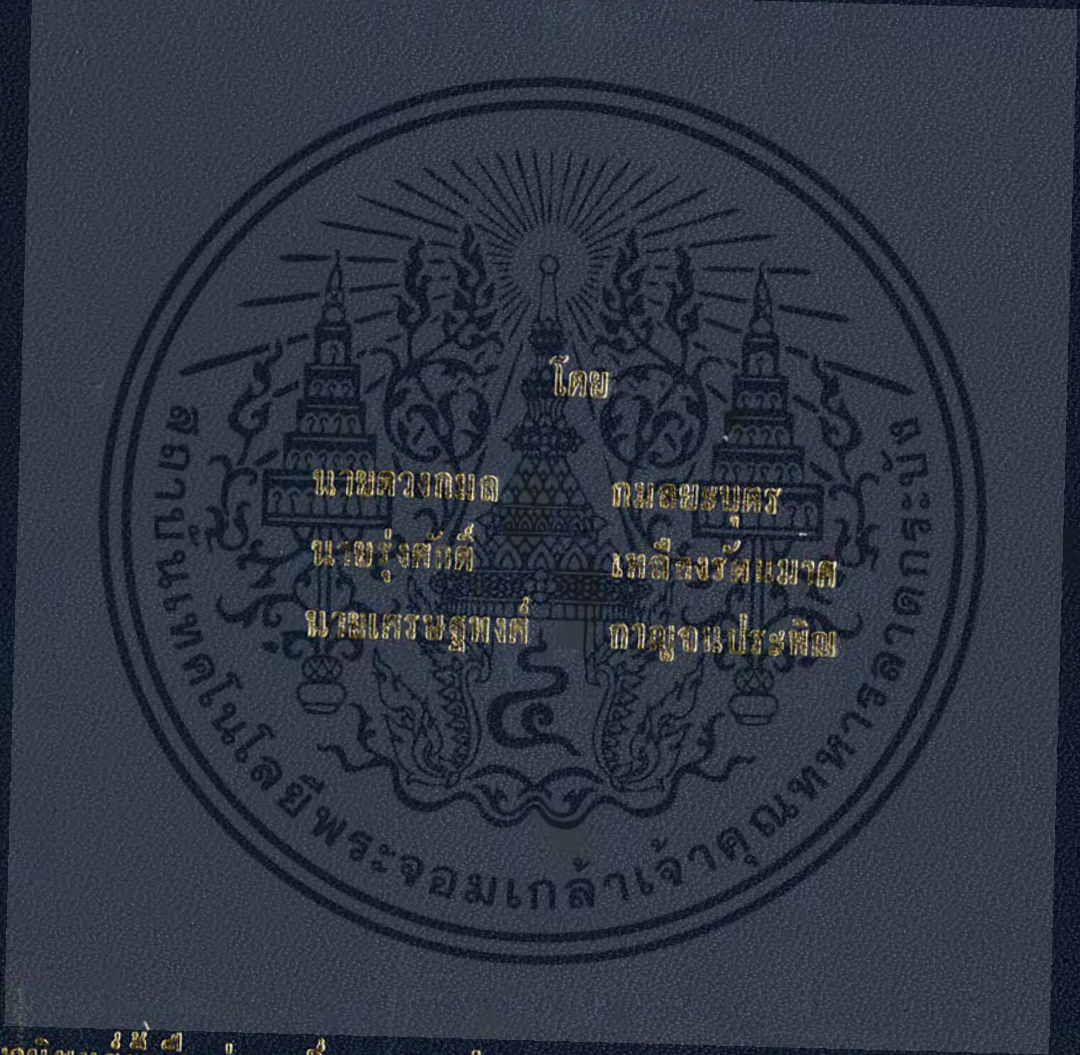
การบริหารพลังงาน

(Energy Management)



โดย

นายวงกมล กมลชนบุตร

นายรุ่งศักดิ์ เหลืองรัตนมาศ

นายเศรษฐพงศ์ ถาบูรณประพิณ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2536

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2536

เรื่อง ENERGY MANAGEMENT

โดย...

1. นาย ดวงกมล กมลยะบุตร รหัส 33100110
2. นาย รุ่งศักดิ์ เหลืองรัตนามาศ รหัส 33100322
3. นาย เสรษฐพงศ์ กาญจนประพิณ รหัส 33100384

อาจารย์ที่ปรึกษา..

ลงชื่อ.....

(ผ.ศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์)

ลงชื่อ.....

(อาจารย์ นิทัศน์ กฤษณจินดา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033227

หัวข้อวิทยานิพนธ์ Energy Management
นักศึกษา นาย ดวงกมล กมลยะบุตร รหัส 33100110
นาย รุ่งศักดิ์ เหลืองรัตนมาศ รหัส 33100322
นาย เสรษฐพงศ์ กาญจนประพิณ รหัส 33100384
อาจารย์ที่ปรึกษา ผ.ศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์
อาจารย์ นิทัศน์ กฤษณะจินดา

บทคัดย่อ

จากวิกฤตการณ์พลังงานที่ผ่านมาได้ส่งผลกระทบต่อความเจริญก้าวหน้าทางด้านอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก จนทำให้โรงงานอุตสาหกรรมและธุรกิจต่าง ๆ จำเป็นต้องหามาตราการประหยัดพลังงานมาใช้ เพื่อลดการใช้พลังงานที่มีจำกัดและมีแนวโน้มที่จะมีราคาสูงขึ้นเรื่อย ๆ ประเทศไทยเป็นประเทศที่ประสบปัญหาโดยตรง เนื่องจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่ต้องใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงซึ่งส่วนใหญ่ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ ดังนั้นในการทำ วิทยานิพนธ์ประกอบการทำ Project Energy Management จึงได้อธิบายถึงหลักการทำ Energy Management

Abstract

The problem of energy crisis has affectd industrial development very much. This makes industrial plants and several kinds of business have to look for energy saving method to reduce energy utilization. Now the energy is limited and tends to have higher and higher price. Thailand is the country that encounter thisproblem directly. Due to electrical energy prodduction have touseoil to be fuel and most oil must be imported from foreign country,therefore this thesis compose of Project Energy Management which explain principle of Energy Management.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 อัตราค่าไฟฟ้า	3
บทที่ 3 ความหมายของเทอมต่าง ๆ และตัวอย่างในการคิดค่าไฟฟ้า	
ความหมายของเทอมต่าง ๆ	9
ตัวอย่างในการคิดค่าไฟฟ้า	10
บทที่ 4 การประหยัดไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ	13
บทที่ 5 เทคนิคการลดต้นทุนค่าไฟฟ้า	17
บทที่ 6 ขั้นตอนในการบริหารพลังงาน	32
บทที่ 7 Case Study	38
7.1 โรงงาน	38
7.2 ตารางโหลด	38
7.3 ลักษณะการทำงานของอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ และ load curve	39
7.4 Process การทำงานของโรงหล่อ	44
7.5 การพิจารณา load curve และค่าพลังงานไฟฟ้าต่อชิ้นงาน	47
7.6 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการ Management	53
7.7 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการ Management	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

จุดประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์

จุดประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นอกจากจะเป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังแล้ว ก็มีดังต่อไปนี้

- เพื่อให้เข้าใจหลักการจัดการพลังงาน และชนิดของโหลดที่จะทำการ management
- เพื่อศึกษาถึงวิธีการจัดการพลังงาน เพื่อลดต้นทุนค่าไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
- เพื่อเป็นแนวทางต่อไปในการสร้างโปรแกรมเพื่อใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ ทั่ว ๆ ไป

ขั้นตอนการดำเนินงานการทำ Project

ในการทำ Project Energy Management นี้มีขั้นตอนการเตรียมการและการดำเนินงานดังนี้

- ศึกษาถึงชนิดและจำนวนของโหลดที่จะทำการ Management โดยโหลดที่ทำการศึกษาได้แก่โรงงานอุตสหกรรมแห่งหนึ่ง
- ศึกษาการทำงานของ process โดยรวม
- ศึกษาถึงวิธีการคิดค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง
- ศึกษาถึงวิธีการต่าง ๆ ที่เหมาะกับโหลดชนิดต่าง ๆ
- จัดช่วงเวลาการทำงานให้กับอุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ เพื่อลดค่าพลังงานไฟฟ้า

ขอบเขตของ Project

ทำการศึกษาเกี่ยวกับ Energy Management ของโหลดดังต่อไปนี้

- ศึกษาเกี่ยวกับอัตราค่าไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ โดยนำ TOD Rate มาใช้ในการคำนวณ
- พิจารณาเกี่ยวกับการประหยัดไฟฟ้าจากอุปกรณ์ต่าง ๆ
- ศึกษาเทคนิคการลดต้นทุนค่าไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สำรวจถึงชนิดและจำนวนของโหลดที่จะทำการ Management
- วางแผนการจัดการพลังงานของโหลด
- เปรียบเทียบ load curve ก่อนการ Manage กับหลังการ Management
- พิจารณาถึงแนวทางที่นำอุปกรณ์ควบคุมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
อัตราค่าไฟฟ้า

ในประเทศไทยมีหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการจ่ายไฟฟ้าและเก็บค่าไฟฟ้าอยู่ 2 หน่วยงานคือ การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ซึ่งรับผิดชอบในการจ่ายกระแสไฟฟ้าและเก็บค่าไฟฟ้าในนครหลวงและชานเมือง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) ซึ่งรับผิดชอบในการจ่ายกระแสไฟฟ้าในเขตภูมิภาคหรือต่างจังหวัด หน่วยงานทั้งสองหน่วยมีอัตราการเก็บค่าไฟฟ้าที่คิดกับลูกค้าหลายประเภทด้วยกัน โดย กฟน. ได้แบ่งการคิดอัตราค่าไฟฟ้ากับลูกค้าทั้งหมด 7 ประเภท คือ

1. บ้านอยู่อาศัย
2. กิจการขนาดเล็ก
3. กิจการขนาดกลาง
4. กิจการขนาดใหญ่
5. ธุรกิจเฉพาะอย่าง
6. ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร
7. สูบน้ำเพื่อการเกษตร

โดยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ กิจการขนาดเล็ก กิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่

2) <u>กิจการขนาดเล็ก</u>

ลักษณะการใช้

ลักษณะการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หรืออื่นๆตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

อัตรารายเดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้า

35 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) แรกหรือน้อยกว่า	เป็นเงิน	94.00 บาท
115 หน่วยต่อไป (หน่วยที่36-150)	หน่วยละ	1.14 บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่151-400)	หน่วยละ	2.22 บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	2.53 บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด เดือนละ 94.00 บาท

หมายเหตุ

ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทนี้ หากในรอบเดือนใดมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป จะจัดเข้าอยู่ในประเภทถัดไปแล้วแต่กรณี และจะจัดอยู่ในประ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เภทเดิมอีกก็ต่อเมื่อความต้องการพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวลดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน

3) กิจการขนาดกลาง

ลักษณะการใช้

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30-1,999 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

3.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนสุดท้ายไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน

3.1.1 ระดับแรงดันไฟฟ้า 69 กิโลวัตต์ขึ้นไป

ค่าความต้องการไฟฟ้า กิโลวัตต์ละ	188.00 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้า หน่วย(กิโลวัตต์ชั่วโมง)ละ	1.03 บาท

3.1.2 ระดับแรงดันไฟฟ้า 12-24 กิโลวัตต์

ค่าความต้องการไฟฟ้า กิโลวัตต์ละ	210.00 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้า หน่วย(กิโลวัตต์ชั่วโมง)ละ	1.07 บาท

3.1.3 ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 12 กิโลวัตต์

ค่าความต้องการไฟฟ้า กิโลวัตต์ละ	237.00 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้า หน่วย(กิโลวัตต์ชั่วโมง)ละ	1.10 บาท

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าซึ่งคิดจากร้อยละ 70 ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (สิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน)

ความต้องการพลังงานไฟฟ้า : ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์แลก (lag) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ (maximum 15 minute kilovar demand) เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (maximum 15 minute kilowatt demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 15.00 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ข้อ 3.1 นี้ หากมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 และจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 อีก เมื่อมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป

2. ส่วนราชการที่มีลักษณะการใช้ไฟฟ้าเป็นอุตสาหกรรม จะถูกจัดให้อยู่ประเภทนี้

3.2 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนสุดท้ายเกินกว่า 355,000 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน

3.2.1 ระดับแรงดันไฟฟ้า 69 กิโลวัตต์ขึ้นไป

ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า

เวลา 18.30-21.30 น. (on-peak) : กิโลวัตต์ละ 240.00 บาท

เวลา 08.00-18.30 น. (Partail Peak) : กิโลวัตต์ละ 32.00 บาท

(คิดเฉพาะความต้องการพลังงานไฟฟ้าในส่วนที่เกินจากช่วง on-peak)

เวลา 21.30-08.00 น. (off-peak) : ไม่คิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า

ค่าพลังงานไฟฟ้า

ทุกช่วงเวลา : หน่วย(กิโลวัตต์ชั่วโมง)ละ 1.03 บาท

3.2.2 ระดับแรงดันไฟฟ้า 12-24 กิโลวัตต์

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

เวลา 18.30-21.30 น. (on-peak) : กิโลวัตต์ละ 305.00 บาท

เวลา 08.00-18.30 น. (Partail Peak) : กิโลวัตต์ละ 63.00 บาท

(คิดเฉพาะความต้องการพลังงานไฟฟ้าในส่วนที่เกินจากช่วง on-peak)

เวลา 21.30-08.00 น. (off-Peak) : ไม่คิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า

ค่าพลังงานไฟฟ้า

ทุกช่วงเวลา : หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง)ละ 1.07 บาท

3.2.3 ระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 12 กิโลวัตต์

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

เวลา 18.30-21.30 น. (on-peak) : กิโลวัตต์ละ 356.00 บาท

เวลา 08.00-18.30 น. (Partial peak) : กิโลวัตต์ละ 73.00 บาท

(คิดเฉพาะความต้องการพลังงานไฟฟ้าในส่วนที่เกินจากช่วง on-peak)

เวลา 21.30-08.00 น. (off-peak) : ไม่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

ค่าพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทุกช่วงเวลา : หน่วย(กิโลวัตต์ชั่วโมง)ละ 1.10 บาท

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

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการพลังไฟฟ้าในแต่ละเดือน คือความต้องการพลังงานไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์เฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุดของแต่ละช่วงเวลาในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์แลก (lag) ถ้าในรอบเดือนใด ผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ (maximum 15 minute kilovar demand) เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (maximum 15 minute kilowatt demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 15.00 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้พลังไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนสุดท้ายเกินกว่า 355,000 หน่วย การไฟฟ้านครหลวงจะนำเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD meter) ไปติดตั้งและจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 ข้อ 3.2 ในเดือนถัดไปหลังจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD meter)

2. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ข้อที่ 3.2 นี้ หากมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 และจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 3 อีก เมื่อมีความต้องการพลังไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป

3. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ข้อ 3.2 นี้ หากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 355,000 หน่วยต่อเดือน และมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดไม่ต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ จะยังคงถูกจัดให้อยู่ในประเภทนี้ต่อไป นอกจากได้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะการใช้ไฟฟ้า

4. ส่วนราชการที่มีลักษณะการใช้ไฟฟ้าเป็นอุตสาหกรรมจะถูกจัดให้อยู่ในประเภทนี้

5. อัตราส่วนค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 ข้อ 3.2 นี้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 ธันวาคม 2535 เป็นต้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) กิจการขนาดใหญ่

ลักษณะการใช้

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 2,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

อัตรารายเดือน

4.1 ระดับแรงดันไฟฟ้า 69 กิโลวัตต์ขึ้นไป

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

เวลา 18.00 น.-21.30 น. (On-Peak) : กิโลวัตต์ละ 240.00 บาท

เวลา 08.00 น.-18.30 น. (Partial Peak) : กิโลวัตต์ละ 32.00 บาท

(คิดเฉพาะความต้องการพลังไฟฟ้าในส่วนที่เกินจากช่วง On-Peak)

เวลา 21.30 น.-08.00 น. (Off-Peak) : ไม่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

ค่าพลังงานไฟฟ้า

ทุกช่วงเวลา : หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) ละ 1.03 บาท

4.2 ระดับแรงดันไฟฟ้า 12-24 กิโลวัตต์

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

เวลา 18.30 น.-21.30 น. (On-Peak) : กิโลวัตต์ละ 305.00 บาท

เวลา 08.00 น.-18.30 น. (Partial Peak) : กิโลวัตต์ละ 63.00 บาท

(คิดเฉพาะความต้องการพลังไฟฟ้าในส่วนที่เกินจากช่วง On-Peak)

เวลา 21.30 น.-08.00 น. (Off-Peak) : ไม่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

ค่าพลังงานไฟฟ้า

ทุกช่วงเวลา : หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง) ละ 1.07 บาท

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

ความต้องการพลังไฟฟ้า : ความต้องการไฟฟ้าแต่ละเดือน คือความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดของแต่ละช่วงเวลาในรอบเดือน เศษของกิโลวัตต์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์แลก (lag) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (maximum 15 minute kilowatt demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 15.00 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

1. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 2,000 กิโลวัตต์ขึ้นไปในเดือนใด การไฟฟ้านครหลวงจะนำเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD meter) ไปติดตั้ง และจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 4 ในเดือนถัดไปหลังจากเดือนที่ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของมัน (TOD meter)

2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 2,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป แต่ยังไม่ได้ถูกจัดให้เข้าอยู่ในประเภทที่ 4 เนื่องจากยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD meter) อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าตามประเภทของอัตราค่าไฟฟ้าเดิมไปพลางก่อน

3. ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 นี้หากมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 2,000 กิโลวัตต์ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าอยู่ในประเภทที่ 2 หรือประเภทที่ 3 แล้วแต่กรณี และเมื่อมีความต้องการพลังไฟฟ้าดังกล่าวตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไปอีกก็จะจัดให้อยู่ในประเภทที่ 3 หรือประเภทที่ 4 แล้วแต่กรณี

4. ส่วนราชการที่มีลักษณะการใช้ไฟฟ้าเป็นอุตสาหกรรมจะถูกจัดให้เป็นในประเภทนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ความหมายของเทอมต่างๆ และตัวอย่างในการคิดค่าไฟฟ้า

1. ความหมายของเทอมต่างๆ

1. จำนวนหน่วย (units หรือ kilowatt-hours) หน่วย (units) เป็นเทอมที่ใช้แทนหน่วยวัดพลังงานไฟฟ้าคือ กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kilowatt-hour) ซึ่งหาได้จากสมการ (1)

จำนวนหน่วย = กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานเป็นกิโลวัตต์ X จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน (1)

โดยทั่วไปแล้วพลังงานไฟฟ้าหรือกำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน มักจะเป็นค่าคงที่สม่ำเสมอตลอดไป ซึ่งจะสังเกตได้จากจานอลูมิเนียมในมาตรวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kilowatt-hours meter) ที่หมุนด้วยความเร็วคงที่เปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานในขณะนั้น จำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ได้ใช้งานนั้นจะทบรวมกันบนหน้าปัทม์ตัวเลขและจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ในคาบเวลาหนึ่งๆ ก็หาได้จากการนำจำนวนหน่วยที่ได้จากการอ่านครั้งก่อนมาหักออกจากจำนวนหน่วยที่ได้จากการอ่านในปัจจุบันโดยปกติเจ้าหน้าที่ของการไฟฟ้าจะทำการอ่านจำนวนหน่วยและค่าอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับการคิดค่าไฟฟ้าเดือนละ 1 ครั้งเป็นประจำ

การคิดค่าไฟฟ้าจากจำนวนหน่วยที่อ่านได้นั้น สำหรับผู้ใช้ไฟประเภทที่อยู่อาศัยและประเภทธุรกิจขนาดเล็ก จะคิดตามอัตราก้าวหน้า แต่สำหรับธุรกิจขนาดใหญ่จะคิดในอัตราที่คงที่ และสำหรับผู้ใช้ไฟประเภทอุตสาหกรรมจะคิดในอัตราที่ก้าวหน้าถอยหลังเล็กน้อย

2. ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (demand) คือค่าความต้องการในเทอมของค่ากิโลวัตต์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง เช่น 15 นาที เป็นต้น ความต้องการกำลังไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามจำนวนและขนาดของโหลดไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่ในขณะนั้น ความต้องการกำลังไฟฟ้ามีค่าสูงสุดเมื่อมีการโหลดพร้อมๆ กัน เรียกว่า ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (maximum demand) จากการสำรวจ (1) พบว่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้าจำนวน 40% ของต้นทุนทั้งหมดถูกใช้ไปในการติดตั้งอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตส่งและจ่ายไฟ เพื่อให้สามารถจ่ายไฟให้เพียงพอกับความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ดังนั้นโครงสร้างของอัตราค่าไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟประเภทธุรกิจขนาดใหญ่และประเภทอุตสาหกรรมจึงต้องมีการคิดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดด้วย ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้ไฟดังกล่าวพยายามควบคุมการใช้ไฟฟ้าให้เป็นไปอย่างเหมาะสมและคุ้มค่าที่สุด

3. ความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟสูงสุด (maximum reactive power demand) คือค่าความต้องการในเทอมของค่ากิโลวาร์ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น 15 นาที เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

033227

ต้น ความต้องการส่วนเกินนี้เกิดขึ้นเพราะส่วนหนึ่งของกระแสไฟฟ้าสลับจะถูกใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ หม้อแปลง และอุปกรณ์ที่มีการเหนี่ยวนำอื่นๆ กระแสส่วนนี้ไม่มีส่วนทำให้เกิดพลังงานกล กำลังไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสส่วนนี้เรียกว่า "กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ" (reactive power) ซึ่งแตกต่างจาก "กำลังไฟฟ้าใช้งานจริง" (active power หรือ power) เพราะว่ากำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟมีผลให้ขนาดกระแสที่ป้อนให้กับผู้ใช้สูงกว่าที่ควรจะเป็น ทำให้มีการสูญเสียในสายและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องเพิ่มขึ้น และทำให้ประสิทธิภาพการจ่ายลดลง ดังนั้นจึงต้องมีการคิดค่าไฟฟ้าตามค่าความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 15 นาที

ในปัจจุบันไฟฟ้านครหลวงได้มีมาตรการให้สิ่งจูงใจในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ไฟฟ้าสำหรับผู้ประกอบการที่ได้ลงทุนปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ เพื่อลดปริมาณความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟสูงสุด ลดลงสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์แลก (lag) ถ้าในรอบเดือนใด ผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงที่สุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ (maximum 15 minute kilovar demand) เกินกว่าร้อยละ 63 ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงที่สุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ (maximum 15 minute kilowatt demand) แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 15.00 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

2. ตัวอย่างการคิดค่าไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรม

โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร ใช้ไฟฟ้าจากการไฟฟ้านครหลวง จัดอยู่ในเกณฑ์การใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 และ 4 คืออุตสาหกรรมที่มีขนาดกลางและใหญ่ เมื่อครบ 1 เดือน การไฟฟ้านครหลวงได้ส่งใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าคิดเป็นเงินทั้งสิ้น 1,667,894.50 บาท

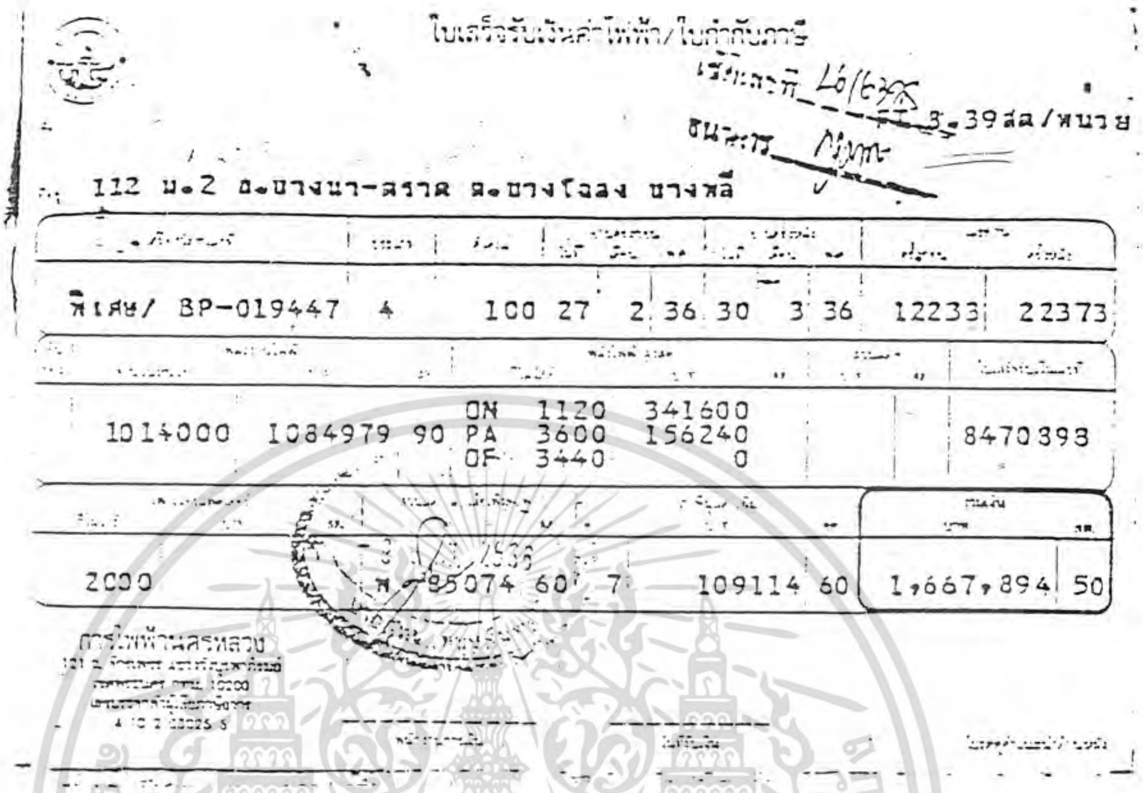
จากใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าในหนึ่งเดือนได้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าดังนี้

- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 1,014,000 หน่วย (กิโลวัตต์ชั่วโมง)
- ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

On-Peak	1,120
Partial-Peak	3,600
Off-Peak	3,440

- ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอคตีฟ 2,000 กิโลวาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


ใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า/ใบกำกับภาษี

FT 3.39สต/หน่วย

112 ม.2 ถ.บางนา-ตราด ต.บางโฉลง บางพลี

พิเศษ/ BP-019447 4 100 27 2 36 30 3 36 12233 22373

1014000 1084979 90 ON 1120 341600 PA 3600 156240 OF 3440 0 8470393

2000 ... 85074 60 7 109114 60 1,667,894 50

การไฟฟ้านครหลวง

รูปที่ 1 แสดงใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า

วิธีคิดคำนวณค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่าย

1. ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge)
2. ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge)

   On-Peak 1,120 * 305 = 341,600 บาท

   Partial Peak (3,600-1,120) * 63 = 156,240 บาท

3. ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor)

   ความต้องการไฟฟ้าแอคตีฟสูงสุด 3,600 กิโลวัตต์

   ความต้องการไฟฟ้ารีแอคตีฟสูงสุด 2,000 กิโลวัตต์

   63% ของความต้องการไฟฟ้าแอคตีฟสูงสุดเป็น 0.63 * 3,600 = 2,268 ซึ่ง

มากกว่า ความต้องการไฟฟ้ารีแอคตีฟ ดังนั้น <u>ไม่คิด</u>

4. การปรับค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ

   FT = 8.39 สต/หน่วย

   ค่าปรับเปลี่ยน = 8.39/100 * 1,014,000 = 85,074.60 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายทั้งหมด

= ค่าพลังงานไฟฟ้า + ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด + ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ + ค่าปรับเปลี่ยน

= 1,084,979 + 497,840 + 0 + 85,074.60

= 1,667,894.50 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การประหยัดไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

1.มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor)

ลักษณะการทำงานที่ดี

1.1 ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะมีค่าสูงสุดเมื่อทำงานที่ประมาณ 80-100% ของ Full load ค่าของ kW หรือ HP ที่บอกไว้ที่ Name Plate ของ Motor นั้นเป็นค่าของ out put ค่าพลังงานไฟฟ้าที่นำมาใช้จริงคือค่า input ดังนั้นในขณะที่มี load ไม่เต็มที่

ประสิทธิภาพจึงต่ำ กำลังไฟฟ้าที่ใช้ไปจึงสูงกว่า out put ที่จำเป็นจริง ๆ

$$\text{Power input} = \frac{\text{Power output}}{\text{ประสิทธิภาพ}}$$

แต่อย่างไรก็ตามข้อควรระวังคือ อย่าให้มอเตอร์รับโหลด เกินกำลัง เพราะจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพต่ำลงและความร้อนจะสูงขึ้น โดยทั่วไปมอเตอร์ที่มีขนาดเท่ากันเมื่อทำงานที่ไม่เกิน full load จะทำให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าเมื่อทำงานที่โหลด มากเกินไป ดังนั้นจึงควรใช้มอเตอร์ที่ full load จึงจะได้ประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 การ Start มอเตอร์สามเฟสที่มีขนาดใหญ่ควร Startแบบ Starและ run แบบ Delta เพราะจะทำให้กระแสไฟฟ้าตอน Start ต่ำทำให้ค่า Peak Demand ตอน Start ต่ำด้วย นอกจากนี้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ย่อยจะมีขนาดเล็กกว่าการ Start แบบ Delta และ Run แบบ Delta เช่นกัน โดยทั่วไปการต่อแบบนี้จะใช้มอเตอร์สามเฟสขนาด 2 kW ขึ้นไป

พิจารณาการ Run motor โดยต่อแบบ Star และ Delta

1.2.1 การ Run motor โดยต่อแบบ Star

การ Run motor โดยต่อแบบ Star เพาเวอร์แฟคเตอร์จะสูงกว่าการต่อแบบ Delta แต่ motor จะรับ load ได้เพียง 1/3 เท่านั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะต่อ motor เช่นนี้ในช่วง motor run ตามปกติ

1.2.2 การ Run motor แบบ Delta

การ Run motor โดยต่อแบบ Delta เพาเวอร์แฟคเตอร์จะต่ำในขณะที่เร่งความเร็วสูงขึ้น ซึ่งในการ Start motor ขนาดใหญ่ต้องการ Power factorในตอน Start สูงซึ่งไม่นิยมที่จะต่อ Motor ในตอน Start แบบ Delta แต่ในขณะที่ Run ตามปกติแล้วจะสามารถรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

load และแรงบิด มากกว่าการต่อแบบ Star มาก

1.3 มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้แพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมดังนั้นเพื่อการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปโดยไม่จำเป็น มีวิธีการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้มอเตอร์ดังนี้

1.3.1 ควรเลือกขนาดและชนิดมอเตอร์มาใช้ให้ถูกต้องกับงานและสถานที่ติดตั้ง เช่น จะใช้งานกลางแจ้งควรใช้มอเตอร์ที่กันน้ำและกันฝุ่นละอองได้ดี เป็นต้น

1.3.2 แก้เพาเวอร์แฟคเตอร์มอเตอร์ให้สูงขึ้นโดยการนำเอา capacitor มาต่อขนานเข้ากับ load หรือใช้พวก Synchronous capacitor เพราะสามารถปรับ Power factorได้ตลอดเวลา

1.3.3 เลือกมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำงานได้ใกล้เคียงกับ full-load ให้มากที่สุด

1.3.4 หาทางลดความสูญเสียจากกระแสไฟฟ้าสร้างสนามแม่เหล็กในมอเตอร์กระแสตรงในขณะที่มอเตอร์หยุดทำงาน เช่น ในโรงงานอัดรีดในขบวนการทำงานมีการเว้นการอัดเป็นบางกรณี คือการทำงานไม่ต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงมีการพิจารณาว่าเมื่อหยุดทำการอัดความสูญเสียทางแหล่งกำเนิด กระแสที่เข้าไปทำให้เกิดเส้นแรง(Exciting current) ในมอเตอร์กระแสตรง จึงเกิดการสูญเสียในรูปของความร้อนรวมทั้งที่ใช้พัดลมเป่าเพื่อระบายความร้อนในมอเตอร์ด้วยจึงทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นขึ้น

1.4 เพาเวอร์แฟคเตอร์ของโรงงานควรจะปรับปรุงให้ได้ 85-95%

2. แสงสว่าง

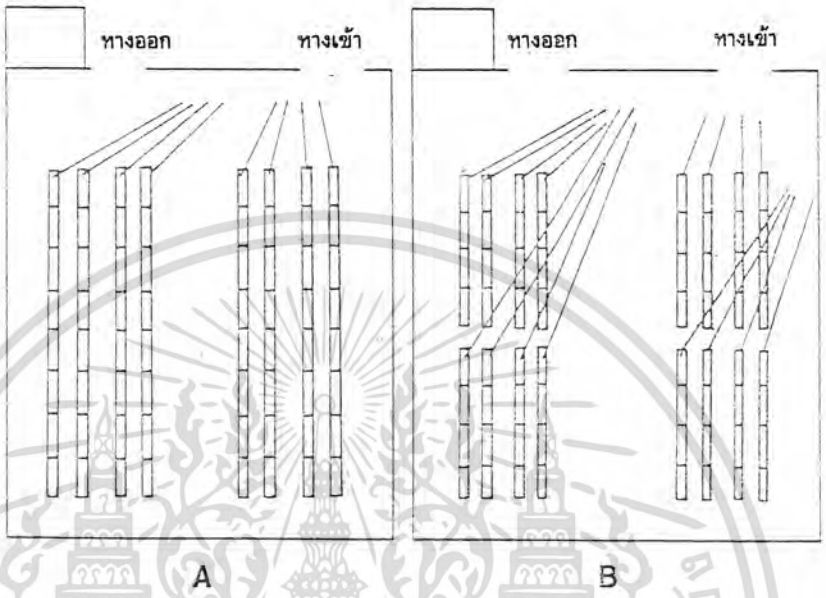
แนวทางและวิธีการประหยัด

2.1 สำรวจลักษณะการทำงานตลอดเวลาจนความเข้มของแสงสว่าง รวมทั้งการใช้แสงสว่างจากธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 ติดตั้งวงจรควบคุมแสงสว่างเพิ่มขึ้น คือจะสามารถทำให้เปิดปิดวรจรแสงสว่างในพื้นที่ที่ไม่ต้องการใช้งานได้เช่น เดิมวงจรแสงสว่างในโรงงานมีอยู่ทั้งหมด 8วงจร โดยเปิดปิดตามแนวยาวของโรงงานจะเห็นว่าในบางครั้งพื้นที่บางส่วนของโรงงานในช่วงเวลานั้นไม่ใช่งาน แต่ก็ไม่สามารถที่จะดับไฟจุดนั้นได้ ทำให้สูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ เราสามารถที่จะแก้ไขข้อบกพร่องนี้ได้โดยการเพิ่มจำนวนวงจรแสงสว่างขึ้นดังแสดงในรูป 2B ซึ่งจะสามารถทำให้ดับไฟฟ้าแสงสว่างในส่วนที่ไม่ต้องการได้สะดวกยิ่งขึ้น ทั้งนี้ค่าความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่ต้องไม่ต้องต่ำกว่าค่าที่กำหนด

2.3 เพดานหรือสภาพรอบ ๆ ควรทำให้มีลักษณะสีสะท้อนแสงได้มาก ควรทำความสะอาดและอุปกรณ์เป็นระยะ จะช่วยได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 วงจรย่อยแสงสว่าง

2.4 โคมทุกชนิดควรมี Feflector ที่ดีมีผิวสะอาด มันเป็นเงาและต้องมีมุมสะท้อนที่ถูกต้อง ทำให้แสงสว่างมารวมกันในบริเวณที่ต้องการในบริเวณที่ต้องการ ผลที่ตามมาคือไม่ต้องใช้หลอดไฟฟ้ามี Watt สูงก็ได้ เพราะมีแสงสว่างเพียงพอ

2.5 เลือกใช้เครื่องใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ผลิตได้มาตรฐานที่กำหนด เช่น มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เป็นต้น เพราะถ้าไม่ได้มาตรฐาน นอกจากจะไม่ปลอดภัยแล้วอาจจะกินไฟมากผิดปกติ

2.6 ดับไฟช่วงเวลาระหว่าง 12.00-13.00 น ซึ่งเป็นเวลาหยุดพักเพื่อรับประทานอาหารกลางวันจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าลงได้ นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดค่าเชื้อเพลิง

2.7 ติดตั้งเครื่องควบคุมเวลา (Timer) ทำงาน ปิด เปิด ไฟฟ้า ณ บริเวณที่ใช้ไฟฟ้าบางเวลา

2.8 ติดตั้งสวิทช์แสงแดด (Photo cell switch) หรือ Timers สำหรับควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าที่ติดตั้งอยู่นอกอาคารซึ่งจะสามารถทำให้ประหยัดพลังงานแล้ว อายุการใช้งานของหลอดไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบไฟฟ้ากำลังและหม้อแปลงไฟฟ้า

3.1 ในการพิจารณาติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) ใหม่ถ้าเป็นไปได้ไม่ควรติดตั้งหม้อแปลงขนาดใหญ่เพียงติดเดียว ควรติดตั้งหม้อแปลงที่มีขนาดเล็กแต่มีหลายตัวซึ่งจะสามารถหยุดการทำงานบางเครื่องลงได้เมื่อมี Load ลดลง หรือมีความสะดวกสบายกว่าในการบำรุงรักษาและซ่อมแซม

การติดตั้งหม้อแปลงขนาดใหญ่ตัวเดียว ถึงแม้จะมีราคาถูกกว่าการติดตั้งหม้อแปลงขนาดเล็กหลาย ๆ ตัว แต่ถ้าพิจารณาการใช้งาน การติดตั้งตัวเล็ก ๆ หลาย ๆ ตัวจะมีโอกาสคุ้มทุนกว่า

ความสูญเสียพลังงานในหม้อแปลงขณะไม่มี load(no load) จะมีประมาณ 2% และขณะมีโหลด เต็มที่ (Full load) มีประมาณ 9%

3.2 ทำความสะอาดพื้นผิวของอุปกรณ์ถ่ายเทความร้อน (Heat Exchanger Surfaces) ของหม้อแปลงไฟฟ้า ถ้าหม้อแปลงไฟฟ้าถ่ายเทความร้อนด้วยของเหลวควรมีการเปลี่ยนของเหลวนั้นเมื่อถึงเวลาที่กำหนด

3.3 ตรวจสอบความเป็นไปได้ของการกำหนดเวลาของการใช้กระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อลดความต้องการของกระแสไฟฟ้า (Demand) ลงโดยอาจมีการควบคุม Maximum demand โดยการติดตั้ง max print เป็นต้น

4. เครื่องสูบน้ำหรือปั๊มน้ำ

4.1 เลือกใช้เครื่องที่มีถังพักน้ำขนาดใหญ่พอควร ถ้าถังเล็กเกินไปสวิทช์อัตโนมัติต้องทำงานหนักมากขึ้น

4.2 สร้างถังเก็บน้ำไว้ระดับพื้นดินปล่อยน้ำประปาลงเพื่อให้ถูกต้องตามกฎหมายและจะช่วยประหยัดน้ำ เพราะปั๊มจะทำงานเมื่อใช้น้ำเท่านั้น

4.3 ควรสูบน้ำขึ้นถังเก็บให้เต็ม แต่อย่าให้ล้น เมื่อใช้น้ำจนเกือบหมดถังจึงเปิดสูบน้ำให้เต็มใหม่จะได้ไม่ต้องปิดเปิดเครื่องบ่อยโดยไม่จำเป็นเพราะการสูบน้ำย่อมกินไฟมากตอนเริ่ม Start

4.4 ไม่ควรปล่อยให้ท่อประปารั่วเพราะการประปาก็ใช้ไฟฟ้าสูบน้ำเหมือนกัน

4.5 เครื่องสูบน้ำเมื่อใช้ไปนาน ๆ แผ่นประเก็น ซีล หรือลูกยางจะสึกทำให้เครื่องหลวมสูบน้ำได้ไม่ดีเท่าที่ควรทำให้เสียเวลาและเปลืองไฟ

4.6 ควรทำความสะอาดตะกอนในถังพักเป็นครั้งคราว เพราะถ้ามีมากอาจจะเข้าไปอุดตันในเครื่องทำให้เครื่องทำงานหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
เทคนิคการลดต้นทุนค่าไฟฟ้า

เป็นที่ทราบกันดีว่า ศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้านั้นไม่สูงทัดเทียมกับศักยภาพในการประหยัดพลังงานความร้อนแต่อย่างใดก็ตาม เนื่องจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าต้องลงทุนในการสร้างโรงจักร สถานีไฟฟ้าย่อย สายส่ง ฯลฯ ซึ่งเป็นเงินทุนมหาศาล นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานรูปต่างๆเป็นพลังงานไฟฟ้านั้นเมื่อรวมความสูญเสียตามระยะทางที่ส่งไฟฟ้ามานั้น ทำให้ประสิทธิภาพรวมของพลังงานไฟฟ้านั้นต่ำกว่า 30 % ผลอันนี้สะท้อนให้ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงกว่าพลังงานความร้อนมาก ดังนั้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงมีความหมายว่าคือการแปลงพลังงานไฟฟ้าจำนวนน้อยนิดที่ประหยัดได้ให้เป็นเงินก้อนใหญ่ได้ เนื้อหาในบทจะกล่าวถึงวิธีการคิดค่าไฟของการไฟฟ้าและแนวทางในการทำให้ต้นทุนค่าไฟฟ้าลดลง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการธุรกิจและอุตสาหกรรม ในการดำเนินการเพื่อการลดต้นทุนการผลิตได้อีกทางหนึ่ง

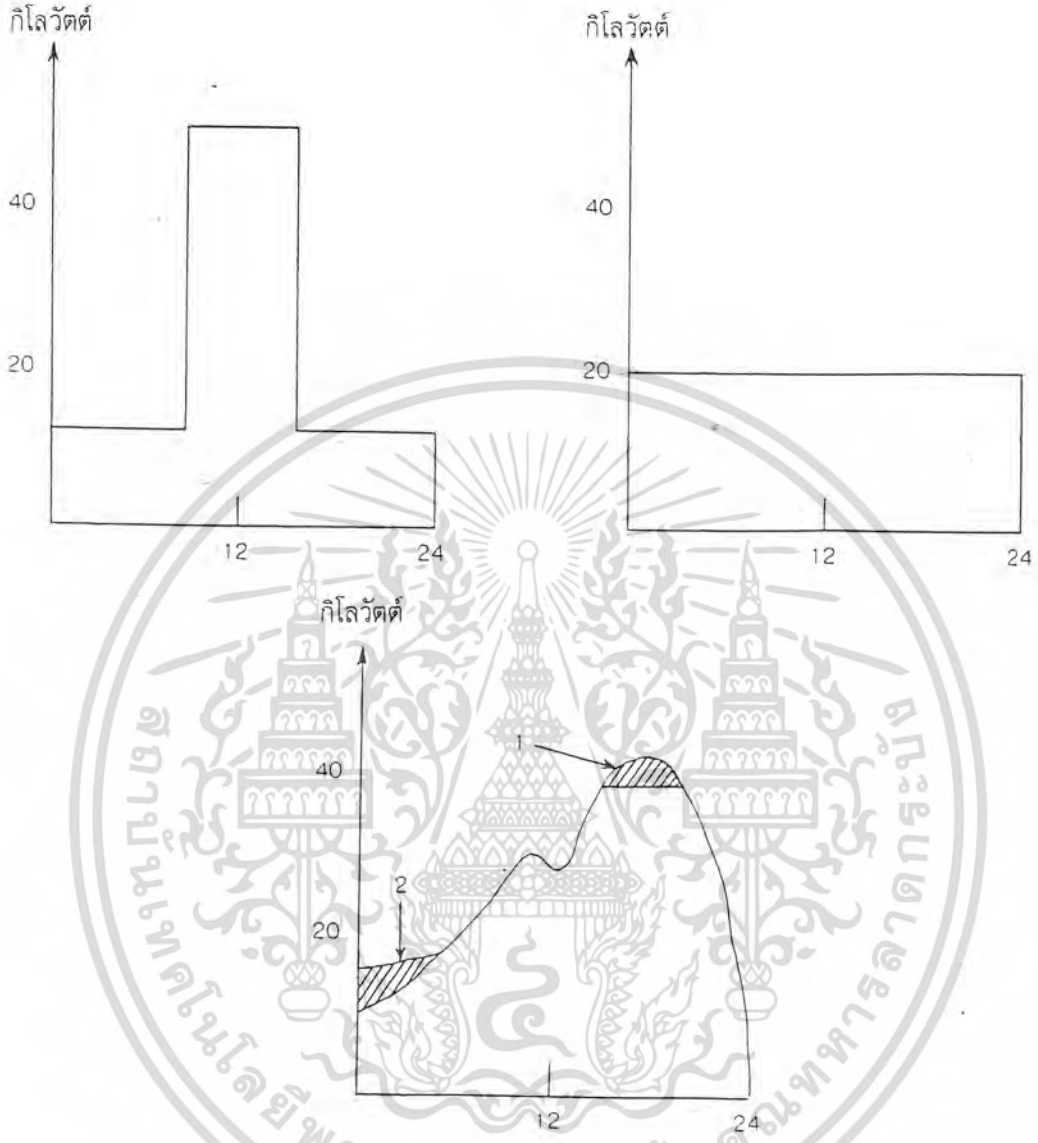
มาตราการลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้า

เมื่อเราทราบวิธีการคิดค่าไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ประเภทต่างๆ แล้ว เราจำเป็นต้องวิเคราะห์ดูว่าทำอย่างไรเราจึงสามารถทำให้ค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายในแต่ละเดือนนั้น ลดลงได้โดยไม่กระทบกระเทือนต่อการผลิตและคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้า

1 **การปรับปรุงโหลดแฟคเตอร์** หมายถึงการวางแผนควบคุมการใช้ไฟฟ้า ซึ่งอาจแบ่งกล่าวได้เป็น 3 หัวข้อย่อย

1.1 **เส้นกราฟของโหลด (load curve)** เส้นกราฟของโหลดคือ เส้นกราฟที่แสดงค่าของโหลดที่เวลาต่างๆ กัน มีแกนนอนเป็นแกนเวลา และแกนตั้งเป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลา 15 นาที มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 แสดงเส้นกราฟของโหลดใน (ก) (ข) และ (ค) ซึ่งมีค่าพลังงานไฟฟ้ารวมเท่ากัน

การปรับปรุงโหลดแฟคเตอร์ก็คือ การปรับปรุงเส้นกราฟของโหลดนั่นเอง ซึ่งอาจจะอธิบายให้เข้าใจได้ชัดเจนโดยการพิจารณาเส้นกราฟของโหลดในรูปที่ 3 เส้นกราฟ (ก) แสดงลักษณะการใช้ไฟที่แย่ที่สุด เพราะเส้นกราฟนี้ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด มีค่าถึง 50 กิโลวัตต์ ในการจ่ายไฟให้กับโหลดชนิดนี้จะต้องติดตั้งอุปกรณ์รับและจ่ายไฟ (switch gear) ที่มีพิกัดใช้งานสูงถึง 50 กิโลวัตต์หรือสูงกว่า เส้นกราฟรูป (ข) เป็นเส้นกราฟของโหลดในอุดมคติ ซึ่งมีค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ 480 หน่วยซึ่งเท่ากับในรูปที่ 3 (ก) แต่ค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเพียง 20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

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

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

$$\text{โหลดแฟคเตอร์รายเดือน} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้า (จำนวนหน่วย)} \times 100}{\text{จำนวนช.ม.ใน 1 เดือน} \times \text{ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด}}$$

การจัดการเพื่อให้มีค่าความต้องการไฟฟ้าใกล้เคียงกันตลอดทั้งเดือน จะทำให้โหลดแฟคเตอร์ดีขึ้น โหลดแฟคเตอร์ที่มีค่าสูงแสดงให้เห็นว่า หม้อแปลง สายป้อน และอุปกรณ์อื่นๆ มีการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์เครื่องจักรที่ไม่จำเป็นก็ลดลง ซึ่งมีผลดีทางเศรษฐศาสตร์ คือ ต้นทุนการผลิตลดลง จากการศึกษา (2) อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วยเปลี่ยนแปลงตามโหลดแฟคเตอร์ ดังรูปที่ 4 ตัวอย่างเช่น อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วยเปลี่ยนแปลงตามโหลดแฟคเตอร์ ดังรูปที่ 4 ตัวอย่างเช่น อัตราค่าไฟฟ้าต่อหน่วยที่โหลดแฟคเตอร์ 40% กับค่าไฟฟ้าที่โหลดแฟคเตอร์ 90% ต่างกันถึงประมาณ 10%

1.3 **การควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด** การควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดตามเป้าหมายเพื่อให้ได้ค่าโหลดแฟคเตอร์ที่สูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้นั้นมีข้อสังเกตที่จะกล่าวถึงดังต่อไปนี้

ก. การวัดค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดนั้น ในสถาบันประกอบธุรกิจและอุตสาหกรรมแต่ละแห่ง จะมีมาตรวัดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (maximum demand power meter) ซึ่งการไฟฟ้าติดตั้งสำหรับอ่านค่าสูงสุดดังกล่าวเป็นรายเดือน และจะปรากฏในใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า แต่ค่าที่อ่านได้จากมาตรวัดกำลังไฟฟ้าแบบบันทึกค่าได้ซึ่งนอกจากจะช่วยให้ทราบว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นในวันใดเวลาใดแล้ว ยังทราบรายละเอียดของการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานตลอดเวลาหรือเส้นกราฟของโหลดด้วย การควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดให้มีค่าต่ำที่สุดก็จะทำได้โดยอาศัยกราฟนี้ ในกรณีที่ไม่มีงบประมาณสำหรับการติดตั้งมาตรวัดแบบบันทึกค่าได้ เราอาจสร้างเส้นกราฟของโหลดโดยการอ่านค่าจากมาตรวัดกิโลวัตต์-ชั่วโมง เป็นรายชั่วโมงแทนก็ได้ แต่ตัวเลขที่ได้จะไม่ละเอียดแม่นยำเท่าที่ควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิจการขนาดกลาง

load factor	>69 kV	12-24 kV	<12 kV
10	3.641	3.987	4.392
20	2.335	2.528	2.746
30	1.900	2.042	2.197
40	1.683	1.799	1.923
50	1.552	1.653	1.758
60	1.465	1.556	1.649
70	1.403	1.487	1.570
80	1.356	1.435	1.512
90	1.320	1.394	1.466
100	1.291	1.362	1.429

หมายเหตุ

$$\text{ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย} = \frac{\text{ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า}}{7.2 * \text{load factor}}$$

สูตรการคำนวณข้างบนคิดจากกว่า 1 เดือนมี 30 วัน

รูปที่ 4 แสดงผลของ load factor ต่ออัตราค่าไฟฟ้า

ข. โดยทั่วไปแล้วค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณผลผลิต ดังนั้น การตั้งเป้าหมายควบคุมค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดจึงจำเป็นต้องมีสถิติการใช้ไฟฟ้าจากใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าหรือจากเส้นกราฟของโหลด กับสถิติข้อมูลการผลิตรายวันและรายเดือนประกอบการพิจารณา

ค. การควบคุมค่ากำลังไฟฟ้านั้น ผู้ทำงานจำเป็นต้นเข้าใจระบบของขบวนการผลิต และต้องทราบข้อมูลโดยประมาณของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น แบบ ขนาด ลักษณะการใช้งาน (เช่น เดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องเป็นบางเวลา เดินเป็นระยะ เดินเครื่องตลอดเวลา) การควบคุมจะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อเราสามารถแยกวงจรย่อยและแบ่งประเภทโหลดออกเป็น 3 ประเภท กล่าวคือ

– โหลดที่ต้องทำงานต่อเนื่องโดยไม่สามารถตัดเอาโหลดออกได้เลย

- โหลดที่สามารถตัดออกได้ แต่ต้องมีการเตรียมการล่วงหน้า เช่น การจัดวิธีการทำงานใหม่ หรือการตัดโหลดดังกล่าวออกไปโดยไม่กระทบกระเทือนการผลิตมากนัก หรือเพียงลดความสะดวกสบายลงบ้าง

- โหลดที่สามารถจัดช่วงเวลาทำงานไปในเวลาใดก็ได้

ง. การควบคุมกำลังไฟฟ้าสูงสุดอาจกระทำได้โดยการติดตั้งชุดควบคุมความต้องการไฟฟ้าอัตโนมัติ (demand controller) ชุดควบคุมนี้จะรับสัญญาณพัลซ์ในแต่ละคาบ (period) ของความต้องการไฟฟ้าและทำการคาดคะเนการใช้กำลังไฟฟ้าในเวลาหลังจากนั้น ในขณะเดียวกันจะทำการคำนวณและเปรียบเทียบกับค่าที่ตั้งไว้ ค่าที่ได้จากการคำนวณนี้จะถูกแสดงในรูปสัญญาณดิจิตอลที่เครื่องแสดงต่างๆ และจะถูกบันทึกโดย printer ด้วย เมื่อค่ากำลังไฟฟ้าที่คาดคะเนมีแนวโน้มสูงกว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่ตั้งไว้ ก็ส่งสัญญาณเตือนและทำการควบคุมโดยตัดโหลดที่โปรแกรมไว้ก่อนออกไป

ก่อนที่จะตัดสินใจว่าจะติดตั้งชุดควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด ควรต้องทราบโหลดแฟคเตอร์ และคาดคะเนผลได้ผลเสียทางเศรษฐกิจประกอบ

2. **การปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์** เราทราบว่าส่วนหนึ่งของกระแสไฟฟ้าสลับจะถูกใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กในมอเตอร์ หม้อแปลงและอุปกรณ์ที่มีการเหนี่ยวนำอื่นๆ กระแสส่วนนี้ไม่มีส่วนทำให้เกิดพลังงานกลแต่อย่างใด กำลังไฟฟ้าที่เกิดจากกระแสส่วนนี้เรียกว่า "กำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ" (reactive power) ซึ่งแตกต่างจากกำลังไฟฟ้าใช้งานจริง (active power หรือ power) และผลบวกทางเวคเตอร์ของกำลังไฟฟ้าทั้งสองเราเรียกว่า "กำลังไฟฟ้าปรากฏ" (apparent power) ซึ่งเป็นผลคูณของของกระแสสุทธิที่วัดโดยมาตรวัดกระแสสลับกับแรงดันของแหล่งจ่าย เรากำหนดนิยามของเพาเวอร์แฟคเตอร์ (power factor) ในเทอมกำลังไฟฟ้าที่กล่าวถึงข้างต้นตามสมการ

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

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ที่มีค่าต่ำ แสดงว่ามีกระแสไหลในสายป้อนผ่านมาตรวัดสูงกว่ากระแสที่ใช้งานจริง ทำให้การสูญเสีย $|I|^2 R$ ในระบบสูงขึ้น ประสิทธิภาพการส่งพลังงานต่ำลง ตลอดจน voltage regulation ไม่ดีด้วย การปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ให้มีค่าสูงขึ้น มีผลดีหลายประการซึ่งอาจกล่าวสรุปเป็นข้อๆ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ทำให้องค์ประกอบของกระแสสลับในส่วนของ logging current มีขนาดลดลง

2. แรงดันที่จุดจ่ายไฟมีค่าสูงขึ้น

3. voltage regulation ของระบบจะดีขึ้น ถ้ามีการติดตั้งตัวเก็บประจุและมีการควบคุมการตัดต่อตัวเก็บประจุที่ถูกต้อง

4. ลดค่ากำลังสูญเสียหรือ $|I|^2 R$

5. ลดค่าความต้องการของกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ $|I|^2 X$

6. เพาเวอร์แฟคเตอร์ของแหล่งจ่ายไฟที่ต้นทางดีขึ้นด้วย

7. ลดค่า KVA โหลดที่มีต่อหม้อแปลงหรือเครื่องกำเนิด หรือส่วนของวงจรทำให้ระบบไฟสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น

8. KVA ที่ลดลงที่มีต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้มีกำลังผลิตสำหรับการจ่ายไฟให้กับลูกค้าจำนวนมากขึ้น

9. ผู้ใช้ไฟเสียค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดน้อยลง

10. ต้นทุนของอุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องจักรต่อหน่วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานมีค่าต่ำลง

ข้อดีดังกล่าวข้างต้นอาจจะสรุปประเด็นสำคัญที่จะจูงใจให้เจ้าของสถานประกอบการธุรกิจและอุตสาหกรรมให้ลงทุนติดตั้งตัวเก็บประจุเพื่อปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ อาจสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ในบางกรณีที่สถานประกอบการนั้นมีการขยายกำลังการผลิต การปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์อาจมีผลทำให้สามารถนำโหลดมาติดตั้งโดยไม่ต้องลงทุนติดตั้งหม้อแปลง อุปกรณ์รับและจ่ายไฟ (switch gear) ฯลฯ เพิ่มเติม ความคุ้มค่านั้นจะเห็นได้ชัด เพราะว่าอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาแพงกว่าราคาของชุดของตัวเก็บประจุนับหลายสิบเท่า

2. ถ้าบ่งเอิญสภาพการใช้งานของระบบไฟฟ้าในสถานประกอบการนี้กำลังอยู่ในภาวะ overload ปัญหานี้จะหมดไปหรือเบาบางลงเมื่อมีการติดตั้งชุดของตัวเก็บประจุเพื่อปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์

3. ความสูญเสียในความต้านทานของส่วนต่างๆ ในระบบไฟฟ้ามีค่าลดลง

4. ค่าไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด ค่าพลังงาน และค่าความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอคตีฟสูงสุดก็มีค่าลดลงด้วย

5. ราคาต้นทุนของระบบไฟฟ้า/ค่าเควีเอของอุปกรณ์ที่ติดตั้งทั้งหมดมีค่าลดลง

3. DUTY CYCLE

Duty Cycle เป็นหลักการประหยัดพลังงานวิธีหนึ่ง ทั้งนี้วิธีการทำ Energy Management โดยวิธี Duty Cycle นั้นมาจากการคำนึงข้อเท็จจริงที่ว่า โดยทั่วไปการออกแบบหรือเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ขนาดของเครื่องปรับอากาศ ขนาดของปั๊มน้ำ เป็นต้น เรามักออกแบบไว้ใหญ่กว่าขนาดที่จำเป็นเสมอ ทั้งนี้เพราะการหาขนาดที่แน่นอนของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์กับความต้องการที่แท้จริงนั้นทำได้ยากและเป็นการเสี่ยงเกินไป จึงจำเป็นต้องออกแบบเผื่อเอาไว้ในทางมากไว้ก่อน เราจึงควรหาทางลดการสูญเสียพลังงานอันเกิดจากความมากเกินไปกว่าความต้องการลงโดยการปิดโหลดเป็นช่วงเวลาสั้นๆ ตลอดช่วงการทำงาน โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหาย ทั้งในส่วนความเสียหายของอุปกรณ์และการใช้งาน ซึ่งวิธีการเช่นนี้เรียกว่า "Duty Cycle"

3.1 หลักการควบคุมด้วย Duty Cycle

การควบคุมโหลดแบบ Duty Cycle นั้นหมายถึงการปิดหรือหยุดการทำงานของโหลดเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ ตลอดระยะเวลาการทำงานของโหลด เช่น ปิดทุก ๆ 5 นาที ใน 1 ชั่วโมงการทำงาน ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงว่าจะต้องไม่ให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานหรือผลงานรวมทั้งอุปกรณ์ด้วย หรือถ้ามีผลกระทบต่องานหรือผลงานก็ให้กระทบให้น้อยที่สุด พิจารณารูปที่ 5 ซึ่งแสดงการควบคุมโหลดด้วย Duty Cycle และไม่มีการควบคุมด้วย Duty Cycle ประกอบ

การควบคุมโหลดแบบ Duty Cycle มีคำนิยามเกี่ยวกับช่วงเวลาต่างๆ ที่ใช้ที่ควรรู้ดังนี้

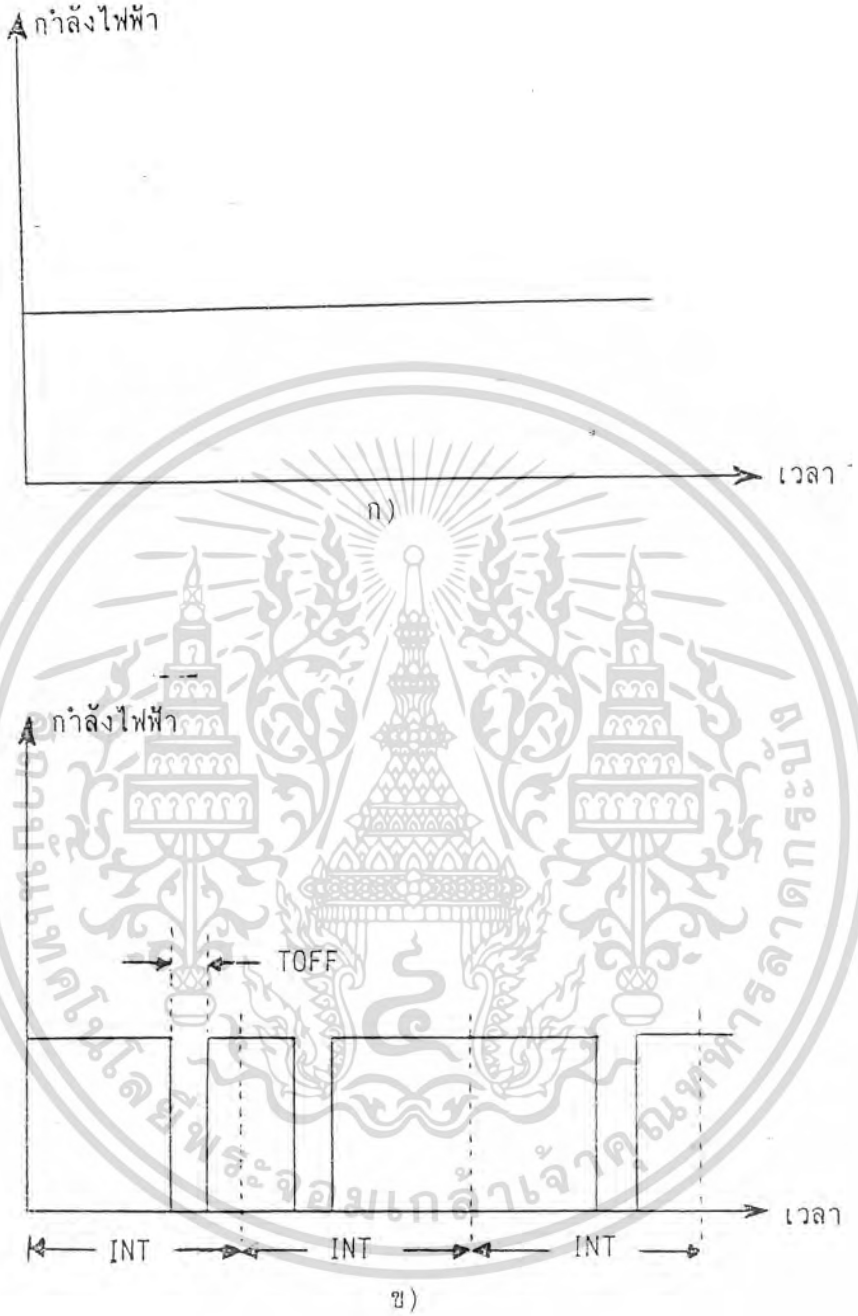
- ช่วงเวลาปิดต่ำสุด (Minimum Off Time ; MIFT) : ช่วงเวลาต่ำสุดที่ปิดโหลดโดยที่อุปกรณ์หรือโหลดสามารถทำงานได้โดยไม่ทำให้โหลดเสียหายหรือมีอายุการใช้งานน้อยลง เช่น เครื่องปรับอากาศโดยทั่วไปเมื่อปิดแล้วต้องรออย่างต่ำประมาณ 3-5 นาที ก่อนจะเปิดให้เครื่องทำงานได้อีกครั้ง เพราะถ้าหากไม่มีช่วงเวลาปิดต่ำสุดสำหรับเครื่องปรับอากาศแล้ว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

- ช่วงเวลาปิดสูงสุด (Maximum Off Time ; MAFT) : ช่วงเวลาการปิดโหลดที่สูงสุดเมื่อเปิดโหลดแล้วไม่ทำให้ผลที่เกิดจากการทำงานของโหลดผิดเป้าหมาย เช่น ในกรณีโหลดในเครื่องปรับอากาศ Maximum Off Time ก็คือช่วงเวลาที่สามารถปิดเครื่องได้นานที่สุดโดยที่ยังไม่ทำให้เกิดความสูญเสียความสบาย (comfort)

- ช่วงเวลาการเปิดต่ำสุด (Maximum On Time ; MINT) : ช่วงเวลาอย่างน้อยที่สุดที่ต้องเปิดโหลดก่อนจะปิดโหลดนั้น การกำหนด Minimum On Time นี้ก็เพื่อป้องกันการปิดโหลดที่เร็วเกินไป ซึ่งจะทำให้โหลดนั้นมีอายุการใช้งานสั้นลง เช่น กรณีโหลดคือมอเตอร์ มอเตอร์ควรจะมีการเดินเครื่องด้วยระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะหยุด ทั้งนี้เพราะตอนเริ่มเดินเครื่องมอเตอร์จะดึงกระแสเริ่มแรกสูงทำให้เกิดความร้อนสะสมในขดลวดมาก ดังนั้นเราควรเดินเครื่องสักระยะหนึ่งเพื่อให้มีการระบายความร้อนออกก่อนที่จะหยุดเครื่อง

- ช่วงเวลาปิด (Off Time ; TOFF) : ช่วงเวลาที่ปิดโหลดในแต่ละช่วงการทำงาน (interval) ซึ่ง ช่วงเวลาปิดนั้นแบ่งได้สองอย่างขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ในการควบคุมคือ 1) ช่วงเวลาปิดคงที่ (Fixed Off Time) และ 2) ช่วงเวลาปิดที่แปรเปลี่ยนได้ (Variable Off Time)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 แสดงการทำงานของโหลด

ก) แบบไม่มี Duty Cycle

ข) แบบมี Duty Cycle

- ช่วงเวลาปิดคงที่ (Fixed Off Time) ช่วงเวลาปิดโหลดที่มีค่าคงที่ในแต่ละช่วงการทำงาน โดยการเลือกค่าช่วงเวลาปิดคงที่นั้นใช้การเลือกแบบ random โดยดูจากสถานภาพการทำงานของโหลด และเปลี่ยนค่านี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ค่าที่คงที่สำหรับโหลดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ช่วงเวลาปิดที่แปรเปลี่ยนได้ (Variable Off Time) ช่วงเวลาปิดโหลดที่เปลี่ยนค่าไปเรื่อยๆ ตามสภาพการทำงานของโหลด และการเปลี่ยนค่าดังกล่าวเครื่องควบคุมจะเปลี่ยนให้เองอัตโนมัติตลอดเวลา โดยเอาผลจากการทำงานของโหลดในแต่ละเวลามาปรับค่า เช่น เครื่องปรับอากาศ ช่วงเวลาที่แปรเปลี่ยนได้ได้มาจากการคำนวณที่ให้ช่วงอุณหภูมิที่สบาย โดยอุณหภูมิของอากาศภายนอกห้องเป็นตัวแปร

- ช่วงเวลาการทำงาน (Interval ; INT) : ช่วงระยะเวลาการทำงานของโหลดที่จะมีการปิดโหลดหนึ่งครั้ง การเลือกช่วงเวลาการทำงานนี้ผู้ใช้เครื่องควบคุมต้องเป็นผู้เลือกให้เหมาะสม โดยโหลดที่สำคัญจะมีการปิดเปิดบ่อยครั้งกว่าโหลดที่สำคัญรองลงมา และ Off Time ควรสั้น เมื่อเปรียบเทียบกับ Interval

จากการที่รู้ว่า Off Time มีสองแบบนั้น ก็ทำให้รู้ว่า Duty Cycle มีลักษณะสองลักษณะคือ

1. Duty Cycle แบบมีช่วงเวลาปิดคงที่
2. Duty Cycle แบบมีช่วงเวลาปิดที่แปรเปลี่ยนได้

3.2 Duty Cycle แบบมีช่วงเวลาปิดคงที่

โดยทั่วๆ ไป เครื่องควบคุมการทำงานของโหลดที่มีการควบคุมโหลดด้วย Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดคงที่นั้นมีสองอย่างคือ แบบที่ไม่มีการวัดอุณหภูมิและแบบที่มีการวัดอุณหภูมิเพื่อนำไปเปลี่ยนค่าช่วงเวลาปิดที่คงที่

Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดคงที่อย่างไม่มีการวัดอุณหภูมินี้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดเวลาปิดที่คงที่และช่วงเวลาการทำงาน โดยที่ช่วงเวลาปิดที่คงที่นี้จะอยู่ในส่วนใดของช่วงเวลาการทำงานก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบการจัด โดยทั่วๆ ไปจะพยายามกระจายให้โหลดมีช่วงเวลาปิดไม่พร้อมกัน Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดคงที่อย่างไม่มีการวัดอุณหภูมินี้อาจทำให้เกิดการไม่สบาย (Non-Comfort) ขึ้นได้ เพราะการกำหนดช่วงเวลาปิดให้เหมาะสมนั้นต้องขึ้นอยู่กับแฟคเตอร์หลายอย่าง เช่น อุณหภูมิภายในห้อง อุณหภูมิภายนอกห้อง จำนวนคนภายในห้อง เป็นต้น

Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดคงที่อย่างที่มีการวัดอุณหภูมิ มีการทำงานโดยอาศัยการเปรียบเทียบอุณหภูมิจากค่าอุณหภูมิสบายภายในห้องที่ตั้งไว้กับอุณหภูมิที่รับมาจาก Temperature Sensor ว่าควรมีการปลดหรือ Cycle โหลดหรือไม่ เช่นถ้าหากอุณหภูมิภายในห้องเป็นค่าที่ไม่สบายในช่วงการทำงาน (Interval) ถัดไปก็จะไม่มีการปลดโหลด เป็นต้น

Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดคงที่อย่างมีการวัดอุณหภูมินั้นดีกว่าแบบไม่มีการวัดอุณหภูมิทั้งนี้เพราะมีการตรวจสอบตลอดเวลาว่าอุณหภูมิภายในห้องอยู่ในช่วงสบายหรือไม่ แต่อย่างไรก็ตาม การทำ Load Management โดยวิธี Duty Cycle แบบนี้ก็ยังใช้ช่วงเวลาปิดคงที่อยู่ จึงมีข้อเสียอยู่ว่ายังไม่ประหยัดพลังงานเท่าที่ควร เช่น หากในช่วงเวลาทำงานที่มีการทำ Cycle คือมีการปลดโหลดให้ได้ช่วงเวลาปิดที่กำหนดไว้ ระหว่างที่ปลดโหลดออก Sensor อาจรายงานว่าอุณหภูมิห้องไม่สบายแล้ว แม้จะไม่มากแต่ก็ส่งผลให้ไม่มีการ Cycle โหลดในช่วงเวลาการทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานถัดไปและช่วงเวลาการทำงานนี้อาจเย็นเกินความจำเป็นทำให้ไม่ประหยัดพลังงานเท่าที่ควร ซ้ำถ้าหากเป็น การทำ Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดแปรเปลี่ยนได้นั้นก็จะมีการจัดให้มีช่วงเวลาปิดสั้นลงอีกเล็กน้อย แทนที่จะไม่มีการ Cycle

3.3 Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดแปรเปลี่ยนได้

การควบคุมโหลดด้วยวิธี Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดแปรเปลี่ยนได้นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงช่วงเวลาปิดตามอุณหภูมิภายในห้องซึ่งรับมาจาก Temperature Sensor ว่ายังอยู่ในช่วงอุณหภูมิสบายที่ตั้งไว้ (Comfort Temperature Range) หรือไม่ ถ้าหากอุณหภูมิภายในห้องที่วัดได้อยู่ในช่วงสบายแต่ค่อนไปทางอุณหภูมิสูงช่วงเวลาปิดก็จะมีค่าน้อย แต่ถ้าอุณหภูมิภายในห้องที่วัดได้มีค่าค่อนไปทางอุณหภูมิต่ำ ช่วงเวลาปิดก็จะมาก

วิธีการนี้ดีกว่าการทำ Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดคงที่ เพราะมีการปรับช่วงเวลาการปิดตลอดเวลาเพื่อรักษาอุณหภูมิให้สบาย โดยการทำ Duty Cycle แบบช่วงเวลาปิดแปรเปลี่ยนได้นี้มี factors สำคัญ ๆ คือ Minimum Off Time , Maximum Off Time , Comfort Temperature Range และ Minimum On time

การคำนวณหาช่วงเวลาปิดที่แปรเปลี่ยนได้นั้นสามารถหาได้โดยดังนี้ (พิจารณารูปที่ 6 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

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

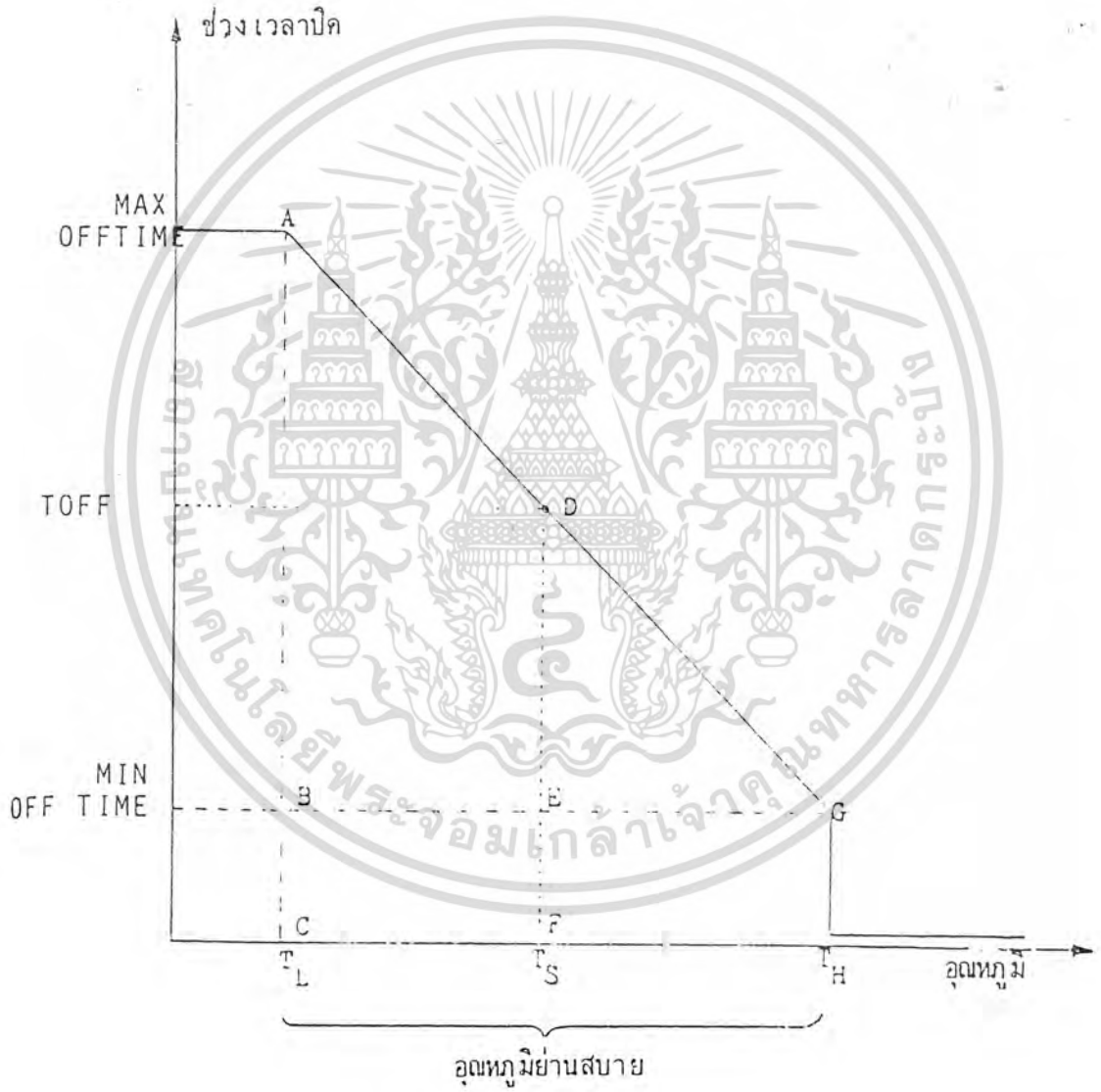
โดยที่ TOFF เป็นช่วงเวลาปิดที่เกิดขึ้นในหนึ่ง Interval โดย TOFF(max),TOFF (min),TL,TH,Interval ผู้ใช้จะเป็นกำหนดว่าควรเป็นเท่าใด

3.4 การกระจายให้โหลดปิดที่เวลาต่างกัน

ในการควบคุมโหลดด้วย Duty Cycle นั้น เราจะให้โหลดแต่ละตัวปิดเพียง 1 ครั้งใน 1 ช่วงเวลาการทำงาน(Interval) โดยช่วงเวลาที่ปิดโหลดจะเท่ากับที่คำนวณได้จากสมการสุดท้ายนั้น ในการทำ Duty Cycle นี้ต้องมีวิธีการจัดให้โหลดที่ปิดในแต่ละช่วงเวลาการทำงานเกิดขึ้นที่เวลาต่างๆ กันด้วยเพื่อว่าโหลดทั้งหมดจะได้ไม่เปิดทำงานพร้อมกันในเวลาเดียวกันอันจะทำให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้รวมสูง ซึ่งในรูปที่ 7 จะแสดงให้เห็นถึงโหลด 3 โหลดที่มีขนาดเท่ากันและ

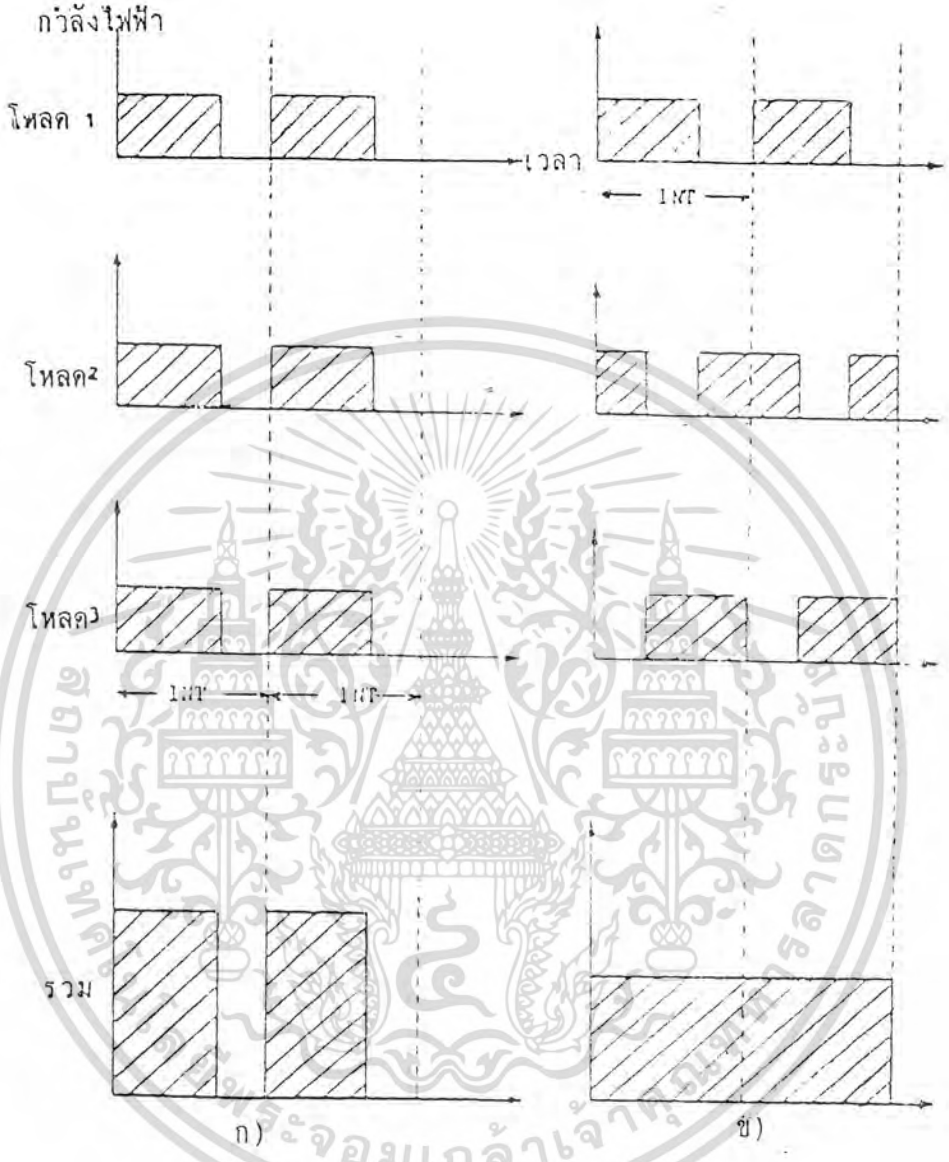
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาปิดเปิดเท่ากันที่ถูกควบคุมด้วย Duty Cycle โดยรูปที่ 7 ก) มีการทำ Duty Cycle แต่ไม่มีวิธีการกระจายโหลดให้ปิดต่างเวลากันทำให้มีการใช้กำลังไฟฟ้ารวมสูงกว่าแบบมีการกระจายโหลดให้ปิดที่เวลาต่างกันดังรูปที่ 7 ข)



รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิห้องและช่วงเวลาปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7 การควบคุมโหลดด้วย Duty Cycle

ก) โหลดปิดที่เวลาเดียวกัน

ข) โหลดปิดที่เวลาต่างกัน

3.5 ตัวอย่างการควบคุมด้วย Duty Cycle

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาการควบคุมโหลดด้วยวิธี Duty Cycle ประกอบด้วยโหลดทั้งหมด 19 โหลด ดังแสดงในตาราง (ตารางนี้จะใช้เป็นตารางตัวอย่างของโหลดที่จะใช้ศึกษาทั้ง Duty Cycle , Maximum Demand Limitting Control , Time Programming)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการควบคุมโหลดด้วยวิธี Duty Cycle ของตารางนี้จะกำหนดให้อุณหภูมิย่านสบายต่ำสุดและสูงสุดคือ 74 และ 77 องศาฟาเรนไฮท์ ตามลำดับ และในช่วงที่หมดช่วงเวลาการทำงาน (Interval) ของโหลดแต่ละตัวที่เป็นเครื่องปรับอากาศก็จะมีการป้อนอินพุทอุณหภูมิของห้องที่เครื่องปรับอากาศนั้นทำงานอยู่ตลอดเวลา ผลจากการควบคุมโหลดด้วย Duty Cycle ได้แสดงด้วยกราฟของโหลดต่อวันดังรูปที่ 8 ซึ่งเส้นสีดำแสดงกราฟของโหลดหลังจากการควบคุมด้วย Duty Cycle (ส่วนเส้นประนั้นแสดงกราฟของโหลดจากการควบคุมด้วย Time Programming) จากกราฟจะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดมีขนาด 100 กิโลวัตต์ ที่เวลา 10.58 น. กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดมีค่า 73 กิโลวัตต์เทียงกับกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดที่ไม่ได้ทำ Duty Cycle 115 กิโลวัตต์ จะเห็นว่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดลดไป 42 กิโลวัตต์ พลังงานไฟฟ้าต่อวันที่ใช้งานก่อนทำ Duty Cycle มีค่า 860 กิโลวัตต์-ชม. และหลังจากการทำ Duty Cycle ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 278.35 กิโลวัตต์-ชม.

จาก Case Study ของตัวอย่างนี้ จะเห็นว่าการควบคุมด้วย Duty Cycle สามารถประหยัดกำลังไฟฟ้าได้ 36.5% และประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 32% การประหยัดกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีDuty Cycle นั้น จะประหยัดได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับโหลดที่จะถูกควบคุมว่ามีขนาดใหญ่เกินกว่าความจำเป็นมากน้อยเพียงใด ถ้าหากโหลดในระบบมีขนาดใหญ่เกินกว่าความจำเป็นมาก ก็สามารถประหยัดกำลังไฟฟ้าและพลังงานได้มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NO LOAD	DESCRIPTION	KW	DEMAND MODE	DUTY MODE	MAFT	MIFT	MINT	MAST	INT	TIME PROGRAM (ON PERIODS)
1	PUMP # 1	5	1	0	-	-	5	35	-	6-10.00,12.00-13.00,16.00-20.00
2	PUMP # 2	10	2	0	-	-	5	-	-	6.00-10.00,12.00-13.00,16.00-20.00
3	MOTOR # 1	4	-	0	-	-	-	-	-	22.00-02.00
4	MOTOR # 2	5	-	0	-	-	-	-	-	22.00-02.00
5	MOTOR # 3	5	-	0	-	-	-	-	-	22.00-02.00
6	LIGHTING	2	-	-	-	-	-	-	-	18.00-05.30
7	AIR CONDITION # 1	10	1	1	12	5	3	12	20	7.00-9.00, 11.00-13.00
8	MOTOR # 4	4	-	-	-	-	-	-	-	5.30-7.00
9	AIR CONDITION # 2	5	1	1	7	3	3	20	10	11.00-13.00
10	AIR CONDITION # 3	15	2	1	10	4	3	10	15	8.00-11.30, 13.00-16.00
11	MOTOR # 4	5	1	0	-	-	3	35	-	8.00-11.30, 13.00-16.00
12	AIR CONDITION # 4	20	3	1	12	5	5	12	20	8.00-12.00, 13.00-16.00
13	AIR CONDITION # 5	10	2	1	10	4	3	10	15	9.00-12.00, 13.00-16.00
14	AIR CONDITION # 6	10	2	1	10	4	3	10	15	10.00-12.00,13.00-16.00
15	MOTOR # 5	5	1	0	-	-	3	35	-	10.00-12.00,13.00-16.00
16	AIR CONDITION # 7	15	2	1	12	5	5	15	20	10.00-14.00
17	MOTOR # 6	5	1	0	-	-	-	35	-	10.00-14.00
18	AIR CONDITION # 8	10	2	1	8	3	3	8	10	9.00-12.00, 13.00-16.00
19	LIFT	5	-	0	-	-	-	-	-	8.00-17.00

MIFT = Minimum Off Time

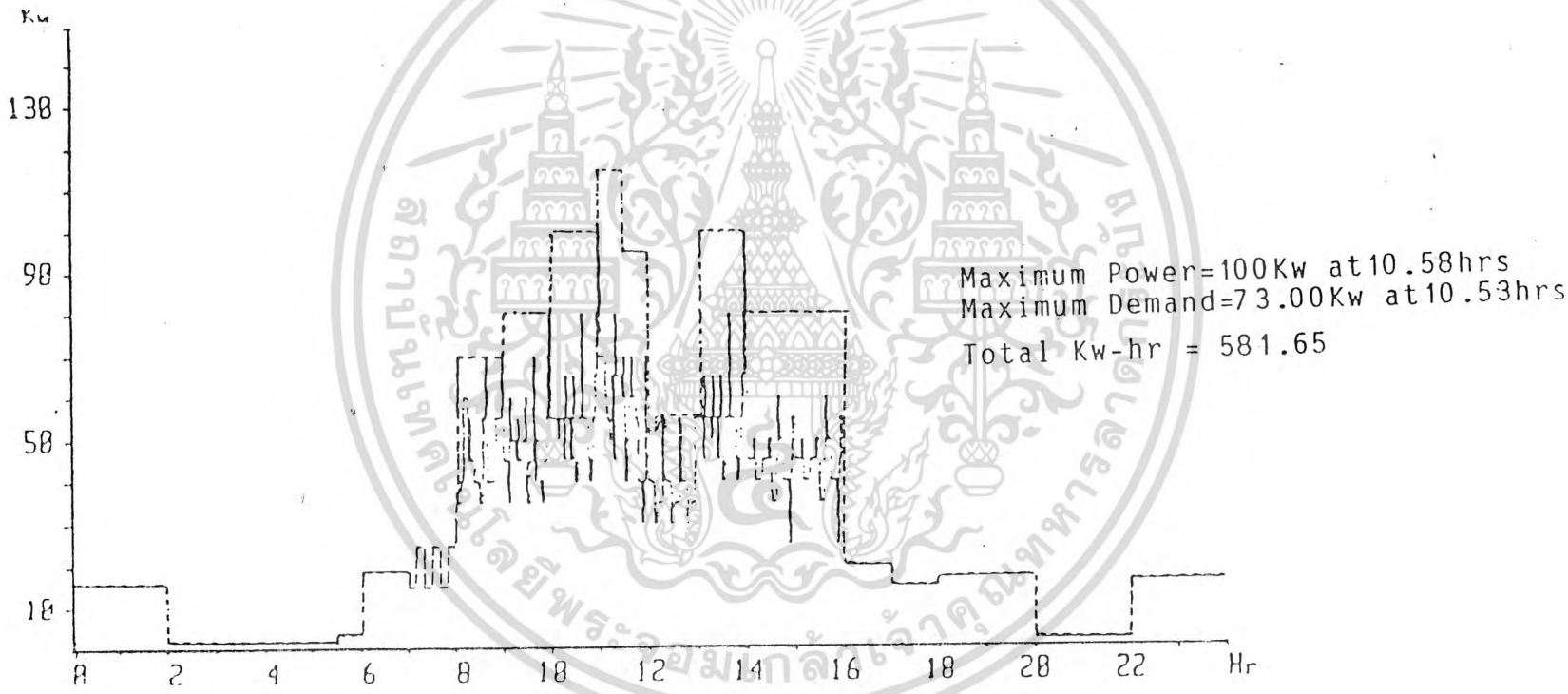
MAFT = Maximum Off Time

MINT = Minimum On Time

MAST = Maximum Shed Time

INT = Interval

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลโหลดที่ใช้ศึกษาการควบคุมการประหยัดพลังงาน



รูปที่ 8 แสดงกราฟของโหลดต่อวันเมื่อควบคุมด้วย Duty Cycle เทียบกับการควบคุมโหลดด้วยวิธี Time Programming (เส้นประ)

บทที่ 6
ขั้นตอนในการบริหารพลังงาน

การบริหารพลังงานในบริษัทอุตสาหกรรม หมายถึง การจัดการให้มีแหล่งพลังงานทุกชนิดเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการผลิตได้อย่างต่อเนื่องโดยเสียค่าใช้จ่ายรวมของระบบต่ำสุด(ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ค่าใช้จ่ายดำเนินการของคน เครื่องมือ อุปกรณ์ วัสดุและค่าโสหุ้ยด้านพลังงาน)ทั้งนี้ด้วยการจัดตั้งโปรแกรมการใช้พลังงานสำหรับการผลิตและสนับสนุนการผลิตตามกำหนดเวลาต่าง ๆ ในแต่ละคาบเวลา(ENERGY UTILIZATION SCHEDULES)พร้อมข้อกำหนดหรือรายละเอียดซึ่งเน้นถึงกรรมวิธีและการตรวจสอบเพื่อดูผลว่า สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้จริงหรือไม่ แล้วจัดตั้งเป็นมาตรฐานการใช้พลังงานของบริษัทต่อไป รวมถึงการปรับปรุงมาตรฐานนั้น ๆ ตามวาระเพื่อให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีด้านการผลิตและพลังงานซึ่งก้าวหน้าอยู่เสมอ

การบริหารพลังงานจำเป็นต้องกระทำโดยคณะทำงานซึ่งประกอบด้วยกลุ่มวิศวกรและผู้ช่วยจำนวนหนึ่งจากสาขาวิศวกรรมต่าง ๆ ที่แต่งตั้งโดยฝ่ายบริหาร โดยที่วิศวกรอื่น ๆ และช่างเทคนิคทุกคนที่เหลืออยู่เป็นผู้ให้ข้อมูลและความช่วยเหลือสนับสนุน ทั้งนี้ฝ่ายบริหารต้องตระหนักถึงความจำเป็นในการลงทุนสำหรับการนี้ด้วย เพื่อให้ได้ข้อมูลหรือการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงที่จะทำให้การบริหารพลังงานมีผลสำเร็จด้วยดี

ลำดับต่อไปนี้คือขั้นตอนที่จำเป็นในการปฏิบัติโครงการบริหารพลังงาน

ขั้นตอนที่ 1 สำรวจเบื้องต้น

คณะทำงานจะแบ่งหน้าที่และประสานงานเกี่ยวกับการสำรวจเบื้องต้นด้านการใช้พลังงานในโรงงานและสำนักงานตลอดจนอาณาบริเวณของสถานที่ตั้งที่มีการผลิต มีการทำรายการเครื่องจักร/อุปกรณ์/เครื่องมือ - เครื่องมือวัด/เครื่องอำนวยความสะดวกแยกประเภทตามสถานที่ตั้ง จัดหาข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการซื้อ/ดูแลรักษาของทุกรายการ วิเคราะห์และพิจารณาเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายรวมด้านพลังงาน(ไฟฟ้า - เชื้อเพลิง - ผสม - อื่นๆ)จัดหาข้อมูลเฉพาะ/ข้อมูลเทคนิคของแต่ละรายการและจัดทำแฟ้มข้อมูลเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 2 วางผังตำแหน่งที่ตั้ง (โรงงาน - สำนักงาน - บริเวณ)

จากการสำรวจเบื้องต้นทำให้สามารถจัดทำแผนผังของเครื่องจักร/อุปกรณ์/เครื่องมือ -

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือวัด/เครื่องอำนวยความสะดวก/ฯลฯ (ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกรวมว่า "อุปกรณ์")ผังตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์จะจำแนกแต่ละสถานที่ ในแต่ละสถานที่จะมีผังรวมของทุกอุปกรณ์ และผังย่อยของอุปกรณ์ตามสายการผลิต (จำแนกตามชนิด/ประเภทของผลิตภัณฑ์) ในผังดังกล่าวจะระบุระหัสเครื่อง ตำแหน่งของเครื่อง ตำแหน่งผู้ปฏิบัติงาน ทิศทางการไหลของงาน (สำหรับสำนักงานของเช่นเดียวกันต้องวางแผนและระบุถึงตำแหน่งของเครื่องปรับอากาศและอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิด และต้องไม่ลืมถึงอุปกรณ์ย่อย ๆ ทุกตัวที่ประกอบระบบด้วย

ขั้นตอนที่ 3 แยกประเภทของพลังงานที่จ่ายให้อุปกรณ์

ในผังรวมและผังย่อยของสายการผลิตและผังอื่น ๆ (สำนักงาน - อาณาบริเวณ) จะเห็นอุปกรณ์ต่าง ๆ ใช้ประเภทพลังงานต่าง ๆ กัน อาทิเช่น ไฟฟ้าหรือเชื้อเพลิง หรือพลังงานผสม (อาทิ ไฟฟ้า + เชื้อเพลิง) ในบางโรงงานอาจใช้พลังงานธรรมชาติ (ลม - แสงอาทิตย์ - ความร้อนใต้ดิน) หรือมีเครื่องกำเนิดพลังงานของตนเอง (ดีเซล - ไฟฟ้าหรือกาซเทอร์ไบน์ - หรือ ฯลฯ) เมื่อคณะทำงานศึกษาจากข้อมูลเฉพาะของอุปกรณ์ระบบแล้วจะสามารถแยกเครื่องหมายหรือทำระหัสระบุประเภทของพลังงานที่ใช้ในทุกอุปกรณ์ที่อยู่ ในผังตำแหน่งที่ตั้งเหล่านั้น ข้อควรระวังคือต้องระบุอย่างครบถ้วน (โดยเฉพาะรายการที่ใช้พลังงานผสม) ในกรณีที่อุปกรณ์ที่ตั้งเป็นแบบประหยัดพลังงานก็ให้ระบุด้วย

ขั้นตอนที่ 4 เขียนแบบวิศวกรรม/รายละเอียดประกอบแบบ (แยกประเภท)

แบบวิศวกรรมที่ต้องจัดทำขึ้นภายหลังจากงานขั้นตอนที่ 1 - 2 - 3 แล้วเสร็จลงได้แก่ ไดอะแกรม วงจร สัญญลักษณ์ทางวิศวกรรม และรายละเอียดประกอบซึ่งสามารถนำมาคำนวณปริมาณ ขนาดและผลลัพท์ทางวิศวกรรมต่าง ๆ โดยแยกประเภทตามลักษณะของแหล่งจ่ายพลังงานซึ่งอาจเป็นไฟฟ้า เชื้อเพลิงแบบต่าง ๆ พลังงานผสมอื่น ๆ (ในกรณีที่เป็นพลังงานผสมให้จัดอยู่ในแบบวิศวกรรมของแหล่งพลังงานที่ใช้ทั้งหมดอาทิเช่น ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงก็เขียนลงในแบบวิศวกรรมไฟฟ้าและเชื้อเพลิงด้วย) จุดประสงค์ที่ต้องทำแบบวิศวกรรมและรายละเอียดประกอบแบบก็เพื่อสามารถนำมาคำนวณและวิเคราะห์สภาวะการใช้พลังงานในขณะที่อุปกรณ์ด้วยภาระต่างกัน (ไม่มีภาระจนถึงเต็มพิกัดภาระ)ในช่วงเวลาต่าง ๆ ข้อมูลที่สำคัญในขั้นตอนที่ 4 นอกจากเป็นรายละเอียดทางวิศวกรรมแล้วจะเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับการบริโภคพลังงานของอุปกรณ์ (ตามข้อกำหนดของผู้ผลิตอุปกรณ์) ในสภาระต่างกัน สิ่งที่ไม่สามารถละเลยได้ในขั้นตอนนี้ก็คือ ระบบการส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ่ายพลังงานและอุปกรณ์ประกอบ อาทิเช่น หากเป็นพลังงานไฟฟ้าต้องระบุ หม้อแปลงไฟฟ้า สายไฟฟ้าในระบบทั้งหมด อุปกรณ์ป้องกัน ตู้ไฟฟ้า ฯลฯ)

ขั้นตอนที่ 5 บันทึกการใช้อุปกรณ์และการบริโภคพลังงาน

จัดหาเครื่องวัดเพื่อบ่งชี้ถึงปริมาณการบริโภคพลังงานรวมของระบบ และการบริโภคพลังงานเฉพาะแห่ง/เฉพาะอุปกรณ์ในระบบ เครื่องมือวัดดังกล่าวในระบบไฟฟ้าและเชื้อเพลิงจำเป็นต้องติดตั้งประจำหรือใช้ตรวจสอบ ณ ตำแหน่งที่ระบุ เป็นครั้งคราวตามดุลยวินิจของวิศวกร (ในสาขาต่าง ๆ ตามประเภทของพลังงาน) มีการบันทึกการบริโภคพลังงานของระบบและอุปกรณ์ในช่วงกำหนด เวลาต่าง ๆ ตามสภาพใช้งานจริงและทำการประเมินเกณฑ์การใช้พลังงานสูงสุด - ต่ำสุด - เฉลี่ยในช่วงเวลาของวัน เดือน ปี เพื่อสร้างสถิติข้อมูลการใช้พลังงานของแต่ละโรงงาน แต่ละสายการผลิต แต่ละอุปกรณ์ รวมทั้งการบันทึกและการประเมินรายจ่ายด้านการซื้อพลังงานของแต่ละประเภท หรือการลงทุนด้านพลังงานแต่ละประเภทตามช่วงเวลาดังกล่าวด้วย

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณการบริโภคพลังงานตามข้อกำหนดในการผลิต/การใช้สำนักงาน

เอกสาร/ข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 ประกอบด้วยข้อมูลต่าง ๆ อาทิเช่น ตารางการผลิต/การใช้สำนักงานในช่วงเวลาหรือคาบเวลาต่าง ๆ ข้อมูลมาตรฐานทางเทคนิคจากผู้ผลิตอุปกรณ์ (อาทิเช่น การใช้งานและการบริโภคพลังงาน สมรรถนะสูงสุดของอุปกรณ์ ข้อกำหนดในเรื่องของขนาดและปริมาณ การบำรุงรักษา และ ฯลฯ) ซึ่งถือเป็นข้อมูลอ้างอิงในการพิจารณาการใช้พลังงานของอุปกรณ์และของระบบตามประเภทพลังงานที่ใช้ ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นพื้นฐานในการคำนวณการบริโภคพลังงานที่ควรจะเป็นตามหลักการของผู้ผลิตและการใช้งานจริงการคำนวณในขั้นตอนนี้จะครอบคลุมถึงขนาดของแหล่งจ่าย ขนาดของระบบการส่ง-จ่ายพลังงาน(อาทิเช่น ขนาดสายไฟฟ้า ท่อส่งเชื้อเพลิง ท่อลม ขนาดของแหล่งจ่ายพลังงานต่างๆอาทิเช่นหม้อแปลงไฟฟ้าปั๊มฯลฯ) ผลการคำนวณในขั้นขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบถึงการใช้พลังงานสูงสุดและค่าโสหุ้ยด้านพลังงานในสภาพใช้งานจริงตามกำหนดเวลา

ขั้นตอนที่ 7 วิเคราะห์การใช้พลังงาน

จุดประสงค์ของการทำงานในขั้นตอนนี้คือ ตรวจสอบว่าการใช้พลังงานแต่ละประเภทในหน่วยงานการผลิตเป็นประการใด เพียงพอหรือไม่ในปัจจุบัน เพียงพอหรือไม่สำหรับแผนการขยายงานในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อนาคตมีพลังงานที่สูญเสียในระบบหรือใดบ้างหรือไม่ อย่างไร ความสูญเสียที่ตีราคาเป็นตัวเงินและการเสียโอกาสเป็นจำนวนเท่าใด สภาพของโปรแกรมการผลิต/ใช้สำนักงานทำให้เกิดรายจ่ายที่ไม่สมควรหรือเกินกว่าที่ควรเป็นหรือไม่ เป็นมูลค่าเท่าใด (ต่อคาบเวลาของการใช้อุปกรณ์)

อย่างไรก็ตาม วิศวกรหรือคณะทำงานจะสามารถตอบคำถามขั้นต้นได้หากมิได้ทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 และขั้นตอนที่ 6 ผนวกกับความรู้เกี่ยวกับวิศวกรรมพลังงานในสาขาวิศวกรรมต่าง ๆ รวมถึงภายนอกที่มีผลกระทบในการบริโภคพลังงาน (อาทิเช่น นโยบายด้านพลังงานของรัฐบาล กฎระเบียบการเก็บค่ากระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้า/สถานการณ์พลังงานของโลก และแนวโน้มในประเทศ และ ๆลๆ)

การวิเคราห์พลังงาน ทำให้คณะทำงานได้คำตอบในการปรับปรุงสภาวะการใช้พลังงานของหน่วยงานให้มีความพร้อมมากขึ้น และขจัดความสูญเปล่าที่ไม่จำเป็นรวมทั้งมีแนวทางในการใช้พลังงานอย่างประหยัดที่มีประสิทธิภาพวิ่งขึ้นกว่าเดิม

ขั้นตอนที่ 8 กำหนดโปรแกรมเพื่อปรับปรุงด้านพลังงาน

ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงาน และสำนักงานโดยการแยกประเภทพลังงาน (ไฟฟ้า เชื้อเพลิง ผสม ๆลๆ) ทำให้คณะทำงานสามารถตัดสินใจดำเนินการปรับปรุงการใช้พลังงานให้คุ้มค่ายิ่งขึ้น มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ทั้งนี้จากการวิเคราะห์พิจารณาด้วยความรู้ความเข้าใจในข้อมูลภายนอกและภายใน (ศึกษาขั้นตอนที่ 5 - 7) ทำให้คณะทำงานมีทางเลือกในการปรับปรุงเกี่ยวกับพลังงานแต่ละประเภทได้ดังนี้

1. ปรับปรุงการใช้พลังงาน (กำหนดประเภทพลังงาน/กำหนดเวลาการจ่ายพลังงาน/กำหนดวิธีการใช้พลังงานอย่างประหยัด
2. ปรับปรุงระบบที่ใช้พลังงาน (ปรับปรุงข้อกำหนดทางวิศวกรรมและระบบของอุปกรณ์/เลือกระบบ/อุปกรณ์ประหยัดพลังงาน)
3. ปรับปรุงเทคนิคการผลิต (ข้อกำหนดการผลิต วัสดุ - กรรมวิธี - การใช้อุปกรณ์ที่ทำให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพสูงสุด)และในการปรับปรุง สามารถเลือกการปรับปรุงเกินกว่า 1 แบบ พร้อมกันก็ได้ ภายหลังที่ได้เลือกโปรแกรมปรับปรุงด้านพลังงานแล้วคณะทำงานต้องทำรายละเอียดของแต่ละโรงงาน อาทิเช่น
   ก. ออกแบบและ/หรือระบุข้อกำหนดทางวิศวกรรมในการปรับปรุง
   ข. คำนวณค่าใช้จ่าย และประเมินการคุ้มทุนในการลงทุนนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. กำหนดวิธีการและรายละเอียดในการปฏิบัติงานปรับปรุง (วางแผน - จัดหา - ปฏิบัติการ)

ขั้นตอนที่ 9 ดำเนินการปรับปรุงด้านพลังงาน

รายละเอียดในการปรับปรุงด้านพลังงานจะนำเสนอฝ่ายบริหารสำหรับขออนุมัติในหลักการและงบประมาณ (เพื่อให้การจัดหาคล่องตัว) ในการดำเนินการตามขั้นตอนนี้จะต้องมีกำหนดงานและมีผู้รับผิดชอบตามหลักปฏิบัติทั่วไปของงานวิศวกรรม จะมีการกำหนดรายละเอียดเกี่ยวการจัดหา - การปฏิบัติงาน - เอกสารประกอบการทำงาน - มาตรฐานต่าง ๆ ในการควบคุมและตรวจสอบ - โปรแกรมการใช้พลังงาน (ที่ระบุประเภทและกำหนดเวลาของการใช้พลังงาน) และอื่น ๆ ที่จำเป็นในการดำเนินการจะมีการประชุมปรึกษาหารือและแก้ปัญหาตามโอกาสมีการทำรายงานและบันทึกต่าง ๆ เช่นเดียวกับงานวิศวกรรมอื่น ๆ

อย่างไรก็ตาม พึงระลึกเสมอว่าการให้ความรู้ความเข้าใจในเรื่องของการประหยัดพลังงานเพื่อสร้างนิสัยให้แก่บุคคลากรทุกคนในหน่วยงานและการได้รับความร่วมมือร่วมใจจากทุก ๆ คนเป็นพื้นฐานสำคัญยิ่งในการดำเนินการปรับปรุงด้านพลังงานอย่างได้ผล

ขั้นตอนที่ 10 ตรวจสอบการใช้พลังงาน

การตรวจสอบรายจ่ายและโสหุ้ยด้านพลังงานประเภทต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอและการบันทึกปริมาณต่าง ๆ (จากมิเตอร์)เพื่อบ่งบอกถึงการบริโภคพลังงานเปรียบเทียบกับผลผลิตในคาบเวลาต่าง ๆ ประกอบกับรายงานต่าง ๆ ในการดำเนินการทำให้คณะทำงานได้ทราบผลการปรับปรุงด้านพลังงานว่าได้ผลตามเป้าหมายหรือไม่ เพียงใด เห็นได้ว่าการติดตั้งมิเตอร์สำหรับวัดปริมาณต่างๆ ในการบริโภคพลังงานนั้นมีความจำเป็นในการตรวจตราการใช้พลังงานในภาระปกติและการตรวจสอบผลในโปรแกรมปรับปรุงด้านพลังงานอย่างยิ่ง คณะทำงาน เป็นผู้กำหนดจำนวนและตำแหน่งติดตั้งมิเตอร์เหล่านี้ รวมทั้งการของบประมาณในการจัดหาในขณะที่ดำเนินการในขั้นตอนที่ 8 นอกจากนั้นยังต้องคอยดูแลให้การบันทึกผลหรือสภาพของมิเตอร์มีความถูกต้องเที่ยงตรงเสมอด้วย

ในการบริหารพลังงานนั้นจำเป็นต้องจัดทำสถิติต่าง ๆ ในการบริโภคพลังงานตามคาบเวลาควบคู่กับรายจ่ายด้านพลังงานและสถิติผลผลิตรวมในคาบเวลา ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมดูแลให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
CASE STUDY

ในการทำ Project Management นี้ได้ทำในลักษณะ Case Study ของโรงงานอุตสาหกรรม โดยที่เราจะทำการเก็บข้อมูล load ต่าง ๆ ควรมีการออกแบบแผนการใช้อุปกรณ์ ต่าง ๆ อย่างไร ซึ่งในบทนี้จะแสดงให้เห็นถึงลักษณะการทำงานของ load แต่ละชนิดว่าทำงาน ณ ช่วงเวลาใดบ้าง โดยแสดงถึง load curve ของโหลดต่าง ๆ และได้กล่าวถึง Process ของการทำงานของโรงงาน และได้ทำการเปรียบเทียบ load curve ของโรงงานก่อนและหลังการ Management

7.1 โรงงานผลิต Exhaust manifold

โรงงานที่เรากำลังศึกษาอยู่นี้ เป็นโรงงานผลิต Exhaust Manifold สำหรับรถยนต์

7.2 แสดงตาราง load ต่าง ๆ

Equipment	Equipment Description	Power Name Plate Rating (kW)
1	เตา 2 ตัน No 1	1,200
2	เตา 2 ตัน No 2	1,200
3	เตา 5 ตัน	1,200
4	ปั๊มน้ำ 3 ตัว	15
5	ปั๊ม Hydraulic 3 ตัว	6
6	Cran (C1 - C13)	50
7	Shake Out	3.7
8	ปั๊มลม 3 ตัว	75
9	Sand Collector	3.7
10	Conveyer (Cv1 - Cv15)	44
11	Hydraulic Moulding	37
12	Mix Muller No 117	45
13	Mix Muller No 118	30
14	Dust เผนกเตา	75
15	Dust เผนกโรงงาน	15
16	Dust AMF	45
17	Shot Blast AMF	11
18	Motor ชุดตัดน้ำเตา	55

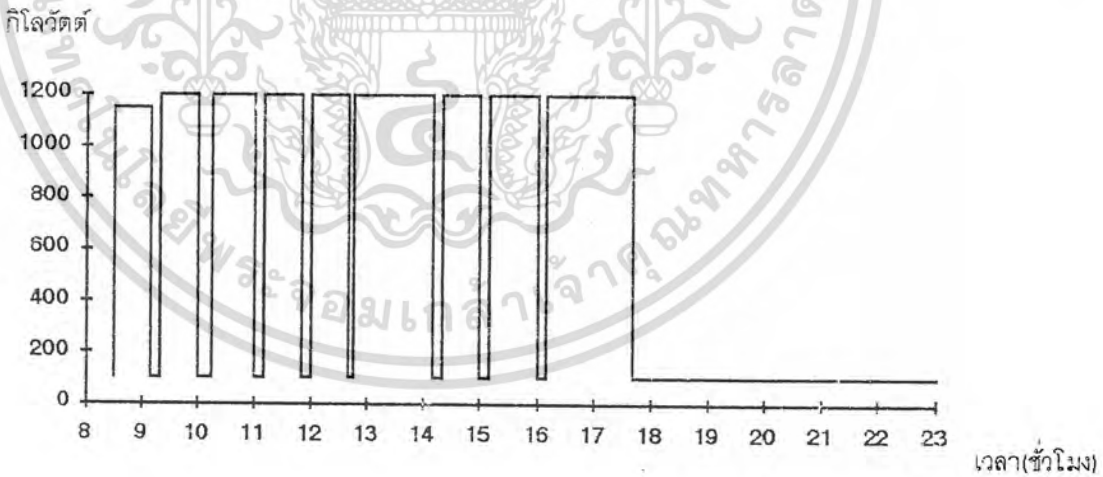
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 ลักษณะการทำงานของ อุปกรณ์ชนิดต่าง ๆและ load curve

7.3.1เตาหลอมเหล็ก

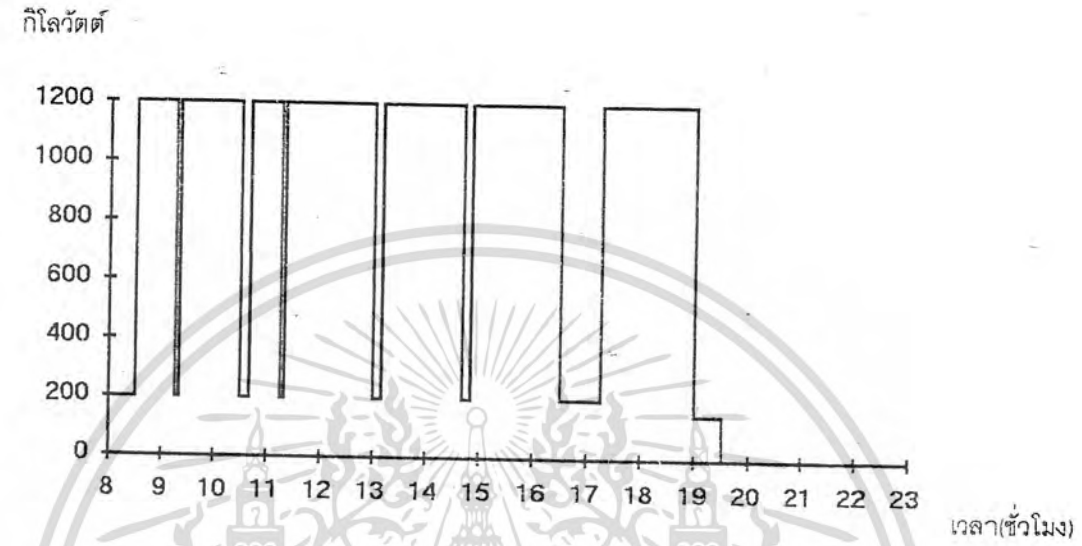
ลักษณะการทำงาน

ในโรงงานที่ประกอบไปด้วย เตาหลอมจำนวน 3 ตัว ซึ่งมีขนาด 2 ตัน จำนวน 2 ตัว และมีขนาด 5 ตัน ซึ่งเตาหลอมขนาด 5 ตัน ใช้เวลาหลอมเหล็กนานกว่า เตาขนาด 2 ตัน จากการไปจดมูลพบว่า ในเตา 5 ตัน ค่า kW ขณะเตากำลังทำงาน อยู่มีค่าประมาณ 1 MW ส่วนในเตาที่กำลังรอแบบหรือกำลังเทน้ำหนักอยู่นั้น ค่า kW จะลดเหลือประมาณ 100 kW เท่านั้น ส่วนในเตา 2 ตัน ค่าของ kW ขณะที่กำลังทำงานอยู่มีค่าประมาณ 1200 kW ส่วนในขณะที่กำลังรอแบบมีค่าประมาณ 100 kW สามารถเขียน Load Curve ดังนี้

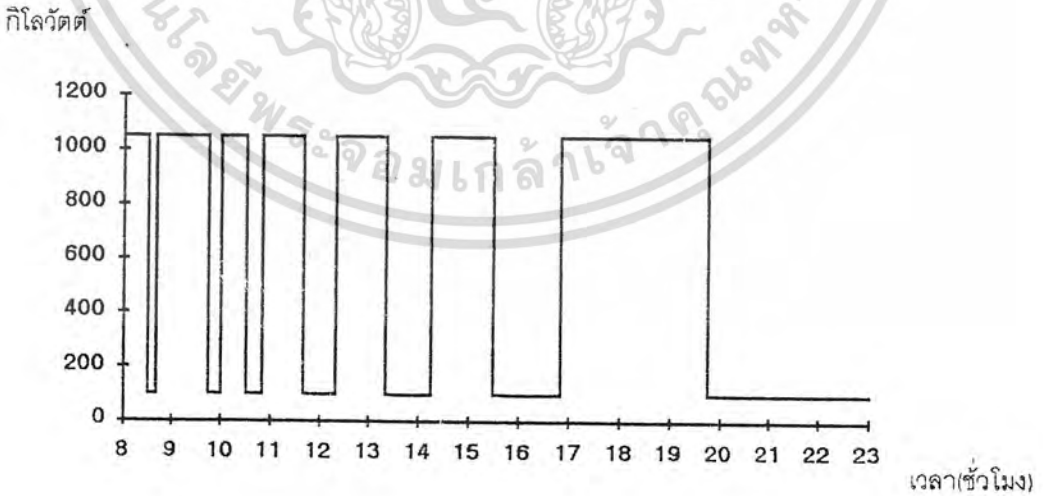


รูปที่ 9 แสดง load curve ของเตา 2 ตัน (2-1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แสดง load curve ของเตา 2 ตัน (2-2)



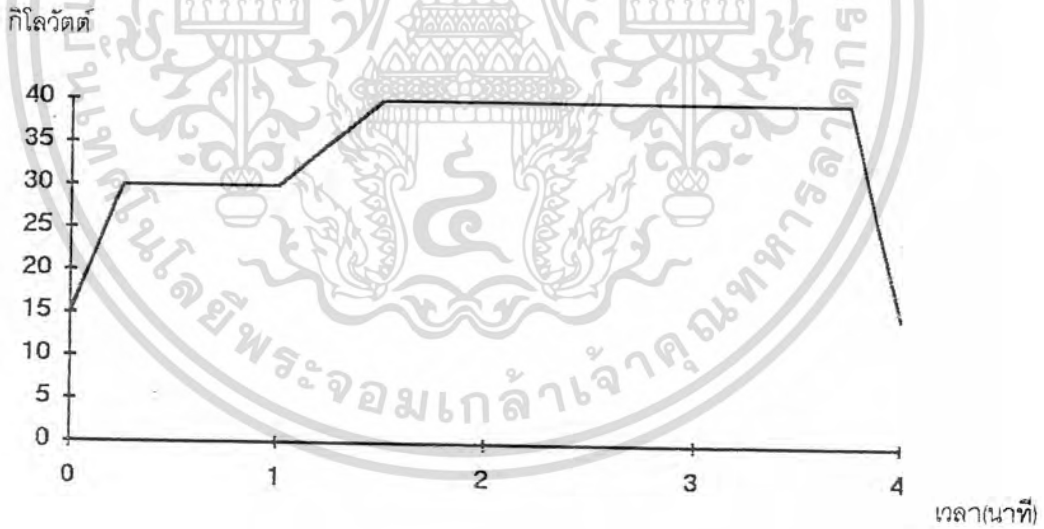
รูปที่ 11 แสดง load curve ของเตา 5 ตัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3.2 Mix Muller(116,117)

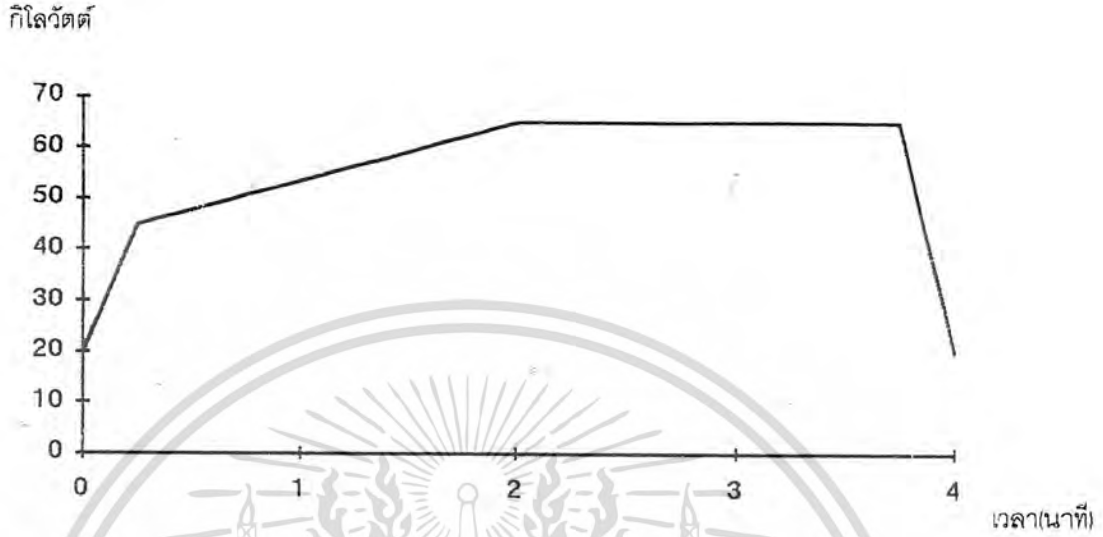
ลักษณะการทำงาน

ก่อนการนำทรายมาขึ้นแบบ ทรายจะถูกลำเลียงจากยุ้งทรายมาเข้าเครื่องผสมทรายเพื่อทำการผสมอัตราส่วนทางเคมีที่ต้องการ และผสมให้เข้ากันใช้เวลาประมาณ 4 นาที โดยที่โรงงานที่เป็น Case Study นี้จะมีเครื่องผสมทราย (Mix Muller) อยู่ 2 ตัว ซึ่งมีพิกัดกำลัง 45 kW และ 30 kW โดยสามารถผสมทราย 1,300 kg และ 900 kg ตามลำดับในเวลาประมาณ 4 นาทีเท่ากัน และมีระยะเวลาในการปล่อยทรายเข้าไปใหม่ในเวลา 30 วินาที มี load curve ดังรูป



รูปที่ 12 แสดง load curve ของ Mix Muller No. 116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 แสดง load curve ของ Mix Muller No. 117

7.3.3 Conveyer

ลักษณะการทำงาน

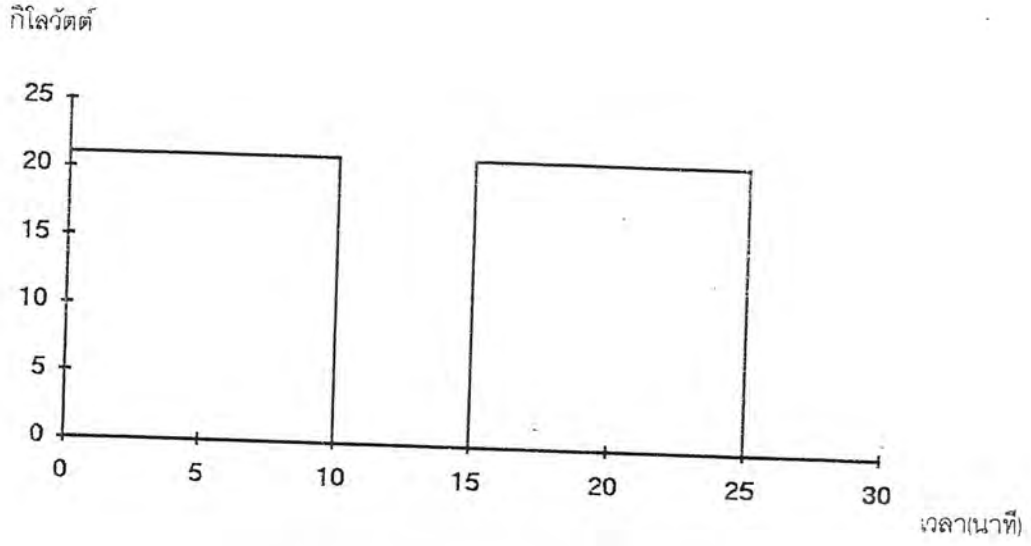
เป็นตัวส่งมอเตอร์ขับสายพานลำเลียงโดย Conveyer แต่ละตัวมีหน้าที่ที่แตกต่างกันออกไป และแต่ละตัวจะมี load ที่ไม่เท่ากัน

7.3.4 Shot Blast

ลักษณะการทำงาน

Shot blast มีกำลังพิกัดประมาณ 21 kwทำหน้าที่เป็นตัวทำความสะอาดชิ้นงาน และขจัดทรายที่ติดกับชิ้นงานออกไป การทำงานของ shotblast จะไม่ทำงานตลอดเวลา ซึ่งเครื่องจะทำงานเฉพาะที่มีชิ้นงานเข้ามา ใช้เวลาประมาณ 10 นาที นับตั้งแต่เริ่มนำชิ้นงานเข้าเครื่อง shot blast จนกระทั่งชิ้นงานถูกทำความสะอาดเรียบร้อยแล้ว ความสามารถในการนำชิ้นงานเข้าไปต่อ 1 ครั้ง ประมาณ 30 ชิ้น ซึ่งมีลักษณะการทำงานดังรูปต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

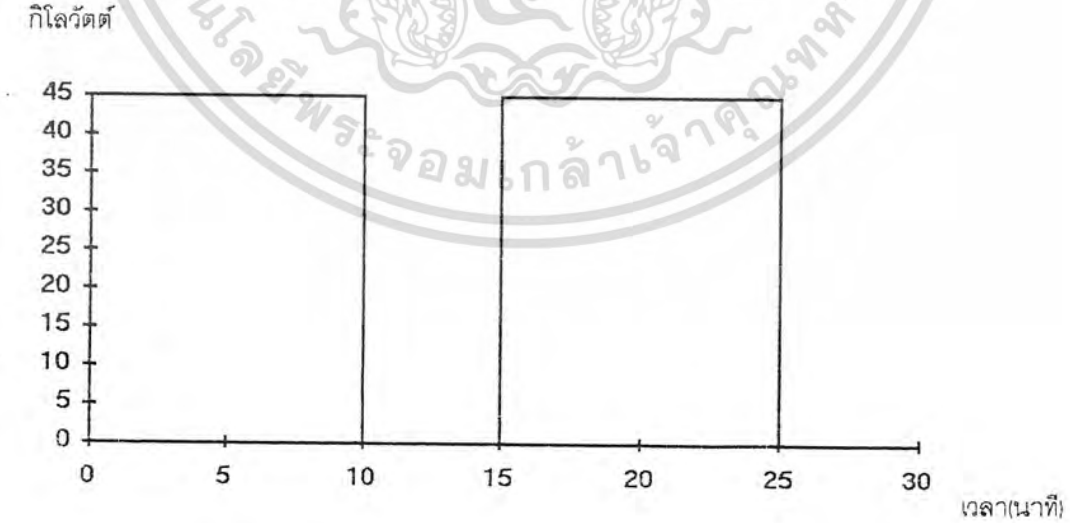


รูปที่ 14 แสดงลักษณะการทำงาน ของ Shot Blast

7.3.5 Dust Collector AMF

ลักษณะการทำงาน

จะทำงานพร้อมกับการทำงานของshotblast ซึ่ง dust collectorจะทำหน้าที่ดูดฝุ่นที่เกิดจากการที่ shot blast ทำการความสะอาดชิ้นงานซึ่งจะทำให้เกิดฝุ่นซึ่ง dust มีกำลังพิกัดประมาณ 45 kW และที่มี load curve ดังรูป



รูปที่ 15 แสดงลักษณะการทำงานของ Dust Collector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยานิพนธ์

เรื่อง Energy Management

โดย

1. นาย ดวงกมล กมลยะบุตร รหัส 33100110
2. นาย รุ่งศักดิ์ เหลืองรัตนมาศ รหัส 33100322
3. นาย เศรษฐพงศ์ กาญจนประพิณ รหัส 33100384

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผ.ศ. มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์

อาจารย์ นิทัศน์ กฤษณจินดา

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4 Process การทำงานของโรงหล่อ

สามารถแบ่งเป็น Process หลัก ๆ ได้แก่

1. Melting (การหลอมเหล็ก)
2. Molding (การขึ้นรูป)
3. Core

7.4.1 Melting (การหลอมเหล็ก)

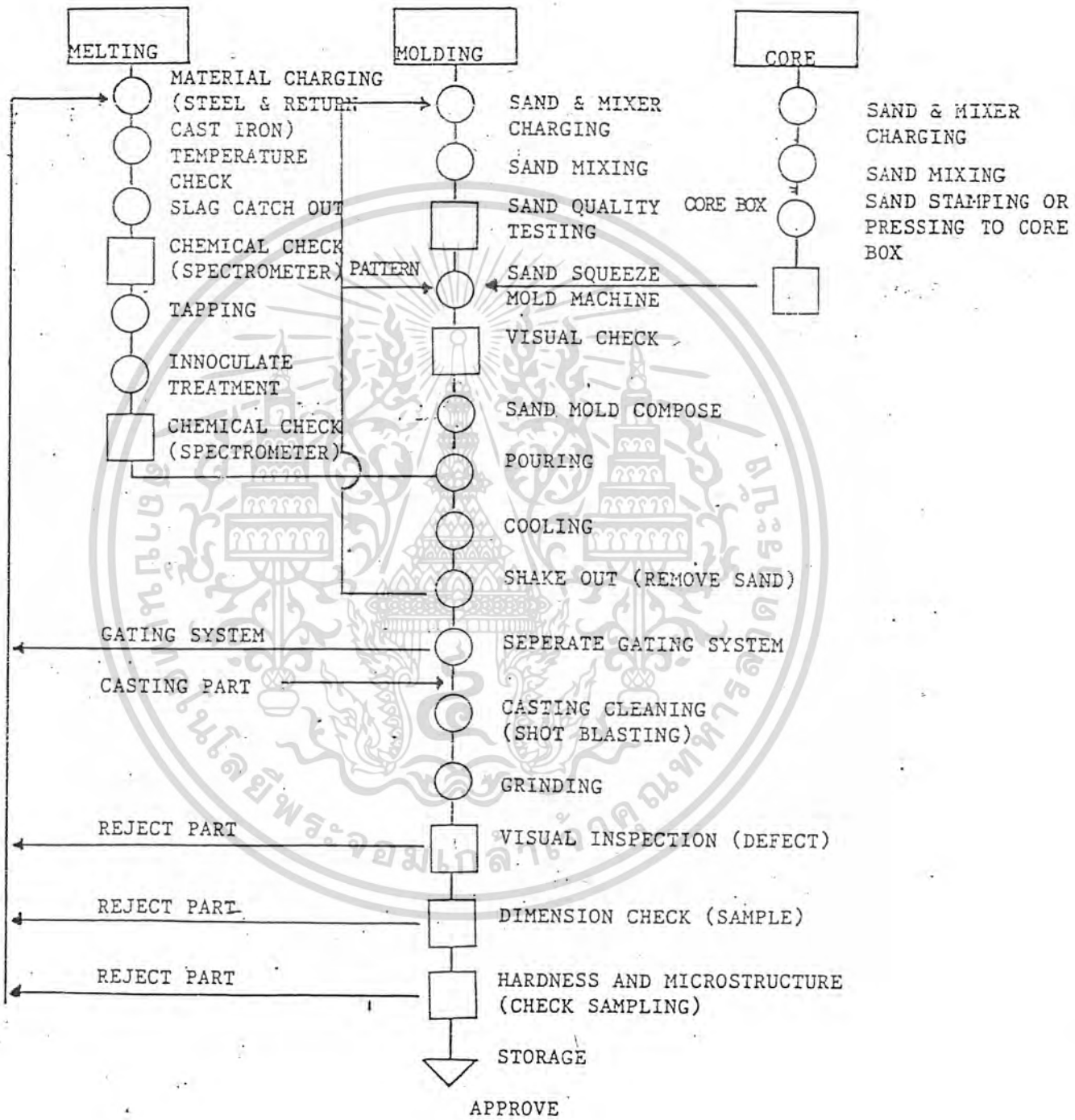
เหล็กที่เราจะนำมาหลอมได้มาจากวัตถุดิบที่ซื้อมา (Material charging steel) และวัตถุดิบที่เป็นส่วนที่เหลือจากการผลิตชิ้นงานและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่(return castiron)หลังจากนั้นจะผ่านการ check อุณหภูมิ และทำการเทเหล็กที่จะหลอมใส่เตาหลอมและทำการ check คุณสมบัติทางเคมี โดยใช้ Spectrometer เป็นตัววัด จากนั้นทำการ tapping และไปสู่การ Innoculate Treatment และต้องทำการวัดคุณสมบัติทางเคมี อีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงทำการเทลงเบ้า เพื่อเทลงแบบต่อไป

7.4.2 Molding (การขึ้นรูปชิ้นงาน)

ขั้นตอนแรกได้แก่การผสมทรายโดยใช้ Mix Muller เป็นตัวผสมซึ่งมีอยู่ 2 ตัว ทรายที่ทำการผสมแล้วจะถูกนำไปtest ก่อนจากนั้น Mold machine จะทำการอัดทรายที่ผสมแล้วลงใน core box แล้วทำการ check ปกติอีกครั้งหนึ่ง ทำให้ได้ทรายที่ผสมแล้วอัดเป็นรูปชิ้นงานอยู่ภายใน core box ซึ่งมีรูสำหรับเทน้ำเหล็กที่หลอมแล้วลงไป หลังจากนั้นจะเริ่มการ pouring ซึ่ง process ของการ Melting ขั้นสุดท้ายจะเข้าสู่การ pouring ตรงจุดนี้ เมื่อทำการเทน้ำเหล็กเรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการ cooling เพื่อลดอุณหภูมิให้ต่ำลง จากนั้นจะเข้าสู่การ shake out นั้นคือการแยกส่วนของทรายออก ทรายที่แยกส่วนจะนำกลับเข้าสู่ขั้นตอนแรกของ การ Molding ชิ้นงานที่ได้ตรงจุดนี้จะเข้าสู่การทำงานของเครื่อง Shot Blast ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวทำความสะอาดชิ้นงาน จากนั้นชิ้นงานจะถูกส่งไปเจียรและถูก check โดยพนักงานของแผนก ชิ้นส่วนไหนที่มีความบกพร่องก็ถูกส่งกลับไปเป็นวัตถุดิบใหม่สำหรับการหลอม หรือชิ้นส่วนไหไม่ได้ขนาดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dimension ตามต้องการรวมถึงส่วนเหล็กที่ทำหน้าที่เป็นตาน้ำจะถูกส่งกลับเช่นกัน ต่อจากนั้นต้องทำการ check ความคงทนของเหล็กด้วย ขั้นตอนสุดท้ายจึงนำไปกลึงและเจาะ



รูปที่ 16 แสดง Process Chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4.3 Core (ส่วนแกนใน)

process นี้จะกล่าวถึงการทำการผสมทรายกับส่วนประกอบทางเคมีต่าง ๆ ทรายที่ผสมเรียบร้อยแล้วจะถูกกดแบบทำเป็น core แล้วนำไปประกอบลงใน core box ซึ่งถูกทำเป็นแบบโดย mold machine หลังจากนั้นจึงถูกนำไปอัดเป็นแบบที่พร้อมจะเทน้ำเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.5 การพิจารณา load curve และค่าพลังงานไฟฟ้าต่อชิ้นงาน ก่อนการ Management

เนื่องจากว่า load ในโรงงานมีจำนวนมาก ดังนั้นเราจัดการเฉพาะกับ load ที่ใช้กำลังงานไฟฟ้าสูง ๆ ได้แก่

1) เตา 2 ตัน 2 เตา	2*1,200	kW
2) เตา 5 ตัน 1 เตา	1,200	kW
3) Shot Blast AMF	21	kW
4) Dust Collector	45	kW

ส่วน load ขนาดเล็กและ load ที่ไม่สามารถจัดการพลังงานได้ และมีการคำนวณเป็นดังนี้

Crane 13 ตัว	52.1	kW
Hydrolic Pump (3 ตัว)	18.6	kW
Shake out AMF	3.7	kW
Sand Collector	3.7	kW
Conveyer (15 ตัว)	43.5	kW
Hydraulic Moulding	37	kW
กะพ้อ (3 ตัว)	12	kW
มอเตอร์น้ำบาดาล	5	kW
ปั๊มน้ำ	3.7	kW
Mix Muller Shell Core	3.6	kW
รวม	179.9	kW

คิดโหลดย่อย ๆ นี้เป็น 70% ของพิกัดรวมทั้งหมด

จะได้ = 126 kW

และยังมีโหลด บางตัวที่ทำงานตลอดเวลา

ปั๊มน้ำ (เตา)	45	kW
ปั๊มลม (2 ตัว)	150	kW
Mix Muller 1,300 kg	42	kW

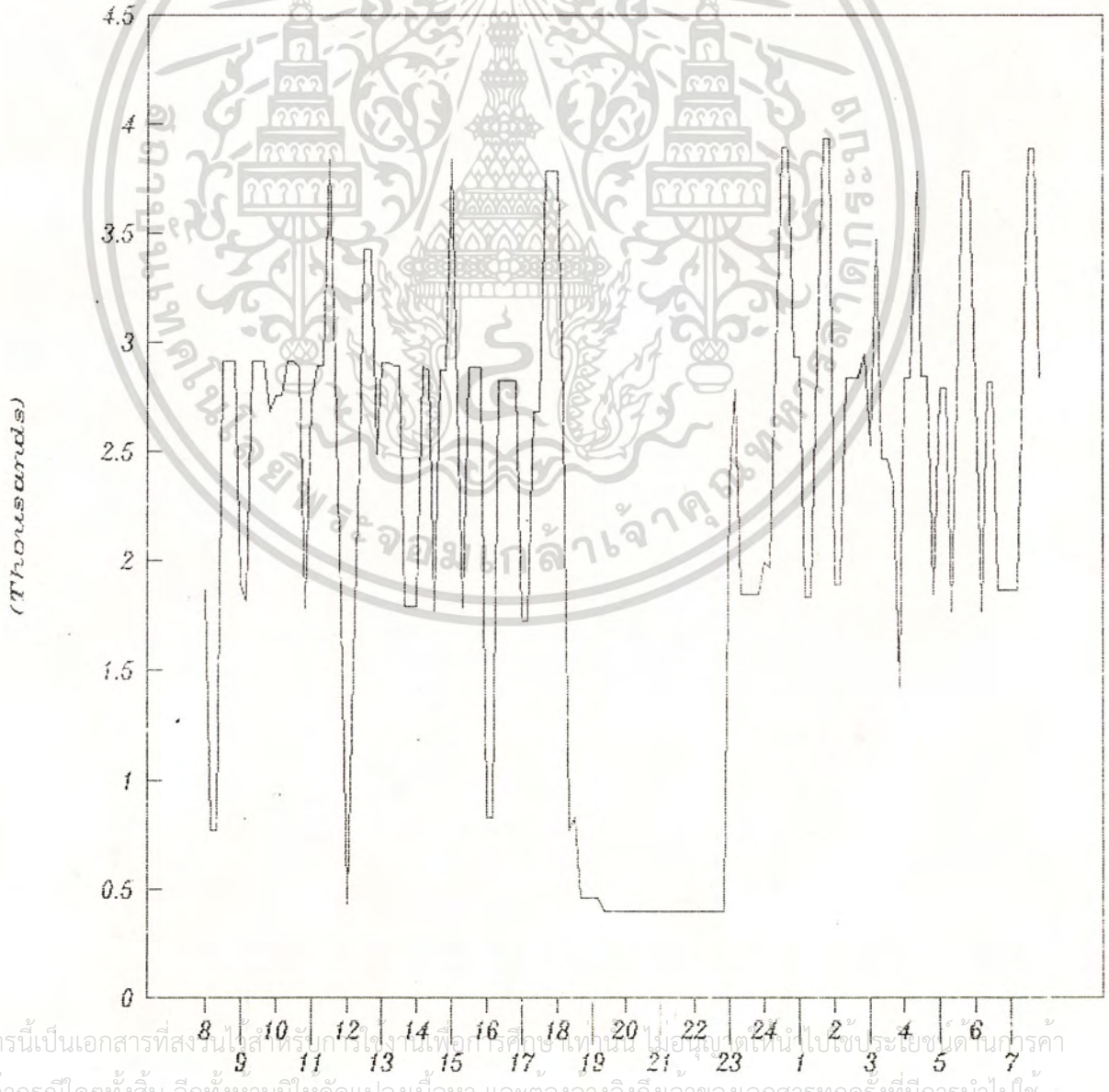
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mix Muller 900 kg	69	kW
Dust Collector (เตา)	75	kW
(เจือร)	18	kW
รวม	339	kW

รวม โหลดทั้งเหมาะที่เราไม่ได้ management = 339+ 126 kW

= 465 kW

จาก load curve ของเตาขนาด 2 ตัน (2-1,2-2) และ 5 ตัน ดังรูปที่ 9 , 10 และ 11 ตามลำดับ จะได้ load curve รวมทั้งหมด ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 17 แสดง load curve รวมทั้งหมด (ก่อนการ Management)

TIME	FUR 2-1	FUR 2-2	FUR 5	MDB	TOTAL
8.00	1200	100	100	465	1865
8.10	100	100	100	465	765
8.20	100	100	100	465	765
8.30	1150	1200	100	465	2915
8.40	1150	1200	100	465	2915
8.50	1150	1200	100	465	2915
9.00	1150	180	100	465	1895
9.10	100	180	1070	465	1815
9.20	1200	180	1070	465	2915
9.30	1200	180	1070	465	2915
9.40	1200	180	1070	465	2915
9.50	1000	1120	100	465	2685
10.00	100	1120	1070	465	2755
10.10	100	1120	1070	465	2755
10.20	1200	180	1070	465	2915
10.30	1200	180	1070	465	2915
10.40	1200	1120	100	465	2885
10.50	100	1120	100	465	1785
11.00	100	1120	1050	465	2735
11.10	1200	180	1050	465	2895
11.20	1200	180	1050	465	2895
11.30	1200	1120	1050	465	3835
11.40	1200	1120	100	465	2885
11.50	100	1120	100	465	1785
12.00	100	180	100	50	430
12.10	1200	180	100	50	1530
12.20	1200	1120	100	50	2470
12.30	1200	1120	1060	50	3430
12.40	1200	1120	1060	50	3430
12.50	1200	180	1060	50	2490
13.00	1200	180	1060	465	2905
13.10	1200	180	1060	465	2905
13.20	1200	1130	100	465	2895
13.30	1200	1130	100	465	2895
13.40	100	1130	100	465	1795
13.50	100	1130	100	465	1795
14.00	100	1130	100	465	1795
14.10	1200	1130	100	465	2895
14.20	1200	160	1050	465	2875
14.30	100	160	1050	465	1775
14.40	1200	160	1050	465	2875
14.50	1200	160	1050	465	2875
15.00	1200	1120	1050	465	3835
15.10	100	1120	1050	465	2735
15.20	100	1120	100	465	1785
15.30	1200	1120	100	465	2885
15.40	1200	1120	100	465	2885
15.50	1200	1120	100	465	2885
16.00	100	160	100	465	825
16.10	100	160	100	465	825
16.20	1200	160	1000	465	2825
16.30	1200	160	1000	465	2825
16.40	1200	160	1000	465	2825
16.50	1200	160	1000	465	2825
17.00	100	160	1000	465	1725

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIME	FUR 2-1	FUR 2-2	FUR 5	MDB	TOTAL
17.00	100	160	1000	465	1725
17.10	100	160	1000	465	1725
17.20	100	1120	1000	465	2685
17.30	100	1120	1000	465	2685
17.40	1200	1120	1000	465	3785
17.50	1200	1120	1000	465	3785
18.00	1200	1120	1000	465	3785
18.10	100	1120	1000	465	2685
18.20	100	100	100	465	765
18.30	100	160	100	465	825
18.40	100	160	100	100	460
18.50	100	160	100	100	460
19.00	100	160	100	100	460
19.10	100	160	100	100	460
19.20	100	100	100	100	400
19.30	100	100	100	100	400
19.40	100	100	100	100	400
19.50	100	100	100	100	400
20.00	100	100	100	100	400
20.10	100	100	100	100	400
20.20	100	100	100	100	400
20.30	100	100	100	100	400
20.40	100	100	100	100	400
20.50	100	100	100	100	400
21.00	100	100	100	100	400
21.10	100	100	100	100	400
21.20	100	100	100	100	400
21.30	100	100	100	100	400
21.40	100	100	100	100	400
21.50	100	100	100	100	400
22.00	100	100	100	100	400
22.10	100	100	100	100	400
22.20	100	100	100	100	400
22.30	100	100	100	100	400
22.40	100	100	100	100	400
22.50	100	100	100	100	400
23.00	100	1120	1050	100	2370

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIME	FUR 2-1	FUR 2-2	FUR 5	MDB	TOTAL
23.00	100	1120	1050	100	2370
23.10	100	1120	1050	515	2785
23.20	100	180	1050	515	1845
23.30	100	180	1050	515	1845
23.40	100	180	1050	515	1845
23.50	100	180	1050	515	1845
24.00	1200	180	100	515	1995
24.10	1200	150	100	515	1965
24.20	1200	150	1060	515	2925
24.30	1200	1120	1060	515	3895
24.40	1200	1120	1060	515	3895
24.50	1200	1120	100	515	2935
1.00	1200	1120	100	515	2935
1.10	100	1120	100	515	1835
1.20	100	1120	100	515	1835
1.30	1200	1120	100	515	2935
1.40	1200	1120	1100	515	3935
1.50	1200	1120	1100	515	3935
2.00	100	180	1100	515	1895
2.10	100	180	1100	515	1895
2.20	100	1120	1100	515	2835
2.30	100	1120	1100	515	2835
2.40	100	1120	1100	515	2835
2.50	1150	180	1100	515	2945
3.00	1150	180	1100	100	2530
3.10	1150	1120	1100	100	3470
3.20	1150	1120	100	100	2470
3.30	1150	1120	100	100	2470
3.40	100	1120	1040	100	2360
3.50	100	180	1040	100	1420
4.00	1100	180	1040	515	2835
4.10	1100	180	1040	515	2835
4.20	1100	1130	1040	515	3785
4.30	1100	1130	100	515	2845
4.40	1100	1130	100	515	2845
4.50	100	1130	100	515	1845
5.00	100	1130	1050	515	2795
5.10	100	1130	1050	515	2795
5.20	100	100	1050	515	1765
5.30	1100	100	1050	515	2765
5.40	1100	1120	1050	515	3785
5.50	1100	1120	1050	515	3785
6.00	100	1120	1050	515	2785
6.10	100	100	1050	515	1765
6.20	1150	100	1050	515	2815
6.30	1150	100	1050	515	2815
6.40	1150	100	100	515	1865
6.50	1150	100	100	515	1865
7.00	1150	100	100	515	1865
7.10	1150	100	100	515	1865
7.20	1150	1120	100	515	2885
7.30	1150	1120	1100	515	3885
7.40	1150	1120	1100	515	3885
7.50	100	1120	1100	515	2835
8.00	100	1120	1100	515	2835

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PEAK DEMAND		
PARTIAL PEAK	8.00-18.30	3835 kW
ON PEAK	18.30-21.30	465 kW
OFF PEAK	21.30-8.00	3935 kW

PEAK CHARGE 465*305 + (3835-465)*63

= 354135 BAHT

ENERGY CHARGE 52206.66*1.07

= 55861.13 BAHT/DAY

25 DAYS = 55861.13*25

1396528. BAHT

TOTAL 1396528.33+354135

= 1750663. BAHT

QUANTITY = 2500 PIECE/DAY

25 DAYS = 62500 PIECES

1 PIECE = 28.01060 BAHT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

.6.1 ข้อเสนอแนะ

TIME	FUR 2-1	FUR 2-2	FUR 5	MDB	TOTAL
8.00	1200	100	100	465	1865
8.10	100	100	100	465	765
8.20	100	100	100	465	765
8.30	1150	1200	100	465	2915
8.40	1150	1200	100	465	2915
8.50	1150	1200	100	465	2915
9.00	1150	180	100	465	1895
9.10	100	180	1070	465	1815
9.20	1200	180	1070	465	2915
9.30	1200	180	1070	465	2915
9.40	1200	180	1070	465	2915
9.50	1000	1120	100	465	2685
10.00	100	1120	1070	465	2755
10.10	100	1120	1070	465	2755
10.20	1200	180	1070	465	2915
10.30	1200	180	1070	465	2915
10.40	1200	1120	100	465	2885
10.50	100	1120	100	465	1785
11.00	100	1120	1050	465	2735
11.10	1200	180	1050	465	2895
11.20	1200	180	1050	465	2895
11.30	1200	1120	1050	465	3835
11.40	1200	1120	100	465	2885
11.50	100	1120	100	465	1785
12.00	100	180	100	50	430
12.10	1200	180	100	50	1530
12.20	1200	1120	100	50	2470
12.30	1200	1120	1060	50	3430
12.40	1200	1120	1060	50	3430
12.50	1200	180	1060	50	2490
13.00	1200	180	1060	465	2905
13.10	1200	180	1060	465	2905
13.20	1200	1130	100	465	2895
13.30	1200	1130	100	465	2895
13.40	100	1130	100	465	1795
13.50	100	1130	100	465	1795
14.00	100	1130	100	465	1795
14.10	1200	1130	100	465	2895
14.20	1200	160	1050	465	2875
14.30	100	160	1050	465	1775
14.40	1200	160	1050	465	2875
14.50	1200	160	1050	465	2875
15.00	1200	1120	1050	465	3835
15.10	100	1120	1050	465	2735
15.20	100	1120	100	465	1785
15.30	1200	1120	100	465	2885
15.40	1200	1120	100	465	2885
15.50	1200	1120	100	465	2885
16.00	100	160	100	465	825
16.10	100	160	100	465	825
16.20	1200	160	1000	465	2825
16.30	1200	160	1000	465	2825
16.40	1200	160	1000	465	2825
16.50	1200	160	1000	465	2825
17.00	100	160	1000	465	1725

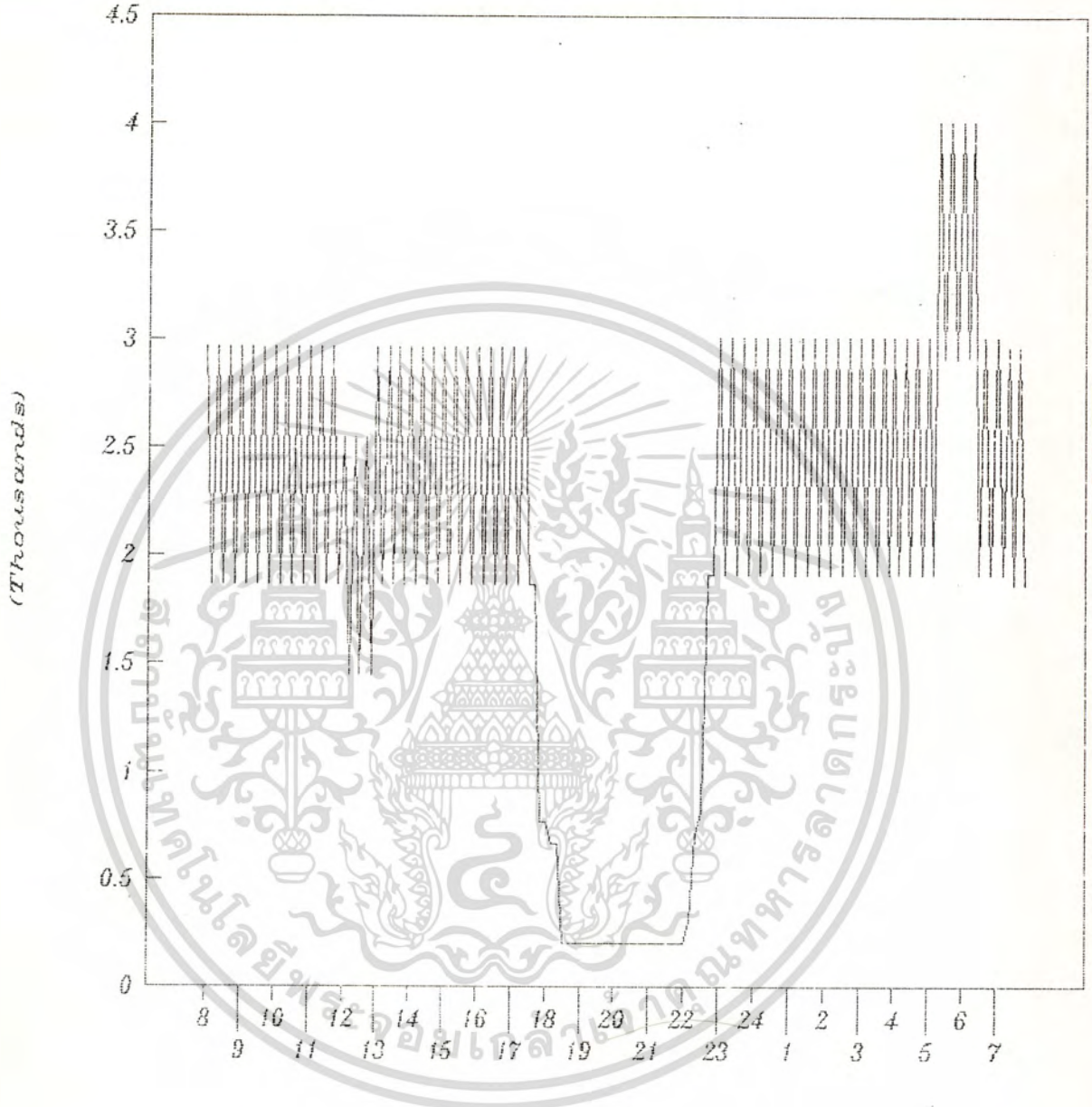
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIME	FUR 2-1	FUR 2-2	FUR 5	MDB	TOTAL
17.00	1200	1200	100	465	2965
17.10	100	1200	100	465	1865
17.20	1200	1200	100	465	2965
17.30	1200	100	100	465	1865
17.40	1200	100	100	465	1865
17.50	100	100	100	465	765
18.00	100	100	100	465	765
18.10	100	0	100	465	665
18.20	100	0	100	465	665
18.30	0	0	100	100	200
18.40	0	0	100	100	200
18.50	0	0	100	100	200
19.00	0	0	100	100	200
19.10	0	0	100	100	200
19.20	0	0	100	100	200
19.30	0	0	100	100	200
19.40	0	0	100	100	200
19.50	0	0	100	100	200
20.00	0	0	100	100	200
20.10	0	0	100	100	200
20.20	0	0	100	100	200
20.30	0	0	100	100	200
20.40	0	0	100	100	200
20.50	0	0	100	100	200
21.00	0	0	100	100	200
21.10	0	0	100	100	200
21.20	0	0	100	100	200
21.30	0	0	100	100	200
21.40	0	0	100	100	200
21.50	0	0	100	100	200
22.00	0	0	100	100	200
22.10	0	100	100	100	300
22.20	0	100	100	515	715
22.30	100	100	100	515	815
22.40	100	1200	100	515	1915
22.50	100	1200	100	515	1915

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIME	FUR 2-1	FUR 2-2	FUR 5	MDB	TOTAL
23.00	1200	1200	100	515	3015
23.10	1200	100	100	515	1915
23.20	1200	1200	100	515	3015
23.30	100	1200	100	515	1915
23.40	1200	1200	100	515	3015
23.50	1200	100	100	515	1915
24.00	1200	1200	100	515	3015
24.10	100	1200	100	515	1915
24.20	1200	1200	100	515	3015
24.30	1200	100	100	515	1915
24.40	1200	1200	100	515	3015
24.50	100	1200	100	515	1915
1.00	1200	1200	100	515	3015
1.10	1200	100	100	515	1915
1.20	1200	1200	100	515	3015
1.30	100	1200	100	515	1915
1.40	1200	1200	100	515	3015
1.50	1200	100	100	515	1915
2.00	1200	1200	100	515	3015
2.10	100	1200	100	515	1915
2.20	1200	1200	100	515	3015
2.30	1200	100	100	515	1915
2.40	1200	1200	100	515	3015
2.50	100	1200	100	515	1915
3.00	1200	1200	100	515	3015
3.10	1200	100	100	515	1915
3.20	1200	1200	100	515	3015
3.30	100	1200	100	515	1915
3.40	1200	1200	100	515	3015
3.50	1200	100	100	515	1915
4.00	1200	1200	100	515	3015
4.10	100	1200	100	515	1915
4.20	1200	1200	100	515	3015
4.30	1200	100	100	515	1915
4.40	1200	1200	100	515	3015
4.50	100	1200	100	515	1915
5.00	1200	1200	100	515	3015
5.10	1200	100	100	515	1915
5.20	1200	1200	1100	515	4015
5.30	100	1200	1100	515	2915
5.40	1200	1200	1100	515	4015
5.50	1200	100	1100	515	2915
6.00	1200	1200	1100	515	4015
6.10	100	1200	1100	515	2915
6.20	1200	1200	1100	515	4015
6.30	1200	100	100	515	1915
6.40	1200	1200	100	515	3015
6.50	100	1200	100	515	1915
7.00	1200	1200	100	515	3015
7.10	1200	100	100	515	1915
7.20	1200	1200	100	465	2965
7.30	100	1200	100	465	1865
7.40	1200	1200	100	465	2965
7.50	1200	100	100	465	1865
8.00	1200	1200	100	465	2965

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PEAK DEMAND

PARTIAL PEAK	8.00-18.30	2965 kW
ON PEAK	18.30-21.30	200 kW
OFF PEAK	21.30-8.00	4015 kW

PEAK CHARGE 200*305 + (2965-200)*63

= 63765 BAHT

ENERGY CHARGE 48712.5*1.07

= 52122.37 BAHT/DAY

25 DAYS = 52122.37 * 25

= 1303059. BAHT/MONTH

TOTAL 63765 + 1303059

= 1366824 BAHT

QUANTITY = 2500 PIECE/DAY

25 DAYS = 62500 PIECES

1 PIECE = 21.86918 BAHT/PIECE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.7 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการ Management

หลังจากการ Management แล้ว จะทำให้ลดค่าพลังงานไฟฟ้า 28 บาท/ชิ้น เมื่อเทียบกับ ค่าพลังงานไฟฟ้า ก่อนการ Management คือ 22 บาท/ชิ้น จะเห็นได้ว่า ค่าพลังงานไฟฟ้าสามารถลดลงไปได้ถึง 21 %

สรุปข้อเสนอแนะและแนวความคิดต่าง ๆ ในการ Management

- ควรทำการลด Peak Demandในช่วงเวลาตั้งแต่ 18.30 - 21.30 น ในต่ำที่สุด เพราะเวลาช่วงนี้ ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าจะสูงมาก การลด Peak Demand จะทำให้เสียค่าพลังงานไฟฟ้าน้อยลง

- ปั๊มน้ำในโรงงาน ปกติทำงานตลอด 24 ชม. เราควร Management ควรมีที่สำหรับ Storage ไว้ ในช่วง 18.30 - 21.30 น. เพื่อลดค่าพลังงานไฟฟ้า

- ควรเพิ่มจำนวนตัว Shot Blast ให้มากขึ้นกว่าปัจจุบัน เพราะชิ้นงานที่ ผ่าน Process ต่าง ๆ มายังเครื่อง Shot Blast ชิ้นงานจะไม่มีการ flow เท่าที่ควร ถ้าเราเพิ่ม Shot Blast จะทำให้ชิ้นงานมีการ flow อย่างต่อเนื่องไม่มีการหยุดชะงักของ Process ทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้มากขึ้น ถึงแม้ว่าจะกิน kW-hour เพิ่มขึ้น แต่ก็ยังสามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/ชิ้น) ลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทสรุป

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอเรื่องเกี่ยวกับการทำ Energy Management ซึ่งทำให้รู้ถึงขั้นตอนวิธีการ และแนวทางที่จะนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมจริง ๆ โดยพยายามเน้นในส่วนของการลดต้นทุนค่าไฟฟ้า

ในการทำ Project นี้มีข้อบกพร่องอยู่บางหลายประการ อาทิ ในโรงงานที่ศึกษาจริง ๆ จะมี load ขนาดเล็ก ๆ มาก เช่น มอเตอร์, Cran ฯลฯ ซึ่ง load ในส่วนนี้เราจะไม่นำมาพิจารณา คือ เราจะพิจารณาเฉพาะ load ที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้แนวทางที่เรา ศึกษาอยู่นี้ยังเป็นแนวทางในทางทฤษฎี ยังไม่ได้ลองไปปฏิบัติจริง ๆ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขาดความสมบูรณ์ไปบ้าง

อย่างไรก็ตามวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก็ยังเป็นประโยชน์แก่ผู้ค้นคว้าด้าน Energy Management บ้าง โดยใช้เป็นแนวทางในการศึกษาด้านนี้ต่อไป และวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังอาจเป็นแนวทางในการพัฒนาด้าน Software สำหรับ Microcomputer ทั่ว ๆ ไป ให้ใช้งานในลักษณะของ Energy Management

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จขึ้นด้วยความร่วมมือจากหลาย ๆ ฝ่าย ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณ ผ.ศ.มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์ และอาจารย์นิทัศน์ กฤษณจินดา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำและข้อมูลต่าง ๆ เป็นอย่างดี รวมถึงหัวหน้าแผนกวิศวกรรมไฟฟ้าและพนักงานของโรงงานทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือในการให้ข้อมูลเป็นอย่างดี ท้ายสุดนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ทุกคนที่ได้ช่วยในการจัดพิมพ์ต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังสือล้างอิง

- เอกสารการควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด
  สำนักงานพลังงานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์
- เอกสารข้อแนะนำการประหยัดไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมและในอาคาร
  สำนักงานพลังงานแห่งชาติกระทรวงวิทยาศาสตร์
- เอกสารอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง
- วิโรจน์ นพคุณ "การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างประหยัด จัดทำโดยสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย ญี่ปุ่น) "
- ข้อแนะนำในการประหยัดไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม
  สำนักงานพลังงานแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน
- คู่มือประหยัดพลังงาน ชุดการจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้า
  ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้