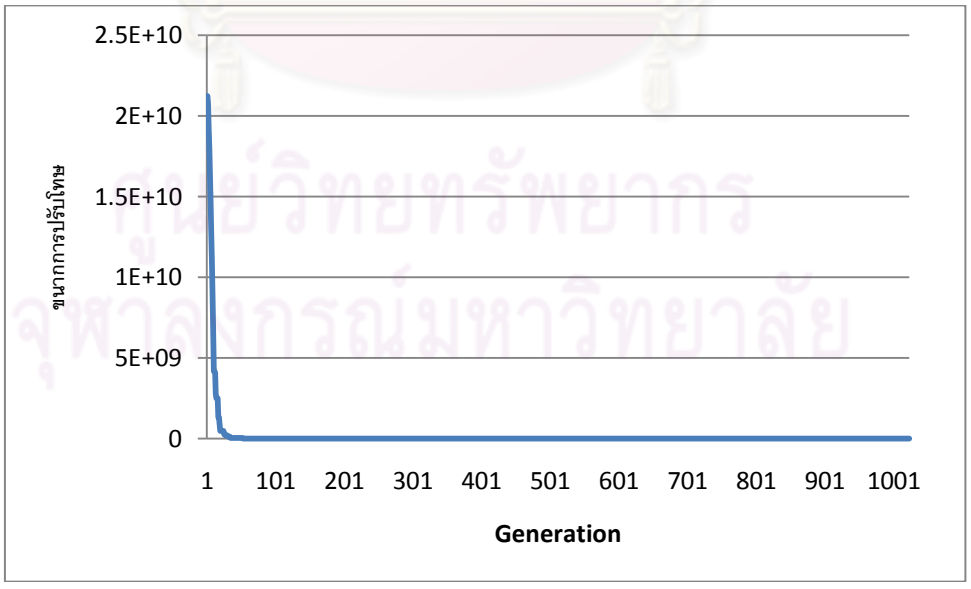
ตารางที่ ค.2-6 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	97.4	97.4
2	13.0	532.4	533.7
3	0.0	148.1	148.1
4	3.1	78.0	78.3
5	4.1	162.8	163.2
6	0.0	340.0	340.0
7	0.0	172.3	172.3
8	2.3	129.5	129.8
9	1.2	160.9	161.0
10	4.8	11.1	11.6
11	7.3	208.3	209.1
12	8.5	39.3	40.2
13	2.2	694.8	695.0
14	0.0	161.7	161.7
15	3.1	71.9	72.2
16	9.3	287.3	288.2
17	0.0	250.7	250.7
18	0.0	186.6	186.6
19	4.4	402.7	403.2
รวม	63.3	4135.9	4142.2

3) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า -1sd จากค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.2-5 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.2-6 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.2-7 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	486	553	530	360	163	214	459	258	239	539	621	255	445	344	477	525	501	669	671	440	306	462	552	572	383	341	546	545
2	287	482	463	558	455	315	451	602	399	604	260	547	334	502	491	670	453	560	597	523	534	642	633	166	199	355	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	247	297	257	246	236	321	350	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	223	316	267	223	233	239	213	207	268	204	306	251	213	271	274	260	205	246	242	212	283	216	238	225	282	248
6	240	277	217	286	276	313	253	327	219	230	299	204	246	238	307	245	203	295	304	327	315	313	272	293	267	204	229	260
7	386	335	547	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	459	460	293	299	357	471	316	302	444	328	402	458	315	392	333	356	298	323	320	548	378	546	348	333	380	485
9	404	319	518	404	367	557	324	485	542	558	367	300	366	446	577	320	304	417	545	295	410	330	320	425	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	522	337	314	598	401
11	486	680	507	363	451	627	459	554	383	620	655	538	361	499	449	654	372	657	463	386	693	546	535	457	437	481	520	456
12	311	330	336	282	328	348	331	345	347	290	289	317	347	319	296	0	0	0	0	296	350	290	295	342	349	294	313	346
13	285	322	334	354	319	341	317	353	287	329	306	335	327	325	345	291	296	0	0	0	0	0	0	0	304	324	328	290
14	308	321	349	335	297	304	346	293	343	316	318	322	325	296	325	319	352	300	320	343	318	315	335	308	326	319	300	297
15	479	567	621	538	445	460	430	692	446	515	477	651	564	526	661	489	426	721	729	448	435	710	580	491	445	631	439	646
16	500	675	464	613	444	536	597	686	673	478	466	464	517	485	608	620	572	481	676	685	504	660	480	728	613	447	441	419
17	561	675	562	652	669	700	666	599	676	638	689	619	565	685	663	582	648	621	640	600	654	627	699	655	602	599	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	194	241	197	202	186	201	223	196	216	241	188	230	214	202	193	317	250	0	0	219
19	529	478	631	614	479	517	677	460	419	636	442	581	461	433	513	430	380	640	428	575	403	527	625	637	482	487	593	536
20	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค.2-7 ข้อมูลการจ่ายโหลด(ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
21	0	0	0	0	0	0	0	56	56	66	62	56	63	67	68	59	56	67	56	57	68	58	55	61	66	0	0	0
22	0	8	8	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	10	6	5	5	10	5	10	8	6	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	9	5	13	11	9	12	7	7	8	11	12	11	11	5	9	11	14	8	10	11	7	0
24	0	0	0	0	9	11	7	12	9	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	10	16	13	14	9	6	10	6	7	14	14	15	8	8	9	12	14	11	9	9	15	10	7	14	10
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	127	139	121	117	148	116	108	134	136	121	110	109	138	119	122	127	120	124	119	141	118	128	136	111	145	132
31	114	142	120	138	138	146	135	147	122	147	148	113	120	107	141	141	113	124	116	147	0	146	111	124	125	124	142	134
32	109	0	0	0	141	115	112	140	125	147	149	128	115	149	114	107	130	121	109	120	145	128	138	129	139	121	135	143
33	123	132	131	119	112	147	134	112	144	138	143	142	148	113	135	134	134	145	143	131	146	135	125	112	125	111	148	143
34	190	237	215	221	293	276	254	273	220	188	208	276	187	276	204	285	208	195	255	289	296	272	228	294	183	208	292	206
35	235	296	186	256	283	295	281	220	288	190	235	289	226	232	299	247	279	220	260	288	291	202	232	229	254	235	183	208
36	193	260	271	271	280	222	262	272	257	261	205	244	205	233	281	205	240	191	280	203	215	240	232	186	201	198	271	224
37	238	231	270	283	293	253	269	275	191	300	295	212	266	211	209	254	203	192	231	186	268	270	276	246	210	207	192	279
38	185	202	274	228	220	280	189	188	274	275	230	223	255	275	297	233	223	237	210	203	242	243	202	292	257	266	196	272
39	234	276	257	186	257	265	270	200	295	228	252	232	253	184	240	237	233	185	265	226	268	288	261	264	188	210	198	0
40	0	0	0	0	0	0	336	156	176	297	170	313	0	0	0	0	0	0	0	0	0	353	184	352	158	312	268	272
41	343	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค.2-7 ข้อมูลการจ่ายโหลด(ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	0	0	527	666	503	532	679	542	567	527	680	671	634	495	601	581	672	500	605	675	608	666	600	531	578	514	593	590
43	511	512	576	666	517	603	646	662	623	519	588	633	648	530	668	672	629	655	598	503	514	491	603	564	609	547	589	545
44	584	514	592	678	570	572	667	678	564	548	603	504	501	634	561	634	522	563	589	584	646	608	604	562	567	493	559	548
45	242	295	252	377	519	308	565	270	202	450	437	558	136	135	669	243	138	287	482	391	237	231	472	545	385	266	540	567
46	148	475	202	125	406	435	114	459	374	294	294	232	315	240	270	280	128	580	173	712	118	715	526	99	116	253	270	168
47	329	537	434	137	91	503	485	222	96	357	539	654	148	666	144	272	218	256	486	457	390	167	583	423	182	138	232	329
48	217	653	192	690	190	456	196	137	110	175	138	279	342	688	189	560	131	464	688	554	549	226	288	338	186	98	421	461
49	258	267	293	290	290	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	269	276	295	266	273	264	276	271	260	259	284	270	272	293	289	299	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	321	304	304	327	308	312	333	326	311	306	312	315	333	322	311	302	320	328	304	323	330	334	309	0	0
54	0	0	615	598	481	480	527	520	508	509	492	577	470	582	609	538	493	473	552	562	509	506	520	618	576	541	528	593
55	231	223	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	224	192	179	172	306	261	157	271	171	191	184	150	165
56	471	513	511	497	479	540	484	585	478	581	603	516	552	493	529	511	514	538	608	609	487	501	563	523	562	607	604	582
57	274	205	180	155	204	261	156	186	159	245	178	279	224	279	160	290	186	284	220	215	283	211	236	278	203	262	288	194
58	581	583	589	609	580	674	683	575	592	581	674	623	611	625	586	566	665	638	700	596	695	574	685	656	695	696	585	632
59	465	502	426	545	427	446	523	525	407	405	585	553	368	651	389	561	590	381	0	0	0	0	0	0	0	0	408	531
60	379	437	599	361	374	557	390	571	506	635	402	367	547	374	406	368	573	417	558	530	494	461	566	660	374	522	384	454
61	361	509	511	428	363	508	504	505	468	393	637	669	379	527	456	508	538	518	485	656	441	342	470	353	406	433	408	665
total	12339	14027	15124	15148	13992	15362	15576	15572	14238	15741	15824	15954	14186	15502	15721	15740	14412	15676	15929	15958	14713	15441	15731	15821	13659	13389	13772	14252

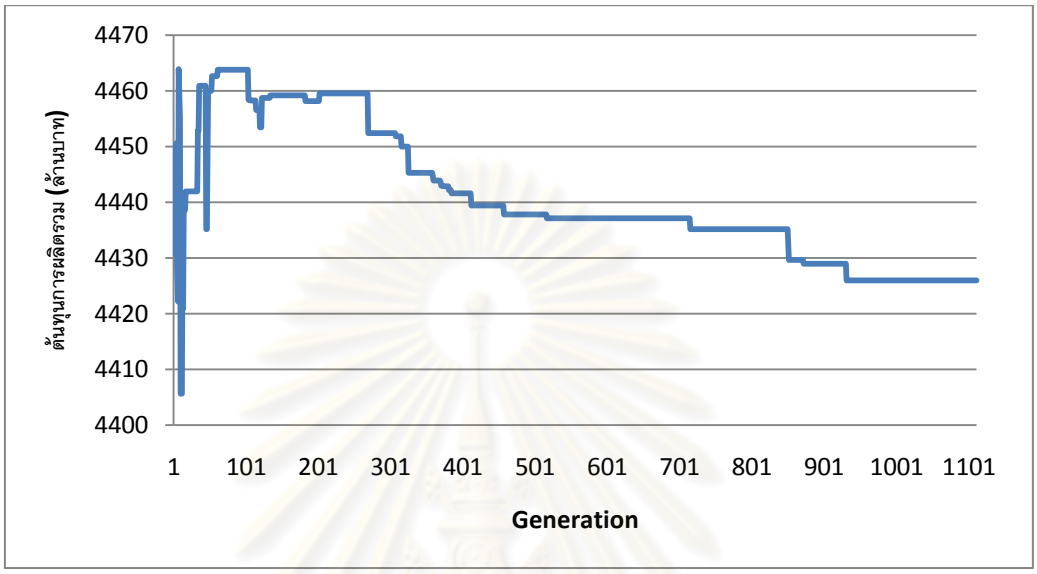
ตารางที่ ค.2-8 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

Day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	999	87	116	3	17	813	8173	41522	0.8	0.0	0.6	0.7	0.0
2	1046	90	108	9	25	942	6372	48445	0.6	0.0	0.6	0.3	0.0
3	1092	95	115	8	48	833	7580	46976	1.0	1.2	0.8	0.2	0.1
4	1120	84	106	7	0	856	8323	45611	1.0	1.2	0.4	0.3	0.1
5	1019	80	110	9	0	964	9692	44000	0.8	1.3	0.6	0.9	0.1
6	1015	96	122	10	45	887	8471	46869	1.3	1.4	0.8	0.5	0.1
7	842	81	108	6	51	896	5189	42351	1.2	0.7	0.5	0.7	0.0

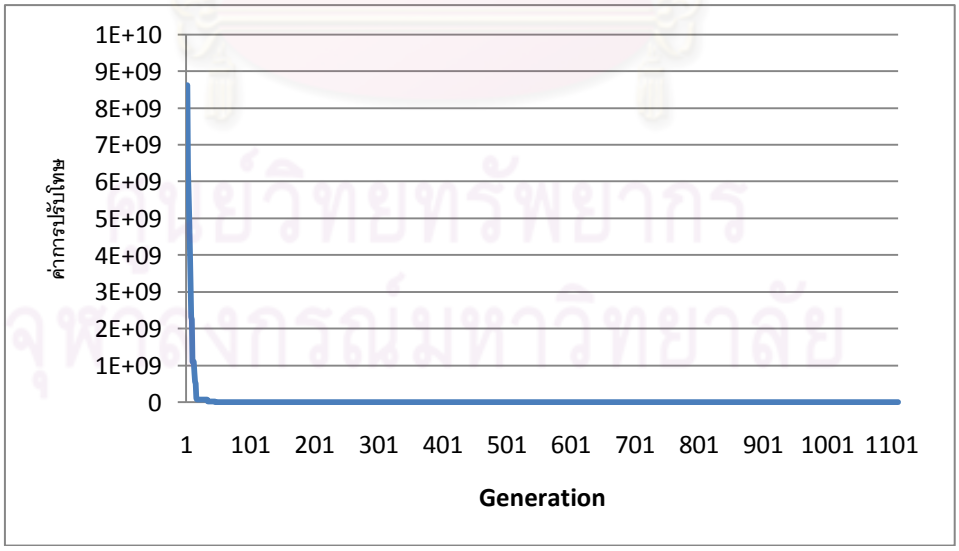
ตารางที่ ค.2-9 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	107.3	107.3
2	13.0	528.6	529.9
3	0.0	144.8	144.8
4	3.1	80.0	80.3
5	4.1	165.2	165.6
6	0.0	326.3	326.3
7	0.0	176.8	176.8
8	2.3	127.5	127.7
9	1.2	166.2	166.3
10	4.8	11.6	12.1
11	7.3	207.9	208.7
12	8.5	45.8	46.7
13	2.2	718.9	719.1
14	0.0	202.2	202.2
15	3.1	72.2	72.5
16	9.3	283.2	284.1
17	0.0	250.5	250.5
18	0.0	187.6	187.6
19	4.4	413.2	413.6
รวม	63.3	4215.9	4222.2

4) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า +1sd จากค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.2-7 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.2-8 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.2-10 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	417	508	562	631	660	434	504	364	308	584	648	586	418	648	382	511	652	557	652	645	464	595	667	258	196	162	308	538
2	492	404	585	514	185	600	583	482	291	377	589	547	351	667	485	616	229	616	520	640	279	604	629	457	500	275	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	252	335	248	360	243	320	285	366	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	311	227	267	244	210	325	294	302	266	275	325	238	271	245	320	294	250	320	288	229	327	225	272	271	227	206
6	231	276	226	219	319	270	285	230	201	319	292	297	215	207	312	284	206	238	259	213	247	317	310	328	239	311	324	263
7	357	445	375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	391	489	426	485	411	536	400	325	519	541	297	499	333	405	293	382	398	533	333	478	518	530	343	337	330	390
9	440	307	425	445	426	403	321	409	353	370	574	317	501	533	484	355	338	371	377	407	573	529	595	420	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	299	362	367	341	467
11	453	526	498	664	419	613	639	373	386	624	654	533	612	477	446	533	482	627	560	522	570	446	491	657	535	523	553	546
12	329	313	335	307	323	325	309	312	299	291	294	318	309	314	288	0	0	0	0	349	317	309	285	322	293	347	347	349
13	313	330	330	328	313	330	353	349	304	349	326	322	329	314	309	295	327	0	0	0	0	0	0	0	349	316	310	339
14	289	339	342	295	311	313	324	328	351	306	351	295	351	321	310	321	335	310	319	306	304	323	339	294	320	329	320	293
15	640	525	421	631	466	455	638	719	682	516	695	593	675	459	706	505	545	547	643	622	513	556	709	678	483	593	603	448
16	732	657	632	516	438	523	604	688	496	714	473	447	537	644	449	513	630	681	637	582	543	482	526	704	732	525	425	482
17	586	582	615	573	695	627	668	665	680	574	588	696	675	592	635	604	695	626	691	590	647	649	679	667	643	621	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	246	300	242	338	212	194	289	313	285	229	325	281	228	269	184	230	185	0	0	264
19	419	624	609	544	519	658	490	377	382	427	487	509	399	612	442	449	606	441	635	381	555	438	525	643	497	420	639	497
20	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	63	59	56	69	59	59	59	66	64	56	70	66	69	61	57	63	63	65	0	0	0

ตารางที่ ค.2-10 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	0	11	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	11	11	12	6	7	6	11	6	8	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	13	5	10	13	11	8	12	12	13	12	7	5	12	5	13	12	14	11	6	6	6	0
24	0	0	0	0	7	5	9	12	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	10	13	13	6	7	13	14	9	9	7	15	16	11	15	6	11	14	14	12	11	13	8	16	12	6
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	129	125	149	140	148	123	115	120	132	121	107	148	143	132	108	111	147	120	131	112	149	124	128	120	117	125
31	142	135	146	116	123	120	123	129	146	146	111	130	135	108	133	125	135	122	111	131	0	124	114	136	134	130	139	149
32	146	0	0	0	134	133	132	125	130	112	109	148	135	136	139	146	142	132	110	129	128	135	126	139	125	117	108	120
33	147	145	145	117	137	118	121	134	148	125	147	139	116	135	139	133	116	128	122	128	109	114	111	114	108	129	147	138
34	192	249	289	195	208	209	278	234	234	214	269	191	273	272	260	181	241	207	295	224	271	224	214	257	266	240	235	267
35	195	255	215	290	234	269	235	207	226	280	295	276	264	232	200	240	241	226	295	186	257	197	249	270	192	213	222	261
36	291	222	293	239	236	290	183	250	297	255	227	209	256	209	255	286	187	282	245	230	194	242	208	291	276	208	287	221
37	238	285	256	293	294	197	234	217	253	297	209	217	205	226	295	190	266	184	259	238	214	296	243	272	244	283	252	250
38	224	299	211	187	232	204	275	210	201	227	244	294	260	184	289	275	290	281	292	273	244	181	287	291	269	212	265	241
39	184	271	232	219	220	283	218	293	211	217	240	273	244	237	284	190	185	230	286	226	265	219	247	259	250	282	290	0
40	0	0	0	0	0	0	200	267	205	206	344	247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	361	235	286	267	204	235	265
41	262	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค.2-10 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	0	0	514	673	554	527	543	540	519	650	547	684	605	683	585	586	519	574	682	664	546	597	672	548	635	655	574	597
43	668	561	670	610	667	602	612	561	559	649	497	607	618	615	663	665	507	591	558	613	554	625	564	520	526	579	618	502
44	503	517	538	611	497	573	553	637	555	649	579	534	669	641	506	536	524	680	569	633	549	654	492	608	548	600	584	545
45	173	619	410	316	257	425	669	692	622	272	332	192	349	126	500	531	435	411	483	181	293	340	554	252	166	463	561	692
46	132	599	254	465	115	604	569	287	137	416	149	531	246	270	484	273	112	695	288	509	555	234	446	652	152	168	477	497
47	208	555	256	250	488	612	178	165	153	132	114	629	105	630	333	451	251	224	696	675	286	597	264	629	138	422	581	164
48	272	423	646	412	157	300	261	648	245	572	479	251	169	338	229	307	186	541	631	566	655	591	619	652	268	100	345	683
49	260	289	290	289	263	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	299	300	261	299	287	267	258	287	278	274	285	285	289	298	264	292	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	332	329	306	306	313	318	303	309	317	326	322	323	310	309	308	309	317	329	334	306	306	328	319	0	0
54	0	0	474	551	490	577	553	534	537	595	578	600	579	536	547	497	555	613	581	483	598	479	526	489	607	612	564	612
55	235	289	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	183	197	276	242	203	286	196	247	152	232	162	209	304
56	525	600	538	542	532	510	550	511	530	602	588	511	472	596	502	598	506	473	589	587	588	553	500	527	512	474	479	559
57	159	221	309	290	206	205	229	302	213	309	288	271	160	191	289	296	224	246	299	276	252	299	150	151	179	233	173	191
58	672	617	640	675	651	605	596	689	674	568	595	628	617	670	579	627	644	615	663	593	679	661	607	625	643	621	611	692
59	520	621	565	494	429	542	590	376	564	453	664	372	400	502	563	657	570	370	0	0	0	0	0	0	0	0	440	623
60	365	535	595	577	448	431	612	670	532	593	602	586	450	383	654	614	542	596	510	647	490	435	653	399	444	474	586	535
61	369	439	457	491	415	598	605	534	426	664	453	646	414	637	664	657	402	493	403	638	555	551	657	663	492	445	432	454
total	12842	14599	15741	15766	14563	15989	16211	16207	14819	16383	16469	16605	14764	16134	16362	16381	14999	16314	16577	16608	15312	16070	16371	16465	14214	13934	14332	14831

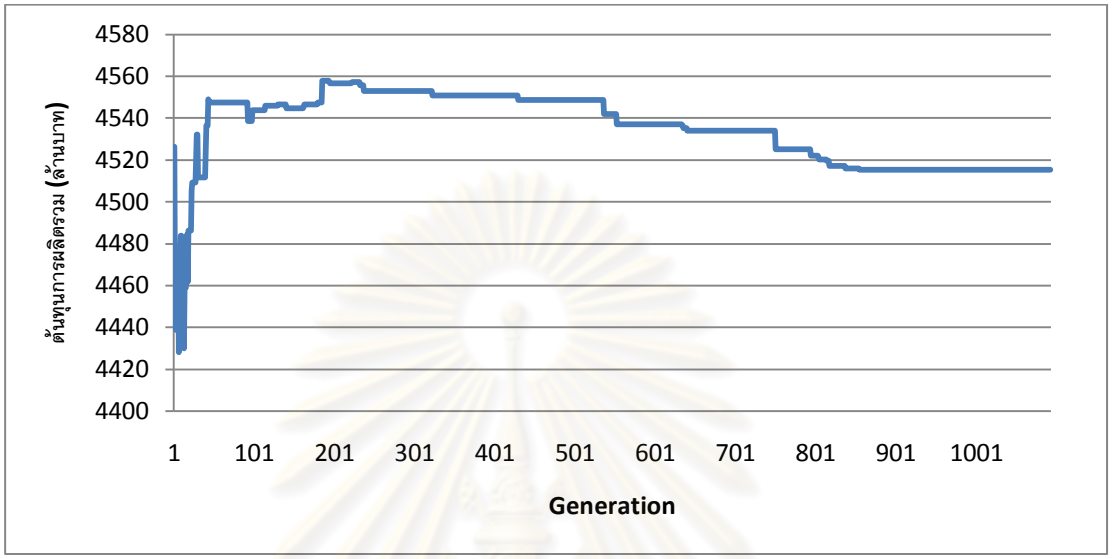
ตารางที่ ค.2-11 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

Day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	912	92	112	3	13	946	9042	42844	1.5	0.0	0.9	0.8	0.0
2	1071	88	105	7	24	989	8355	45743	1.2	0.0	0.9	0.4	0.0
3	1112	95	101	9	51	935	8609	46499	1.2	1.7	0.4	0.2	0.1
4	1116	89	109	9	0	960	8944	46424	0.7	1.5	0.6	0.3	0.0
5	1098	95	112	10	0	938	9874	46030	1.3	1.7	1.1	0.5	0.2
6	1050	93	118	11	45	991	8653	45497	1.1	1.3	0.8	0.5	0.1
7	1001	94	104	6	49	843	4317	45585	0.9	0.7	0.6	0.7	0.0

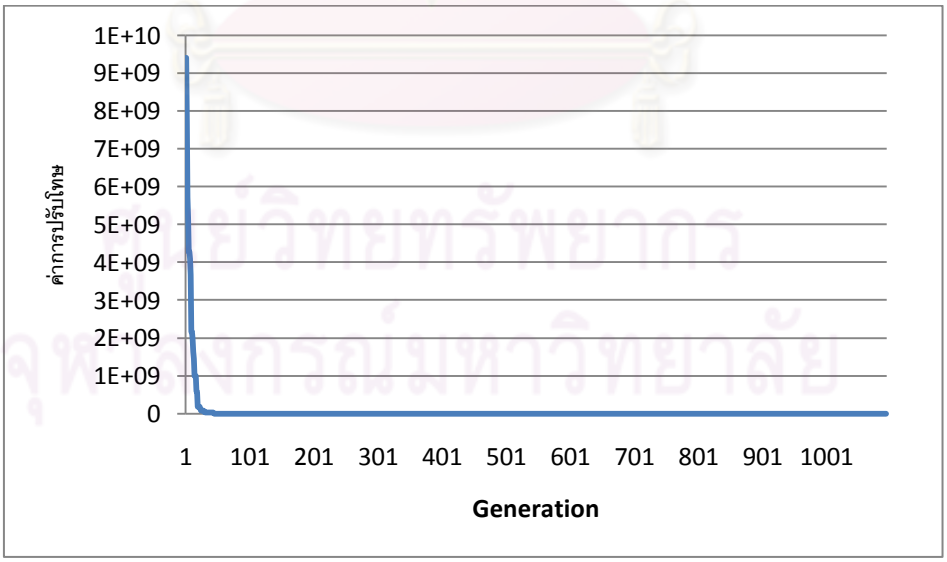
ตารางที่ ค.2-12 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	115.3	115.3
2	13.0	555.1	556.4
3	0.0	152.2	152.2
4	3.1	79.1	79.4
5	4.1	166.7	167.1
6	0.0	343.1	343.1
7	0.0	177.0	177.0
8	2.3	152.0	152.2
9	1.2	162.5	162.6
10	4.8	12.0	12.5
11	7.3	209.8	210.5
12	8.5	44.6	45.5
13	2.2	754.7	754.9
14	0.0	230.1	230.1
15	3.1	73.6	73.9
16	9.3	291.9	292.8
17	0.0	254.2	254.2
18	0.0	190.9	190.9
19	4.4	455.0	455.4
รวม	63.3	4419.7	4426.0

5) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า +2sd จากค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.2-9 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.2-10 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.2-13 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	291	334	663	484	465	518	424	665	301	597	531	653	203	350	574	566	242	563	611	481	204	654	490	566	177	295	483	415
2	589	645	595	523	231	595	453	671	566	563	331	611	270	594	535	543	616	184	479	524	536	583	647	621	230	288	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	292	237	291	263	241	271	278	287	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	319	260	304	264	308	310	278	255	297	313	297	301	319	208	255	207	224	255	319	219	325	294	208	233	222	253
6	253	257	250	256	305	224	305	307	248	265	293	263	204	260	228	290	315	212	242	204	319	239	237	225	272	314	318	319
7	354	524	518	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	470	513	375	352	507	536	304	340	545	538	390	293	364	533	393	392	546	410	414	485	457	485	418	464	497	384
9	379	525	312	322	301	531	558	384	303	595	376	374	554	323	383	491	303	480	520	395	397	549	304	306	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	471	300	344	339	381
11	507	709	490	441	515	554	515	669	365	631	608	362	456	695	426	669	407	683	544	629	477	676	669	532	567	591	647	540
12	303	337	314	300	295	333	342	335	281	345	345	319	342	333	285	0	0	0	0	334	341	296	340	337	283	296	336	338
13	307	328	332	324	294	293	316	343	329	353	328	328	342	354	320	341	330	0	0	0	0	0	0	0	293	317	302	305
14	352	291	353	347	310	316	326	309	353	293	356	345	319	309	324	330	329	347	322	352	293	320	293	295	342	313	310	347
15	623	496	621	710	433	422	625	661	656	466	500	577	617	667	589	508	676	622	582	630	479	436	629	482	543	637	594	582
16	470	623	543	561	435	638	487	676	506	676	637	548	492	669	587	542	606	512	634	586	577	523	634	554	531	526	569	683
17	639	575	614	690	664	697	667	599	614	674	589	671	662	684	634	661	600	568	640	595	579	635	649	637	653	667	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	225	234	213	209	199	229	269	203	213	213	315	269	267	286	229	285	229	0	0	245
19	464	546	555	616	393	647	644	563	480	563	550	486	528	641	511	485	402	671	555	574	624	479	607	431	408	523	627	671
20	63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	69	61	66	68	59	69	64	59	68	69	70	58	67	68	64	59	58	61	0	0	0

ตารางที่ ค.2-13 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	0	13	12	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	8	6	7	9	6	7	12	5	12	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	9	12	7	13	5	12	9	6	9	12	6	8	10	6	9	10	5	13	9	6	10	0
24	0	0	0	0	5	12	13	12	6	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	11	15	10	12	12	11	12	9	13	6	10	10	14	13	15	14	15	11	16	6	9	11	6	8	11
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	147	115	108	134	120	143	116	142	109	130	139	121	131	112	124	146	138	146	107	128	148	142	147	134	147	133
31	140	119	146	115	132	146	124	116	134	129	120	135	150	132	135	142	118	128	132	133	0	117	140	133	146	146	146	145
32	136	0	0	0	114	134	143	135	137	128	133	111	143	130	143	112	148	110	113	131	126	111	121	142	122	148	119	112
33	148	149	137	147	142	144	122	112	136	133	126	129	140	134	126	139	139	120	122	141	144	129	149	134	107	109	139	140
34	269	261	198	232	184	293	266	213	229	273	292	194	274	289	228	288	203	242	232	244	274	293	279	292	214	181	259	245
35	279	234	191	198	256	225	288	236	216	203	284	286	205	289	185	247	272	181	291	272	215	284	280	276	272	221	235	293
36	298	267	257	285	205	242	250	284	288	186	280	254	280	296	242	290	220	281	288	230	273	212	241	244	224	210	277	192
37	254	252	285	291	247	204	272	238	297	294	259	195	222	238	246	190	300	263	286	269	221	295	297	288	202	206	238	251
38	224	287	188	286	285	290	224	279	275	247	240	180	256	210	224	205	251	267	202	283	210	290	260	255	292	221	247	187
39	217	257	214	194	260	298	236	180	275	220	257	280	200	213	298	282	295	204	264	216	296	246	182	277	249	281	256	0
40	0	0	0	0	0	0	334	199	337	260	299	357	0	0	0	0	0	0	0	0	0	334	269	337	180	333	250	235
41	182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค.2-13 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	0	0	501	612	586	560	625	494	656	638	597	613	651	555	585	564	576	640	567	682	671	597	501	620	593	668	679	607
43	513	627	518	557	645	652	668	609	565	603	583	543	611	655	611	657	541	615	668	544	551	608	668	569	556	666	599	622
44	592	551	518	547	519	664	525	497	511	653	566	576	526	528	553	595	495	676	597	652	635	495	616	639	664	493	570	609
45	213	488	400	232	539	618	431	419	193	603	468	343	458	154	712	376	415	652	590	411	139	297	527	485	445	106	211	250
46	129	646	665	528	518	131	382	164	219	244	673	438	250	648	694	590	98	321	540	523	606	637	544	657	416	480	165	560
47	501	531	687	392	157	308	288	626	179	287	385	643	525	412	317	438	255	582	522	667	619	142	575	553	458	166	300	371
48	297	423	343	675	362	609	452	306	328	387	630	586	228	553	121	445	95	651	659	671	476	690	550	330	228	147	691	583
49	284	284	263	289	273	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	270	282	293	300	269	277	272	299	288	260	288	288	281	273	292	289	0	0	0	0	0	0	0	0
53	0	0	0	317	303	332	313	310	332	305	307	302	302	312	322	330	317	306	316	324	326	330	323	325	322	324	0	0
54	0	0	496	615	489	569	573	599	598	523	615	529	509	501	605	555	535	501	487	549	573	482	475	518	581	482	542	513
55	196	204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180	265	305	300	187	280	214	223	239	175	263	308	260
56	473	560	553	530	564	604	522	539	502	583	484	552	536	586	567	489	534	554	601	567	529	582	528	560	524	519	533	610
57	190	223	181	192	155	160	229	161	288	297	192	252	193	223	283	180	208	305	255	243	167	302	273	189	161	163	205	259
58	615	644	694	572	663	676	630	582	578	667	610	579	634	678	674	628	661	659	587	659	678	679	652	628	691	671	698	687
59	545	397	387	613	648	505	591	658	570	446	379	646	362	376	463	429	655	545	0	0	0	0	0	0	0	0	376	641
60	372	660	650	666	361	533	594	519	556	428	672	425	471	547	638	592	661	504	600	604	644	616	568	630	490	524	430	459
61	433	615	465	501	513	573	508	457	412	581	355	648	513	601	543	615	523	550	670	645	614	465	662	673	435	472	676	628
total	13094	14885	16049	16075	14848	16302	16529	16525	15109	16704	16791	16930	15053	16450	16682	16702	15292	16634	16902	16932	15612	16384	16691	16787	14492	14206	14612	15121

ตารางที่ ค.2-14 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

Day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	1139	92	111	4	9	826	9037	43471	0.7	0.0	0.8	0.4	0.0
2	1149	98	115	9	27	947	8814	47073	1.1	0.0	0.6	0.1	0.0
3	1095	84	119	8	64	956	9103	47235	0.9	1.3	1.2	0.4	0.1
4	1145	97	121	7	0	948	7962	47080	1.0	1.3	1.2	0.4	0.1
5	1155	98	122	10	0	939	8112	47813	1.5	1.5	1.2	0.9	0.1
6	1053	102	121	9	48	969	9424	48421	1.3	1.6	1.0	0.7	0.1
7	973	102	113	6	50	913	4118	44501	0.7	0.7	0.7	0.7	0.0

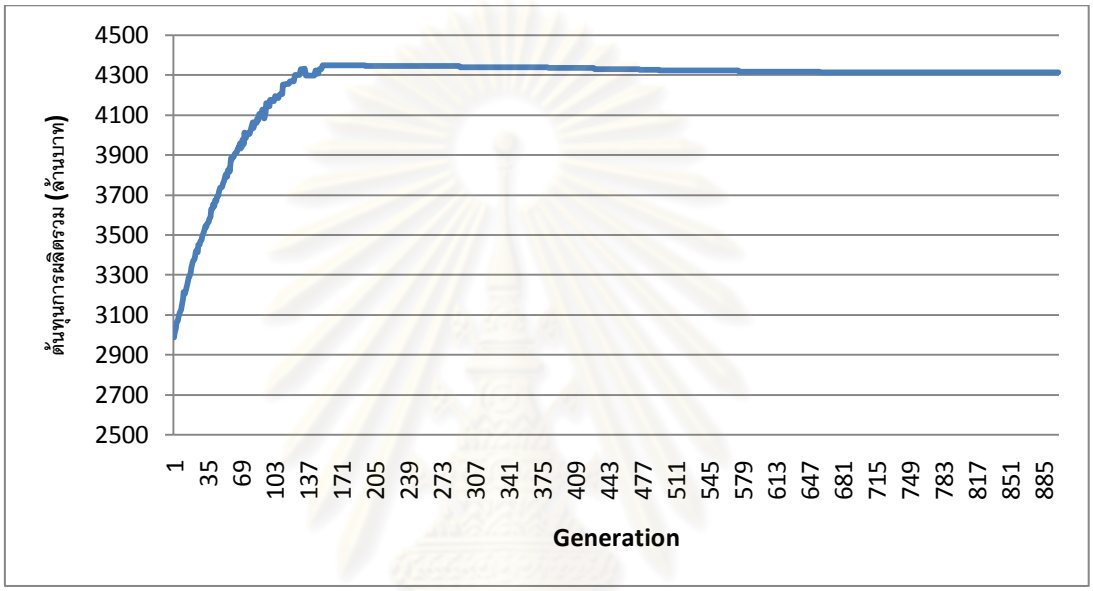
ตารางที่ ค.2-15 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	112.8	112.8
2	13.0	558.2	559.5
3	0.0	158.3	158.3
4	3.1	80.3	80.6
5	4.1	167.6	168.0
6	0.0	341.9	341.9
7	0.0	177.2	177.2
8	2.3	142.6	142.8
9	1.2	173.9	174.1
10	4.8	11.8	12.3
11	7.3	214.4	215.1
12	8.5	48.6	49.4
13	2.2	785.3	785.5
14	0.0	258.8	258.8
15	3.1	73.8	74.1
16	9.3	290.6	291.5
17	0.0	252.0	252.0
18	0.0	194.3	194.3
19	4.4	466.8	467.3
รวม	63.3	4509.1	4515.5

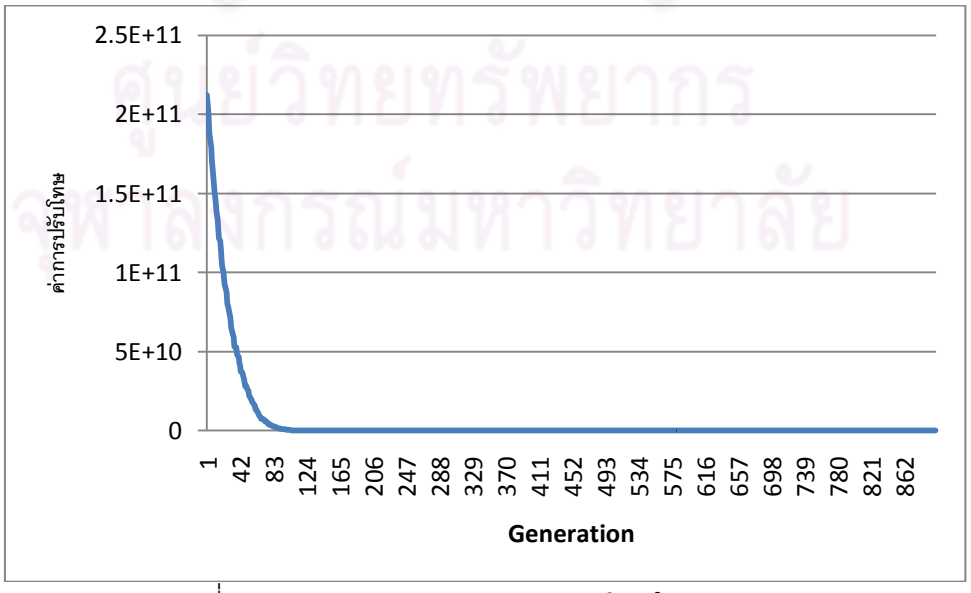
ค.3 แผนการใช้เชื้อเพลิง แผนที่ 3

ผลการทดสอบแบ่งออกเป็น 5 แผนย่อย ตามค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

1) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย (ความต้องการใช้ไฟฟ้าที่ได้จากการพยากรณ์)



รูปที่ ค.3-1 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.3-2 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.3-1 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	337	444	616	649	343	617	584	376	483	628	549	627	363	642	399	464	388	618	664	620	550	598	410	637	670	492	629	617
2	288	350	453	663	569	550	566	627	442	590	498	639	613	404	660	665	396	672	637	579	406	547	577	636	655	672	656	489
3	289	348	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	271	225	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	415	526	460	391	584	519	473	471	539	535	546	559	567	306	495	564	379	597	488	387	478	520	497	490	407	530
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	555
11	465	596	383	504	482	642	692	490	564	660	708	681	410	700	693	569	456	461	481	528	477	525	499	708	640	580	385	523
12	295	312	340	338	289	310	343	339	337	337	284	325	293	325	304	282	300	332	318	283	340	306	343	297	283	325	349	341
13	311	297	319	299	325	311	348	318	332	309	301	292	347	353	308	321	334	337	304	336	308	322	324	339	347	296	350	349
14	340	343	348	343	346	355	310	308	328	342	331	326	346	329	308	292	296	323	333	304	311	304	306	331	314	317	317	320
15	451	475	698	699	429	419	681	517	634	589	732	522	443	692	668	477	457	729	733	695	599	685	658	610	433	704	727	439
16	452	455	527	480	630	684	433	710	554	555	535	579	488	505	500	734	466	476	578	498	607	715	673	721	684	559	629	524
17	673	602	680	686	578	695	581	578	570	654	698	564	672	591	560	592	592	663	695	573	585	691	627	601	573	696	602	586
18	210	324	286	264	334	332	290	217	203	184	232	251	198	222	245	254	283	210	323	265	201	195	190	318	283	198	262	213
19	514	514	662	436	551	583	453	671	580	635	617	621	521	545	659	538	509	548	453	621	541	581	669	572	487	409	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค.3-1 ข้อมูลการจ่ายโหลด(ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	8	11	10	8	11	10	12	7	7	7	6	12	11	9	9	7	11	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	17	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	88	58	74	48
30	123	0	128	132	121	118	132	140	130	107	120	130	146	111	115	146	117	109	121	141	133	115	115	124	123	145	115	125
31	112	134	110	129	127	119	127	137	141	140	111	124	136	141	141	150	138	113	134	149	126	135	120	142	117	116	112	110
32	128	130	112	139	146	141	110	135	139	134	107	140	120	111	138	146	136	111	110	119	136	148	135	122	113	121	138	107
33	108	109	117	146	130	136	134	131	141	123	125	127	118	131	112	138	136	143	113	124	119	121	148	118	135	146	137	143
34	218	202	247	293	259	246	295	186	262	278	260	262	200	256	278	215	265	287	281	210	260	208	259	271	282	223	252	285
35	199	283	189	282	214	219	203	285	261	239	230	252	296	294	290	296	236	280	222	271	254	217	208	294	218	205	204	251
36	252	293	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	290	192
37	187	261	255	238	268	200	231	282	253	245	224	255	271	290	276	223	267	220	244	279	283	221	258	268	252	288	282	219
38	212	282	286	207	245	194	284	293	182	258	261	283	202	255	263	279	247	267	228	247	218	256	233	192	298	224	284	298
39	272	226	256	270	276	297	283	260	218	215	220	273	200	264	182	225	252	231	231	244	215	239	272	287	269	215	268	295
40	186	260	0	0	0	0	0	325	236	294	296	301	220	214	282	271	235	274	352	301	288	227	194	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	337

ตารางที่ ค.3-1 ข้อมูลการจ่ายโหลด(ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	575	674	657	656	520	602	573	588	627	546	569	583	525	618	500	667	552	568	682	593	541	579	494	669	606	606	580	669
43	584	567	593	595	574	658	645	657	657	578	624	633	566	601	660	631	658	656	596	585	675	612	584	631	662	504	561	537
44	542	591	506	641	670	584	658	621	579	660	509	577	641	613	524	644	548	665	632	605	502	570	629	559	624	503	517	534
45	319	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	406	97	365
46	128	304	487	513	109	553	406	222	203	412	378	562	417	353	546	573	178	625	178	528	328	408	444	323	343	707	518	420
47	133	626	692	673	367	557	634	657	659	525	625	668	155	491	497	600	584	336	603	700	404	686	630	691	603	495	159	434
48	136	431	245	617	387	680	681	699	207	700	390	573	591	679	638	696	591	601	680	689	323	405	447	400	438	225	590	647
49	265	277	288	0	0	0	0	0	0	0	268	270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264	263
50	284	254	268	253	269	245	261	286	269	253	284	246	254	252	252	247	255	246	247	255	246	278	266	270	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	291	272	274	291	0	0	0	0	0	284	292	292	285	285	285	277	287	283	291	0	0	0	0	283
53	314	312	332	305	306	304	330	327	302	329	324	310	334	302	317	311	310	309	318	318	330	308	303	325	327	331	0	0
54	600	557	575	551	485	588	566	606	483	586	550	582	564	608	617	560	503	497	576	573	515	490	524	489	559	477	562	0
55	0	0	0	0	0	187	235	305	162	263	244	175	214	192	239	289	276	218	279	247	193	252	298	274	264	257	266	0
56	0	0	506	616	569	609	506	560	539	547	544	552	579	599	562	578	559	585	593	571	585	585	591	545	505	574	495	544
57	0	0	286	161	270	167	0	0	0	240	285	188	285	235	0	0	292	217	246	182	242	196	220	271	0	0	235	165
58	670	693	643	685	597	688	620	685	620	670	626	624	648	581	598	678	681	592	680	576	597	677	648	670	646	690	594	594
59	383	567	589	536	528	424	542	477	606	546	647	538	509	409	623	590	364	452	418	387	674	668	603	525	0	0	567	494
60	411	458	650	453	614	549	674	520	616	577	610	575	442	417	601	660	453	539	612	584	581	424	666	642	0	0	0	0
61	343	523	674	463	580	428	581	509	512	617	665	478	568	614	587	423	571	586	658	590	507	549	671	650	548	355	525	641
total	12591	14313	15432	15457	14278	15676	15894	15890	14528	16062	16146	16280	14475	15818	16041	16061	14705	15995	16253	16283	15013	15755	16051	16143	13937	13662	14052	14541

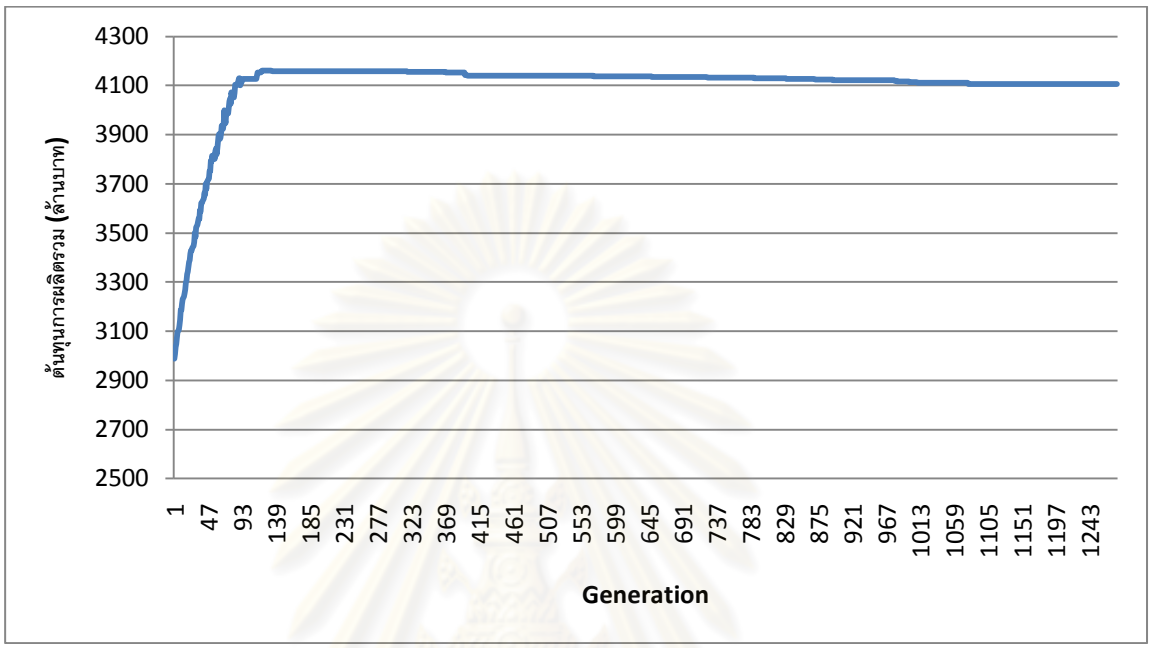
ตารางที่ ค.3-2 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

Day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	875	84	106	3	22	948	8321	42554	0.2	1.6	0.5	0.0	0.0
2	1095	100	112	6	17	862	9281	41684	0.4	1.7	0.3	0.6	0.0
3	989	113	122	3	57	998	9780	40971	0.4	1.3	0.4	0.2	0.0
4	999	102	113	3	50	973	9223	41929	0.6	1.4	0.5	0.3	0.0
5	1086	83	106	2	59	896	10015	41282	0.8	1.6	0.6	0.7	0.0
6	1084	95	118	4	36	928	9564	40921	0.5	1.3	0.3	0.6	0.0
7	877	92	44	22	17	822	10689	44512	1.0	1.4	0.6	0.4	0.0

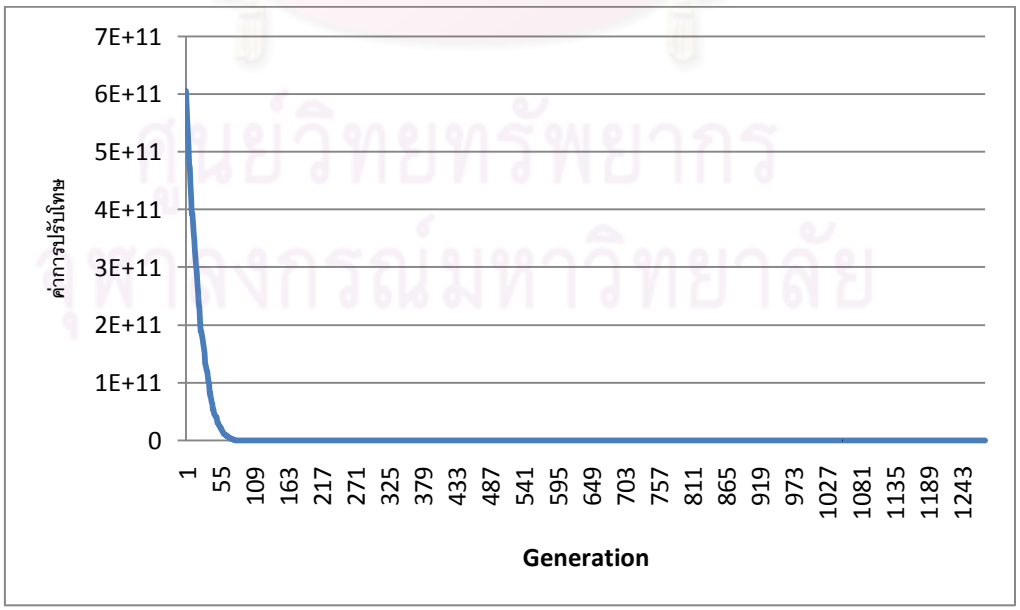
ตารางที่ ค.3-3 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	133.4	133.4
2	5.3	189.3	189.8
3	0.0	157.5	157.5
4	0.0	92.3	92.3
5	0.0	191.4	191.4
6	0.0	345.5	345.5
7	0.0	185.4	185.4
8	0.0	229.7	229.7
9	0.0	147.5	147.5
10	2.2	9.6	9.8
11	11.4	193.5	194.6
12	9.8	63.5	64.5
13	6.3	671.4	672.0
14	0.0	310.3	310.3
15	19.3	154.3	156.2
16	4.0	332.1	332.5
17	14.5	221.7	223.2
18	0.0	193.1	193.1
19	2.2	484.1	484.3
รวม	74.9	4305.5	4313.0

2) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า -2sd จากค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.3-3 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.3-4 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.3-4 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	190	206	611	666	522	571	610	632	655	642	670	631	556	652	596	607	240	587	550	576	338	578	646	521	646	534	328	626
2	220	630	316	574	219	570	662	592	672	639	346	580	318	577	545	608	643	580	457	651	619	650	591	649	297	454	662	385
3	284	275	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	222	311	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	499	426	520	367	457	412	498	576	577	510	433	365	377	354	460	543	588	380	323	322	363	416	546	380	435	334
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	448
11	369	558	574	675	385	458	370	415	639	416	636	568	607	596	665	703	404	489	710	501	450	359	465	470	412	479	652	613
12	286	340	350	321	308	296	319	310	327	336	311	296	283	281	316	306	326	284	347	315	307	298	324	343	329	293	333	306
13	306	349	289	327	325	297	308	288	300	355	348	305	314	354	331	349	302	305	331	347	305	338	294	308	332	313	323	295
14	312	306	332	350	310	309	325	288	304	315	287	306	305	291	333	286	344	291	346	312	329	351	334	298	353	289	298	299
15	476	446	719	486	467	638	542	590	424	444	516	668	424	448	711	649	472	550	512	462	546	721	557	480	610	671	729	655
16	464	543	624	621	427	463	575	473	580	458	431	724	551	590	462	554	466	653	682	683	506	713	588	489	505	447	523	698
17	566	574	612	580	665	678	655	672	575	571	700	659	576	670	635	673	624	617	640	589	567	683	647	693	611	582	561	576
18	187	326	251	186	190	197	206	191	202	189	255	194	204	206	218	249	309	191	250	242	228	248	219	333	193	202	260	279
19	509	410	635	663	614	485	468	441	436	394	464	615	653	563	463	484	577	665	505	572	582	674	600	503	615	617	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค.3-4 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	7	9	10	8	10	13	10	12	5	8	9	11	10	10	12	4	5	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	11	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	59	99	83	81	102
30	116	0	131	110	140	148	120	108	107	142	126	135	117	118	139	117	112	125	107	125	134	121	149	113	147	137	111	122
31	108	125	109	107	135	144	148	121	116	149	143	126	108	149	129	111	132	137	112	117	124	141	144	149	134	140	115	144
32	112	140	134	144	149	118	126	109	142	139	145	129	138	134	132	148	149	116	141	123	107	143	122	111	110	139	121	120
33	137	148	136	126	141	129	128	122	132	125	124	147	146	137	137	142	126	126	119	143	111	144	127	138	120	117	122	110
34	258	214	266	207	246	214	243	265	299	297	298	281	194	189	185	241	284	224	279	272	273	259	244	220	279	247	191	266
35	255	204	255	296	278	292	188	296	273	275	198	259	238	194	287	222	267	300	243	214	267	250	279	274	207	268	261	180
36	205	297	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	242	204
37	241	211	224	273	300	287	249	217	274	281	263	281	255	237	236	290	205	238	248	198	296	208	299	261	270	213	241	231
38	200	250	269	232	264	275	277	283	286	197	232	203	215	294	296	204	234	260	278	259	252	202	271	295	259	191	298	285
39	220	254	275	272	221	290	284	251	255	224	222	271	254	239	237	289	195	284	202	270	238	269	256	276	240	282	218	264
40	152	309	0	0	0	0	0	356	167	207	312	176	159	165	192	274	331	341	184	360	169	278	213	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190

ตารางที่ ค.3-4 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	518	503	510	539	507	653	541	497	526	626	658	671	517	518	617	593	506	610	681	627	600	514	599	678	535	611	529	499
43	546	548	654	670	499	656	528	641	663	563	605	584	671	633	530	636	523	642	594	609	510	604	558	599	668	598	507	664
44	544	557	644	676	516	580	569	527	546	636	504	558	675	573	577	630	650	609	598	610	545	612	653	659	560	536	649	507
45	196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	177	596	488
46	229	215	251	543	265	283	402	646	138	715	504	230	597	383	310	519	402	315	402	308	268	214	402	569	590	487	390	106
47	311	293	528	613	138	396	547	367	167	700	541	263	105	515	691	593	154	522	492	532	503	203	536	658	459	338	142	457
48	159	502	597	344	346	682	682	679	349	655	567	371	125	659	263	187	126	555	629	584	421	372	131	144	575	525	404	479
49	261	293	274	0	0	0	0	0	0	0	287	270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	263	274
50	263	251	278	287	251	255	249	270	287	270	255	279	250	249	278	271	261	260	246	275	269	277	280	257	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	296	262	291	285	0	0	0	0	0	263	303	298	285	287	260	275	289	264	299	0	0	0	0	296
53	312	315	315	303	323	324	312	306	309	333	308	325	308	319	315	326	303	306	321	309	325	314	302	311	328	321	0	0
54	486	599	473	472	580	551	523	501	502	471	548	493	488	476	558	556	603	587	488	509	585	532	520	572	578	509	546	0
55	0	0	0	0	0	197	234	223	231	164	181	191	156	300	291	245	213	162	248	235	192	271	288	309	160	181	159	0
56	0	0	524	573	610	579	605	519	552	513	511	559	475	591	572	542	541	616	588	478	485	519	586	597	530	606	574	531
57	0	0	273	168	190	160	0	0	0	161	273	278	168	209	0	0	277	152	185	210	157	204	274	257	0	0	160	222
58	571	685	631	615	618	634	667	568	647	593	690	695	592	578	695	646	613	656	562	647	688	628	570	601	563	670	586	669
59	507	619	366	468	653	416	633	490	495	560	484	625	635	450	665	392	403	385	515	545	463	589	613	674	0	0	382	404
60	439	459	439	396	434	559	664	662	427	584	426	500	448	595	609	551	362	383	527	497	499	432	388	514	0	0	0	0
61	344	460	433	515	637	614	515	595	421	479	525	641	603	388	460	538	656	357	399	633	503	583	633	655	469	429	450	577
total	12087	13741	14815	14839	13707	15049	15258	15255	13948	15421	15501	15629	13897	15186	15401	15420	14118	15357	15604	15633	14414	15127	15411	15499	13381	13117	13492	13962

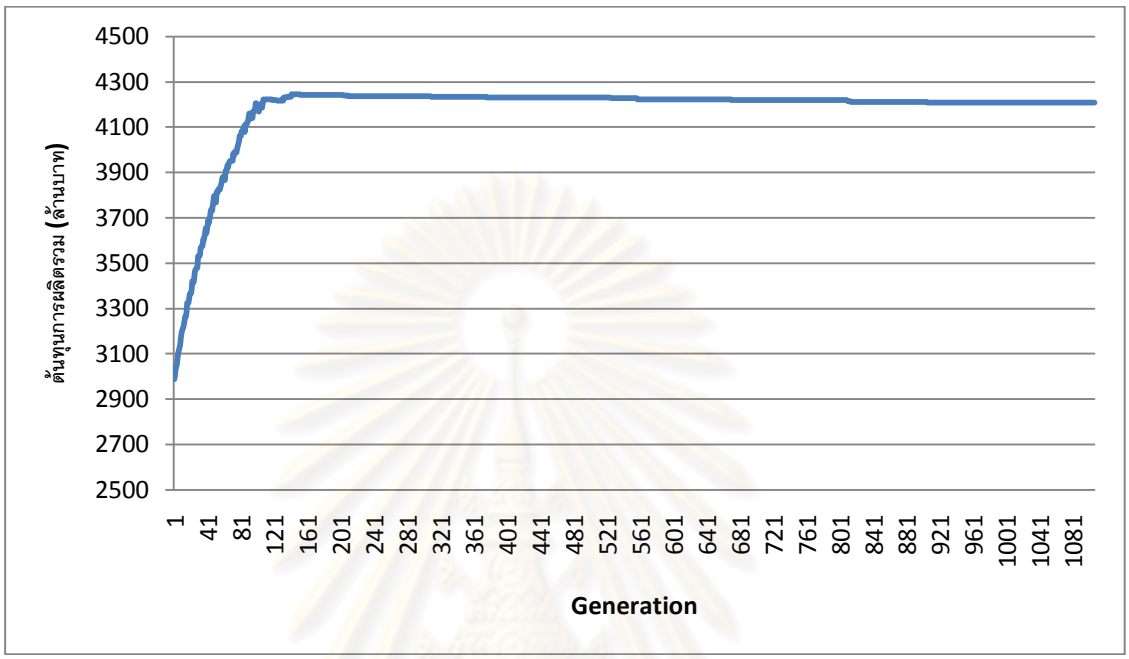
ตารางที่ ค.3-5 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

Day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	934	94	110	3	23	795	7442	42566	0.0	1.4	0.1	0.3	0.0
2	1019	69	100	6	18	869	9587	42879	0.4	1.1	0.4	0.4	0.0
3	936	98	94	3	43	921	10573	42842	0.7	1.2	0.7	0.4	0.0
4	979	111	108	3	40	859	9779	40403	0.6	1.3	0.5	0.6	0.0
5	935	90	116	1	61	977	9387	40836	0.2	1.5	0.4	0.4	0.0
6	1044	75	118	5	33	830	10059	42698	0.4	1.5	0.5	0.7	0.0
7	760	93	62	31	9	878	8612	43035	0.8	1.4	0.6	0.3	0.0

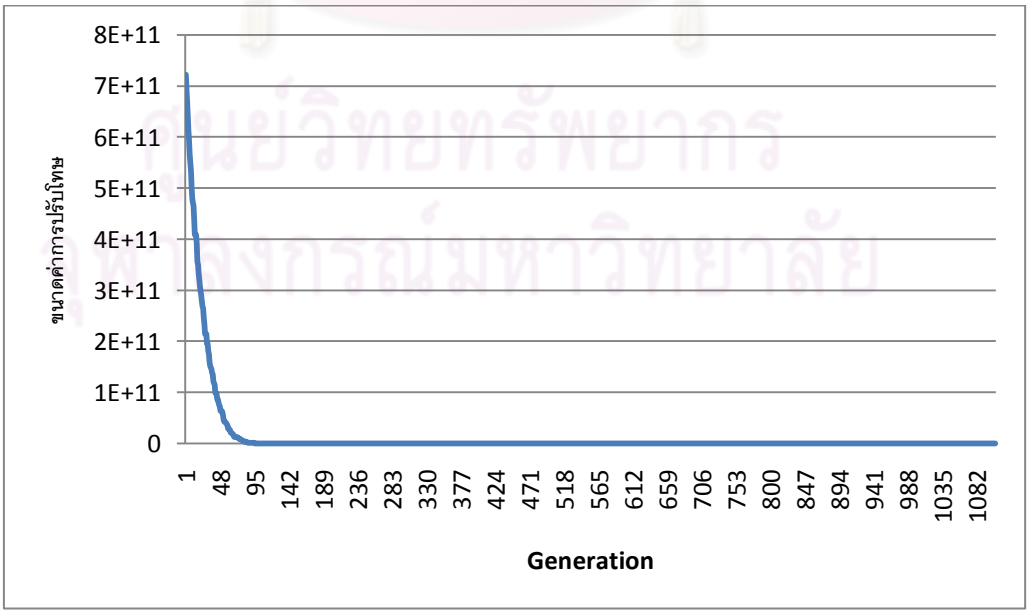
ตารางที่ ค.3-6 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	130.5	130.5
2	5.3	169.6	170.2
3	0.0	148.3	148.3
4	0.0	91.5	91.5
5	0.0	186.7	186.7
6	0.0	329.8	329.8
7	0.0	185.7	185.7
8	0.0	209.4	209.4
9	0.0	144.4	144.4
10	2.2	11.5	11.7
11	11.4	194.4	195.6
12	9.8	56.1	57.1
13	6.3	658.1	658.8
14	0.0	253.2	253.2
15	19.3	156.0	157.9
16	4.0	318.9	319.3
17	14.5	214.1	215.6
18	0.0	188.2	188.2
19	2.2	452.2	452.4
รวม	74.9	4098.8	4106.3

3) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า -1sd จากค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.3-5 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.3-6 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.3-7 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	183	585	631	660	635	467	561	642	552	588	589	486	496	511	612	650	442	673	475	545	518	332	623	668	654	498	542	418
2	197	454	640	539	317	567	575	473	465	644	657	508	374	295	650	666	267	639	671	622	441	457	568	486	611	457	565	513
3	273	267	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	302	269	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	566	359	334	432	346	518	340	550	594	391	389	522	459	389	385	380	456	517	310	579	307	529	540	472	341	310
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	472
11	409	459	483	571	469	660	651	650	617	621	679	546	649	605	625	696	687	469	575	662	437	692	621	567	380	653	634	398
12	295	311	283	301	318	334	298	325	294	342	284	304	334	297	287	339	294	280	335	340	281	338	282	339	300	281	315	324
13	306	307	348	288	294	314	286	348	324	308	334	341	296	331	340	304	305	288	337	349	341	323	297	327	292	289	285	311
14	302	312	294	308	307	338	312	330	347	304	345	293	338	335	331	343	338	288	315	329	297	310	289	322	328	303	341	347
15	533	467	682	642	462	652	657	551	473	531	569	581	580	652	529	666	501	434	617	633	518	624	623	684	546	621	432	579
16	445	457	652	482	444	543	654	583	548	722	521	519	613	658	611	579	626	571	569	687	533	690	643	516	720	501	654	611
17	574	594	628	610	674	689	685	668	614	605	581	658	566	685	660	573	599	624	690	643	698	681	634	674	571	606	565	674
18	188	318	193	256	189	189	186	208	263	234	323	228	254	260	201	202	191	238	221	305	219	247	198	223	228	196	188	240
19	447	464	498	629	425	435	620	637	466	661	630	656	379	431	487	611	486	645	425	394	663	391	655	678	546	643	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค.3-7 ข้อมูลการจ่ายโหลด(ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	8	7	12	8	10	5	10	9	6	6	11	12	8	6	12	11	6	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	11	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	104	97	62	69
30	121	0	141	141	146	122	141	134	128	132	127	125	132	137	133	142	108	107	141	136	114	122	119	128	135	120	108	128
31	148	126	149	109	115	110	135	136	113	130	146	120	133	118	141	109	143	116	142	107	119	107	132	123	143	148	107	124
32	129	137	120	141	125	149	127	110	110	128	143	134	121	107	140	147	116	114	146	107	147	116	147	144	111	131	133	136
33	137	145	110	147	144	132	124	123	149	136	132	121	133	137	146	143	132	127	107	113	149	129	135	112	145	134	117	128
34	263	254	252	290	191	283	261	256	232	285	267	239	208	267	233	199	189	209	263	278	199	285	272	241	276	261	241	232
35	182	182	192	287	222	291	290	292	228	236	242	252	230	289	231	285	252	191	297	182	274	267	299	261	286	272	281	214
36	268	247	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	268	192
37	298	275	202	297	226	267	237	278	255	243	290	297	270	187	212	225	268	221	284	254	195	206	266	205	198	207	204	242
38	193	275	284	214	192	236	254	293	247	240	289	248	229	285	228	231	219	287	270	185	253	189	198	228	274	278	228	275
39	211	248	263	284	250	253	241	242	228	277	268	210	269	222	266	221	198	274	193	278	263	290	203	297	282	286	207	253
40	202	208	0	0	0	0	0	280	336	324	157	244	180	211	326	176	310	283	260	291	277	307	364	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	301

ตารางที่ ค.3-7 ข้อมูลการจ่ายโหลด(ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	563	586	665	519	519	612	578	523	628	541	553	619	561	509	629	505	611	552	661	632	625	642	652	640	598	548	516	648
43	657	623	488	595	622	673	622	582	524	614	595	550	575	595	624	646	673	609	520	672	497	559	596	665	601	580	500	603
44	609	599	561	630	666	562	574	677	594	533	556	497	558	542	576	554	582	565	643	602	655	660	497	669	666	505	619	531
45	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	151	642	629
46	175	555	181	512	428	410	388	276	166	156	472	680	466	426	125	572	228	418	432	312	345	500	197	633	160	458	678	633
47	96	107	628	628	226	521	492	500	683	536	394	571	540	311	530	585	106	686	693	662	552	221	425	352	683	330	413	172
48	238	372	531	549	687	626	700	515	326	641	658	681	111	624	630	668	493	512	428	619	378	660	688	475	632	501	171	281
49	274	285	280	0	0	0	0	0	0	0	265	278	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	274	268
50	247	276	283	273	273	267	250	262	279	259	280	249	270	280	259	254	267	286	262	264	258	254	286	280	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	286	274	277	285	0	0	0	0	0	268	260	282	280	278	279	269	294	301	279	0	0	0	0	296
53	330	310	313	302	330	309	320	314	321	312	333	309	318	319	323	327	326	324	316	329	312	306	304	316	309	317	0	0
54	593	526	592	606	584	560	610	485	547	601	545	497	606	492	585	487	603	572	521	590	499	567	582	616	531	585	487	0
55	0	0	0	0	0	158	217	279	297	255	190	277	188	270	260	178	191	150	265	217	173	198	258	219	233	244	235	0
56	0	0	525	486	592	576	560	589	505	555	553	575	541	569	532	491	594	597	492	508	579	567	562	532	490	591	505	598
57	0	0	278	164	251	289	0	0	0	244	203	298	209	263	0	0	242	247	306	242	276	240	247	261	0	0	205	260
58	700	675	643	628	609	653	598	562	662	617	682	610	624	667	668	625	684	670	680	632	650	635	680	592	663	571	590	629
59	393	608	485	513	633	558	595	666	372	529	391	629	429	517	539	636	532	563	395	489	569	598	511	612	0	0	523	613
60	365	551	523	588	387	385	476	370	433	431	508	631	482	634	618	594	373	545	667	400	376	361	439	633	0	0	0	0
61	370	582	520	585	400	449	645	576	548	651	447	468	502	640	672	398	529	596	542	521	387	448	607	461	372	503	541	543
total	12339	14027	15124	15148	13992	15362	15576	15572	14238	15741	15824	15954	14186	15502	15721	15740	14412	15676	15929	15958	14713	15441	15731	15821	13659	13389	13772	14252

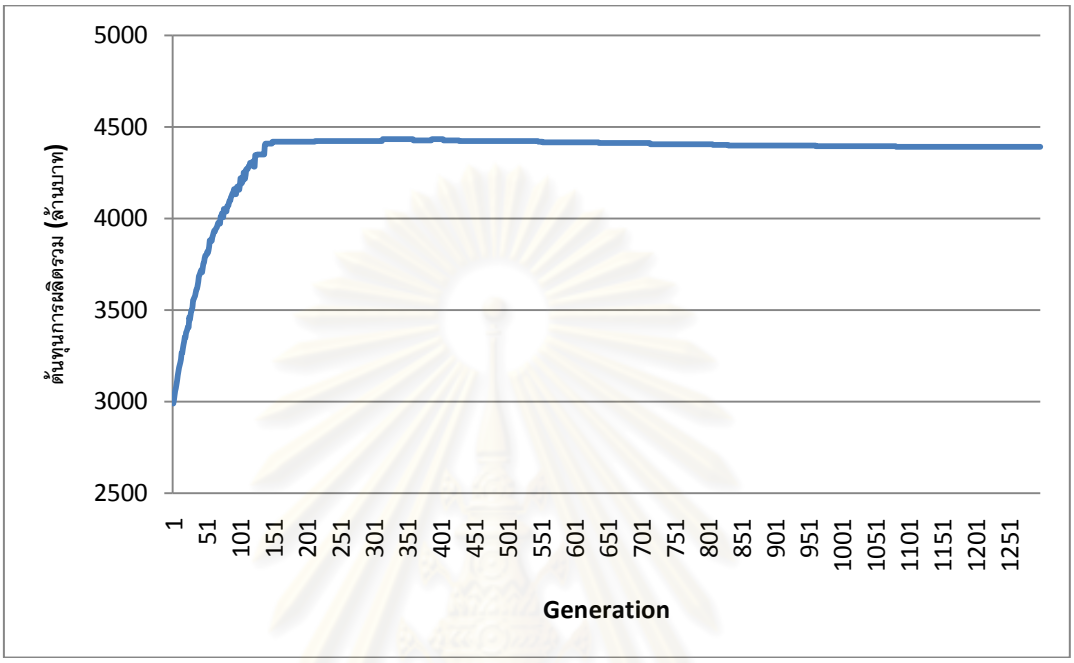
ตารางที่ ค.3-8 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

Day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	905	83	101	3	21	871	8502	43732	0.0	1.4	0.2	0.3	0.0
2	959	105	105	5	14	964	9295	41869	0.6	1.1	0.2	0.4	0.0
3	1017	107	120	3	54	890	9853	42043	0.4	1.5	0.5	0.4	0.0
4	1026	112	94	3	45	897	9319	40529	0.5	1.3	0.6	0.4	0.0
5	1028	103	96	2	58	951	9494	39444	0.4	1.4	0.2	0.5	0.0
6	990	100	118	6	48	950	8983	40602	0.6	1.3	0.2	0.8	0.0
7	826	89	59	28	15	860	9353	44034	0.2	1.2	1.2	0.3	0.0

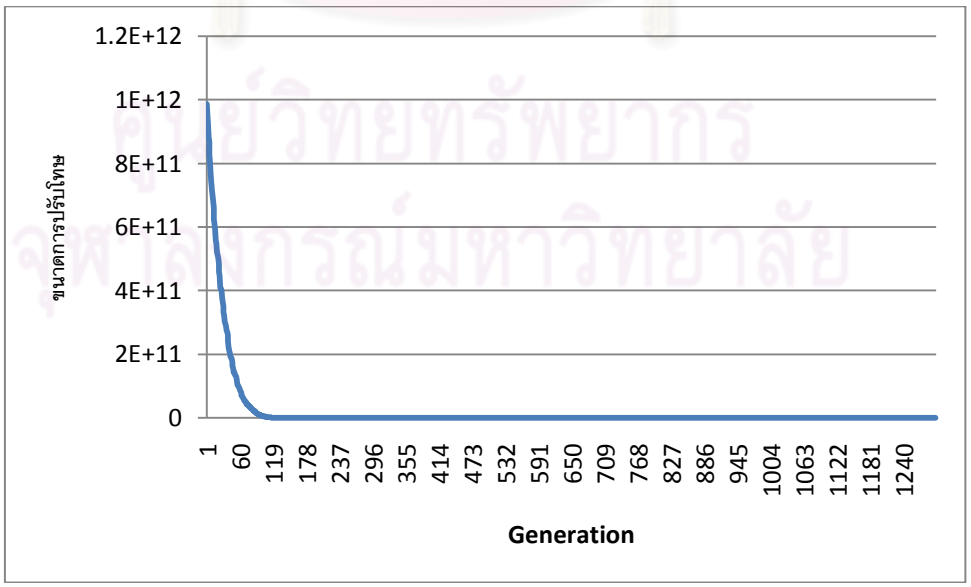
ตารางที่ ค.3-9 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	129.2	129.2
2	5.3	167.3	167.9
3	0.0	164.4	164.4
4	0.0	89.8	89.8
5	0.0	187.0	187.0
6	0.0	345.0	345.0
7	0.0	189.1	189.1
8	0.0	208.8	208.8
9	0.0	141.8	141.8
10	2.2	10.8	11.0
11	11.4	192.4	193.6
12	9.8	62.7	63.7
13	6.3	667.0	667.6
14	0.0	286.8	286.8
15	19.3	156.5	158.4
16	4.0	330.5	330.9
17	14.5	222.5	224.0
18	0.0	192.5	192.5
19	2.2	457.7	458.0
รวม	74.9	4201.9	4209.4

4) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า +1sd จากค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.3-7 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.3-8 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.3-10 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	339	436	651	631	228	571	660	671	564	651	659	545	631	672	648	668	632	670	453	618	657	659	589	539	672	474	481	611
2	273	660	592	670	518	572	591	566	581	660	665	524	342	659	646	629	514	489	573	520	663	632	662	644	557	665	392	200
3	258	375	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	201	231	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	584	497	403	445	541	443	450	504	515	510	542	462	556	435	321	496	493	597	321	578	509	573	573	309	527	406
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	547
11	494	655	550	569	364	707	704	640	401	595	631	643	709	547	698	660	685	625	664	604	703	551	686	704	624	596	536	684
12	328	346	331	292	339	334	350	320	306	314	298	314	313	345	347	299	311	294	296	319	297	305	314	332	284	300	312	301
13	302	342	286	339	344	322	321	312	346	356	340	309	329	285	351	308	325	291	291	355	324	348	342	287	323	355	288	339
14	326	345	291	300	336	339	327	303	356	331	304	334	326	309	353	341	287	340	337	308	327	337	306	350	286	352	346	352
15	431	669	571	683	501	676	701	514	660	605	497	623	584	506	724	672	712	657	623	556	546	716	517	726	696	695	656	467
16	545	724	439	626	492	643	706	675	423	698	696	681	458	591	545	645	430	573	721	558	701	601	689	482	476	539	626	487
17	566	585	605	585	595	560	654	691	587	680	628	661	602	637	654	672	561	620	561	667	657	642	688	631	586	562	613	666
18	188	195	192	289	245	188	205	255	262	251	265	228	211	186	270	332	199	340	286	225	285	249	255	329	312	210	186	284
19	445	441	594	603	597	668	397	568	531	584	501	613	566	635	570	563	568	601	648	611	558	617	667	589	627	623	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค.3-10 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	5	8	5	11	8	7	11	9	6	10	11	10	12	13	12	5	6	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	9	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115	92	89	73	65
30	142	0	135	133	127	112	144	119	138	128	139	110	144	146	130	133	131	118	146	124	111	137	120	140	117	129	115	117
31	140	111	119	121	140	126	145	111	124	138	136	111	127	138	135	129	118	118	128	114	114	111	113	131	140	143	140	111
32	130	122	115	119	148	135	136	111	144	110	132	134	113	129	112	135	148	136	126	127	133	131	144	143	122	121	123	119
33	129	121	132	126	120	125	136	131	120	150	121	131	114	146	147	136	107	138	126	141	136	135	113	119	141	110	134	147
34	224	205	294	277	260	248	239	211	230	255	295	296	226	264	287	298	234	261	288	280	280	212	282	272	286	180	270	285
35	221	292	288	295	284	291	191	296	235	244	277	286	203	250	263	245	222	267	293	224	233	223	189	296	261	298	233	185
36	212	196	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	248	231
37	226	252	186	270	204	297	294	286	183	276	275	281	246	224	231	282	271	256	218	279	196	264	253	297	227	194	292	289
38	217	235	285	240	212	237	198	235	263	300	235	258	237	281	238	288	243	187	225	217	217	260	287	189	294	181	288	204
39	261	190	210	278	251	276	297	255	258	237	195	282	289	279	197	198	186	289	274	215	277	218	298	266	184	269	248	289
40	269	156	0	0	0	0	0	245	361	361	239	331	311	264	309	277	189	263	246	261	362	156	338	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330

ตารางที่ ค.3-10 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	537	523	593	677	619	503	585	602	511	543	605	646	584	660	502	605	570	658	606	573	542	653	676	600	645	597	666	636
43	634	595	539	527	637	567	643	572	671	521	646	544	625	630	599	598	633	598	598	641	497	495	589	518	672	634	669	652
44	551	670	677	628	627	623	535	641	629	656	651	574	535	676	610	593	542	546	549	595	647	513	650	617	561	612	519	646
45	167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	362	563	241
46	289	546	525	622	548	204	560	502	190	452	406	633	446	403	478	318	622	546	650	508	291	470	252	607	255	539	699	585
47	303	393	618	630	667	692	397	622	525	693	445	599	297	621	539	635	290	537	632	692	657	536	598	692	677	651	301	523
48	146	474	640	665	672	612	638	690	659	644	552	598	512	615	645	646	419	687	676	659	120	629	367	639	589	617	443	600
49	259	272	292	0	0	0	0	0	0	0	276	253	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	252	276
50	248	263	258	262	277	274	266	273	264	280	272	284	250	269	286	259	269	276	271	286	277	258	287	276	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	279	294	294	266	0	0	0	0	0	264	283	289	266	267	282	280	280	264	267	0	0	0	0	268
53	321	331	302	322	306	325	327	319	309	321	314	324	303	326	334	313	312	304	311	312	334	324	321	331	309	302	0	0
54	549	472	506	577	539	538	593	561	485	574	506	509	601	540	614	492	525	584	591	617	588	481	490	604	614	509	512	0
55	0	0	0	0	0	236	273	166	205	202	278	300	295	185	258	277	262	165	296	309	180	259	198	304	286	162	169	0
56	0	0	595	498	518	477	618	613	610	481	522	498	545	582	616	570	510	524	570	581	617	612	527	583	608	534	538	521
57	0	0	273	187	253	235	0	0	0	182	283	187	174	198	0	0	247	185	270	239	277	177	198	237	0	0	287	238
58	678	628	605	654	630	695	646	631	563	563	662	651	686	655	599	616	572	616	684	637	644	594	630	624	656	612	604	627
59	438	394	604	599	414	595	559	592	533	630	641	650	366	579	657	556	594	494	524	506	465	578	651	395	0	0	456	645
60	377	577	637	551	508	573	640	593	521	576	673	455	373	490	542	556	370	673	613	567	369	457	604	656	0	0	0	0
61	470	564	615	407	345	656	668	572	598	605	660	663	515	447	347	675	562	578	397	646	387	646	658	581	411	361	471	602
total	12842	14599	15741	15766	14563	15989	16211	16207	14819	16383	16469	16605	14764	16134	16362	16381	14999	16314	16577	16608	15312	16070	16371	16465	14214	13934	14332	14831

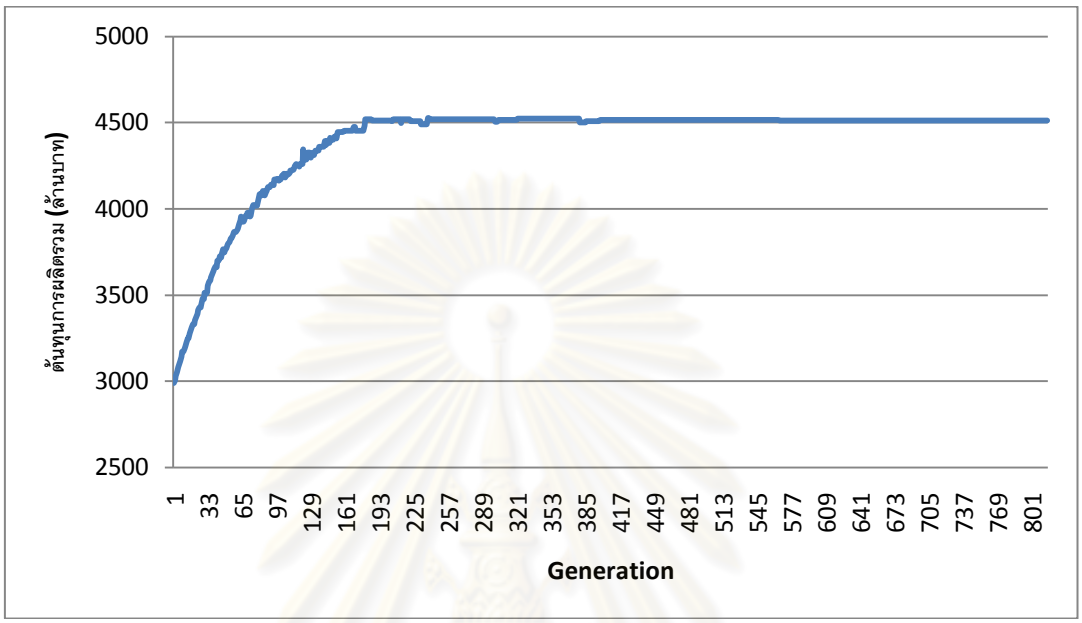
ตารางที่ ค.3-11 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	1047	98	103	2	21	815	9301	42496	0.1	1.3	0.5	0.0	0.0
2	1109	104	111	5	12	947	9588	41802	0.1	1.3	0.2	0.2	0.0
3	1053	98	111	3	65	945	10625	42435	0.8	1.5	0.3	0.6	0.0
4	1017	113	117	3	59	956	10701	41934	0.5	1.5	0.3	0.4	0.0
5	1062	112	121	1	49	959	9813	40930	0.5	1.5	0.9	0.7	0.0
6	984	114	121	10	43	997	11042	41269	0.6	1.7	0.5	0.5	0.0
7	780	106	62	27	17	981	8877	43667	0.7	1.5	0.7	0.4	0.0

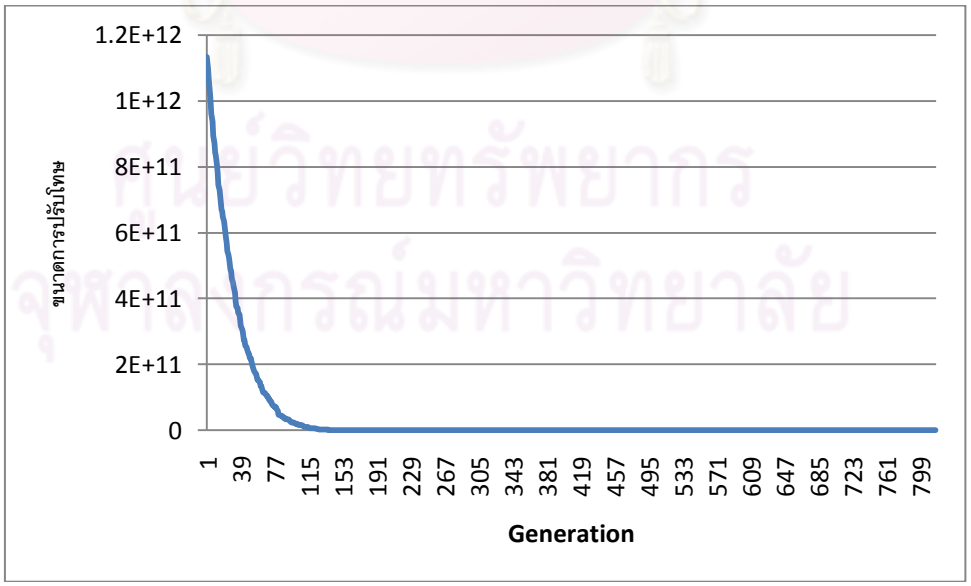
ตารางที่ ค.3-12 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	139.5	139.5
2	5.3	185.6	186.1
3	0.0	175.3	175.3
4	0.0	92.2	92.2
5	0.0	192.1	192.1
6	0.0	358.2	358.2
7	0.0	185.6	185.6
8	0.0	227.4	227.4
9	0.0	152.8	152.8
10	2.2	11.4	11.6
11	11.4	193.9	195.1
12	9.8	65.6	66.5
13	6.3	697.1	697.7
14	0.0	332.1	332.1
15	19.3	155.7	157.7
16	4.0	331.3	331.7
17	14.5	218.3	219.7
18	0.0	189.8	189.8
19	2.2	481.0	481.2
รวม	74.9	4384.7	4392.2

5) แผนการใช้เชื้อเพลิงที่ความต้องการใช้ไฟฟ้า +2sd จากค่าเฉลี่ย



รูปที่ ค.3-9 กราฟแสดงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในแต่ละรอบ



รูปที่ ค.3-10 กราฟแสดงขนาดการปรับโทษในแต่ละรอบ

ตารางที่ ค.3-13 ข้อมูลการจ่ายโหลด

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	330	672	458	646	563	430	622	529	627	672	577	604	169	569	666	496	597	590	565	661	644	625	605	660	604	568	670	487
2	183	594	629	560	619	572	651	632	363	639	603	581	618	668	628	670	328	528	519	649	635	613	660	600	572	624	526	659
3	301	281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	300	294	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	555	575	481	518	552	575	549	587	506	398	592	503	529	461	462	470	599	546	344	500	579	598	436	464	452	345
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	555
11	544	508	663	691	622	624	705	704	675	526	655	709	522	662	691	685	551	703	669	707	486	550	674	682	658	664	635	618
12	303	335	296	343	321	314	317	344	307	324	341	320	286	328	347	282	338	320	320	298	342	319	290	320	327	333	287	334
13	290	306	314	315	286	337	314	333	340	311	330	309	336	337	334	318	337	353	333	355	353	294	325	351	340	303	315	308
14	310	327	328	356	326	296	298	344	332	306	342	305	347	356	309	304	355	331	296	325	342	308	319	312	313	326	298	326
15	573	681	555	547	598	679	609	618	501	685	528	565	512	733	450	575	450	699	647	652	671	713	674	695	471	438	575	505
16	565	632	660	711	640	605	615	631	637	715	682	702	707	554	661	612	589	621	626	549	587	732	565	703	717	651	540	667
17	653	568	697	665	637	636	692	698	652	655	667	685	616	681	574	626	632	681	646	588	625	654	647	560	569	572	652	683
18	286	220	232	234	260	323	274	266	256	328	229	333	209	240	250	314	226	216	288	249	257	195	318	333	321	192	267	275
19	558	461	438	623	374	666	571	533	666	503	674	555	399	624	665	619	603	440	583	677	411	674	530	644	631	411	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางที่ ค.3-13 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
22	5	6	5	10	11	7	9	6	7	7	9	10	11	13	8	5	7	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	19	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	87	111	71	77
30	144	0	124	140	108	109	128	144	119	133	138	140	149	146	135	135	125	114	146	115	128	126	149	144	115	143	118	141
31	145	111	112	121	123	134	116	107	124	135	121	109	111	107	118	119	125	135	112	111	148	148	108	130	113	140	137	109
32	108	135	125	130	144	134	121	108	134	113	124	118	140	111	120	137	139	107	107	109	128	143	111	136	144	130	124	135
33	110	112	147	139	107	130	108	135	142	148	121	107	123	111	109	115	134	139	117	139	111	142	141	135	135	114	112	136
34	188	190	279	241	239	274	295	289	188	278	258	269	211	245	257	262	243	225	285	260	188	255	190	295	298	195	286	260
35	198	218	243	277	210	258	277	296	273	288	282	225	226	187	247	294	234	219	284	261	289	196	290	270	270	277	272	189
36	287	237	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	289	214
37	265	275	266	204	249	226	207	284	227	196	206	287	282	183	244	291	251	252	297	294	280	264	280	209	298	230	255	262
38	215	236	298	288	288	232	294	294	229	295	281	266	224	205	257	275	277	283	285	192	259	205	265	181	229	266	202	267
39	252	182	287	210	255	292	267	248	196	258	251	252	209	188	232	291	259	257	266	287	185	266	182	297	241	199	239	218
40	273	344	0	0	0	0	0	253	304	168	300	337	173	282	209	300	167	298	336	352	255	358	280	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	268

ตารางที่ ค.3-13 ข้อมูลการจ่ายโหลด (ต่อ)

Unit No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
42	597	637	649	665	538	602	563	664	555	663	587	549	628	513	674	679	577	649	564	566	611	628	515	682	683	659	646	674
43	619	637	645	661	586	599	625	550	641	667	675	673	637	593	650	642	599	490	657	599	541	544	665	626	666	542	671	591
44	495	497	664	493	623	650	651	624	575	636	670	665	586	625	625	680	620	647	670	512	494	573	627	650	680	523	560	641
45	205	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	653	507	451
46	162	584	518	628	423	320	586	246	202	680	366	545	418	686	494	317	268	659	342	523	565	464	483	663	656	621	403	646
47	110	496	518	643	554	679	588	687	253	618	580	488	497	645	671	654	498	638	668	666	598	425	630	665	617	225	302	602
48	235	327	606	670	530	621	527	627	653	635	609	646	458	687	657	647	612	509	687	628	439	676	698	468	378	630	441	602
49	274	289	252	0	0	0	0	0	0	0	270	290	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	289	268
50	284	245	246	284	276	251	269	267	268	265	256	279	257	269	269	260	260	285	246	255	284	277	284	254	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	298	291	262	261	0	0	0	0	0	265	272	262	302	273	289	294	290	284	282	0	0	0	0	278
53	322	314	302	327	305	302	322	326	325	302	324	332	334	323	324	334	328	323	309	316	311	317	324	323	305	329	0	0
54	480	571	589	612	517	607	593	559	606	590	519	552	602	562	592	566	497	596	588	570	582	502	590	574	532	508	565	0
55	0	0	0	0	0	235	295	191	299	279	232	269	308	290	248	251	224	217	295	278	173	280	236	252	256	182	195	0
56	0	0	561	606	492	608	507	595	526	604	617	589	575	501	559	578	590	542	512	551	589	542	591	536	538	615	565	591
57	0	0	269	234	303	229	0	0	0	160	298	309	301	242	0	0	151	163	305	270	183	309	288	296	0	0	239	169
58	687	573	696	669	619	650	686	652	573	613	640	612	673	632	649	638	577	685	603	569	695	673	697	685	567	697	652	564
59	395	524	594	390	384	566	657	628	507	558	631	613	528	610	673	667	597	652	567	596	497	454	517	468	0	0	622	464
60	436	593	601	603	452	624	666	665	668	508	605	648	520	474	630	637	458	662	612	663	559	453	470	623	0	0	0	0
61	407	672	624	557	479	658	658	584	592	631	665	662	534	470	625	673	668	621	619	660	492	657	565	633	675	621	580	487
total	13094	14885	16049	16075	14848	16302	16529	16525	15109	16704	16791	16930	15053	16450	16682	16702	15292	16634	16902	16932	15612	16384	16691	16787	14492	14206	14612	15121

ตารางที่ ค.3-14 ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้แยกตามแหล่งเชื้อเพลิง

day	Gas1	Gas2	Gas3	Gas4	Gas5	Gas6	Coal	Lignite	Oil1	Oil2	Oil3	Oil4	Oil5
1	945	104	103	2	31	944	8905	42367	0.3	1.4	0.4	0.2	0.0
2	1097	115	106	5	13	955	10124	42393	0.6	1.7	0.4	0.3	0.0
3	1062	111	119	3	56	989	10220	41251	0.7	1.7	0.4	0.7	0.0
4	1058	111	114	3	49	999	9807	39761	0.6	1.5	0.4	0.8	0.0
5	1151	114	115	1	58	918	9730	42194	0.7	1.4	0.8	0.5	0.0
6	1073	103	112	7	45	982	11033	40802	0.2	1.6	0.9	0.8	0.0
7	757	111	51	29	14	990	10328	44000	0.8	1.6	1.6	0.3	0.0

ตารางที่ ค.3-15 ต้นทุนการผลิตแยกตามโรงไฟฟ้า

Plant No.	Start up cost (แสนบาท)	Fuel cost (ล้านบาท)	Total cost (ล้านบาท)
1	0.0	139.9	139.9
2	5.3	195.4	195.9
3	0.0	181.0	181.0
4	0.0	93.2	93.2
5	0.0	191.4	191.4
6	0.0	367.8	367.8
7	0.0	191.5	191.5
8	0.0	243.9	243.9
9	0.0	147.5	147.5
10	2.2	11.3	11.5
11	11.4	192.8	193.9
12	9.8	65.5	66.4
13	6.3	723.0	723.6
4	0.0	330.2	330.2
15	19.3	155.7	157.7
16	4.0	341.0	341.4
17	14.5	227.3	228.7
18	0.0	192.2	192.2
19	2.2	513.1	513.3
รวม	74.9	4503.6	4511.1

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย วัชรินทร์ ยกย่อง เกิดวันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2528 ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรม ไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2550 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2551

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย