



การบริหารพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
ENERGY MANAGEMENT OF INDUSTRIAL SYSTEM

โดย

นายธีระ ประดิษฐ์เกษร
นายสมพงศ์ ประยงค์มรกต
นายสิทธิเดช วชิราศรีศิริกุล
นายสุทธิชัย รัตน์ธนานุกูล

วัน เดือน ปี..... 30 ก.ย. 2541
เลขทะเบียน..... 638220
เลขเรียกหนังสือ..... 139240 ๖6617

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2539

การบริหารพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
ENERGY MANAGEMENT OF INDUSTRIAL SYSTEM



โดย

นายธีระ ประดิษฐเกษร

นายสมพงศ์ ประยงค์มรกต

นายสิทธิเดช วชิราศรศิริกุล

นายสุทธิชัย รัตนธนานุกูล

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.นิทัศน์ กฤษณจินดา
อ.สมโภชน์ ประไพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2539

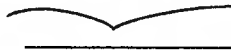
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

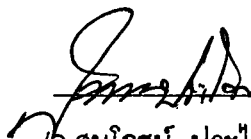
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การบริหารพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

ผู้จัดทำ

- 
1. นายธีระ ประดิษฐเกษร
 2. นายสมพงศ์ ประยงค์มรกต
 3. นายสิทธิเดช วชิราศรีศิริกุล
 4. นายสุทธิชัย รัตนธนานนกุล


อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.นิตน์ กฤษณจินดา)


อาจารย์ที่ปรึกษา
(อ.สมโภชน์ ประไพ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I

การบริหารพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม

นายธีระ ประดิษฐเกษร
นายสมพงศ์ ประยงค์มรกต
นายสิทธิเดช วชิราศรีศิริกุล
นายสุทธิชัย รัตนธนาบุญกุล
ผศ.นิทัศน์ กฤษณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.สมโภชน์ ประไพ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้เป็นการประยุกต์ใช้แนวทางการบริหารพลังงานไฟฟ้า ร่วมกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อเสนอแนะและเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ก่อนและหลังการบริหารพลังงาน นอกจากนั้นแล้ว ยังได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้มาใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลจริงของโรงงานอุตสาหกรรมด้วย

II

ENERGY MANAGEMENT OF INDUSTRIAL ELECTRICAL SYSTEM

Theera Pradiskesorn

Sompong prayongmorakot

Sitthidat Wachirasirikul

Sutthichia Rattanathananukool

Assist. Prof. Nithad Krisanachinda

Advisor

Sompotsh Prapai

Advisor

1996

ABSTRACT

This thesis is an application of the electrical energy management by writing a computer program to compare the electrical bills before and after the energy management. Furthermore, this computer program is also used with the factory's real data.

สารบัญ

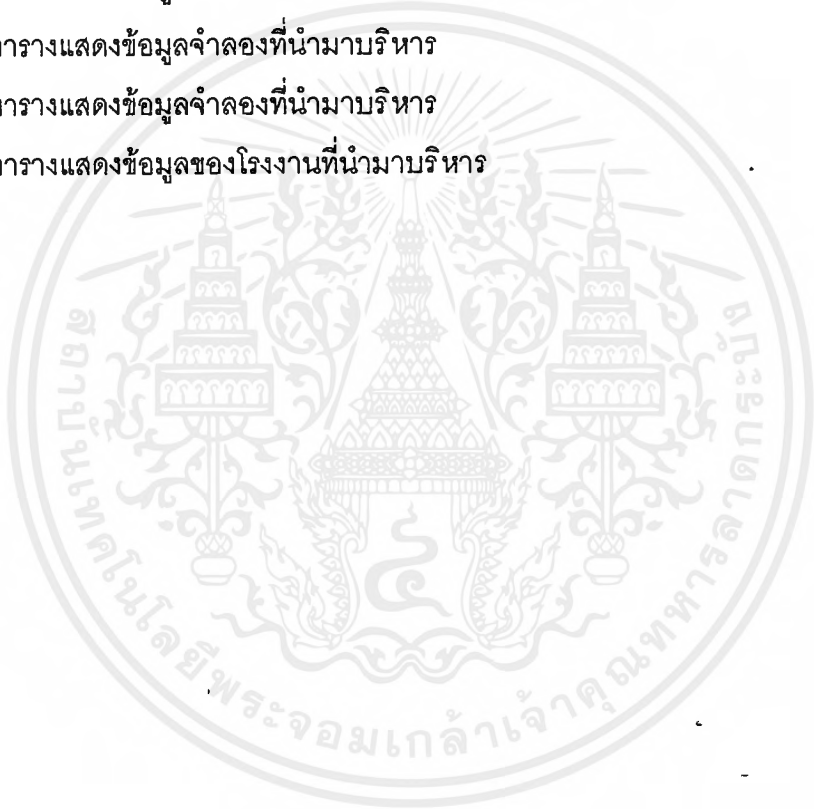
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญภาพ	III
สารบัญตาราง	IV
บทนำ	1
บทที่ 1 ความหมายของเทอมต่างๆ	3
บทที่ 2 การบริหารพลังงานไฟฟ้า	10
บทที่ 3 อธิบายส่วนโปรแกรม	29
บทที่ 4 สรุปและวิจารณ์	56
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญภาพ

รูปที่ 1	แสดงเส้นกราฟของโหลดใน (ก) (ข) และ (ค) ซึ่งมีค่าพลังงานไฟฟ้ารวมเท่ากัน	11
รูปที่ 2	แสดงการทำงานของโหลดแบบมี Duty Cycle และไม่มี Duty Cycle	16
รูปที่ 3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องและช่วงเวลาปิด	21
รูปที่ 4	การควบคุมโหลดด้วย Duty Cycle แบบปิดที่เวลาเดียวกันและเวลาต่างกัน	22
รูปที่ 5	แสดงกราฟความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด	25
รูปที่ 6	แสดงกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายวัน	25
รูปที่ 7	แสดงกราฟลักษณะการใช้ไฟฟ้าใน 2 ชั่วโมง	26
รูปที่ 8	แสดงการควบคุมการตัดโหลดเมื่อค่าความต้องการพลังไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าค่ากำหนด	27
รูปที่ 9	แสดง (ก) Single Line Diagram (ข) แสดงลักษณะการใช้ไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง (ค) แสดงลักษณะการใช้ไฟฟ้าหลังการปรับปรุง	28
รูปที่ 10	แสดง Flow Chart ของโปรแกรมการบริหารพลังงานไฟฟ้าแบบ TOD RATE	32
รูปที่ 11	แสดงขั้นตอนการคิดอัลกอริทึมของโปรแกรม (ก), (ข), (ค), (ง), (จ), และ (ฉ)	41
รูปที่ 12	กราฟที่ได้จากการนำข้อมูลจำลองของตารางที่ 2 มาบริหาร	46
รูปที่ 13	กราฟที่ได้จากการนำข้อมูลจำลองของตารางที่ 3 มาบริหาร	49
รูปที่ 14	กราฟที่ได้จากการนำข้อมูลจำลองของตารางที่ 4 มาบริหาร	52
รูปที่ 15	กราฟที่ได้จากการนำข้อมูลจริงมาบริหาร	55

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	ตารางแสดงค่า load factor ต่ออัตราค่าไฟฟ้า	13
ตารางที่ 2	ตารางแสดงข้อมูลจำลองที่นำมาบริหาร	44
ตารางที่ 3	ตารางแสดงข้อมูลจำลองที่นำมาบริหาร	47
ตารางที่ 4	ตารางแสดงข้อมูลจำลองที่นำมาบริหาร	50
ตารางที่ 5	ตารางแสดงข้อมูลของโรงงานที่นำมาบริหาร	53



บทนำ

ในสภาวะการณ์ปัจจุบัน รูปแบบการใช้พลังงานได้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ส่งผลให้อัตราการใช้พลังงานต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นทุก ๆ ปี นับเป็นภาระหนักต่อฐานะการเงิน และการลงทุนของประเทศที่จะต้องจัดหาพลังงานมาใช้ให้พอเพียง และเหมาะสม นอกจากนี้ยังจะต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปที่เกิดจากการใช้พลังงานอย่างมหาศาลดังกล่าว ทางภาครัฐบาลได้ตระหนักถึงปัญหาต่างๆที่จะเกิดขึ้น จึงมีนโยบายเกี่ยวกับการประหยัด และอนุรักษ์พลังงานของประเทศขึ้น โดยเริ่มตั้งแต่ แผนพัฒนาเศรษฐกิจ และสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 5 เมื่อปี พ.ศ. 2525 ซึ่งมีกรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม เป็นแกนนำและรับผิดชอบ ต่อมาในปี พ.ศ. 2535 ได้มีการตราพระราชบัญญัติ การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ขึ้น และ ประกาศ ในพระราชกฤษฎีกา นุเบกษา เมื่อวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2535 และในปี พ.ศ. 2538 นี้จะมีพระราชกฤษฎีกา ออกมา กำกับดูแลและบังคับ โรงงาน / อาคาร ควบคุมให้มีการตรวจวิเคราะห์ และทำการประหยัดพลังงาน โดยมีกรมพัฒนาฯ เป็นผู้กำหนดขั้นตอนและกำกับดูแล ซึ่งจะให้ อาคาร / โรงงาน ควบคุมทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ การใช้พลังงานเบื้องต้น (preliminary energy audit) ทำการตรวจสอบและวิเคราะห์ การใช้พลังงานโดยละเอียด (detail energy audit) รวมทั้งจัดทำเป้าหมายและแผนงาน เพื่อผลในการอนุรักษ์พลังงาน โดยรัฐบาลจะให้เงินอุดหนุน กับเจ้าของกิจการเป็นกรณี ๆ ไป โดยมีรายละเอียดอยู่ในพระราชกฤษฎีกาการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

นอกจากนั้นแล้วรัฐบาล ยังมีมาตรการ เพื่อให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ มาตรการจูงใจ และมาตรการด้านราคา

มาตรการแรก เป็นมาตรการในด้านของการจูงใจ มีโครงการจัดการด้านการใช้ไฟฟ้า (Demand Side Management) หรือโครงการ DSM ที่ได้เริ่มดำเนินการในภาคปฏิบัติตั้งแต่ปี 2536 แนวทางการดำเนินงานเน้นในเรื่องของการให้สิ่งจูงใจ การสร้างความเข้าใจประชาสัมพันธ์ เพื่อให้มีน้าพฤติกรรมของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้ใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ

มาตรการอีกด้านหนึ่ง ซึ่งถือเป็นมาตรการเชิงบังคับได้แก่มาตรการด้านราคาซึ่งจะมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล มากกว่ามาตรการจูงใจ กล่าวคือในการกำหนดอัตราค่าไฟฟ้า รัฐบาลได้ยึดแนวทางให้ค่าไฟฟ้าสะท้อนต้นทุน ที่แท้จริงในการผลิตไฟฟ้า

ปัจจุบันการไฟฟ้ามีการปรับโครงสร้างอัตราไฟฟ้าขึ้นใหม่ โดยแบ่งเป็น 2 แบบ คือ แบบ Time Of Day Rate (TOD) และแบบ Time Of Use Rate (TOU) ซึ่งหากผู้ใช้ทำการตรวจสอบ และวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญของการบริหารพลังงานไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟ้า และเลือกนำไปใช้ให้เหมาะสมกับผู้ใช้พลังงานไฟฟ้านั้น ๆ จะทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิต และช่วยชาติประหยัดพลังได้

ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์พลังงานไฟฟ้า จึงได้ทำการออกแบบและเขียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นเพื่อทำการบริหารพลังงานไฟฟ้าให้สอดคล้องกับอัตราค่าไฟฟ้าในปัจจุบัน โดยนำข้อมูลจากโรงงานอุตสาหกรรมมาประมวลผล และนำผลที่ได้มาแสดงเป็นกราฟ การใช้พลังงานไฟฟ้า พร้อมทั้งคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า



บทที่ 1

ความหมายของเทอมต่างๆ

กำลังไฟฟ้า(Active power)

หรือกำลังไฟฟ้า เป็นปริมาณทางไฟฟ้าส่วนที่ถูกแปลงเป็นพลังงานกล ความร้อน เคมี ฯลฯ ซึ่งก็คือกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) กิโลวัตต์ (KW) เป็นต้น กำลังไฟฟ้าในระบบ 3 เฟส มีความสัมพันธ์กับแรงดันและกระแสใช้งานดังสมการ (1) เมื่อกระแสในวงจรสมดุลง่าย หรือสมการ (2) เมื่อกระแสในวงจรไม่สมดุลง่าย

$$KW = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta \times 10^3 \quad (1)$$

โดย θ เป็นมุมที่วัดระหว่างเฟเซอร์ของ V_L กับ I_L

$$KW = (V_{AN} I_A \cos\theta_A + V_{BN} I_B \cos\theta_B + V_{CN} I_C \cos\theta_C) \times 10^3 \quad (2)$$

โดย θ_A θ_B และ θ_C เป็นมุมที่วัดระหว่าง V_{AN} กับ I_A V_{BN} กับ I_B และ V_{CN} กับ I_C ตามลำดับ

กำลังไฟฟ้ารืแอกติฟ (reactive power)

เป็นกำลังไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นวาร์(Var) เควาร์(Kvar) เป็นต้น กำลังไฟฟ้ารืแอกติฟในระบบ 3 เฟส มีความสัมพันธ์กับแรงดันและกระแสใช้งานดังสมการ (3) เมื่อกระแสในวงจรสมดุลง่าย หรือสมการ(4) เมื่อกระแสในวงจรไม่สมดุลง่าย

$$Kvar = \sqrt{3} V_L I_L \sin\theta \times 10^3 \quad (3)$$

$$Kvar = (V_{AN} I_A \sin\theta_A + V_{BN} I_B \sin\theta_B + V_{CN} I_C \sin\theta_C) \times 10^3 \quad (4)$$

กำลังไฟฟ้าเสมือน (Apparent Power)

เป็นผลรวมทางเวกเตอร์ของกำลังไฟฟ้ากับกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟกำลังไฟฟ้าเสมือนในระบบ 3 เฟส มีความสัมพันธ์กับแรงดันและกระแสใช้งานดังสมการ (5) หรือ (6) และมีความสัมพันธ์กับกำลังไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟดังสมการ (7) หรือ (8)

$$KVA = \sqrt{3} V_{LL} \times 10^{-3} \quad (5)$$

$$KVA = (V_{AN}I_A + V_{BN}I_B + V_{CN}I_C) \times 10^{-3} \quad (6)$$

$$VA = \sqrt{(W)^2 + (V_{ar})^2} \quad (7)$$

$$KVA = \sqrt{(KW)^2 + (Kvar)^2} \quad (8)$$

ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum demand หรือ max.KW)

หรือเรียกว่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด คือ กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยในคาบเวลา หนึ่งที่สูงที่สุดที่เกิดขึ้นในระหว่างช่วงเวลาคิดเงินค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ คาบเวลาที่ใช้ในการวัดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ กฟน. และกฟภ. ใช้คือ 15 นาที

อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge)

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง 15 นาที คือ ค่าสูงสุดที่สุดในรอบเดือนจะนำมาคิดคำนวณค่าไฟฟ้า ซึ่งตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าเดิมคิดในอัตรากิโลวัตต์ ละ 65, 90, 93, 95, 97, 98 หรือ 115 บาท ทั้งนี้จะคิดในอัตราใดขึ้นอยู่กับประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าและระดับแรงดันที่จ่าย อย่างไรก็ตามตั้งแต่วันที่ 1 มิถุนายน 2530 เป็นต้นมา ได้มีการเปลี่ยนแปลงอัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดโดยคิดในอัตราเพิ่มขึ้นเป็นประมาณสองเท่า หรือสองเท่ากว่าของอัตราเดิม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของผู้ใช้ไฟในขณะเดียวกันก็ได้มีการจัดแบ่งกลุ่มประเภทของผู้ใช้ไฟมากขึ้นกว่าเดิมด้วย จุดประสงค์ของการปรับปรุงอัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดให้เพิ่มขึ้นก็เพราะเพื่อสะท้อนต้นทุนในการจัดหา กำลังผลิตมาเพื่อการเดินเครื่องจ่ายไฟในช่วงเวลาสั้นๆ ของแต่ละวัน ต่อมานับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2533 การไฟฟ้าก็ได้กำหนดอัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละช่วงของวันให้แตกต่างกัน ซึ่งเรียกว่า Time of Day Rate หรือ Tod Rate อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้านี้ได้กำหนดให้คิดค่าไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของวันไม่เท่ากัน โดยจะขึ้นอยู่กับต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าของแต่ละช่วง และอัตรานี้มีเป้าหมายเพื่อจูงใจให้ผู้ใช้ไฟประเภท

อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ดำเนินการจัดการด้านใช้ไฟฟ้า โดยการลงทุนใช้ไฟฟ้าลงในระยะเวลาที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ ในขณะเดียวกันก็ช่วยบรรเทาหรือชะลออัตราการเพิ่มความต้องการไฟฟ้า และช่วยชะลอการลงทุนของสาขาไฟฟ้าได้ในระยะยาว

ความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกตีฟสูงสุด (Maximum reactive power demand หรือ max.Kvar)

หรือเรียกว่าความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกตีฟสูงสุด คือ ค่าพลังไฟฟ้ารีแอกตีฟเฉลี่ยในคาบเวลาหนึ่งที่มีค่าสูงที่สุดที่เกิดขึ้นในระหว่างช่วงเวลาการคิดเงินค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน มีหน่วยเป็นกิโลวาร์ หรือควาร์ คาบเวลาที่ใช้ในการวัดค่าความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกตีฟสูงสุดที่ กฟน. และ กฟภ. ใช้คือ 15 นาที

ตัวประกอบกำลัง (Power factor หรือ p.f.)

หรือบางครั้งเรียกทับศัพท์ภาษาอังกฤษว่า เพาเวอร์แฟคเตอร์ คือ อัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าใช้งานจริงต่อกำลังไฟฟ้าเสมือนดังสมการ (9)

$$\cos \phi = \frac{KW}{KVA} \quad (9)$$

ค่าตัวประกอบกำลังในกรณีที่ต้องคำนวณจากไบเซอร์รับเงินค่าไฟฟ้านั้นอาจคำนวณได้จากสมการ(10)

$$\cos \phi = \frac{\max KW}{\sqrt{(\max KW)^2 + (\max Kvar)^2}} \quad (10)$$

จำนวนหน่วยหรือกิโลวัตต์ - ชั่วโมง

เป็นปริมาณพลังงาน (Energy) ที่ถูกใช้ไฟ ซึ่งประกอบด้วยกำลังไฟฟ้าใช้งานจริงคิดเป็นหน่วยกิโลวัตต์คูณด้วยระยะเวลาคิดเป็นหน่วยชั่วโมง 1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ก็คือ 1 หน่วยไฟฟ้าในใบเสร็จรับเงินนั่นเอง จำนวนหน่วยไฟฟ้าจะเป็นตัวเลขซึ่งเป็นค่าสะสมที่อ่านจากหน้าหน้าปัทม์ของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่เรียกว่า kilowatt-hour meter

อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วย

ใช้อัตราที่แตกต่างกันไปตามประเภทของผู้ใช้ไฟ กล่าวคือ ตามโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย

เป็นดัชนีบ่งชี้ต้นทุนค่าไฟฟ้าที่สำคัญค่าหนึ่ง ซึ่งมีนิยามกำหนดตามสมการ (11)

$$\text{ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย} = \frac{\text{จำนวนเงินค่าไฟฟ้าทั้งสิ้น}}{\text{จำนวนหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้}} \quad (11)$$

ตัวประกอบการใช้ไฟฟ้า (load factor)

หรือบางที่เรียกว่า โหลดแฟคเตอร์ทับศัพท์ภาษาอังกฤษ เป็นดัชนีบ่งชี้ความสม่ำเสมอในการใช้ไฟฟ้า มีกำหนดนิยามว่า คืออัตราส่วนของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่คิดในช่วงเวลา 1 วัน 1 เดือน หรือ 1 ปี และมีชื่อเรียกว่าโหลดแฟคเตอร์รายวัน โหลดแฟคเตอร์รายเดือน หรือโหลดแฟคเตอร์รายปี ตามลำดับ ค่าโหลดแฟคเตอร์มีค่าต่ำกว่า 100% เสมอ โหลดแฟคเตอร์ที่ใช้กันมากคือ โหลดแฟคเตอร์รายเดือนซึ่งคำนวณได้ตามสมการ(12) โหลดแฟคเตอร์รายเดือนมีความสัมพันธ์กับค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยดังตัวอย่างแสดงในตารางที่ 8 และ 9

$$\text{โหลดแฟคเตอร์รายเดือน} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้า (จำนวนหน่วย)} \times 100}{\text{จำนวนชั่วโมงใน 1 เดือน} \times \text{ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด}} \quad (12)$$

เส้นกราฟของโหลด (load curve)

คือ เส้นกราฟที่แสดงค่าของโหลดที่เวลาต่างๆกันมีแกนนอนเป็นแกนเวลา และแกนตั้งเป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาต่างๆ กัน เช่น 15 นาที 30 นาที เป็นต้น มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ เส้นกราฟของโหลดอาจได้มาโดยการใช้มาตรวัดกำลังไฟฟ้าแบบบันทึกค่าได้ หรืออาจสร้างขึ้นเองโดยการอ่านจากมาตรวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมงเป็นรายครึ่งชั่วโมงแทนก็ได้

ปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต

(Electric Power Specific Unit หรือ เรียกย่อๆ ว่า EPSU)

คือ อัตราส่วนตามสมการที่ (๑๓)

$$\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต} = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชม.)}}{\text{ปริมาณผลผลิต (ตัน กก. ขึ้น..)}} \quad (13)$$

ตัวเลขปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตที่คำนวณดังสมการ (13) สามารถใช้เป็นดัชนีแสดงประสิทธิภาพการผลิต และเป็นประโยชน์มากในการศึกษาหาแนวทางสำหรับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ดีมาก

มูลค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต

คือ อัตราส่วนตามสมการที่ (14) ซึ่งสะท้อนให้เห็นต้นทุนของผลผลิตในส่วนของพลังงานไฟฟ้า

$$\text{พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต} = \frac{\text{มูลค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท)}}{\text{ปริมาณผลผลิต (ตัน กก. ขึ้น..)}} \quad (14)$$

ประเภทของโหลด

เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าในสถานประกอบการธุรกิจและอุตสาหกรรมสามารถจัดแบ่งตามเงื่อนไขที่จะเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้เป็น 4 ประเภท คือ

Essential Loads หมายถึง ประเภทของโหลดที่มีความสำคัญ และจำเป็นต่อการทำงานในภาวะปกติ หรือ โหลดที่มีความจำเป็นในการใช้งานตลอดระยะเวลาทำการซึ่งไม่สามารถปิดหรือหยุดได้โดยไม่กระทบกระเทือนการทำงานหรือความปลอดภัย ได้แก่ แสงสว่างฉุกเฉิน ลิฟต์ คอมพิวเตอร์ พัดลมระบายอากาศ (Ventilators) บางส่วน ระบบน้ำระบายความร้อนในกรรมวิธีการผลิต และระบบควบคุมเครื่องดับเพลิงที่ใช้มอเตอร์ขับเคลื่อนเครื่องสูบบางตัว และอุปกรณ์การผลิตส่วนใหญ่ เป็นต้น

Curtable Loads หมายถึง โหลดที่มีความจำเป็นแต่สามารถหยุดการใช้งานเป็นระยะสั้นๆ ทุกๆ ช่วงเวลาที่กำหนด เช่น ประมาณ 10 นาที ทุกชั่วโมง เป็นต้น ได้แก่ เครื่องทำความเย็น เครื่องเป่าลมเย็น เต้าไฟฟ้า (เต้าหลอม เต้าเผา เต้าอบแห้ง) พัดลมระบายอากาศบางส่วน ตู้เย็น ตู้แช่เย็น เครื่องสูบน้ำ อุปกรณ์ให้ความร้อน (heater) เป็นต้น

Deferable Loads หมายถึง โหลดที่สามารถเลื่อนเวลาการใช้งานออกไปในจังหวะเวลาอื่นเป็นครั้งคราวได้นานพอสมควร เมื่อจำเป็น ได้แก่ เครื่องทำน้ำร้อน เครื่องอัด อุปกรณ์การทดสอบ ต่างๆ อุปกรณ์ทำความเย็นบางชนิด เครื่องวัด เครื่องตัด เครื่องปั้น เสื่อไฟฟ้า เครื่องผสม (mixer) clutcher roller mill ฯลฯ

Reschedulabel Loads หมายถึง โหลดซึ่งอาจกำหนดช่วงเวลาทำงานไปใช้ในช่องที่มีการใช้ไฟน้อยของแต่ละวัน เช่น เวลาพักเที่ยง เวลากกลางคืน เป็นต้น ได้แก่ เตาหลอมไฟฟ้า (electric furnace) เตาอบ (process oven) เครื่องอัดประจุแบตเตอรี่ (battery charger) เครื่องยกของ Incinerator Trash compactors เป็นต้น

อย่างไรก็ตามเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ จะจัดอยู่ในประเภทใดแน่นั้น จำเป็นต้องเข้าใจในระบบ และขบวนการผลิตอย่างชัดเจนเสียก่อน



บทที่ 2

การบริหารพลังงานไฟฟ้า

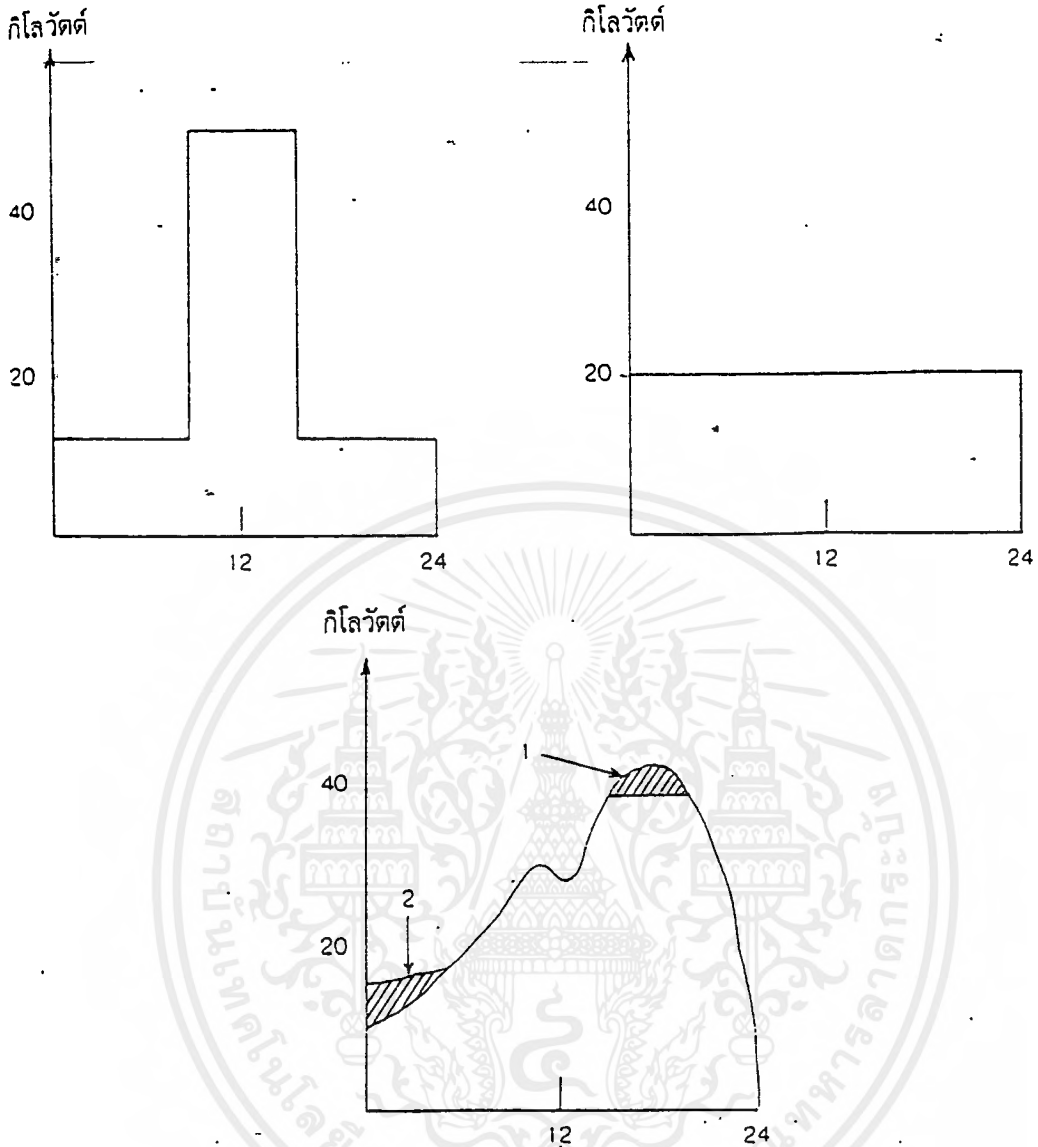
เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า ศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้านั้นไม่สูงทัดเทียมกับศักยภาพในการประหยัดพลังงานความร้อนแต่อย่างใดก็ตาม เนื่องจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าต้องลงทุนในการสร้างโรงจักร สถานีไฟฟ้าย่อย สายส่ง ฯลฯ ซึ่งเป็นเงินทุนมหาศาล นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานรูปต่างๆเป็นพลังงานไฟฟ้านั้นเมื่อรวมความสูญเสียตามระยะทางที่ส่งไฟฟ้ามานั้น ทำให้ประสิทธิภาพรวมของพลังงานไฟฟ้านั้นต่ำกว่า 30 % ผลอันนี้สะท้อนให้ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าพลังงานความร้อนมาก ดังนั้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงมีความหมายคือ การแปลงพลังงานไฟฟ้าจำนวนน้อยชนิดที่ประหยัดได้ให้เป็นเงินก้อนใหญ่ได้ เนื้อหาในบทจะกล่าวถึงแนวทางในการทำให้ต้นทุนค่าไฟฟ้าลดลง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการธุรกิจและอุตสาหกรรม ในการดำเนินการเพื่อการลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่ง

มาตรการลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้า

เมื่อเราทราบวิธีการคิดค่าไฟฟ้าสำหรับผู้บริโภคประเภทต่างๆแล้ว เราจำเป็นต้องวิเคราะห์ดูว่าทำอะไรเราจึงสามารถทำให้ค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายในแต่ละเดือนนั้น ลดลงได้โดยไม่กระทบกระเทือนต่อการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้า

1 การปรับปรุงโหลดแฟคเตอร์ หมายถึงการวางแผนควบคุมการใช้ไฟฟ้า ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 หัวข้อย่อย

1.1 เส้นกราฟของโหลด (load curve) เส้นกราฟของโหลดคือ เส้นกราฟที่แสดงค่าของโหลดที่เวลาต่างๆกัน มีแกนนอนเป็นเวลา และแกนตั้งเป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลา 15 นาที มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์



รูปที่ 1 แสดงเส้นกราฟของโหลดใน (ก) (ข) และ (ค) ซึ่งมีค่าพลังงานไฟฟ้ารวมเท่ากัน

การปรับปรุงโหลดแพลคเตอร์ก็คือ การปรับปรุงเส้นกราฟของโหลดนั่นเอง ซึ่งอาจจะอธิบายให้เข้าใจได้ชัดเจนโดยการพิจารณาเส้นกราฟของโหลดในรูปที่ 1 เส้นกราฟ (ก) แสดงลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่แย่มากที่สุด เพราะเส้นกราฟนี้ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด มีค่าถึง 50 กิโลวัตต์ ในการจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดชนิดนี้จะต้องติดตั้งอุปกรณ์รับและจ่ายไฟ (switch gear) ที่มีพิกัดใช้งานสูงถึง 50 กิโลวัตต์หรือสูงกว่า เส้นกราฟรูป (ข) เป็นเส้นกราฟของโหลดในอุดมคติ ซึ่งมีค่าพลังงานที่ใช้ 480 หน่วยซึ่งเท่ากับในรูปที่ 3 (ก) แต่ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดมี

ค่าเพียง 20 กิโลวัตต์เท่านั้น ในกรณีนี้อุปกรณ์รับและจ่ายไฟที่ติดตั้งอาจมีพิกัดเพียง 20 กิโลวัตต์ ถ้าโหลดเป็นเช่นนี้ตลอดไป และการไฟฟ้าจะคิดค่าไฟสำหรับกรณีนี้ถูกกว่ามาก ในทางปฏิบัติเส้นกราฟของโหลดเป็นตามรูป 3 (ค) การจัดการพลังงานเพื่อให้ค่าไฟลดลงอาจทำได้โดยวิธีการซึ่งมีผลให้พื้นที่หมายเลข 1 ถูกตัดออกและนำอุปกรณ์ที่ใช้ไฟในช่วงเวลาอื่น เช่น ระหว่างพื้นที่หมายเลข 2

1.2 โหลดแฟคเตอร์ (load factor) คืออัตราส่วนของค่าความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยต่อความต้องการไฟฟ้าสูงสุดที่คิดในช่วงเวลา 1 วัน 1 เดือน 1 ปี และมีชื่อเรียกว่า โหลดแฟคเตอร์รายวัน โหลดแฟคเตอร์รายเดือน โหลดแฟคเตอร์รายปี ตามลำดับ โหลดแฟคเตอร์มีค่าต่ำกว่า 100% เสมอ

การจัดการเพื่อให้มีค่าความต้องการไฟฟ้าใกล้เคียงกันตลอดทั้งเดือน จะทำให้โหลดแฟคเตอร์ดีขึ้น โหลดแฟคเตอร์ที่มีค่าสูงแสดงให้เห็นว่า หม้อแปลง สายบ่อน และอุปกรณ์อื่นๆ มีการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์เครื่องจักรที่ไม่จำเป็นก็ลดลง ซึ่งมีผลดีทางเศรษฐศาสตร์ คือ ต้นทุนการผลิตลดลง

1.3 การควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด การควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุดตามเป้าหมายเพื่อให้ได้ค่าโหลดแฟคเตอร์ที่สูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้นั้นมีข้อสังเกตที่จะกล่าวดังต่อไปนี้

ก. การวัดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดนั้น ในสถาบันประกอบธุรกิจและอุตสาหกรรมแต่ละแห่งจะมีมาตรวัดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (maximum demand power meter) ซึ่งการไฟฟ้าติดตั้งสำหรับอ่านค่าสูงสุดดังกล่าวเป็นรายเดือน และจะปรากฏในใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า แต่ค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดกำลังไฟฟ้าแบบบันทึกค่าได้ซึ่งนอกจากจะช่วยให้ทราบว่าการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นในวันเวลาใดแล้ว ยังทราบรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานตลอดเวลาหรือเส้นกราฟของโหลดด้วย การควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดให้มีค่าต่ำที่สุดก็จะทำได้โดยอาศัยกราฟนี้ กรณีที่ไม่มียงบประมาณสำหรับการติดตั้งมาตรวัดแบบบันทึกค่าได้ เราอาจสร้างเส้นกราฟของโหลดโดยการอ่านค่าจากมาตรวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมง เป็นรายชั่วโมงแทนก็ได้ แต่ตัวเลขที่ได้จะไม่ละเอียดแม่นยำเท่าที่ควร

กิจการขนาดกลาง

load factor (%)	< 12 kV	12 - 33 kV	> 69 kV
40	2.3361	2.1290	1.8633
45	2.1988	2.0114	1.7707
50	2.0889	1.9172	1.6967
55	1.9990	1.8402	1.6361
60	1.9241	1.7760	1.5856
65	1.8607	1.7217	1.5428
70	1.8063	1.6752	1.5062
75	1.7593	1.6348	1.4744
80	1.7181	1.5995	1.4467
85	1.6817	1.5684	1.4222
90	1.6494	1.5407	1.4004
95	1.6205	1.5159	1.3809
100	1.5944	1.4936	1.3633

ตารางที่ 1 แสดงค่า load factor ต่ออัตราค่าไฟฟ้า

ข. โดยทั่วไปแล้วค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณผลผลิต ดังนั้นการตั้งเป้าหมายควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดจึงจำเป็นต้องมีสถิติการใช้ไฟฟ้าจากใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าหรือจากเส้นกราฟของโหลด กับสถิติข้อมูลการผลิตรายวันและรายเดือนประกอบการพิจารณา

ค. การควบคุมค่ากำลังไฟฟ้านั้น ผู้ทำงานจำเป็นต้องเข้าใจระบบของขบวนการผลิต และต้องทราบข้อมูลโดยประมาณของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น แบบ ขนาด ลักษณะการใช้งาน (เช่น เดินเครื่องเป็นบางเวลา เดินเครื่องเป็นระยะ เดินเครื่องตลอดเวลา) การควบคุมจะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อเราสามารถแยกวงจรย่อยและแบ่งประเภทโหลดเป็น 3 ประเภท กล่าวคือ

- โหลดที่ต้องทำงานต่อเนื่องโดยไม่สามารถตัดเอาไหล่ออกได้เลย

- โหลดที่สามารถตัดออกได้ แต่ต้องมีการเตรียมการล่วงหน้า เช่น การจัดวิธีการทำงานใหม่ หรือการตัดโหลดดังกล่าวออกไปโดยไม่กระทบกระเทือนการผลิตมากนัก หรือเพียงลดความสะดวกสบายลงบ้าง

- โหลดที่สามารถจัดช่วงเวลาทำงานไปในเวลาใดก็ได้

ง. การควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุดอาจกระทำได้โดยการติดตั้งชุดควบคุมความต้องการไฟฟ้าอัตโนมัติ (demand controller) ชุดควบคุมนี้จะรับสัญญาณพัลส์ในแต่ละคาบ (period) ของความต้องการไฟฟ้าและทำการคาดคะเนการใช้กำลังไฟฟ้าในเวลาหลังจากนั้น ในขณะเดียวกันจะทำการคำนวณและเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ ค่าที่ได้จากการคำนวณนี้จะถูกแสดงในรูปสัญญาณดิจิทัลที่เครื่องแสดงค่าต่างๆ และถูกบันทึกโดย printer ด้วย เมื่อค่ากำลังไฟฟ้าที่คาดคะเนมีแนวโน้มสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ ก็ส่งสัญญาณเตือนและทำการควบคุมโดยตัดโหลดที่โปรแกรมไว้

ก่อนที่จะตัดสินใจว่าจะติดตั้งชุดควบคุมความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ควรต้องทราบ โหลดแฟคเตอร์ และคาดคะเนผลได้ผลเสียทางเศรษฐกิจประกอบ

2. การปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ เราทราบว่าส่วนหนึ่งของกระแสลับจะถูกใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ หม้อแปลงและอุปกรณ์ที่มีการเหนี่ยวนำอื่นๆ กระแสส่วนนี้ไม่มีส่วนทำให้เกิดพลังงานกลแต่อย่างใด กำลังไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสส่วนนี้เรียกว่า “กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ” (reactive power) ซึ่งแตกต่างจากกำลังไฟฟ้าใช้งานจริง (active power) และผลบวกทางเวกเตอร์ของกำลังไฟฟ้าทั้งสองเรียกว่า “กำลังไฟฟ้าปรากฏ” (apparent power) ซึ่งเป็นผลคูณของกระแสสุทธิที่วัดโดยมาตรวัดกระแสลับกับแรงดันของแหล่งจ่าย เรากำหนดนิยามของเพาเวอร์แฟคเตอร์ (power factor) ในเทอมกำลังไฟฟ้าที่กล่าวถึงข้างต้นตามสมการ

$$\text{เพาเวอร์แฟคเตอร์} = \frac{\text{กิโลวัตต์(กำลังไฟฟ้าใช้งานจริง)}}{\text{กิโลวัตต์แอมแปร์(กำลังไฟฟ้าปรากฏ)}}$$

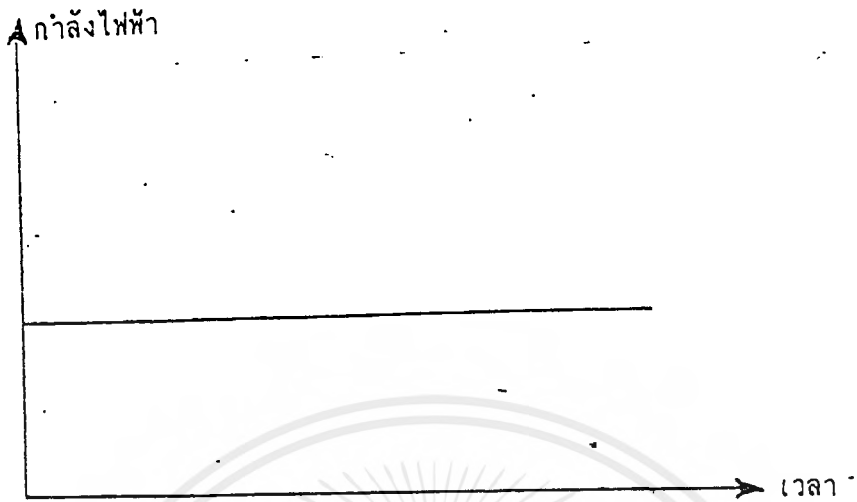
ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่มีค่าต่ำ แสดงว่ามีกระแสไหลในสายป้อนผ่านมาตรวัดสูงกว่ากระแสที่ใช้งานจริง ทำให้การสูญเสีย I^2R ในระบบสูงขึ้น ประสิทธิภาพการส่งพลังงานต่ำลงตลอดจน voltage regulation ไม่ดีด้วย การปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้มีค่าสูงขึ้น มีผลดีหลายประการ ซึ่งอาจกล่าวสรุปเป็นข้อๆ ดังนี้

1. ทำให้องค์ประกอบของกระแสลับในส่วนของ logging current มีขนาดลดลง

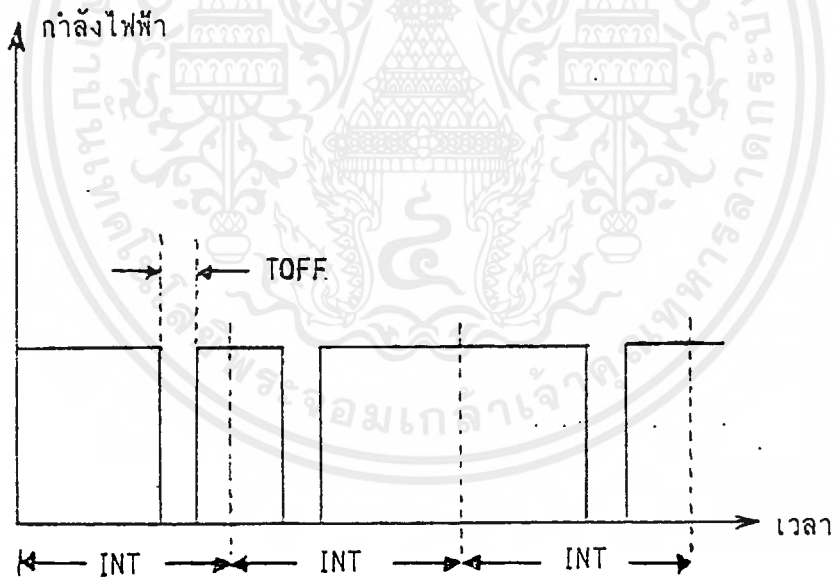
2. แรงดันที่จุดจ่ายไฟมีค่าสูงขึ้น
3. voltage regulation ของระบบจะดีขึ้น ถ้ามีการติดตั้งตัวเก็บประจุและมีการควบคุมการตัดต่อตัวเก็บประจุที่ถูกต้อง
4. ลดค่ากำลังสูญเสียหรือ I^2R
5. ลดค่าความต้องการของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ I^2X
6. เพาเวอร์แฟคเตอร์ของแหล่งจ่ายไฟที่ต้นทางดีขึ้นด้วย
7. ลดค่า KVA โหลดที่มีต่อหม้อแปลงหรือเครื่องกำเนิด หรือส่วนของวงจรทำให้ระบบไฟสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น
8. KVA ที่ลดลงที่มีต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้มีกำลังผลิตสำหรับการจ่ายไฟให้กับลูกค้าจำนวนมากขึ้น
9. ผู้ใช้ไฟเสียค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดน้อยลง
10. ต้นทุนของอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องจักรต่อหน่วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานมีค่าต่ำลง

ข้อดีดังที่กล่าวข้างต้นอาจจะสรุปประเด็นสำคัญที่จะช่วยให้เจ้าของสถานประกอบการธุรกิจและอุตสาหกรรมให้ลงทุนติดตั้งตัวเก็บประจุเพื่อปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ อาจสรุปได้ดังนี้

1. ในบางกรณีที่สถานประกอบการนั้นมีการขยายกำลังผลิต การปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์อาจมีผลให้สามารถนำโหลดมาติดตั้งโดยไม่ต้องลงทุนติดตั้งหม้อแปลง อุปกรณ์รับและจ่ายไฟ (switch gear) ฯลฯ เพิ่มเติม ความคุ้มค่านั้นจะเห็นได้ชัด เพราะว่าคุณภาพการดำเนินงานดีกว่าราคาของชุดของตัวเก็บประจุับหลายสิบเท่า
2. ถ้าบังเอิญสภาพการใช้งานของระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการนี้กำลังอยู่ในภาวะ overload ปัญหานี้จะหมดไปหรือเบาบางลงเมื่อมีการติดตั้งชุดของตัวเก็บประจุเพื่อปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์
3. ความสูญเสียในความต้านทานของส่วนต่างๆ ในระบบไฟฟ้ามีค่าลดลง
4. ค่าไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าพลังงาน และค่าความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูงสุดก็มีค่าลดลงด้วย
5. ราคาต้นทุนของระบบไฟฟ้า / ค่าเคเบิลของอุปกรณ์ที่ติดตั้งทั้งหมดมีค่าลดลง



ก)



ข)

รูปที่ 2 แสดงการทำงานของโหลด ก) แบบไม่มี Duty Cycle
ข) แบบมี Duty Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. DUTY CYCLE

Duty Cycle เป็นหลักการประหยัดพลังงานวิธีหนึ่ง ซึ่งวิธีการทำ Energy Management โดยวิธี Duty Cycle นั้นมาจากการคำนึงข้อเท็จจริงที่ว่า โดยทั่วไปการออกแบบหรือเลือกใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ขนาดของเครื่องปรับอากาศ ขนาดของปั้มน้ำ เป็นต้น เรามักออกแบบให้ใหญ่กว่าขนาดที่จำเป็นเสมอ ทั้งนี้เพราะการหาขนาดที่แน่นอนของอุปกรณ์ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความต้องการที่แท้จริงนั้นทำได้ยากและเป็นการเสี่ยงเกินไป จึงจำเป็นต้องออกแบบเผื่อเอาไว้ ในทางมากไว้ก่อน เราจึงควรหาทางลดการสูญเสียพลังงานอันเกิดจากความมากเกินไปว่า ความต้องการลงโดยการปิดโหดเป็นช่วงเวลาสั้นๆ ตลอดช่วงการทำงาน โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหาย ทั้งในส่วนของความเสียหายของอุปกรณ์และการใช้งาน ซึ่งวิธีการเช่นนี้เรียกว่า "Duty Cycle"

3.1 หลักการควบคุมด้วย Duty Cycle

การควบคุมโหดแบบ Duty Cycle นั้นหมายถึงการปิดหรือหยุดการทำงานของโหด เป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ ตลอดระยะเวลาการทำงานของโหด เช่น ปิดทุกๆ 5 นาที ใน 1 ชั่วโมงการทำงาน ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงว่าจะต้องไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานหรือผลงานรวมทั้ง อุปกรณ์ด้วย หรือถ้ามีผลกระทบต่องานหรือผลงานก็ให้กระทบให้น้อยที่สุด พิจารณารูปที่ 2 ซึ่ง แสดงการควบคุมโหดด้วย Duty Cycle และไม่มีการควบคุมด้วย Duty Cycle ประกอบ

การควบคุมโหดแบบ Duty Cycle มีคำนิยามเกี่ยวกับช่วงเวลาต่างๆ ที่ใช้ที่ควรรู้อย่างนี้

- ช่วงเวลาปิดต่ำสุด (Minimum Off Time ; MIFT) : ช่วงเวลาที่ต่ำสุดที่ปิดโหดโดยที่ อุปกรณ์หรือโหนดสามารถทำงานได้โดยไม่ทำให้โหนดเสียหายหรือมีอายุการใช้งานน้อยลง เช่น เครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปเมื่อปิดแล้วต้องรออย่างต่ำประมาณ 3-5 นาที ก่อนจะเปิดให้เครื่องทำงานได้อีกครั้ง เพราะถ้าหากไม่มีช่วงเวลาปิดต่ำสุดสำหรับเครื่องปรับอากาศแล้ว Compressor จะทำงานหนักกว่าปกติ เพราะความดันของน้ำยาในท่อยังสูง เพราะฉะนั้นจะทำให้อายุการใช้งานลดลง

- ช่วงเวลาปิดสูงสุด (Maximum Off Time ; MAFT) : ช่วงเวลาการปิดโหนดที่สูงสุด เมื่อเปิดโหนดแล้วไม่ทำให้เกิดผลที่เกิดจากการทำงานของโหนดผิดเป้าหมาย เช่น ในกรณีโหนดใน เครื่องปรับอากาศ Maximum off Time ก็คือช่วงเวลาที่สามารถปิดเครื่องได้นานที่สุดโดยไม่ทำให้เกิดความสูญเสียความสบาย (comfort)

- ช่วงเวลาการเปิดต่ำสุด (Maximum On Time ; MINT) : ช่วงเวลาอย่างน้อยที่สุดที่ต้องเปิดโหนดก่อนจะปิดโหนดนั้น การกำหนด Minimum On Time นี้ก็เพื่อป้องกันการปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหลดที่เร็วเกินไป ซึ่งจะทำให้โหลดนั้นมีอายุการใช้งานสั้นลง เช่น กรณีโหลดคือมอเตอร์ มอเตอร์ควรจะมีการเดินเครื่องด้วยระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะหยุด ทั้งนี้เพราะตอนเริ่มเดินเครื่อง มอเตอร์จะดึงกระแสเริ่มแรกสูงทำให้เกิดความร้อนสะสมในขดลวดมาก ดังนั้นเราควรเดินเครื่องสักระยะเวลาหนึ่งเพื่อให้มีการระบายความร้อนออกก่อนที่จะหยุดเครื่อง

- ช่วงเวลาปิด (Off Time ; TOFF) : ช่วงเวลาที่ปิดโหลดในแต่ละช่วงการทำงาน (interval) ซึ่งช่วงเวลาปิดนั้นแบ่งได้สองอย่างขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในการควบคุมคือ 1) ช่วงเวลาปิดคงที่ (Fixed Off Time) และ 2) ช่วงเวลาปิดที่แปรเปลี่ยนได้ (Variable Off Time)
 - ช่วงเวลาปิดคงที่ (Fixed Off Time) ช่วงเวลาปิดโหลดที่มีค่าคงที่ในแต่ละช่วงการทำงาน โดยการเลือกค่าช่วงเวลาปิดคงที่นั้นใช้การเลือกแบบ random โดยดูจากสถานการณ์การทำงานของโหลด และเปลี่ยนค่านี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ค่าคงที่คงที่สำหรับโหลดนั้น
 - ช่วงเวลาปิดที่แปรเปลี่ยนได้ (Variable Off Time) ช่วงเวลาปิดโหลดที่เปลี่ยนค่าไปเรื่อยๆ ตามสถานการณ์การทำงานของโหลด และการเปลี่ยนค่าดังกล่าวเครื่องควบคุมจะเปลี่ยนให้เองอัตโนมัติตลอดเวลา โดยเอาผลจากการทำงานของโหลดในแต่ละเวลามาปรับค่า เช่น เครื่องปรับอากาศ ช่วงเวลาที่แปรเปลี่ยนได้ได้มาจากการคำนวณที่ให้ช่วงอุณหภูมิที่สบาย โดยอุณหภูมิของอากาศภายนอกห้องเป็นตัวแปร
 - ช่วงเวลาการทำงาน (Interval ; INT) : ช่วงระยะเวลาการทำงานของโหลดที่จะมีการปิดโหลดหนึ่งครั้ง การเลือกช่วงเวลาการทำงานนี้ผู้ใช้เครื่องควบคุมต้องเป็นผู้เลือกให้เหมาะสม โดยโหลดที่สำคัญจะมีการปิดเปิดบ่อยครั้งกว่าโหลดที่สำคัญรองลงมา และ off time ควรสั้น เมื่อเปรียบเทียบกับ Interval

จากการรู้ว่า off time มีสองแบบนี้ ก็ทำให้รู้ว่า Duty cycle ลักษณะคือ

1. Duty Cycle แบบมีช่วงเวลาปิดคงที่
2. Duty Cycle แบบมีช่วงเวลาปิดแปรเปลี่ยนได้

3.2 Duty Cycle แบบมีช่วงเวลาปิดคงที่

โดยทั่วๆ ไป เครื่องควบคุมการทำงานของโหลดที่มีการควบคุมโหลดด้วย Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดคงที่นั้นมีสองอย่างคือ แบบที่ไม่มีการวัดอุณหภูมิและแบบที่มีการวัดอุณหภูมิเพื่อนำไปเปลี่ยนค่าช่วงเวลาปิดที่คงที่



Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดคงที่อย่างไม่มีการวัดอุณหภูมิผู้ใช้เป็นผู้กำหนดเวลาปิดที่คงที่และช่วงเวลากการทำงานโดยที่ช่วงเวลาที่คงที่นั้นจะอยู่ในส่วนใดของช่วงเวลากการทำงานก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบการจัด โดยทั่วๆ ไปจะพยายามกระจายให้โหลดมีช่วงเวลาที่ปิดไม่พร้อมกัน Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดคงที่อย่างไม่มีการวัดอุณหภูมินี้อาจทำให้เกิดความไม่สบาย (Non-Comfort) ขึ้นได้ เพราะการกำหนดช่วงเวลาที่ปิดให้เหมาะสมนั้นต้องขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์หลายอย่าง เช่น อุณหภูมิภายในห้อง อุณหภูมิภายนอกห้อง จำนวนคนภายในห้อง เป็นต้น

Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดคงที่อย่างมีการวัดอุณหภูมิ มีการทำงานโดยอาศัยการเปรียบเทียบอุณหภูมิจากค่าอุณหภูมิสบายภายในห้องที่ตั้งไว้กับอุณหภูมิที่รับมาจาก Temperature Sensor ว่าควรมีการปลดหรือ Cycle โหลดหรือไม่ เช่น ถ้าหากอุณหภูมิภายในห้องเป็นค่าที่ไม่สบายในช่วงทำงาน (Interval) ถัดไปก็จะไม่มีการปลดโหลด เป็นต้น

Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดคงที่อย่างมีการวัดอุณหภูมินั้นดีกว่าแบบไม่มีการวัดอุณหภูมิ ทั้งนี้เพราะมีการตรวจสอบตลอดเวลาว่าอุณหภูมิภายในห้องอยู่ในช่วงสบายหรือไม่ แต่อย่างไรก็ตาม การทำ Load Management โดยวิธี Duty Cycle แบบนี้ก็ใช้ช่วงเวลาที่ปิดคงที่อยู่ จึงมีข้อเสียอยู่ว่ายังไม่ประหยัดพลังงานเท่าที่ควร เช่น หากในช่วงเวลาทำงานที่มีการทำงาน Cycle คือมีการปลดโหลดให้ได้ช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ระหว่างที่ปลดโหลดออก Sensor อาจรายงานว่าอุณหภูมิในห้องไม่สบายแล้ว แม้จะไม่มากแต่ก็ส่งผลให้ไม่มีการ Cycle โหลดในช่วงเวลากการทำงานถัดไปและช่วงเวลากการทำงานนี้อาจเย็นเกินความจำเป็นทำให้ไม่ประหยัดพลังงานเท่าที่ควร ซ้ำถ้าหากเป็น การทำ Duty Cycle แบบช่วงเวลาที่ปิดแปรเปลี่ยนได้นั้นก็จะมีการจัดให้มีช่วงเวลาที่ปิดสั้นลงอีกเล็กน้อย แทนที่จะไม่มีการ Cycle

3.3 Duty Cycle แบบช่วงเวลาที่ปิดแปรเปลี่ยนได้

การควบคุมโหลดด้วยวิธีนี้ Duty Cycle แบบช่วงเวลาที่ปิดแปรเปลี่ยนได้นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาที่ปิดตามอุณหภูมิภายในห้องซึ่งรับมาจาก Temperature Sensor ว่ายังอยู่ในช่วงอุณหภูมิสบายที่ตั้งไว้ (Comfort Temperature Range) หรือไม่ ถ้าหากอุณหภูมิภายในห้องที่วัดได้มีค่าค่อนข้างต่ำ ช่วงเวลาที่ปิดก็จะมาก

วิธีการนี้ดีกว่าการทำ Duty Cycle แบบช่วงเวลาที่ปิดคงที่ เพราะมีการปรับช่วงเวลากการปิดตลอดเวลาเพื่อรักษาอุณหภูมิให้สบาย โดยการทำ Duty Cycle แบบช่วงเวลาที่ปิดแปรเปลี่ยนได้นี้มี factors สำคัญ ๆ คือ Minimum Off Time , Maximum Off Time , Comfort Temperature Range clt Minimum On Time

การคำนวณหาช่วงเวลาปิดที่แปรเปลี่ยนได้นั้นสามารถหาได้ดังนี้ (พิจารณารูปที่ 3 ประกอบ)

$$\frac{AB}{DE} = \frac{BG}{EG}$$

$$\frac{TOFF(max) - TOFF(min)}{TOFF - TOFF(min)} = \frac{TH - TL}{TH - TS} = Q$$

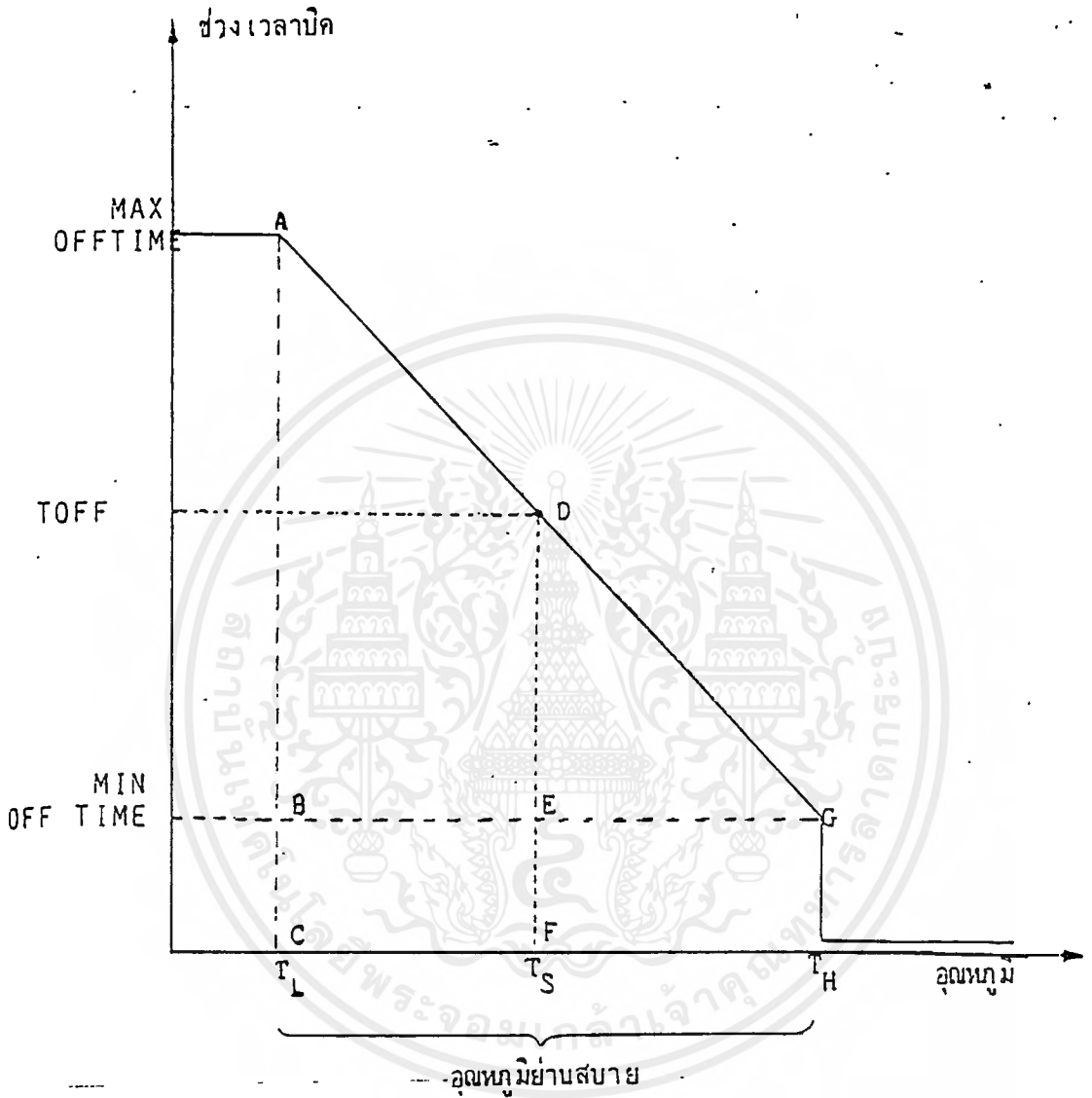
$$\frac{TOFF - TOFF(min)}{TOFF(max) - TOFF(min)} = Q$$

then $TOFF = [TOFF(max) - TOFF(min)] Q + TOFF(min)$

โดยที่ TOFF เป็นช่วงเวลาปิดที่เกิดขึ้นในหนึ่ง Interval โดย TOFF(max) , TOFF(min) , TL , TH , Interval ผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดว่าควรเป็นเท่าใด

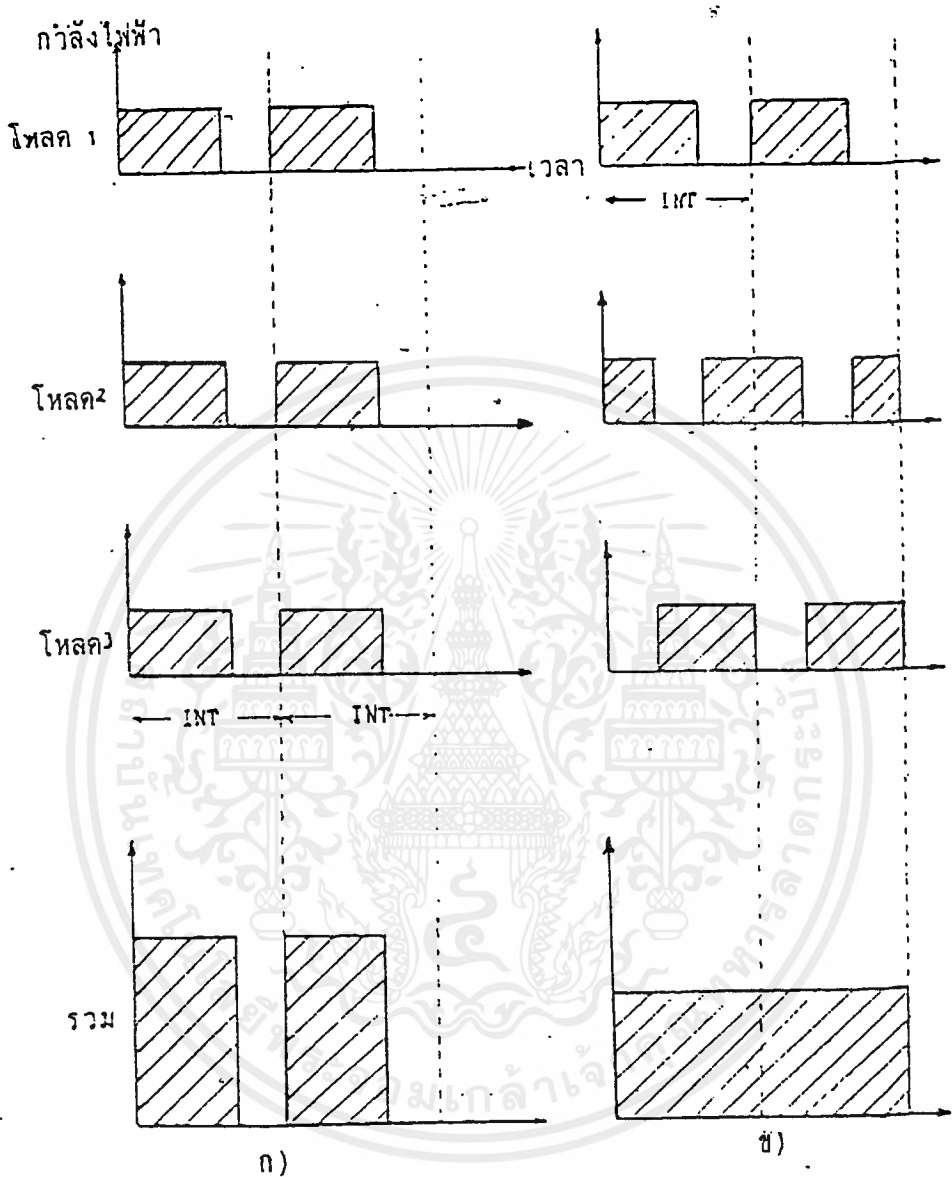
3.4 การกระจายให้โหลดปิดที่เวลาต่างกัน

ในการควบคุมโหลดด้วย Duty Cycle นั้น เราจะให้โหลดแต่ละตัวปิดเพียง 1 ครั้งใน 1 ช่วงเวลาทำงาน (Interval) โดยช่วงเวลาปิดโหลดจะเท่ากับที่คำนวณได้จากสมการสุดท้ายนั้น ในการทำ Duty Cycle นี้ต้องมีวิธีการจัดให้โหลดที่ปิดในแต่ละช่วงเวลาทำงานเกิดขึ้นที่เวลาต่างๆ กันด้วยเพื่อว่าโหลดทั้งหมดจะได้ไม่เปิดทำงานพร้อมกันในเวลาเดียวกันอันจะทำให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้รวมสูง ซึ่งในรูปที่ 4 จะแสดงให้เห็นถึงโหลด 3 โหลดที่มีขนาดเท่ากันและเวลาปิดเปิดเท่ากันที่ถูกควบคุมด้วย Duty Cycle โดยรูปที่ 4 ก) มีการทำ Duty Cycle แต่ไม่มีวิธีการกระจายโหลดให้ปิดต่างเวลากันทำให้มีการใช้กำลังไฟฟ้ารวมสูงกว่าแบบที่มีการกระจายโหลดให้ปิดที่เวลาต่างกัันดังรูปที่ 4 ข)



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องและช่วงเวลาปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 การควบคุมโหลดด้วย Duty Cycle

ก) โหลดเปิดที่เวลาเดียวกัน

ข) โหลดเปิดที่เวลาต่างกัน

การวิเคราะห์ค่าไฟฟ้า

ในกรณีที่มีการคิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD RATE) ค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าตามระบบ TOD จะสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 1 ดังนี้

$$C = DC_p \times P + DC_{pp} \times (PP - P) + EC \times E + Ft \times E \quad (1)$$

หมายเหตุ ถ้า $P \geq PP$ ให้คิดเทอม $PP - P$ เป็นศูนย์

โดยที่ C	คือ	ค่าไฟฟ้า (บาทต่อเดือน)
DC _p	คือ	อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง PEAK (บาทต่อกิโลวัตต์)
P	คือ	ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในช่วง PEAK (กิโลวัตต์)
DC _{pp}	คือ	อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง PARTAIL PEAK (บาทต่อกิโลวัตต์)
PP	คือ	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง PARTIAL PEAK (กิโลวัตต์)
OP	คือ	ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง OFF PEAK (กิโลวัตต์)
EC	คือ	อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)
E	คือ	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)
Ft	คือ	อัตราค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต (บาทต่อหน่วย)

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าค่าไฟฟ้ารวมทั้งหมดจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

- 1 ค่าพลังงานไฟฟ้า
- 2 ค่าพลังไฟฟ้า
- 3 ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต

ซึ่งจะเห็นว่าหากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าคงที่ ก็จะทำให้ค่าไฟฟ้าในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้า

[EC×E] คงที่และให้ค่าไฟฟ้าในส่วนของค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิต [Ft×E] คงที่แล้ว จะได้ว่า

ค่าไฟฟ้ารวมจะขึ้นอยู่กับค่าพลังไฟฟ้า [DC_p×P+DC_{pp}×(PP-P)] ซึ่งประกอบด้วย DC_p, DC_{pp},

PP, P แต่ค่าของ DC_p, DC_{pp} เป็นค่าคงที่ ดังนั้นค่าไฟฟ้ารวมจึงขึ้นอยู่กับค่าของ PP (กำลัง

ไฟฟ้าสูงสุดช่วง PARTIAL PEAK), P (กำลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง PEAK) การที่จะลดค่าไฟฟ้ารวมได้

นั้น จะต้องทำการลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง PEAK, PARTIAL PEAK ลง ซึ่งสามารถปฏิบัติ

ได้ดังนี้

1. ย้ายเวลาเดินเครื่องจักรบางตัวหรือบางชุดให้ทำงานเร็วขึ้นหรือช้าลงเพื่อหลีกเลี่ยงการ
ใช้งานในช่วงเวลา PEAK

รูปที่ 5 จะเห็นว่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละวันจะมีค่าแตกต่างกัน
ไป แต่โดยส่วนใหญ่แล้วจะไม่ค่อยแตกต่างกันมาก ยกเว้นของวันที่ 4, 12 และ 21 ที่มีค่าสูงผิด
ปกติจากวันอื่นๆ เมื่อได้สำรวจข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายวันออกมาดู จะได้ดังรูปที่ 6

เมื่อได้ศึกษาลักษณะการทำงานอย่างละเอียดแล้ว ได้ทดลองย้ายการทำงาน
พิเศษไปทำในเวลากลางคืนแทน พบว่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลดลงเหมือนวันปกติ ทำให้
เสียค่าไฟลดลง

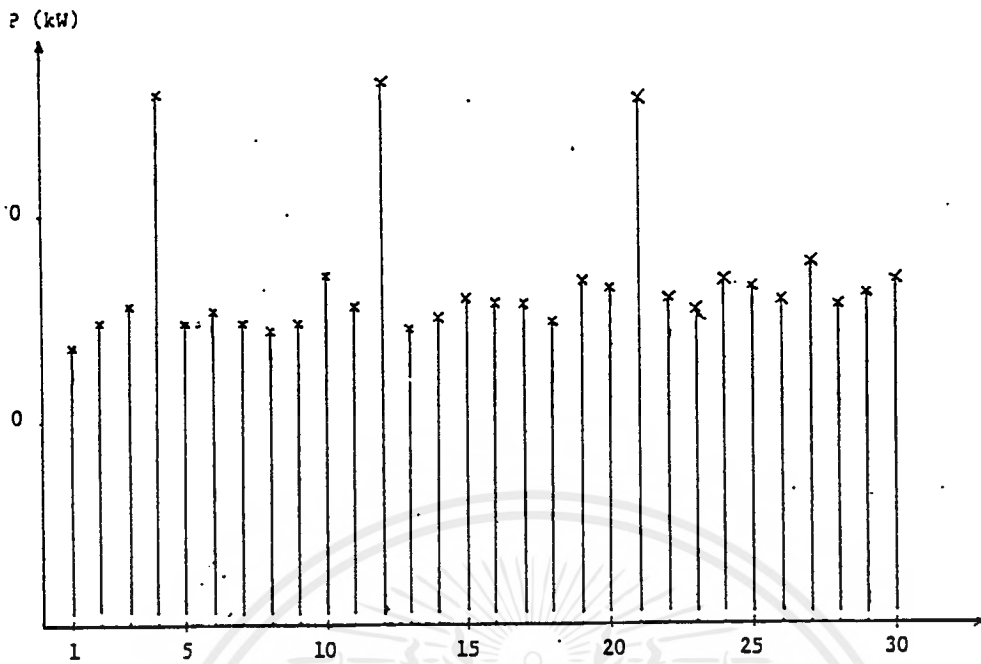
2. ตัดหรือปลดเครื่องจักรบางตัว หรือหลายๆ ตัวออกจากระบบ (หรือลดโหลดของเครื่อง
จักร) เมื่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในเวลา 15 นาที จะเกินจากที่กำหนดไว้

ตามรูปที่ 7 เป็นตัวอย่างลักษณะการใช้งานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง
จากรูปที่ 7 นี้ จะเห็นว่าในช่วงเวลาที่ 4 (ระหว่าง 45-60) ความต้องการพลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะ
มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ ถ้าไม่ต้องการให้ความต้องการพลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมีค่าสูงกว่าค่าที่
กำหนดไว้ จะต้องทำการปลดเครื่องจักรบางตัวออกจากระบบไฟฟ้า (หยุดการใช้งาน) หรือ
ลดโหลดของเครื่องจักรลง (ดังรูปที่ 8)

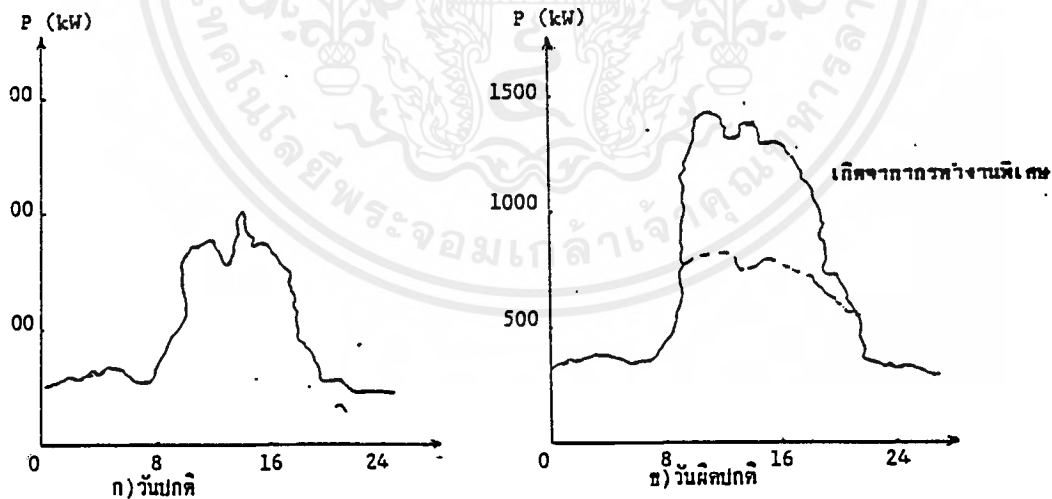
3. จัดเวลาเดินเครื่องจักรใหม่ ให้ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละชุดเหมือนกัน
วิธีนี้จะต้องทราบลักษณะการใช้ไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละชุดเสียก่อน และลักษณะการใช้ไฟฟ้า
ดังกล่าว จะต้องไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากในแต่ละวัน ดังแสดงในรูปที่ 9

4. ปลดเครื่องจักรที่เดินตัวเปล่า หรือไม่มีความจำเป็นออกจากระบบไฟฟ้า เพื่อลดการ
สูญเสีย เมื่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง ความต้องการพลังไฟฟ้าก็จะลดลงตามไปด้วย
เพราะความต้องการพลังไฟฟ้าก็คือ 4 เท่าของปริมาณพลังงานไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลา 15 นาที

5. สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้ไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล จะต้องมีการวางแผน
การใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสม เพราะในเดือนที่ใช้ไฟฟ้าน้อยๆ อาจจะต้องเสียค่าไฟฟ้าสูงโดยไม่จำเป็น
เนื่องจากค่าไฟฟ้าต่ำสุดในอัตราค่าไฟฟ้าปัจจุบัน จะคิดจากร้อยละ 70 ของความต้องการพลัง
ไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

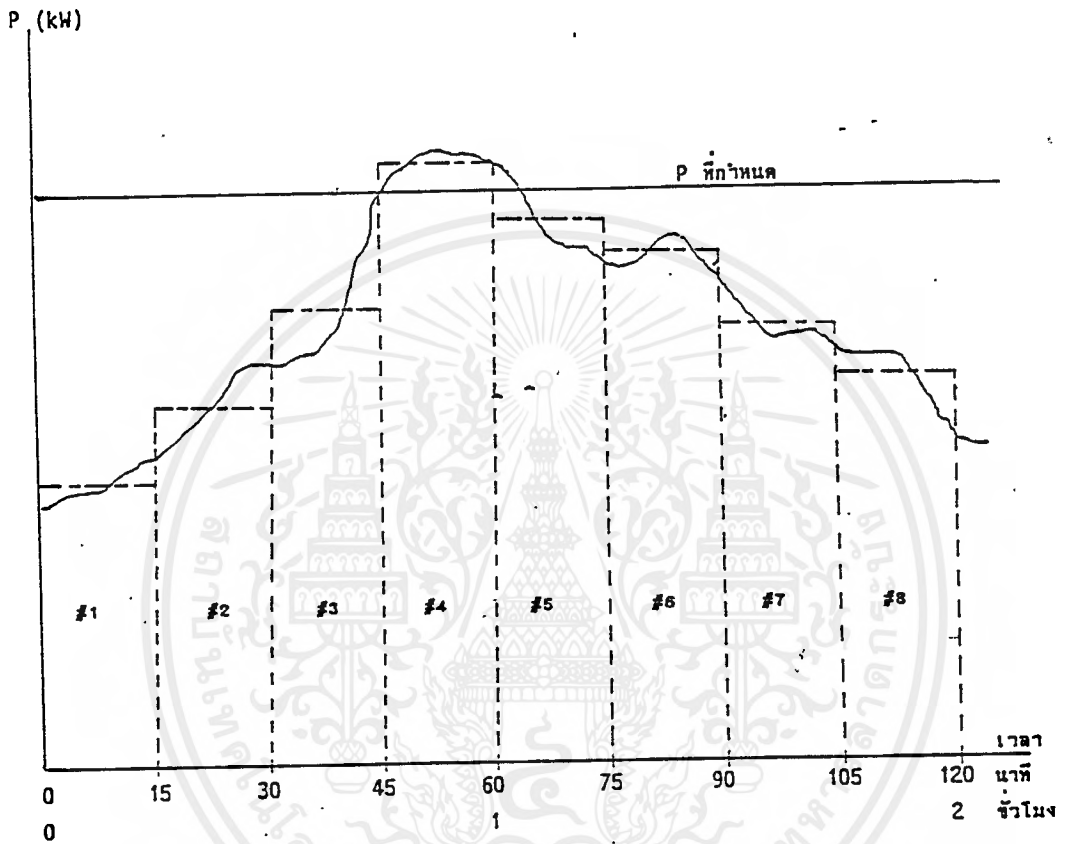


รูปที่ 5 กราฟแสดงความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดรายวัน



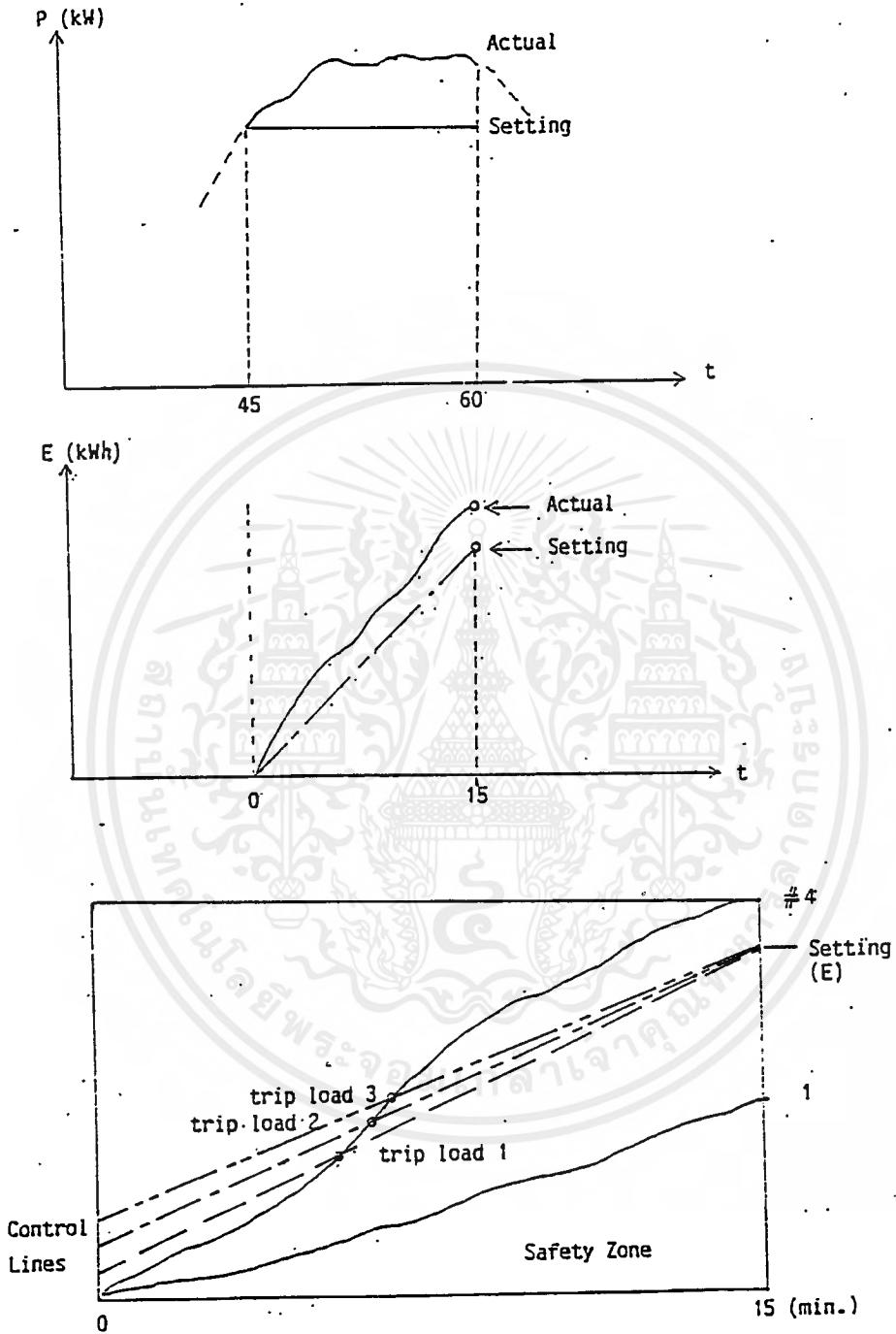
รูปที่ 6 ลักษณะการใช้ไฟฟ้ารายวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



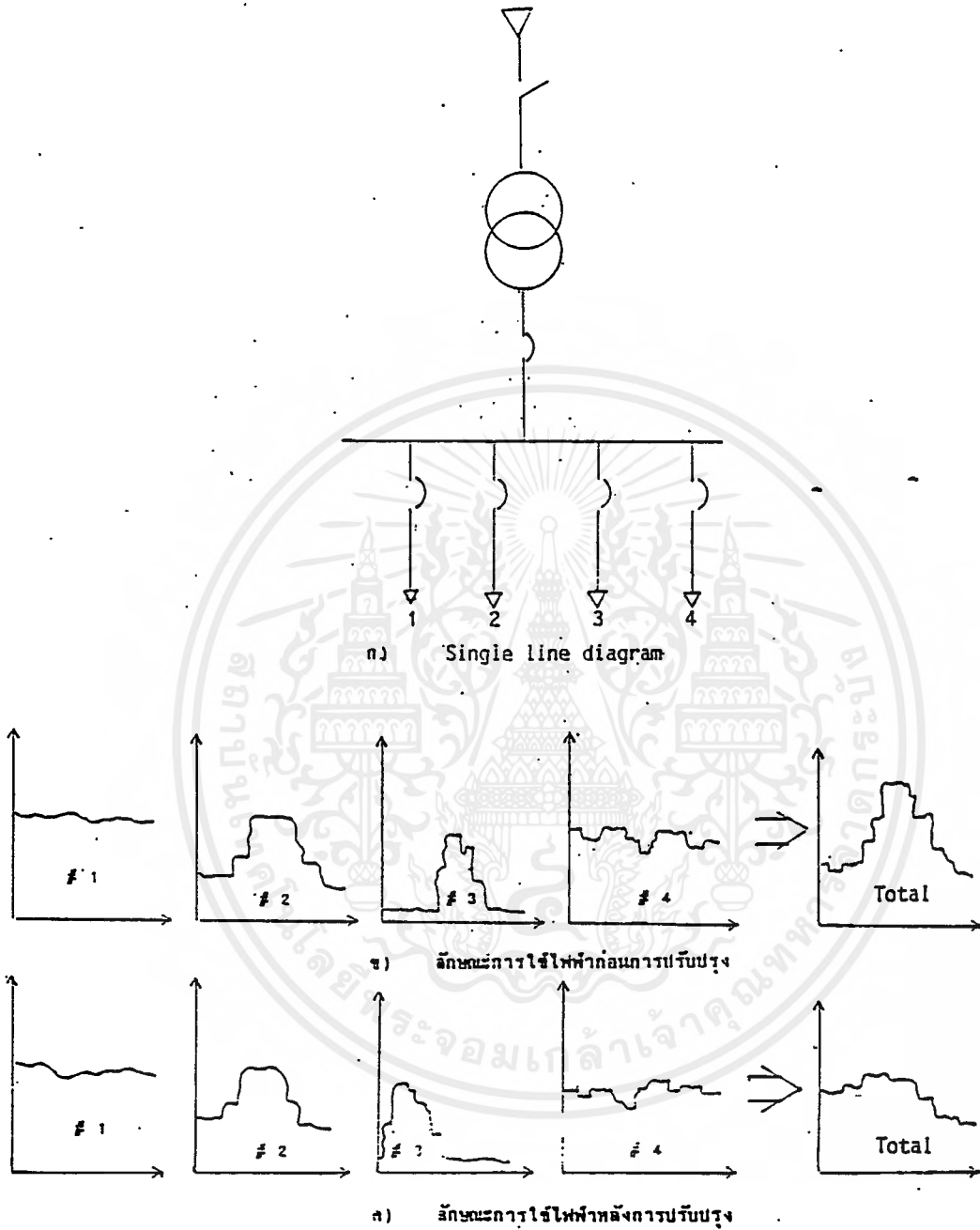
รูปที่ 7 ลักษณะการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา 2 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 แสดงการควบคุมการตัดโหลดเมื่อค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้ามีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 แสดง ก) Single line diagram
 ข) แสดงลักษณะการใช้ไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง
 ค) แสดงลักษณะการใช้ไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

บทที่ 3

อธิบายส่วนโปรแกรม

ตัวแปร

ในส่วนของโปรแกรมจะกำหนดเป็นค่าต่างๆดังนี้

1. #define

- | | |
|-----------------|-----------------------------------------------------|
| - MaxM 50 | จำนวนมากที่สุดของเครื่องจักร เท่ากับ 50 เครื่องจักร |
| - OpLengh 10.5 | ช่วงของ Off Peak ยาว 10.5 ชั่วโมง |
| - PpLengh 10.5 | ช่วงของ Partial Peak ยาว 10.5 ชั่วโมง |
| - StartOp 21.30 | เวลาเริ่มต้นของช่วง Off Peak ที่ 21.30 น. |
| - StartPp 8 | เวลาเริ่มต้นของช่วง Partial Peak ที่ 8.00 น. |
| - StartP 18.30 | เวลาเริ่มต้นของช่วง Peak ที่ 18.30 น. |
| - LineLengh 12 | ค่า pixel ทุกๆ ครั้งชั่วโมง เป็น 12 |
| - TimeLengh 24 | ค่า pixel ทุกๆ ชั่วโมง เป็น 24 |
| - MaxGraph 360 | ค่า pixel แกน Y เป็น 360 |

2. int

3. long int

4. float

5. long float

6. struct-

ตัวแปรที่ใช้เป็นลักษณะของฐานข้อมูล โดยใช้ อาเรย์ เป็นตัวแปรสำหรับเก็บข้อมูล และกำหนดตัวแปรในลักษณะของ Global คือ ตัวแปรอาเรย์นี้ จะสามารถเรียกใช้ได้ทั้ง โปรแกรม สามารถส่งค่าผ่านไปในฟังก์ชันได้ และแก้ไขได้ในฟังก์ชัน

ในโปรแกรมแบ่งส่วนย่อยๆได้ดังนี้

1. ส่วนรับข้อมูล (INPUT)
2. ส่วนประมวลผล (EXECUTE)
3. ส่วนแสดงผลข้อมูล (OUTPUT)

1. ส่วนรับข้อมูล (INPUT)

ในส่วนนี้จะเริ่มโดย โปรแกรมจะให้ผู้ใช้กำหนด

- จำนวนของเครื่องจักรทั้งหมด
- กิโลวัตต์ของเครื่องจักรแต่ละตัว
- จำนวนชั่วโมงของเครื่องจักรแต่ละตัว

ข้อกำหนดในการป้อนข้อมูล

1. ค่าจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดที่ใส่เข้าไปต้องไม่เกินค่าของตัวแปร MaxM ซึ่งในโปรแกรมจะกำหนดเท่ากับ 50 เครื่องจักร
2. จำนวนชั่วโมงของเครื่องจักรจะต้องใส่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง
3. ค่ากิโลวัตต์ที่ป้อนเข้าไปจะเป็นค่า long int ดังนั้นจะต้องใส่เป็นจำนวนเต็มเท่านั้น ห้ามใส่เป็นค่าจุดทศนิยม

2. ส่วนประมวลผล (EXECUTE)

ดูได้จาก FLOW CHART จะแสดงถึงการรับค่า INPUT เข้ามาทางคีย์บอร์ดของจำนวนเครื่องจักร ค่ากิโลวัตต์ และ จำนวนชั่วโมงของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง แล้วมาทำการเก็บค่า กิโลวัตต์ และ เวลาในแต่ละช่วงของ Partial Peak , Peak และ Off Peak ในตัวแปรอาเรย์ที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรม แล้วเริ่มทำการประมวลผลดังนี้

- ทำการ swap ข้อมูลโดยเรียงจากมากไปน้อย
- หาตำแหน่ง start time ของเครื่องจักรแต่ละเครื่องจักรในฟังก์ชัน void

Optimize ในช่วง Partial Peak และ Peak ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะเป็นส่วนของ อัลกอริทึม ที่จะทำให้ค่ากิโลวัตต์ในช่วง Partial Peak และ Peak เรียบที่สุด อันจะส่งผลให้ ราคาค่าไฟฟ้าที่ต้องเสียต่อเดือนถูกที่สุด

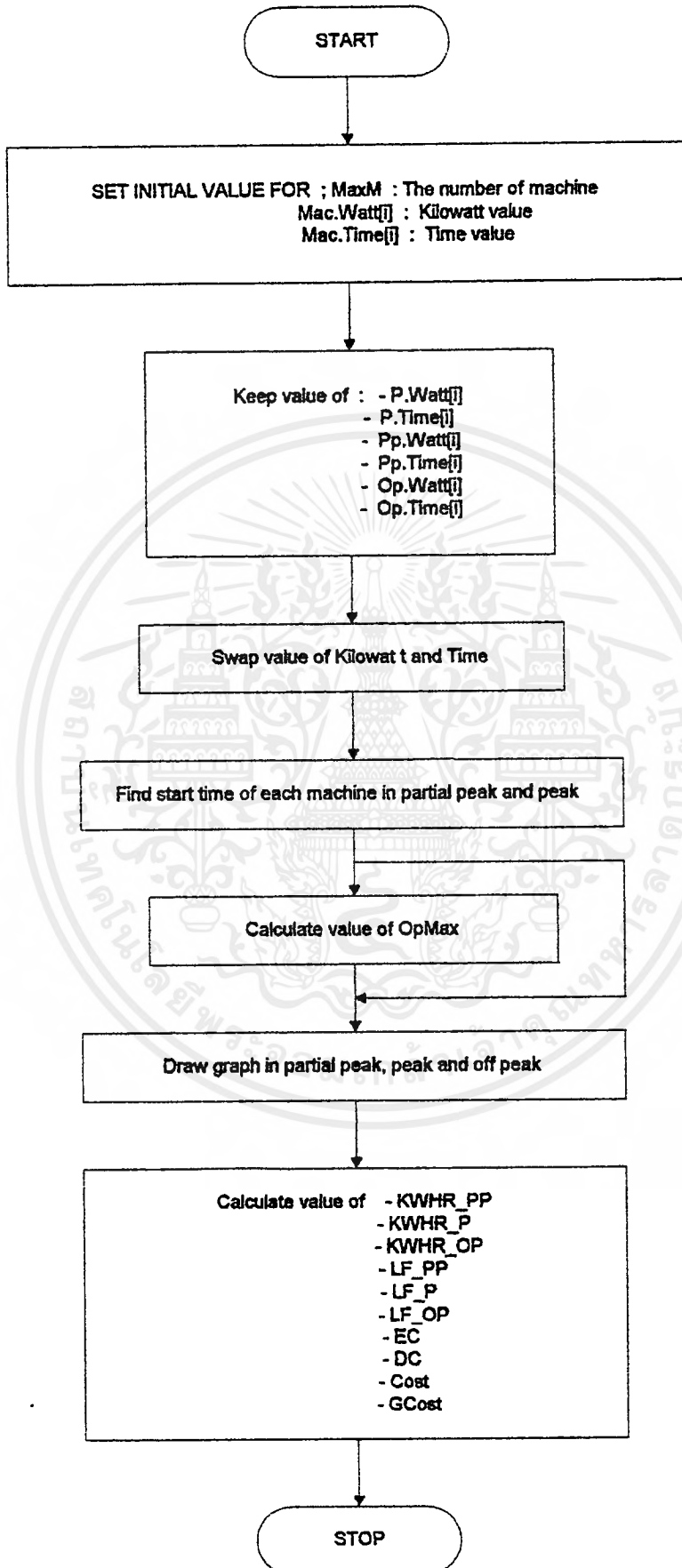
- หาค่า Off Peak สูงสุดเก็บไว้ในตัวแปร OpMax
- นำค่าตัวแปรที่เก็บไว้ในฟังก์ชัน Optimize มาวาดภาพในช่วง Partial Peak ,

Peak และ Off Peak ด้วย

- คำนวณค่า KWHR_PP , KWHR_P , KWHR_OP , LF_PP , LF_P , LF_OP , EC , DC , Cost และ GCost

เมื่อถึงขั้นนี้ก็แสดงข้อมูลออกทางกราฟฟิก เป็นรูปภาพแท่งที่มีสเกลปรับ เปลี่ยนอัตโนมัติ และสามารถรู้ได้ว่า เครื่องจักรแต่ละเครื่องควรที่จะทำงานในช่วงเวลาใดจึงจะเหมาะสมที่สุด ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในส่วนของคุณค่าไฟฟ้าต่ำสุด





ส่วนขยาย Process ที่ 1

เราจะกำหนดค่าของจำนวนเครื่องจักรในรูปของตัวแปร MaxM ไว้ก่อนแล้วใส่ค่าทางคีย์บอร์ดทางฟังก์ชัน scanf เพื่อกำหนดจำนวน Mac.NumM แล้วใส่ค่า Mac.Time[i] ของเครื่องจักรแต่ละตัวเข้าไปจนครบตามค่าของ Mac.NumM

ส่วนขยาย Process ที่ 2

จะเก็บค่ากิโลวัตต์และเวลาของเครื่องจักรทุกๆเครื่องในช่วงของ Peak , Partial Peak และ

Off Peak

กำหนดให้ OpLengh = 10.5

PpLengh = 10.5

ช่วง Peak

for (i=0 ; i<Mac.NumM ; i++)

if (Mac.Time[i] > OpLengh+PpLengh)

มีสมการ :

P.Watt[i] = Mac.Watt[i]

P.Time[i] = Mac.Time[i]-OpLengh-PpLengh

Mac.Time[i] = OpLengh+PpLengh

ช่วง Partial Peak

if (Mac.Time[i] > OpLengh)

มีสมการ :

Pp.Watt[i] = Mac.Watt[i]

Pp.Time[i] = Mac.Time[i]-OpLengh

Mac.Time[i] = OpLengh

ช่วง Off Peak

มีสมการ :

Op.Watt[i] = Mac.Watt[i]

Op.Time[i] = Mac.Time[i]

Op.StartT[i] = StartOp (21.30)

ส่วนขยาย Process มี 3

เราจะทำการสลับข้อมูลที่เข้ามาในคีย์บอร์ด โดยเรียงจากมากไปหาน้อย

กำหนดให้	float	ftmp
	long int	ltmp
	int	itmp

มีหลักการ swap ดังนี้

```

- กิโลวัตต์      ltmp = ( *Mtmp ).Watt[i]
                  (*Mtmp ).Watt[i] = ( *Mtmp ).Watt[j]
                  (*Mtmp ).Watt[j] = ltmp

- เวลา          ftmp = ( *Mtmp ).Time[i]
                  (*Mtmp ).Time[i] = ( *Mtmp ).Time[j]
                  (*Mtmp ).Time[j] = ftmp

- เวลา start    ftmp = ( *Mtmp ).StartT[i]
                  (*Mtmp ).StartT[i] = ( *Mtmp ).StartT[j]
                  (*Mtmp ).StartT[j] = ftmp

- เลขที่ของเครื่องจักร itmp = ( *Mtmp ).MNum[i]
                      (*Mtmp ).MNum[i] = ( *Mtmp ).MNum[j]
                      (*Mtmp ).MNum[j] = itmp
  
```

ส่วนขยาย Process ที่ 4

จะทำการหาค่า start time ของเครื่องจักรแต่ละเครื่องในช่วงของ Partial Peak , Peak ซึ่งในส่วนนี้จะป็น อัลกอริทึม ของส่วนของโปรแกรมที่จะจัดแจงค่าของกิโลวัตต์ และเวลาของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ว่าสมควรที่จะวางในระยะเวลาไหน แล้วทำให้ค่าของกิโลวัตต์สูงสุดในช่วงของ Partial peak และ Peak ให้ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือพยายามทำให้ค่ากิโลวัตต์สูงสุดในช่วง Partial Peak และ Peak ให้เรียบที่สุดเท่าที่จะเรียบได้ที่จะทำให้เกิดจุด Optimize ที่สุด ซึ่งจะส่งผลให้ราคาไฟฟ้าที่ต้องเสียต่อเดือนถูกที่สุด

ส่วนขยาย Process ที่ 5

คำนวณหาค่า OpMax

initialize ; OpMax = 0

จากสมการ for (i = 0 ; i < Op.NumM ; i++)

$$\text{OpMax} = \text{OpMax} + \sum_{i=0}^{\text{Op.NumM}} \text{Op.Watt}[i]$$

ซึ่งค่า OpMax นี้จะใช้ในส่วนของ การปรับเปลี่ยนสเกลได้อย่างอัตโนมัติในสมการ

$$\text{Kwstep} = (\text{OpMax} / 27+99) / 100 * 100$$

ส่วนขยาย Process ที่ 6

นำข้อมูลที่ได้จาก Process ที่ 4 ที่หาค่า start time ของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง และค่าสูงสุดของ OpMax ที่ใช้หาค่า Kwstep มาเขียนกราฟ

โดยสีที่ใช้ในที่นี้จะมีทั้งหมด 15 สี ซึ่งจะเปลี่ยนไปตามตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 15 ตามตัวแปร j+1

ส่วนคำสั่งในการวาดรูปจะใช้

MyBar (int x₀ , int y₀ , int x₁ , int y₁ , int color) ในฟังก์ชัน void MyBar

void MyBar (int x₀ , int y₀ , int x₁ , int y₁ , int color)

{

setcolor (WHITE) ;

rectangle (x₀ , y₀ , x₁ , y₁)

setfillstyle (SOLID_FILL , color) ;

bar (x₀+1 , y₀+1 , x₁-1 , y₁-1) ;

}

ในส่วนของโปรแกรมจะเริ่มวาดกราฟในช่วงของ Off Peak ก่อนตั้งแต่เวลา

21.30 น. เป็นต้นไป ตามจำนวนชั่วโมงของเครื่องจักรแต่ละตัวในทำนองเดียวกัน ส่วน Partial

Peak จะเริ่มวาดตั้งแต่เวลา 18.30 น. ถึง 21.30 น.

ส่วนขยาย Process ที่ 7

เมื่อถึงขั้นนี้แล้ว ในส่วนของโปรแกรมได้ทำการวาดกราฟแท่งปรากฏออกมาทางจอภาพแล้ว ก็จะนำค่าที่เก็บไว้ในโปรแกรมมาคำนวณค่า

- KWHR_PP (ค่า Energy Consumption ในช่วง Partial Peak)

กำหนด initialize : KWHR_PP = 0

for (i=0 ; i<Pp.NumM ; i++) Pp.NumM

$$KWHR_PP = KWHR_PP + \sum_{i=0}^{Pp.NumM} Pp.Watt[i]*Pp.Time[i]$$

- KWHR_P (ค่า Energy Consumption ในช่วง Peak)

กำหนด initialize : KWHR_P = 0

for (i=0 ; i<P.NumM ; i++) P.NumM

$$KWHR_P = KWHR_P + \sum_{i=0}^{P.NumM} P.Watt[i]*P.Time[i]$$

- KWHR_OP (ค่า Energy Consumption ในช่วง Off Peak)

กำหนด initialize : KWHR_OP = 0

for (i=0 ; i<Op.NumM ; i++) Op.NumM

$$KWHR_OP = KWHR_OP + \sum_{i=0}^{Op.NumM} Op.Watt[i]*Op.Time[i]$$

- LF_PP (ค่า Load Factor ในช่วง Partial Peak)

if (PpMax !=0)

$$LF_PP = (KWHR_PP / PpMax*10.5) * 100 (\%)$$

- LF_P (ค่า Load Factor ในช่วง Peak)

if (PMax !=0)

$$LF_P = (KWHR_P / PMax*3) * 100 (\%)$$

- LF_OP (ค่า Load Factor ในช่วง Off Peak)

if (OpMax !=0)

$$LF_OP = (KWHR_OP / OpMax*10.5) * 100 (\%)$$

- EC (ค่า Energy Charge (บาท))

$$EC = (30 * C * (KWHR_P + KWHR_PP + KWHR_OP)) \\ + (30 * D * (KWHR_P + KWHR_PP + KWHR_OP))$$

- กำหนดให้ C = 1.0582 (Energy Charge)

D = 0.2250 (Fuel Charge)

- DC (ค่า Demand Charge (บาท))

- ถ้า PMax >= PpMax

$$DC = A * PMax$$

- ถ้า PMax < PpMax

$$DC = (A * PMax) + (B * (PpMax - PMax))$$

- กำหนดให้ A = 285.05 (Demand Charge Of Peak)

B = 58.88 (Demand Charge Of Partial Peak)

- Cost (ราคาค่าไฟที่ต้องเสียต่อเดือน)

$$Cost = DC + EC$$

- Gcost (ราคาค่าไฟสุทธิที่คิดค่า VAT 7%)

$$Gcost = 1.07 * Cost$$

3. ส่วนแสดงผลข้อมูล (OUTPUT)

แบ่งเป็น

- กราฟ
- ผลที่ได้จากการคำนวณ

3.1 กราฟ

เป็นกราฟแห่งที่แสดงค่าของกิโลวัตต์ และเวลาการทำงานของเครื่องจักรแต่ละตัว และพิกัดสูงสุดจะไปกำหนดสเกลอีกที่หนึ่งทำให้ได้กราฟที่มีสเกลปรับเปลี่ยนอัตโนมัติตามค่ากิโลวัตต์รวมของเครื่องจักรทั้งหมด และยังแสดงถึงตำแหน่งเวลาของการ start-stop ของเครื่องจักรแต่ละตัวอีกด้วย

3.2 ผลที่ได้จากการคำนวณ

- KWHR OF PARTIAL PEAK (UNITS)

- KWHR OF PEAK (UNITS)

- KWHR OF OFF PEAK	(UNITS)
- LOAD FACTOR OF PARTIAL PEAK	(%)
- LOAD FACTOR OF PEAK	(%)
- LOAD FACTOR OF OFF PEAK	(%)
- MAXIMUM OF PARTIAL PEAK	(KW)
- MAXIMUM OF PEAK	(KW)
- MAXIMUM OF OFF PEAK	(KW)
- ENERGY CHARGE	(BAHT)
- GRAND TOTAL COST (VAT 7 %)	(BAHT)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัลกอริทึมในการบริหารพลังงาน

มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการป้อนค่าเวลาในการทำงานของเครื่องจักรในช่วง off peak โดยเริ่มที่เวลา 21.30 น. ทุกตัว

2. หากเครื่องจักรตัวใดทำงานเกินเวลาของช่วง off peak คือ 10.5 ชั่วโมง ก็จะทำการย้ายเวลาของเครื่องจักรที่เกินมาทำงานในช่วง partial peak

3. ทำการลดการใช้ไฟฟ้าใน 15 นาทีสูงสุดในช่วง partial peak ให้มีค่าน้อยที่สุดเพื่อลดค่าพลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในช่วงนี้ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 จัดการเรียงลำดับการทำงานของเครื่องจักรแต่ละตัว โดยเริ่มเรียงจากเครื่องจักรที่มีขนาด (KW) มากที่สุดไปหาเครื่องจักรที่มีขนาด (KW) น้อยที่สุด แล้วนำไปใส่ในช่วง partial peak เครื่องจักรตัวที่มีขนาด (KW) มากที่สุดจะเริ่มทำงานที่เวลา 08.00 น. หากเวลาทำงานของเครื่องจักรที่นำมาเรียงกันมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ เวลาในช่วง partial peak ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรตัวที่มากที่สุดคือ ค่า maximum ที่นำมาคิดค่าพลังไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 11 (ก)

3.2 กรณีที่เวลาของเครื่องจักรทั้งหมดที่นำมาเรียงลำดับกันเกินเวลาในช่วง partial peak คือ 10.5 ชั่วโมง จะทำให้มีเครื่องจักรบางส่วนเข้าไปทำงานในช่วง peak กรณีนี้ จะทำให้การตัดเครื่องจักรส่วนที่เกินเข้าไปในช่วง peak ออก เพื่อจะทำการเริ่มใส่ค่าเวลาทำงานในช่วง partial peak ใหม่อีกครั้ง โดยขั้นตอนนี้จะทำการเก็บค่าช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรแต่ละตัว (x_1, x_2, x_3) และผลต่างของขนาดเครื่องจักรตัวที่อยู่ติดกัน (y_1, y_2, y_3) เพื่อใช้ในการตรวจสอบดังแสดงในรูปที่ 11 (ข)

3.3 เลือกเครื่องจักรตัวที่มากที่สุดในส่วนที่เกิน มาหาตำแหน่งช่วงเวลาที่เหมาะสมในช่วง partial peak โดย

3.3.1 นำตำแหน่งเริ่มต้นการทำงานของเครื่องจักรตัวดังกล่าวมาวางที่ตำแหน่ง เริ่มต้นหรือสิ้นสุดการทำงานของเครื่องจักรแต่ละตัวที่อยู่ในช่วง partial peak หากวางแล้วเกินเข้าไปในช่วง peak ก็จะไม่นำมาคิดและทำการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละช่วงที่เกิดจากการทดสอบวางเครื่องจักร ดังแสดงในรูปที่ 11 (ค)

3.3.2 นำตำแหน่งสิ้นสุดการทำงานของเครื่องจักรตัวดังกล่าวมาวางที่ตำแหน่งเริ่มต้นหรือสิ้นสุดการทำงานของเครื่องจักรแต่ละตัวที่อยู่ในช่วง partial peak หากวาง

แล้วเดินเข้าไปในช่วง peak ก็จะไม่นำมาคิด และทำการเก็บค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละช่วงที่เกิดจากการทดสอบวางเครื่องจักรดังแสดงในรูปที่ 11 (ง)

3.3.3 นำค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เก็บไว้มาเปรียบเทียบกัน ตำแหน่งใดมีค่ากำลังไฟฟ้าน้อยที่สุดก็จะเลือกตำแหน่งนั้นเป็นตำแหน่งที่จะวางเครื่องจักรตัวที่ทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 11 (จ)

3.4 เมื่อวางเครื่องจักรตัวที่เกินช่วง partial peak ลงไป 1 ตัวจะทำให้ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรและช่วงเวลา ณ ตำแหน่งที่วางมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจะต้องทำการเก็บค่าผลต่างของขนาดเครื่องจักรตัวที่อยู่ติดกัน (y_1, y_2, y_3) และค่าช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรแต่ละตัว (x_1, x_2, x_3) ใหม่ดังแสดงในรูปที่ 11 (ฉ)

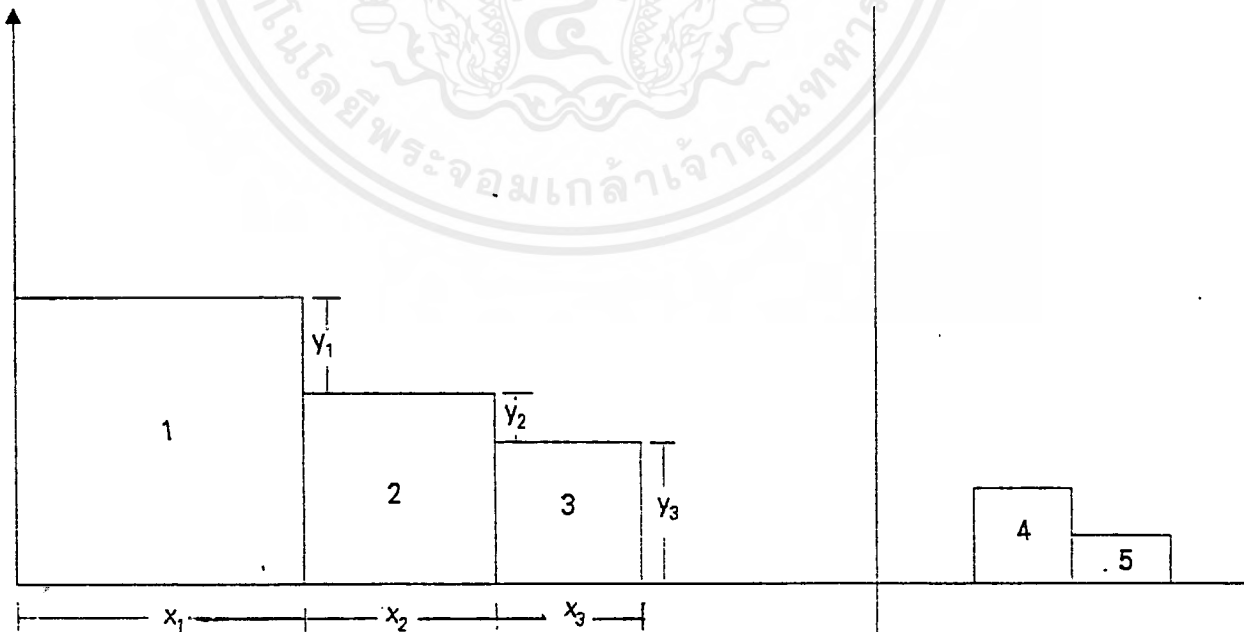
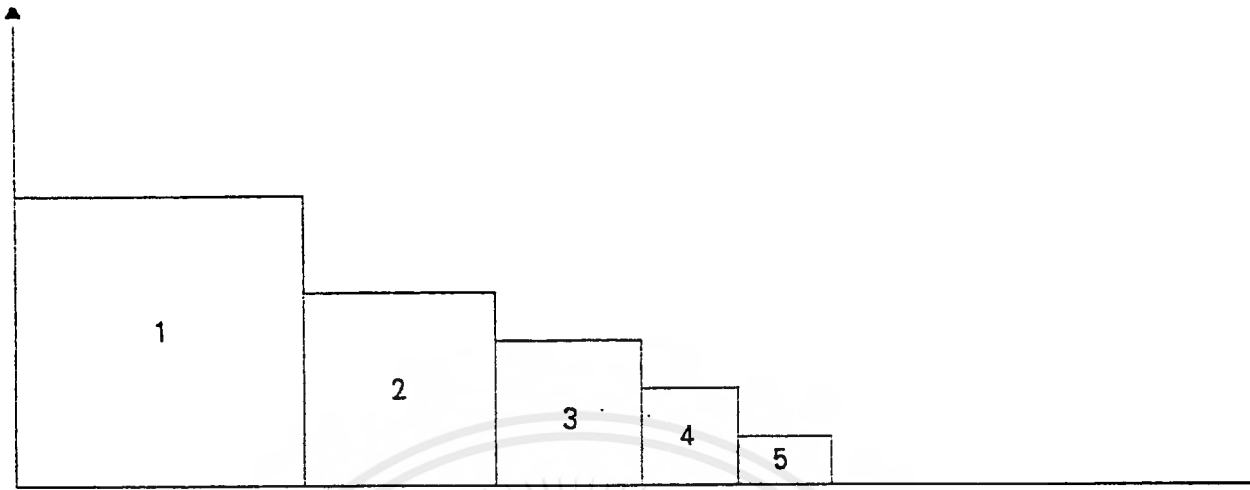
3.5 เลือกเครื่องจักรตัวที่มากที่สุดที่เหลือซึ่งเกินช่วง partial peak นำมาทดสอบหาตำแหน่งที่วางอีก ซึ่งขั้นตอนในการทำเหมือนกับตัวที่แล้ว โดยจะทำเช่นนี้เรื่อยๆจนกว่าเครื่องจักรส่วนที่เกินจะหมด

4. หากมีเครื่องจักรตัวใดทำงานเกิน 21 ชั่วโมงทำให้ต้องมีการเดินเครื่องจักรในช่วง peak ซึ่งมีอัตราค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด ดังนั้นต้องลดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดใน 15 นาที อีกครั้ง โดยใช้หลักการเดียวกับที่ใช้ในช่วง partial peak

5. ทำการใส่สีของเครื่องจักรแต่ละตัวให้แตกต่างกัน เพื่อให้ง่ายต่อการทราบถึงเวลาและกำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรแต่ละตัว

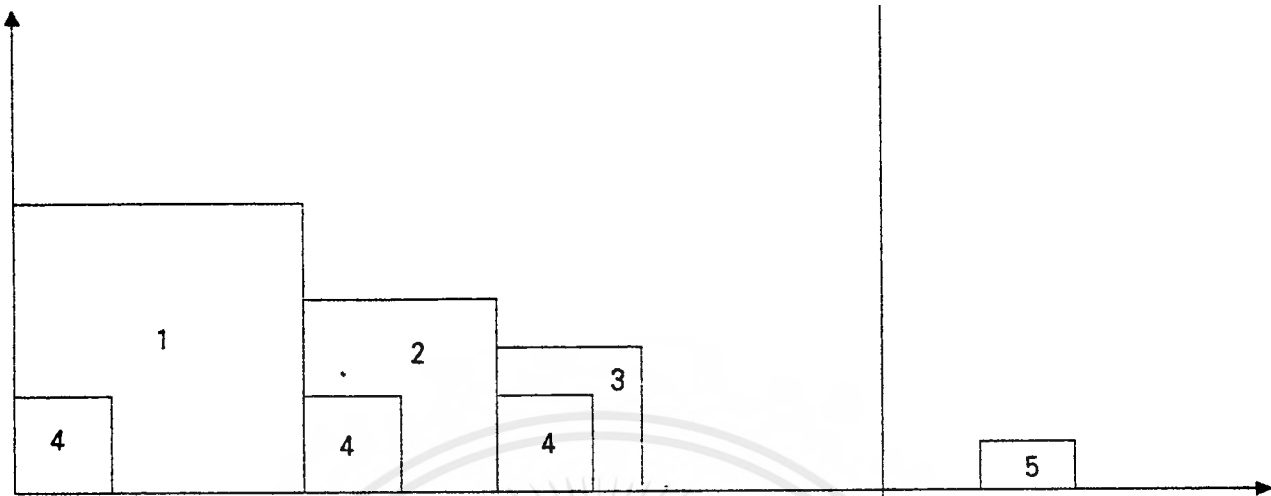
6. แสดงผลการทำงานของเครื่องจักรแต่ละตัวเป็นกราฟฟีก พร้อมค่าที่ได้จากการคำนวณ

รูปที่ 11 แสดงขั้นตอนการคิดอัลกอริทึมของโปรแกรม (ก) , (ข) , (ค) , (ง) , (จ) และ (ฉ)



(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

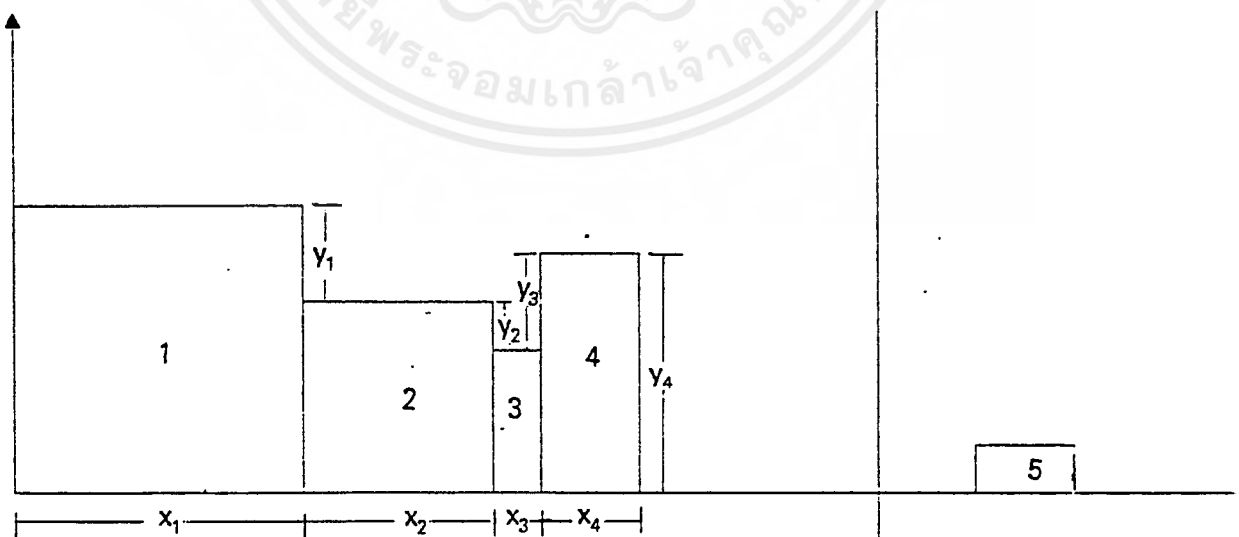
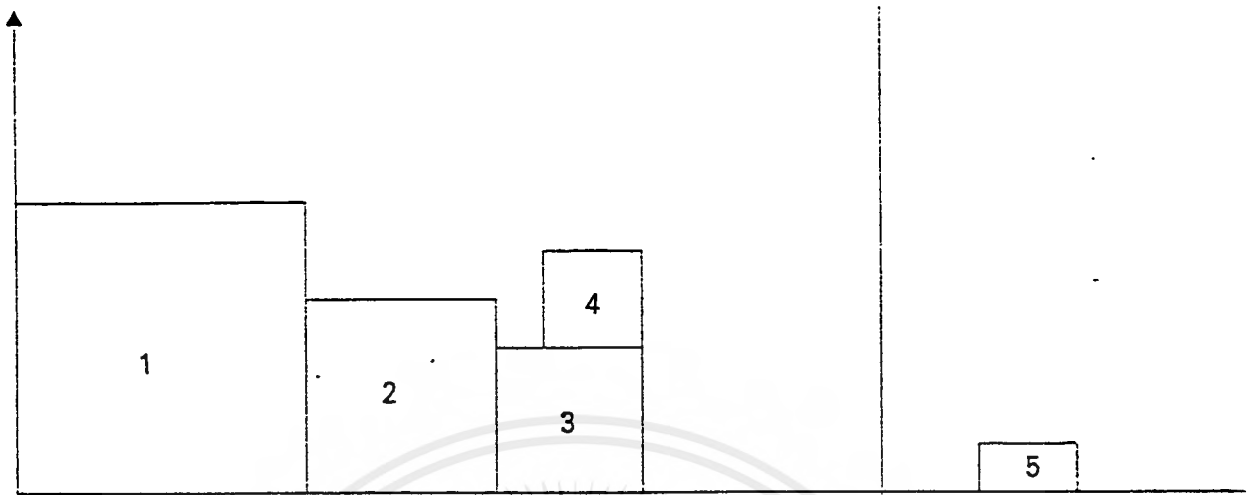


(ก)



(ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NAME	KW	OPERATION TIME
MACHINE NO.1	1000	23 HOUR
MACHINE NO.2	500	22 HOUR
MACHINE NO.3	500	17 HOUR
MACHINE NO.4	750	14 HOUR
MACHINE NO.5	100	21 HOUR
MACHINE NO.6	400	15 HOUR
MACHINE NO.7	300	15 HOUR
MACHINE NO.8	100	12 HOUR
MACHINE NO.9	1000	13 HOUR
MACHINE NO.10	500	22 HOUR

ตารางที่ 2 ตารางแสดงข้อมูลจำลองที่นำมาบริหาร

ผลที่ได้จากการนำข้อมูลจำลองมาบริหาร

จากที่ได้ทำการใส่ข้อมูลและให้คอมพิวเตอร์ทำการบริหารจัดการโหลดแล้วจะได้ช่วงระยะเวลาการทำงานของเครื่องจักรแต่ละตัวดังนี้

เครื่องจักรตัวที่หนึ่ง 1000 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-20.30 น.

เครื่องจักรตัวที่สอง 500 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-18.30 น. และ 20.30-21.30 น.

เครื่องจักรตัวที่สาม 500 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 9.30-16.00 น.

เครื่องจักรตัวที่สี่ 750 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 12.30-16.00 น.

เครื่องจักรตัวที่ห้า 100 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-18.30 น.

เครื่องจักรตัวที่หก 400 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-12.30 น.

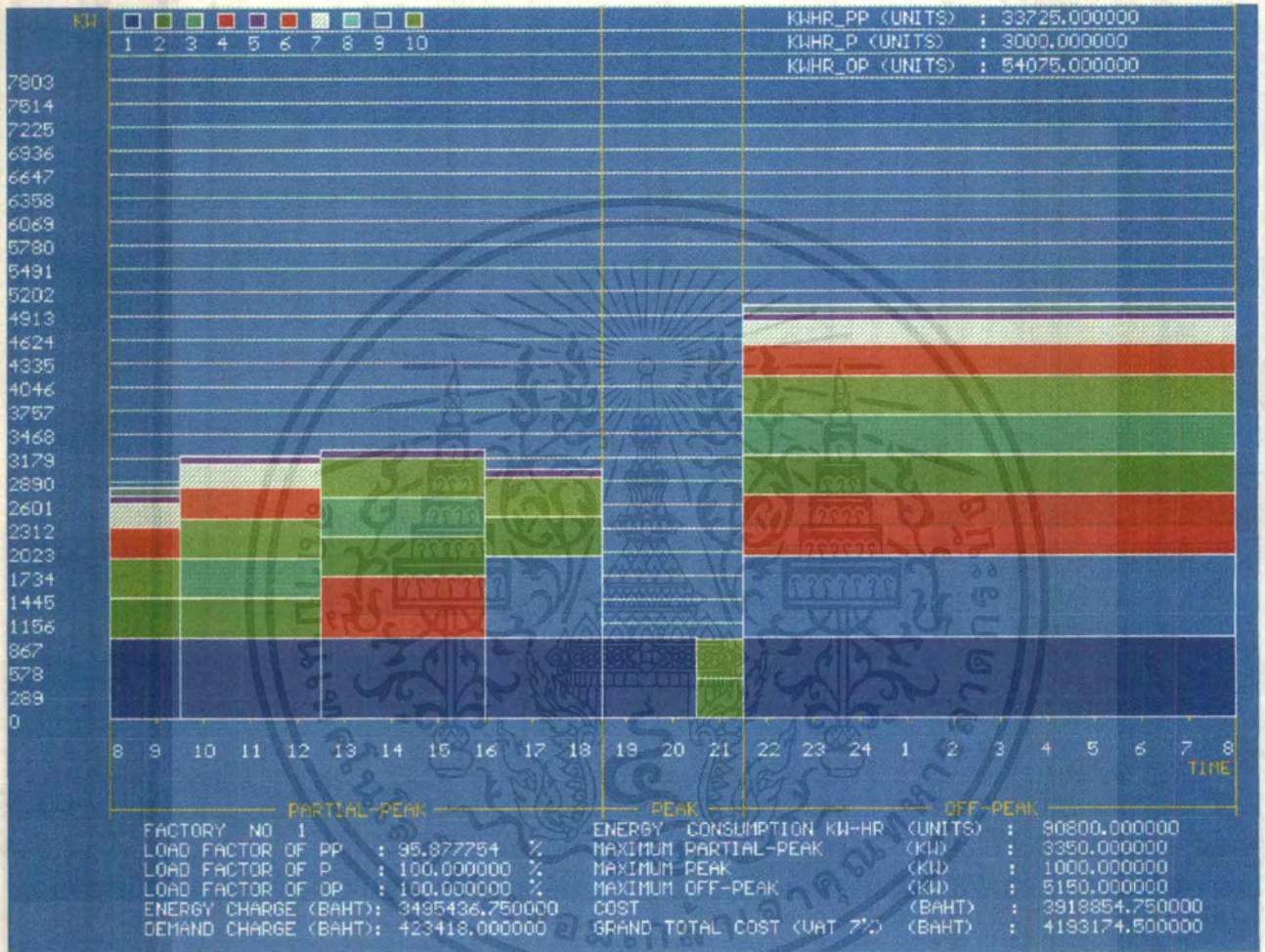
เครื่องจักรตัวที่เจ็ด 300 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-12.30 น.

เครื่องจักรตัวที่แปด 100 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-9.30 น.

เครื่องจักรตัวที่เก้า 1000 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 16.00-18.30 น.

เครื่องจักรตัวที่สิบ 500 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-18.30 น. และ 20.30-21.30 น.

เสียค่าไฟฟ้าต่อเดือนที่คิด VAT 7% แล้วเป็นจำนวนเท่ากับ 4,193,174.50 บาท



รูปที่ 12 กราฟที่ได้จากการนำข้อมูลจำลองของตารางที่ 2 มาบริหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NAME	KW	OPERATION TIME
MACHINE NO.1	1000	23 HOUR
MACHINE NO.2	500	22 HOUR
MACHINE NO.3	500	17 HOUR
MACHINE NO.4	750	12 HOUR
MACHINE NO.5	100	21 HOUR
MACHINE NO.6	400	15 HOUR
MACHINE NO.7	300	15 HOUR
MACHINE NO.8	100	12 HOUR
MACHINE NO.9	1000	1 HOUR
MACHINE NO.10	500	22 HOUR

ตารางที่ 3 ตารางแสดงข้อมูลจำลองที่นำมาบริหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้จากการนำข้อมูลจำลองมาบริหาร

จากที่ได้ทำการใส่ข้อมูลและให้คอมพิวเตอร์ทำการบริหารจัดการโหลดแล้วจะได้ช่วงเวลาดำเนินการของเครื่องจักรแต่ละตัวดังนี้

เครื่องจักรตัวที่หนึ่ง 1000 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-20.30 น.

เครื่องจักรตัวที่สอง 500 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-18.30 น. และ 20.30-21.30 น.

เครื่องจักรตัวที่สาม 500 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 10.30-17.00 น.

เครื่องจักรตัวที่สี่ 750 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 17.00-18.30 น.

เครื่องจักรตัวที่ห้า 100 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-18.30 น.

เครื่องจักรตัวที่หก 400 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 12.30-17.00 น.

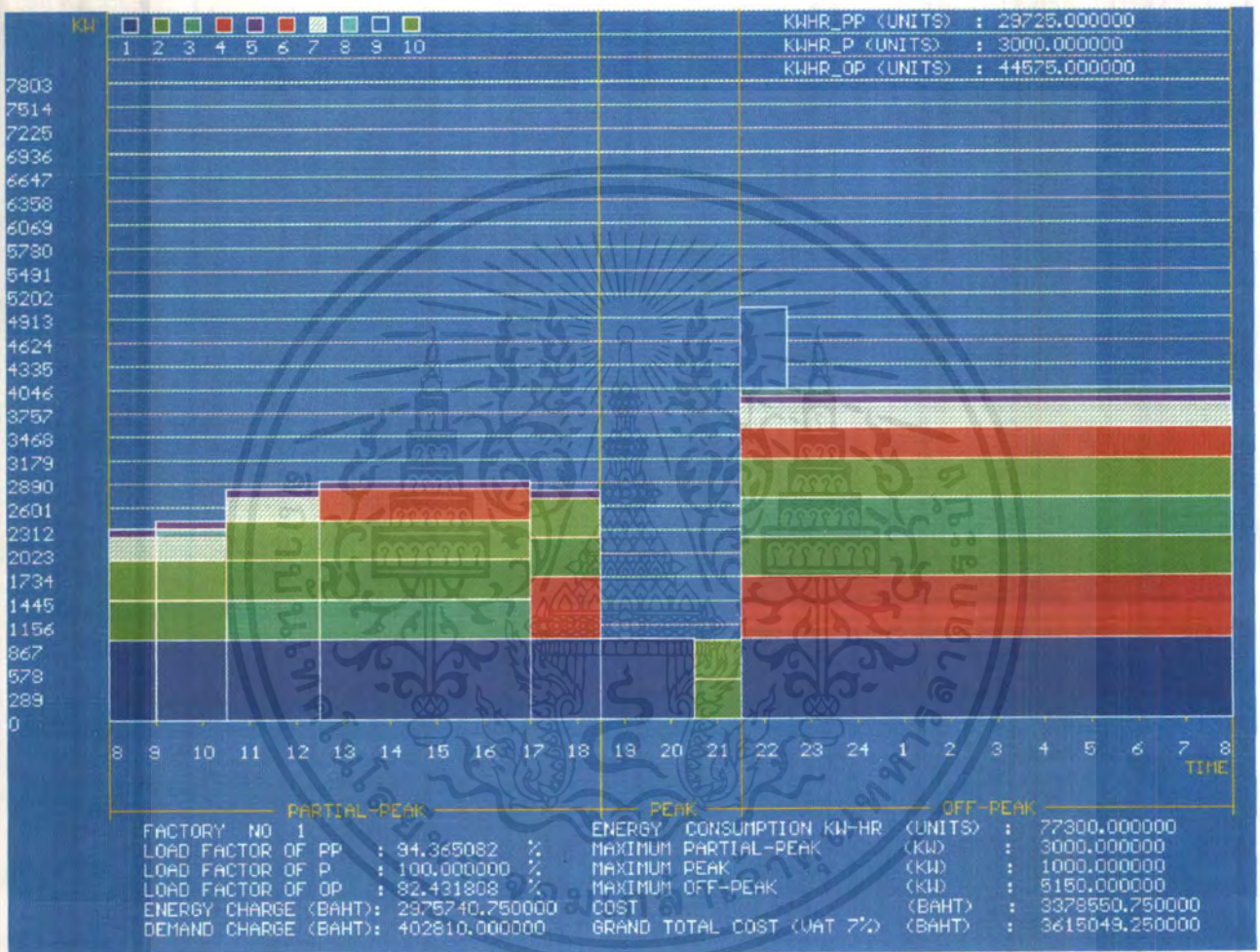
เครื่องจักรตัวที่เจ็ด 300 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-12.30 น.

เครื่องจักรตัวที่แปด 100 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 9.00-10.30 น.

เครื่องจักรตัวที่เก้า 1000 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-22.30 น.

เครื่องจักรตัวที่สิบ 500 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-18.30 น. และ 20.30-21.30 น.

เสียค่าไฟฟ้าต่อเดือนที่คิด VAT 7% แล้วเป็นจำนวนเท่ากับ 3,615,049.25 บาท



รูปที่ 13 กราฟที่ได้จากการนำข้อมูลจำลองของตารางที่ 3 มาบริหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NAME	KW	OPERATION TIME
MACHINE NO.1	1000	23 HOUR
MACHINE NO.2	500	22 HOUR
MACHINE NO.3	500	17 HOUR
MACHINE NO.4	750	12 HOUR
MACHINE NO.5	100	21 HOUR
MACHINE NO.6	400	12 HOUR
MACHINE NO.7	300	12 HOUR
MACHINE NO.8	100	12 HOUR
MACHINE NO.9	1000	12 HOUR
MACHINE NO.10	500	22 HOUR

ตารางที่ 4 ตารางแสดงข้อมูลจำลองที่นำมาบริหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้จากการนำข้อมูลจำลองมาบริหาร

จากที่ได้ทำการใส่ข้อมูลและให้คอมพิวเตอร์ทำการบริหารจัดการโหลดแล้วจะได้ช่วงเวลาดำเนินการของเครื่องจักรแต่ละตัวดังนี้

เครื่องจักรตัวที่หนึ่ง 1000 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-20.30 น.

เครื่องจักรตัวที่สอง 500 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-18.30 น. และ 20.30-21.30 น.

เครื่องจักรตัวที่สาม 500 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 9.00-15.30 น.

เครื่องจักรตัวที่สี่ 750 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 15.30-17.00 น.

เครื่องจักรตัวที่ห้า 100 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-18.30 น.

เครื่องจักรตัวที่หก 400 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 14.00-15.30 น.

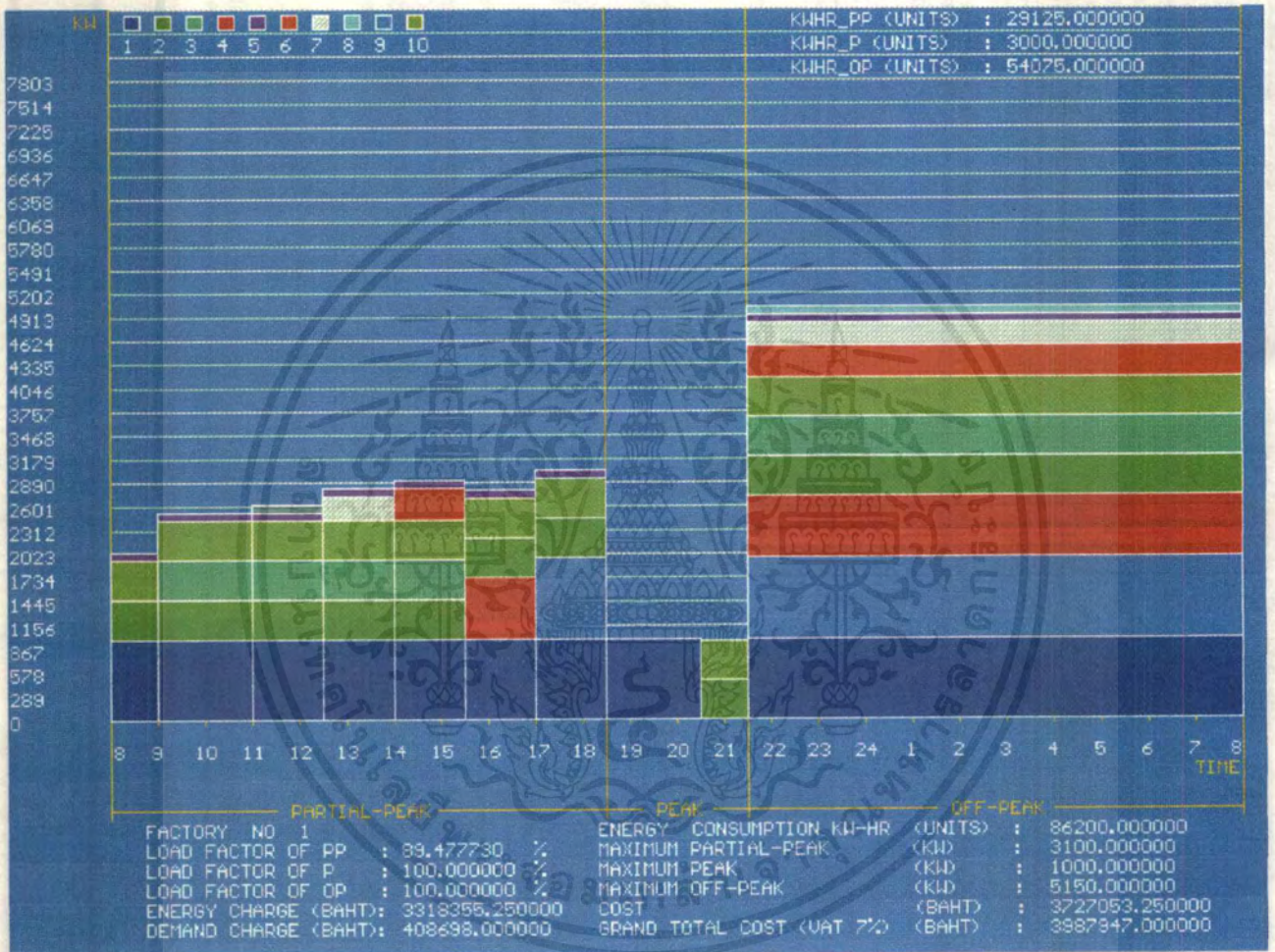
เครื่องจักรตัวที่เจ็ด 300 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 12.30-14.00 น.

เครื่องจักรตัวที่แปด 100 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 11.00-12.30 น.

เครื่องจักรตัวที่เก้า 1000 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 17.00-18.30 น.

เครื่องจักรตัวที่สิบ 500 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-18.30 น. และ 20.30-21.30 น.

เสียดำเนินไฟฟ้าต่อเดือนที่คิด VAT 7% แล้วเป็นจำนวนเท่ากับ 3,987,947 บาท



รูปที่ 14 กราฟที่ได้จากการนำข้อมูลจำลองของตารางที่ 4 มาบริหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NAME	KW	OPERATION TIME
เตาหลอมเหล็ก NO.1	1200	15 HOUR
เตาหลอมเหล็ก NO.2	1200	15 HOUR
เตาหลอมเหล็ก NO.3	1200	15 HOUR
เครื่องทำเป่าหลอม NO.1	100	15 HOUR
เครื่องทำเป่าหลอม NO.2	100	15 HOUR
เครื่องทำเป่าหลอม NO.3	100	15 HOUR
อุปกรณ์อื่นๆ (ประมาณ)	100	18 HOUR

ตารางที่ 5 ตารางแสดงข้อมูลของโรงงานที่นำมาบริหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

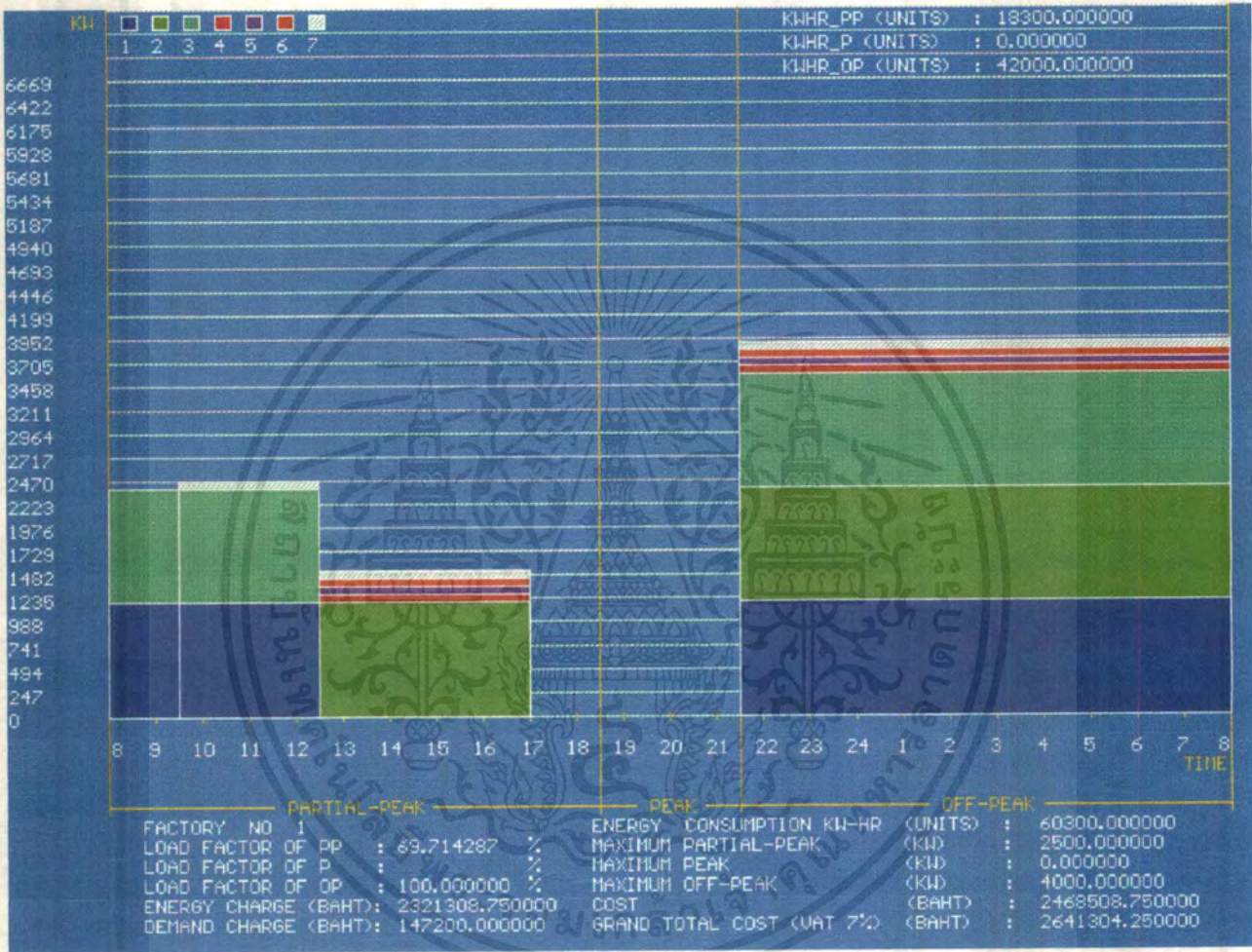
ผลที่ได้จากการนำข้อมูลของโรงงานมาบริหาร

จากที่ได้ทำการใส่ข้อมูลและให้คอมพิวเตอร์ทำการบริหารจัดการโหลดแล้วจะได้ช่วงเวลาดำเนินการของเครื่องจักรแต่ละตัวดังนี้

- เครื่องจักรตัวที่หนึ่ง 1200 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-12.30 น.
- เครื่องจักรตัวที่สอง 1200 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 12.30-17.00 น.
- เครื่องจักรตัวที่สาม 1200 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-12.30 น.
- เครื่องจักรตัวที่สี่ 100 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 12.30-17.00 น.
- เครื่องจักรตัวที่ห้า 100 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 12.30-17.00 น.
- เครื่องจักรตัวที่หก 100 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 12.30-17.00 น.
- เครื่องจักรตัวที่เจ็ด 100 KW ควรทำงานตั้งแต่เวลา 21.30-8.00 น. และ 9.30-17.00 น.

เสียดำไฟฟ้าต่อเดือนที่คิด VAT 7% แล้วเป็นจำนวนเท่ากับ 2,641,304.25 บาท

จากที่ได้สอบถามทางโรงงาน ข้อมูลที่นำมาบริหารนี้เป็นข้อมูลที่ใช้ในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งทางโรงงานเสียดำไฟฟ้าต่อเดือนที่คิด VAT 7% ประมาณ สามล้านหกแสนกว่าบาทและเมื่อได้เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้บริหารแล้วจะประหยัดค่าไฟฟ้าไปได้ประมาณ หนึ่งล้านกว่าบาท



รูปที่ 15 กราฟที่ได้จากการนำข้อมูลจริงมาบริหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 สรุปและวิจารณ์

จากการที่ได้เขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมานั้นก็เพื่อที่จะจัดระเบียบการทำงานของโหลดให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งเป็นการช่วยลดต้นทุนค่าไฟฟ้าได้อย่างมาก โดยการป้อนข้อมูล ขนาดเครื่องจักร และช่วงเวลาทำงาน ลงในคอมพิวเตอร์ และให้คอมพิวเตอร์ทำการจัดระเบียบการทำงานของโหลดโดยอัตโนมัติ ผลที่ได้คือ สามารถจัดโหลดให้อยู่ในช่วง off peak มากที่สุด ส่วนช่วง partial peak และ peak นั้นจะเฉลี่ยการใช้งานในช่วงเวลาดังกล่าวได้อย่างเหมาะสมเพื่อลดกำลังไฟฟ้า

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เขียนขึ้นมาจนถึงแม้จะทำการบริหารพลังงานไฟฟ้าได้ระดับหนึ่ง แต่ก็ยังมีส่วนที่เป็น bug ซึ่งทำให้การบริหารไม่ดีพอจึงอาจจะต้องมีการตรวจสอบอีกครั้งโดยการพิจารณาด้วยตาได้ และยังมีส่วนที่ควรปรับปรุงดังนี้

- สีเครื่องจักรซึ่งตั้งไว้ 15 สี ถ้าเราป้อนเครื่องจักรมากกว่า 15 เครื่องจักรก็จะมีสีของเครื่องจักรที่ซ้ำกัน ดังนั้นอาจจะมีการเพิ่มสัญลักษณ์ให้เครื่องจักรตัวที่ เกิน 15 ก็ได้
- ขนาดเครื่องจักรที่แตกต่างกันมากทำให้กราฟฟิกของเครื่องจักรขนาดเล็กมีความคมชัดลดลงเนื่องจากการปรับสเกล

แนวทางในการศึกษาขั้นต่อไปของโครงการการบริหารพลังงาน ควรมีการเขียนโปรแกรมการบริหารพลังงานแบบใหม่คือ อัตราตามช่วงเวลาของการใช้งาน (TIME OF USE RATE : TOU RATE) และถ้าเป็นไปได้ควรที่จะเขียนโปรแกรมลงใน Borland C++ เพราะจะให้กราฟฟิกที่สวยงามกว่าและไม่มีปัญหาในด้านหน่วยความจำที่ห้ามเกิน 64 K



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการโหลดไฟฟ้า

1 การวิเคราะห์ค่าไฟฟ้า

1.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภท 2 PART

อัตราประเภท 2 PART เป็นอัตราที่คิดทั้ง Demand Charge และ Energy Charge โดยค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$C = DC \times P + EC \times E \quad (1)$$

เมื่อ C คือ ค่าไฟฟ้า (บาทต่อเดือน)

DC คือ อัตราค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (บาทต่อกิโลวัตต์)

P คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในเดือนที่เรียกเก็บเงิน (กิโลวัตต์)

EC คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเดือนที่เรียกเก็บเงิน (กิโลวัตต์ชั่วโมงหรือหน่วย)

เมื่อคิดออกมาเป็นค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปจะได้สมการที่ 2

$$C/E = DC \times P/E + EC \quad (2)$$

เนื่องจากความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (P) และพลังงานไฟฟ้า (E) กับจำนวนชั่วโมง (T) ในเดือนที่คิดเงินมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในเทอมของโหลดเฟคเตอร์ (LF) นั่นคือ

$$LF = E / (P \times T) \times 100\%$$

ดังนั้น $P/E = 100 / (LF \times T)$

เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ 2 จะได้สมการที่ใช้หาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยที่ใช้ใหม่เป็นสมการที่ 3

$$C/E = (DC \times 100) / (LF \times T) + EC \quad (3)$$

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง จะได้

$$C/E = 19626 / (LF \times T) + 1.0582 \quad (4)$$

$$C/E = 25607 / (LF \times T) + 1.0582 \quad (5)$$

1.2 อัตราค่าไฟฟ้าประเภท TOD rate

อัตราประเภท TOD rate คือ อัตราค่าไฟฟ้าที่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของวัน โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือช่วง ON PEAK ระหว่างเวลา 18.30-21.30 น. PARTIAL PEAK ระหว่างเวลา 08.00-18.30 น. และช่วง OFF PEAK ระหว่างเวลา 21.30-08.00 น.

ค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 6

$$C = DCp \times P + DCpp \times (PP - P) + EC \times E \quad (6)$$

หมายเหตุ ถ้า $P \geq PP$ ให้คิดเทอม $PP - P$ เป็นศูนย์

โดยที่ C คือ ค่าไฟฟ้า (บาทต่อเดือน)

DCp คือ อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง PEAK (บาทต่อกิโลวัตต์)

P คือ ความต้องการไฟฟ้าสูงสุดในช่วง PEAK (กิโลวัตต์)

DCpp คือ อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง PARTIAL PEAK (บาทต่อกิโลวัตต์)

PP คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง PARTIAL PEAK (กิโลวัตต์)

OP คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง OFF PEAK (กิโลวัตต์)

EC คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)

เมื่อคิดออกมาเป็นค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าจะได้ดังนี้

$$C/E = (DCp - DCpp) \times P/E + DCpp \times PP/E + EC \quad (7)$$

กรณี $PP \geq OP$ จะได้ $LF = E / (PP \times T) \times 100\%$

$$\text{ได้ } C/E = (DCp - DCpp) \times 100 \times (P/PP) / (LF \times T) + DCpp \times 100 / (LF \times T) + EC \quad (8)$$

กรณี $PP < OP$ จะได้ $LF = E / (OP \times T) \times 100\%$

$$\text{ได้ } C/E = (DCp - DCpp) \times 100 \times (P/PP) / (LF \times T) + DCpp \times 100 / (LF \times T) \times PP/OP + EC \quad (9)$$

เมื่อแทนค่าอัตราค่าไฟฟ้าลงในสมการ 8 และ 9 จะได้

$$C/E = 22617 \times (P/PP) / (LF \times T) + 5888 / (LF \times T) + 1.0582 \quad (10)$$

$$C/E = [22617 \times (P/PP) / (LF \times T) + 5888 / (LF \times T)] \times PP/OP + 1.0582 \quad (11)$$

1.3 อัตราค่าไฟฟ้าประเภท TOU rate

อัตราค่าไฟฟ้าประเภท TOU rate อัตราค่าไฟฟ้าที่คิดค่าพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันตามช่วงเวลาและวันของสัปดาห์

ค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 12

$$C = DC \times P + EC1 \times E1 + EC2 \times E2 + EC3 \times E3 \quad (12)$$

- โดยที่
- C คือ ค่าไฟฟ้า (บาทต่อเดือน)
 - DC คือ อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (บาทต่อกิโลวัตต์)
 - P คือ ความต้องการไฟฟ้า (กิโลวัตต์) เฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในช่วง ON PEAK (วันจันทร์-เสาร์ เวลา 09.00 - 22.00 น.)
 - EC1 คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย) ในช่วง ON PEAK (วันจันทร์-เสาร์ เวลา 09.00-22.00 น.)
 - E1 คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง ON PEAK (หน่วย)
 - EC2 คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า(บาทต่อหน่วย) ในช่วง OFF PEAK (วันจันทร์-เสาร์ เวลา 22.00-09.00 น.)
 - E2 คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง OFF PEAK (วันจันทร์-เสาร์ เวลา 22.00-09.00 น.)
 - EC3 คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า(บาทต่อหน่วย) ในช่วง OFF PEAK (วันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 น.)
 - E3 คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง OFF PEAK (วันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 น.)

เนื่องจาก $E = E1 + E2 + E3$

เมื่อ E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในเดือนที่เรียกเก็บเงิน (หน่วย)

จะได้ $E3 = E - E1 - E2$ เมื่อแทนลงในสมการที่ 12 จะได้

$$C = DC \times P + (EC1 - EC3) \times E1 + (EC2 - EC3) \times E2 + EC3 \times E$$

คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปจะดังสมการที่ 13

$$C/E = DC \times P/E + (EC1 - EC3) \times E1/E + (EC2 - EC3) \times E2/E + EC3 \quad (13)$$

ให้ OP คือ ความต้องการพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์) เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วง OFF PEAK (วันจันทร์-เสาร์ เวลา 22.00-09.00 น. และวันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 น.)

กรณี $P \geq OP$ ให้ $LF = [E/(P \times T)] \times 100\%$

ได้ $P/E = 100/(LF \times T)$

ให้ PE1 คือ สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง ON PEAK (E1/E)

PE2 คือ สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง OFF PEAK (วันจันทร์-เสาร์ เวลา 22.00-09.00 น.) (E2/E)

จากสมการที่ 13 จะได้

$$C/E = DC \times 100 / (LF \times T) + (EC1 - EC3) \times PE1 + (EC2 - EC3) \times PE2 + EC3 \quad (14)$$

กรณี $P < OP$ ให้ $LF = [E/(OP \times T)] \times 100\%$

ได้ $OP/E = 100/(LF \times T)$

หรือ $P/E = 100/(LF \times T) \times P/OP$

จากสมการที่ 13 จะได้

$$C/E = DC \times 100 / (LF \times T) \times P/OP + (EC1 - EC3) \times PE1 + (EC2 - EC3) \times PE2 + EC3 \quad (15)$$

เมื่อแทนค่าอัตราค่าไฟฟ้าลงในสมการที่ 15 จะได้

$$C/E = 20093 / (LF \times T) \times P/OP + 1.15 \times PE1 + 0.0625 \times PE2 + 0.6236 \quad (16)$$

2. แนวทางการลดค่าไฟฟ้า

จากอัตราค่าไฟฟ้าแบบใหม่ จะพบว่าตั้งแต่เดือนตุลาคม 2540 เป็นต้นไป ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง รวมถึงส่วนราชการขนาดใหญ่ (ใช้พลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 250,000 หน่วยต่อเดือนขึ้นไป) ตามที่ระบุในประเภทที่ 3 ประเภทที่ 4 จะต้องเสียค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOU หรืออัตรา 2 PART ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของผู้ใช้ไฟฟ้า และจะพบว่าไม่มีผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทใดเสียค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOD ดังนั้นแนวทางการลดค่าไฟฟ้าที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้จะกล่าวถึงเฉพาะผู้ใช้ไฟฟ้าตามอัตรา TOU และอัตรา 2 PART เท่านั้น

2.1 อัตราค่าไฟฟ้าประเภท 2 PART

ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 1.1 จะพบว่าค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าจะเป็นดังนี้ กิจการขนาดกลาง $C/E = 19,626 / (LF \times T) + 1.0582$

$$\text{หรือ } C/E = 817.75 / (LF \times D) + 1.0582 \quad (17)$$

กิจการเฉพาะอย่าง $C/E = 25,607 / (LF \times T) + 1.0582$

$$\text{หรือ } C/E = 1,066.96 / (LF \times D) + 1.0582 \quad (18)$$

โดยที่ D คือจำนวนวันในเดือนที่ถูกคิดค่าไฟฟ้า

จากสมการที่ 17 และ 18 นี้ จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ถ้าจะทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย พลังงานไฟฟ้าลดลง มีทางเลือกเพียงทางเดียวเท่านั้น คือจะต้องเพิ่มค่าโหลดแพคเตอร์ ให้สูงขึ้นจาก 35% เป็น 50% จะทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยลดลงจาก 1.8119 บาทต่อหน่วยเหลือเพียง 1.5858 บาทต่อหน่วย คือลดลงหน่วยละ 0.2261 บาท หากใช้ไฟฟ้าไปจำนวน 300,000 หน่วย จะลดค่าไฟฟ้าประมาณ 67,830 บาท หรือลดได้ ประมาณ 12.48%

เนื่องจากโหลดแพคเตอร์ $LF = EX100/(PXT)$

ดังนั้นถ้าต้องการเพิ่มโหลดแพคเตอร์ให้สูงขึ้นจะสามารถทำได้ 2 แนวทางคือ

ก. ลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด P ให้เหลือต่ำสุดเท่าที่จะทำได้ โดยการ ใช้ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอตลอดเวลา

ข. เพิ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า E ให้สูงขึ้น โดยการเพิ่มกิจกรรมจากที่เคย ปฏิบัติอยู่เดิม เช่นเปลี่ยนจากการทำงานกะเดียว เป็น 2 กะ หรือ 3 กะ

2.2 อัตราค่าไฟฟ้าประเภท TOU

จากหัวข้อ 1.3 ได้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าดังนี้

$$C/E = 20093/(LFX T)) \times P/OP + 1.15 \times PE1 + 0.0625 \times PE2 + 0.6236$$

$$\text{หรือ } C/E = 837.21/(LFX D)) \times P/OP + 1.15 \times PE1 + 0.0625 \times PE2 + 0.6236 \quad (19)$$

จากสมการที่ 19 นี้ จะเห็นว่าแนวทางการลดค่าไฟฟ้าสอง ประเภทนี้ จะต่างไปจากผู้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตราแบบ 2 PART โดยแนวทางการ ลดค่าไฟฟ้าประกอบด้วย

ก. ลดอัตราส่วน P/OP ลง คือลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในช่วง OFF PEAK วันจันทร์-เสาร์ เวลา 22.00-09.00 น. และวันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 น.

ข. ลดสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง ON PEAK PE1 วันจันทร์-เสาร์ เวลา 09.00-22.00 น. ลง

ผู้ไฟฟ้ารายหนึ่งมีข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในเดือนธันวาคม 2539 ดังนี้

E	=	1,575,000 หน่วย
P	=	2,400 กิโลวัตต์
PP	=	3,000 กิโลวัตต์
OP	=	2,800 กิโลวัตต์
LF	=	70.56%

$$\begin{aligned} \text{จะเสียค่าไฟฟ้า } C &= 305 \times 2,400 + 63(3,000 - 2,400) + 1.07 \times 1,575,000 \\ &= 2,455,050 \text{ บาท} \end{aligned}$$

คิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อหน่วยได้

$$C/E = 1.55876 \text{ บาทต่อหน่วย}$$

หากใช้ข้อมูลชุดนี้คำนวณค่าไฟฟ้าในเดือนมกราคม 2540 จะได้ค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOD ใหม่คือ

$$C = 285.05 \times 2,400 + 58.88(3,000 - 2,400) + 1.0582 \times 1,575,000 \\ = 2,386,113 \text{ บาท}$$

เมื่อรวม VAT 7% จะได้

$$C = 2,553,140.91 \text{ บาท} \\ \text{เพิ่มขึ้น } 98,090.91 \text{ บาท (ประมาณ 4\%)}$$

หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้าต่อหน่วยได้ (รวม VAT 7%)

$$C/E = 1.62104 \text{ บาทต่อหน่วย}$$

เนื่องจากอัตรา TOU เป็นการคิดค่าไฟฟ้าแบบใหม่ ยังไม่มีข้อมูลเก่า การประเมินค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOU จะใช้การประมาณการโดยวิเคราะห์หาค่า PE1 และ PE2 ออกมาดังนี้

$$E = (3,000 \times 10.5 + 2,400 \times 3 + 2,800 \times 10.5) \times 31 = 2,111,100$$

$$E1 = (3,000 \times 9.5 + 2,400 \times 3 + 2,800 \times 0.5) \times 27 = 1,001,700$$

$$E2 = (2,800 \times 10 + 3,000 \times 1) \times 27 = 837,000$$

$$E3 = (3,000 \times 10.5 + 2,400 \times 3 + 2,800 \times 10.5) \times 4 = 272,400$$

$$PE1 = E1/E = 0.47449$$

$$PE2 = E2/E = 0.39647$$

ได้ P = 3,000 kW และ OP = 2,800 kW

จากสมการที่ 14 แทนค่าต่างๆ จะได้

$$C/E = 20,093 / (70.56 \times 24 \times 31) + 1.15 \times 0.47449 + 0.0625 \times 0.39647 + 0.6236 \\ = 1.57679 \text{ บาทต่อหน่วย}$$

เมื่อรวม VAT 7% จะได้

$$C/E = 1.68717 \text{ บาทต่อหน่วย เพิ่มขึ้นประมาณ } 0.12841 \text{ บาทต่อหน่วย หรือ}$$

8.23%

หากทำการปรับวิธีการทำงานใหม่ ทำให้เกิด P = 2,600 kW และ OP = 3,100 kW

จะได้ PE1 = 0.43356, PE2 = 0.43741 และ LF = 68.29%

จากสมการที่ 16 จะได้

$$C/E = 20,093 / (68.29 \times 24 \times 31) \times 2,600 / 3,100 + 1.15 \times 0.43356 + 0.0625 \times 0.43741 + 0.6236$$

$$= 1.48122 \text{ บาทต่อหน่วย}$$

เมื่อรวม VAT 7% จะได้

$$C/E = 1.58490 \text{ บาทต่อหน่วย เพิ่มขึ้นประมาณ } 0.02614 \text{ บาทต่อหน่วย หรือ } 1.67\%$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การไฟฟ้านครหลวง

อัตราค่าไฟฟ้า

เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน มกราคม 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัดและโบสถ์ของศาสนาต่าง ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

5 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1-5)	เป็นเงิน	4.96	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6 - 15)	หน่วยละ	0.7124	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 - 25)	หน่วยละ	0.8993	บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 - 35)	หน่วยละ	1.1516	บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 - 100)	หน่วยละ	1.5348	บาท
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 - 150)	หน่วยละ	1.6282	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	หน่วยละ	2.1329	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	2.4226	บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : เดือนละ 4.67 บาท

1.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

35 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1-35)	เป็นเงิน	85.21	บาท
115 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 - 150)	หน่วยละ	1.1236	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	หน่วยละ	2.1329	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	2.4226	บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : เดือนละ 83.18 บาท

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ขนาดไม่เกิน 5 แอมแปร์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ในประเภทที่ 1 ข้อ 1.1 แต่ถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือนติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 1 ข้อ 1.2 และถ้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือนติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 1 ข้อ 1.1 ตามเดิม
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ขนาดเกินกว่า 5 แอมแปร์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย จะถูกจัดให้อยู่ในประเภทที่ 1 ข้อ 1.2 ตลอดไป
3. สถานที่ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องสามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 6 ได้

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

35 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1-35)	เป็นเงิน	89.89	บาท
115 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 - 150)	หน่วยละ	1.1236	บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	หน่วยละ	2.1329	บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	2.4226	บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : เดือนละ 87.85 บาท

หมายเหตุ

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 นี้ หากในรอบเดือนใดมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 ประเภทที่ 4 หรือประเภทที่ 5 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 2 อีกต่อเมื่อความต้องการพลังไฟฟ้าดังกล่าวลดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

ลักษณะการใช้ สำหรับการไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม และหน่วยงาน
รัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด
ตั้งแต่ 30 - 1,999 กิโลวัตต์และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 355,000
หน่วยต่อเดือน รวมถึงส่วนราชการที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า
250,000 ถึง 355,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

3.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า บาท/กิโลวัตต์	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย
3.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	175.70	1.0208
3.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	196.26	1.0582
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	221.50	1.0862

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการ
พลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง
0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU Rate) อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า		ค่าพลังงานไฟฟ้า		ค่าบริการ
	บาท/กิโลวัตต์		บาท/หน่วย		บาท/เดือน
	1*	1*	2*	3*	
3.2.1 แรงดัน 115 กิโลโวลท์ขึ้นไป	102.80	1.5349	0.6671	0.6062	400.00
3.2.2 แรงดัน 69 กิโลโวลท์	158.88	1.6292	0.6769	0.6153	400.00
3.2.3 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	200.93	1.7736	0.6861	0.6236	850.00
3.2.4 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	214.95	1.8891	0.7283	0.6616	850.00

1* วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00-22.00 น. (On Peak)

2* วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 22.00-09.00 น. (Off Peak)

3* วันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 น. (Off Peak)

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On Peak ในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงที่สุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lag) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ (Maximum 15 minute kilovar demand) เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอกตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (Maximum 15 minute kilowatt demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 นี้ จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 ข้อ 3.1 และหากมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน สามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 ข้อ 3.2 ได้ ทั้งนี้หากเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมอีกไม่ได้ แม้ว่าต่อไปจะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน นอกจากนี้จะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
2. ส่วนราชการที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 นี้ ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2540 โดยจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 ข้อ 3.2
3. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 หรือประเภทที่ 6 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 3 อีกเมื่อมีความต้องการพลังไฟฟ้างกล่าวตั้งแต่ 30 - 1,999 กิโลวัตต์
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์จะเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 ข้อ 3.2 ต้องติดต่อแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 2,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 355,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Rate : TOD Rate)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า			ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย
	บาท/กิโลวัตต์			
	1*	2*	3*	
4.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	224.30	29.91	0	1.0208
4.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์	285.05	58.88	0	1.0582
4.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	332.71	68.22	0	1.0862
1* เวลา 18.30-21.30 น. ของทุกวัน (On Peak)				
2* เวลา 08.00-18.30 น. ของทุกวัน (Partial Peak) คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่เกินจากช่วง On Peak				
3* เวลา 21.30-08.00 น. ของทุกวัน (Off Peak) ไม่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า				

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดของแต่ละช่วงเวลาในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไป คิดเป็น 1 กิโลวัตต์

4.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU Rate) อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า		ค่าพลังงานไฟฟ้า		ค่าบริการ
	บาท/กิโลวัตต์		บาท/หน่วย		บาท/เดือน
	1*	1*	2*	3*	
4.2.1 แรงดัน 115 กิโลโวลท์ขึ้นไป	102.80	1.5349	0.6671	0.6062	400.00
4.2.2 แรงดัน 69 กิโลโวลท์	158.88	1.6292	0.6769	0.6153	400.00
4.2.3 แรงดัน 12-24 กิโลโวลท์	200.93	1.7736	0.6861	0.6236	850.00
4.2.4 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	214.95	1.8891	0.7283	0.6616	850.00
1*	วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00-22.00 น. (On Peak)				
2*	วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 22.00-09.00 น. (Off Peak)				
3*	วันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 น. (Off Peak)				

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On Peak ในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน ต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ที่ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lag) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้าย้อนพีคเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (Maximum 15 minute kilowatt demand) เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังไฟฟ้าย้อนพีคเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (Maximum 15 minute kilowatt demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวัตต์ละ 14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 นี้ จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ข้อ 4.1 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน มกราคม 2540 และสามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 ได้ ทั้งนี้หากเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมอีกไม่ได้ แม้ว่าต่อไปจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 2,000 กิโลวัตต์ หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน นอกจากนี้จะมีความต้องการพลังไฟฟ้า ดังกล่าวต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2540 จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 แม้ว่าต่อไปจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 2,000 กิโลวัตต์ หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน นอกจากนี้จะมีความต้องการพลังไฟฟ้างกล่าวต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า
3. ส่วนราชการที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 355,000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 นี้ ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2540 โดยจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ข้อ 4.2
4. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 หรือประเภทที่ 6 แล้วแต่กรณี และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 4 อีกเมื่อมีความต้องการพลังไฟฟ้างกล่าวตั้งแต่ 2,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 355,000 หน่วยต่อเดือน
5. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 2,000 กิโลวัตต์ขึ้นไปในเดือนใด หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 355,000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ในเดือนถัดไปหลังจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD Meter) หรือเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU Meter) หากยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้างกล่าว อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าตามอัตราประเภทเดิมไปพลางก่อน
6. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์จะเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 ข้อ 4.2 ต้องติดต่อแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการโรงแรมและกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วย ไฟฟ้าเครื่องเดียว

5.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า		ค่าพลังงานไฟฟ้า
	บาท/กิโลวัตต์	บาท/หน่วย	บาท/หน่วย
5.1.1 แรงดัน 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	220.56		1.0208
5.1.2 แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์	256.07		1.0582
5.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	276.64		1.0862

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

5.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU Rate)

อัตรารายเดือน

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า		ค่าพลังงานไฟฟ้า		ค่าบริการ
	บาท/กิโลวัตต์		บาท/หน่วย		บาท/เดือน
	1*	1*	2*	3*	
5.2.1 แรงดัน 115 กิโลโวลต์ขึ้นไป	102.80	1.5349	0.6671	0.6062	400.00
5.2.2 แรงดัน 69 กิโลโวลต์	158.88	1.6292	0.6769	0.6153	400.00
5.2.3 แรงดัน 12-24 กิโลโวลต์	200.93	1.7736	0.6861	0.6236	850.00
5.2.4 แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	214.95	1.8891	0.7283	0.6616	850.00

1* วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 09.00-22.00 น. (On Peak)

2* วันจันทร์ - เสาร์ เวลา 22.00-09.00 น. (Off Peak)

3* วันอาทิตย์ เวลา 00.00-24.00 น. (Off Peak)

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On Peak ในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lag) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้านี้อะดตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์(Maximum 15 minute kilovar demand) เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอดตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (Maximum 15 minute kilowatt demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 14.02 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5 นี้ จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ข้อ 5.1 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน มกราคม 2540 และหากมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน สามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 5 ข้อ 5.2 ได้ ทั้งนี้หากเลือกใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราเดิมอีกไม่ได้ แม้ว่าต่อไปจะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน นอกจากจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า

2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2540 จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ข้อ 5.1 และหากมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 355,000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ข้อ 5.2 แม้ว่าต่อไปจะมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน นอกจากจะมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน หรือได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า

3. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 และจะจัดเข้ามาอยู่ในประเภทที่ 5 อีกเมื่อมีความต้องการพลังไฟฟ้างกล่าวตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป

4. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 5 ข้อ 5.2 จะจัดเข้าอยู่ในเดือนถัดไป หลังจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU Meter) หากยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้างกล่าว อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าตามอัตราประเภทเดิมไปพลางก่อน

5. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ประสงค์จะเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 5 ข้อ 5.2 ต้องติดต่อแจ้งความประสงค์กับการไฟฟ้านครหลวงก่อน

ประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

ลักษณะการใช้ สำหรับการไฟฟ้าของส่วนราชการ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน และองค์กรที่ไม่ใช่ส่วนราชการแต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทน รวมถึงสถานที่ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่รวมถึงหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์กรระหว่างประเทศ โดยผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

อัตรารายเดือน

6.1 ระดับแรงดันไฟฟ้า 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป

ค่าพลังงานไฟฟ้า :

10,000 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1-10,000)	เป็นเงิน	14,413.31 บาท
เกินกว่า 10,000 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 10,001 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	1.4413 บาท

6.2 ระดับแรงดันไฟฟ้า 12-24 กิโลโวลท์

ค่าพลังงานไฟฟ้า :

300 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1-300)	เป็นเงิน	480.06 บาท
เกินกว่า 300 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 301 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	1.6002 บาท

6.3 ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์

ค่าพลังงานไฟฟ้า :

10 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1-10)	เป็นเงิน	18.06 บาท
เกินกว่า 10 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 11 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	1.8058 บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด :

ระดับแรงดันไฟฟ้า 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	เดือนละ	13,831.78 บาท
ระดับแรงดันไฟฟ้า 12-24 กิโลโวลท์	เดือนละ	462.62 บาท
ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์	เดือนละ	17.48 บาท

หมายเหตุ

1. สถานที่ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ที่จัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 1 สามารถเลือกใช้อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 6 นี้ได้
2. ส่วนราชการที่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน จะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 6 นี้ไปก่อน จนกว่าจะถึงการคิดค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2540 จึงจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 หรือประเภทที่ 4 แล้วแต่กรณี



ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของส่วนราชการ กลุ่มเกษตรกรที่ทางราชการรับรอง หรือสหกรณ์เพื่อการเกษตร โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

อัตรารายเดือน : ค่าพลังงานไฟฟ้า

100 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรก (หน่วยที่ 1-100) เป็นเงิน 115.16 บาท

เกินกว่า 100 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 101 เป็นต้นไป) หน่วยละ 1.1516 บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : เดือนละ 109.35 บาท

หมายเหตุ

ผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราประเภทที่ 7 จะต้องติดต่อเพื่อทำสัญญากับการไฟฟ้านครหลวงก่อน

เอกสารอ้างอิง

- (1) “อัตราค่าไฟฟ้า”, การไฟฟ้านครหลวง, 24 หน้า, 2540
- (2) ไชยา ชมช้อย, “เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง การจัดการโหลดไฟฟ้า”, ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย, 2540
- (3) วรณวิภา ติตกะสิริ, “การเขียนโปรแกรม C ด้วยตนเอง”, 191 หน้า, 2538
- (4) พ.อ.เจนวิทย์ เหลืองอร่าม, “การใช้ Turbo C++ เขียนโปรแกรมภาษา C”, หน้า 328-393, 2537



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จขึ้นได้ด้วยความร่วมมือจากหลายฝ่าย ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณ ผศ.นิทัศน์ กฤษณจินดา และ อ.สมโภชน์ ประไพ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับแนวทางของโครงการ ขอขอบคุณ คุณสมชาย ศรีดอนจันทร์ คุณวันชัย รอดมา ที่ให้ความช่วยเหลือในการหาข้อมูล รวมทั้งเจ้าหน้าที่ทุกท่านในโรงหล่อสมบูรณที่อำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่แก่คณะผู้จัดทำ ขอขอบคุณ เพื่อนๆ และ น้องๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจ จนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

