สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การจัดการการใช้พลังงานระบบไฟฟ้าด้วยจีเนติกอัลกอริทึม

LOAD SCHEDULING USING GENETIC ALGOLITHM

T062052

นายศุภฤกษ์ กาญจนชีวะ
นายเจษฎา จารุศะศี
นายเรืองเกียรติ ไชยพฤกษ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 62052
วัน,เดือน,ปี 27 ต.ค. 2549

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOAD SCHEDULING USING GENETIC ALGOLITHM

SUPAREAK KARNCHANACHEWA

JEDSADA JARUSASI

RUANGKIET CHAIYAPLUCK

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTTATION ENGINEERING

FUCLTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การจัดการการใช้พลังงานระบบไฟฟ้าด้วยจีเนติกอัลกอริทึม

LOAD SCHEDULING USING GENETIC ALGOLITHM

นักศึกษาผู้จัดทำ นายศุภฤกษ์ กาญจนชีวะ รหัสประจำตัว 45015530

นายเจษฎา จารุศะศิ รหัสประจำตัว 45015501

นายเรืองเกียรติ ไชยพฤกษ์ รหัสประจำตัว 45015520

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2547

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ. ทวีพล ซื่อสัตย์	
ดร.พงษ์ชัย นิสาศ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันพุธที่ 23 มีนาคม พ.ศ.2548

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. ประสิทธ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การจัดการ การใช้พลังงานระบบไฟฟ้าด้วยจีเนติก อัลกอริทึม
	LOAD SCHEDULING USING GENETIC ALGORITHM
นักศึกษาผู้จัดทำ	นาย ศุภฤกษ์ กาญจนชีวะ
	นาย เจษฎา จารุศะศิ
	นาย เรืองเกียรติ ไชยพฤกษ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ทวีพล ซื่อสัตย์
	ดร.พงษ์ชัย นิลาศ
ปีการศึกษา	2547

บทคัดย่อ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์เล่มนี้ นำเสนอการออกแบบระบบประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร โดยการควบคุมและจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า หรือการควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในอาคาร อาศัยหลักการทฤษฎีจีเนติก อัลกอริทึมที่จำลองวิวัฒนาการธรรมชาติทางชีววิทยา คือ กระบวนการการคัดเลือกทางธรรมชาติ และกระบวนการทางพันธุศาสตร์ สำหรับการประยุกต์ใช้สร้างวิวัฒนาการ การหาคำตอบในการแก้ปัญหาต่างๆ การใช้จีเนติกอัลกอริทึมจัดการพลังงานได้โดยการแปลงค่าตัวแปรต่างๆให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างโครโมโซม เพื่อสร้างกลุ่มต้นแบบที่จะถูกคัดเลือก ตามความเหมาะสมจากการตรวจสอบเงื่อนไขที่กำหนด โดยการเขียนโปรแกรมด้วยคอมพิวเตอร์และเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้ โดยการป้อนตารางการใช้ห้องในอาคารประจำสัปดาห์ ระบบโปรแกรมจะจัดการสั่งให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงานหรือไม่ทำงานตามโดยอัตโนมัติ โดยจะมีเงื่อนไขขึ้นอยู่กับตัวแปรทางไฟฟ้า และการคัดเลือกของกระบวนการจีเนติกอัลกอริทึม ทั้งนี้จะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารได้และลดค่าใช้จ่ายลงด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Load Scheduling using Genetic Algolithm
Authors	Mr.Suparcak Karnchanachewa
	Mr.Jedsada Jarusasi
	Mr.Ruangkiet chaiyapluck
Thesis Advisor	Assit.Prof. Taweepol Suesut
	Dr.Phongchai Nilas
Year	2004

ABSTRACT

The purpose of this Thesis is to present the electrical energy economization in building which controls and manages energetic consumption. Our scheme, using Genetic Algorithm that emulate the natural biological evolution of natural selection and employed the genetic operation theories. In this application, the electrical system parameters such as timework, periods, cost are coded into the chromosome structure. The initial chromosomes are generated for natural selection to calculate the fitness valve by checking all of the constraints in each chromosome variable and select the high fitness value for genetic operation. Moreover,we apply the computer which linked to programmable logic controllers for ON-OFF controlling. The computer work as the host computing by using timework. Follow parameter and natural selection. In this article ,can reduce the power demand in building and power expense also.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทวีพล ซื่อสัตย์ และอาจารย์พงษ์ชัย นิลาศ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้อ อุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และที่ลืมเสียมิได้คือ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อและคุณแม่ อันเป็นที่รักยิ่ง ที่สนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญภาพ.....X

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายของโครงงาน.....1

1.3 สมมุติฐานการศึกษาจัดทำโครงงาน.....2

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน.....2

1.5 ขั้นตอนการศึกษา.....3

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับจีเนติกอัลกอริทึม.....4

2.1 พันธุศาสตร์ทางชีววิทยา.....4

2.2 จีเนติกอัลกอริทึมเบื้องต้น.....7

2.3 ฟังก์ชั่นเป้าหมายกับฟังก์ชันความเหมาะสม.....9

2.4 รูปแบบโครโมโซม.....9

2.5 วัฏจักรจีเนติกอัลกอริทึม.....10

2.6 อัลกอริทึมของGeneticAlgolithm.....12

2.7 พันธุศาสตร์ทางชีววิทยากับจีเนติกอัลกอริทึม.....13

2.8 ขั้นตอนการทำงานของSGA.....16

2.8.1 ประชากรรุ่นเก่า.....16

2.8.2 วิเคราะห์ค่าความเหมาะสม.....17

2.8.3 การคัดเลือก.....17

2.8.4 การดำเนินทางพันธุศาสตร์.....19

2.8.5 ประชากรรุ่นใหม่.....22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 การปรับปรุงสมรรถนะจีเนติกอัลกอริทึม.....24

3.1 รูปแบบการคัดเลือกต้นแบบ.....24

3.1.1 แบบอ้างอิงค่าความเหมาะสม.....25

3.1.2 การคัดเลือกแบบอ้างอิงลำดับ.....27

3.2 วิธีการสุ่มต้นแบบ.....28

3.2.1 จำลองแบบการหมุนวงล้อ.....28

3.2.2 สุ่มทศนิยมแบบคืนกลับ.....28

3.2.3 สุ่มทศนิยมแบบไม่คืนกลับ.....28

3.3 เทคนิคการรีโพรดักชั่น.....29

3.3.1 รีโพรดักชันแบบทั่วไป.....29

3.3.2 รีโพรดักชันโดยรักษาโครโมโซมที่ดีที่สุด.....29

3.3.3 รีโพรดักชันโดยรักษาสถานะคงที่แบบซ้ำ.....30

3.3.4 รีโพรดักชันโดยรักษาสถานะคงที่แบบไม่ซ้ำ.....30

บทที่ 4 ความรู้เบื้องต้นสำหรับการบริหารพลังงานไฟฟ้า.....32

4.1 ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าและองค์ประกอบค่าไฟฟ้า.....32

4.1.1 ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า.....32

4.1.2 อัตราค่าไฟฟ้า.....33

4.1.3 องค์ประกอบค่าไฟฟ้า.....33

4.2 ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า.....35

4.2.1 การหาค่าDemandด้วยวิธีจดค่าจากkWHR-Meter.....36

4.2.2 การหาค่าDemandด้วยวิธีการเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ทุกๆ15นาที.....36

4.2.3 ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด.....37

4.2.4 ทำไมต้องควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า.....38

4.3 ตัวประกอบโหลดและการปรับปรุงตัวประกอบโหลด.....40

4.3.1 การหาคาตัวประกอบโหลดจากใบเสร็จหรือใบแจ้งนี้ค่าไฟฟ้า.....40

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบโหลดกับ
ค่าความต้านทานกำลังไฟฟ้า.....41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.3.3 ตัวประกอบโหลดมาตรฐาน....42

4.3.4 แนวทางการปรับปรุงตัวประกอบโหลดด้วยวิธีควบคุม ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า....42

4.4 วิธีควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด....43

4.4.1 แนวทางในการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า....43

4.5 วิธีควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด....43

4.5.1 การควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าด้วยมนุษย์....43

4.5.2 การควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์ควบคุม....44

บทที่ 5 การจัดการการใช้พลังงานระบบไฟฟ้าด้วยGA....45

5.1 การติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้PLC....45

5.1.1 ข้อตกลงในการติดต่อสื่อสาร....45

5.1.2 แพ็กเก็ท....46

5.1.3 การควบคุมความผิดพลาดในการส่งข้อมูล....46

5.1.4 วิธีการใช้ FCS....47

5.2 ข้อตกลงในการสื่อสารของเครื่องควบคุมPLC/PC....47

5.3 รูปแบบของบล็อก....48

5.4 รูปแบบการอ่านและเขียนข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับเครื่องควบคุมPLC....49

5.4.1 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำIR....49

5.4.2 การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำIR....50

5.4.3 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำLR....50

5.4.4 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำDM....51

5.5.5 การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำDM....51

5.6 การสื่อสารข้อมูลดิจิตอลของคอมพิวเตอร์กับPLC....52

5.7 วิธีการส่งข้อมูล....52

5.8 มาตรฐานในการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมตรฐานRS485....53

5.9 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้....54

5.10 เครื่องมือสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

5.11 การจัดการและการควบคุมโหลด....56
5.12 โครงสร้างโปรแกรมการจีเนติกอัลกอริทึม....58
5.13 ฟังก์ชันเป้าหมาย....58
5.14 ประชากรชุดแรกหรือโครโมโซม....59
5.15 การจัดลำดับความสำคัญโหลด....60
5.16 ผังแสดงการตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ตามลำดับความสำคัญของห้อง....61
5.17 การเกิดขบวนการครอสโอเวอร์และขบวนการมิวเตชัน....62
5.18 การทำงานของโปรแกรมการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า....63

บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง....67
6.1 สรุปผลการทดลองพัฒนาการของขบวนการจีเนติก....67
6.2 พัฒนาการค่าเป้าหมายของโปรแกรมดั้งเดิม....68
6.2.1 Genetic Algolithm 1 – 12 Gen....68
6.2.2 Genetic Algolithm 13 – 24 Gen....69
6.2.3 Genetic Algolithm 25 – 36 Gen....70
6.2.4 Genetic Algolithm 37 – 48 Gen....71
6.2.5 Genetic Algolithm 49 – 57 Gen....72
6.3 พัฒนาการค่าเป้าหมายของโปรแกรมที่ปรับปรุงครั้งแรก....73
6.3.1 Genetic Algolithm 1 – 12 Gen....73
6.3.2 Genetic Algolithm 13 – 24 Gen....74
6.3.3 Genetic Algolithm 25 – 36 Gen....75
6.3.4 Genetic Algolithm 37 - 38 Gen....76
6.4 พัฒนาการค่าเป้าหมายของโปรแกรมที่ปรับปรุงครั้งที่สอง....77
6.4.1 Genetic Algolithm 1 – 12 Gen....77
6.4.2 Genetic Algolithm 13 – 23 Gen....78
6.5 พัฒนาการค่าเป้าหมายของโปรแกรมที่ปรับปรุงครั้งที่สาม....79
6.5.1 Genetic Algolithm 1 – 12 Gen....79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

6.5.2 Genetic Algolithm 13 - 17 Gen.....80

บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง.....81

7.1 สรุปผลการทดลองการทำระบบอัตโนมัติของโปรแกรมควบคุมพลังงาน
จากการควบคุมการใช้เครื่องปรับอากาศ.....81

บรรณานุกรม.....84

ภาคผนวก.....85

อัตราค่าไฟฟ้าแยกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า.....86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงคำศัพท์ทางพันธุศาสตร์กับทางจีเนติกอัลกอริทึม.....14
4.1 แสดงอัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่3.1.2.....34
4.2 แสดงวิธีการหาค่าDemandด้วยการจดค่าจากkWHR-Meter.....36
5.1 แสดงการคำนวณFCS.....49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

2.1 แสดงการเพิ่มจำนวนเซลล์.....5
2.2 การแบ่งตัวของเซลล์ทางพันธุศาสตร์.....5
2.3 แสดงการครอสโอเวอร์ทางพันธุศาสตร์.....6
2.4 แสดงการมิวเตชันทางพันธุศาสตร์.....7
2.5 แสดงหลักการเบื้องต้นของจีเนติกอัลกอริทึม.....8
2.6 แสดงวัฏจักรจีเนติกอัลกอริทึม.....11
2.7 แสดงลักษณะทางพันธุศาสตร์ของเมล็ดถั่ว.....13
2.8 แสดงลักษณะทางจีเนติกอัลกอริทึมของปัญหาในการหาค่าสูงสุด.....14
2.9 แสดงไดอะแกรมการทำงานของจีเนติกอัลกอริทึมแบบง่าย.....15
2.10 แสดงการครอสโอเวอร์แบบ 1 จุด.....20
2.11 แสดงการไบนารีมิวเตชัน.....21
3.1 แสดงการรีโพรดักชันแบบทั่วไป.....29
3.2 แสดงการรีโพรดักชันโดยรักษาสถานะแบบซ้ำ.....30
3.3 แสดงรูปแบบการรีโพรดักชัน โดยรักษาสถานะแบบไม่ซ้ำ.....30
3.4 แสดงรูปแบบการรีโพรดักชัน โดยรักษาสถานะแบบซ้ำ.....31
4.1 แสดงใบแจ้งนี้และองค์ประกอบค่าไฟฟ้า.....34
4.2 ก) แสดงค่าพลังงานไฟฟ้า.....35
4.2 ข) แสดงค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้า.....35
4.3 แสดงค่าDemandด้วยการเฉลี่ยค่ากำลังไฟฟ้า.....37
4.4 แสดงเส้นแนวโน้มของค่าMaximumDemand.....38
4.5 แสดงกราฟการใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าเท่ากันตลอด.....39
4.6 แสดงกราฟการใช้ไฟฟ้าที่มีค่าความต้องการสูงสุดแตกต่างกัน100kW.....44
4.7 แสดงแนวโน้มวิธีการควบคุมด้วยค่ากำลังไฟฟ้า.....44
5.1 แสดงการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องควบคุมPLC/PC.....48
5.2 แสดงรูปของบล็อก.....48
5.3 แสดงการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม.....52
5.4 แสดงการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์.....53
5.5 แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐานRS-485.....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

5.6 แสดงการเชื่อมโยงแบบอินพุทและเอาท์พุทระยะไกล.....54

5.7 แสดงการต่อแบบSerial Link.....54

5.8 แสดงการแบ่งพื้นที่สำหรับPC Link System.....55

5.9 แสดงเครื่องมือMSComm Control.....56

5.10 แสดงแผนผังอาคารชั้นที่ 1 และตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ.....57

5.11 แสดงแผนผังอาคารชั้นที่ 2 และตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ.....57

5.12 แสดงแผนผังอาคารชั้นที่ 3 และตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ.....57

5.13 แสดงชุดโครโมโซมประชากร.....59

5.14 แสดงหน้าแรกของโปรแกรม.....63

5.15 แสดงส่วนของการป้อนข้อมูลการใช้ห้องชั้นที่1.....64

5.16 แสดงส่วนของการป้อนข้อมูลการใช้ห้องชั้นที่2.....64

5.17 แสดงส่วนของการป้อนข้อมูลการใช้ห้องชั้นที่3.....65

5.18 แสดงการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศตามเวลาการใช้งานจริง.....65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการใช้พลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เห็นได้จากการสร้างโรงไฟฟ้าขึ้นหลายแห่งในประเทศ เนื่องจากผู้ใช้มีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นการไฟฟ้าฝ่ายผลิตจะต้องเพิ่มกำลังการผลิตกระแสไฟฟ้าให้เพียงพอกับผู้ใช้ ทำให้ต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้า เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากราคา ค่าก่อสร้างโรงไฟฟ้าแต่ละแห่ง ค่าเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ฯลฯ ที่สำคัญเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า ส่วนใหญ่เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่ใช้แล้วหมดสิ้นไป ดังนั้นรัฐบาลกำหนดนโยบายการอนุรักษ์พลังงานในรูปแบบต่างๆ ขึ้นอย่างเช่น การประหยัดพลังงานไฟฟ้าภายในอาคารและโรงงาน เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลงมาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

โครงงานนี้จึงนำเสนอแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วยการพัฒนาโปรแกรมด้วยอัลกอริทึมของทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติ (Genetic Algorithm)สำหรับการควบคุมและจัดการพลังงานไฟฟ้าที่สามารถทำนายค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด และทำการเชื่อมต่อกับเครื่องควบคุมโปรแกรมได้แบบตรรก(PLC) สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารหรือโรงงานได้ ซึ่งปัจจุบันแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับระบบควบคุมและการจัดการพลังงาน ลักษณะและการใช้งานของโหลด เงื่อนไนการตัดโหลด รวมไปถึงสถานที่และการจัดการพลังงานไฟฟ้า ในโครงงานนี้ ได้เลือกรูปแบบอาคารภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังมาศึกษา

1.2 วัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายของโครงงาน

โครงงานนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเสนอแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด และใช้เครื่องควบคุมโปรแกรมได้แบบตรรก (PLC) สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ โดยการใช้โปรแกรมสำหรับจัดการพลังงานไฟฟ้าด้วยทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติ(Genrtic Algorothm) เพื่อการหาคำตอบในการควบคุมพลังงานไฟฟ้าให้ประหยัดที่สุด

ความมุ่งหมายของโครงงานนี้เพื่อพัฒนาโปรแกรมสำหรับการควบคุมและจัดการพลังงานไฟฟ้าโดยการใช้ทฤษฎีจีเนติก อัลกอริทึม เพื่อการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด ที่ประกอบด้วยการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำนายค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด การควบคุมและจัดการโหลดเพื่อให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า สามารถประยุกต์ใช้กับอาคารและโรงงานได้เพื่อให้ความรู้ความเข้าใจในการอนุรักษ์พลังงานและการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด และลดค่าใช้จากด้านพลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า

1.3 สมมุติฐานการศึกษาจัดทำโครงงาน

การประหยัดพลังงานไฟฟ้ามีด้วยกันหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับผู้ใช้จะเลือกใช้รูปแบบใด วิธีที่ง่ายและนิยมใช้กันมากที่สุดคือการเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดของระบบไฟฟ้าให้สูงขึ้น ค่าตัวประกอบโหลดคือ สัดส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาใดๆ ต่อค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลานั้นๆถ้าต้องการเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้นจำเป็นต้องลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าลง ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุดและเป็นวิธีที่ใช้กันมาก ผลของการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด นอกจากจะทำให้ค่าตัวประกอบโหลดเพิ่มขึ้นแล้ว ยังช่วยให้ลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าลงได้ด้วยและยังช่วยในการวางแผนผลิตไฟฟ้าของประเทศมีมีประสิทธิภาพดีขึ้น

การจัดทำโครงงานนี้ได้พัฒนาโปรแกรมด้วยทฤษฎี GA สำหรับการควบคุมและจัดการพลังงานไฟฟ้า เพื่อลดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลง โดยมีการทำนายค่าความต้องการไฟฟ้าด้วย GA ก่อนที่ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดจริงจะเกิดขึ้น เมื่อผลของการทำนายเกินค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่กำหนดไว้ ระบบโปรแกรมจะแจ้งสั่งหยุดโหลดบางตัวไม่ให้ทำงานด้วยมนุษย์ เพื่อให้ค่ากำลังไฟฟ้าลดลง ระบบโปรแกรมจะสั่งให้ต่อโหลดทำงานอีกครั้ง ทั้งนี้ต้องพิจารณาเงื่อนไขของเวลาด้วย ในส่วนของการสั่งควบคุมทั้งหมดจะเป็นไปตามตารางเวลา จากหลักการทำงานของโปรแกรมสามารถลดค่าความต้องการกำลังฟ้าของระบบลงได้ ทำให้ค่าตัวประกอบโหลดเพิ่มขึ้น ลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าลง

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

เริ่มจากการศึกษาระบบการควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เงื่อนไขการควบคุมโหลดที่มีใช้อยู่ จากนั้นสร้างโปรแกรมสำหรับการควบคุมเพื่อทำการวางแผนการใช้ไฟฟ้าภายในอาคารภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม โดยใช้ทฤษฎีการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ(Genetic Algorithm) ทั้งนี้จำเป็นต้องศึกษาแนวทางการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในอาคาร การหาค่าปริมาณต่างๆทางไฟฟ้า และใช้ผลการทำนายค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดและการตัดสินใจในการควบคุมการเปิด-ปิดโหลดด้วยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ในส่วนของการควบคุมในโครงงานนี้จะใช้การควบคุมการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศภายในอาคารทั้งหมด และพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมให้สามารถควบคุมโหลดได้อย่างอัตโนมัติด้วยการใช้เครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ (PLC)

1.5 ขั้นตอนของการศึกษาทำโครงงาน

1.5.1 ความรู้เบื้องต้นสำหรับการบริหารพลังงานไฟฟ้า

1. ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าและองค์ประกอบค่าไฟฟ้า
2. ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า
3. ค่าตัวประกอบโหลด
4. แนวทางการปรับปรุงตัวประกอบโหลด
5. วิธีการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า

1.5.2 แนวคิดในการควบคุมและจัดการพลังงานไฟฟ้าชนิดของอาคาร

1. กำหนดเงื่อนไขการควบคุมโหลดจากปัจจัยที่มีผลต่อค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า
2. นำระบบการจัดการฐานข้อมูลการบริหารโหลด

1.5.3 ความรู้เบื้องต้นสำหรับจีเนติก อัลกอริทึม

1. แนวคิดการนำทฤษฎีจีเนติก อัลกอริทึมมาใช้กับประเภทของโหลด
2. นำระบบข้อมูลมาเป็นโครโมโซมเพื่อการค้นหาคำตอบ

1.5.4 กำหนดโครงสร้างและโปรแกรมสำหรับการควบคุมและจัดการพลังงานไฟฟ้า

1. โครงสร้างทางด้านฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์
2. ข้อตกลงในการสื่อสารข้อมูลและรูปแบบการเชื่อมต่อ

1.5.5 การทดสอบโปรแกรมและผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

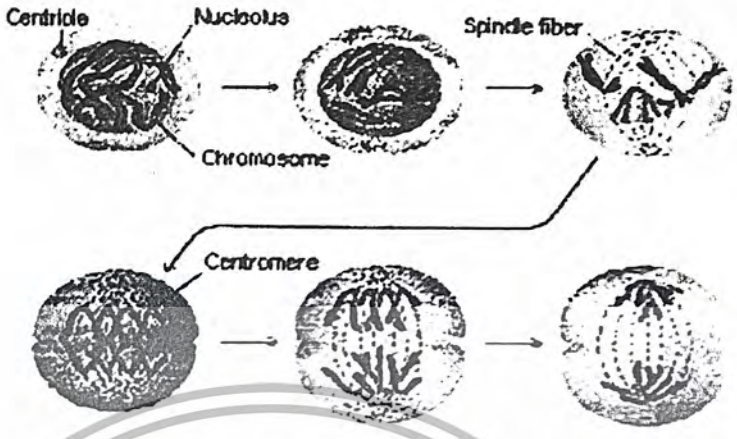
บทที่ 2
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ จีเนติก อัลกอริทึม

ในปัจจุบันนี้ปัญหาที่ต้องการคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ คอมพิวเตอร์ หรือในการทำงานต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมากมายสามารถหาคำตอบได้หลาย ๆ วิธี ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของปัญหา ความคิด เทคนิค วิธีการวิเคราะห์ปัญหานั้นๆ และความแพร่หลายในการพัฒนาศักยภาพของคอมพิวเตอร์ให้รู้จักเรียนรู้เพื่อช่วยหาคำตอบหรือช่วยตัดสินคำตอบในตอนต้นมีมากขึ้น โดยปัจจุบันนี้นักวิทยาศาสตร์ได้เริ่มนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎี หรือ กฎเกณฑ์ทางธรรมชาติมาช่วยในการศึกษาวิจัย เช่น นิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network) ฟัซซี่ลอจิก (Fuzzy Logic) เป็นต้น จีเนติก อัลกอริธึมเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่จำลองรูปแบบวิธีการทางชีววิทยา ในการกำเนิดประชากรรุ่นใหม่หรือขยายเผ่าพันธุ์ในรุ่นลูก รุ่นหลานต่อไป ซึ่งอาศัยพื้นฐานความคิดของวิวัฒนาการทางธรรมชาติถ่ายทอดลักษณะต่างๆ ทางพันธุกรรม โดยปฏิบัติตามกระบวนการทางพันธุ์ศาสตร์ เพื่อจะใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงที่สุดของปัญหาโดยคอมพิวเตอร์

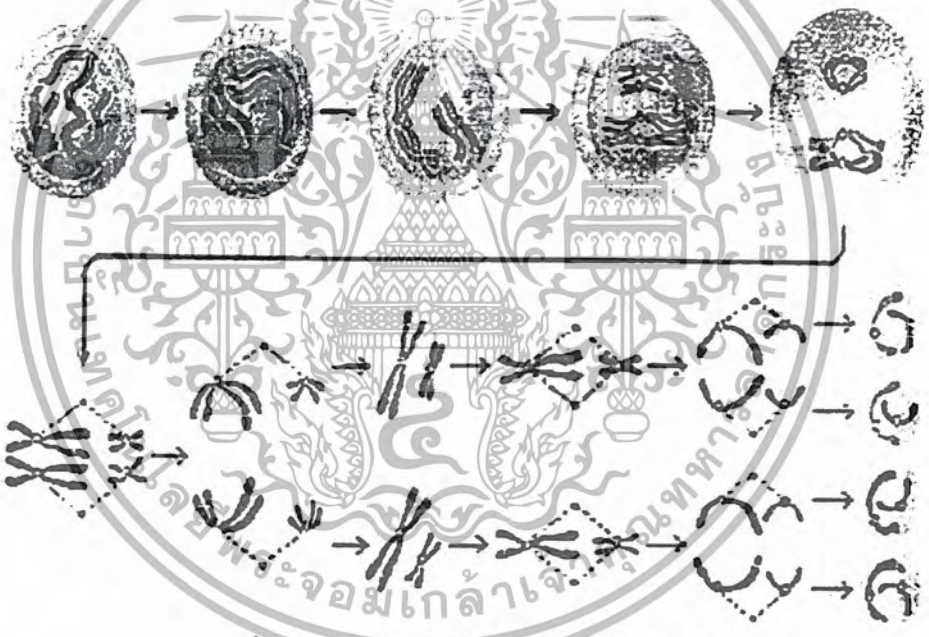
2.1 พันธุศาสตร์ทางชีววิทยา

เมลเดล (Mendel) บิดาแห่งพันธุศาสตร์ ค้นพบว่ายีนส์ (Genes) หน่วยเก็บลักษณะทางกรรมพันธุ์เป็นตัวกำหนดลักษณะภายนอก ซึ่งยีนส์หลายๆยีนส์จะเรียงตัวกันอยู่บนเส้นโครโมโซม (Cromosome) อีกทีหนึ่งในเซลของสิ่งมีชีวิตโดยจะอยู่เป็นคู่ๆแต่จะแตกต่างกันที่ค่าลักษณะต่างๆ ในแต่ละยีนส์เรียกว่าแอลลี (Allele) ซึ่งแบบต่างๆของยีนส์ที่มีแอลลีต่างกันในแต่ละตำแหน่งยีนส์เดียวกันเรียกว่า ยีโนไทป์ (Genotype) สำหรับลักษณะภายนอกที่ปรากฏออกมาให้เห็นเรียกว่าฟีโนไทป์ (phenotype) เช่น ในคนจะมีโครโมโซม 23 คู่ 46 โครโมโซม ซึ่งแต่ล่ะโครโมโซมจะประกอบด้วยยีนส์ต่างๆกันราว 1250 ยีนส์ ตัวอย่างโครโมโซมที่ 1 ในคนดังรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วยยีนส์ลักษณะสีผม สีผิว สีตา และอื่นๆอีกประมาณ 1247 ลักษณะ และโครโมโซม 1 A มีแอลลีของยีนส์ลักษณะสีผมคือ ผมสีดำ ส่วนโครโมโซม 1B มีแอลลีของยีนส์ลักษณะสีผมคือ ผมสีบรอนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.1 แสดงการเพิ่มจำนวนเซลล์

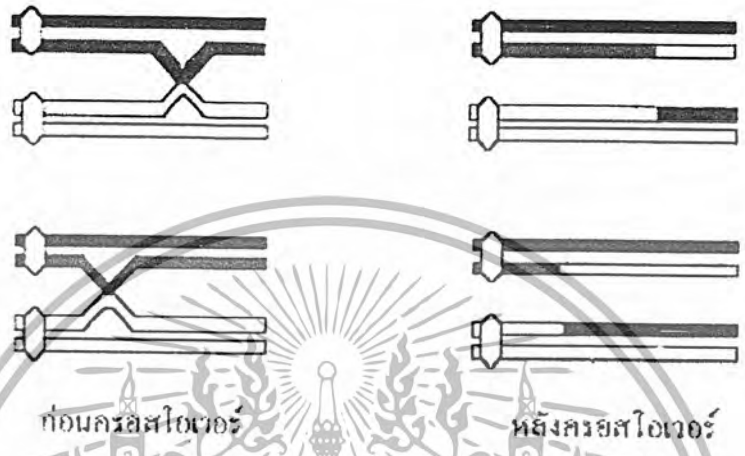


ภาพที่ 2.2 การแบ่งตัวของเซลล์ทางพันธุศาสตร์

วิธีการทางพันธุศาสตร์ในระหว่างที่เกิดการแบ่งตัวของโอไมซิสนั้น โครโมโซมจะมีโอกาศแลกเปลี่ยนส่วนบางส่วนซึ้งกันและกัน อันเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ครอสโอเวอร์ (Crossover) ของลักษณะต่างๆขึ้น ซึ่งการครอสโอเวอร์นั้นเกิดขึ้นขณะที่มีการจำลองแบบเพิ่มขึ้นและเกิดขึ้นระหว่างโครโมโซมพ่อกับโครโมโซมแม่ ไม่ใช่เกิดขึ้นระหว่างโครโมโซมพ่อกับแบบจำลอง ซึ่งการครอสโอเวอร์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะยีนส์ต่างๆของคู่โครโมโซมพ่อกับแม่ โดยเนื่องจากยีนส์แต่ละยีนส์เรียงตัวกันบนเส้นโครโมโซมนั้นไม่ได้อยู่อย่างหนาแน่น แต่มีระยะห่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลของสารโปรตีนประกอบตัวกันทางเคมี ช่องว่างระหว่างยีนส์นี้เองจะเป็นตำแหน่งที่แตกออกมาได้เวลาจะครอสโอเวอร์และแลกเปลี่ยนยีนส์ของโครโมโซมโดยส่วนที่อย่าหลังรอยแตกโดยจะถูกย้ายไปอยู่อีกโครโมโซมทั้งหมด นอกจากนี้ยังสามารถแตกอีกกี่ที่ก็ได้ ซึ่งผลนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถที่จะเชื่อมกันมากน้อยเพียงไรของช่องว่างระหว่างยีนส์ดังภาพที่ 2.3



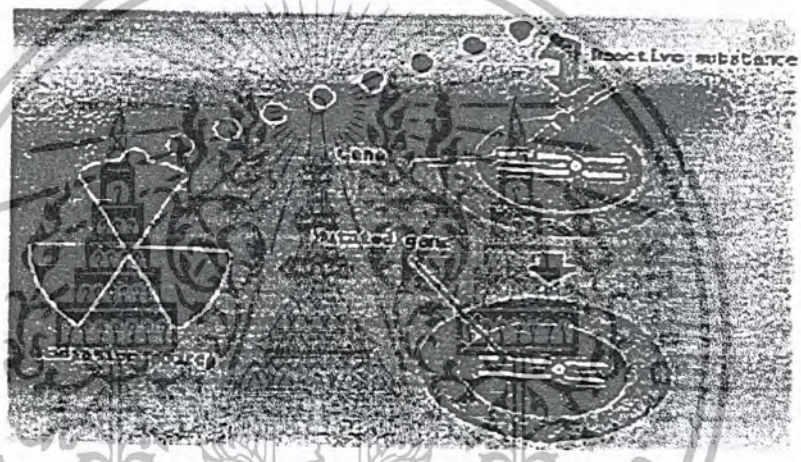
ภาพที่ 2.3 แสดงการครอสโอเวอร์ทางพันธุศาสตร์

ประโยชน์ที่เกิดจากการครอสโอเวอร์ที่เราจะเห็นได้คือทำให้มีโอกาสที่จะได้ลักษณะต่างๆ กันมาอยู่รวมกันได้หลายแบบมากขึ้น ทำให้สิ่งมีชีวิตรุ่นลูกที่เกิดขึ้นมามีความหลากหลายมากขึ้น และอาจทำให้มีโอกาสเกิดสิ่งมีชีวิตที่มีลักษณะต่างๆ ที่ดีพอเหมาะรวมอยู่ด้วยกันได้อย่างพอดี เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม ถ้าการเกิดเซลล์ใหม่โดยการถ่ายทอดโครโมโซม ไม่มีการครอสโอเวอร์แล้ว โครโมโซมใดเคยมียีนส์ลักษณะใดก็จะมีลักษณะนั้นอยู่เรื่อยๆ รุ่นลูกก็จะมีลักษณะเช่นเดียวกัน โอกาสที่สิ่งมีชีวิตนั้นจะเจริญ หรือปรับตัวให้ดีขึ้นย่อมมีได้ยากกว่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะยีนส์ใหม่หลายๆแบบมากขึ้น

ลักษณะต่างๆของสิ่งมีชีวิตจะสามารถอยู่รอดได้โดยการคัดเลือกของธรรมชาติคือคัดเลือกโครโมโซมที่มีลักษณะที่ทำให้สิ่งมีชีวิตแข็งแรงเพียงพอ หรือเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมซึ่งจะสามารถอยู่รอดและถ่ายทอดไปยังลูกหลาน ดังนั้นการคัดเลือกของธรรมชาติเพื่อถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เป็นเพียงส่วนประกอบของการเปลี่ยนแปลงสิ่งมีชีวิตเท่านั้น มิวเตชั่น (Mutation) หรือการผ่าเหล่า คือการเปลี่ยนแปลงของลักษณะยีนส์ไปจากเดิมที่ควรเป็นไปตามการถ่ายทอด ซึ่งเป็นต้นเหตุของการเกิดลักษณะที่แปลกๆ ออกไปมากมายสำหรับสิ่งมีชีวิตหนึ่งๆ ซึ่งเท่ากับเป็นการให้โอกาสธรรมชาติในการที่จะเลือกลักษณะแปลกๆมากขึ้น เนื่องจากขบวนการวิวัฒนาการโดยธรรมชาติเองนั้นช้ามาก เพราะกว่าที่ธรรมชาติจะปรับสภาพแวดล้อมให้สร้างที่มีชีวิตค่อยๆปรับตัวเองให้เหมาะสมนั้นมีโอกาสน้อยมาก การผ่าเหล่านั้นทุกลักษณะในยีนส์แต่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยีนส์ย่อมมีโอกาสที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้พอๆกัน และถ้าเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมขณะนั้นก็คงอยู่ต่อไป แต่ถ้าการเปลี่ยนแปลงเป็นลักษณะใดที่ผิดจังหวะ คือไม่เหมาะสมกับสภาพนั้นๆ ก็จะไม่ถูกคัดเลือกและหายไป ซึ่งข้อสรุปนี้ได้จากการทดลองโดยการเอายีนส์ของแบคทีเรียมาผสมกัน และจัดสภาพแวดล้อมที่ไม่อำนวยต่อการผสมกันแล้ว ยีนส์จะปรับตัวเองเพื่อเร่งขบวนการผสมพันธุ์จนได้ผลดีในรุ่นหลังๆ ตัวอย่างการผ่าเหล่าในอดีตคือการกำเนิดของปลาทองนั้น มีต้นกำเนิดของการกลายพันธุ์หรือผ่าเหล่าของปลาซิว และปัจจุบันลักษณะใหม่ที่เกิดจากการผ่าเหล่าก็ยังคงมีให้เห็นอยู่เช่น ความสามารถของเชื้อแบคทีเรียในการต้านทานต่อยาฆ่าเชื้อ หรือเซลผิดปกติอันเกิดจากกัมมันตภาพรังสีต่างๆ ซึ่งมีผลต่อสารภายในเซลทำให้ลักษณะของยีนส์ในเซลล์เปลี่ยนไป ซึ่งแสดงดังภาพที่ 2.4 เป็นต้น



ภาพที่ 2.4 แสดงการมิวเตชั่นทางพันธุศาสตร์

2.2 จีเนติก อัลกอริทึมเบื้องต้น

ในปี ค.ศ. 1975 John Holland เริ่มสนใจศึกษาทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติ (Natural Evolution) ในการกำเนิดประชากร (Population) สิ่งมีชีวิตในรุ่นต่อๆไป โดยกระบานการธรรมชาติทางชีววิทยาประกอบด้วยการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) คือสิ่งมีชีวิตใดแข็งแรงกว่าย่อมมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่านั่นหมายถึงการมีโครโมโซม ซึ่งประกอบด้วยยีนส์ต่างๆที่มีลักษณะที่ดี นั้นจะมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่า โครโมโซมที่สามารถอยู่รอดได้ก็จะถูกถ่ายทอดยีนส์ที่มี ลักษณะที่ดีเหล่านั้นไปยังลูกหลานได้มากกว่าเช่นกัน และกระบวนการทางพันธุศาสตร์ (Genetic Operation) คือการกำเนิดโครโมโซมใหม่โดยการผสมพันธ์เพื่อการถ่ายทอดยีนส์จากครอสโอเวอร์ หรือกลายพันธ์จากมิวเตชั่นจากความเชื่อในการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ ที่แสดงถึงคุณลักษณะที่เป็นอยู่ของสิ่งมีชีวิต โดยกี่ถ่ายทอดลักษณะต่างๆ บนโครโมโซมนั้นมีคุณสมบัติทั่วไปที่ยอมรับกันคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิวัฒนาการเป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากความเปลี่ยนแปลงบนโครโมโซม ที่เป็นอยู่ซึ่งแสดงลักษณะของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ

1. ธรรมชาติทางการคัดเลือกมีความสัมพันธ์กับโครโมโซม ที่แสดงถึงประสิทธิภาพของโครงสร้างที่ดี ที่จะคัดเลือกเพื่อถ่ายทอดส่วนของโครงสร้างที่ดี

2. การถ่ายทอดในขณะที่เกิดวิวัฒนาการนั้น โครโมโซมพ่อแม่ มีการแลกเปลี่ยนส่วนโครงสร้างกันเพื่อสร้างโครโมโซมลูก และเหตุผลที่ทำให้เกิดโครโมโซมลูกที่แตกต่างออกไปคือขบวนการผ่าเหล่า

3. วิวัฒนาการทางธรรมชาติมิได้เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นจากความจดจำ แต่เป็นกระบวนการที่เกิดจากโครงสร้างต่างๆในโครโมโซมที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นในขณะนั้น

Holland คิดว่าแนวความคิดจากคุณสมบัติเหล่านี้ น่าจะนำมาปรับใช้กับคอมพิวเตอร์ให้ช่วยแก้ปัญหาที่ยุ่งยากต่างๆในการหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงที่สุด เขาจึงได้ทำการวิจัยโดยการจำลอง แบบเพื่อทดลองแก้ปัญหาแบบต่างๆ โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษระบบปรับปรุงการประมวลผลเอง (self adaptive process) และเพื่อสร้างโปรแกรมระบบผู้เชี่ยวชาญ (artificial system solfware) เพื่อแก้ปัญหา โดยอาศัยแนวความคิดของระบบทางธรรมชาติ และค้นพบวิธีการใหม่ซึ่งเรียกว่า จีเนติก อัลกอริทึม

ภาพที่ 2.5 แสดงหลักการเบื้องต้นของ จีเนติก อัลกอริทึม

จากภาพที่ 2.5 แสดงหลักการเบื้องต้นในการใช้ GA แก้ปัญหา โดยจะต้องมีกี่ปรับปรุงรูปแบบปัญหาในการนำเสนอ GA ในลักษณะที่เหมาะสม เพราะ GA เป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยอาศัยการเลียนแบบการคัดเลือกทางธรรมชาติ และธรรมชาติทางพันธุกรรม โดยการรวมกันหรือสลับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ อันเป็นองค์ประกอบโครงสร้างของปัญหาที่ต้องการให้ค้นหาคำตอบที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการ ซึ่งอาศัยการสุ่ม เพื่อปรับปรุงความสามารถในการค้นหาคำตอบที่ดีขึ้น การค้นหาคำตอบจากรุ่นหนึ่งไปรุ่นถัดไปตามวิวัฒนาการทางธรรมชาตินั้น คำตอบในรุ่นใหม่เกิดขึ้นจากการสร้างความสัมพันธ์ของโครงสร้างต่างๆที่ประกอบด้วยค่าตัวแปรที่เหมาะสมดีในรุ่นก่อน ดังนั้นจึงทำให้ได้คำตอบที่ดีขึ้น จะเห็นได้ว่าวิธีการพื้นฐานของ GA เป็นแบบการสุ่ม แต่มีหลักการและประสิทธิภาพจากการค่อยเดาคำตอบใหม่จากสถิติคำตอบเดิมที่ดี ซึ่งแตกต่างจากวิธีการทั่วไปคือ

1. GA ค้นหาคำตอบภายใต้โครงสร้างของปัญหาอันเกิดจากการกำหนดรหัส (coding) รูปแบบโครงสร้างจากกลุ่มตัวแปรต่างๆของปัญหานั้น ไม่ใช่ค้นหาคำตอบจากค่าของกลุ่มตัวแปรนั้น

2. GA ค้นหาคำตอบโดยพิจารณาจากประชากรคำตอบ หรือกลุ่มคำตอบ ไม่ใช่พิจารณาจากคำตอบใดคำตอบหนึ่ง

3. GA ค้นหาคำตอบจากผลลัพธ์ของกลุ่มค่าตัวแปรที่เป็นฟังก์ชั่นเป้าหมายของปัญหา

4. GA ค้นหาคำตอบ โดยอาศัยการถ่วงน้ำหนักความเหมาะสมของแต่ละคำตอบจากกลุ่มคำตอบนั้นๆ

2.3 ฟังก์ชั่นเป้าหมายกับฟังก์ชันความเหมาะสม

การหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาของ GA มีพื้นฐานอยู่บนผลลัพธ์จากการหาคำตอบที่ผ่านมา วิธีการของ GA จะไม่พิจารณาขั้นตอนของการแก้ปัญหา แต่จะพิจารณาโดยตัดสินว่าคำตอบใหม่ที่ได้รับดีขึ้นหรือไม่หรือเป็นคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ต้องการหรือไม่ จากฟังก์ชันเป้าหมาย (Object Function : f) เนื่องจากแต่ละปัญหาจะสามารถกำหนดฟังก์ชันเป้าหมายซึ่งเป็นฟังก์ชันที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร พารามิเตอร์ เงื่อนไข หรือข้อกำหนดต่างๆของปัญหานั้นๆที่ระบุคำตอบใดคำตอบหนึ่งที่สามารถเป็นไปได้ ณ. ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เงื่อนไข หรือข้อกำหนดชุดดังกล่าว สำหรับฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function : F) เป็นฟังก์ชันที่กำหนดค่าความเหมาะสม (Fitness) ของแต่ละโครโมโซมเปรียบเสมือนค่าความสามารถในการอยู่รอดของแต่ละโครโมโซม และเป็นฟังก์ชันที่กำหนดโอกาส หรือสัดส่วนที่แต่ละโครโมโซมเหมาะสมจะถูกคัดเลือกมากน้อยเพียงใด นั่นคือฟังก์ชันความเหมาะสมจะเป็นฟังก์ชันที่แสดงถึงค่าคำตอบที่เกิดขึ้นจากชุดตัวแปรของปัญหาของโครโมโซมนั้นดีเพียงใด โดยทั่วไปแล้วเรามักใช้ฟังก์ชันเป้าหมายเป็นฟังก์ชันความเหมาะสม หรืออาจใช้ฟังก์ชันเป้าหมายที่ถูกปรับให้เหมาะสมกับการนำเสนอ GA เป็นฟังก์ชันความเหมาะสมก็ได้

2.4 รูปแบบโครโมโซม

เราทราบกันแล้วว่าวิวัฒนาการทางธรรมชาติชีววิทยานั้นเป็นความเปลี่ยนแปลงต่างๆของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นในโครโมโซมด้วย ดังนั้นจุดเริ่มต้นของการจำลองแบบทางธรรมชาติของ GA เพื่อ

เอกสารนี้เป็นสิ่งที่ได้รับการคุ้มครองลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้แก้ปัญหาจึงเริ่มจากการการมองปัญหาเทียบเท่ากับโครโมโซมชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยยีนส์ ลักษณะต่างๆซึ่งหมายถึงลำดับข้อมูลต่างๆที่จะแปลความหมายแล้วให้ค่าคำตอบของปัญหาค่าหนึ่ง การมองภาพยีนส์ของ GA ให้ถือเสมือนยีนส์ทางพันธุกรรมที่แสดงความหมายหรือเป็นตัวแทนคำตอบใดคำตอบหนึ่ง หรือลักษณะใดลักษณะหนึ่งทางกรรมพันธุ์ ในทางพันธุศาสตร์นั้น ยีนส์เป็นตัวแสดงลักษณะที่อยู่รอดในสภาพแวดล้อมขณะนั้น สำหรับ GA นั้นยีนส์เป็นตัวแสดงค่าคำตอบของปัญหาที่แปรผันไปตามการประยุกต์ใช้งาน ซึ่งโดยทั่วไปยีนส์หมายถึงตัวแปร พารามิเตอร์ เงื่อนไข หรือข้อกำหนดต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของปัญหา ดังนั้นการกำหนดรูปแบบโครโมโซมของแต่ละปัญหาโดยการแปลงตัวแปร พารามิเตอร์ เงื่อนไข หรือข้อกำหนดต่างๆให้อยู่ในลำดับของยีนส์บนโครโมโซม หรือเรียกว่าสตริง (string) อันประกอบด้วยบิท(bit) หรือเรียกว่า อักขระ (Character) ซึ่งลักษณะต่างๆ ที่เป็นได้ของแต่ละยีนส์คือค่าของบิท (bit Value) หรือค่าตัวแปร พารามิเตอร์ ต่างๆที่เป็นไปได้ และรูปแบบของค่าบิทที่จัดเรียงบนโครโมโซมคือ ยีโนไทป์ (Genotype) ที่จะแสดงถึงค่าของตัวแปร พารามิเตอร์ต่างๆ ที่เป็นไปได้ชุดหนึ่งหรือฟีโนไทป์ (phenotype) นั่นเอง การกำหนดรูปแบบโครโมโซมของปัญหาให้เป็นไปตามธรรมชาติ โดยกำหนดรหัสในรูปแบบตัวเลขหรือตัวอักษรในช่วงที่จำกัดตามค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ และประกอบรวมกันในจำนวนยีนส์หรือความยาวของโครโมโซมที่คงที่ เช่น หากต้องการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ $Y = x^2$ ที่ X เป็นจำนวนเต็มอยู่ในช่วง [0,31] แล้ว วิธีการของ GA ในการแก้ปัญหาโดยการกำหนดรูปแบบโครโมโซมจากการกำหนดรหัสตัวแปร X เป็นตัวเลขไบนารี 0 หรือ 1 จำนวน 5 ตำแหน่ง ซึ่ง X จะมีค่าตั้งแต่ 00000 ถึง 11111 เป็นค่า 0 ถึง 31 ตามต้องการเป็นต้น

2.5 วัฏจักรจีเนติก อัลกอริทึม

เมื่อกำหนดรูปแบบโครโมโซมและฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหาแล้ว GA จะสามารถประมวลผลหาคำตอบของปัญหาได้ โดยสร้างวิวัฒนาการกลุ้มคำตอบในรุ่นต่อไปตามวัฏจักรการทำงนของ GA (Genetic Algorithm Cycle) ดังรูป ซึ่งมีขั้นตอน คือ

1. สร้างประชากรโครโมโซมรุ่นเก่าตามรูปแบบโครโมโซมที่กำหนดไว้ โดยประชากรต้นกำเนิด (Initial Population) เกิดจากการสร้างชุดโครโมโซมต้นกำเนิด จากการสุ่มสร้างค่าแต่ละบิทของแต่ละโครโมโซม

2. วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมแต่ละโครโมโซม โดยถอดรหัสค่าตัวแปร พารามิเตอร์ต่างๆของแต่ละบิทในโครโมโซม และคำนวณค่าความเหมาะสมจากฟังก์ชันความเหมาะสมที่กำหนดไว้

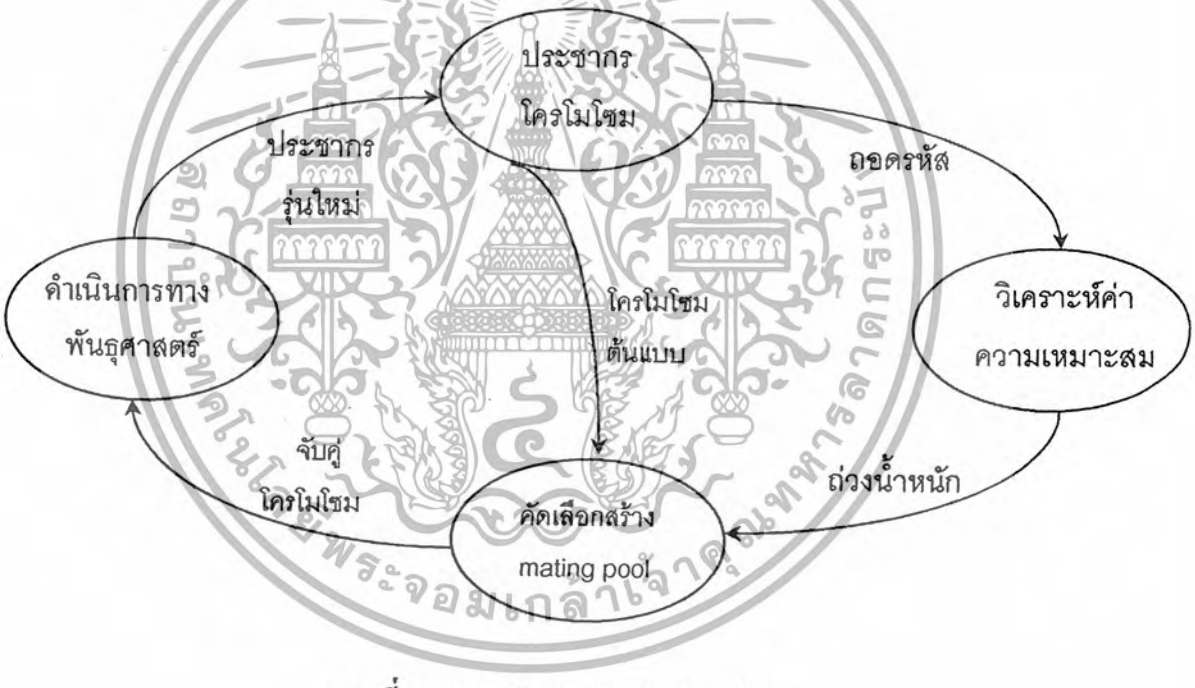
3. สร้าง mating pool คือชุดโครโมโซมต้นแบบหรือชุดโครโมโซมพ่อ แม่ ที่สามารถอยู่รอดเป็นต้นแบบ ซึ่งอาศัยการจำลองการคัดเลือกทางธรรมชาติ โดยพิจารณาถ่วงน้ำหนักจากค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม หากโครโมโซมใดมีค่าความเหมาะสมมากก็จะมีโอกาสถูกคัดเลือกเป็นต้นแบบมาก

4. ดำเนินการทางพันธุศาสตร์โดยสุ่มจับคู่โครโมโซมต้นแบบใน mating pool เพื่อสร้างประชากรโครโมโซมรุ่นใหม่ ซึ่งตัวดำเนินการทางพันธุศาสตร์ประกอบด้วย ครอสโอเวอร์ โดยการแลกเปลี่ยนค่าบิทบางส่วนของโครโมโซมซึ่งกันและกัน หรือมิวเตชั่น โดยสุ่มเปลี่ยนค่าบิทบางบิทของแต่ละโครโมโซม เป็นต้น

การค้นหาคำตอบของ GA จะประมวลผลซ้ำตามวัฏจักร GA จนกว่าจะได้รับคำตอบที่พอใจตามกฎเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หรือในระยะเวลาตามจำนวนรุ่นที่ดำเนินการที่ต้องการ ซึ่งแสดงอัลกอริทึม การทำงานของ GA ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แสดงวัฏจักรจีเนติกอัลกอริทึม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

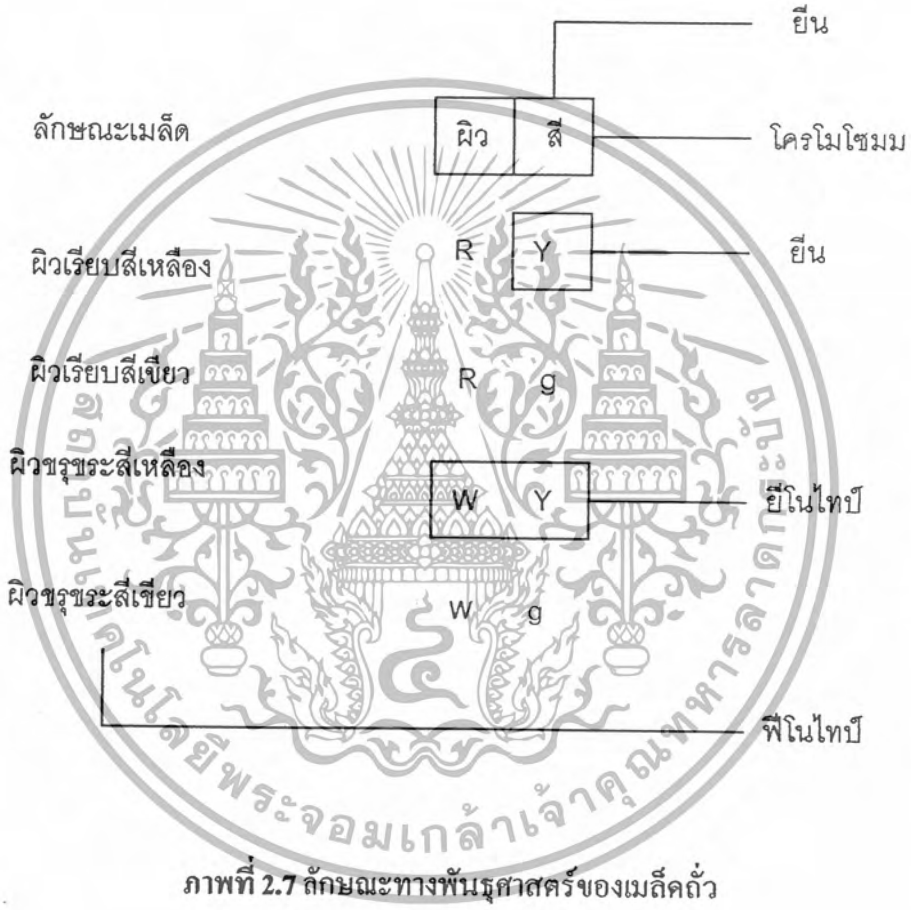
2.6 อัลกอริทึมของ Genetic Algolithm

```
BEGIN
    T:=0;
    //สร้างประชากรโครโมโซมต้นกำเนิดโดยการสุ่ม
    Initpopulation P(t);
    //ตรวจสอบเงื่อนไขความพอใจ (เช่น เวลา,ค่าความเหมาะสม เป็นต้น)
    while not terminate
    begin
        t :=t+1
        //คัดเลือกโครโมโซมต้นแบบจากประชากรรุ่นก่อน
        P'(t) :=Selectparents P(t-1);
        //แลกเปลี่ยนส่วนยีนส์ภายในโครโมโซมต้นแบบ
        Recombine P'(t);
        //มิวเตชันโครโมโซมต้นแบบ
        Mutate P'(t);
        //วิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของประชากรรุ่นใหม่
        Evaluate P'(t);
        //ประชากรรุ่นใหม่กลายเป็นประชากรรุ่นเก่าต่อไป
        p(t):=P'(t)
    end;
END.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 พันธุศาสตร์ทางชีววิทยา กับ จีเนติก อัลกอริทึม

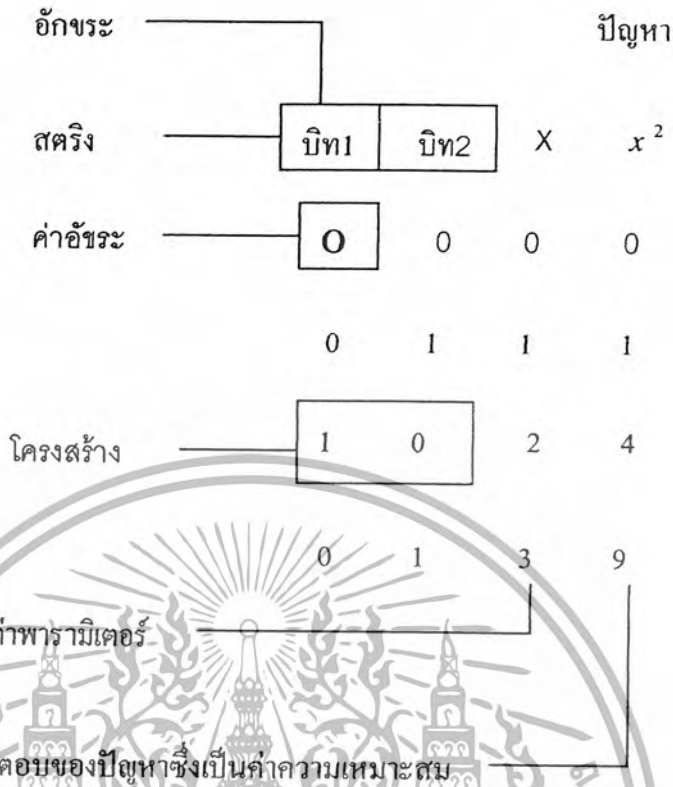
เพื่อเปรียบเทียบลักษณะโครงสร้างทางพันธุกรรม กับ จีเนติก อัลกอริทึม แล้วเรากล่าวโดยสรุปได้คือ ในทางพันธุศาสตร์ แต่ละโครโมโซม ประกอบด้วยหน่วยเก็บลักษณะ หรือยีนส์ ซึ่งเก็บค่าแสดงลักษณะ หรือ แอลอี และแต่ละแบบของชุดยีนส์เรียกว่ายีโนไทป์ ซึ่งแสดงลักษณะภายนอกที่ปรากฏเรียกว่า ฟีโนไทป์ ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของเมล็ดถั่ว

จากภาพที่ 2.7 ลักษณะทางพันธุศาสตร์ของโครโมโซมควบคุมลักษณะของเมล็ดถั่ว ซึ่งมีลักษณะผิวของเมล็ดคือ มีลัษณะเรียบ (R) หรือ ขรุขระ (W) และยีนส์ลักษณะสีของเมล็ด คือ มีสีเหลือง (Y) หรือสีเขียว (g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.8 ลักษณะทางจีเนติกอัลกอริทึมของปัญหาใน การหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ ซึ่งค่า x มีค่าอยู่ในช่วง [0,4] โดยพารามิเตอร์ x จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปไบนารีสตริง

สำหรับในทางจีเนติก อัลกอริทึม ตัวแปรหรือพารามิเตอร์ของปัญหาจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของสตริง ซึ่งมักเขียนกันว่าโครโมโซม ประกอบด้วยอักขระ หรือ บิท แต่ละตำแหน่งของโครมโมโซมที่มีค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ของปัญหาแตกต่างกัน และเป็นตัวกำหนดค่าความเหมาะสมตามฟังก์ชั่นความเหมาะสมของแต่ละปัญหา ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งสรุปความหมายเปรียบเทียบศัพท์ ที่ใช้ทางพันธุศาสตร์กับทางจีเนติก อัลกอริทึม ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงคำศัพท์ทางพันธุศาสตร์ กับทางจีเนติก อัลกอริทึม

Natural Genetic	Genetic Algorithm
chromosome	string
allele	character value,bit value
locus	string position
genotype	structure
phenotype	a decode structure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.9 แสดงไดอะแกรมการทำงานของจีเนติกอัลกอริทึมแบบง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GA ในยุคเริ่มแรกของ Holland นั้นคือ จีเนติก อัลกอริทึมแบบง่าย (Simple Genetic Algorithm : SGA) ซึ่งมีขั้นตอนพื้นฐานที่มีกระบวนการไม่มากนักและง่ายในการศึกษาความเข้าใจแต่ละขั้นตอนการทำงานของ GA เพื่อแก้ปัญหาในการหาคำตอบ แสดงไดอะแกรมดังภาพที่ 2.9 แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ขั้นเตรียมการและขั้นตอนการทำงาน

สำหรับในส่วนของขั้นเตรียมการนั้นเป็นส่วนของการปรับรูปแบบของปัญหาให้เหมาะสม สำหรับการนำเสนอ GA เพื่อใช้ในการแก้ปัญหานั้นๆประกอบด้วย

1. กำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม เพื่อความสะดวกและง่ายต่อความเข้าใจในขั้นตอนการทำงานต่างๆจะกำหนดตัวอย่างปัญหาสำหรับอธิบายรายละเอียด การหาคำตอบของ SGA คือ ปัญหาการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $y = x^2$ ที่ x มีค่าระหว่างจำนวนเต็ม $I[0,31]$

ตัวอย่าง : ฟังก์ชันเป้าหมาย คือ $f = x^2$

และกำหนดให้ฟังก์ชันความเหมาะสม คือ $F = x^2$

ซึ่งคำตอบที่ดีที่สุด คือ ค่า X ที่มีค่าความเหมาะสมสูงสุด (MAX(F))

2. กำหนดรูปแบบโครโมโซม รูปแบบโครโมโซมของ SGA นั้นเป็นแบบไบนารี โดยค่าตัวแปรหรือพารามิเตอร์ของปัญหาจะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของไบนารีโครโมโซม คือประกอบด้วยบิทที่มีค่าเป็น 0 หรือ 1 ซึ่งเป็นค่าในเลขฐานสอง และมีความยาว (Chromosome Length : lchrom) ตามแต่จะกำหนด ซึ่งแสดงด้วยสัญลักษณ์ ดังนี้

$Bi \in I[0,1]$

ตัวอย่าง : วิธีการเข้ารหัสแบบไบนารี โดยแปลงค่าพารามิเตอร์ X ให้อยู่ในรูปไบนารีบิท 5 บิท ดังนั้นโครโมโซมของปัญหาจะมีค่าอยู่ในช่วง 00000 ถึง 11111 ซึ่งเมื่อถอดรหัสจะทำให้ X มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 31 ตามที่ต้องการ

2.8 ขั้นตอนการทำงานของ SGA

2.8.1 ประชากรรุ่นเก่า (Old Population) เป็นชุดโครโมโซมที่จะถูกคัดเลือกไปเป็นต้นแบบ สำหรับสร้างประชากรรุ่นใหม่ (New Population) ในวิวัฒนาการรุ่น (Generation : GEN) ต่อไป โดยประชากรเริ่มต้นที่ gen = 0 จะถูกสร้างขึ้นโดยการสุ่มตามจำนวนโครโมโซมในแต่ละรุ่น (Population Size : popsize) ที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตัวอย่าง :

ลำดับ	โครโมโซม
1	01110
2	11001
3	01000
4	10011

ชุดโครโมโซมในรุ่นเริ่มต้นนี้เป็นชุดโครโมโซมที่กำหนดให้ในแต่ละรุ่นประกอบด้วย 4 โครโมโซม ซึ่งแต่ละโครโมโซมเกิดจากการสุ่มค่าไบนารี 0 หรือ 1 จำนวน 5 ครั้ง

2.8.2 วิเคราะห์ค่าความเหมาะสม เป็นขั้นตอนของการถอดรหัสจากรูปแบบโครโมโซมที่กำหนดไว้ เพื่อคำนวณค่าความเหมาะสมตามฟังก์ชันความเหมาะสมของปัญหาของแต่ละโครโมโซม ในที่นี้ฟังก์ชันเป้าหมายหรือฟังก์ชันความเหมาะสม คือ $F = x^2$ ดังนั้นการวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมของ SGA โดยถอดรหัสเลขฐาน 2 ของแต่ละโครโมโซมเป็นค่าของตัวแปร X และ คำนวณค่าความเหมาะสม คือค่า x^2

ตัวอย่าง :

ลำดับ	โครโมโซม	X	ค่าความเหมาะสม
1	1110	14	196
2	11001	25	625
3	1000	8	64
4	10011	19	361

ชุดโครโมโซมในรุ่นเริ่มต้นมีค่าความเหมาะสม 196 , 625 , 64 และ 361 ตามลำดับ

2.8.3 การคัดเลือก เป็นขั้นตอนที่มีการจำลองแบบการคัดเลือกทางธรรมชาติเพื่อสร้าง mating pool โดยคัดเลือกชุดโครโมโซมรุ่นเก่าให้เป็นโครโมโซมต้นแบบหรือโครโมโซมพ่อ – แม่ เพื่อใช้สร้างโครโมโซมลูกเป็นรุ่นต่อไป สำหรับการคัดเลือกของ SGA เป็นแบบอ้างอิงค่าความเหมาะสม (Fitness based Selection) โดยพิจารณาค่าความเหมาะสมเป็นตัวตัดสินว่า โครโมโซมใดในรุ่นเก่ามีโอกาสจะถูกเลือกเป็นโครโมโซมพ่อ-แม่มากน้อยเพียงใด โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมที่ดีจะถูกกำหนดน้ำหนักค่าความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกแต่ละครั้งสูง การกำหนดค่าความน่าจะเป็นที่จะถูกเลือกต่อการสุ่มเลือกแต่ละครั้ง (Probability of Selected Value : pselect) ของแต่ละโครโมโซมโดยกำหนดจากค่าความเหมาะสม เทียบกับผลรวมของค่าความเหมาะสมทั้งหมด ดังสมการที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62052

$$pselect_i = \frac{F_i}{\sum F} \qquad (2.1)$$

ซึ่งสามารถคำนวณค่าที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ (Expected Value : E) ของแต่ละโครโมโซมในแต่ละรุ่น ดังสมการที่ 2.2

$$E_i = pselect_i * popsize = \frac{F_i}{F} \qquad (2.2)$$

สำหรับวิธีการสุ่มโครโมโซมต้นแบบของ SGA เป็นแบบจำลองการหมุนวงล้อถ่วงน้ำหนัก (Roullet Wheel : RW) ซึ่งกำหนดขนาดแต่ละช่องของวงล้อนั้นตามค่าความน่าจะเป็นที่จะสุ่มได้ในแต่ละครั้งของแต่ละ โครโมโซม ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. หาค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม
2. หาค่าความน่าจะเป็นที่จะสุ่มได้ในแต่ละครั้งของแต่ละ โครโมโซม
3. หาความถี่สะสม (q) ของค่าความน่าจะเป็นของแต่ละ โครโมโซมดังสมการที่ 2.3

$$q_i = \sum_{j=1}^{i} pselect_j \qquad (2.3)$$

4. สร้างเลขสุ่มจำนวนจริง (r) มีค่าอยู่ในช่วง [0.0 , 1.0]
5. เลือกโครโมโซมลำดับที่ r ซึ่ง r มีอยู่ในช่วงระหว่าง q_{i-1} และ q_i

ตัวอย่าง :

ลำดับ	โครโมโซม	X	ค่าความเหมาะสม (F)	ค่าความน่าจะเป็น (pselect)	จำนวนที่คาดหวัง (Ei)	จำนวนที่สุ่มได้จากRW
1	1110	14	196	0.157	0.628	1
2	11001	25	625	0.502	2.008	2
3	1000	8	64	0.051	0.204	0
4	10011	19	361	0.290	1.160	1
	รวม		1246	1.000	4.000	
	ค่าเฉลี่ย		312	0.250	1.000	
	ค่าสูงสุด		625	0.502	2.008	

ตัวอย่างการกำหนดค่าความน่าจะเป็น โดยกำหนดจากค่าความเหมาะสม เทียบกับผลรวมของค่าความเหมาะสมทั้งหมด จะเห็นได้ว่าในการคัดเลือกโครโมโซมต้นแบบจาก 4 โครโมโซมนี้ โอกาสที่จะสุ่มได้โครโมโซมลำดับที่ 1 ต่อการสุ่มแต่ละครั้งเท่ากับ 0.157 และโอกาสที่จะสุ่มได้โครโมโซมลำดับที่ 2,3,4 ต่อการสุ่มแต่ละครั้งเท่ากับ 0.502 , 0.051 และ 0.290 ตามลำดับ และจำนวนโครโมโซมต้นแบบที่สุ่มได้โดยจำลองการหมุนวงล้อดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับโครโมโซม	1	2	3	4
ค่าความเหมาะสม (F)	196	625	64	361
ค่าความน่าจะเป็นที่สุ่มได้แต่ละครั้ง (pselect I)	0.157	0.502	0.051	0.29
ความถี่สะสมความน่าจะเป็น	0.157	0.659	0.71	1
สร้างเลขสุ่มในการหมุนวงล้อแต่ละครั้ง	0.333	0.844	0.456	0.128
ลำดับโครโมโซมที่ถูกเลือก	2	4	2	1

ซึ่งจำนวนที่สุ่มได้เป็นโครโมโซมต้นแบบใน mating pool ของแต่ละโครโมโซมเป็น 1 , 2 , 0 และ 1 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าโครโมโซมลำดับที่ 2 มีค่าความเหมาะสมสูงที่สุดจะมีโอกาสถูกคัดเลือกในจำนวนที่มากที่สุด ส่วนโครโมโซมลำดับที่ 3 มีคาความเหมาะสมต่ำมากจึงมีโอกาสที่จะไม่ถูกคัดเลือกเลย

2.8.4 การดำเนินทางพันธุศาสตร์ เป็นขั้นตอนที่จำลองแบบธรรมชาติทางพันธุกรรม ซึ่งตัวดำเนินการทางพันธุศาสตร์ของ SGA คือ การครอสโอเวอร์และมิวเตชั่น ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) ครอสโอเวอร์ เป็นตัวดำเนินการในการแลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซม พ่อ-แม่ ตามการกำหนดอัตราความน่าจะเป็นของการครอสโอเวอร์ (Probability of Crossover : Pc) เพื่อสร้างชุดโครโมโซมรุ่นใหม่หรือโครโมโซมลูกมีขั้นตอนการทำงาน คือ

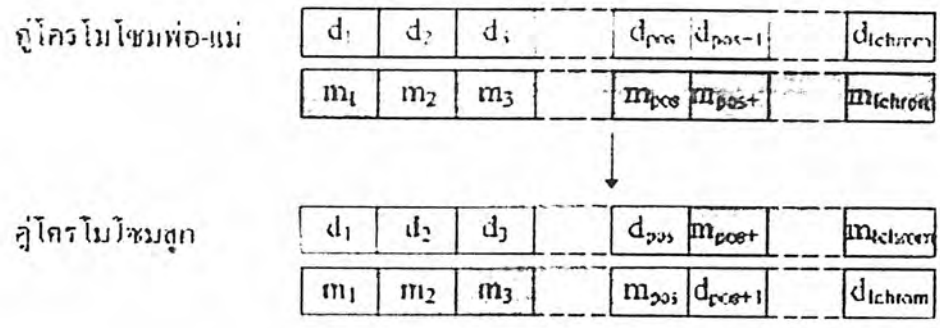
ขั้นตอนแรก : สุ่มจับคู่โครโมโซม พ่อ – แม่ ใน mating pool ที่สร้างไว้จากการคัดเลือก

ขั้นตอนที่สอง : สร้างเลขสุ่มจำนวนจริง (r) มีค่าอยู่ในช่วง [0.0 , 1.0] โดยถ้า $r \leq P_c$ แล้วโครโมโซมพ่อ-แม่ นั้นจึงมีการครอสโอเวอร์

ขั้นตอนที่สาม : ครอสโอเวอร์โดยแลกเปลี่ยนส่วนของคู่โครโมโซม พ่อ – แม่นั้นซึ่งการครอสโอเวอร์ของ SGA เป็นการครอสโอเวอร์แบบ 1 จุด (One – point Crossover) แสดงดังรูปที่ 2.9 ดังนี้

- สุ่มเลือกตำแหน่ง pos เป็นตำแหน่งที่จะครอสโอเวอร์ ซึ่ง pos มีค่าอยู่ในช่วง [I,ichrom-I]
- แลกเปลี่ยนคาในแต่ละบิทของคู่โครโมโซม พ่อ-แม่ ตั้งแต่ตำแหน่งที่ pos+1 ถึง Ichrom ซึ่งจะทำให้เกิดโครโมโซมลูกใหม่ 2 โครโมโซม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.10 แสดงการครอสโอเวอร์แบบ 1 จุด

จำนวนการครอสโอเวอร์ในแต่ละรุ่นดำเนินการขึ้นอยู่กับการกำหนดค่า P_c ซึ่งแตกต่างกันในแต่ละปัญหา เช่น ถ้าจำนวนประชากรแต่ละรุ่นเท่า popsize เท่ากับ 30 โครโมโซม และกำหนดให้ $P_c = 0.6$ แล้วจำนวนการครอสโอเวอร์ในแต่ละรุ่นเท่ากับ $P_c * (popsize/2) = 0.6 * (30/2) = 9$ ครั้ง (การครอสโอเวอร์ 1 ครั้ง เกิดจากโครโมโซม 2 โครโมโซม)

ตัวอย่าง : กำหนด $P_c = 0.5$ โครโมโซมพ่อ-แม่ใน mating pool จากการคัดเลือกครอสโอเวอร์ดังนี้

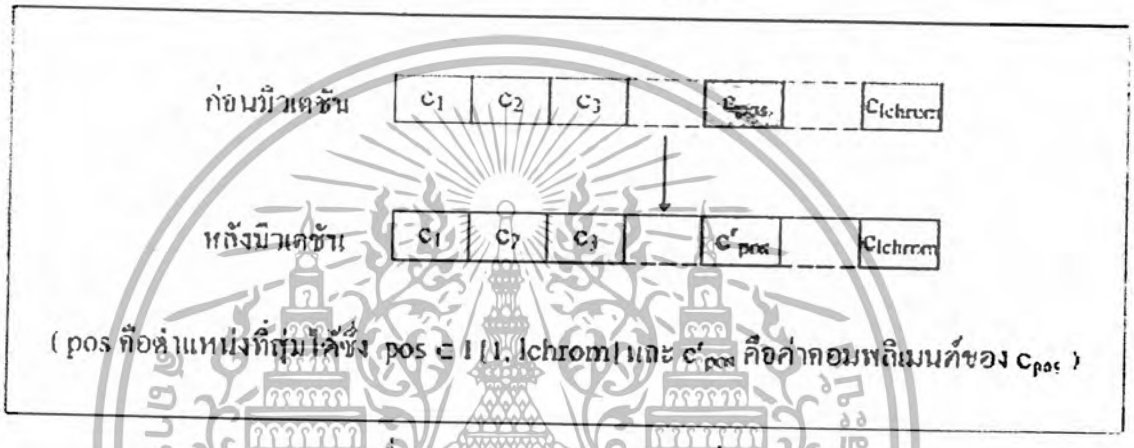
ลำดับที่คัดเลือก	mating pool	สุ่มจับคู่พ่อ-แม่	เลขสุ่ม (r)	ก่อนครอสโอเวอร์	สุ่มตำแหน่ง (pos)	หลังครอสโอเวอร์	x	ค่าความเหมาะสม (F)	ลำดับโครโมโซมลูก
2	11001	1,2	0.321	01110	2	01001	9	81	1
4	10011		≤ 0.5	11001		11110	30	*900*	2
2	11001	2,4	0.654	ไม่ครอสโอเวอร์		11001	25	625	3
1	01110		> 0.5			10011	19	361	4
	รวม							1967	
	ค่าเฉลี่ย							492	
	ค่าสูงสุด							900	

จากการสุ่มจับคู่โครโมโซมพ่อ-แม่ใน mating pool ได้โครโมโซมลำดับที่ 1 คู่กับลำดับที่ 2 และลำดับที่ 2 คู่กับลำดับที่ 4 แต่เฉพาะโครโมโซมคู่แรกจะเกิดการครอสโอเวอร์ เนื่องจากเลขสุ่ม $r \le 0.5$ ตามอัตราการครอสโอเวอร์ที่กำหนด โดยตำแหน่งในการครอสโอเวอร์ที่สุ่มได้ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$pos = 2$ จะเห็นได้ว่าโครโมโซมลูกลำดับที่ 2 ที่เกิดขึ้นหลังจากการครอสโอเวอร์มีค่าความเหมาะสมดีขึ้นกว่าโครโมโซม พ่อ-แม่ ทั้งหมดในรุ่นก่อนเป็น 900 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการจำลองแบบกระบวนการครอสโอเวอร์ตามธรรมชาติทางพันธุศาสตร์ของ SGA ช่วยสร้างคำตอบที่ดีขึ้น

2) มิวเตชั่น เป็นตัวกำหนดการผ่าเหล่าจัวหน่งที่อาจช่วยให้โครโมโซม มีค่าความเหมาะสมดีขึ้นหลังจากครอสโอเวอร์ โดยกลับค่าของบิทเป็นค่าใหม่ในตำแหน่งบิทที่สุ่มได้ ตามอัตราความน่าจะเป็นของการมิวเตชั่นในแต่ละบิท (Probability of Mutation : P_m) ที่กำหนด สำหรับการมิวเตชั่นของ SGA นั้นเป็นแบบไบนารีมิวเตชั่น (Binary Mutation) โดยกลับค่าบิทเป็นค่าคอมพลีเมนต์คือ จาก 0 เป็น 1 หรือจาก 1 เป็น 0 ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 แสดงการไบนารีมิวเตชั่น

จำนวนการมิวเตชั่นในแต่ละรุ่นขึ้นอยู่กับการกำหนดค่า P_m ซึ่งแตกต่างกันแต่ละปัญหา เช่น ถ้าจำนวนประชากรแต่ละรุ่น popsize เท่ากับ 30 โครโมโซม ซึ่งแต่ละโครโมโซมประกอบด้วย 5 บิทและกำหนดให้ $P_m = 0.02$ แล้วจำนวนการมิวเตชั่นในแต่ละรุ่นเท่ากับ $P_m * popsize * lchrom = 0.02 * 30 * 5 = 3$ บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง : กำหนด $P_m = 0.1$ ดำเนินการมิวเตชั่นโครโมโซมลูกที่ได้จากการครอสโอเวอร์ดังนี้

ลำดับ	ก่อนมิวเตชั่น	เลขสุ่ม (r)					หลังมิวเตชั่น	x	ค่าความเหมาะสม (F)
1	0 1 0 0 1	0.581	0.346	0.062	0.785	0.401	0 1 1 0 1	13	169
2	1 1 1 1 0	0.829	0.534	0.947	0.308	0.277	1 1 1 1 0	30	900
3	1 1 0 0 1	0.398	0.646	0.494	0.765	0.029	0 1 0 0 0	24	576
4	1 0 0 1 1	0.175	0.335	0.837	0.577	0.308	1 1 1 1 0	19	361
	รวม								2006
	ค่าเฉลี่ย								502
	ค่าสูงสุด								900

จากการสุ่มตำแหน่งที่จะมิวเตชั่นโดยสร้างเลขสุ่ม r ของแต่ละตำแหน่งบิทในแต่ละโครโมโซมแล้ว ตำแหน่งบิทที่ 3 ของโครโมโซมลำดับที่ 1 และตำแหน่งบิทที่ 4 ของโครโมโซมลำดับที่ 3 เป็นตำแหน่งที่ $r \le 0.1$ ตามอัตราที่กำหนดจึงเกิดมิวเตชั่น ทำให้โครโมโซมมีค่าความเหมาะสมจาก 81 และ 625 เป็น 169 และ 576 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามิวเตชั่นเป็นตัวดำเนินการที่อาจทำให้โครโมโซมมีค่าความเหมาะสมสูงขึ้นหรือลดลงได้ อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของค่าความเหมาะสมดีขึ้นจาก 492 เป็น 502 แสดงถึงการหาคำตอบ SGA โดยส่วนมากดีขึ้น และความสำคัญของการหาคำตอบของ GA นั้นเป็นความต้องการได้คำตอบโดยพิจารณาจากคำตอบที่ดีขึ้นเกิดขึ้นซึ่งจะมีโอกาสอยู่รอดเพื่อถ่ายทอดส่วนที่ดีในรุ่นต่อไป

2.8.5 ประชากรรุ่นใหม่เป็นชุดโครโมโซมลูก ที่เกิดจากขั้นตอนของวิวัฒนาการต่างๆ ทั้งหมด ซึ่งประชากรรุ่นใหม่ทั้งหมดที่เกิดขึ้น จะถูกถ่ายทอดกลายเป็นประชากรรุ่นเก่าสำหรับวิวัฒนาการในรุ่นถัดไป ซึ่งเรียกวิวัฒนาการแบบนี้ว่า การถ่ายทอดแบบทั่วไปหรือรีโพรดักชั่นแบบทั่วไป (General Reproduction) กระบวนการต่างๆจะถูกปฏิบัติซ้ำๆจนกระทั่งถึงรุ่นที่มากที่สุด (max generation : maxgen) ที่ต้องการ

การทดลองเพื่อทดสอบการทำงานของ SGA จะทอดสอบโดยใช้ในการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน $y = x^n$ ที่ x มีค่าระหว่าง $I[1,2^l - 1]$ ซึ่ง I คือจำนวนบิทของโครโมโซม ด้วยวิธีการของ SGA กำหนดให้ฟังก์ชันเป้าหมาย คือ $f = x^n$ เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์การทำงานของ SGA จึงปรับให้ค่าความเหมาะสมอยู่ในช่วง [0,1] ซึ่งคำตอบที่ดีที่สุดจะมีค่าความเหมาะสมเป็น 1 ดังนั้น

ฟังก์ชันความเหมาะสม คือ $F = \left(\frac{x}{2^l - 1} \right)^n$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบการทำงานของ SGA ในการหาคำตอบ เมื่อกำหนดให้ n=10 และกำหนดค่า SGA พารามิเตอร์คือ I = 30, popsize = 30 , maxgen = 30 , $P_c = 0.8$ และ $P_m = 0.0333$ จะเห็นว่าในรุ่นเริ่มต้น (gen = 0) ซึ่งประชากรโครโมโซมเกิดจากการสุ่มนั้นคำตอบที่ดีที่สุด คือ 0.9481 ดังรูปที่ 2.11 และผลของการหาคำตอบของ SGA ในรุ่นที่ 1 ซึ่งแสดงรายละเอียดการจับคู่โครโมโซมพ่อ-แม่ในคู่ลำดับของ parents และตำแหน่งในการครอสโอเวอร์แลกเปลี่ยนค่าบิทตั้งแต่ตำแหน่ง pos1 ที่สุ่มได้ถึง pos2 = 30 ซึ่งหาก pos1 มีค่าเป็น 1 และ pos2 มีค่าเป็น 30 นั่นหมายถึงคู่โครโมโซมพ่อ-แม่คู่นั้นไม่มีการครอสโอเวอร์ จะเห็นว่าการครอสโอเวอร์ทำให้โครโมโซมมีรการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของบิทให้คล้ายกันมากขึ้นในแบบของโครโมโซมที่ดีซึ่งมีค่าความเหมาะสมสูง และแสดงผลจำนวนการครอสโอเวอร์และจำนวนบิทที่เกิดมิวเตชั่นทั้งหมด คือ ncross และ nmutation ตามลำดับรวมทั้งสรุปผลค่าความเหมาะสมสูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ย คือ max , min และ avg ตามลำดับ ซึ่งในรุ่นที่ 1 นี้ SGA สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด คือ max เท่ากับ 0.9860 แสดงผลวิวัฒนาการของ SGA ในรุ่นที่ 6 จะเห็นได้ว่า รูปแบบโครโมโซมที่ดีเกิดมากยิ่งขึ้น และ SGA สามารถหาคำตอบได้ดีขึ้นเป็น 0.9957

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การปรับปรุงสมรรถนะ จีเนติก อัลกอริทึม

การประยุกต์ใช้ GA ในการหาคำตอบของปัญหาต่างๆนั้น ประสิทธิภาพการค้นหาคำตอบของ GA นั้นแตกต่างกัน หากปัญหาใดมีข้อกำหนด เงื่อนไขที่ซับซ้อนมากแล้ว การดำเนินการของ GA ก็จะลำบากและใช้เวลามากในการหาคำตอบ ซึ่ง GA อาจจะไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ภายในขอบเขตระยะการดำเนินการที่กำหนดได้ ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงขั้นตอนการทำงานของ GA โดยอาศัยเทคนิคการปรับปรุงสมรรถนะ GA ในส่วนของการคัดเลือกซึ่งประกอบด้วยรูปแบบการคัดเลือกต้นแบบในการสร้าง mating pool และวิธีการสุ่มโครโมโซมต้นแบบ รวมถึงในส่วนการรีโพรดักชัน

3.1 รูปแบบการคัดเลือกต้นแบบ

ปัญหาต่างๆโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การหาคำตอบของปัญหาที่ใช้ประโยชน์สูงสุด (Maximize Utility Function) และการหาคำตอบของปัญหาที่ใช้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (Minimize Cost Function) ซึ่งหากประยุกต์ใช้ GA ช่วยหาคำตอบนั้นจะเป็นการหาคำตอบที่ต้องการค่าฟังก์ชั่นเป้าหมายมากที่สุด (Maximization Objection Function : MAX(f)) และการหาคำตอบที่ให้ค่าฟังก์ชันเป้าหมายน้อยที่สุด (Minimization :MIN(f)) โดยทั่วไปฟังก์ชันเป้าหมายของปัญหาเป็นฟังก์ชันความเหมาะสมที่ให้ค่าข้อมูลดิบ (raw fitness) เป็นค่าความเหมาะสม การวิเคราะห์ค่าความเหมาะสมแต่ละโครโมโซมของ GA นั้น โครโมโซมที่ดี (best) ควรมีค่าความเหมาะสมสูง ส่วนโครโมโซมที่ไม่ดี (worst) ควรมีค่าความเหมาะสมต่ำ เพื่อเป็นตัวตัดสินใจในการคัดเลือกโครโมโซมต้นแบบของ mating pool ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับคำตอบการหาค่าสูงสุดของปัญหา แต่สำหรับการหาค่าต่ำสุดของปัญหานั้นหากฟังก์ชันความเหมาะสมแล้ว โครโมโซมที่ดีจะเป็นโครโมโซมที่มีค่าข้อมูลดิบต่ำทำให้ค่าความเหมาะสมต่ำ และโครโมโซมที่ไม่ดีจะเป็นโครโมโซมที่มีค่าข้อมูลดิบสูงทำให้ค่าความเหมาะสมสูง ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงฟังก์ชันเป้าหมายให้เป็นแบบที่ถูกต้องสำหรับการวัดประสิทธิภาพแต่ละโครโมโซมของ GA ซึ่งวิธีการปรับฟังก์ชันเป้าหมายให้เป็นฟังก์ชันค่าความเหมาะสม สำหรับการหาค่าต่ำสุดของปัญหาแสดงดังสมการที่ 3.1

$$F = f \quad \text{สำหรับ} \quad MAX(f)$$
$$1/(1+f) \quad \text{สำหรับ} \quad MIN(f) \qquad (3.1)$$

ค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซมจะถูกพิจารณาในการคัดเลือกการสร้าง mating pool ซึ่งวิธีการคัดเลือกต้นแบบโดยทั่วไปของ GA มี 2 รูปแบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 แบบอ้างอิงค่าความเหมาะสม (fitness based) เป็นรูปแบบการคัดเลือกที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 และ 3 ที่คัดเลือกโครโมโซมต้นแบบโดยวัดประสิทธิภาพของแต่ละโครโมโซมจากค่าความเหมาะสมโดยตรง คือโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูง จะมีโอกาสถูกเลือกเป็นต้นแบบมากกว่าโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมต่ำ และเนื่องจากการดำเนินการของ GA นั้น โครโมโซมในรุ่นแรกๆส่วนใหญ่เป็นโครโมโซมที่ไม่ดี แต่บางครั้งอาจมีโครโมโซมที่ดีเกินไป (Superchromosome) เกิดขึ้นซึ่งทำให้ค่าคาดหวังที่จะสุ่มได้สูงมากกว่าโครโมโซมอื่นๆมาก และทำให้โครโมโซมนั้นถูกสุ่มเป็นต้นแบบในจำนวนที่มากเกินไป อันเป็นสาเหตุให้เกิด จุดจบก่อน (Premature Convergence) คือ GA จะหาคำตอบได้ก่อนซึ่งไม่ใช้คำตอบที่ดีที่สุด หรือในกรณีการดำเนินการของ GA ในรุ่นหลังๆ โครโมโซมต่างๆเริ่มดรขึ้น ความแตกต่างของแต่ละโครโมโซมน้อยลงมาก จนทำให้ค่าคาดหวังที่สุ่มได้ของแต่ละโครโมโซมใกล้เคียงกันมาก นั่นหมายถึงจำนวนโครโมโซมจำนวนโครโมโซมต้นแบบของแต่ละโครโมโซมก็จะใกล้เคียงกัน มีผลทำให้ความสามารถในการค้นหาคำตอบของ GA นั้นลดลงจนเหมือนกับการค้นหาคำตอบแบบสุ่ม ดังนั้นควรปรับปรุงฟังก์ชันความเหมาะสมโดยปรับสัดส่วนค่าความเหมาะสม เพื่อปรับค่าคาดหวังที่จะสุ่มได้ของแต่ละโครโมโซมให้พอเหมาะมากขึ้น โดยทั่วมี 3 วิธี คือ

1.1 แบบหน้าต่าง (Windowing) เป็นวิธีการปรับค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม โดยพิจารณาจากค่าความเหมาะสมที่ไม่ดี ดังสมการที่ 3.2

$$F = f - f'_{worst} \quad \text{สำหรับ MAX(f)} \qquad (3.2)$$
$$f'_{worst} - f \quad \text{สำหรับ MIN(f)}$$

เช่นในการหาคำตอบที่ต้องการค่าสูงสุดของปัญหา ซึ่งประกอบด้วยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสม คือ 105,115,110,140 โดยกำหนด $f'_{worst} = 100$ แล้วคำนวณค่า $pselect_i$ ตามสมการที่ 2.1 และ ค่า E_i ตามสมการที่ 2.2

1.2 แบบเชิงเส้น(Linear) เป็นวิธีการปรับค่าความเหมาะสม โดยกำหนดให้โครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยจะต้องมีจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้เป็นต้นแบบเท่ากับจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ของค่าข้อมูลดิบเฉลี่ย และควบคุมค่าคาดหวังที่จะสุ่มได้โครโมโซมที่ดีที่สุดเป็นจำนวนเท่าของโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ย แล้วปรับค่าความเหมาะสมของโครโมโซมอื่นๆในลักษณะเชิงเส้นดังสมการที่ 3.3

$$F = af + b \qquad (3.3)$$

โดยที่ a,b เป็นค่าคงที่คำนวณโดยกำหนดให้ $F_{avg} = f_{avg}$

$F_{best} = C_{mult} * f_{avg}$ ซึ่ง f_{avg} คือ ค่าข้อมูลดิบเฉลี่ย

f_{best} คือ ค่าข้อมูลดิบที่ดีที่สุด

F_{avg} คือ ค่าความเหมาะสมเฉลี่ย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F_{best} คือ ค่าความเหมาะสมที่ดีที่สุด

C_{mult} คือ จำนวนเท่าของโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ย

การปรับสัดส่วนแบบเชิงเส้น GA สำหรับการหาค่าสูงสุดของปัญหานั้น จะเห็นได้ว่าการดำเนินการในรุ่นแรกๆถ้าเกิดโครโมโซมที่ดีเกินไปแล้ว จะถูกปรับสัดส่วนให้มีค่าความเหมาะสมลดลง และโครโมโซมที่ไม่ดีจะถูกปรับค่าความเหมาะสมให้สูงขึ้น ซึ่งไม่ทำให้เกิดจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้แต่ละโครโมโซม ไม่แตกต่างกันมากจนเกินไป ดังสมการ

$$a = \frac{C_{mult} - 1 * f_{avg}}{f_{best} - f_{avg}} \qquad (3.4)$$

$$b = \frac{f_{avg} * (f_{best} - C_{mult} f_{avg}}{f_{best} - f_{avg}} \qquad (3.5)$$

1.3 แบบตัดสัดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Sigma Truncation) เนื่องจากวิธีปรับสัดส่วนแบบเชิงเส้นนั้นอาจทำให้เกิดค่าความเหมาะสมที่เป็นลบในรุ่นหลังๆของการดำเนินการ ดังนั้นสามารถแก้ไขโดยตัดโครโมโซมที่แตกต่างจากโครโมโซมส่วนใหญ่ทิ้งไป ซึ่งพิจารณาจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ดังสมการ

$F = f - (f_{avg} - c\sigma)$ สำหรับ MAX(f) ถ้า F<0 กำหนดให้ F=0

$(f_{avg} - c\sigma) - f$ สำหรับ MIN(f) ถ้า F<0 กำหนดให้ F=0

โดยที่ c = จำนวนเท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่กำหนด

σ= ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรในรุ่นนั้นๆ

วิธีการปรับสัดส่วนแบบตัดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นการปรับค่าความเหมาะสมให้ลดลงเป็นระยะ C เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าความเหมาะสมเฉลี่ย ดังนั้นจึงเป็นการพิจารณาโครโมโซมที่ไม่ดีเฉพาะโครโมโซมที่ไม่แตกต่างจากโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเกินกว่าระยะ C เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งโครโมโซมที่ไม่ดีที่เบี่ยงเบนไปจากค่าความเหมาะสมเฉลี่ยมากเกินไปหรือแตกต่างจากโครโมโซมส่วนใหญ่มากๆ จะถูกตัดทิ้งโดยกำหนดให้มีคาสความเหมาะสมเป็น 0 ซึ่งจะทำให้การปรับค่าความเหมาะสมไม่มีค่าเป็นลบเกิดขึ้น สำหรับการกำหนดค่า C ที่ดีควรมีค่าอยู่ในช่วง [1.0,3.0] ขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้แต่ละปัญหา เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าสูงสุดของปัญหาซึ่งประกอบด้วยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสม คือ 900 , 615 , 320 และ 595 ซึ่งกำหนดให้ C = 1.2 แล้วปรับสัดส่วนแบบตัดส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.1.2 การคัดเลือกแบบอ้างอิงลำดับ(Ranking – based) เป็นวิธีในการคัดเลือกโครโมโซมต้นแบบเพื่อสร้าง mating pool ที่จะช่วยลดการเกิดจุดจบก่อนที่เป็นสาเหตุจากโครโมโซมที่ดีเกินไป โดยการควบคุมการจัดสรรจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ของแต่ละโครโมโซม ที่จะช่วยไม่ให้มีโครโมโซมใดถูกจัดสรรจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ในจำนวนที่มากเกินไป วิธีการของการคัดเลือกแบบอ้างอิงลำดับนั้น จะไม่พิจารณาค่าความเหมาะสมโดยตรง แต่จะกำหนดให้แต่ละโครโมโซมมีจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้จากการพิจารณาลำดับความสำคัญ (rank) ของค่าความเหมาะสมของโครโมโซมในแต่ละรุ่น หลักการกำหนดจำนวนที่คาดหวังจะสุ่มได้ควรจัดสรรในลักษณะจำนวนที่เพิ่มขึ้นตามประสิทธิภาพของค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม และผลรวมจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ควรเท่ากับจำนวนโครโมโซมที่เกิดขึ้นในรุ่นถัดไป ซึ่งโดยทั่วไปวิธีการคัดเลือกแบบอ้างอิงลำดับมี 2 วิธี คือ

2.1 แบบเชิงเส้น (Linear) เป็นวิธีการกำหนดจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ของแต่ละโครโมโซมที่กำหนดสัดส่วนจากการอ้างอิงลำดับค่าความเหมาะสม วิธีการโดยเรียงลำดับความสำคัญของโครโมโซมที่ดีที่สุดให้เป็นลำดับที่ 1 (rank 1) โครโมโซมที่ดีเกิดขึ้นกำหนดให้มีลำดับที่สูงขึ้น และกำหนดจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้โครโมโซมที่ดีที่สุดที่ต้องการ ซึ่งควรมีค่าอยู่ในช่วง [1.0 , 2.0] แล้วจึงจัดสรรจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ของแต่ละโครโมโซมในลักษณะเชิงเส้น

ดังนั้นจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ของแต่ละโครโมโซม คำนวณได้ดังสมการที่ 3.6

$$E_i = E\min + (E\max - E\min) * \frac{rank_i - 1}{popsize - 1} \qquad (3.6)$$

โดยที่ Emax คือ จำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้โครโมโซมที่ดีที่สุด

Emin คือ 2 – Emax

$rank_i$ คือ ลำดับความสำคัญของโครโมโซมที่ I

2.2 แบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) เป็นวิธีการกำหนดจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ของแต่ละโครโมโซมจากการกำหนดค่าความน่าจะเป็นที่จะสุ่มได้โครโมโซมที่ดีที่สุดมีค่าอยู่ในช่วง [0.0,1.0] โดยเรียงลำดับความสำคัญของโครโมโซมที่ดีที่สุด คือ ลำดับที่ 1 และโครโมโซมที่ไม่ดีมีลำดับสูงขึ้น ซึ่งจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้แต่ละโครโมโซมคำนวณได้ดังสมการที่ 3.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E_i = popsize * q * (1-q)^{rank_i - 1} \qquad (3.7)$$

โดยที่ $rank_i$ คือ ลำดับความสำคัญของโครโมโซมที่ 1

q คือ ค่าความน่าจะเป็นที่จะสุ่มได้โครโมโซมที่ดีที่สุดในแต่ละครั้ง

ค่า q เป็นคาที่กำหนดความน่าจะเป็นที่จะสุ่มได้โครโมโซมที่ดีที่สุดในแต่ละครั้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับการการประยุกต์ใช้ในแต่ละปัญหา เช่น หากกำหนด ให้ $q = 0.04$ ซึ่ง $popsize = 50$ และจัดลำดับความสำคัญของโครโมโซมได้เป็น (5 , 11 , 2 , ...) ดังนั้นค่า E_i ของแต่ละโครโมโซม คือ

$E_i = 50x0.04x0.96^{(5-1)} = 1.70, E_2 = 50x0.04x0.96^{(11-1)} = 1.33, E_3 = 50x0.04x0.96^{(2-1)} = 1.92, ...$

3.2 วิธีการสุ่มต้นแบบ

ในการสร้าง mating pool โดยการสุ่มเลือกโครโมโซมต้นแบบตามค่าความนาจะเป็นที่จะสุ่มได้แต่ละโครโมโซม ซึ่งควรสุ่มให้ได้จำนวนโครโมโซมต้นแบบให้ถูกต้องตามจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้แต่ละโครโมโซม โดยทั่วไปมี 3 วิธี คือ

3.2.1 จำลองแบบการหมุนวงล้อ ซึ่งเป็นวิธีการสุ่มของ GA ในยุคแรกๆที่กล่าวมาในบทที่ 2 ที่อาจทำให้จำนวนโครโมโซมต้นแบบของแต่ละโครโมโซมที่เกิดขึ้นใน mating pool นั้นคลาดเคลื่อนจากจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ของแต่ละโครโมโซมที่ต้องการ ซึ่งอาจมีผลทำให้โอกาสในการสร้างโครโมโซมที่ดีขึ้นกว่ารุ่นเก่าลดลงได้

3.2.2 สุ่มทศนิยมแบบคืนกลับ (Stochastic Remainder Sampling with Replacement : SR) เนื่องจากค่าจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ที่ต้องการมักมีค่าไม่เป็นเป็นจำนวนเต็ม ดังนั้นการเพิ่มความถูกต้องของการสุ่มในการสร้าง mating pool สามารถปรับปรุงด้วยวิธีการสุ่มทศนิยมแบบคืนกลับมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนแรก : กำหนดให้แต่ละโครโมโซมถูกจัดสรรให้เป็นโครโมโซมต้นแบบเป็นจำนวนเท่ากับค่าจำนวนเต็มของจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ของแต่ละโครโมโซม

ขั้นตอนที่สอง : mating pool ส่วนที่เหลือจะเป็นโครโมโซมที่ได้จากค่าทศนิยมของค่าจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ของแต่ละโครโมโซมนั้นด้วยวิธีจำลองแบบการหมุนวงล้อแต่ละช่วงของวงล้อกำหนดตามค่าทศนิยมนั้นๆ

3.2.3 สุ่มทศนิยมแบบไม่คืนกลับ (Stochastic Remainder Sampling without Replacement :SR W/O) ลักษณะคล้ายกับการสุ่มทศนิยมแบบคืนกลับ คือ กำหนดให้แต่ละโครโมโซมในรุ่นเก่าถูกจัดสรรให้เป็นโครโมโซมต้นแบบเป็นจำนวนเท่ากับค่าจำนวนเต็มของค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้แต่ละโครโมโซม แต่ mating pool ส่วนที่เหลือจะได้จากการสุ่มโครโมโซม เท่ากับค่าทศนิยมของคาจำนวนที่คาดหวังของแต่ละโครโมโซม

3.3 เทคนิคการรีโพรดักชัน

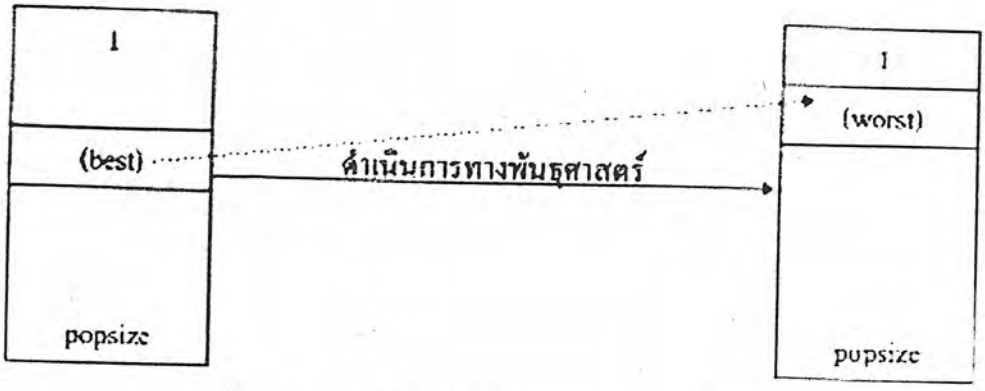
การรีโพรดักชั่น เป็นกระบวนการเกิดประชากรรุ่นใหม่ จากการถ่ายทอดโครโมโซมรุ่นเก่าที่ผ่านขั้นตอนต่างๆมีหลายวิธี คือ

3.3.1 รีโพรดักชั่นแบบทั่วไป เป็นการรีโพรดักชั่นของ GA โดยการถ่ายทอดโครโมโซมรุ่นเก่าที่ผ่านขั้นตอนต่างๆ ทั้งหมดกลายเป็นประชากรรุ่นใหม่ตามจำนวนประชากร แต่ละรุ่นที่กำหนดดังรูปที่ 4.3 ซึ่งโครโมโซมรุ่นใหม่อาจมีคำตอบที่ไม่ดีเท่าชุดโครโมโซมรุ่นเก่าเนื่องจากการดำเนินการของ GA ไม่มีการบันทึกโครโมโซมที่ดีไว้ ดังนั้นการรีโพรดักชั่นแบบนี้ อาจทำให้สูญเสียโครโมโซมที่ดีๆ ที่สามารถใช้เป็นต้นแบบในการสร้างโครโมโซมที่ดีขึ้นได้

ภาพที่ 3.1 รีโพรดักชั่นแบบทั่วไป

3.3.2 รีโพรดักชั่นโดยรักษาโครโมโซมที่ดีที่สุด (Elitism) เป็นการปรับปรุงการรีโพรดักชั่นแบบทั่วไปด้วยการรักษาโครโมโซมที่ดีที่สุดในรุ่นเก่า โดยการทำรีโพรดักชั่นแบบทั่วไปแล้วจึงคัดลอกโครโมโซมที่ดีที่สุดของรุ่นเก่ามาไว้ในรุ่นใหม่ด้วยโดยแทนที่โครโมโซมที่ไม่ดีที่สุดของรุ่นใหม่ ดังภาพที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2 รีโพรดักชั่นโดยรักษาสถานะแบบซ้ำ

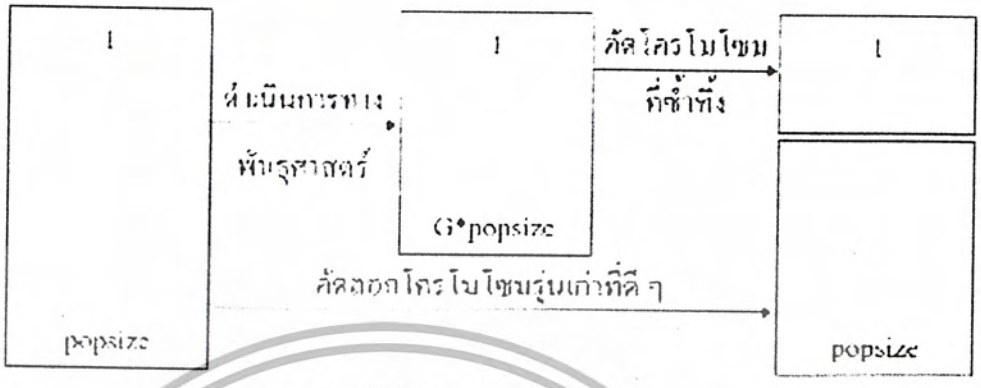
3.3.3 รีโพรดักชั่นโดยรักษาสถานะคงที่แบบซ้ำ (Steady State with Duplicate Reproduction : SS) โดยการกำหนดอัตราการสร้างโครโมโซมรุ่นใหม่ (Generation Gap : G) โดยที่ 0 <G<1 สำหรับการกำหนดค่า G ที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับแต่ละปัญหา [10] ซึ่งจำนวนโครโมโซมที่จะถูกสร้างขึ้นใหม่โดยผ่านขั้นตอนต่างๆจะเท่ากับ *popsize* * *G* (ถ้า G = 1 คือ การรีโพรดักชั่นแบบทั่วไป) และโครโมโซมส่วนที่เหลือเกิดจากการคัดลอกกลุ่มโครโมโซมที่ดีในรุ่นเก่าตามลำดับความสำคัญของโครโมโซม ซึ่งจะทำให้โครโมโซมต่างๆที่ดีในรุ่นเก่ามีโอกาสอยู่รอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่ง เพื่อเป็นโครโมโซมต้นแบบได้มากขึ้นดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 แสดงรูปแบบการรีโพรดักชั่นโดยรักษาสถานะแบบซ้ำ

3.3.4 รีโพรดักชั่นโดยรักษาสถานะคงที่แบบไม่ซ้ำ (Steady State without Duplicate Reproduction : SS W/O) เนื่องจากมนการดำเนินการของ GA นั้น โครโมโซมรุนใหม่ที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนต่างๆแต่ละโครโมโซมนั้นมีโอกาสเป็นโครโมโซมที่เหมือนกันหรือซ้ำกับโครโมโซมรุ่นเก่าได้ นั่นคือจำนวนที่คาดหวังว่าจะสุ่มได้ของโครโมโซมนั้นจะเพิ่มขึ้นทวีคูณตามจำนวนที่เหมือนกันหรือซ้ำกัน ซึ่งทำให้ GA จะต้องใช้เวลาดำเนินการกับโครโมโซมที่ซ้ำกันเหล่านั้นตลอด ดังนั้นการรีโพรดักชั่นโดยรักษาสถานะคงที่แบบไม่ซ้ำจะช่วยให้การค้นหาคำตอบของ GA เกิดรูปแบบโครโมโซมต่างๆมากขึ้น วิธีการคล้ายกับการรีโพรดักชั่นโดยรักษาสถานะคงที่แบบซ้ำคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รักษากลุ่มโครโมโซมที่ดีในรุ่นเก่าและตัดโครโมโซมที่เกิดขึ้นใหม่ที่ซ้ำกับโครโมโซมรุ่นเก่าที่คัดลอกมา



ภาพที่ 3.4 แสดงรูปแบบการรีโพรดักชั่นโดยรักษาสถานะแบบซ้ำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ความรู้เบื้องต้นสำหรับการบริหารพลังงานไฟฟ้า

4.1 ประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าและองค์ประกอบค่าไฟฟ้า

4.1.1 ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้แบ่งประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 7 ประเภท ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าต่าง ดังนี้ 12 kV , 24 kV , 33 kV และ 69 kV เพื่อให้ได้สอดคล้องกับการทำโครงงาน จึงขอยกข้อกำหนดอัตราค่าไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าดังนี้

1) ประเภทที่ 1 บ้านพักอาศัย ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ของศาสนาต่างๆตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

2) ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัยอุตสาหกรรม และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หรืออื่นๆตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

3) ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย ใน 15 นาที ที่สูงสุดตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังไฟฟ้าเฉลี่ย ๓ เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

4) ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป เหนือมีปริมาณการใช้พลังไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

5) ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการโรงแรม และกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

6) ประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์ที่ไม่แสวงหาผลกำไร สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารส่วนราชการส่าวนท้องถิ่น ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 1,000 กิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน และองค์กรที่ไม่ใช่ส่วนราชการ แต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริหาร โดยไม่คิดค่าตอบแทน รวมถึงสถานที่ใช้ประกอบศาสนกิจตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่รวมถึงหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

7) ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของส่วนราชการ กลุ่มเกษตรกรที่ทางราชการรับรอง หรือสหกรณ์เพื่อการเกษตร โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

4.1.2 อัตราค่าไฟฟ้า

ในแต่ละประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ได้จำแนกรายละเอียดอัตราค่าไฟฟ้า ของแต่ละกิจการดังนี้ คือ

ก) อัตราปกติ : คิดค่าไฟฟ้าเท่ากันตลอด 24 ชั่วโมงของทุกๆวัน

ข) อัตรา TOU (Time of Use) : คิดค่าไฟฟ้าออกเป็น 2 ช่วงเวลาดังนี้

On Peak : เวลา 09.00 – 22.00 น. วันจันทร์ – วันศุกร์

Off Peak : เวลา 22.00 – 09.00 น. วันจันทร์ – วันศุกร์

Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันเสาร์ – วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการ ไม่คิดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า

ค) อัตรา TOD (Time of day) : คิดค่าไฟฟ้าออกเป็น 3 ช่วงเวลาของทุกๆวันดังนี้

Partial Peak : เวลา 08.00 – 21.30 น. ทุกวัน คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่เกินจากช่วง On Peak

On Peak : เวลา 18.30 – 21.30 น. ทุกวัน

Off Peak : เวลา 21.30 – 08.00 น. ของทุกวัน (ไม่คิดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า)

รายละเอียดอัตราค่าไฟฟ้าแต่ละประเภทแสดงไว้ในภาคผนวก ก.

4.1.3 องค์ประกอบค่าไฟฟ้า

องค์ประกอบค่าไฟฟ้าในโครงงานนี้ ขอยกตัวอย่างผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1 คือ กิจการขนาดกลาง ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ 22 กิโลวัตต์ มีอัตราค่าไฟฟ้าดังตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงอัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3.1.2

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
3.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	175.7	1.6600
3.1.2 แรงดัน 22 - 33 กิโลโวลท์	196.26	1.7034
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	221.5	1.7314

องค์ประกอบค่าไฟฟ้าจากใบแจ้งนี้ค่าไฟฟ้า ดังภาพที่ 4.1 จะประกอบด้วย

1) ค่าไฟฟ้าต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (บาท/หน่วย) หรือ (บาท/หน่วย)

2) ค่าไฟฟ้าต่อความต้องการกำลังไฟฟ้า (บาท/หน่วย)

3) ค่าไฟฟ้าผันแปร หรือ Ft (บาท/หน่วย)

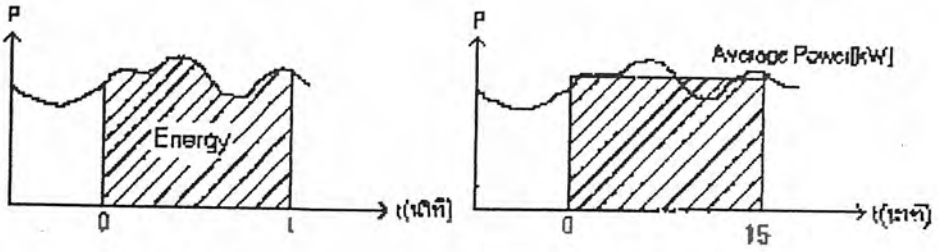
ภาพที่ 4.1 แสดงใบแจ้งนี้และองค์ประกอบค่าไฟฟ้า

จากใบแจ้งนี้พบว่า ค่าไฟฟ้าต่อความต้องการกำลังไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์) จะสูงกว่าค่าไฟฟ้าต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (บาทต่อหน่วย) เนื่องจากไม่มีการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจการแห่งนี้ ทำให้ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าที่วัดได้สูง ดังนั้นองค์ประกอบตัวนี้ (ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า) จึงเป็นปัจจัยที่ทำให้ต้องปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า(Demand)

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า คือค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลา 15 นาที



ก) ข

ภาพที่ 4.2 แสดง ก) แสดงค่าพลังงานไฟฟ้า ข) แสดงค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้า

จากภาพที่ 4.2 ก) พื้นที่ใต้เส้นโค้งของกำลังไฟฟ้า คือค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในช่วงเวลา t นาที ค่าพลังงานไฟฟ้า(Energy) สามารถหาได้จากสมการที่1 ถ้าเอาพลังงานฟ้าที่ได้หารช่วงเวลา t ที่ใช้ไป ดังสมการที่2 ก็จะได้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใต้เส้นโค้งช่วงเวลานั้นๆ โดยกำหนดให้ช่วงเวลา t = 15 นาที ก็จะได้ค่าเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใต้เส้นโค้งช่วงเวลานั้นๆ โดยกำหนดให้ช่วงเวลา t=15นาที ก็จะได้เฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าที่ช่วงเวลา 15 นาที นั้นคือค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า(Demand) ดังแสดงในภาพที่ 4.2

$$E = \int_0^t P(t)dt \qquad (4.1)$$

$$P_{(average)} = \frac{E}{t} \qquad (4.2)$$

เมื่อ E คือ พลังไฟฟ้า (WHr.)

P(t) คือ กำลังไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับเวลา (kW)

$P_{(average)}$ คือ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยช่วงเวลา t = 15นาที (kW)

T คือ ช่วงเวลาที่พิจารณา 15 นาที(นาที)

การหาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า(Demand) สามารถทำได้ดังนี้

1) การจดค่าจากเครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า(kWHr-Meter)
2) การหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยทุกๆ 15 นาที
3) อุปกรณ์วัดค่า Demand หรือ Digital Power Meter,Demand Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การหาค่า Demand ด้วยวิธีจดค่าจาก kWHr-Meter

การหาค่า Demand ด้วยวิธีนี้จำเป็นต้องอาศัยมนุษย์เข้ามาช่วย ทำได้โดยการจดบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในช่วงเวลา 15 นาที ทุกๆ15 นาที แล้วนำหน่วยที่ได้ไปคูณ 4 ดังสมการที่ 3 ก็จะได้ความต้องการกำลังไฟฟ้า(Demand)

$$\text{Demand} = \text{Energy}_{(15\text{นาที})} \times 4 \qquad (4.3)$$

เมื่อ Demand คือค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า(kW)

Energy คือค่าพลังงานที่ใช้ไปในช่วงเวลา15 นาที (kWHr)

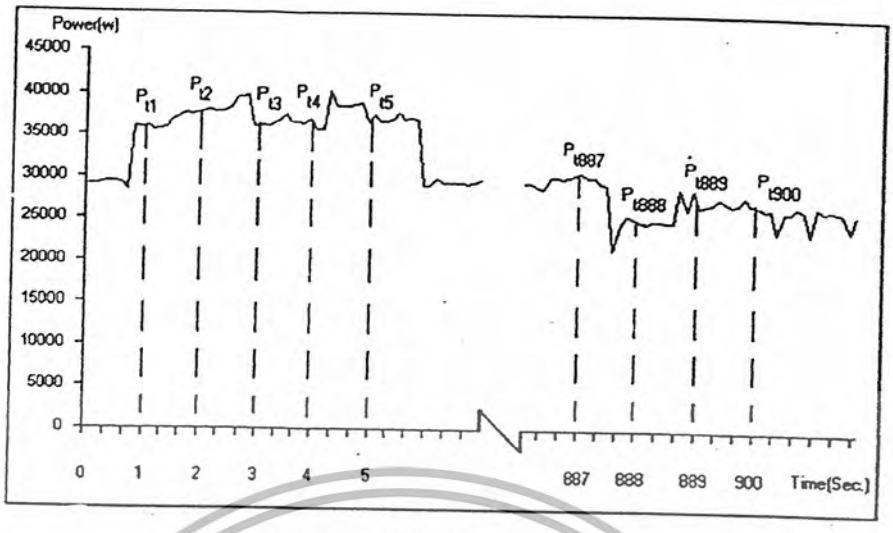
ตารางที่ 4.2 แสดงวิธีการหาค่า Demand ด้วยการจดค่าจาก kWHr – Meter

เวลา	หน่วยที่อ่านได้ (kWHr)	หน่วยที่ใช้ไป (kWHr)	Demand = kWHr x 4(kW)
0:00	125	.....	.....
0:15	255	130=(255-125)	520=130 x 4
0:30	384	129=(384-255)	516=129 x 4
0:45	550	166=(550-384)	664=166 x 4
1:00	724	174=(724-550)	696=174 x 4

4.2.2 การหาค่า Demand ด้วยการเฉลี่ยกำลังไฟฟ้าที่ใช้ทุกๆ15นาที

การหาค่า Demand ด้วยวิธีนี้อาจต้องใช้มนุษย์บันทึกค่าจากเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าเป็นระยะ แล้วทำการพอร์ตกราฟแนวโน้มของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ แล้วมาทำการคำนวณหาค่า Demand ในแต่ละช่วงเวลา 15 นาที ซึ่งการคำนวณค่า Demand จากการใช้มนุษย์และคอมพิวเตอร์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.4 และ 4.5 โดยมีหลักการดังภาพที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 แสดงค่าDemand ด้วยการเฉลี่ยค่ากำลังไฟฟ้า

$$Demand = \frac{P_{t1} + P_{t2} + \ldots + P_{tn}}{T} \quad (4.4)$$

หรือค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (Demand) เท่ากับ

$$Demand = \frac{P_{t1} + P_{t2} + \ldots + P_{t900}}{900\,\text{sec}} \quad (4.5)$$

เมื่อ Demand คือ ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (คิดที่เป็นช่วงเวลาเท่ากับ 15 นาที)

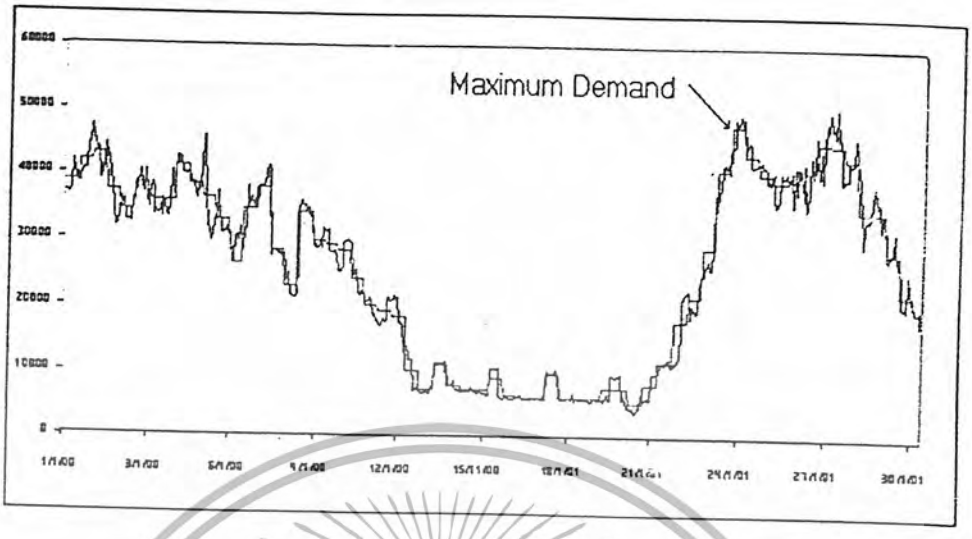
T คือ ช่วงเวลาของการคิดค่า Demand เท่ากับ 15 นาที หรือ 900 วินาที

P_t คือ ค่ากำลังไฟฟ้าที่เวลาใดๆในช่วงเวลา

4.2.3 ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด(Maximum Demand) คือค่า Demand ที่สูงที่สุดในรอบ 1 เดือน ดังแสดงในภาพที่ 4.4 ค่า Maximum Demand นี้จะถูกนำไปคิดเป็นค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าในใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า โดยที่ค่า Maximum Demand จะถูกบันทึกไว้ด้วยอุปกรณ์วัด Demand ของการไฟฟ้าเอง เมื่อครบเวลาของการจดมิเตอร์ พนักงานของการไฟฟ้าจะทำการ Reset ค่า Maximum Demand ให้เป็น 0 เพื่อเริ่มบันทึกใหม่ในเดือนต่อไป ดังนั้นถ้าผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าลงได้ ก็จะทำให้ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าลดลงได้เช่นกันอีกทั้งยังช่วยประหยัดพลังงานภายในประเทศได้อีกทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 แสดงเส้นแนวโน้มของค่า Maximum Demand

4.2.4 ทำไมต้องควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า

เนื่องจากค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าเป็นปัจจัยหนึ่งที่บอกได้ว่า ผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการใช้กำลังไฟฟ้ามากน้อยเพียงใด ทำให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตต้องเพิ่มกำลังการผลิตไฟฟ้าหรืออาจสร้างโรงไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นให้เพียงพอกับความต้องการของผู้ใช้ไฟฟ้า เป็นผลทำให้ต้นทุนการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าขึ้นตาม ดังนั้นถ้าลดค่าความต้องการไฟฟ้าลง ด้วยวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าหรือควบคุมการใช้กำลังไฟฟ้าไม่ให้มากเกินไป จะช่วยให้ลดค่าใช้ด้านพลังงานไฟฟ้าและลดต้นทุนการผลิตต่อหน่วยได้ ดังตัวอย่างที่ใช้พิจารณาการใช้ไฟฟ้า 2 แบบ ที่มีความแตกต่างระหว่างค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า เทียบกับค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้านี้

ก) พิจารณาการใช้ไฟฟ้าแบบที่1

ถ้าอาคารแห่งหนึ่งมีการใช้กำลังไฟฟ้า 24 ชั่วโมง เท่ากันตลอดทั้งเดือน ดังภาพ สามารถคำนวณค่าไฟฟ้ารายเดือนได้ดังนี้

เมื่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 500kW× 24ช.ม.×30วัน = 360,000 หน่วย

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า = 500 kW

ค่า Ft. = 21.12 ส.ต./หน่วย

ค่ากำลังไฟฟ้าต่อหน่วย=360,000หน่วย× 1.7034บาท/หน่วย = 613,224 บาท

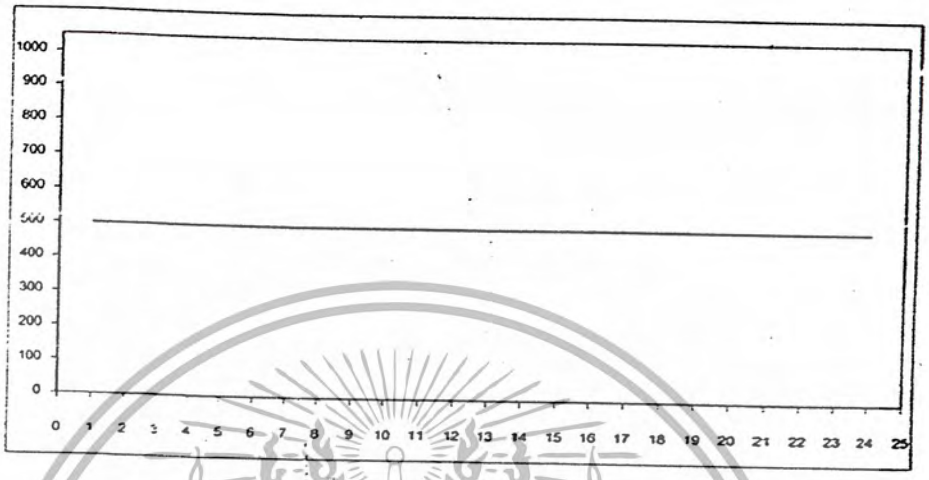
ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า=500kW× 196.26บาท/kW = 98,130 บาท

ค่า Ft. = 360,000หน่วย× 0.2612บาท/หน่วย = 940,032 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวม=613,224 + 98,130 + 940,032 = 805,386 บาท

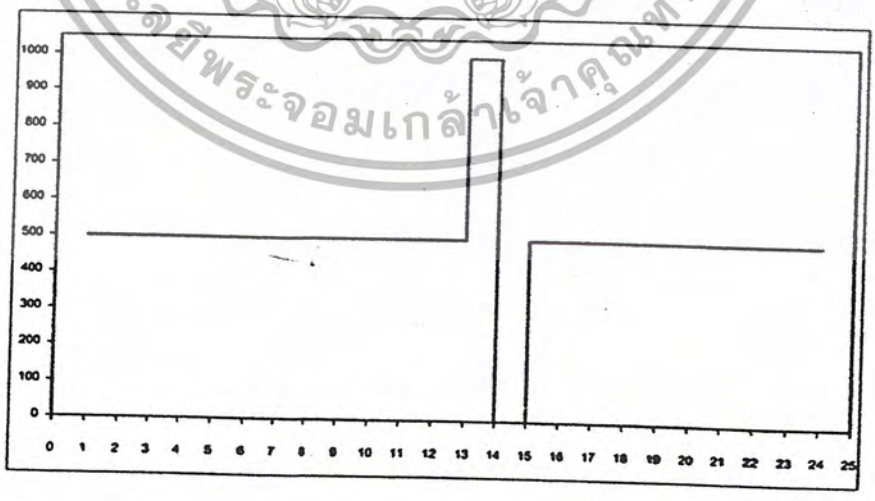
ฉะนั้นราคาไฟฟ้าต่อหน่วย = 805,386 / 360,000 = **2.23 บาท/หน่วย**



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าที่มีกำลังไฟฟ้าเท่ากันตลอด

ข) พิจารณาการใช้ไฟฟ้าแบบที่ 2

ถ้ามีอยู่หนึ่งวันของเดือนมีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด 1,000 kW และวันหนึ่งไม่มีการใช้กำลังไฟฟ้าเลยคือต่ำที่สุด 0 kW ดังภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงการใช้ไฟฟ้าทีมีค่าความต้องการสูงสุดแตกต่างกัน 100 kW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ:พลังงานไฟฟ้าที่ใช้=(500kW×24ช.ม.×28วัน)+(1,000kW×24ช.ม.×1วัน)+(0kW×24ช.ม.×1วัน)
= 360,000 หน่วย

ค่าความต้องการไฟฟ้า = 1,000 kW

ค่า Ft. = 26.12 ส.ต./หน่วย

ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย = 360,000หน่วย×1.7034บาท/หน่วย = 613,224 บาท

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า = 1,000kW ×196.26บาท/kW = 196,260 บาท

ค่า Ft. = 360,000 หน่วย ×0.2612 บาท/หน่วย = 94,032 บาท

รวม = 613,224 + 169,260 + 94,032 = 876,516 บาท

ฉะนั้นราคาไฟฟ้าต่อหน่วย = 876,516 / 360,000 = **2.43 บาท/หน่วย**

จากการพิจารณาค่าไฟฟ้าของการใช้ทั้ง 2 แบบ จะเห็นว่าค่าไฟฟ้าแบบที่ 2 มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าแบบที่ 1 เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าแบบที่ 2 มีค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงกว่าแบบที่ 1 ดังนั้นจึงแสดงให้เห็นว่าทำไมต้องมีการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า ไม่ให้มีค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบเดือนสูงเกินไป ทั้งนี้ค่าการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะต้องไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของผู้ใช้ไฟฟ้า หรือระบบการผลิต ตัวแปรที่จะบอกถึงค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของช่วงเวลาที่แน่นอน หรือเรียกตัวประกอบโหลด

4.3 ตัวประกอบโหลด และการปรับปรุงตัวประกอบโหลด(Load Factor)

ตัวประกอบโหลดคือค่าอัตราส่วนของกำลังฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ในช่วงเวลาที่แน่นอนช่วงหนึ่งๆ ต่อค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของช่วงเวลานั้นๆ ค่าตัวประกอบโหลดคือ คือดรรชนีที่ชี้ว่าเมื่อไหร่จึงมีการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า(Demand) และเป็นตัวแสดงถึงประสิทธิภาพการทำงานของโหลดโดยรวม ในอาคารหรือโรงงานนั้นซึ่งบอกค่าเป็นเปอร์เซนต์ดังแสดงในสมการ 6

$$\text{Load Factor} = \frac{\textit{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้งานในช่วงเวลาที่แน่นอน}}{\textit{กำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลาที่แน่นอน}} \times 100\% \qquad (4.6)$$

4.3.1 การหาค่าตัวประกอบโหลดจากใบเสร็จหรือใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า

เมื่อพิจารณาใบเสร็จรับเงินหรือใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า ที่ประกอบด้วยค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้และค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด สามารถหาค่าตัวประกอบโหลดได้ดังสมการที่ 7

$$\text{Load Factor}_{(\text{รายเดือน})} = \frac{\textit{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้}_{(1\text{เดือน})}}{\textit{ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด}_{(1\text{เดือน})} \times 24\text{ชม.} \times 30\text{วัน}} \times 100\% \qquad (4.7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือหาค่าตัวประกอบรายวันได้จากข้อมูลบันทึกการใช้กำลังไฟฟ้ารายวัน ซึ่งด้วยค่าพลังงานไฟฟ้าและความต้องการไฟฟ้าสูงสุดใน 1 วัน ดังสมการที่ 4.8

$$\text{Load Factor}_{(\text{รายวัน})} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้}_{(24Hr)}}{\text{กำลังไฟฟ้า สูงสุด}(24Hr)\times 24Hr.} \times 100\% \qquad (4.8)$$

4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวประกอบโหลดกับค่าความต้านทานกำลังไฟฟ้า

จากสมการตัวประกอบโหลดแสดงให้เห็นว่าตัวประกอบโหลด จะแปรผกผันกับค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า ซึ่งแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของตัวประกอบโหลด กับ ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าดังนี้

ก) พิจารณาการใช้ไฟฟ้าแบบที่ 1 ดังภาพที่ 4.5

เมื่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ใน 1 เดือน = 360,000 kWHr.

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า = 500 kW.

จากสมการที่ 4.7 สามารถหาตัวประกอบโหลดดังนี้

$$\text{Load Factor} = \frac{360{,}000kWr.}{500kW\times 24Hr.\times 30day} \times 100\% = 100\%$$

ข) พิจารณาการใช้ไฟฟ้าแบบที่ 2 ดังภาพที่ 4.6

เมื่อพลังงานไฟฟ้าใช้ใน 1 เดือน = 360,000kWHr.

ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า = 1,000 kW

จากสมการที่ 4.7 สามารถหาค่าตัวประกอบโหลดได้ดังนี้

$$\text{Load Factor} = \frac{360{,}000kWHr.}{1{,}000kW\times 24Hr.\times 30dey} \times 100\% = 50\%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาการใช้ไฟฟ้าทั้ง 2 แบบ จะเห็นว่าค่าตัวประกอบโหลดจะลดลงเมื่อค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงบอกได้ว่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้ได้ผลดีนั้นจะต้องเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดของระบบไฟฟ้าในอาคารหรือโรงงานขึ้น ซึ่งจะมีแนวทางการปรับปรุงโหลดหลายแนวทาง การปรับปรุงตัวประกอบโหลดของระบบไฟฟ้าในอาคารหรือโรงงาน ให้ได้ประสิทธิภาพนั้นจะมีค่าตัวประกอบโหลดมาตรฐานเป็นตัวเปรียบเทียบ ก่อนทำการปรับปรุงตัวประกอบโหลด

4.3.3 ตัวประกอบโหลดมาตรฐาน

ตัวประกอบโหลดมาตรฐานเป็นข้อมาตรฐานเป็นข้อกำหนดจากการตั้งข้อสมมุติฐานของการใช้ไฟฟ้า ซึ่งใช้เป็นตัวเปรียบเทียบค่าตัวประกอบโหลดของอาคารหรือโรงงานที่ต้องการปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลดของตนเอง โดยที่มาของตัวประกอบโหลดมาตรฐานหาจาก

สมมติให้โรงงานแห่งหนึ่งมีการใช้ไฟฟ้าคงที่ตลอดทั้งวัน 24 ชั่วโมง และใน 1 อาทิตย์ทำงานแค่ 6 วัน ฉะนั้นจึงมีเวลาทำงานประมาณ 80 % สำหรับเปรียบเทียบกับอาคารหรือโรงงานที่ต้องการปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลด

ในบางกรณีก็ไม่สามารถใช้ค่าตัวประกอบมาตรฐานมาเปรียบเทียบได้ เนื่องจากว่าในอาคารหรือโรงงานบางแห่งไม่สามารถลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีความจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าในขณะนั้น แต่จะอาศัยระยะเวลาค่อยๆในการปรับลด

4.3.4 แนวทางการปรับปรุงตัวประกอบโหลดด้วยวิธีควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า

สำหรับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคารและโรงงาน ด้วยการปรับปรุงตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้นเป็นแนวทางที่นิยมกระทำมากที่สุด สามารถทำได้โดยการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดของระบบไฟฟ้าลงด้วยวิธีการต่างๆ เช่น

1) วางแผนการทำงานของโหลด โดยพยายามลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลง
2) กำหนดเวลาการทำงานของโหลดไปไว้ในช่วงเวลาที่เหมาะสม เพื่อลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
3) หลีกเลี่ยงการเดินโหลดที่มีขนาดใหญ่พร้อมๆกันหลายตัว และเป็นเวลานานๆ
4) ใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น มอเตอร์ประสิทธิภาพ
5) ใช้เครื่องคุมโหลดอัตโนมัติ เมื่อค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงกว่าที่กำหนด

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าเกี่ยวกับระบบรวมในอาคาร โดยการปรับปรุงคาตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้น จะทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลงได้ นอกจากนี้ยังช่วยการวางแผนการผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วิธีควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

การควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า คือ การควบคุมการใช้โหลดไม่ให้ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเกินที่กำหนดไว้ พร้อมกับการปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลดของระบบไฟฟ้าด้วย การควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าให้ได้ผลดี จำเป็นต้องรู้ข้อมูลของโหลดที่นำมาควบคุม เช่น ขนาดพิกัด สภาพการใช้งาน (ทำงานตลอดเวลา ทำบ้างหยุดบ้าง ทำเป็นระยะๆเป็นต้น) แล้วจึงนำข้อมูลเหล่านั้นมาพิจารณาใช้ในการควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้การควบคุมได้ผล

4.4.1 แนวทางในการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

การควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า ควรจะมีการรวบรวมข้อมูลของโหลดต่างๆ ก่อนเพื่อจัดทำรายการแสดงรายละเอียดของโหลด จัดกลุ่มให้เป็นหมวดหมู่ เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบ และค้นหา สำรวจการใช้งาน การใช้กำลังไฟฟ้า สภาพการทำงาน ระยะเวลาในการทำงาน เงื่อนไขการเริ่มหรือหยุดการทำงาน คำนวณหาค่าตัวประกอบโหลดในการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า โดยพิจาณาตัวประกอบโหลดรายเดือนและหลายวัน ทั้งหมดนี้นำไปสู่แนวทางการลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดนี้

1) พิจารณาการย้ายเวลาทำงานของโหลด ไปอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

2) พิจารณาลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าของโหลดบางชนิดลง

3) หลีกเลี่ยงการเดินเครื่องต่อเนื่อง สำหรับโหลดที่มีขนาดใหญ่หลายๆตัวพร้อมๆกันในช่วงเวลา 15 นาที

4) พิจารณาเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติในการตัดต่อโหลด

5) พิจารณาใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติในการตัดต่อโหลด

4.5 วิธีควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

วิธีการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้ 2 วิธี คือ

1.ใช้มนุษย์ควบคุมการเปิด-ปิดโหลด

2.ใช้อุปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิดโหลด

4.5.1 การควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าด้วยมนุษย์

การควบคุมค่าความต้องการไฟฟ้าด้วยมนุษย์ หรือ การควบคุมเปิด-ปิดโหลดด้วยมนุษย์สามารถทำได้ 2 รูปแบบคือ

1) การควบคุมโหลดตามเวลา ในรูปแบบนี้จะกำหนดเวลาการทำงานของโหลดเอาไว้เมื่อถึงเวลาที่พนักงานที่รับผิดชอบจะทำการควบคุมเปิด-ปิดโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

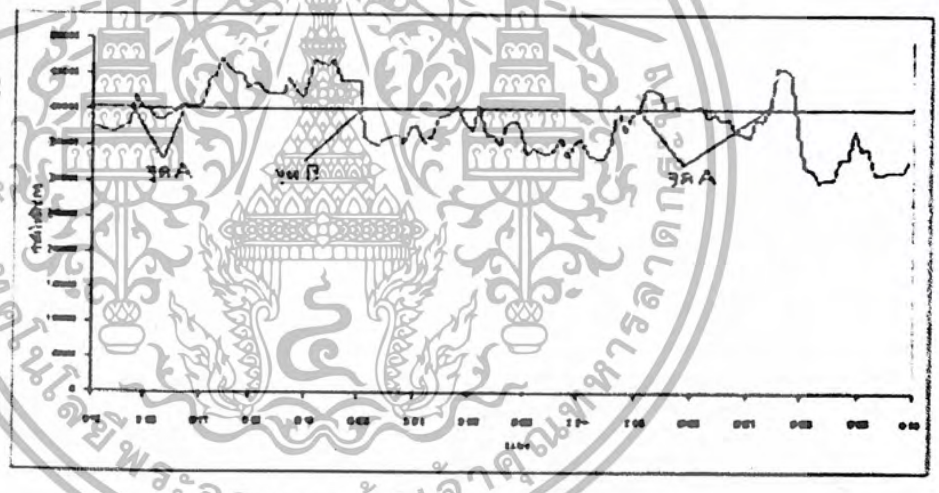
2) การควบคุมจากสัญญาณเตือน ในรูปแบบนี้จะติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือวัดตามต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเอาไว้เมื่อค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงกว่าที่กำหนดไว้ อุปกรณ์วัดจะส่งสัญญาณเตือนเพื่อให้พนักงานรับผิดชอบทำการควบคุมการเปิด-ปิดโหลด

4.5.2 การควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าด้วยอุปกรณ์ควบคุม

การใช้อุปกรณ์ควบคุมสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

1) การควบคุมโหลดด้วยเวลา อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมอย่างๆ เช่น Timer หรือเครื่องควบคุมแบบตรรกที่ใช้โปรแกรมได้ (PLC) โดยการตั้งเวลาเปิด – ปิด โหลดจาก Timer หรือ PLC

2) การควบคุมโหลดด้วยค่ากำลังไฟฟ้า (kW) อุปกรณ์ที่นำมาใช้อย่างเช่น Digital Power Merter ,PLC และคอมพิวเตอร์ การควบคุมโหลดจะเกิดขึ้นเมื่อ ค่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้สูงกว่ากำลังไฟฟ้าที่วัดได้สูงกว่ากำลังไฟฟ้าที่กำหนดไว้ในอุปกรณ์ หรือในโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 4.7 แสดงแนวโน้มวิธีการควบคุมด้วยค่ากำลังไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การจัดการ การใช้พลังงานระบบไฟฟ้าด้วย GA

5.1 การติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องควบคุมที่โปรแกรมได้ PLC

5.1.1ข้อตกลงในการติดต่อสื่อสาร(โปรโตคอล : protocols)

ในการสื่อสารข้อมูลต้องมีกฎหรือข้อกำหนดในการสื่อสารข้อมูล หรือที่นิยมเรียกว่า โปโตคอล (Protocols) ซึ่งเป็นส่วนที่จะกำหนดมาตรฐานในการควบคุมและจัดการระบบการสื่อสารข้อมูล สำหรับรายละเอียดที่กล่าวจะเกี่ยวข้องเฉพาะในส่วนของโปรโตคอลการควบคุมเชื่อมโยงข้อมูล (Data Kink Control Protocols หรือ DLCP) ซึ่งจัดการในส่วนของขั้นตอนและหลักการต่างๆคือโครงสร้างและรายละเอียดข้อมูล วิธีในการสื่อสารข้อมูลการตรวจสอบแก้ไขได้ไขความผิดพลาดของข้อมูล และ ขบวนการในการควบคุมการติดต่อสื่อสาร โดย DCLP แบ่งได้ตามโครงสร้างของข้อมูล 2 แบบ คือ Byte – Oriented Protocols และ Bit – Oriented Protocols

1.ไบท์โอเรียนโปรโตคอล (Byte – oriented protocols) โปรโตคอลแบบนี้เป็นโปรโตคอลที่การสื่อสารข้อมูล และการควบคุมการทำงาน โดยใช้ลักษณะข้อมูลที่เป็นตัวอักษร (character) หรือไบท์ หรือ อาจเรียกว่า character Oriented Protocols ซึ่งแบ่งออกเป็น

1.1 อะซิงโครนัสโปรโตคอล (Asynchronous protocol) โปรโตคอลในการสื่อสารข้อมูลนี้จะใช้การสื่อสารข้อมูลแบบ Half – Duplex ที่มีลักษณะการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส ซึ่งเป็นการสื่อสารข้อมูลแบบพื้นฐานที่ใช่งานมาเป็นเวลานานแล้ว จึงมีรายละเอียดและขั้นตอนในการสื่อสารข้อมูลที่ทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้น้อยและยังมีข้อดีที่ การสื่อสารข้อมูลแบบนี้ในโครงสร้างการทำงานที่ง่าย อุปกรณ์ที่ใช้ในการสื่อสารข้อมูลก็ไม่สลับซับซ้อน และมีราคาถูก โปรโตคอลแบบนี้จึงเหมาะสำหรับใช้ในระบบขนาดเล็ก

1.2 ไบนารีซิงโครนัสโปรโตคอล (Binary synchronous protocols) โปรโตคอลแบบนี้จะมีลักษณะการทำงานที่ใช้งานข้อมูลเป็นลักษณะไบท์ และยังคงใช้ในการสื่อสารข้อมูลแบบซิงโครนัส มีรายละเอียดและขั้นตอนในการสื่อสารข้อมูลที่ให้ความน่าเชื่อถือมากกว่า อีกทั้งยังสามารถใช้สามารถใช้อัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลที่สูงกว่าโดยตัวอย่าง ของการสื่อสารข้อมูลแบบนี้ที่ได้กำหนดเป็นมาตรฐานแล้วคือ การสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐาน BSC (Binary Synchronous Communication) ซึ่งเป็นโปรโตคอลที่มีลักษณะของข้อมูลแบบไบท์ที่ได้รับความนิยมนำไปใช้งาน

2.บิตโอเรียนท์โปรโตคอล (Bit – oriented protocols) โปรโตคอลแบบนี้เป็นโปรโตคอลที่มีการสื่อสารข้อมูล และ การควบคุมการทำงานจะทำโดยใช้ลักษณะข้อมูลที่เป็นบิต โดยมีตัวอย่างของการสื่อสารข้อมูลในลักษณะนี้ที่มีการกำหนดขึ้นเป็นมาตรฐานแล้ว คือ HDLC (High – level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Data Link Control) โดยมีโครงสร้างของข้อมูลแบบ ซิงโครนัส เช่นเดียวกับ BSC แต่ต่างกันที่มีลักษณะของข้อมูลเป็นแบบบิทซึ่งโปรโตคอลแบบนี้ มีข้อดีที่สามารถสื่อสารข้อมูลแบบสองทางได้ทำให้การสื่อสารข้อมูลได้เร็วกว่า แต่โปรโตคอลแบบนี้ก็มีรายละเอียด และโครงสร้างในการสื่อสารข้อมูลที่สลับซับซ้อนมาก ทำให้การควบคุมการทำงานได้ยากและต้องใช้อุปกรณ์ที่มีราคาสูง จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งานกับระบบขนาดเล็ก

5.1.2 แพ็กเก็ท (Packet of Information)

รูปแบบของแพ็กเก็ทในระบบโครงข่ายจะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

HEADER จะประกอบด้วย

-Preamble or start of packet indicator เป็นส่วนเริ่มแรกของแพ็กเก็ท และในบางระบบอาจใช้ในการซิงค์กับสัญญาณของนาฬิกาของตัวส่งและตัวรับด้วย

-Control information ส่วนนี้เป็นข้อมูลที่บอกถึงวัตถุประสงค์ของแพ็กเก็ทนั้นว่าใช้ทำอะไรเช่นเพื่อการจัดการระบบเพื่อดู Status ของ mode หรืออื่นๆ

นอกจากส่วนต่างๆเหล่านี้แล้ว ในส่วน Header อาจจะมีส่วนที่เป็น Sequential Number เป็นส่วนที่บอกให้ทราบถึงลำดับของแพ็กเก็ท ในกรณีที่ข้อมูลมีความยาวหลายแพ็กเก็ท

INFORMATION

-Data field เป็นส่วนของข้อมูลจริงที่ต้องการจะส่ง

TAILER

-Frame Check Sequence (FCS) เป็นส่วนที่ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลซึ่งอาจเป็น parity bit , Check sum หรือ CEC เป็นต้น

-End of Packet Indicator เป็นส่วนที่บอกให้ทราบว่าสิ้นสุดของข้อมูลแล้ว

5.1.3 การควบคุมความผิดพลาดในการส่งข้อมูล (Error Control)

การที่วงจรส่งข้อมูลขาดชั่วขณะ และผลกระทบต่อสัญญาณรบกวน (Noise) ทำให้ระดับแรงดันไฟฟ้าลดลงเป็นผลให้เกิดความผิดพลาดในการส่ง ดังนั้นต้องทำการค้นหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งข้อมูลและแก้ไขความผิดพลาดให้ถูกต้อง

วิธีการเพิ่มบิทเข้าไปที่ข้อมูล (Parity Bit) เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่มี 2 วิธี

1.วิธี Parity แนวนอน

วิธีจะเพิ่ม 1 บิทเข้าไปที่แต่ละตัวอักษรที่จะส่งโดยจะกำหนดว่าเป็นการตรวจสอบแบบ Odd หรือ Even Number แล้วผลรวมของข้อมูลจะเป็น Odd Number ที่ด้านรับจะทำการตรวจสอบว่าผลรวมของข้อมูลจะเป็น Odd Number หรือ Even Number

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.วิธี Parity แนวตั้ง

วิธีจะตรวจสอบความผิดพลาดโดยการเพิ่ม 1 บิทเข้าไปในแต่ละบล็อก

01101101	1	
01100110	0	
10111010	1	
10010111	1	
00101001	1	Parity แนวนอน
00010110	1	
10101110	1	
11110010	1	
01000101	1	
Parity แนวตั้ง		

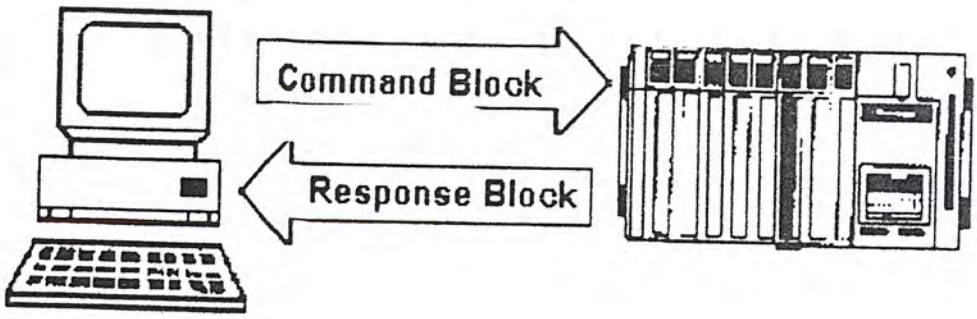
5.1.4 วิธีการใช้ FCS :Frame Check Sequence

สำหรับข้อมูลอันหนึ่งจะสร้าง Error Inspection Sign (CRC Sign) ขนาด 2 Byte ที่คำนวณได้บนพื้นฐานของกฎที่กำหนดไว้ แล้วเพิ่มเครื่องหมายไปที่ข้อมูลอันนั้นที่ด้านรับจะตรวจสอบข้อมูล โดย Inspection Sign ได้กำหนดไว้โดยสูตรการคำนวณที่เหมือนกัน (Blast Error ความผิดพลาดของข้อมูลที่ต่อเนื่อง) ก็สามารถตรวจสอบได้ ทำให้มีความน่าเชื่อถือสูง

5.2 ข้อตกลงในการสื่อสารของเครื่องควบคุม PLC/PC

รูปแบบของข้อตกลงในการสื่อสารของเครื่องควบคุม PLC/PC โดยทั่วไป มีรูปแบบเป็นไบท์โอเรียนโปรโตคอล (Byte – oriented protocol) แบบอะซิงโครนัสโปรโตคอล (Asynchronous protocols) จะเป็นลักษณะการถามตอบกันระหว่างเครื่องควบคุมกับอุปกรณ์ภายนอกซึ่งอุปกรณ์ภายนอกมักจะเป็นฝ่ายถามก่อน โดยการส่งบล็อกคำสั่ง (Command Block) ออกไปจากนั้นเครื่องควบคุมจะทำการตรวจสอบแล้วส่งบล็อกตอบสนองกลับมา (Response Block)

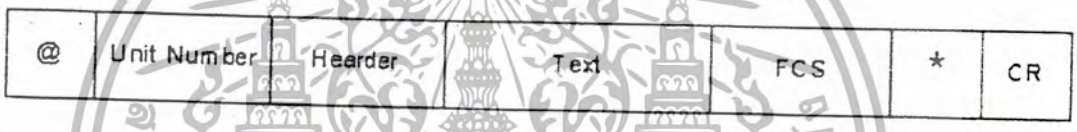
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.1 แสดงการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับเครื่องควบคุม PLC/PC

5.3 รูปแบบของบล็อก (Block Format)

ลักษณะของเครื่องควบคุม PLC/PC ใช้พื้นฐานดังนี้



ภาพที่ 5.2 แสดงรูปของบล็อก

1. หมายเลขเครื่อง ในการเชื่อมต่อที่เป็นโครงข่ายแบบหลายจุดนั้น เครื่องควบคุมที่เชื่อมต่ออยู่ในระบบจะมีมากกว่า 1 เครื่อง การกำหนดว่าต้องการส่งข้อมูลให้ดับเครื่องควบคุมตัวใด

2. ส่วน HEADER เป็นส่วนจองคำสั่งหลักที่จะกำหนดว่าต้องการกระทำกับข้อมูลส่วนใด

3. ส่วน TEXT เป็นส่วนของข้อมูล

4. ส่วนของ FCS เป็นส่วนของการควบคุมความผิดพลาดของข้อมูลซึ่งได้จากการคำนวณ

5. ส่วนของ TERMINAL เป็นส่วนที่ปิดท้ายบอกให้ทราบว่าจบบล็อก และมักจะติดตามด้วนรหัสของ Carrier Return (CR)

FCS หรือ Frame Check Sequence เป็นสิ่งที่ใช้ในการตรวจสอบของความผิดพลาดของการสื่อสาร เป็นการแปลงข้อมูล 8 บิต เป็น 2 ตัว อักษรข้อมูล ASCII แล้วนำมาทำการจับคู่ EXCLUSIVE – OR (XOR) โดยเริ่มจาก @ จนถึงตัวอักษรตัวสุดท้ายของ TEXT การคำนวณ FCS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 การคำนวณ FCS

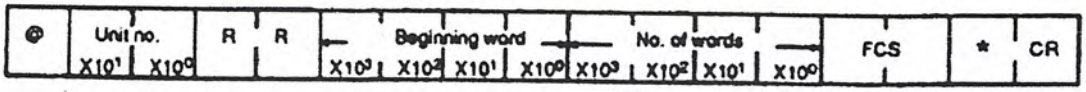
อักษร	รหัส (ASCII BINARY)		HEX
@	0100	0000	[40]
0	0011	0000	[30]
0	0011	0000	[30]
R	0101	0010	[52]
R	0101	0010	[52]
0	0011	0000	[30]
0	0011	0000	[30]
3	0011	0011	[33]
0	0011	0000	[30]
0	0011	0000	[30]
0	0011	0000	[30]
0	0011	0000	[30]
2	0011	0010	[32]
FCS	0100	0001	[41]

จากตารางที่ 5.1 การคำนวณเป็นโปรโตคอลในการอ่านข้อมูลในพื้นที่ของ IR เวิร์ดที่ 30 จากเครื่องควบคุมหมายเลขที่ 00 จำนวน 2 เวิร์ด ผลของการคำนวณได้คือ 41h

5.4 รูปแบบการอ่านและเขียนข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับเครื่องควบคุม PLC/PC

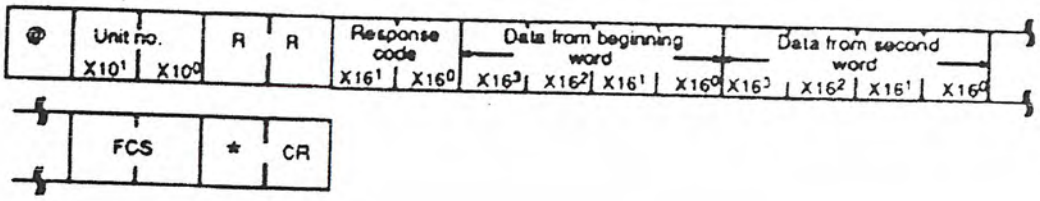
5.4.1 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ IR

Command Format



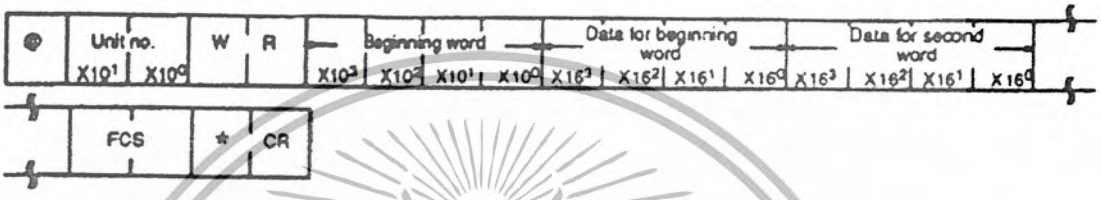
Response Format

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

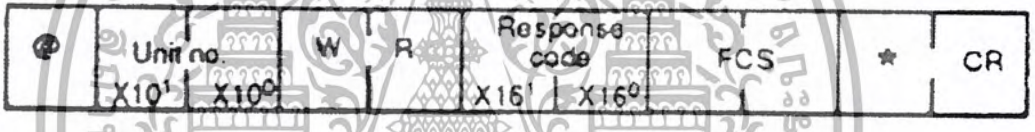


5.4.2 การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ IR

Command Format

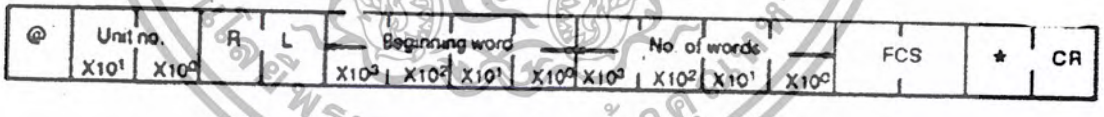


Response Format

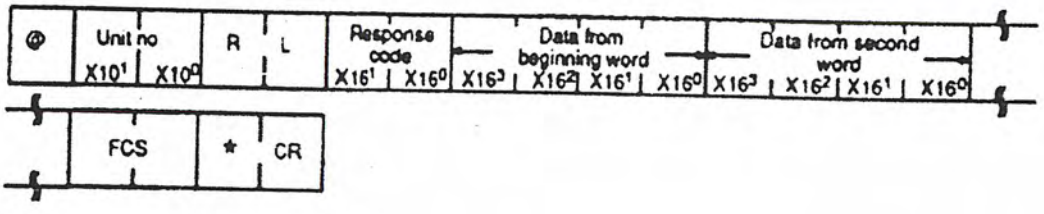


5.4.3 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ LR

Command Format



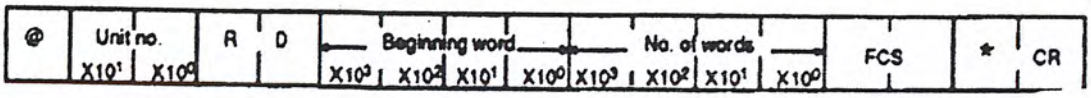
Response Format



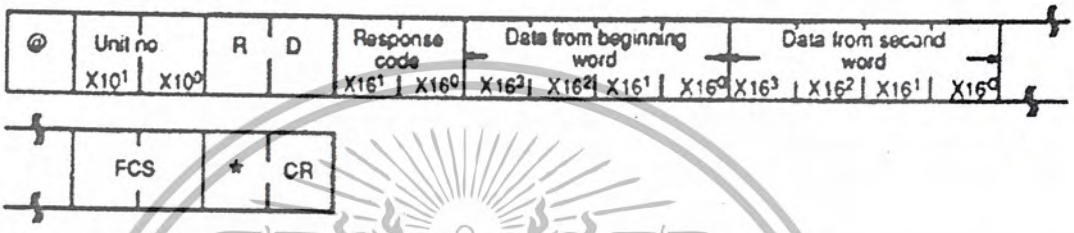
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.4 การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ DM

Command Format

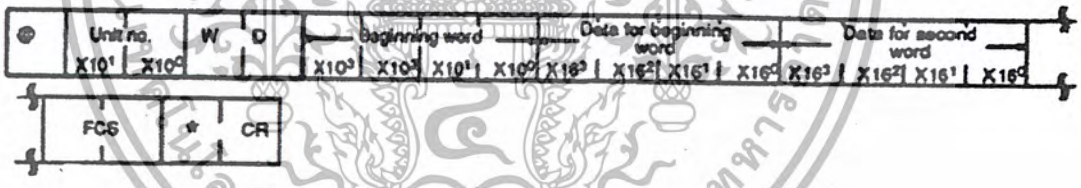


Response Format

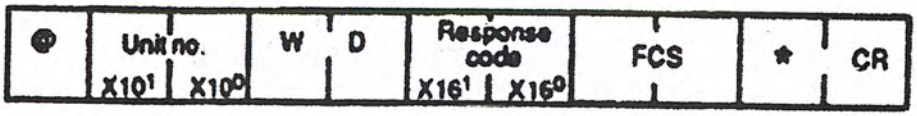


5.5.5 การเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ DM

Command Format



Response Format

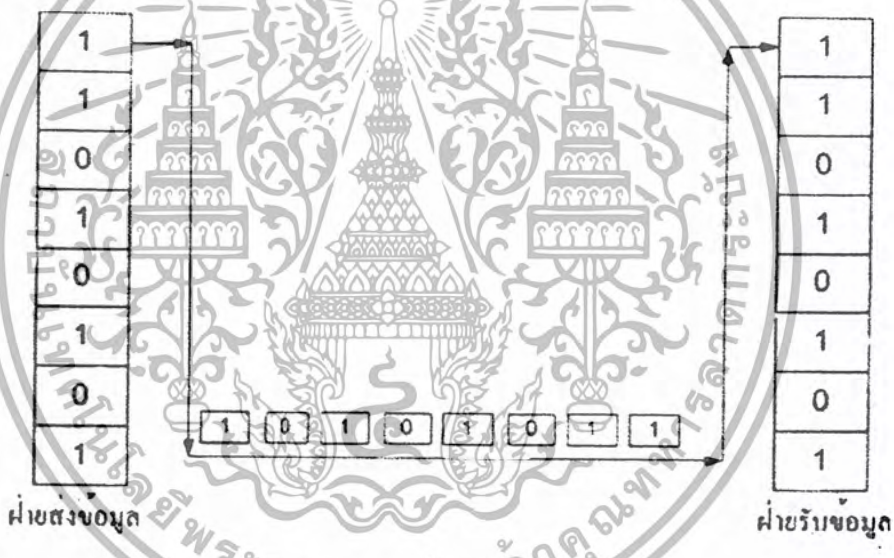


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 การสื่อสารข้อมูลดิจิตอลของคอมพิวเตอร์ กับ PLC

เครื่องควบคุม PLC/PC ได้มีการพัฒนาความสารถในการสื่อสารข้อมูล การควบคุมระยะไกล การจัดการข้อมูล เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมให้กว้างมากยิ่งขึ้น กาสื่อสารจะใช้การสื่อสารแบบอนุกรม

ในการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมแบบนี้ ข้อมูลจะถูกส่งออกมาทีละบิต ระหว่างจุดส่งและจุดรับ ซึ่งการส่งข้อมูลแบบนี้จะช้ากว่าการส่งแบบขนาน แต่จะใช้ตัวกลางในการสื่อสารเพียงช่องเดียวหรือสายเพียงคู่เดียว ทำให้ค่าใช้จ่ายสำหรับการสื่อสารถูกกว่า แบบขนาน การส่งแบบนี้ใช้สำหรับการส่งในระยะทางไกลกว่า 100 ฟุต ข้อมูลจากจุดส่งจะต้องถูกเปลี่ยนให้เป็นอนุกรมก่อน แล้วค่อยทยอยออกไปที่ละบิท ไปยังจุดรับ ที่จะรับจะต้องมีรูปแบบในการเปลี่ยนข้อมูลที่ถูกส่งมาให้เป็นแบบขนาน ในการแปลงต้องมีรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อป้องกันการผิดพลาดของข้อมูล

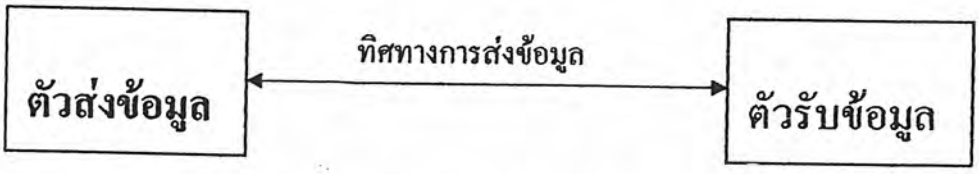


ภาพที่ 5.3 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

5.7 วิธีการส่งข้อมูล

วิธีในการส่งและรับข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องควบคุมแบบโปรแกรมได้ PLC จะใช้การส่งแบบ ฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex) เป็นการส่งข้อมูลในทิศทางใดทิศทางหนึ่งในเวลาใดเวลาหนึ่ง ทั้ง 2 จุด สามารถผลัดกันส่งได้แต่ไม่สามารถส่งและรับพร้อมกันได้

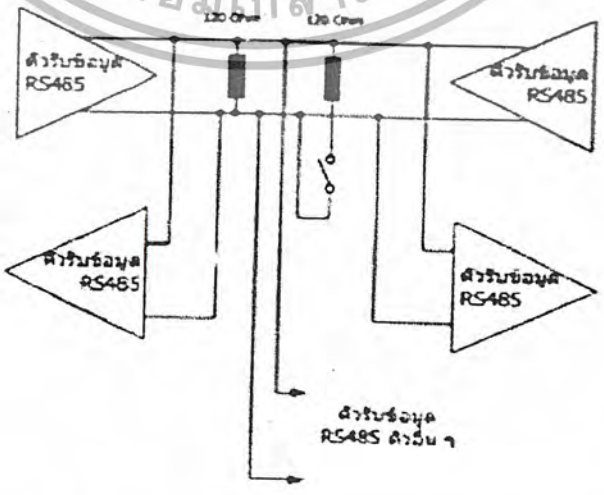
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.4 การส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half Duplex)

5.8 มาตรฐานในการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS – 485

การสื่อสารข้อมูลตามมาตรฐานที่กล่าวมาข้างต้น คือ RS485 นั้นเป็นมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลในแบบที่ใช้การสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ต่ออุปกรณ์ หรือ จุดต่อจุด (Point – to – Point) ส่วน RS 422A นั้นเป็นมาตรฐานที่พัฒนามาจาก RS 232C ให้ได้ทางไกลมากขึ้น และอัตราการสื่อสารเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังเป็นการสื่อสารข้อมูลจากอุปกรณ์หนึ่งตัวไปยังอุปกรณ์อื่นๆ ได้สูงสุด 10 ตัว เท่านั้นไม่สามารถส่งย้อนกลับจากอุปกรณ์ตัวรับมาตัวส่งได้ หรือกล่าวได้ว่าการสื่อสารตามมาตรฐาน RS 422A นั้นเป็นการสื่อสารแบบ Simplex คือทิศทางเดียวตลอดเวลา ดังนั้นถ้าต้องการออกแบบระบบให้เป็นลักษณะ โครงข่ายข้อมูลก็จะ ไม่สามารถทำได้ จึงมีการพัฒนามาตรฐานการสื่อสารให้เป็นลักษณะ โครงข่ายข้อมูลก็จะไม่สามารถทำได้ จึงมีการพัฒนามาตรฐานการสื่อสารข้อมูลขึ้นมาใหม่เพื่อรองรับความต้องการนี้ คือ มาตรฐาน RS485 ซึ่งเป็นมาตรฐานที่อาศัยหลักการของสัญญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียล เช่น เดียวกับมาตรฐานการสื่อสารข้อมูล RS422A แต่มาตรฐาน RS485 สามารถที่จะสื่อสารข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งการส่งของอุปกรณ์ได้สูงสุด 32 ตัวหรืออาจกล่าวได้ว่าการสื่อสารตามมาตรฐาน RS 485 เป็นการสื่อสารข้อมูลแบบหลายจุด

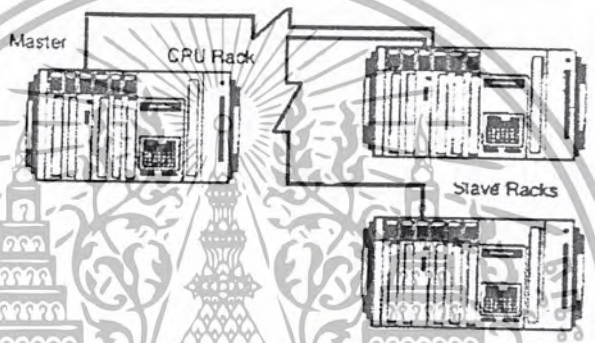


ภาพที่ 5.5 แสดงโครงสร้างของการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS485

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

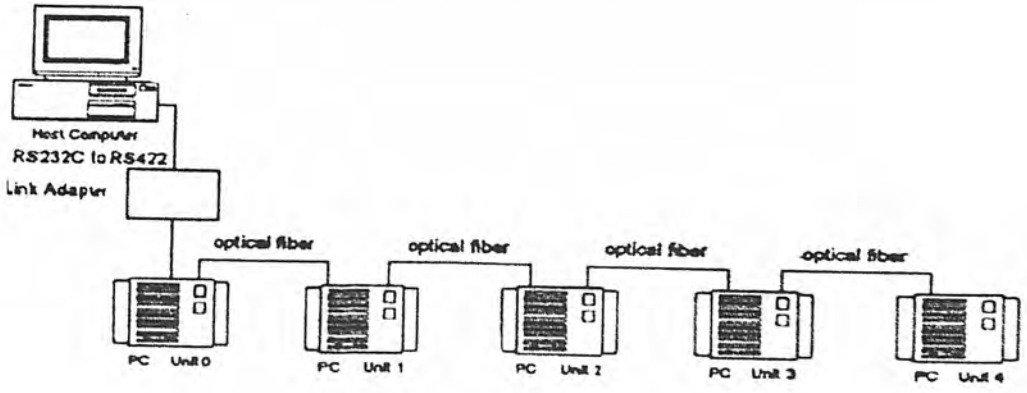
5.9 รูปแบบการสื่อสารข้อมูลของเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้

การต่อวงจรในการติดต่อสื่อสารข้อมูลของเครื่องควบคุม PLC จะใช้การต่อวงจรแบบหลายจุด เป็นการเชื่อมโยงสื่อสารข้อมูลในลักษณะ ที่ตัวประมวลผลของควบคุมหลัก กับปลายทางอุปกรณ์ที่ถูกควบคุมอยู่บนชั้นอาคารต่างๆกัน 3 ชั้น โดยจะใช้เครื่องควบคุมในการเชื่อโยง 3 เครื่อง ในการติดต่อสื่อสารจะใช้การสื่อสารแบบ อนุกรม โดยใช้สายสื่อสาร RG8 โดยที่ตัวควบคุมหลัก(Master) จะทำการรับอินพุททั้งจากพื้นที่ของตัวควบคุม และหน่วยระยะไกล(Slave) จากนั้นจะทำการประมวลผล แล้วส่งเอาต์พุทยังส่วนต่างๆ โดยที่อินพุทและเอาท์พุทของหน่วยระยะไกลจองพื้นที่ของรีเลย์ภายใน (Internal Relay) ของตัวควบคุมหลัก



ภาพที่ 5.6 แสดงการเชื่อมโยงแบบอินพุทและเอาท์พุทระยะไกล (Remote I/O System)

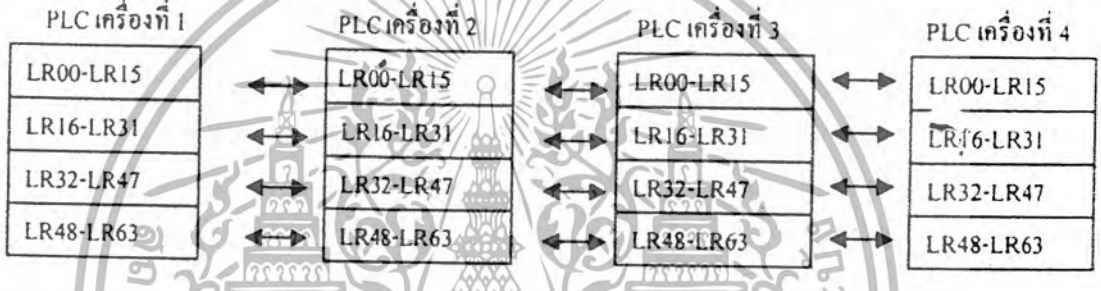
นอกจากการเชื่อมโยงระหว่างเครื่องควบคุมด้วยกันแล้ว จะมีการเชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์ประมวลผลหลักด้วย โดยใช้การติดต่อแบบพีซีลิงค์ (PC Link System) เป็นการเชื่อมโยงสื่อสารข้อมูลในการอ่านเขียนข้อมูลระหว่างเครื่องควบคุม PLC/PC แต่ละตัว เครื่องควบคุม PLC/PC แต่ละตัวสามารถรับรู้ข่าวสาร ซึ่งกันและกันได้ มาตรฐานในการสื่อสารข้อมูลชนิดนี้ใช้ RS485 และใช้ สายโคแอกเชียล RG8 และใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาในระบบมีลักษณะการต่อดังนี้



ภาพที่ 5.7 การต่อแบบ Serial Link

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดแบ่งพื้นที่ของเครื่องควบคุม PLC/PC กำหนดใช้เครื่องควบคุม 3 เครื่องตามชั้นต่างๆทั้ง 3 ชั้น เชื่อมโยงในเครื่องควบคุมแต่ละเครื่องจะมีพื้นที่ของรีเลย์ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงข้อมูลในการกำหนดพื้นที่ของเครื่องควบคุม 3 ชั้นจะถูกกำหนดให้เหมือนกับการกำหนดพื้นที่ของเครื่องควบคุม 4 เครื่อง โดยพื้นที่จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ส่วน เครื่องควบคุมมีพื้นที่จำนวน 64 Word ก็จะถูกแบ่งเป็นส่วนละ 16 Word ส่วนแรกจะเป็นพื้นที่ของเครื่องควบคุมตัวที่ 1 ส่วนที่สองจะเป็นพื้นที่ของตัวที่ 2และสามตามลำดับ ดังนั้นเมื่อ PLC/PC เครื่องที่ 1 ต้องการรับข้อมูลของ PLC/PC เครื่องที่ 3 ก็สามารถอ่านได้จากพื้นที่ของเครื่องควบคุมส่วนที่สาม และถ้าต้องการส่งข้อมูลให้ก็เขียนลงในพื้นที่ของส่วนแรก แล้ว PLC/PC ตัวที่ 3 จะทำการอ่านข้อมูลในส่วนแรก ก็สามารถทราบข้อมูลของเครื่องควบคุม PLC/PC ตัวที่ 1



ภาพที่ 5.8 การแบ่งพื้นที่สำหรับ PC Link System

5.10 เครื่องมือสำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

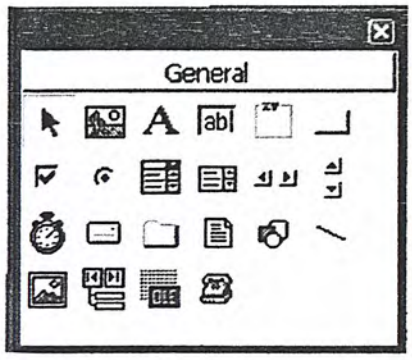
โครงงานนี้เลือกใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Visual Basic Ver. 6 มาใช้สร้างโปรแกรมสำหรับ การจัดการพลังงาน และ การแสดงผล ส่วนสำคัญที่ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านทางช่องสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมมาตรฐาน RS232 หรือเรียกว่า MSComm Control Tool (Communication Customer Control)

การรับและการส่งข้อมูลระหว่างช่องการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Port) กับอุปกรณ์ภายนอกจะมีการติดต่อได้ 2 รูปแบบ คือ

1.การสื่อสารแบบกระตุ้นด้วยเหตุการณ์ (Even Driven Communication) หรือเป็นการเขียนโปรแกรมแบบกระตุ้นด้วยอินเตอร์รัพต์นั้นเอง

2.การสื่อสารแบบโพลลิ่ง (Polling) เกิดขึ้นโดยการเขียนโปรแกรมวนตรวจสอบข้อมูลจากช่องสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Port) ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.9 แสดงรูปเครื่องมือ MSComm Control

แสดงตัวอย่างการเขียนโปรแกรมคำสั่งการสื่อสารข้อมูล

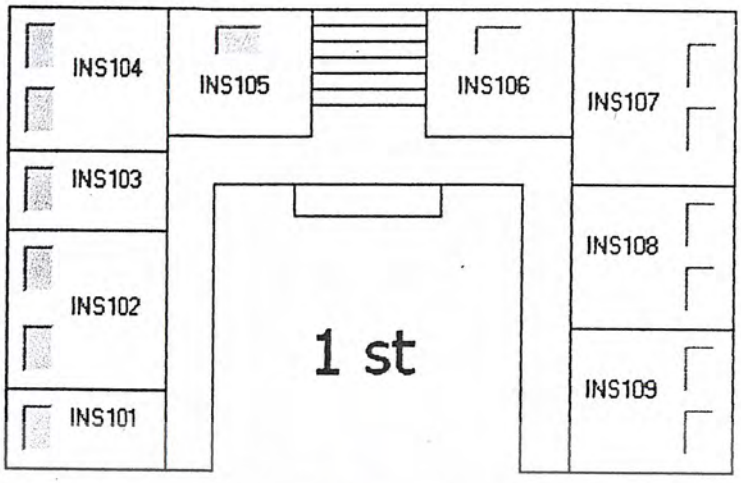
```
Private Sub send_Click()
On Local Error Resume Next
 Dim word As String
 If Not MSComm1.PortOpen Then
   MSComm1.PortOpen = True
 End If

  word = Command.Text
  fcsum (word)
  MSComm1.Output = word + fcs.Text + "**" + Chr$(13)
  result.Text = word + fcs.Text + "*"
  Timer1.Enabled = True
End Sub
```

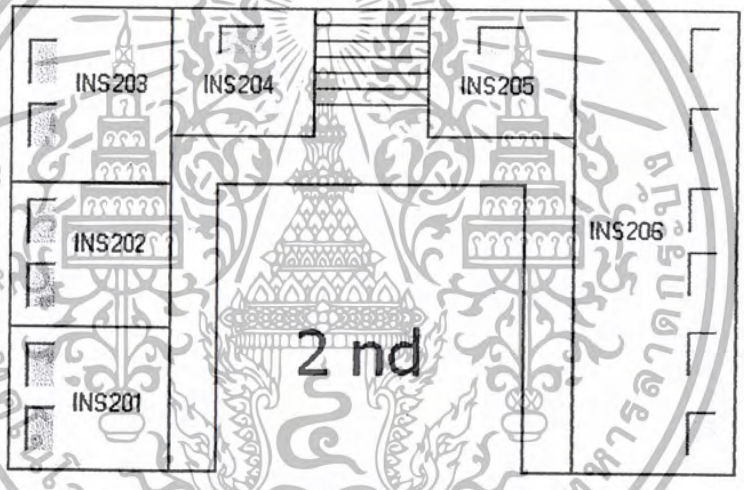
5.11 การจัดการและการควบคุมโหลด

การดำเนินการควบคุมและจัดการโหลด เมื่อได้ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมแล้ว จำเป็นต้องมีการวางแผนการควบคุมโหลด เพื่อให้สามารถลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าได้จริง โดยการเลือกอาคาร ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม โดยมีแผนผังของอาคารและตำแหน่งเครื่องปรับอากาศดังนี้

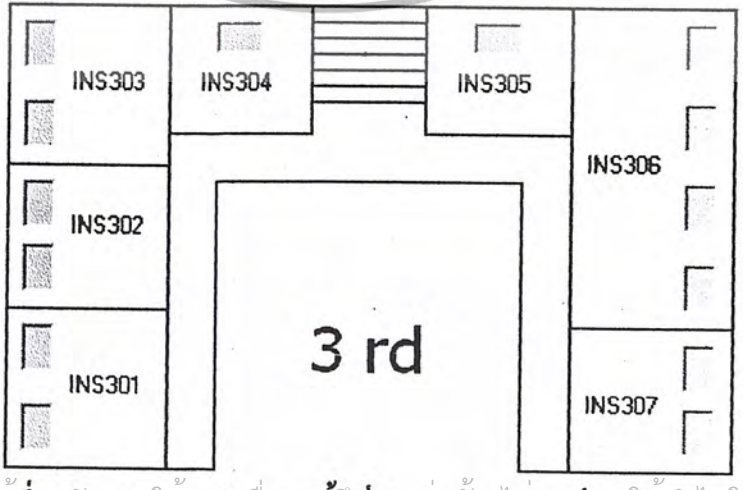
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.10 แสดงแผนผังอาคารชั้นที่ 1 และตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 5.11 แสดงแผนผังอาคารชั้นที่ 2 และตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ



ภาพที่ 5.12 แสดงแผนผังอาคารชั้นที่ 3 และตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.12 โครงสร้างโปรแกรมการจีเนติกอัลกอริทึม

ขบวนการจีเนติกที่เกิดขึ้นในโปรแกรมนี้ถูกออกแบบขึ้นเพื่อใช้กับการพัฒนาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดให้ดีขึ้นกล่าวคือทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาหนึ่งๆลดน้อยลง โดยให้ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้อาคารน้อยที่สุด โดยในกรณีนี้เลือกที่จะควบคุมเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร ซึ่งเป็นโหลดที่มีผลมากต่อการใช้กำลังงานไฟฟ้าภายในอาคารนี้ จากแนวความคิดที่ว่าถ้ามีการควบคุมการเปิดหรือปิดเครื่องปรับอากาศให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพคือตรงตามจุดที่ต้องการใช้อย่างพอดีเหมาะสมไม่มากเกินความจำเป็นก็จะช่วยลดกำลังงานไฟฟ้าที่เสียไป โดยใช่เหตุการณ์ในแต่ละช่วงเวลา คณะผู้จัดทำโครงงานนี้จึงได้นำหลักการของจีเนติก อัลกอริทึม มาใช้ในการจัดวางผังการใช้เครื่องปรับอากาศในอาคาร ให้เหมาะสมกับการใช้ห้องในเทอมนั้นๆ โดยให้มีการคำนวณถึงเหตุการณ์ต่างๆที่อาจจะเกิดขึ้น พร้อมทั้งทำนายค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดและควบคุมให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้รวมไปถึงเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่มีการใช้กำลังงาน ไฟฟ้าในช่วงเวลาหนึ่งๆมากเกินความเหมาะสม ควรที่จะตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศตัวใดออก ขบวนการทางจีเนติก อัลกอริทึมจะคำนวณให้อย่างสมบูรณ์

จากจุดประสงค์ที่กล่าวไว้ข้างต้นว่าการที่จะตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศตัวใดออกเพื่อลดค่ากำลังงานไฟฟ้านั้น จะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้อาคารหรือส่งผลกระทบให้น้อยที่สุด จึงทำให้ไม่สามารถที่จะนำเครื่องปรับอากาศทั้งหมดมาทำการควบคุมได้ เช่น ห้องที่มีเครื่องปรับอากาศเพียงเครื่องเดียวถ้าหากถูกคำนวณว่าต้องตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้องนั้น ผลก็คือห้องนั้นจะร้อนขึ้นโดยรู้สึกได้อย่างชัดเจนต่างจากห้องที่มีเครื่องปรับอากาศหลายเครื่องหากเครื่องที่ถูกควบคุมถูกตัดการทำงานไปห้องนั้นก็ยังคงรักษาอุณหภูมิไว้ได้บ้าง และยังคงอยู่ในสภาวะที่ผู้ใช้ห้องรู้สึกสบาย จึงไม่ควรนำเครื่องปรับอากาศที่มีอยู่เพียงเครื่องเดียวในห้องมาทำการควบคุม

ในขบวนการของจีเนติก อัลกอริทึม ที่ได้นำมาใช้กับการแก้ปัญหาในโปรแกรม นี้จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบและวิธีการต่างๆที่ถูกคิดค้นขึ้นมา เพื่อให้เหมาะสมกับปัญหานี้โดยเฉพาะ โดยมีส่วนประกอบและวิธีการต่างๆดังนี้

5.13 ฟังก์ชั่นเป้าหมาย

สำหรับฟังก์ชั่นเป้าหมายของปัญหานี้ก็คือ ค่าของความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลา 15 นาที ที่เราจะต้องหาค่าที่น้อยที่สุดและเหมาะสมที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยสามารถแสดงออกมาได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\textbf{Min Demand} = \frac{2(X_{t1} + X_{t2} + X_{t3} \ldots\ldots\ldots X_{t900})}{900 \text{ sec}}$$

โดยค่า Min Demand ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 30

X คือ จำนวนโหลดหรือเครื่องปรับอากาศที่เปิดใช้งาน

ซึ่งเป้าหมายของโปรแกรมนี้ก็คือการลดและจัดการจำนวนของเครื่องปรับอากาศที่เปิดใช้งานในแต่ละช่วงของเวลา เพื่อเป็นการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม เป็นการประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายในแต่ละเดือน โดยในการควบคุมนี้จะอยู่บนแนวคิดที่ให้การควบคุมการใช้งานของเครื่องปรับอากาศมีผลกระทบกับผู้ใช้งานน้อยที่สุดเป็นสำคัญ

5.14 ประชากรชุดแรกหรือโครโมโซม

สำหรับประชากรรุ่นแรกที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ โดยในโปรแกรมนี้จะสร้างโครโมโซมขึ้นมา 2 คู่หรือ 4 ชุดโครโมโซมซึ่งแต่ละโครโมโซมจะใช้แทนสถานะของเครื่องปรับอากาศที่อยู่ในแต่ละชั้นของอาคาร ใน 4 ชุดโครโมโซม จะประกอบไปด้วย ชุดที่หนึ่งแทนสถานะของเครื่องปรับอากาศที่อยู่ในชั้นที่หนึ่ง ชุดที่สองแทนสถานะของเครื่องปรับอากาศที่อยู่ในชั้นที่สอง ชุดที่สามแทนสถานะของเครื่องปรับอากาศที่อยู่ในชั้นที่สาม และชุดที่สี่เป็นโครโมโซมที่สร้างขึ้นมาเพื่อให้จำนวนชุดของโครโมโซมเป็นจำนวนคู่โดยเราจะไม่สนใจค่าในโครโมโซมชุดนี้ โดยสถานะของเครื่องปรับอากาศจะแทนอยู่ในรูปของเลขฐานสอง โดยจะมีจำนวนของบิทบ่งบอกถึงจำนวนเครื่องปรับอากาศและสภาวะของลอจิกเหล่านี้จะเป็นตัวบอกว่าเครื่องปรับอากาศจะอยู่ในสภาวะใดด้วย

ชั้นที่ 1	I 101	I 102	I 102	I 103	I 104	I 104	I 105	I 106	I 107	I 107	I 108	I 108	I 109	I 109
ชั้นที่ 2	I 201	I 201	I 202	I 202	I 203	I 203	I 204	I 205	I 206	I 206	d	d	d	d
ชั้นที่ 3	I 301	I 301	I 302	I 302	I 303	I 303	I 304	I 305	I 306	I 306	I 307	I 307	d	d
	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d

ภาพที่ 5.13 แสดงชุดโครโมโซมประชากร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 5.13 แสดงชุกโครโมโซมแทนภาพห้องที่แทนด้วยเลขฐานสองเพียงหนึ่งบิท แสดงว่าห้องนั้นมีเครื่องปรับอากาศเพียงเครื่องเดียว โดยถ้าสภาวะของลอจิกเป็น "1" นั่นคือเครื่องปรับอากาศจะอยู่ในสภาวะที่ถูกเปิดใช้งาน และถ้าสภาวะของลอจิกเป็น "0" นั่นคือเครื่องปรับอากาศจะอยู่ในสภาวะที่ถูกปิด และห้องที่แทนด้วยเลขฐานสองจำนวนสองบิทแสดงว่าห้องนั้นมีเครื่องปรับอากาศมากกว่าหนึ่งเครื่องนั่นก็แสดงว่าจะมีเครื่องปรับอากาศที่เป็นเครื่องที่ถูกควบคุมรวมอยู่ด้วย โดยถ้าสภาวะของลอจิกเป็น "00" นั่นคือเครื่องปรับอากาศจะอยู่ในสภาวะที่ถูกปิดทั้งหมด ถ้าสภาวะของลอจิกเป็น "01" หรือ "10" นั่นคือเครื่องปรับอากาศที่ไม่ได้ถูกควบคุมจะอยู่ในสภาวะที่ถูกเปิดแต่เครื่องปรับอากาศที่ถูกควบคุมจะอยู่ในสภาวะที่ถูกปิด และถ้าสภาวะของลอจิกเป็น "11" นั่นคือเครื่องปรับอากาศจะอยู่ในสภาวะที่ถูกเปิดทั้งหมด

5.15 การจัดลำดับความสำคัญโหลด

ในการทำงานของขบวนการจีเนติกนั้น ค่าที่เราสนใจจะถูกปรับปรุงให้ดีขึ้นและเหมาะสมตามสภาพแวดล้อม โดยในส่วนของค่าที่ด้อยลงก็จะถูกนำออกจากการพิจารณา หรือคัดทิ้งไป เปรียบได้กับสัตว์ที่จะมีการพัฒนาทางพันธุกรรมเพื่อให้รุ่นลูกหรือรุ่นหลานสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป และรุ่นที่ไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ก็จะตายไป เพราะฉะนั้นการที่จะทำให้ค่าที่เราสนใจมีค่าที่ดีขึ้นได้นั้น จำเป็นที่จะต้องให้ความสำคัญกับค่าที่จะมีผลทำให้ประชากรรุ่นต่อไปมีแนวโน้มไปในทางบวก ซึ่งนั่นก็คือการให้น้ำหนักความสำคัญกับค่าตัวแปรต่างๆนั่นเอง อย่างในโปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้ ความสำคัญของตัวแปรที่จะทำให้ค่าที่เราสนใจออกมาดีนั้นจะอยู่ห้องต่างๆซึ่งในช่วงเวลาที่ต่างกันความสำคัญของห้องนั้นๆก็จะแตกต่างไปด้วย ซึ่งความสำคัญเหล่านี้จะมีผลในขั้นตอนที่มีการใช้กำลังไฟฟ้ามากเกินกว่าที่โปรแกรมคำนวณจนต้องตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศตัวใดตัวหนึ่งทิ้ง ห้องที่มีความสำคัญต่ำสุดก็จะมีโอกาสที่จะถูกตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศมากกว่าในห้องที่มีความสำคัญสูงกว่าในช่วงเวลานั้น ซึ่งความสำคัญนั้นก็ขึ้นอยู่กับตารางการใช้ห้องในเทอมนั้นๆและอีกหลายปัจจัย โดยในโปรแกรมนี้ผู้จัดทำได้ลำดับความสำคัญของห้องต่าง ๆ ดังนี้โดยเรียงจากความสำคัญมากไปหาน้อย

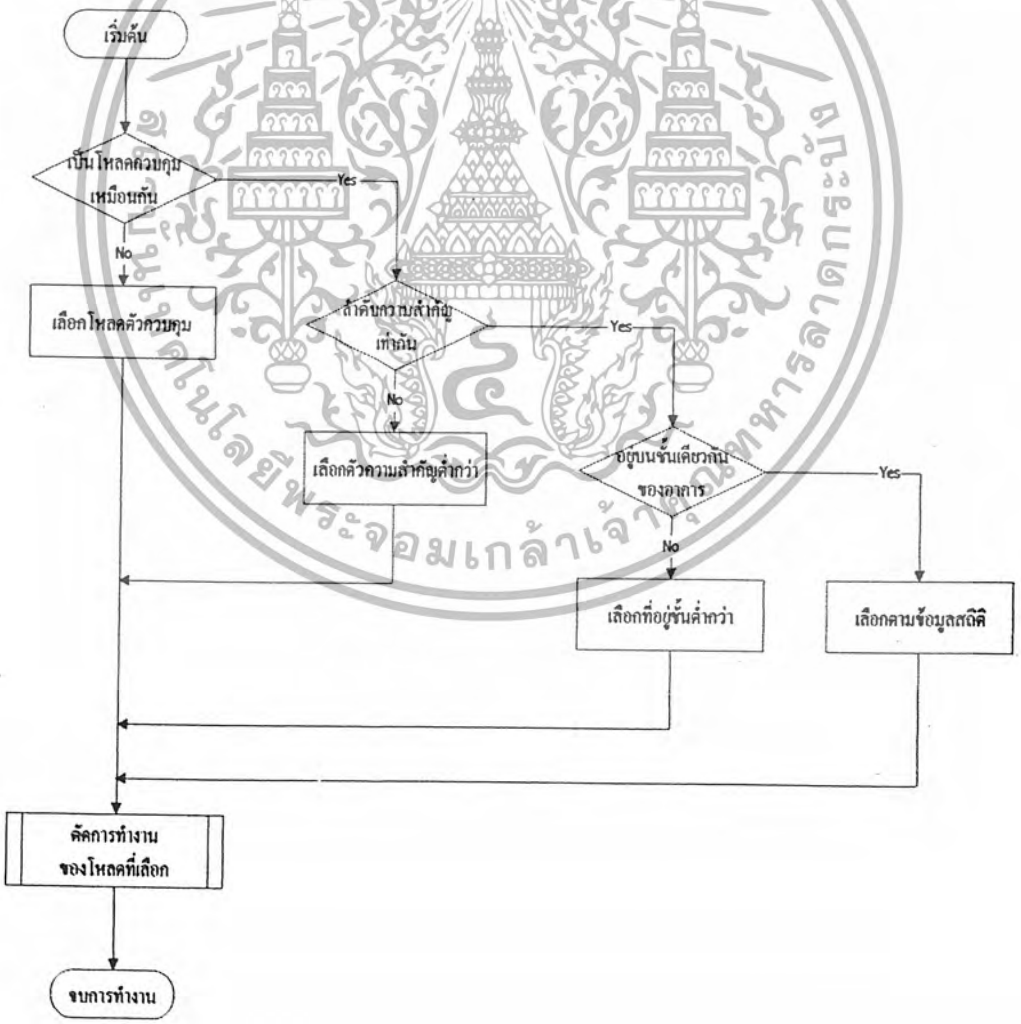
1. ห้องพักอาจารย์ ชั้น3
2. ห้องพักอาจารย์ ชั้น2
3. ห้องพักอาจารย์ ชั้น1
4. ห้องสโตร์
5. ห้องธุรการ
6. ห้องนักศึกษาปริญญาโท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ห้องที่เปิดใช้นอกตารางเรียน

โดยถ้าโปรแกรมจะต้องเลือกตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศของห้องที่อยู่ในระดับความสำคัญเดียวกันโปรแกรมจะเลือกให้ห้องที่อยู่ ชั้น3 มีความสำคัญสูงสุดเพราะได้รับผลความร้อนจากบริเวณด้านบนของอาคารมากกว่าชั้นที่อยู่ต่ำลงมาจึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องปรับอากาศมากกว่า และหากห้องนั้นอยู่ในชั้นเดียวกันก็จะมีการนำข้อมูลทางสถิติเข้ามาช่วยในการตัดสินใจ โดยถ้าหากวิชาที่ใช้ห้องนั้นในการสอนมีสถิติของจำนวนผู้เข้าเรียนสูงก็จะมีความสำคัญสูงกว่าห้องที่มีสถิติการเข้าเรียนน้อย โดยข้อมูลนี้จะทำการจดบันทึกแล้วป้อนค่าลงในโปรแกรมโดยผู้จัดทำโปรแกรม

5.16 ผังแสดงการตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศตามลำดับความสำคัญของห้อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

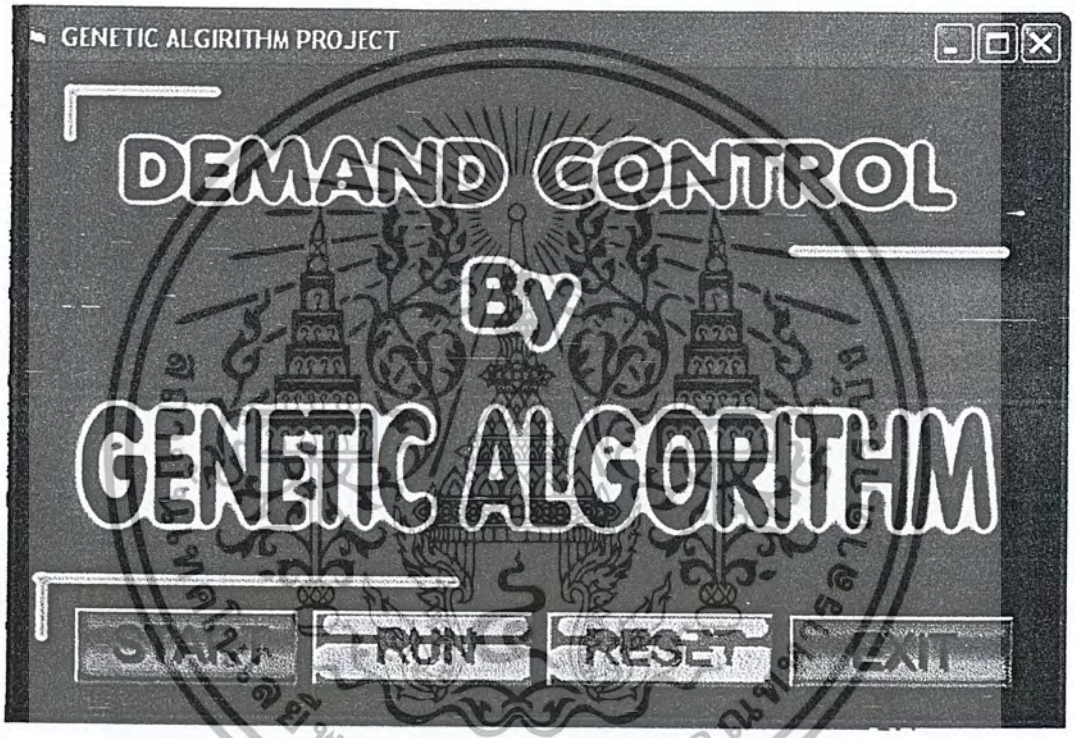
5.17 การเกิดขบวนการครอสโอเวอร์และขบวนการมิวเตชั่น

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่สำคัญมากในขบวนการจีเนติก เพราะการเกิดขบวนการครอสโอเวอร์และขบวนการมิวเตชั่น จะเป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าของกลุ่มตัวแปรที่เราสนใจซึ่งค่าที่จะเกิดขึ้นมาใหม่ จะเป็นประชากรรุ่นใหม่ที่ดีขึ้นหรือแย่ลงก็ขึ้นอยู่กับขบวนการในช่วงนี้ซึ่งการที่จะเกิดขบวนการเหล่านี้ได้นั้นก็ต้องขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงหรือก็คือความผันผวนของโปรแกรมนั่นเอง ในโปรแกรมตัวนี้จะให้มีการเกิดขบวนการครอสโอเวอร์หรือขบวนการมิวเตชั่นขึ้นก็ต่อเมื่อโปรแกรมได้มีการสุ่มค่าแล้วค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนด ซึ่งช่วงของตัวเลขนี้จะได้มาจากการคำนวณที่ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปนั่นเอง โดยขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเป้าหมายว่ามากหรือน้อยเพียงใด เหมือนกับถ้าสัตว์จะต้องเปลี่ยนแปลงที่อยู่ไปอยู่ในที่ๆต่างจากเดิมมาก ก็จะมีอัตราที่จะเกิดขบวนการมิวเตชั่นหรือการผ่าเหล่าในระหว่างการผสมพันธุ์ได้มากหรือแม้แต่ การเกิดขบวนการครอสโอเวอร์ก็จะมีการแลกเปลี่ยนยีนส์และแสดงออกซึ่งยีนส์เด่นในสภาพแวดล้อมนั้นๆด้วย เช่นเดียวกับในโปรแกรมนี้ที่เมื่อมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของค่าเป้าหมายมากๆ ช่วงของตัวเลขก็จะกว้างขึ้นการที่โปรแกรมจะสุ่มเลขออกมาอยู่ในช่วงจนทำให้เกิดขบวนการดังที่ได้กล่าวมานั้นก็จะมีโอกาสมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วอัตราการเกิดขบวนการครอสโอเวอร์จะมีมากกว่าอัตราการเกิดขบวนการมิวเตชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

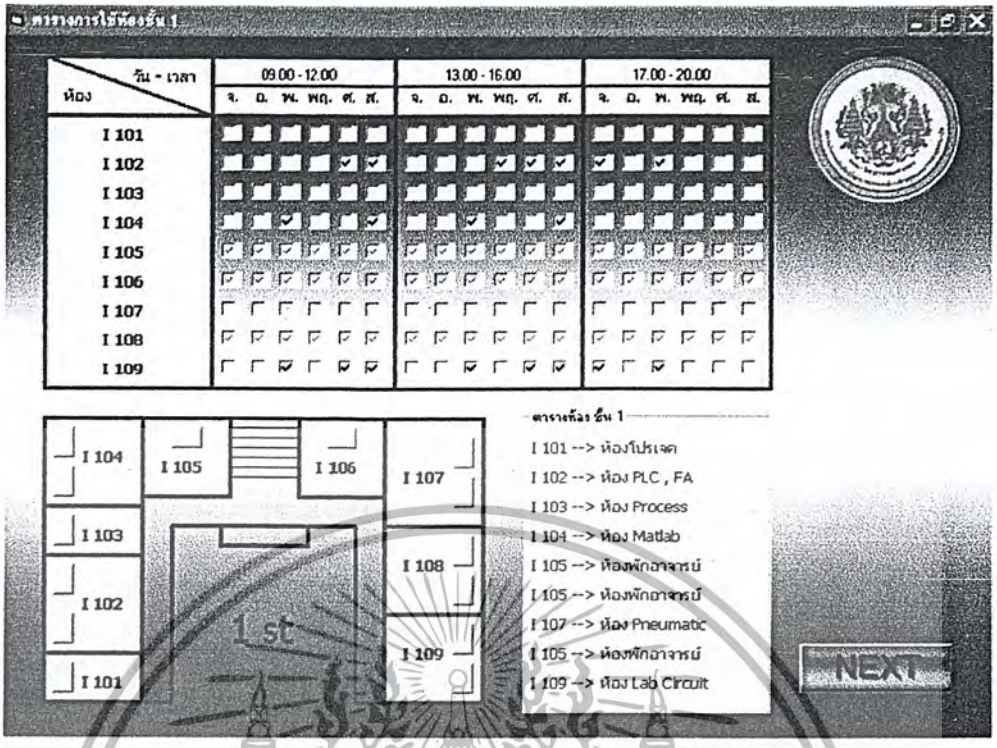
5.18 การทำงานของโปรแกรมการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากภาพที่ 5.14 เป็นส่วนของโปรแกรม โดยเมื่อเปิดโปรแกรมออกมาจะพบหน้าแรกดังภาพที่ 5.14 เป็นการเริ่มใช้งานกด Start แล้วทำการป้อนตารางการใช้ห้องในอาคารภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม ดังภาพที่ 5.15 ซึ่งเป็นชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 และชั้นที่ 3 ดังภาพที่ 5.16 และภาพที่ 5.17 ตามลำดับ เมื่อป้อนตารางการใช้ห้องเสร็จแล้วโปรแกรมจะทำการหาคำตอบ เพื่อการเปิดใช้ห้องตามลำดับ

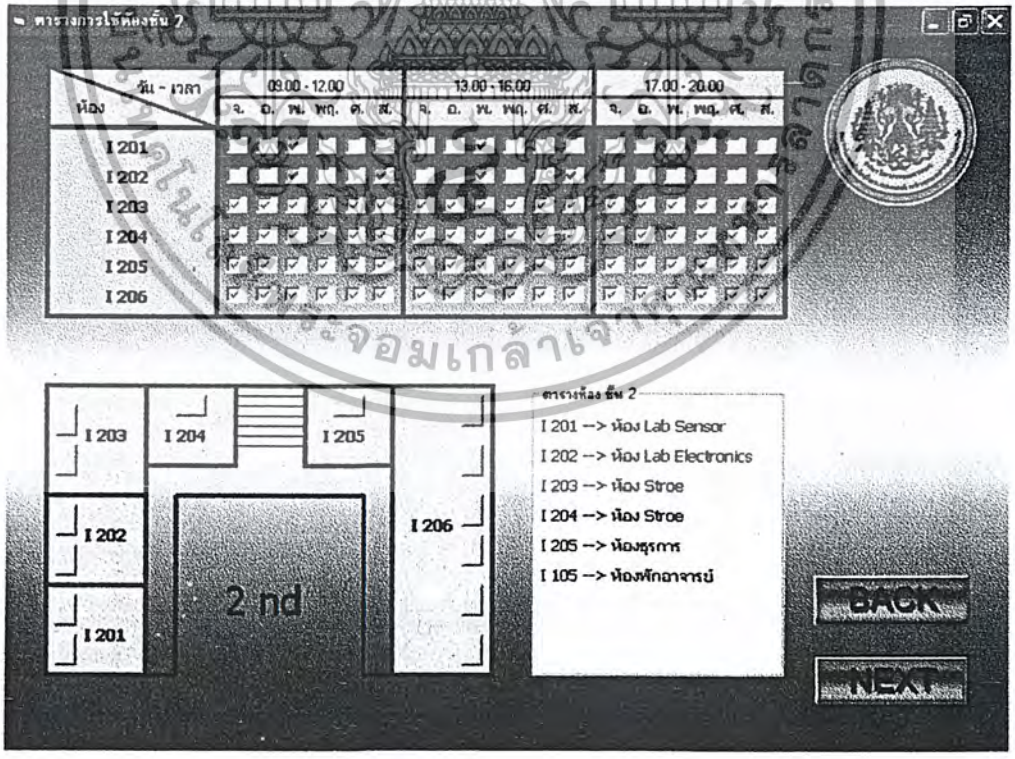


ภาพที่ 5.14 แสดงหน้าแรกของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

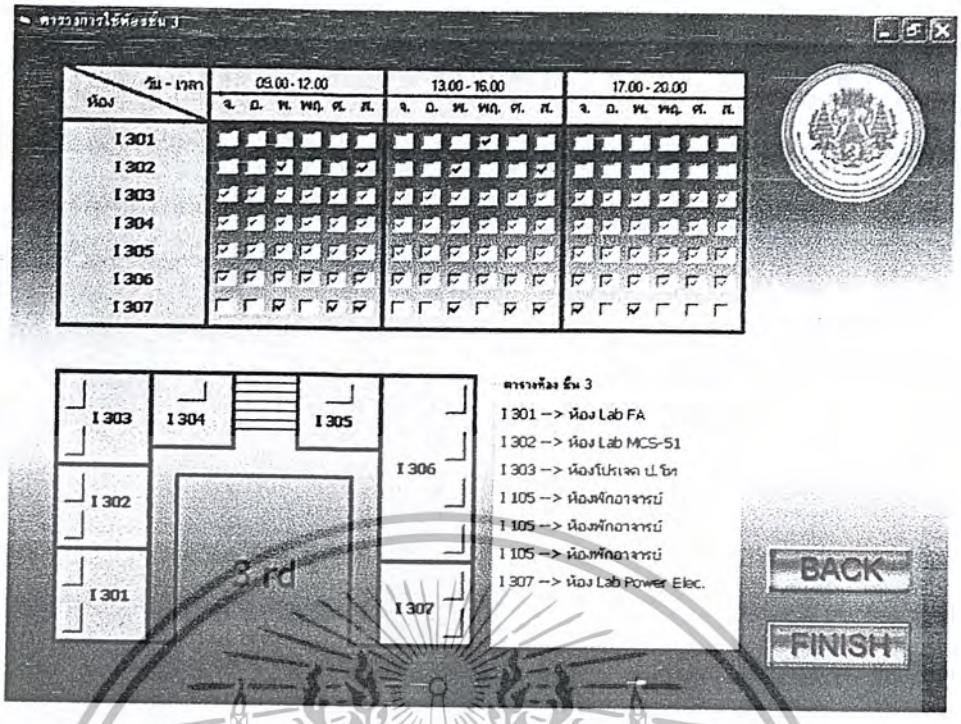


ภาพที่ 5.15 แสดงส่วนของการป้อนข้อมูลการใช้ห้องชั้นที่ 1



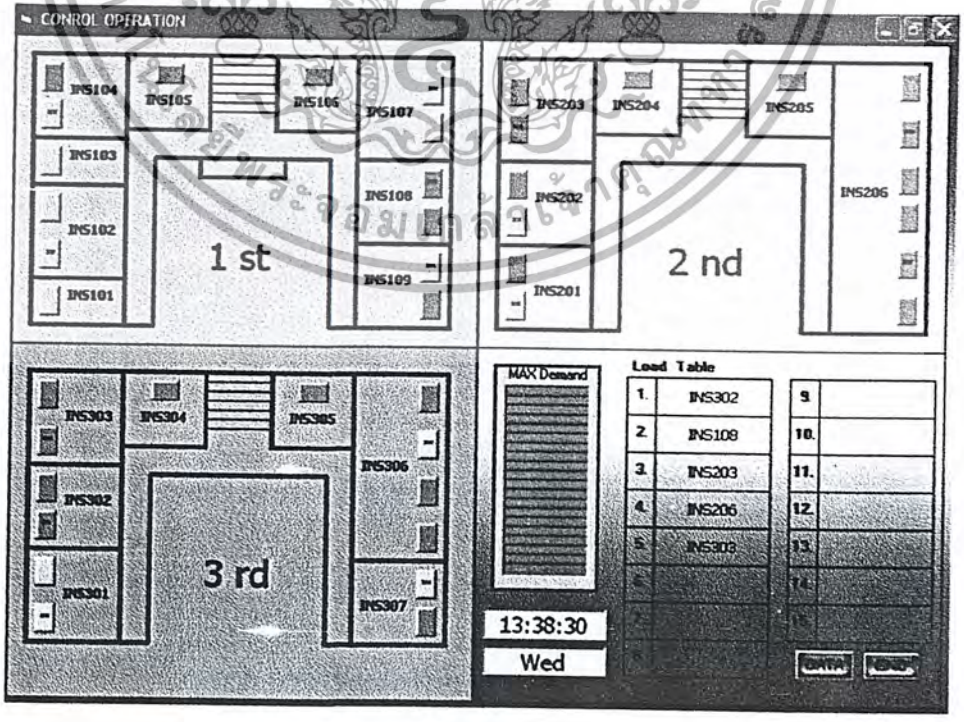
ภาพที่ 5.16 แสดงส่วนของการป้อนข้อมูลการใช้ห้องชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.17 แสดงส่วนของการป้อนข้อมูลการใช้ห้องชั้นที่ 3

เมื่อผู้ใช้งานป้อนข้อมูลการใช้ห้องทั้งหมดแล้ว โปรแกรมจะทำการประมวลผล และจะแสดงผลการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ ดังภาพที่ 5.18



ภาพที่ 5.18 แสดงการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศตามเวลาการใช้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 5.18 แสดงหน้าจอผู้ใช้งาน ที่แสดงห้องที่ถูกควบคุมให้เปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ โดยที่แสดงชั้นที่ 1 , 2 , 3 ส่วนด้านล่างขวามือเป็นการแสดงรายละเอียด ดังนี้

1. MAX Demand เป็นหลอดแสดงระดับของค่าความต้องการไฟฟ้า ตามที่โปรแกรมเป็นตัวคำนวณออกมา โดยที่จะมีการเปลี่ยนสีเพื่อแจ้งเตือนแก่ผู้ใช้งานเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าเกินจากช่วงที่โปรแกรมคิดออกมา เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้ามีค่าเกิน ค่าในตาราง Load Table จะถูกทำงานทันที

2. Load Table เป็นตารางที่แสดงหมายเลขห้องที่มีลำดับความสำคัญในการเลือกที่จะถูกปิดเครื่องปรับอากาศภายในห้องนั้น โดยที่หมายเลขจะมีลำดับความสำคัญต่ำที่สุด ซึ่งก็จะถูกเลือกปิดเป็นอันดับแรก และหมายเลขรองระดับลงมา

จากการทำงานหน้าจอนี้ โปรแกรมจะทำการติดต่อสื่อสารกับ PLC ด้วยเพื่อทำการควบคุมการเปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศ และยังสามารถรับรู้การเปิด-ปิด นอกเหนือจากที่โปรแกรมคำนวณออกมาด้วย โดยหน้าจอจะแสดงผลการเปิดปิดและนำข้อมูลทั้งหมด มาทำการประมวลผลซ้ำด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การทดลองและผลการทดลอง

6.1 การทดลองการพัฒนาของขบวนการจีเนติก

จากโปรแกรมตัวเก่า ในขบวนการจีเนติก ได้มีการดำเนินการเพื่อพัฒนาค่าของค่าความต้องการกำลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการควบคุมพลังงาน ซึ่งเราได้สร้างโปรแกรมเพื่อดูพัฒนาการของค่าความต้องการกำลังงานไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งอัตราเฉลี่ยของการพัฒนาการ จะอยู่ที่ประมาณ 50 — 57 รุ่นก่อนที่จะได้ค่าที่เหมาะสม จากการทดลองทำโปรแกรมซ้ำหลาย ๆ ครั้ง ซึ่งต่อมาเมื่อมีการเปลี่ยนโปรแกรมให้ขบวนการ จีเนติกมีการรักษาค่าที่ดีให้คงไว้ และค่าที่แย่ลงให้กำจัดทิ้งตามทฤษฎีที่ได้ศึกษามา พบว่า ขบวนการจีเนติกสามารถพัฒนา ค่าเป้าหมายให้เป็นค่าที่เหมาะสมได้เหมือนกับ โปรแกรมในแบบดั้งเดิม แต่ใช้เวลาในขบวนการลดลงเหลือแค่เพียง 17-24 รุ่น โดยเฉลี่ยจากการทดลองทำโปรแกรมหลาย ๆ ครั้ง ซึ่งเมื่อเราลองให้ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดการครอสโอเวอร์ และการมิวเตชั่นขึ้นกับค่าเป้าหมาย โดยเฉลี่ยแล้ว ก็ปรากฏว่าสามารถทำให้มีพัฒนาการของขบวนการเร็วยิ่งขึ้นไปอีก คือ เราจะดูจากค่าเฉลี่ยในช่วงก่อนที่ จะเข้าสู่ค่าเป้าหมาย ถ้าการเข้าสู่ค่าเป้าหมายนั้นเป็นไปอย่างช้า ๆ โปรแกรม ก็จะเพิ่มโอกาสที่จะเกิดการมิวเตชั่นมากขึ้น และถ้าค่าเข้าสู่สภาวะที่คงที่แล้วทั้งที่ค่านั้นยังไม่ใช่ค่าที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลเฉลี่ยของค่าเป้าหมายจากการที่ได้ทดลองมา ค่าของโอกาสที่จะเกิดขบวนการ มิวเตชั่นก็จะลดน้อยลง โดยเราจะไม่พูดถึงขบวนการครอสโอเวอร์มากนักเพราะเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติอยู่แล้ว โดยข้อมูลของพัฒนาการในแต่ละรุ่น ของขบวนการจีเนติกจากการพัฒนาโปรแกรมในแต่ละครั้ง สามารถดูได้จากข้อมูลที่ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลมาด้วยโปรแกรมที่ได้ออกแบบขึ้นเพื่อการทดลองนี้โดยเฉพาะ

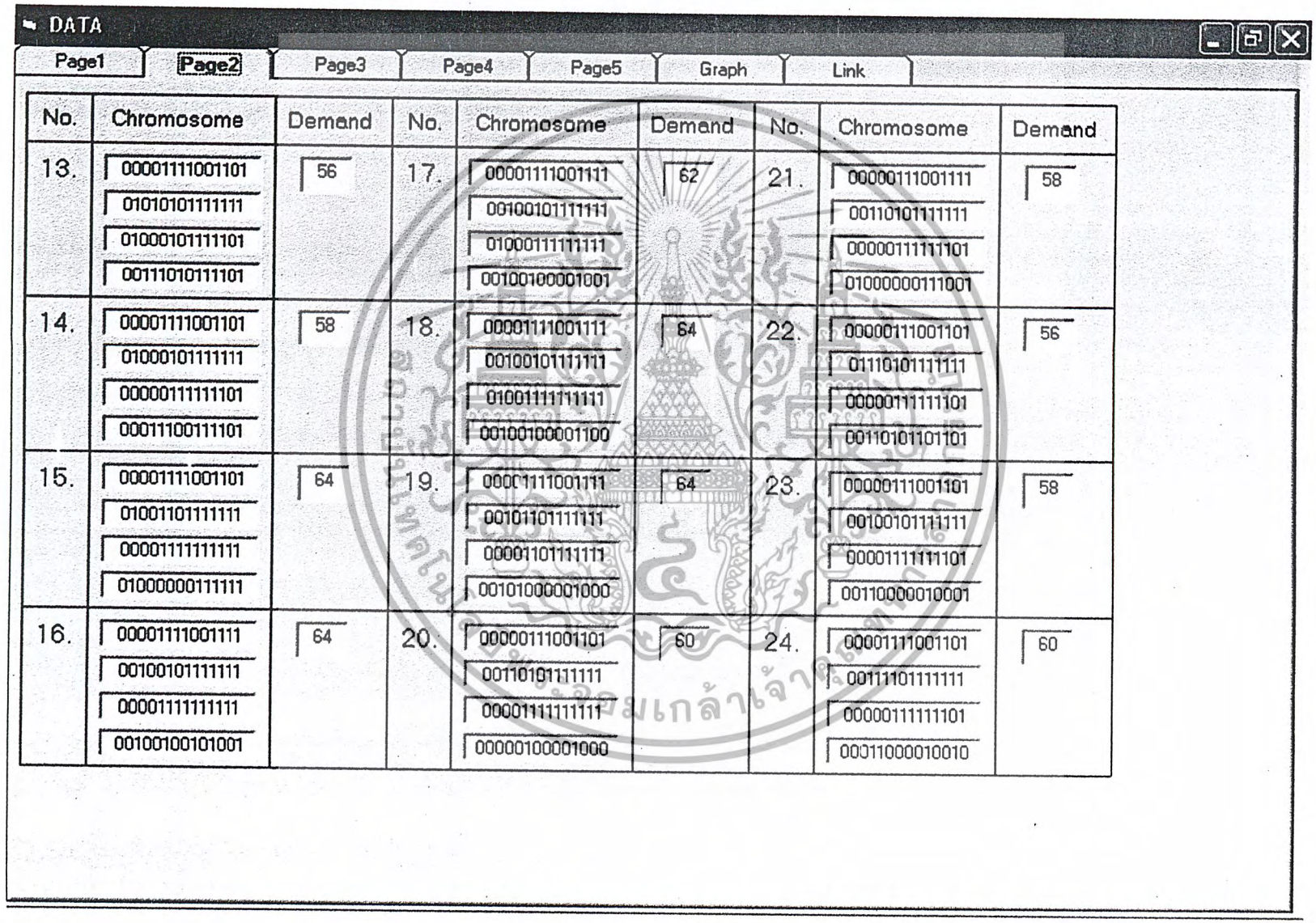
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2.1 Genetic Algolithm 1 - 12 Gen

DATA

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Graph | Link

No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand
1.	00001111001101 01100101111111 00000111111111 01110001101010	60	5.	00001111001111 01010111111111 01001101111101 01101010110101	62	9.	00001111001101 00111101111111 00000111111111 01101010000110	62
2.	00000111001101 00100111111111 00001101111101 00110011101001	58	6.	00000111001111 00010101111111 01001101111101 01101001011100	58	10.	00001111001101 01110101111111 01001111111111 01101010000011	62
3.	00000111001111 01000101111111 00001111111101 01100011100001	60	7.	00000111001101 00010111111111 00000111111101 01111011101110	58	11.	00001111001101 00110101111111 01001111111101 01101011110111	60
4.	00001111001111 01000101111111 01001111111101 01000010110111	62	8.	00001111001101 01110111111111 00000111111111 00010110001100	62	12.	00001111001101 00100101111111 01001111111101 01001011101101	60



No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand
13.	000011111001101 010101011111111 010000101111101 001110101111101	56	17.	000011111001111 001001011111111 010001111111111 001001000001001	62	21.	000001110011111 001101011111111 000001111111101 010000000111001	58
14.	000011110011101 010001011111111 000001111111101 000111001111101	58	18.	000011110011111 001001011111111 010011111111111 001001000011100	64	22.	000001110011101 011101011111111 000001111111101 001101011101101	56
15.	000011110011101 010011011111111 000011111111111 010000001111111	64	19.	000011110011111 001011011111111 000011011111111 001010000001000	64	23.	000001110011101 001001011111111 000011111111101 001100000010001	58
16.	000011110011111 001001011111111 000011111111111 001001001010001	64	20.	000001110011101 001101011111111 000011111111111 000001000001000	60	24.	000011110011101 001111011111111 000001111111101 000110000010010	60

DATA

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Graph | Link

No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand
25.	000011111001111 001101011111111 010001011111101 001111000110000	58	29.	000011111001111 001111011111111 000001011111111 011000000110010	62	33.	000001111001111 011101111111111 010001011111101 011001111111001	58
26.	000011111001111 001101011111111 010001011111101 001111001010000	58	30.	000011111001111 000101011111111 000011011111101 010011011111111	60	34.	000001110011101 010001111111111 000011011111101 011100111111010	58
27.	000011111001101 001101011111111 010001011111111 001110001110100	58	31.	000011111001101 000001011111111 010001111111111 010001011110110	60	35.	000011111001101 011001111111111 000011011111101 011100001110100	60
28.	000001110011101 001101011111111 000001011111111 011000001101100	56	32.	000001110011111 010101111111111 000001011111111 010001111111001	60	36.	000001110011101 001111111111111 000001011111111 011100001110110	60

DATA

Page1 | Page2 | Page3 | **Page4** | Page5 | Graph | Link

No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand
37.	000001111001101 010111111111111 000011011111111 011110001011110	62	41.	000011111001101 011000111111111 000001111111111 001111101011101	62	45.	000001110011111 010001111111111 010001111111111 010101001111111	62
38.	000001110011101 001101111111111 000001011111101 001000001011110	56	42.	000001110011101 011001011111111 010001111111111 010111101011111	58	46.	000001110011111 010001111111111 000001111111111 011001000111100	62
39.	000011110011111 001111111111111 000001111111111 001000001111111	66	43.	000001110011101 010001011111111 010001111111111 010100101001110	58	47.	000001110011111 000001011111111 000001111111101 010001010011100	58
40.	000011110011101 011011011111111 000001111111111 001110001011101	62	44.	000001110011111 010001011111111 010001011111111 011000101001110	59	48.	000011110011101 000011011111111 000011011111101 000011000011100	60

DATA

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | **Page5** | Graph | Link

No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand
49.	00001111001101 01010111111111 01001111111101 01101111011100	62	53.	00000111001101 00000101111111 00001101111101 00110110110100	56	57.	00000111001101 01000101111111 00000111111101 01000110011101	56
50.	00000111001101 00010111111111 01000111111101 01101010000100	58	54.	00000111001101 00000111111111 01001101111101 00100101110100	58	58.		
51.	00001111001101 00010101111111 01001111111101 00100100110110	60	55.	00000111001101 01011101111111 01001111111101 00100101101100	60	59.		
52.	00000111001101 00010101111111 01001111111101 00110110110011	58	56.	00000111001101 01010101111111 00000111111111 00000101010111	58	60.		

6.3.1 Genetic Algolithm 1 - 12 Gen

DATA

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Graph | Link

No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand
1.	000001110011111 001111111111111 000001111111111 001100100100000	64	5.	000011110011111 010111011111111 000011011111101 010000011110000	62	9.	000001110011111 000011011111111 000011111111101 001010001101000	62
2.	000011110011111 001101111111111 010001111111111 001101110000100	64	6.	000011110011111 010111011111111 010011111111111 000001011111101	66	10.	000001110011111 010011111111111 000011111111101 000110010011111	64
3.	000011110011111 001101011111111 010011111111101 001100100111110	62	7.	000011110011111 010011011111111 010011111111111 000011001111111	66	11.	000001110011111 000111111111111 010011111111101 000011010000010	64
4.	000011110011111 010101111111111 000011011111101 011000100110100	62	8.	000011110011111 011011111111111 000011111111101 000000011100100	66	12.	000001110011111 000111111111111 000001011111101 001000001010110	60

DATA

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Graph | Link

No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand
13.	00000111001101 01100111111111 01001111111101 01100011101000	60	17.	00001111001101 00000101111111 01000111111111 01111111100110	60	21.	00000111001111 01001111111111 01001111111101 00100111110110	64
14.	00000111001101 01101111111111 01000111111101 01100011010100	60	18.	00001111001101 00000111111111 00000101111111 01111111000111	60	22.	00000111001111 00010111111111 01001111111111 00010111100000	64
15.	00001111001101 01101101111111 00000111111101 01000001000100	60	19.	00001111001111 00001111111111 00000101111111 00111001010111	64	23.	00000111001111 00010111111111 01000101111101 00010011100000	58
16.	00001111001101 00001101111111 00001111111101 01100011001111	62	20.	00001111001111 01000101111111 01000111111111 00000001110111	62	24.	00000111001111 00111111111111 01000111111101 01010101101100	62

DATA

Page1 | Page2 | **Page3** | Page4 | Page5 | Graph | Link

No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand
25.	000001110011111 011001011111111 010001111111101 000111010011100	58	29.	000011110011111 011001111111111 010011011111101 010101100110101	62	33.	000001110011101 001101011111111 010001111111101 010001101101110	56
26.	000001110011111 001001011111111 000001111111111 001001010010101	60	30.	000011110011101 010101111111111 010001011111101 010101000111100	58	34.	000001110011101 001101111111111 010001111111101 000001100101110	58
27.	000001110011101 010001011111111 000011011111101 011001101111111	56	31.	000001110011111 011101111111111 010001111111111 010011110110011	62	35.	000001110011111 001111011111111 010001111111101 000000110101111	60
28.	000011110011101 001001011111111 010011011111101 010001101111110	58	32.	000001110011101 001101011111111 010001111111101 010011101010101	56	36.	000001110011101 001111111111111 000001111111101 000011011010111	60

DATA

Page1 | Page2 | Page3 | **Page4** | Page5 | Graph | Link

No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand
37.	00000111001101 01111111111111 00000111111111 00101101011110	62	41.			45.		
38.	00000111001111 01101101111111 01000111111111 01101011000101	62	42.			46.		
39.			43.			47.		
40.			44.			48.		

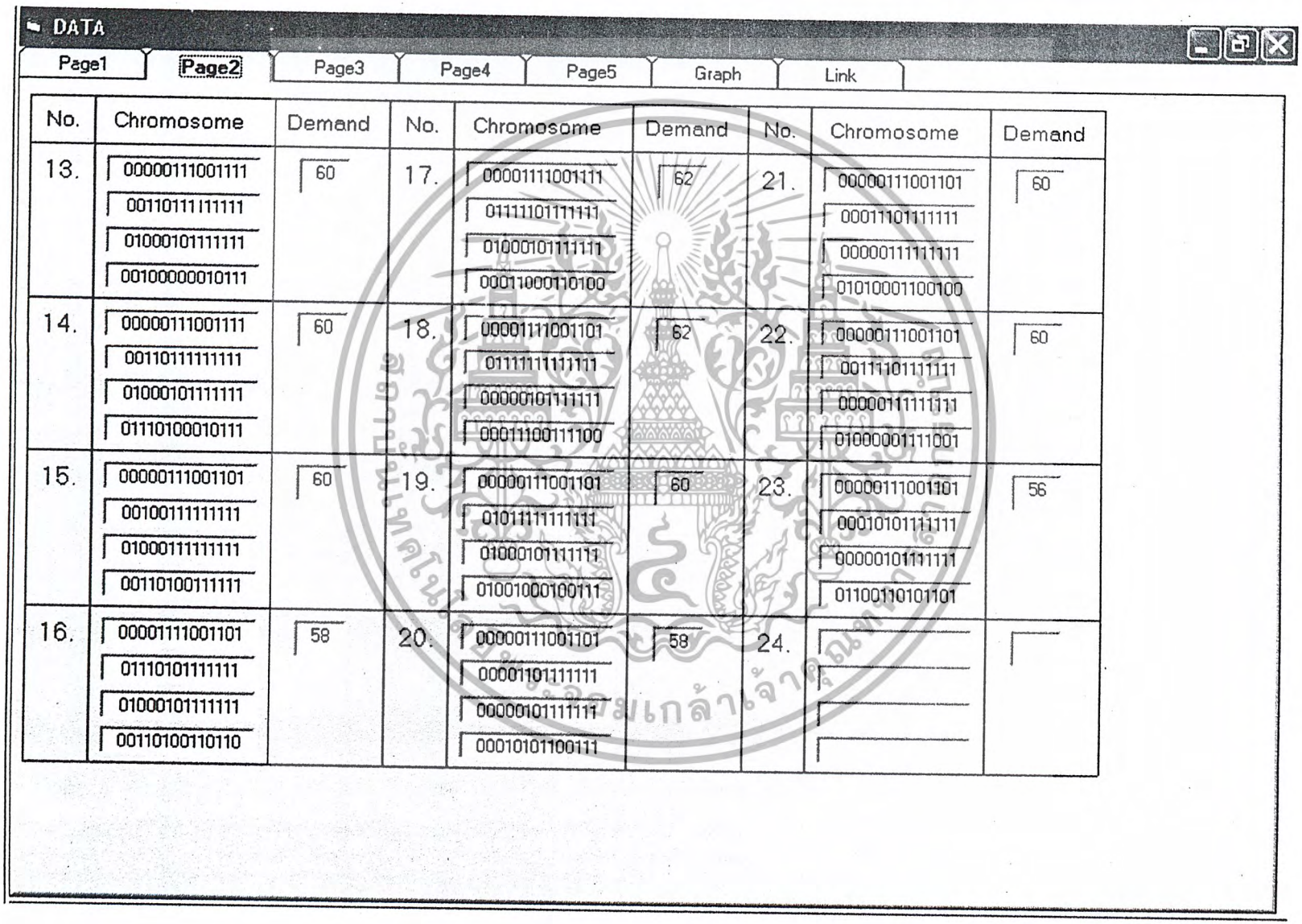
6.4 พัฒนาการค่าเป้าหมายจากโปรแกรมที่ปรับปรุงครั้งต่อ

6.4.1 Genetic Algolithm 1 - 12 Gen

DATA

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Graph | Link

No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand
1.	000011110011101 000001011111111 010011011111101 001110010101111	58	5.	000011110011101 011011011111111 010011111111111 000100101011110	64	9.	000011110011111 000101111111111 000011011111101 010000001110111	62
2.	000001110011111 000001011111111 010011011111111 001010010100111	60	6.	000001110011111 001011011111111 000011111111111 000110101011100	64	10.	000001110011101 001011111111111 010001111111101 000001010111101	60
3.	000001110011111 001011011111111 000001011111101 000101011001111	58	7.	000001110011111 000011111111111 000011011111111 000011101111101	64	11.	000001110011101 001011111111111 000011111111101 000010010101101	60
4.	000011110011111 011011011111111 000001011111111 000000101101100	62	8.	000001110011111 010011111111111 000011011111101 010110001011111	62	12.	000001110011101 001001011111111 010001011111101 011010000111101	54


DATA
Page1
Page2
Page3
Page4
Page5
Graph
Link
No.
Chromosome
Demand
13.
00000111001111
00110111111111
01000101111111
00100000010111
60
14.
00000111001111
00110111111111
01000101111111
01110100010111
60
15.
00000111001101
00100111111111
01000111111111
00110100111111
60
16.
00001111001101
01110101111111
01000101111111
00110100110110
58
17.
00001111001111
01111101111111
01000101111111
00011000110100
62
18.
00001111001101
01111111111111
00000101111111
00011100111100
62
19.
00000111001101
01011111111111
01000101111111
01001000100111
60
20.
00000111001101
00001101111111
00000101111111
00010101100111
58
21.
00000111001101
00011101111111
00000111111111
01010001100100
60
22.
00000111001101
00111101111111
00000111111111
01000001111001
60
23.
00000111001101
00010101111111
00000101111111
01100110101101
56
24.

6.5.1 Genetic Algolithm 1 – 12 Gen

DATA

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Graph | Link

No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand
1.	00001111001101 00110101111111 01001101111101 01111101111010	58	5.	00000111001101 00011101111111 01001111111101 01110100111001	60	9.	00001111001111 00011101111111 01000101111101 00100110101100	60
2.	00001111001101 00111111111111 01001101111111 00011100101000	64	6.	00001111001101 00110101111111 00000101111101 01110111001101	56	10.	00000111001101 00111111111111 01000101111111 01001110101100	60
3.	00001111001101 00011111111111 01001111111111 00110100001000	66	7.	00000111001101 00010101111111 00001101111101 00100000001101	56	11.	00001111001101 00000111111111 01001101111111 01100010110101	62
4.	00000111001101 01011101111111 00001111111101 00110101011000	60	8.	00001111001111 00010101111111 00001101111111 01100100001101	62	12.	00000111001101 01000101111111 01000111111101 01000101011000	56

DATA

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Graph | Link

No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand	No.	Chromosome	Demand
13.	00000111001101 01000111111111 00000111111111 01000100110000	60	17.	00001111001111 00101101111111 01000111111101 00011111011010	62	21.		
14.	00000111001101 01001111111111 01001101111111 00010110010100	62	18.			22.		
15.	00001111001111 01000111111111 01001111111111 00001110011001	66	19.			23.		
16.	00001111001111 01001111111111 01000111111111 00001110011010	66	20.			24.		

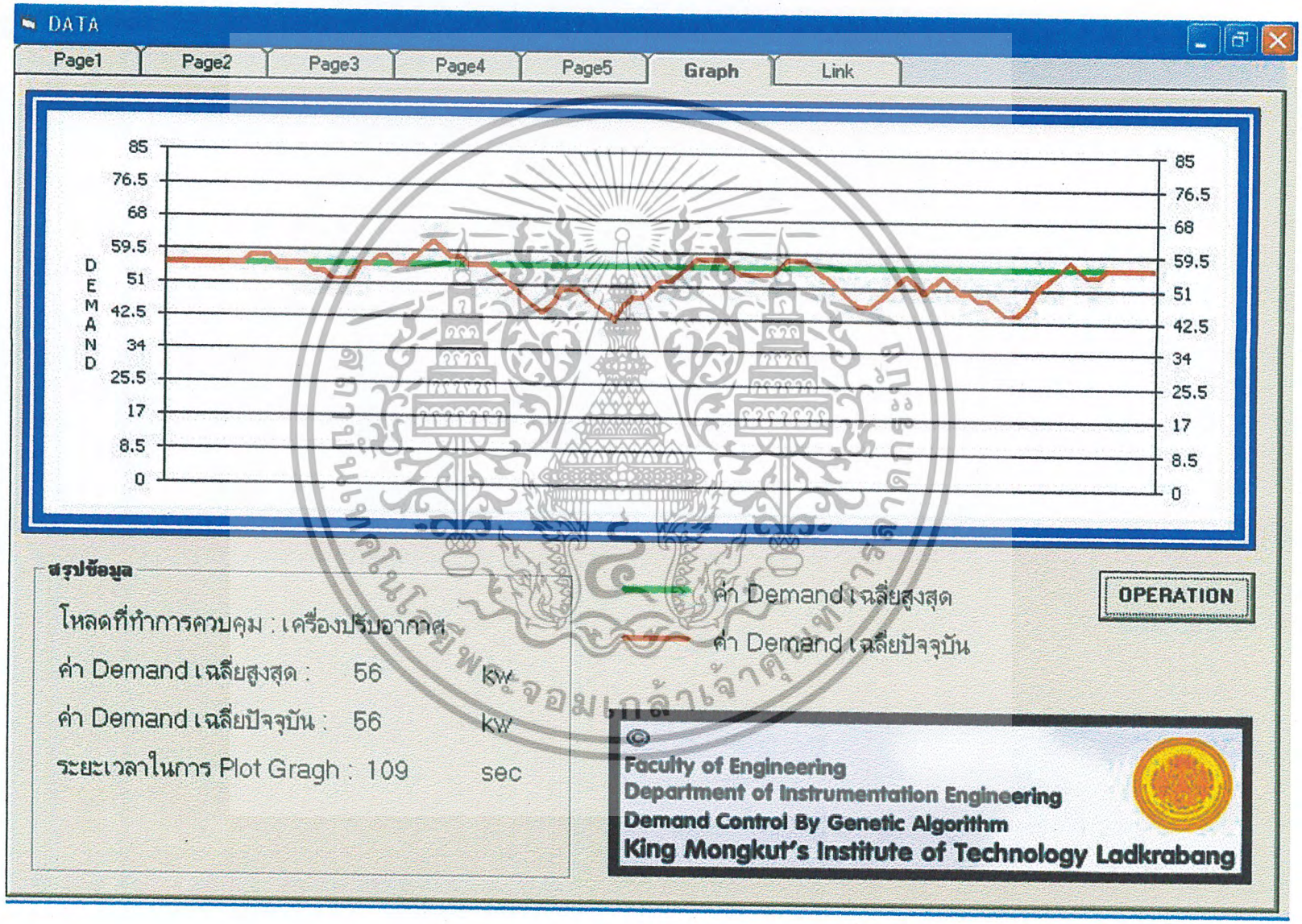
บทที่ 7
สรุปผลการทดลอง

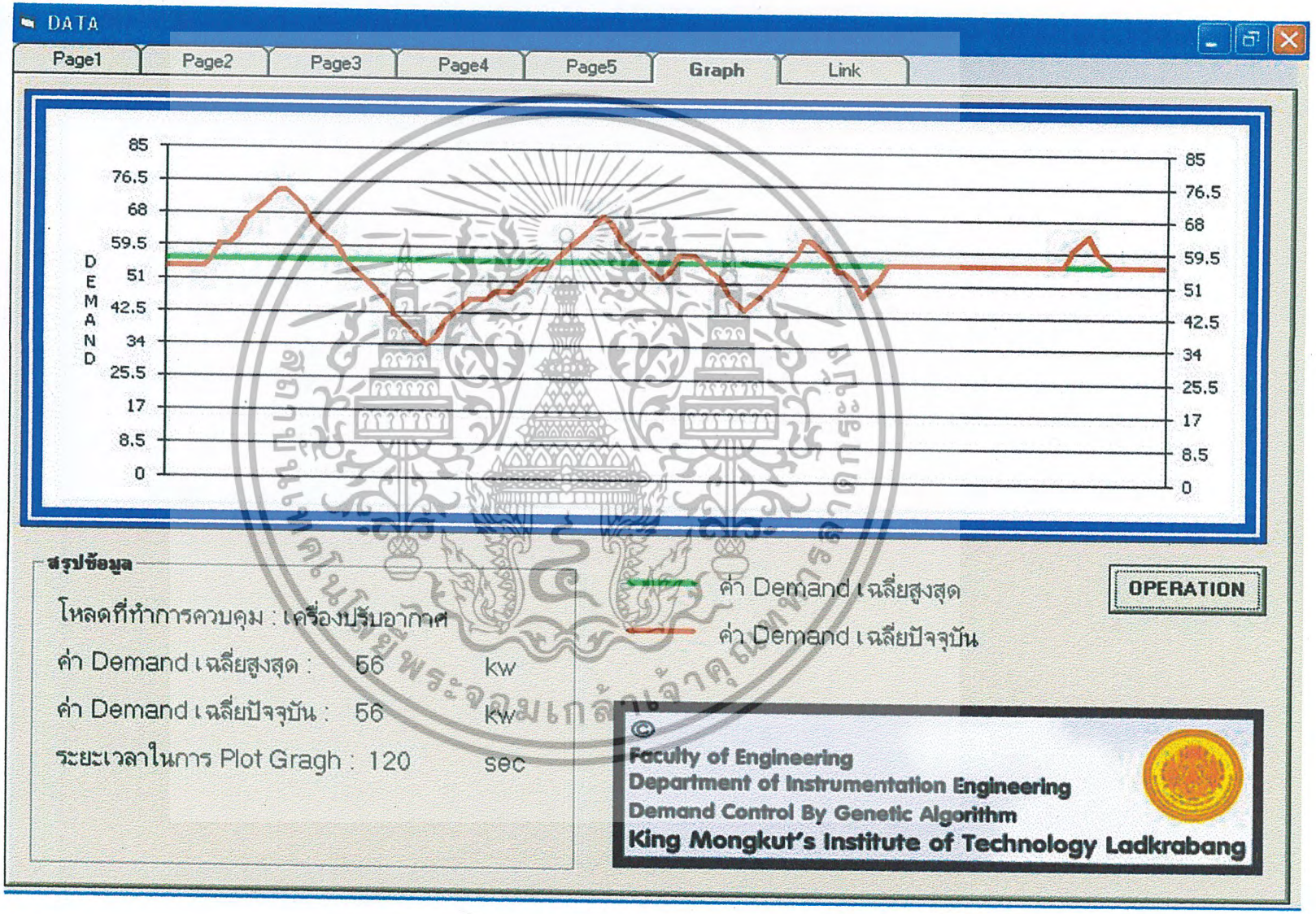
7.1 สรุปผลการทดลองการทำระบบอัตโนมัติของโปรแกรมควบคุมพลังงานจากการควบคุมการใช้เครื่องปรับอากาศ

โดยการทดลองจะแบ่งออกเป็นสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือระบบที่มีการควบคุมโดยคน คือใช้คนในการสังเกตค่าที่ได้รับแจ้งการใช้ห้องก่อนแล้วจึงดูว่าควรเปิดโหลดเท่าใดหรือจะตัดโหลดตัวใดเมื่อมีการใช้กำลังงานไฟฟ้าเกินกำหนดในช่วงเวลานั้นๆซึ่งก็คือโปรแกรมตัวเก่านั่นเองซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าระบบเป็นอิสระมากคือค่ากำลังงานไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงตามผู้ใช้งาน ปัญหาก็คือถ้าผู้ใช้ห้องเปิดโหลดใช้งานโดยไม่แจ้งผู้สังเกตค่าหรือได้แจ้งการใช้ห้องแล้วแต่ไม่ปฏิบัติตามที่ผู้สังเกตค่าบอก การควบคุมก็จะล้มเหลวโดยสิ้นเชิง

ต่อมาเป็นการทดลองขั้นที่สองเมื่อเปลี่ยนระบบมาเป็นโปรแกรมที่ทำงานแบบอัตโนมัติ คือ โปรแกรมจะทำการตัดสินใจเปิดโหลดหรือปิดโหลดเองตามข้อมูลที่ได้ประมวลผลแล้ว หรือเมื่อเกิดการใช้กำลังงานไฟฟ้าเกินที่กำหนดก็จะตัดการทำงานของโหลดตัวที่มีลำดับความสำคัญน้อยที่สุดออกโดยอัตโนมัติ จากการทดลองเราได้ลองเปิดโหลดจนกระทั่งเกิดสภาวะที่มีการใช้กำลังงานไฟฟ้าเกินกำหนด ผลที่ได้ก็คือไม่ว่าเราจะพยายามเปิดโหลดให้มากขนาดไหนก็ตามโปรแกรมก็จะตัดโหลดที่มีลำดับความสำคัญน้อยออกตามลำดับ เพื่อให้มีการใช้กำลังงานไฟฟ้าอยู่ในระดับที่ควบคุมตลอดเวลา ต่างจากการทดลองในขั้นตอนแรกที่เมื่อเราลองเปิดปิดโหลดตามต้องการ ระบบก็จะเป็นไปตามการกระทำนั้นเสมอ โดยการทดลองที่ได้กล่าวมานี้สามารถดูผลการทดลองได้จากกราฟแสดงสถานะของกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบันเทียบกับค่ากำลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่เราควบคุม ซึ่งกราฟนี้ได้จากโปรแกรมที่ออกแบบขึ้นเพื่อใช้ในการทดลองซึ่งรับค่าต่างๆจากตัวโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


DATA
Page1
Page2
Page3
Page4
Page5
Graph
Link
DEMAND
85
76.5
68
59.5
51
42.5
34
25.5
17
8.5
0
สรุปข้อมูล
โหลดที่ทำการควบคุม : เครื่องปรับอากาศ
ค่า Demand เฉลี่ยสูงสุด : 56 kw
ค่า Demand เฉลี่ยปัจจุบัน : 56 kw
ระยะเวลาในการ Plot Gragh : 109 sec
ค่า Demand เฉลี่ยสูงสุด
ค่า Demand เฉลี่ยปัจจุบัน
OPERATION
©
Faculty of Engineering
Department of Instrumentation Engineering
Demand Control By Genetic Algorithm
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang


DATA
Page1
Page2
Page3
Page4
Page5
Graph
Link
DEMAND
85
76.5
68
59.5
51
42.5
34
25.5
17
8.5
0
สรุปข้อมูล
โหลดที่ทำการควบคุม : เครื่องปรับอากาศ
ค่า Demand เฉลี่ยสูงสุด : 56 kw
ค่า Demand เฉลี่ยปัจจุบัน : 56 kw
ระยะเวลาในการ Plot Gragh : 120 sec
ค่า Demand เฉลี่ยสูงสุด
ค่า Demand เฉลี่ยปัจจุบัน
OPERATION
©
Faculty of Engineering
Department of Instrumentation Engineering
Demand Control By Genetic Algorithm
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

บรรณานุกรม

[1] การไฟฟ้านครหลวง "อัตราค่าไฟฟ้า." [Online].Available: http://www.mea.or.th/menu2_5_3.htm.2545.

[2] กาญจนี วงศ์วิภาพร."การจัดตารางสอนของโรงเรียนแบบอัตโนมัติโดย จีเนติกอัลกอริทึม" วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2541

[3] คมกฤษณ์ ศรีสุวรรณ."การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการควบคุมและจัดการพลังงาน" วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2546

[4] ทวีพล ซื่อสัตย์."การออกแบบเครื่องควบคุมแบบตรรกและระบบโครงข่ายผ่านโฮสคอมพิวเตอร์."วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,2541

[5] ธาริน สิทธิธรรมชารี และสรสิทธิ์ คิวประสพศักดิ์.2543.Visual Basic Version 6.0 ฉบับเพื่อการประยุกต์ใช้งาน.กรุงเทพฯ : บริษัท ซัคเซส มีเดีย จำกัด

[6] Davis,L.,Handbook of Genetic Algorithm,Van Nostrand Reinhold, New York,1991

[7] Goldberg, D. E., Genetci Algorithm in Seaech, Optimization and Machine Learning,Addison Wesley , MA , 1989.

[8] K.F. Man,K.S. Tang and S.Kwong ,Genetic Algorithms,Springer – Verlag London Limited ,1999.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราค่าไฟฟ้าแยกตามประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าต่างๆ

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

ประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร

ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

ประเภทที่ 8 ไฟฟ้าชั่วคราว

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

สำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจของทุกศาสนา โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเพียงเครื่องเดียว

1.1อัตราปกติ

ตารางที่ 1

		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท / หน่วย)	ค่าบริการ (บาท / เดือน)
1.1.1.ใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน			8.19
5 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 - 5)	0	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 6 - 15)	1.3576	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 16 - 25)	1.5445	
10 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 26 - 35)	1.7968	
65 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 36 - 100)	2.18	
50 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 101 - 105)	2.2734	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 - 400)	2.7781	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.978	
1.1.2ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน			40.9
150 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 - 150)	1.8047	
250 หน่วยต่อไป	(หน่วยที่ 151 - 400)	2.7781	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.978	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

ตารางที่ 2

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/หน่วย)
	Peak	Off Peak	
1.1.2 แรงดัน 22-23 กิโลโวลท์	3.6246	1.1914	228.17
1.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	4.3093	1.2246	57.95
Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 09.00 น. - 22.00 น. Off Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 22.00 น. - 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน			

หมายเหตุ ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดไม่เกิน 5 แอมป์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย จะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.1 แต่หากมีการใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.2 และเมื่อใดที่การใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.1 ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดเกิน 5 แอมป์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย ให้ใช้อัตราประเภทที่ 1.1.2

ประเภทที่ 1.2 กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลง ซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย ประเภทที่ 1.2 เป็นอัตราเลือก เมื่อใช้ไฟฟ้าแล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 1.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่น ตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่บ้านอยู่อาศัย อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจ หรืออื่นๆตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.1อัตราปกติ

ตารางที่ 3

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/หน่วย)
2.1.1แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	2.4649	228.17
2.1.2แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์		40.9
150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0-150)	1.8047	
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	2.7781	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.978	

2.2อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

ตารางที่ 4

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ
	Peak	Off peak	(บาท/หน่วย)
2.2.1 แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	3.6246	1.1914	228.17
2.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	4.3093	1.2246	57.95
Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 09.00 น. - 22.00 น. Off Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 22.00 น. - 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน			

หมายเหตุ ประเภทที่ 2.2 กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลง ซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้าให้คำนวณหน่วยคิดเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

ประเภทที่ 2.2 เป็นอัตราเลือก เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 2.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนด เดือนใดมีความต้องการพลังไฟฟ้าตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 – 5 แล้วแต่กรณี

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ย 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

3.1 อัตราปกติ

ตารางที่ 5

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
3.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	175.7	1.666
3.1.2 แรงดัน 22 - 23 กิโลโวลท์	196.26	1.7034
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	221.5	1.7314

3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

ตารางที่ 6

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/หน่วย)
	Peak	Peak	Off Peak	
3.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
3.2.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	132.93	2.695	1.1914	228.17
3.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210	2.8408	1.2246	228.17
Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 09.00 น. - 22.00 น. Off Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 22.00 น. - 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)ทั้งวัน				

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

ประเภทที่ 3.2 เป็นอัตราบังคับสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 เป็นครั้งแรก ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าเดือนตุลาคม 2543

ประเภทที่ 3.2 เป็นอัตราเลือกสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิม เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 3.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU แบะหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด เดือนใดความต้องการพลังงานไฟฟ้าถึง 30 กิโลวัตต์ ค่าไฟฟ้ายังคงคำนวณตามอัตราดังกล่าว หากความต้องการกำลังไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน และในเดือนถัดไปก็ยังไม่ถึง 30 กิโลวัตต์อีก ให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ เป็นประเภทที่ 2.1

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ รัฐวิสาหกิจตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Rate : TOD)

ตารางที่ 7

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)			ค่าพลังงานไฟฟ้า
	Peak	Partial	Off Peak	(บาท/หน่วย)
4.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	224.3	29.91	0	1.666
4.1.2 แรงดัน 22 - 33 กิโลโวลท์	285.05	58.88	0	1.7034
4.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	332.71	68.22	0	1.7314
Peak : เวลา 18.30 - 21.30 น. ของทุกวัน Peak : เวลา 08.00 - 18.30 น. ของทุกวัน (ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าคิดเฉพาะส่วนที่เกิน Peak) Off Peak : เวลา 21.30 - 08.00 น. ของทุกวัน				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้(Time of Use Rate : TOU)

ตารางที่ 8

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/หน่วย)
	Peak	Peak	Off Peak	
5.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
5.1.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	132.93	2.695	1.1914	228.17
5.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210	2.8408	1.2246	228.17
Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 09.00 น. - 22.00 น. Off Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 22.00 น. - 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน				

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ ประเภทที่ 4.2 เป็นอัตราบังคับสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่หรือผู้ใช้ไฟฟ้าเดิมที่เคยใช้ TOU แล้ว ประเภทที่ 4.2 เป็นอัตราเลือกสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิมประเภทที่ 4.1 เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้ อัตราประเภทที่ 4.1 เดิมไม่ได้ ทั้งนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด เดือนใดความต้องการพลังงานไฟฟ้าไม่ถึง 10,000 กิโลวัตต์ หรือการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน ค่าไฟฟ้ายังคงคำนวณตามอัตราดังกล่าว หากความต้องการพลังงานไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน และในเดือนถัดไปยังไม่ถึง 30 กิโลวัตต์อีก ให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2.1 หรือ 6.1 แล้วแต่กรณี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

5.1 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

ตารางที่ 9

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/หน่วย)
	Peak	Peak	Off Peak	
5.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
5.1.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	132.93	2.695	1.1914	228.17
5.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210	2.8408	1.2246	228.17
Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 09.00 น. - 22.00 น. Off Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 22.00 น. - 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน				

5.2 อัตราปกติ(สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ยังไม่ได้ติดมิเตอร์ TOU)

ตารางที่ 10

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
5.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	220.56	1.666
5.2.2 แรงดัน 22 - 33 กิโลโวลท์	256.07	1.7034
5.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	276.64	1.7314

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

ประเภทที่ 5.1 เป็นอัตราบังคับและ 5.2 เป็นอัตราสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ยังไม่ติดตั้งมิเตอร์ TOU เดือนใดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 30 กิโลวัตต์ ค่าไฟฟ้ายังคงคำนวณตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราดังกล่าว หากความต้องการพลังงานไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน และในเดือนถัดไปก็ยังไม่ถึง 30 กิโลวัตต์อีก ให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า เป็นประเภทที่ 2.1

ประเภทที่ 6 ส่วนราชการ และองค์กรที่ไม่แสวงหาผลกำไร

สำหรับการใช้ไฟฟ้าของหน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารส่วนราชการท้องถิ่น ซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน รวมถึงองค์กรที่ไม่ใช้ส่วนราชการ แต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการ โดยไม่คิดค่าตอบแทน แต่ไม่รวมหน่วยงานของรัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

6.1 อัตราปกติ

ตารางที่ 11

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/หน่วย)
6.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	1.9712	228.17
6.1.2 แรงดัน 22 - 23 กิโลโวลท์	2.1412	228.17
6.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์		20
10 หน่วยแรก(หน่วยที่ 0 - 10)	1.3576	
เกิน 10 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 11 เป็นต้นไป)	2.4482	

6.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Timer of Use Rate : TOU)

ตารางที่ 12

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/หน่วย)
	Peak	Peak	Off Peak	
5.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
5.1.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	132.93	2.695	1.1914	228.17
5.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210	2.8408	1.2246	228.17

Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 09.00 น. - 22.00 น.

Off Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 22.00 น. - 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์

วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ วัด สถานประกอบศาสนกิจ ที่คิดอัตราประเภทบ้านอยู่อาศัย หากมีการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 350 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 6.1 และเมื่อใดที่มีการใช้ไฟฟ้าไม่ถึง 350 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือนในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1 กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลง ซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

ประเภทที่ 6.2 เป็นอัตราเลือก เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 6.1 ไม่ได้ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของหน่วยราชการ สหกรณ์เพื่อการเกษตร กลุ่มเกษตรกรที่จดทะเบียนจัดตั้งกลุ่มเกษตร โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

7.1 อัตราปกติ

ตารางที่ 13

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/หน่วย)
100 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 -100)	0.6452	115.16
เกิน 100 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 101 เป็นต้นไป)	1.7968	115.16

7.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

ตารางที่ 14

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/หน่วย)
	Peak	Peak	Off Peak	
7.2.1 แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	132.93	2.695	1.1914	228.17
7.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210	2.8408	1.2246	228.17
Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 09.00 น. - 22.00 น. Off Peak : วันจันทร์ - ศุกร์ 22.00 น. - 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลง ซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า หรือหม้อแปลงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เฉพาะที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงดันต่ำประกอบ ซี.ที.) ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้รวมไว้ด้วย

ประเภทที่ 7.2 เป็นอัตราเลือก เมื่อใช้ไฟฟ้าแล้วจะกลับมาใช้อัตราประเภทที่ 7.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้