



การใช้ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างประหยัด Economic Use of Electricity in Industry



คู่มือการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ FE-TD-TRC-44009



กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

กระทรวงพลังงาน



โครงการที่ประสบผลสำเร็จ
ด้านการอนุรักษ์พลังงาน



“เอกสารนี้แปลและเรียบเรียงมาจากหนังสือ Fuel Efficiency Booklet
เรื่อง Economic Use of Electricity in Industry

ภายใต้โครงการ UK Government's Energy Efficiency

Best Practice Programme

ของ Department of The Environment Transport and Regions, London UK.”

แนะนำหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานของ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

กองฝึกอบรม ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการสนับสนุนการพัฒนาบุคลากร ด้านการอนุรักษ์พลังงาน ได้เปิดหลักสูตรอบรมต่างๆ ในช่วงแต่ละปี ตัวอย่างของหลักสูตร ได้แก่ หลักสูตรผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน หลักสูตรเทคโนโลยีพลังงาน หลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในขบวนการผลิตของอุตสาหกรรมแต่ละประเภท หลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน และหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร เป็นต้น ผู้ที่สนใจสามารถติดต่อขอรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

หมายเลขโทรศัพท์ 0 2577 7035-41 โทรสาร 0 2577 7047

แนะนำ WEB SITE ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้พัฒนา WEB SITE เพื่อเป็นช่องทางให้ผู้สนใจเข้าไปหาข้อมูลเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานที่ [http : // www. dedp.go.th](http://www.dedp.go.th) และ [http : // www.teenet-dedp.com](http://www.teenet-dedp.com)

ภายใน WEB SITE ผู้ที่สนใจสามารถค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน / ตัวอย่างโรงงานที่ประสบความสำเร็จ / รายชื่อที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงาน ที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้กับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน / พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 และกฎกระทรวง

การใช้ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างประหยัด

Economic Use of Electricity in Industry



คำนำ

ในสภาวะปัจจุบันรูปแบบการใช้พลังงานได้เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเป็น
มูลเหตุให้อัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นทุกๆปี นับเป็นภาระหนักต่อฐานะการเงิน
การลงทุนของทุกประเทศที่จะต้องจัดหาพลังงานมาให้เพียงพอและเหมาะสม
นอกจากนี้ยังจะต้องคำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยทั่วไปจากการใช้พลังงาน
จำนวนมหาศาลดังกล่าวด้วย

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานตระหนักถึงความสำคัญในการ
พัฒนาบุคลากรให้มีความรู้และทักษะเพื่อเสริมรากฐานในการปฏิบัติงานตาม
อำนาจหน้าที่ภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535
โดยมีกองฝึกอบรมเป็นหน่วยงานหนึ่งที่สนับสนุนกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงาน
ภายใต้แผน อนุรักษ์พลังงานของประเทศเพื่อทำหน้าที่ฝึกอบรมพัฒนาความรู้ด้าน
การจัดการและเทคโนโลยีด้านพลังงานแก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐและเอกชน
ตลอดจนผู้รับผิดชอบด้านพลังงานตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
และสนับสนุนส่งเสริมให้มีความรู้ด้านเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานเพื่อให้มีการ
ใช้เครื่องมือเครื่องจักรอุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะเป็นการช่วยลด ค่าใช้จ่าย
ด้านพลังงานลง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานเห็นว่าหากได้นำ
แนวทางการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพที่ได้รับความร่วมมือจาก Department
of Environment Transport and Regions, London ประเทศสหราชอาณาจักร
ให้ความสนับสนุนเอกสารภายใต้โครงการ UK Government's Energy Efficiency
Best Practice Programme เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงานอันจะเป็นการ
เสริมสร้างประโยชน์ต่อการพัฒนาบุคลากรและเพิ่มศักยภาพของบุคลากรได้
อย่างเป็นรูปธรรมจึงได้จัดทำเอกสารดังกล่าวมาเรียบเรียงเป็นภาษาไทยเพื่อเผยแพร่
แก่ผู้เกี่ยวข้องต่อไป



กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานขอขอบคุณ Department of Environment Transport and Regions, London ประเทศสหราชอาณาจักร ที่ให้ความสนับสนุนเอกสาร และคณะกรรมการกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ที่ได้ให้การสนับสนุนในการจัดทำและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือดังกล่าวนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อท่านในฐานะเป็นผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงาน สอดตามเจตนารมณ์ของ การจัดการจัดทำคู่มือนี้

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

กระทรวงพลังงาน

อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ ประจำวันที่ 14 พฤศจิกายน 2544

สหราชอาณาจักร ปอนด์สเตอร์ลิง ตัวเงิน : 63.5765 บาท ทางโทรเลข : 63.7353 บาท

อัตราขายถั่วเหลือง : 64.3911 บาท



สารบัญ

1. บทนำ	1
2. หลักการประหยัดค่าพลังงาน	1
3. การบำรุงรักษาเพื่อลดค่าใช้จ่าย	3
3.1 การบำรุงรักษาฉุกเฉิน	3
3.2 การบำรุงรักษาตามแผนงาน	3
3.3 วัตถุประสงค์ของการบำรุงรักษา	5
3.4 ความคุ้มค่าของการบำรุงรักษา	5
4. อัตราค่าไฟฟ้าและการคิดค่าไฟฟ้า	7
4.1 การกำหนดประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	7
4.2 ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า	10
4.3 รูปแบบอัตราค่าไฟฟ้า	12
4.4 อัตราค่าไฟฟ้า	15
4.5 การคิดค่าไฟฟ้า	19
5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าไฟฟ้ากับลักษณะการใช้ไฟฟ้า	23
5.1 ตัวประกอบโหลดหรือโหลดแพกเตอร์	23
5.2 ความสัมพันธ์ของค่าไฟฟ้ากับลักษณะการใช้ไฟฟ้า	25
6. แนวคิดในการลดค่าไฟฟ้า	38
6.1 อัตราปกติ	38
6.2 อัตราตามช่วงเวลาของวัน	42
6.3 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้	46
7. การจัดการโหลดเพื่อลดค่าไฟฟ้า	50
7.1 แนวทางการจัดการโหลด	50
7.2 การหาความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด	51
7.3 ตัวประกอบโหลด	53
7.4 ชนิดของการควบคุมตัวประกอบโหลด	54
7.5 การประยุกต์ใช้งานให้สมบูรณ์	59
8. ตัวประกอบกำลังและการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง	61
8.1 ตัวประกอบกำลัง	65
8.2 ประโยชน์จากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง	67
8.3 ลดกระแสไฟฟ้า	68
8.4 ลดกำลังงานสูญเสีย	70



8.5	ลดแรงดันตก	71
8.6	เพิ่มกำลังสำรองให้ระบบไฟฟ้า	72
8.7	จ่ายโหลดที่เป็นกำลังจริงได้มากขึ้น	79
8.8	การปรับตั้งค่าตัวประกอบกำลังที่เหมาะสม	80
8.9	ขนาดของตัวเก็บประจุที่จำเป็นต้องใช้	80
8.10	ผลตอบแทนที่ได้รับจากการใช้ตัวเก็บประจุ	87
8.11	การแก้ค่าตัวประกอบกำลัง	94
9.	การเพิ่มประสิทธิภาพในระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า	98
9.1	การกำหนดขนาดมอเตอร์	99
9.2	มอเตอร์หมุนตัวเปล่า	101
9.3	การเปลี่ยนมอเตอร์	101
แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน		



1. บทนำ/2. หลักการประหยัดค่าพลังงาน

1. บทนำ

เราสามารถนำพลังงานไฟฟ้าไปใช้งานได้หลายรูปแบบ โดยสามารถแปลงเป็นพลังงานรูปอื่นได้ เช่น แสงสว่าง ความร้อน การทำความเย็นในสาขาที่อยู่อาศัย การปรับอากาศ แรงขับเคลื่อนในระบบขนส่งทั้งลิฟท์และบันไดเลื่อนในอาคารธุรกิจ และโรงแรม ตลอดจนใช้ในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การหลอมโลหะ การขับเคลื่อนเครื่องจักรกลต่าง ๆ และการอบแห้งผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

การใช้ประโยชน์แหล่งจ่ายไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมนั้น จะต้องคำนึงถึงพื้นฐานทางด้านความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ด้วย หนังสือคู่มือเล่มนี้จะให้คำแนะนำในเรื่องเกี่ยวกับอัตราค่าไฟฟ้า การใช้ไฟฟ้าอย่างไรให้ค่าไฟฟ้าลดลง ตลอดจนการทำงานและการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ และการจ่ายโหลดที่เหมาะสมเพื่อให้การใช้ไฟฟ้ามีความคุ้มค่าสูงสุด

2. หลักการประหยัดค่าพลังงาน

การประหยัดพลังงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลัก คือ การดูแลรักษาและใช้งานอย่างดี การบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม และการเปลี่ยนอุปกรณ์หรือระบบใหม่

การดูแลรักษาและใช้งานอย่างดี คือการกำจัดส่วนเกินที่มีผลทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน เช่น การตั้งอุณหภูมิการปรับอากาศเย็นเกินไป ประตูห้องปิดไม่สนิททำให้ความเย็นไหลออกนอกห้อง ระบบแสงสว่างและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าถูกเปิดทิ้งไว้โดยไม่ได้ใช้งาน

การใช้พลังงานส่วนเกินเหล่านี้สามารถลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยการประยุกต์ใช้นโยบายการดูแลบ้านเรือนที่ดี โดยอาศัยความรู้หรือความสามารถทางเทคนิคเพียงเล็กน้อยหรือไม่ต้องใช้เลย

การบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม หลังจากได้ระบุและกำจัดการใช้

พลังงานส่วนเกินเป็นที่เรียบร้อยแล้ว การดำเนินการขั้นต่อไปคือ การบำรุงรักษา อุปกรณ์และระบบให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม คือสภาพที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูง โดยมีการตรวจติดตาม (Monitoring) อย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้อาจใช้คนเป็นผู้เฝ้าตรวจ หรือใช้อุปกรณ์ตรวจติดตามและควบคุมโดยอัตโนมัติก็ได้ อุปกรณ์เฝ้าตรวจและควบคุมนี้จะมีระดับความสามารถในการทำงานให้เลือกใช้งานมากมายหลายระดับ ตั้งแต่ระดับง่าย ๆ จนถึงระดับที่ซับซ้อนมาก นอกจากการทำให้ภาวะการทำงานอยู่ในระดับเป็นที่น่าพอใจแล้ว ต้องมีการตรวจสอบการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของ อุปกรณ์ไฟฟ้าด้วย เพื่อหาทางปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

การปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานใหม่หรือการเปลี่ยนอุปกรณ์หรือระบบใหม่ การเปลี่ยนกระบวนการผลิตแบบเดิมเป็นกระบวนการผลิตแบบใหม่ การเปลี่ยนอุปกรณ์รุ่นเก่าเป็นอุปกรณ์สมัยใหม่ หรือการเปลี่ยนจากระบบแบบเดิมเป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีนำสมัย เป็นการดำเนินงานในขั้นตอนสุดท้ายโดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ เช่น ผลิตได้เร็ว ผลผลิตหรือผลิตภัณฑ์มีคุณภาพสูง ใช้พลังงานน้อย และเสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลดลง เป็นต้น

การประหยัดพลังงานประเภทที่ 2 และ 3 นี้ ส่วนใหญ่ต้องใช้ความรู้และคำแนะนำทางด้านเทคนิค การประหยัดพลังงานทั้ง 3 ประเภทที่กล่าวมาจะเรียงลำดับตามเงินลงทุนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามที่ต้องการ นั่นคือ การดูแลบ้านเรือนที่ดี จะใช้เงินลงทุนน้อย แต่ในทางตรงกันข้ามการปรับปรุงโรงงานใหม่ ทั้งการใช้กระบวนการผลิตแบบใหม่ การเปลี่ยนอุปกรณ์หรือระบบใหม่จะใช้เงินลงทุนสูง อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าการดูแลรักษาและใช้งานอย่างดีจะใช้เงินลงทุนน้อย แต่มักจะให้ผลคุ้มค่าในการประหยัดพลังงาน

การดูแลรักษาและใช้งานอย่างดี

ในปัจจุบันมีเอกสารประกอบการอนุรักษ์พลังงานด้วยวิธีการนี้ซึ่งสามารถศึกษาและนำไปปฏิบัติอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น การปิดไฟแสงสว่างและอุปกรณ์ไฟฟ้า



3. การบำรุงรักษาเพื่อลดค่าใช้จ่าย

ที่ไม่ได้ใช้งาน หนังสือคู่มือเล่มนี้จึงไม่เขียนอธิบาย รายละเอียดในเรื่องนี้แต่จะขอย้ำอีกครั้งว่าความสำคัญของวิธีการนี้คือ การประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานโดยไม่จำเป็นต้องลงทุนเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามในที่นี้เราจะมุ่งเน้นถึงการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ซึ่งจำเป็นต้องทำการทบทวนการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน โดยเราจะต้องคำนึงถึงเรื่องรูปแบบการใช้และปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ดังต่อไปนี้

- การบำรุงรักษา
- อัตราค่าไฟฟ้าและการคิดค่าไฟฟ้า
- ความสัมพันธ์ของค่าไฟฟ้ากับลักษณะการใช้ไฟฟ้า
- แนวคิดในการลดค่าไฟฟ้า
- การจัดการโหลดเพื่อลดค่าไฟฟ้า
- ตัวประกอบกำลังและการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง
- การเพิ่มประสิทธิภาพในระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

รายละเอียดของวิธีการต่าง ๆ ข้างต้นพอที่จะสรุปได้ดังหัวข้อ ต่อไปนี้

3. การบำรุงรักษาเพื่อลดค่าใช้จ่าย

โดยทั่วไปการบำรุงรักษา สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ การบำรุงรักษาฉุกเฉิน และการบำรุงรักษาตามแผนงาน

3.1 การบำรุงรักษาฉุกเฉิน

การบำรุงรักษาฉุกเฉินประกอบด้วย การซ่อมแบบเร่งด่วนหรือการเปลี่ยนทดแทนวัสดุอุปกรณ์บางชิ้นแบบเร่งด่วน เราจะพบว่าตามปกติแล้วเราควรจะมีการบำรุงรักษาตามแผนงานซึ่งจะส่งผลให้สามารถลดความถี่ของงานการบำรุงรักษาแบบฉุกเฉินลงได้

3.2 การบำรุงรักษาตามแผนงาน

การใช้งานระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นควรจะต้องปฏิบัติตามกฎ



ความปลอดภัยที่กำหนดโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กฎการเดินสายและติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ของสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นต้น เราต้องปฏิบัติตามกฎเหล่านี้เพื่อให้มั่นใจได้ว่าระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหลายได้รับการทดสอบและบำรุงรักษาให้คงสภาพไว้ ในลักษณะสามารถป้องกันสภาพอันตรายต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นแล้วก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ

โดยปกติแล้วการบำรุงรักษาที่ทำเพื่อเหตุผลทางด้านความปลอดภัยนั้นต้องปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในกฎหรือมาตรฐานด้านความปลอดภัย โดยเราจะไม่นำมาพิจารณาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพราะต้องปฏิบัติเพื่อให้เป็นไปตามกฎของความปลอดภัยที่กำหนด

แต่การบำรุงรักษาอื่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับกฎความปลอดภัย ถึงแม้จะไม่ใช่วิธีที่บังคับให้ทำ เราก็ควรนำมาพิจารณาดำเนินการอย่างจริงจัง เพื่อความมั่นคงในการทำงานอย่างคุ้มค่า และใช้การได้จริงของระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

การบำรุงรักษาตามแผนงาน สามารถดำเนินการได้โดยพิจารณาการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชิ้น เช่น การตรวจสอบและทำความสะอาดมอเตอร์ไฟฟ้าทุกตัวตามระยะเวลาที่กำหนดเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงาน โดยตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าสิ่งสกปรกและฝุ่นผงจะไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของมอเตอร์ ไม่มีน้ำมันรั่วเข้าไปในชุดขดลวดของมอเตอร์ ร่องเลื่อน (Bearing) ได้รับการตรวจสอบการสึกหรอเพื่อป้องกันการเสียดสีกันของโรเตอร์กับสเตเตอร์ซึ่งจะมีผลทำให้การสูญเสียเชิงกลเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของมอเตอร์ลดต่ำลง

การบำรุงรักษายังรวมไปถึงระบบทั้งระบบหลักหรือระบบเสริมต่างๆ ด้วย เช่น ในระบบการผลิตหรืออุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าในการทำงาน เช่น เกรน สายพานลำเลียง ที่ใช้เสริมระบบการผลิต เป็นต้น



3.3 วัตถุประสงค์ของการบำรุงรักษา

นอกจากเรื่องความปลอดภัยแล้ว การบำรุงรักษายังมีความจำเป็นในการรักษาโรงงานให้อยู่ในสภาพที่ดี การบำรุงรักษาในลักษณะนี้จะต้องมีการทบทวนในเรื่องความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วยเสมอ อย่างไรก็ตามเราทราบว่าการหยุดชะงักการผลิตของโรงงานจะทำให้เกิดมูลค่าความเสียหายของการผลิต แต่เราก็ต้องไม่ลืมว่าการหยุดการผลิตเพื่อบำรุงรักษานั้นก็ทำให้เกิดการสูญเสียในการผลิตด้วยเช่นกัน เครื่องจักรที่ทำงานอย่างต่อเนื่องและทำงานหนักควรจะต้องได้รับการเอาใจใส่ในการตรวจสอบสภาพมากกว่าเครื่องจักรที่ทำงานเบาๆ และนาน ๆ ทำงานครั้ง

3.4 ความคุ้มค่าของการบำรุงรักษา

นอกเหนือจากข้อพิจารณาต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้ว มักจะมีคำถามเกี่ยวกับการเปรียบเทียบระหว่างการซ่อมแซมและการเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ คำถามนี้จะมีผลต่อการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่จะเกิดขึ้นต่อไปนี้ซึ่งเราสามารถเปรียบเทียบกับประโยชน์ที่ได้รับจากวิธีการทั้งสอง

ในกรณีที่อุปกรณ์มีราคาแพงก็อาจจำเป็นต้องศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับโอกาสที่อุปกรณ์นั้นจะเกิดการขัดข้องเสียหาย ข้อจำกัดของการเปลี่ยนทดแทนและการซ่อมบำรุง ตลอดจนการยกเครื่องใหม่

เรื่องนี้จำเป็นต้องอาศัยความรู้และความพยายามสูงเพื่อให้ตอบคำถามนี้ได้ อย่างถูกต้อง ทั้งนี้อาจต้องใช้บริการจากที่ปรึกษาภายนอก อย่างไรก็ตามอาจดำเนินการตามขั้นตอนง่าย ๆ ดังนี้

กำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์

ใช้อุปกรณ์รายการมาตรฐานให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เช่น สวิตช์เกียร์ เพื่อช่วยในเรื่องการจัดซื้อ การสำรองชิ้นส่วนและการเปลี่ยนชิ้นส่วนของส่วนประกอบ โดยคำนึงถึงเรื่องความคุ้มค่าและความสะดวกสบายสูงสุด

จัดทำกรบันทึกการชำรุดและการขัดข้องของอุปกรณ์

ในเบื้องต้นการทำแบบนี้อาจใช้สมุดบันทึกรายการ (Log Book) หรือบันทึกรายการ ข้อมูลต่างๆ นี้จะช่วยให้แนวคิดบางอย่างเกี่ยวกับโรงงานส่วนใดต้องได้รับความสนใจและในในเวลาใด นอกจากนี้ยังสามารถนำไปสู่การปรับปรุงวิธีการทำงาน หรือการดัดแปลงแก้ไขเพื่อลดความถี่ของการเสียหายในอนาคต

ความถี่ของการบำรุงรักษา

ความถี่ในการบำรุงรักษาต้องได้รับการพิจารณาอย่างรอบคอบ ทั้งนี้อาจพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างการบำรุงรักษาและการบริหารการทำงาน โปรแกรมการบำรุงรักษาตามแผนทั้งหมดต้องได้รับความเห็นชอบจากฝ่ายบำรุงรักษาก่อนนำไปดำเนินการ

ความคุ้มค่าของการบำรุงรักษาประจำ

การบำรุงรักษาเป็นประจำนี้อาจไม่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์บางชนิด ตัวอย่างของการบำรุงรักษาที่มีลำดับความสำคัญต่ำที่ไม่เกี่ยวข้องกับด้าน ความปลอดภัยได้แก่

- อุปกรณ์ที่เกิดการขัดข้องได้ยาก เช่น ตัวให้ความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electric heater)
- อุปกรณ์ที่สร้างปัญหาในการทำงานตามปกติ ซึ่งสามารถซ่อมแซมหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนได้สะดวก

ในบางกรณี เราจะพบว่ามีส่วนของโรงงานประมาณร้อยละ 25 เท่านั้นที่จำเป็นต้องจัดทำแผนบำรุงรักษาเป็นประจำตลอดปี ทั้งการบำรุงรักษาที่ประสพผลดีนั้นเป็นเรื่องที่ทำได้ยากและต้องพิจารณาความคุ้มค่าในการดำเนินการด้วย

การนำคอมพิวเตอร์มาใช้สนับสนุนงานฐานข้อมูลอาจช่วยอำนวยความสะดวกทั้งทางด้านการจัดระบบการบันทึกข้อมูลและโปรแกรมการบำรุงรักษา



4. อัตราค่าไฟฟ้าและการคิดค่าไฟฟ้า

เครื่องจักร อย่างไรก็ตามเราพึงระลึกไว้ด้วยว่างานในแต่ละเรื่องจะมีปัญหาเฉพาะตัวและมีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น ดังนั้น โปรแกรมการบำรุงรักษาต้องจัดให้เหมาะสมกับปัจจัยด้านการทำงานและด้านการเงินขององค์กร

การปรับปรุงเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

- เราสามารถทำการประหยัดพลังงานให้ประสบความสำเร็จได้ โดยการเปลี่ยนของอุปกรณ์ดังตัวอย่าง ต่อไปนี้
- เปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดไส้ที่มีประสิทธิภาพต่ำมาใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูงแทน
- เปลี่ยนหรือทดแทนระบบควบคุมแบบกลไฟฟ้า เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์
- ติดตั้งมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงรุ่นใหม่ ทดแทนมอเตอร์ประสิทธิภาพต่ำรุ่นเก่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ทำงานเป็นเวลานาน ๆ
- ประยุกต์ใช้ระบบขับเคลื่อนปรับความเร็วรอบแบบอัตโนมัติ (VSD) เพื่อปรับอัตราการใช้ของพัดลมหรือปั๊ม

ความคุ้มค่าของการเปลี่ยนระบบที่มีประสิทธิภาพต่ำแต่ยังสามารถใช้งานได้อยู่นั้นจำเป็นต้องพิจารณาอย่างรอบคอบ ทั้งนี้ควรพิจารณาค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องควบคู่ไปกับอายุการใช้งานของอุปกรณ์ด้วย

4. อัตราค่าไฟฟ้าและการคิดค่าไฟฟ้า

4.1 การกำหนดประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

นับตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2543 เป็นต้นมา การไฟฟ้าได้เรียกเก็บค่าไฟฟ้าจากผู้ใช้ไฟฟ้าทั้งหลายตามอัตราค่าไฟฟ้าใหม่ โดยในโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าชุดใหม่นี้ ได้จัดแบ่งผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 7 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 **บ้านอยู่อาศัย** สำหรับการไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัด และโบสถ์ของศาสนาต่าง ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเป็นบ้านอยู่อาศัย

ขนาดเล็กใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน และบ้านอยู่อาศัยขนาดใหญ่ใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรมและหน่วยงานรัฐวิสาหกิจหรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงาน รัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยมีการคิดค่าไฟฟ้า 2 อัตรา คืออัตราปกติและอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติและสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยมีการคิดค่าไฟฟ้า 2 อัตรา คืออัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD) และอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการ โรงแรมและกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยมีการคิดค่าไฟฟ้าเพียงอัตราเดียวเท่านั้นคืออัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) ในช่วงที่ยังไม่ได้ติดตั้ง

เครื่องวัดเป็นชนิด TOU อนุโลมให้คิดค่าไฟฟ้าตามอัตราปกติไปพลางก่อนได้

ประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร สำหรับการใช้ไฟฟ้าของส่วนราชการ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 1,000 กิโลวัตต์และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน และองค์กรที่ไม่ใช่ส่วนราชการแต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทน รวมถึงสถานที่ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่รวมถึงหน่วยงานของรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ โดยมีการคิดค่าไฟฟ้า 2 อัตราคือ อัตราปกติและอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

ประเภทที่ 7 **stubน้ำเพื่อการเกษตร** สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของส่วนราชการ กลุ่มเกษตรกรที่ทางราชการรับรอง หรือสหกรณ์เพื่อการเกษตร โดยมีการคิดค่าไฟฟ้า 2 อัตราคืออัตราปกติและอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

การไฟฟ้าฯ ได้จำแนกประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าโดยระบุเป็นตัวเลขในใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า / ใบกำกับภาษี เช่น ประเภท 1.2 จะหมายถึงผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตราปกติ มีการใช้ไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน หรือขนาดเครื่องวัดเกินกว่า 5 แอมแปร์เป็นต้น รายละเอียดการจำแนกมีดังนี้

1. บ้านอยู่อาศัย

- 1.1 อัตราปกติ ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน และขนาดเครื่องวัดไม่เกิน 5 แอมแปร์
- 1.2 อัตราปกติ ใช้ไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน หรือขนาดเครื่องวัดเกินกว่า 5 แอมแปร์



1.3 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (อัตรา TOU)

2. กิจการขนาดเล็ก

2.1 อัตราปกติ

2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (อัตรา TOU)

3. กิจการขนาดกลาง

3.1 อัตราปกติ

3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (อัตรา TOU)

4. กิจการขนาดใหญ่

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (อัตรา TOD)

4.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (อัตรา TOU)

5. กิจการเฉพาะอย่าง

5.1 อัตราปกติ (อัตราชั่วคราว)

5.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (อัตรา TOU)

6. ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

6.1 อัตราปกติ

6.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (อัตรา TOU)

7. สูบน้ำเพื่อการเกษตร

7.1 อัตราปกติ

7.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (อัตรา TOU)

4.2 ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้าฯ เรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือน จะประกอบไปด้วยค่าไฟฟ้าหลายส่วน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้า และปริมาณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งประกอบไปด้วย



1) **ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge)** ความต้องการพลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนที่การไฟฟ้านามาคิดค่าไฟฟ้ากับผู้ใช้ไฟฟ้านั้น คือ ความต้องการพลังไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็น **กิโลวัตต์** ที่เป็นค่าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วง On Peak และ / หรือ Partial Peak ในเดือนนั้น ๆ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็น **บาทต่อกิโลวัตต์** เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงการลงทุนในการขยายกำลังของระบบผลิต ระบบส่ง และระบบจำหน่ายไฟฟ้า ตามระดับแรงดัน เรียกเป็น Capacity Cost

2) **ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge)** เป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าได้ใช้ไปในรอบเดือนนั้น ๆ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็น **บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง** หรือบาทต่อหน่วย ค่าไฟฟ้าในส่วนนี้เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา การดำเนินงาน และค่าเชื้อเพลิง โดยแบ่งออกไปตามระดับแรงดัน เรียกเป็น Energy Cost

3) **ค่าบริการ (Service Charge)** เป็นค่าบริการเกี่ยวกับเครื่องวัด ๆ ค่าดำเนินการจดหน่วย จัดทำใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า และการดำเนินการจัดเก็บเงินค่าไฟฟ้า มีหน่วยเป็น **บาทต่อเดือน** ค่าไฟฟ้าส่วนนี้เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงต้นทุนค่าบริการของผู้ใช้ไฟฟ้าให้มีความชัดเจน เรียกเป็น Customer Cost

4) **ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ (Power Factor Charge)** หรือค่าปรับค่าตัวประกอบกำลังสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีเพาเวอร์แฟกเตอร์แบบล่าหลัง (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใดผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวาร์เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะกิโลวาร์ส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์โดยมีอัตราคิดเป็น **บาทต่อ กิโลวาร์** ค่าไฟฟ้าส่วนนี้เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงการลงทุน การบำรุงรักษาเครื่องวัด ๆ สำหรับการติดตั้ง Capacitor

ในระบบไฟฟ้า โดยกำหนดให้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไปมีค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ไม่ต่ำกว่า 0.85

5) **ค่าไฟฟ้าต่ำสุด** (Minimum Charge) ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา มีหน่วยเป็น **บาทต่อเดือน** ค่าไฟฟ้าส่วนนี้เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่สะท้อนถึงการลงทุนที่การไฟฟ้าฯ ได้ลงทุนขยายระบบไฟฟ้าเพื่อให้เพียงพอกับการใช้ไฟฟ้า แต่ผู้ใช้ไฟฟ้ากลับไม่ได้ใช้ไฟฟ้าตามที่แสดงความจำนงไว้

6) **ค่าตัวประกอบการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ** (Ft) เป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่อยู่ในความควบคุมของการไฟฟ้าฯ เช่น ราคาเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปจากราคาฐานที่ใช้กำหนดอัตราค่าไฟฟ้า ในปี 2543 อัตราค่าตัวประกอบการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ มีหน่วยเป็น **บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง** หรือบาทต่อหน่วย

7) **ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม** (VAT) ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้าในส่วนนี้ ปัจจุบันเก็บในอัตราร้อยละ 7

4.3 รูปแบบอัตราค่าไฟฟ้า

อัตราค่าไฟฟ้าชุดปัจจุบัน สามารถจำแนกออกได้เป็น 4 แบบ

4.3.1 อัตราค่าไฟฟ้า 1 ส่วน (One-Part Tariff)

เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่รวมค่าพลังไฟฟ้ากับค่า พลังงานไฟฟ้าเข้าด้วยกัน อยู่ในรูปของค่าพลังงานไฟฟ้า แบ่งออกได้เป็น 3 แบบย่อยคือ

1) อัตราแบบคงที่ (Flat-Rate) เป็นการคิดอัตราต่อหน่วยคงที่ตลอดไม่ว่าจะมีการใช้ ไฟฟ้าปริมาณมาก-น้อยเพียงใด ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรานี้คือ

■ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็กที่ซื้อไฟฟ้าจากระดับแรงดัน 12-33 กิโลโวลต์

■ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ที่ซื้อไฟฟ้าจากระดับแรงดันตั้งแต่ 12 กิโลโวลต์ขึ้นไป

2) อัตราแบบกึ่งคงที่ (Semi Flat – Rate) เป็นการคิดอัตราต่อหน่วยคงที่ 2 ระดับ การใช้ไฟฟ้าในช่วงแรกหรือระดับแรกจะคิดในอัตราที่ต่ำกว่า แต่เมื่อใช้เกินช่วงที่กำหนดไป แล้วจะคิดในอัตราที่แพงขึ้น ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรานี้คือ

■ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ที่ซื้อไฟฟ้าจากระดับแรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์

■ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

3) อัตราแบบก้าวหน้า (Progressive Rate) เป็นการคิดอัตราต่อหน่วยสูงขึ้นเมื่อมีการใช้ไฟฟ้ามากขึ้นเพื่อให้สะท้อนถึงการใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรานี้คือ

■ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่

■ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก ที่ซื้อไฟฟ้าจากระดับแรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์

4.3.2 อัตราค่าไฟฟ้า 2 ส่วน (Two – Part Tariff)

เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่แยกค่าความต้องการพลังไฟฟ้าและค่าพลังงานไฟฟ้าออกจากกัน เพื่อให้เริ่มสะท้อนถึงต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าได้อย่างชัดเจนขึ้น อย่างไรก็ตาม อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าและอัตราค่าพลังงานไฟฟ้ายังเป็นแบบอัตราคงที่ ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรานี้คือ

■ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1 กิจการขนาดกลาง (ผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิม ก่อนตุลาคม 2543)

■ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.1 กิจการเฉพาะอย่าง (ช่วงที่ยังไม่ได้ติดตั้งเครื่อง

วัดชนิด TOU)

อัตราค่าไฟฟ้า 2 ส่วนนี้ ในประกาศอัตราค่าไฟฟ้าจะเรียกเป็นอัตราปกติ

4.3.3 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD Rate)

เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่แยกค่าความต้องการพลังไฟฟ้าและค่าพลังงานไฟฟ้าออกจากกัน โดยมีการแบ่งแยกค่าความต้องการพลังไฟฟ้าให้มีอัตราที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของวัน ทั้งนี้เพื่อให้สะท้อนถึงต้นทุนของการผลิต การส่ง และการจำหน่ายไฟฟ้า โดยช่วงเวลา 24 ชั่วโมงในแต่ละวัน จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลาดังนี้

On Peak ระหว่างเวลา 18:30 - 21:30 น. ทุกวัน

Partial Peak ระหว่างเวลา 08:00 - 18:30 น. ทุกวัน

Off Peak ระหว่างเวลา 21:30 - 08:00 น. ทุกวัน

สำหรับค่าพลังงานไฟฟ้าในอัตรา TOD นี้ ยังเป็นแบบอัตรากคงที่ คือพลังงานไฟฟ้าทุกหน่วยมีราคาเท่ากัน ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรานี้คือ

■ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4.1 กิจการขนาดใหญ่ (ผู้ใช้ไฟฟ้าอัตรา TOD รายเดิม)

4.3.4 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU Rate)

เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่แยกค่าความต้องการพลังไฟฟ้าและค่าพลังงานไฟฟ้าออกจากกัน โดยมีการแบ่งแยกค่าพลังงานไฟฟ้าให้มีอัตราที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาของวัน และวันของสัปดาห์ หรือตามช่วงเวลาของการใช้ ทั้งนี้เพื่อให้สะท้อนถึงต้นทุนการผลิต การส่ง และการจำหน่ายไฟฟ้า โดยแบ่งเวลาในแต่ละสัปดาห์ออกเป็น 2 ช่วงเวลาคือ

On Peak ระหว่างเวลา 09:00 - 22:00 น. ของวันจันทร์ - ศุกร์

Off Peak ระหว่างเวลา 22:00 - 09:00 น. ของวันจันทร์ - ศุกร์

ระหว่างเวลา 00:00 - 24:00 น. ของวันเสาร์ - อาทิตย์

และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

สำหรับค่าความต้องการพลังไฟฟ้าในอัตรา TOU นี้จะเป็นแบบอัตราคงที่ โดยคิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉพาะในช่วง On Peak เท่านั้น ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรานี้คือ

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.2 กิจการขนาดกลาง
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4.2 กิจการขนาดใหญ่
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.2 กิจการเฉพาะอย่าง (อัตราบังคับใช้)
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6.2 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร (อัตราเลือกใช้)
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7.2 สบู่เพื่อการเกษตร (อัตราเลือกใช้)

นอกจากนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทบ้านอยู่อาศัยขนาดใหญ่ และกิจการขนาดเล็กยังสามารถเลือกเสียค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) ที่เป็นอัตราพิเศษได้ด้วย โดยในอัตรา TOU แบบพิเศษนี้จะรวมค่าพลังไฟฟ้ากับค่าพลังงานไฟฟ้าเข้าด้วยกันอยู่ในรูปของค่าพลังงานไฟฟ้า

4.4 อัตราค่าไฟฟ้า

รายละเอียดต่าง ๆ ที่จะกล่าวถึงนับจากนี้เป็นต้นไป จะเป็นรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับผู้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 ประเภทที่ 4 ประเภทที่ 5 ประเภทที่ 6 (เลือกอัตรา TOU) และประเภทที่ 7 (เลือกอัตรา TOU) เท่านั้น ซึ่งการไฟฟ้าฯ มีการเรียกเก็บค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดรวมกับค่าพลังงานไฟฟ้า

รายละเอียดอัตราค่าไฟฟ้าตามประกาศของการไฟฟ้าฯ คู่มือในภาคผนวก ก.

4.4.1 อัตราค่าไฟฟ้าแบบอัตราปกติ

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1 ธุรกิจอุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจฯ

ตารางที่ 4.1 ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและอัตราค่าไฟฟ้า สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต้องเสียค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน (หน่วยต่อเดือน)	อัตราค่าไฟฟ้า
ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง	$\leq 250,000$	ประเภทที่ 3.1 อัตราปกติ (สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิม) ประเภทที่ 3.2 อัตรา TOU (เลือกได้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่) ประเภทที่ 3.3 อัตรา TOU (บังคับใช้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่)
ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่	$> 250,000$	ประเภทที่ 4.1 อัตรา TOD (สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิม) ประเภทที่ 4.2 อัตรา TOU (เลือกได้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่) อัตรา TOD รายเดิม ประเภทที่ 4.2 อัตรา TOU (บังคับใช้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าอัตรา TOU รายเดิม) ประเภทที่ 4.2 อัตรา TOU (บังคับใช้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่)
ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง	-	ประเภทที่ 5.1 อัตราปกติ (อัตราชั่วคราว) ประเภทที่ 5.2 อัตรา TOU (บังคับใช้)
ประเภทที่ 6 ส่วนราชการ	$\leq 250,000$	ประเภทที่ 6.2 อัตรา TOU (เลือกใช้)
ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร	-	ประเภทที่ 7.2 อัตรา TOU (เลือกใช้)

หมายเหตุ ผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่ หมายถึง ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เริ่มใช้ไฟฟ้าตั้งแต่เดือนตุลาคม

ตารางที่ 4.2 อัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขอใช้ (กิโลโวลต์)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)
≥ 69	175.70	1.6660

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.1 โรงแรม และกิจการให้เช่าพักอาศัย

ตารางที่ 4.3 อัตราค่าไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.1 (ช่วงที่ยังไม่ได้ติดตั้งเครื่องวัดชนิด TOU)

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขอใช้ (กิโลโวลต์)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)
≥ 69	220.56	1.6660

4.4.2 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน (TOD)

ใช้กับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4.1 กิจการขนาดใหญ่ โดยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ในแต่ละวัน จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง

ตารางที่ 4.4 การแบ่งช่วงเวลาสำหรับการคิดค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOD

ชื่อเรียกของช่วง เวลา	เกิดขึ้นระหว่างเวลา	จำนวนชั่วโมงใน.....วัน				
		1	28	29	30	31
1. On - Peak	18:30 - 21:30 น.	3.0	84	87	90	93
2. Partial - Peak	08:00 - 18:30 น.	10.5	294	304.5	315	325.5
3. Off - Peak	21:30 - 08:00 น.	10.5	294	304.5	315	325.5

ตารางที่ 4.5 อัตราค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOD

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ ขอใช้ (กิโลวัตต์)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาทต่อกิโลวัตต์)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)
	On Peak	* Partial Peak	Off Peak	
≥ 69	224.30	29.91	0	1.6660
12 - 33	285.05	58.88	0	1.7034
< 12	332.71	68.22	0	1.7314

หมายเหตุ * คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่เกินจากช่วง On Peak เท่านั้น

4.4.3 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.2 ธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4.2 ธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ ราชการฯ
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.2 โรงแรม และกิจการให้เช่าพักอาศัย
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 6.2 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร
- ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 7.2 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

เวลาในช่วง 1 สัปดาห์ (7 วัน) จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วง

ตารางที่ 4.6 การแบ่งช่วงเวลาสำหรับการคิดค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOU

ชื่อเรียกของช่วงเวลา	เกิดขึ้นระหว่างเวลา	จำนวนชั่วโมง 1 สัปดาห์
1. On - Peak	09:00 - 22:00 น. ของวันจันทร์ - ศุกร์	65
2. Off - Peak	22:00 - 09:00 น. ของวันจันทร์ - ศุกร์	55
	00:00 - 24:00 น. ของวันเสาร์ - อาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ	48 +

ตารางที่ 4.7 อัตราค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOU

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ ขอใช้ (กิโลวัตต์)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า* (บาทต่อกิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)		ค่าบริการ (บาทต่อ เดือน)
	On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
≥ 69	74.14	0	2.6136	1.1726	228.17
12 - 33	132.93	0	2.6950	1.1914	228.17
< 12	210.00	0	2.8408	1.2246	228.17

หมายเหตุ * คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉพาะช่วง On Peak เท่านั้น

4.5 การคิดค่าไฟฟ้า

4.5.1 อัตราปกติ

ข้อมูล ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	3.1
แรงดันไฟฟ้าที่ใช้	12 kV
ความต้องการพลังไฟฟ้า	205 kW
พลังงานไฟฟ้า	48,800 kWh
ความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ	250 kVAr
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)	27.13 สตางค์/kWh
ค่าไฟฟ้าประจำเดือน	สิงหาคม 2544

การคำนวณ

1 ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	=	205 x 196.26
	=	40,233.30 บาท
2 ค่าพลังงานไฟฟ้า	=	48,800 x 1.7034
	=	83,125.92 บาท
4 ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	=	(จำนวน kVAr ที่เกินกว่า 61.97 % ของ kW Demand) x 14.02

$$\begin{aligned}
 &= (250 - (0.6197 \times 205)) \times 14.02 \\
 &= 123 \times 14.02 \\
 &= 1,724.46 \text{ บาท} \\
 6 \text{ ค่าไฟฟ้าตามอัตรการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)} \\
 &= 48,800 \times 0.2713 \\
 &= 13,239.44 \text{ บาท} \\
 \text{รวมเงินค่าไฟฟ้า} \\
 &= 40,233.30 + 83,125.92 + \\
 &\quad 1,724.46 + 13,239.44 \\
 &= 138,323.12 \text{ บาท} \\
 7 \text{ ภาษีมูลค่าเพิ่ม} \\
 &= 138,323.12 \times 0.07 \\
 &= 9,682.62 \text{ บาท} \\
 \text{รวมเงินค่าไฟฟ้า(รวม VAT)} \\
 &= 138,323.12 + 9,682.62 \\
 &= 148,005.74 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

4.5.2 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD)

ข้อมูล ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	4.1
แรงดันไฟฟ้าที่ใช้	22 kV
ความต้องการพลังไฟฟ้า	
ช่วง On Peak	1,460 kW
ช่วง Partial Peak	1,575 kW
ช่วง Off Peak	1,420 kW
พลังงานไฟฟ้า	978,000 kWh
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ(Ft)	27.13 สตางค์/kWh
ค่าไฟฟ้าประจำเดือน	สิงหาคม 2544

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 1 \text{ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า} &= (1,460 \times 285.05) + [(1,575 - 1,460) \times 58.88] \\
 &= 422,944.20 \text{ บาท} \\
 2 \text{ ค่าพลังงานไฟฟ้า} &= 978,000 \times 1.7034 \\
 &= 1,665,925.20 \text{ บาท} \\
 6 \text{ ค่าไฟฟ้าตามอัตรการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)} &= 978,000 \times 0.2713 \\
 &= 265,331.40 \text{ บาท} \\
 \text{รวมเงินค่าไฟฟ้า} &= 422,944.20 + 1,665,925.20 + 265,331.40 \\
 &= 2,354,200.80 \text{ บาท} \\
 7 \text{ ภาษีมูลค่าเพิ่ม} &= 2,354,200.80 \times 0.07 \\
 &= 164,794.06 \text{ บาท} \\
 \text{รวมเงินค่าไฟฟ้า (รวม VAT)} &= 2,354,200.80 + 164,794.06 \\
 &= 2,518,994.86 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

4.5.3 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

ข้อมูล ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า	4.2
แรงดันไฟฟ้าที่ใช้	24 kV
ความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอกทีฟ	2,700 kVAr
การปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)	27.13 สตางค์/kWh
ค่าไฟฟ้าประจำเดือน	สิงหาคม 2544



ช่วงเวลาที่ใช้ไฟฟ้า	ความต้องการพลังไฟฟ้า (kW)	พลังงานไฟฟ้า (kWh)
09:00 - 22:00 น. วันจันทร์ - ศุกร์	7,500	1,638,000
22:00 - 09:00 น. วันจันทร์ - ศุกร์	6,400	2,104,600
รวมทั้ง		
00:00 - 24:00 น. วันเสาร์ - อาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ		

การคำนวณ

$$\begin{aligned}
 1 \text{ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า} &= 7,500 \times 132.93 \\
 &= 996,975.00 \text{ บาท} \\
 2 \text{ ค่าพลังงานไฟฟ้า} &= (1,638,000 \times 2.6950) + \\
 &\quad (2,104,600 \times 1.1914) \\
 &= 6,921,830.44 \text{ บาท} \\
 3 \text{ ค่าบริการ} &= 228.17 \text{ บาท} \\
 4 \text{ ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์} &= \text{จำนวน kVAr ที่เกินกว่า} \\
 &\quad 61.97 \% \text{ ของ kW} \\
 &= 2,700 - (0.6197 \times 7,500) \\
 &= 0.00 \\
 6 \text{ ค่าไฟฟ้าตามอัตราการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft)} &= (1,638,000 + 2,104,600) \times 0.2713 \\
 &= 1,015,367.38 \text{ บาท} \\
 \text{รวมเงินค่าไฟฟ้า} &= 996,975.00 + 6,921,830.44 \\
 &\quad + 228.17 + 0.00 + 1,015,367.38 \\
 &= 8,934,400.99 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$



5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าไฟฟ้ากับลักษณะการใช้ไฟฟ้า

$$\begin{aligned}
 7 \text{ ภาษีมูลค่าเพิ่ม} &= 8,934,400.99 \times 0.07 \\
 &= 625,408.07 \text{ บาท} \\
 \text{รวมเงินค่าไฟฟ้า (รวม VAT)} &= 8,934,400.99 + 625,408.07 \\
 &= 9,559,809.06 \text{ บาท}
 \end{aligned}$$

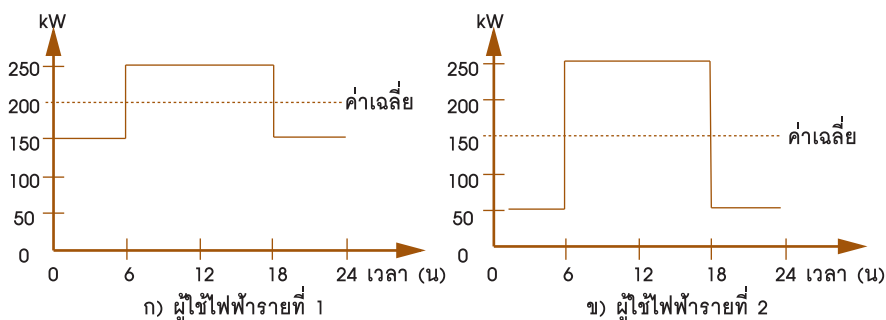
ตารางที่ 4.8 สัดส่วนของค่าไฟฟ้า

ส่วนประกอบค่าไฟฟ้า	อัตราปกติ		TOD		TOU	
	บาท	%	บาท	%	บาท	%
1. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	40,233.30	27.18	422,944.20	16.79	966,975.00	10.43
2. ค่าพลังงานไฟฟ้า	83,125.92	56.16	1,665,925.20	66.13	6,921,830.44	72.41
3. ค่าบริการ	-	-	-	-	228.17	-
4. ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	1,724.46	1.16	-	-	0.00	0.00
5. ค่า Ft	13,239.44	8.95	265,331.40	10.53	1,015,367.38	10.62
6. ค่า VAT 7%	9,682.62	6.54	164,794.06	6.54	625,408.07	6.54
รวม	148,005.74	100	2,518,994.86	100	9,559,809.06	100

5. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าไฟฟ้ากับลักษณะการใช้ไฟฟ้า

5.1 ตัวประกอบโหลดหรือโหลดแฟกเตอร์ (Load Factor)

เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า ผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละรายจะมีการใช้ไฟฟ้าที่มีลักษณะที่ไม่เหมือนกัน ผู้ใช้ไฟฟ้าบางกลุ่มจะใช้ไฟฟ้าค่อนข้างจะสม่ำเสมอตลอดเวลา ในขณะที่ผู้ใช้ไฟฟ้าอีกกลุ่มหนึ่งอาจใช้ไฟฟ้าที่มีลักษณะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การที่จะบอกว่าผู้ใช้ไฟฟ้ารายใดใช้ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอหรือเปลี่ยนแปลงมากสามารถบอกได้โดยใช้ตัวประกอบโหลด หรือโหลดแฟกเตอร์ โดยใช้ตัวย่อว่า LF



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างรูปแบบการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า

$$LF (\%) = \frac{\text{ความต้องการพลังงานไฟฟ้าค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาที่กำหนด}}{\text{ความต้องการพลังงานไฟฟ้าค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาที่กำหนด}} \times 100 \quad (5.1)$$

ตัวอย่างเช่น ตัวประกอบโหลดในระยะเวลา 1 วันของผู้ใช้ไฟฟ้า 2 รายที่มีรูปแบบการใช้ไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 5.1 สามารถหาได้ดังนี้

ผู้ใช้ไฟฟ้ารายที่ 1 มีความต้องการพลังไฟฟ้าค่าเฉลี่ยเป็น 200 kW และมีความต้องการพลังไฟฟ้าค่าสูงสุดเป็น 250 kW จึงได้

$$LF (\%) = \frac{200}{250} \times 100 = 80\%$$

ผู้ใช้ไฟฟ้ารายที่ 2 มีความต้องการพลังไฟฟ้าค่าเฉลี่ยเป็น 150 kW และมีความต้องการพลังไฟฟ้าค่าสูงสุดเป็น 250 kW จึงได้

$$LF (\%) = \frac{150}{250} \times 100 = 60\%$$

โดยปกติแล้วค่าโหลดแฟกเตอร์ที่จะใช้ในการวิเคราะห์ค่าไฟฟ้าจะเป็นค่าตัวประกอบโหลดในระยะเวลา 1 เดือน สมการที่ใช้หาค่าตัวประกอบโหลดจะเป็น



$$LF (\%) = \frac{\text{Average Demand} \times \text{เวลาในรอบเดือน}}{\text{Max. Demand} \times \text{เวลาในรอบเดือน}} \times 100$$

$$LF (\%) = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในรอบเดือน (KWh)}}{\text{ความต้องการปริมาณไฟฟ้าสูงสุดในรอบเดือน(KW) \times จำนวนชั่วโมงในรอบเดือนนั้น}} \times 100 \quad (5.2)$$

จากข้อมูลการใช้ไฟฟ้าในหัวข้อ 4.5 การคิดค่าไฟฟ้าจะได้

$$LF \text{ ของผู้ใช้ไฟฟ้าในหัวข้อ 4.5.1} = \frac{48,800}{205 \times 31 \times 24} \times 100 = 32 \%$$

$$LF \text{ ของผู้ใช้ไฟฟ้าในหัวข้อ 4.5.2} = \frac{978,000}{1,575 \times 31 \times 24} \times 100 = 83.5 \%$$

$$LF \text{ ของผู้ใช้ไฟฟ้าในหัวข้อ 4.5.3} = \frac{3,742,600}{7,500 \times 31 \times 24} \times 100 = 67.1 \%$$

หากผู้ใช้ไฟฟ้าเสียค่าไฟฟ้าตามอัตราปกติ (อัตราแบบ 2 ส่วน) การใช้ไฟฟ้าในลักษณะที่ให้ค่า LF สูง จะเสียค่าไฟฟ้าถูกลงแต่ในกรณีที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOD หรืออัตรา TOU การใช้ไฟฟ้าในลักษณะที่ให้ค่า LF สูงมากๆ อาจ ไม่ได้ทำให้ค่าไฟฟ้าถูกที่สุดก็ได้ เพราะมีตัวแปรอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

5.2 ความสัมพันธ์ของค่าไฟฟ้ากับลักษณะการใช้ไฟฟ้า

5.2.1 อัตราปกติ

ค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1 และผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.1 สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5.3)

$$C = DC \times P + EC \times E \quad (5.3)$$

เมื่อ C คือ ค่าไฟฟ้าเฉพาะส่วนของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดและ

ค่าพลังงานไฟฟ้าเท่านั้นยังไม่รวมค่า Ft และ VAT (บาทต่อเดือน)

DC คือ อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (บาทต่อกิโลวัตต์)

P คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบเดือนที่เรียกเก็บเงิน (กิโลวัตต์)

EC คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในรอบเดือนที่เรียกเก็บเงิน
(กิโลวัตต์ - ชั่วโมงหรือหน่วย)

เมื่อคคออกมาเป็นค่าไฟฟ้าต่อหน่วยของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปจะได้ดัง
สมการ ที่ (5.4)

$$\frac{C}{E} = DC \times \frac{P}{E} + EC \quad (5.4)$$

เนื่องจากความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (P) และปริมาณพลังงานไฟฟ้า
(E) กับจำนวนชั่วโมง (T) ในเดือนที่คิดเงินค่าไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ซึ่งกัน
และกันในเทอมของโหลดแฟกเตอร์ (LF) นั่นคือ

$$LF (\%) = \frac{E}{P \times T} \times 100$$

$$\text{ดังนั้น } \frac{P}{E} = \frac{100}{LF \times T}$$

เมื่อแทนค่าลงในสมการที่ (5.4) จะได้สมการที่ใช้หาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้า
ที่ใช้ใหม่เป็นสมการที่ (5.5)

$$\frac{C}{E} = \frac{DC}{LF \times T} \times 100 + EC \quad (5.5)$$

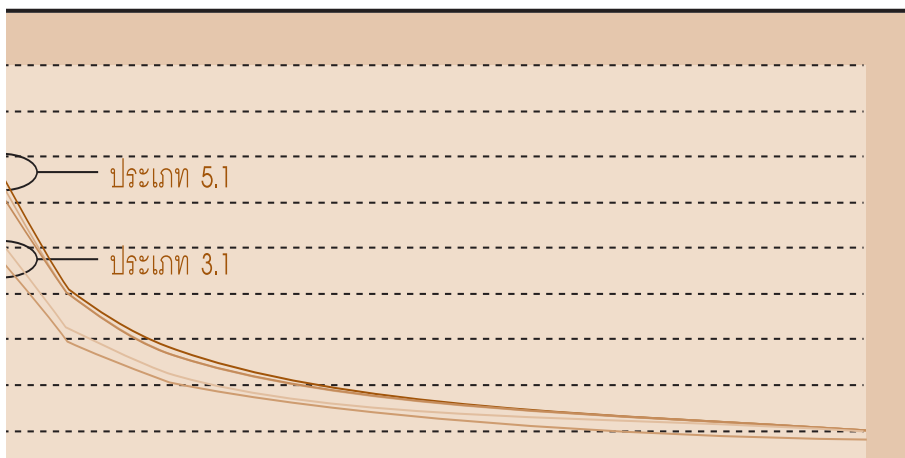
ตารางที่ 5.1 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าตามอัตราปกติ

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขอใช้ (กิโลวัตต์)	ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ 3.1 ธุรกิจ	ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.1 โรงแรมฯ
≥ 69	$\frac{17570}{LFXT} + 1.6660$	$\frac{22056}{LFXT} + 1.6660$

ตารางที่ 5.2 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยตามอัตราปกติของผู้ใช้ไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 12

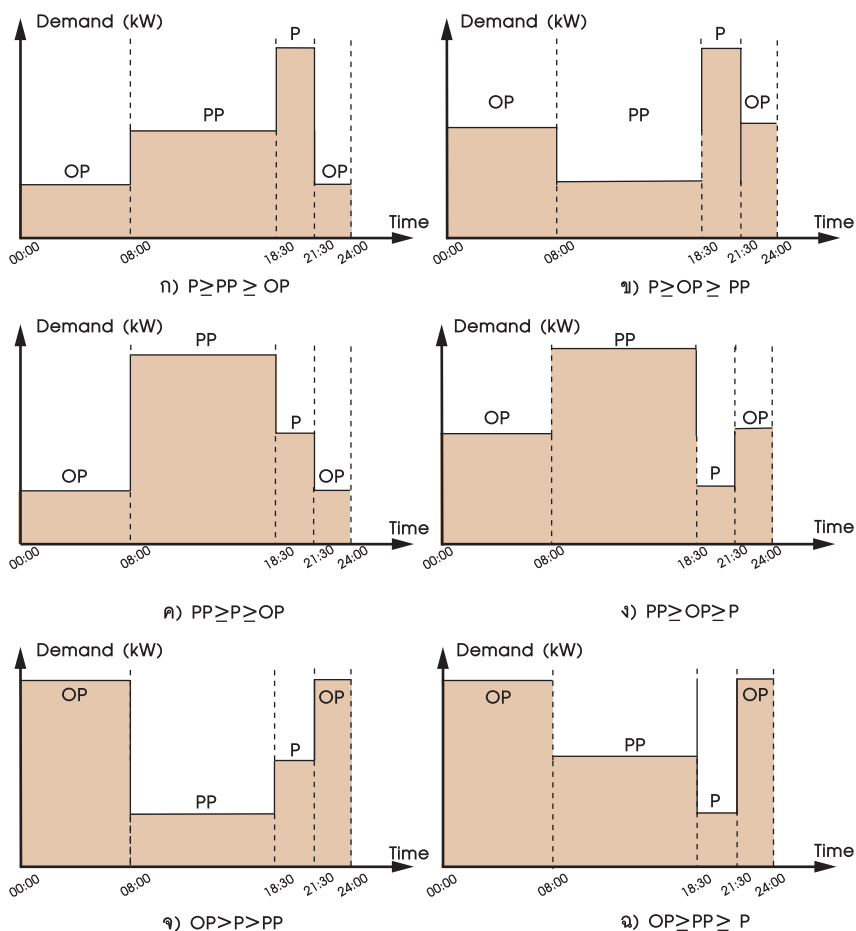
- 33 kV

โหลดแพก เตอร์ (%)	ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1				ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.1			
	28 วัน	29 วัน	30 วัน	31 วัน	28 วัน	29 วัน	30 วัน	31 วัน
10	4.6239	4.5235	4.4292	4.3413	5.5140	5.3826	5.2599	5.1452
20	3.1637	3.1133	3.663	3.0223	3.6087	3.5430	3.4817	3.4243
30	2.6769	2.6433	2.6120	2.5827	2.9736	2.9298	2.8889	2.8507
40	2.4335	2.4083	2.3848	2.3629	2.6560	2.6232	2.5925	2.5638
50	2.2875	2.2674	2.2486	2.2310	2.4655	2.4392	2.4147	2.3918
60	2.1901	2.1734	2.1577	2.1430	2.3385	2.3166	2.2962	2.2770
70	2.1206	2.1062	2.0928	2.0802	2.2478	2.2290	2.2115	2.1951
80	2.0685	2.0559	2.0441	2.0331	2.1797	2.1633	2.1480	2.1336
90	2.0279	2.0167	2.0063	1.9965	2.1268	2.1122	2.0986	2.0858
100	1.9954	1.9854	1.9760	1.9672	2.0844	2.0713	2.0590	2.0476



รูปที่ 5.2 ความสัมพันธ์ของค่าไฟฟ้าต่อหน่วยกับตัวประกอบโหลด

จากรูปที่ 5.2 พบว่าเมื่อผู้ใช้ไฟฟ้ามีการใช้ไฟฟ้าอย่างสม่ำเสมอมากขึ้น ตัวประกอบโหลดจะมีค่าสูงขึ้นทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยลดลงโดยในช่วงแรกค่าไฟฟ้าต่อหน่วยจะลดลงเร็วและลดลงน้อยเมื่อตัวประกอบโหลดหรือโหลดแฟกเตอร์มีค่าสูงแล้ว



รูปที่ 5.3 กรอบรูปแบบการใช้ไฟฟ้าตามอัตรา TOD



5.2.2 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD)

กำหนดให้ C คือ ค่าไฟฟ้า(บาทต่อเดือน)

P คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak (กิโวลต์)

PP คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง Partial Peak (กิโวลต์)

OP คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง Off Peak (กิโวลต์)

DC_p คือ อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak
(บาทต่อกิโลวัตต์)

DC_{pp} คือ อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง Partial Peak
(บาทต่อกิโลวัตต์)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย)

EC คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)

T คือ จำนวนชั่วโมงในเดือนที่คิดเงิน (ชั่วโมง)

LF คือ โหลดแฟกเตอร์ (%)

กรณี ก) $P > PP > OP$

$$C = DC_p \times P + EC \times E$$

$$C/E = DC_p \times P/E + EC$$

$$LF(\%) = \frac{E \times 100}{P \times T}$$

$$\text{จะได้ } C/E = \frac{DC_p \times 100}{LF \times T} + EC \quad (5.6)$$

กรณี ข) $P > OP > PP$

$$C = DC_p \times P + EC \times E$$

$$LF(\%) = \frac{E \times 100}{P \times T}$$

$$\text{จะได้ } C/E = \frac{DC_p \times 100}{LF \times T} + EC \quad (5.7)$$

กรณี ค) $PP > P > OP$

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

$$\begin{aligned}
 C &= (DC_P - DC_{PP}) \times P + DC_{PP} \times PP + EC \times E \\
 C/E &= (DC_P - DC_{PP}) \times P/E + DC_{PP} \times PP/E + EC \\
 LF(\%) &= \frac{E \times 100}{PP \times T} \\
 \text{จะได้ } C/E &= \frac{(DC_P - DC_{PP}) \times 100}{LF \times T} \times \frac{P}{PP} + \frac{DC_{PP} \times 100}{LF \times T} + EC \quad (5.8)
 \end{aligned}$$

กรณี ง) $PP > OP > P$

$$\begin{aligned}
 C &= DC_P \times P + DC_{PP} (PP - P) + EC \times E \\
 LF(\%) &= \frac{E \times 100}{PP \times T} \\
 \text{จะได้ } C/E &= \frac{(DC_P - DC_{PP}) \times 100}{LF \times T} \times \frac{P}{PP} + \frac{DC_{PP} \times 100}{LF \times T} + EC \quad (5.9)
 \end{aligned}$$

กรณี จ) $OP > P > PP$

$$\begin{aligned}
 C &= DC_P \times P + EC \times E \\
 C/E &= DC_P \times P/E + EC \\
 LF(\%) &= \frac{E \times 100}{OP \times T} \\
 \text{จะได้ } C/E &= \frac{DC_P \times 100}{LF \times T} \times \frac{P}{OP} + EC \quad (5.10)
 \end{aligned}$$

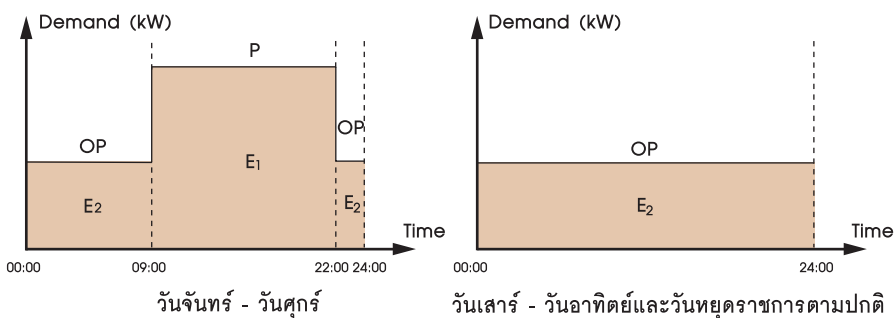
กรณี ฉ) $OP > PP > P$

$$\begin{aligned}
 C &= DC_P \times P + DC_{PP} (PP - P) + EC \times E \\
 C/E &= (DC_P - DC_{PP}) \times P/E + DC_{PP} \times PP/E + EC \\
 LF(\%) &= \frac{E \times 100}{OP \times T} \\
 \text{จะได้ } C/E &= \left[\frac{(DC_P - DC_{PP}) \times 100}{LF \times T} \times \frac{P}{PP} + \frac{DC_{PP} \times 100}{LF \times T} \right] \times \frac{PP}{OP} + EC \quad (5.11)
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 5.3 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าตามอัตรา TOD

กรณี	ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขอใช้ (กิโลโวลต์)	
	≥ 69	12 - 33
กรณี ก) $P \geq PP \geq OP$ และ กรณี ข) $P \geq OP \geq PP$	$\frac{22430}{LFxT} + 1.6660$	$\frac{28505}{LFxT} + 1.7034$
กรณี ก) $PP \geq P \geq OP$ และ กรณี ง) $PP \geq OP \geq P$	$\frac{19439}{LExT} \times \frac{P}{PP} + \frac{2991}{LExT} + 1.6660$	$\frac{22617}{LExT} \times \frac{P}{PP} + \frac{5886}{LExT} + 1.7034$
กรณี จ) $OP \geq P \geq PP$	$\frac{22430}{LFxT} \times \frac{P}{OP} + 1.6660$	$\frac{28505}{LFxT} \times \frac{P}{OP} + 1.7034$
กรณี ฉ) $OP \geq PP \geq P$	$\left[\frac{19439}{LFxT} \times \frac{P}{PP} \times \frac{2991}{LFxT} \right] \times \frac{PP}{OP} + 1.6660$	$\left[\frac{22617}{LFxT} \times \frac{P}{PP} + \frac{5668}{LFxT} \right] \times \frac{PP}{OP} + 1.7034$

5.2.3 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)



รูปที่ 5.4 กรอบรูปแบบการใช้ไฟฟ้าตามอัตรา TOU

กำหนดให้ C คือค่าไฟฟ้า(บาทต่อเดือน)

P คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak (กิโลวัตต์)

OP คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง Off Peak (กิโลวัตต์)

E_1 คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง On Peak (หน่วย)

E_2 คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วง Off Peak (หน่วย)

E คือ ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งเดือน (หน่วย)

DC คือ อัตราค่าความต้องการการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak (บาทต่อกิโลวัตต์)

EC₁ คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วง On Peak (บาทต่อหน่วย)

EC₂ คือ อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าในช่วง Off Peak (บาทต่อหน่วย)

$$C = DC \times P + EC_1 \times E_1 + EC_2 \times E_2$$

$$E_2 = E - E_1$$

$$C = DC \times P + (EC_1 - EC_2) \times E_1 + EC_2 \times E$$

$$C/E = DC \times P/E + (EC_1 - EC_2) \times E_1/E + EC_2$$

กรณี ก)

$$LF(\%) \quad P \geq OP = \frac{E \times 100}{P \times T}$$

$$\text{จะได้} \quad C/E = \frac{DC \times 100}{LF \times T} + (EC_1 - EC_2) \times \frac{E_1}{E} + EC_2 \quad (5.12)$$

กรณี ข) OP > P

$$LF(\%) = \frac{E \times 100}{OP \times T}$$

$$\text{จะได้} \quad C/E = \frac{DC \times 100}{LF \times T} \times \frac{P}{OP} + (EC_1 - EC_2) \times \frac{E_1}{E} + EC_2 \quad (5.13)$$

ตารางที่ 5.4 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยตามอัตรา TOU

กรณี	ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์)	
	69	12 - 33
ก) $P \geq OP$	$\frac{7414}{LF \times T} + 1.441 \frac{E_1}{E} + 1.1726$	$\frac{13293}{LF \times T} + 1.5036 \frac{E_1}{E} + 1.1914$
ข) $P < OP$	$\frac{7414}{LF \times T} \times \frac{P}{OP} + 1.441 \frac{E_1}{E} + 1.1726$	$\frac{13293}{LF \times T} \times \frac{P}{OP} + 1.5036 \frac{E_1}{E} + 1.1914$

ความสัมพันธ์ของค่าไฟฟ้ากับลักษณะการใช้ไฟฟ้าที่วิเคราะห์ได้ดังสมการที่ (5.5) ถึงสมการที่ (5.13) นั้น จะใช้ตัวแปรโวลต์แอมป์เตอร์กับตัวแปรอื่น ๆ เช่น อัตราส่วน $\frac{P}{PP}, \frac{P}{OP}, \frac{PP}{OP}, \frac{E_1}{E}$ ตัวบอกว่าค่าไฟฟ้าต่อหน่วยจะถูกหรือแพง สมการดังกล่าวค่อนข้างจะมีความซับซ้อนพอควร จึงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าไฟฟ้ากับลักษณะการใช้ไฟฟ้าอีกลักษณะหนึ่งซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า ดังนี้

5.2.4 อัตราปกติ

จากสมการที่ (5.4)

$$\frac{C}{E} = DC \times \frac{P}{E} + EC$$

จะได้

$$\frac{C}{E} = 175.70 \times \frac{P}{E} + 1.6660 \quad \text{สำหรับแรงดัน} \geq 69 \text{ kV.}$$

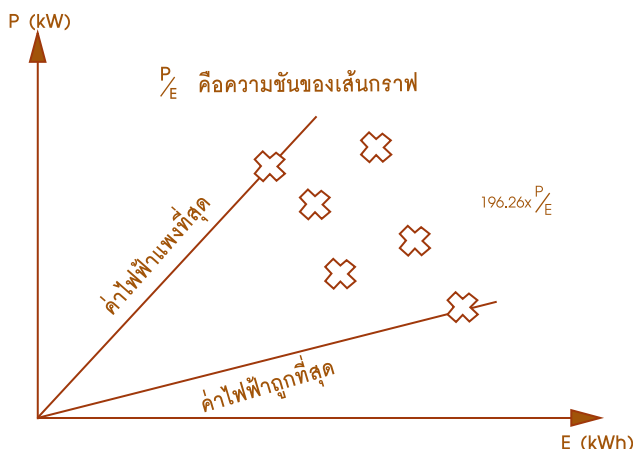
$$\frac{C}{E} = 196.26 \times \frac{P}{E} + 1.7034 \quad \text{สำหรับแรงดัน 12-33 kV.}$$

$$\frac{C}{E} = 221.50 \times \frac{P}{E} + 1.7314 \quad \text{สำหรับแรงดัน} < 12 \text{ kV.}$$

จากความสัมพันธ์นี้จะพบว่า อัตราส่วนของ $\frac{P}{E}$ จะเป็นตัวกำหนดค่าไฟฟ้าต่อหน่วยว่าจะถูกหรือแพง หากอัตราส่วน $\frac{P}{E}$ มีค่าสูงค่าไฟฟ้าต่อหน่วยจะแพง แต่ถ้าอัตราส่วน $\frac{P}{E}$ มีค่าต่ำค่าไฟฟ้าต่อหน่วยจะถูก ความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้แสดงได้ดังรูปที่ 5.5

5.2.5 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD)

จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 5.2.2 พบว่าค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของวัน (TOD) มีการคิดอยู่เพียง 2 รูปแบบเท่านั้น คือ



รูปที่ 5.5 ความสัมพันธ์ของ P และ E กับค่าไฟฟ้า: อัตราปกติ

$$C = DC_P \times P + EC \times E \quad \text{สำหรับ } P > PP$$

$$C = DC_P \times P + DC_{PP}(PP - P) + EC \times E \quad \text{สำหรับ } P < PP$$

กรณีที่ 1) $P < PP$

$$C = DC_P \times P + D_{PP}P(PP - P) + EC \times E$$

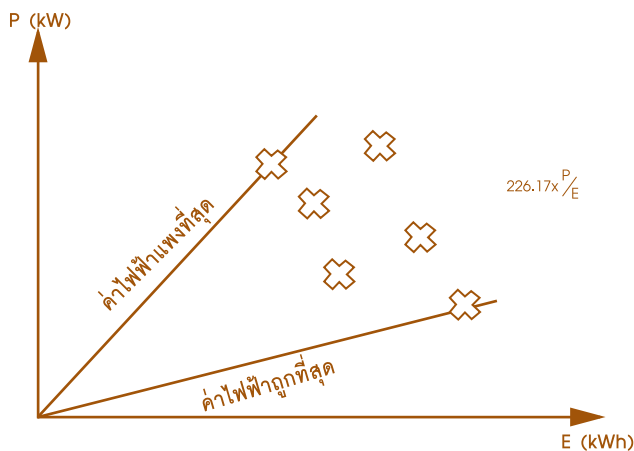
$$C = (DC_P - DC_{PP}) \times P + DC_{PP} \times PP + EC \times E$$

$$\frac{C}{E} = (DC_P - DC_{PP}) \times \frac{P}{E} + DC_{PP} \times \frac{PP}{E} + EC \quad (5.14)$$

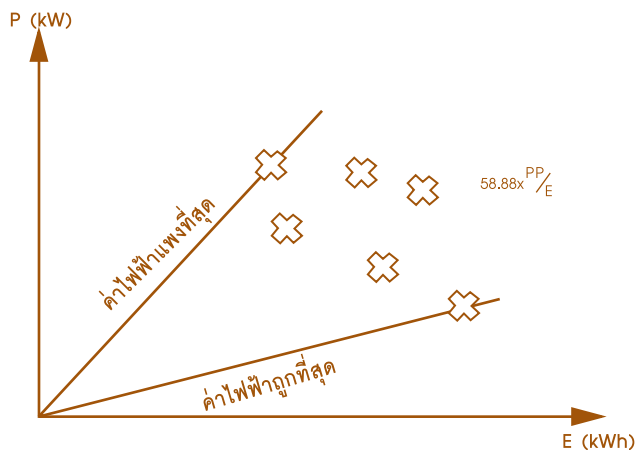
สำหรับผู้ไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 12-33 กิโลโวลต์ จะได้

$$\frac{C}{E} = 226.17 \times \frac{P}{E} + 58.22 \times \frac{PP}{E} + 1.7034 \quad (5.15)$$

จากสมการที่ (5.15) พบว่า P มีราคาแพงกว่า PP อยู่ถึง 3.84 เท่า ความสัมพันธ์ของ $\frac{P}{E}$ และ $\frac{PP}{E}$ แสดงได้ดังรูปที่ 5.6



ก. ความสัมพันธ์ของ P และ E กับค่าไฟฟ้า: อัตรา TOD



ข. ความสัมพันธ์ของ PP และ E กับค่าไฟฟ้า: อัตรา

รูปที่ 5.6



กรณีที่ 2) $P \geq PP$

$$C = DC_P \times P + EC \times E$$

$$\frac{C}{E} = DC_P \times \frac{P}{E} + EC \quad (5.16)$$

หรือวิเคราะห์ในอีกลักษณะหนึ่งได้ดังนี้

$$C = DC_P \times P + EC \times E$$

$$C = (DC_P - DC_{PP}) \times P + DC_{PP} \times P + EC \times E$$

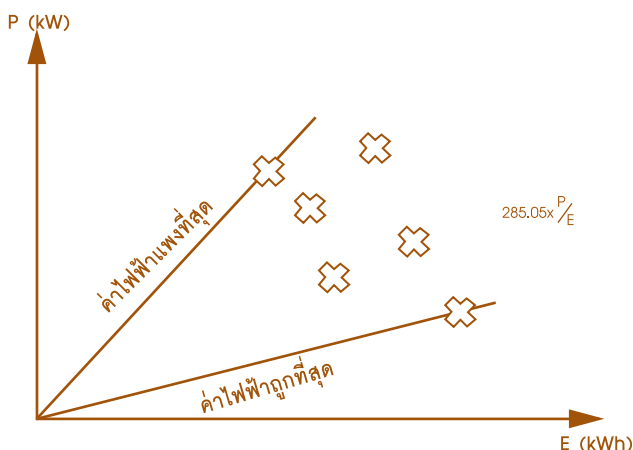
$$\frac{C}{E} = (DC_P - DC_{PP}) \times \frac{P}{E} + DC_{PP} \times \frac{P}{E} + EC \quad (5.71)$$

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 12–33 กิโลโวลต์ จะได้

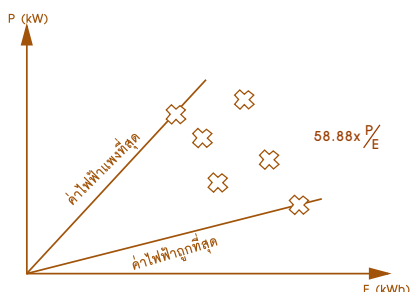
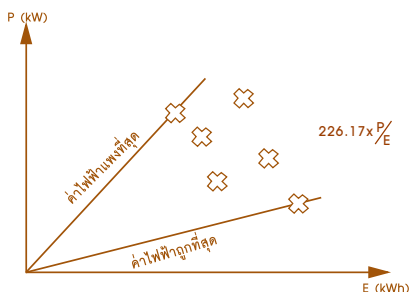
$$\frac{C}{E} = 285.05 \times \frac{P}{E} + 1.7034 \quad (5.18)$$

หรือ $\frac{C}{E} = 226.17 \times \frac{P}{E} + 58.88 \times \frac{P}{E} + 1.7034 \quad (5.19)$

ความสัมพันธ์ของ P และ E แสดงได้ดังรูปที่ 5.7



ก. ความสัมพันธ์ของ P และ E กับค่าไฟฟ้าตามสมการที่ (5.18)



ข. ความสัมพันธ์ของ P และ E กับค่าไฟฟ้าตามสมการที่ (5.19)

รูปที่ 5.7

5.2.6 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

$$C = DC \times P + EC_1 \times E_1 + EC_2 \times E_2$$

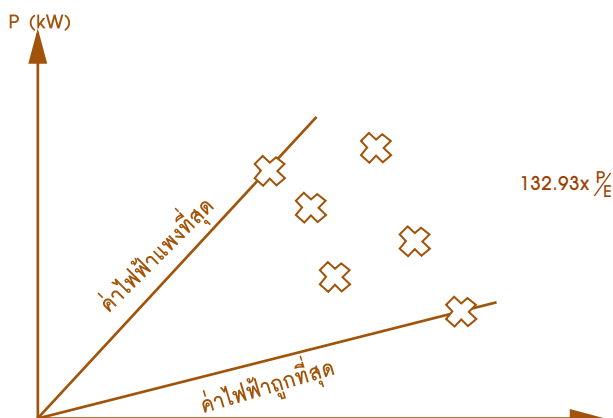
สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 12-33 กิโลโวลต์ จะได้

$$C = 132.93 \times P + 2.695 \times E_1 + 1.1914 \times E_2$$

$$C = 132.93 \times P + (1.5036 + 1.1914) \times E_1 + 1.1914 \times E_2$$

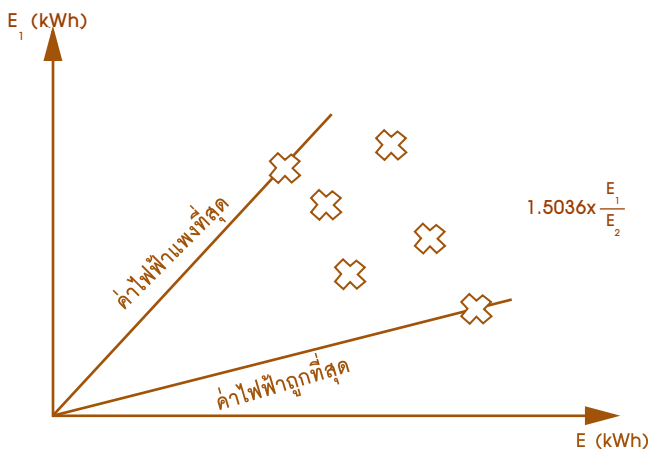
$$C/E = 132.93 \times \frac{P}{E} + 1.5036 \times \frac{E_1}{E} + 1.1914 \quad (5.20)$$

ความสัมพันธ์ในสมการที่ (5.20) สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.8



ก. ความสัมพันธ์ของ P และ E กับค่าไฟฟ้า: อัตรา TOU

6. แนวคิดในการลดค่าไฟฟ้า



ข. ความสัมพันธ์ของ E_1 และ E กับค่าไฟฟ้า: อัตรา TOU

รูปที่ 5.8

6. แนวคิดในการลดค่าไฟฟ้า

6.1 อัตราปกติ

จากสมการที่ (5.5)

$$\frac{C}{E} = \frac{DC}{LF \times T} \times 100 + EC$$

$$\frac{C}{E}_{\text{เดิม}} = \frac{DC}{LF_{\text{เดิม}} \times T} \times 100 + EC$$

$$\frac{C}{E}_{\text{ใหม่}} = \frac{DC}{LF_{\text{ใหม่}} \times T} \times 100 + EC$$

$$\Delta \frac{C}{E} = \frac{C}{E}_{\text{เดิม}} - \frac{C}{E}_{\text{ใหม่}} = \frac{DC \times 100}{T} \left[\frac{1}{LF_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{LF_{\text{ใหม่}}} \right]$$

$$\Delta \frac{C}{E} = \frac{DC \times 100}{D \times 24} \left[\frac{1}{LF_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{LF_{\text{ใหม่}}} \right] \quad (6.1)$$

จากสมการที่ (6.1) จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ถ้าจะทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าลดลง จะต้องเพิ่มค่าโหลดแพกเตอร์ให้สูงขึ้น เช่น ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1 ที่ใช้ไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 12 - 33 kV. ในเดือนที่มี $D=31$ วัน ถ้าสามารถเพิ่มค่าโหลดแพกเตอร์ให้เพิ่มสูงขึ้นจาก 30 % เป็น 50 % จะทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าลดลง 0.35172 บาทต่อหน่วย คือลดลงจาก 1.93750 บาทต่อหน่วย เหลือเพียง 1.58578 บาทต่อหน่วย สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.1 หากใช้เงื่อนไขเหมือนกับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1 จะสามารถลดค่าไฟฟ้าได้ถึง 0.45891 บาทต่อหน่วย

ตารางที่ 6.1 ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าตามอัตราปกติที่ได้

ระดับแรงดันไฟฟ้า ที่ขอใช้ (กิโลโวลต์)	ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1 อรุณิก ฯ	ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5. โรงแรม
≥ 69	$\frac{732.0833}{D} \left[\frac{1}{LF_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{LF_{\text{ใหม่}}} \right]$	$\frac{919.00}{D} \left[\frac{1}{LF_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{LF_{\text{ใหม่}}} \right]$
12 - 33	$\frac{817.75}{D} \left[\frac{1}{LF_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{LF_{\text{ใหม่}}} \right]$	$\frac{1,066.9583}{D} \left[\frac{1}{LF_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{LF_{\text{ใหม่}}} \right]$
< 12	$\frac{922.9167}{D} \left[\frac{1}{LF_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{LF_{\text{ใหม่}}} \right]$	$\frac{1,152.6667}{D} \left[\frac{1}{LF_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{LF_{\text{ใหม่}}} \right]$

การเพิ่มค่าโหลดแพกเตอร์เพื่อลดค่าไฟฟ้า

$$LF (\%) = \frac{E \times 100}{P \times D \times 24} \quad (6.2)$$

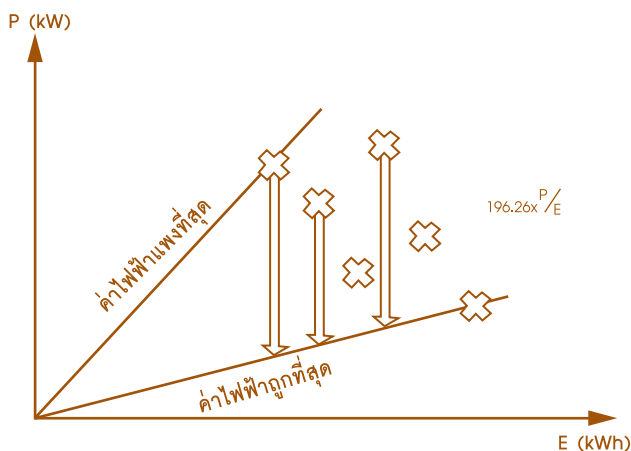
1) ลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด P ให้เหลือน้อยที่สุด โดยการใช้ไฟฟ้าให้สม่ำเสมอให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (ดูรูปที่ 6.1)

2) เพิ่มการใช้พลังงานไฟฟ้า E ให้สูงขึ้น โดยการเพิ่มกิจกรรมในช่วงที่เคยใช้ไฟน้อยเช่น เพิ่มช่วงการทำงานเป็น 2 คาบ หรือ 3 คาบ (ดูรูปที่ 6.2)

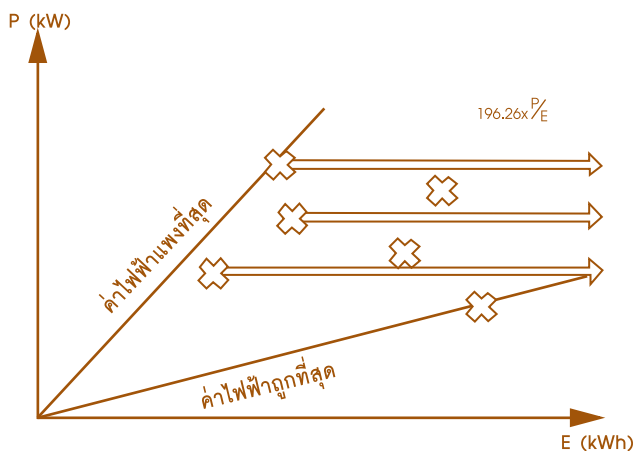
3) ดำเนินการทั้งข้อ 1) และข้อ 2) ร่วมกัน (ดูรูปที่ 6.3)

ตารางที่ 6.2 ค่าไฟฟ้าที่ลดได้ในเดือนที่มี 31 วัน (บาทต่อหน่วย) สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า
ที่ระดับแรงดัน 12 – 33 kV

LF เดิม (%)	ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3.1						ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 5.1					
	LF ใหม่ (%)						LF ใหม่ (%)					
	40	50	60	70	80	90	40	50	60	70	80	90
30	0.21982	0.35172	0.43965	0.50246	0.54956	0.58620	0.28682	0.45891	0.57363	0.65558	0.71704	0.76484
40	-	0.13190	0.21982	0.28263	0.32974	0.36637	-	0.17209	0.28682	0.36876	0.43023	0.47803
50	-	-	0.08793	0.15074	0.19784	0.2344	-	-	0.11473	0.19667	0.25814	0.30594
60	-	-	-	0.06281	0.10991	0.14655	-	-	-	0.08195	0.14341	0.19121
70	-	-	-	-	0.04710	0.08374	-	-	-	-	0.06146	0.10926



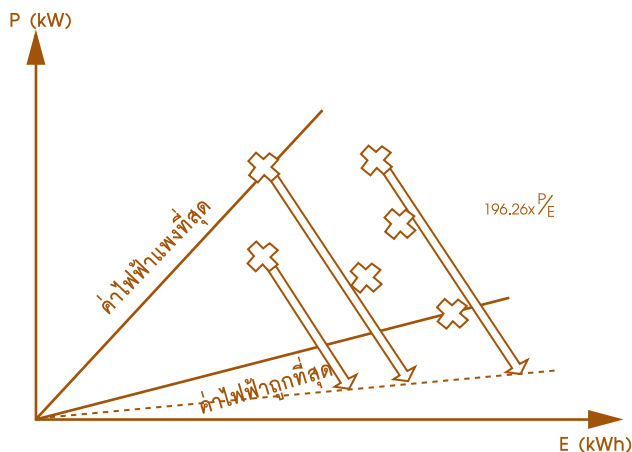
รูปที่ 6.1 การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดเพื่อลดค่าไฟฟ้า: อัตราปกติ



รูปที่ 6.2 การเพิ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเพื่อลดค่าไฟฟ้า : อัตราปกติ

รูปที่ 6.1 แสดงหลักการของการลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด P ให้เหลือน้อยที่สุด โดยสัมพันธ์กับปริมาณพลังงานไฟฟ้า E ที่ใช้ เพื่อให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้ามีค่าต่ำลง สำหรับรูปที่ 6.2 แสดงหลักการของการเพิ่มปริมาณพลังงานไฟฟ้า E ที่ใช้ โดยการเพิ่มกิจกรรมในช่วงที่เคยใช้ไฟฟ้าน้อยหรือไม่ได้ใช้ไฟฟ้า เช่น เพิ่มการทำงานเป็น 2 คาบหรือ 3 คาบ เพื่อให้อัตราส่วนของ P/E ลดลง จะส่งผลทำให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าลดลง

การดำเนินการทั้งการลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด P ตามรูปที่ 6.1 และการเพิ่มปริมาณพลังงานไฟฟ้า E ที่ใช้ตามรูปที่ 6.2 คือหลักการของการเพิ่มค่าโหลดแฟกเตอร์ตามสมการที่ (6.2) หากดำเนินการควบคู่กันไปทั้ง 2 อย่าง ผลการดำเนินการจะเป็นไปตามที่แสดงในรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 แนวทางการลดค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าตามอัตราปกติ

6.2 อัตราตามช่วงเวลาของวัน

จากสมการที่ (5.6) ถึงสมการที่ (5.11) กำหนดให้ผู้ใช้งานไฟฟ้าใช้ไฟฟ้าที่ระดับแรงดัน 12-33 กิโลโวลต์ ให้ $T = 744$ ชั่วโมง ($D = 31$ วัน) และให้ $LF = 50\%$ จะได้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าตามกรณีต่างๆ ดังต่อไปนี้

กรณี ก) และกรณี ข)

$$C/E = 2.46966 \quad \text{บาทต่อหน่วย}$$

$$C/E = 0.60798 \frac{P}{PP} + 1.8618 \quad \text{บาทต่อหน่วย}$$

เนื่องจาก $\frac{P}{PP} \leq 1$ ดังนั้น $C/E \leq 2.46966$ บาทต่อหน่วย

กรณี จ)

$$C/E = 0.76626 \frac{P}{OP} + 1.7034 \quad \text{บาทต่อหน่วย}$$

เนื่องจาก $\frac{P}{OP} \leq 1$ ดังนั้น $C/E \leq 2.46966$ บาทต่อหน่วย

กรณี จ)

$$C/E = \left[0.60798 \frac{P}{PP} + 0.15828 \right] \times \frac{PP}{OP} + 1.7034 \text{ บาทต่อหน่วย}$$

เนื่องจาก $\frac{P}{PP} < 1$ และ $\frac{PP}{OP} < 1$

ดังนั้น $C/E < 2.46966$ บาทต่อหน่วย

จากผลการวิเคราะห์นี้จะพบว่ารูปแบบการใช้ไฟฟ้ากรณี จ) จะให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยต่ำที่สุด รองลงมาก็คือ กรณี ค) และกรณี ง) ดังนั้นการลดค่าไฟฟ้าในกรณีที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตรา TOD จะต้องดำเนินการดังนี้

1) เพิ่มค่าโหลดแฟกเตอร์ให้สูงขึ้น

2) ลดอัตราส่วน $\frac{P}{PP}$ ลง

3) ลดอัตราส่วน $\frac{PP}{OP}$ ลง

นั่นคือ ต้องใช้ไฟฟ้าตามรูปแบบกรณี จ)

การลดอัตราส่วน $\frac{P}{PP}$

การลดอัตราส่วน $\frac{P}{PP}$ อาจทำได้ด้วยวิธีการต่างๆ ดังต่อไปนี้ ซึ่งจะให้การประหยัดค่าไฟฟ้าในระดับที่แตกต่างกัน

1) ย้ายโหลดตอนหัวค่ำ (18:30 - 21:30 น.) ไปเดินตอนกลางวันถึงตอนเช้า (21:30 - 08:00 น.) แทน ซึ่งจะทำให้ลดค่าไฟฟ้าได้ 226.17 บาทต่อทุกๆ 1 กิโลวัตต์ของการความต้องการพลังไฟฟ้าที่ลดลง

2) ย้ายโหลดตอนหัวค่ำ (18:30 - 21:30 น.) ไปเดินตอนกลางวัน (08:00 - 18:30 น.) แทนจะทำให้ลดค่าไฟฟ้าได้อย่างต่ำ 167.29 บาทต่อทุกๆ 1 กิโลวัตต์ของการความต้องการพลังไฟฟ้าที่ลดลง

3) หากทำงานแบบ 2 คาบ (2 กะ) ให้แยกเวลาทำงานระหว่างกะตอนหัวค่ำ

(ระหว่างเวลา 18:30 - 21:30 น.) จะทำให้ลดค่าไฟฟ้าได้ 226.17 บาท ต่อ ทุกๆ 1 กิโลวัตต์ของความต้องการพลังไฟฟ้าที่ลดลง

4) ปั่นไฟใช้เองตอนหัวค่ำแทนการซื้อจากการไฟฟ้าวันละประมาณ 3 ชั่วโมง

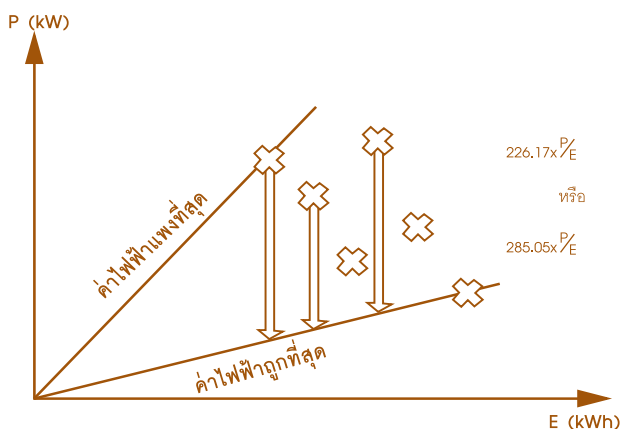
การดำเนินการปรับวิธีการใช้ไฟฟ้าเพื่อลดค่าไฟฟ้าต้องทำดังนี้

1) ต้องหลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาหัวค่ำ (18:30 - 21:30 น. ของ ทุกวัน) ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ พลาดครั้งเดียว (แค่ 15 นาที) ก็ไม่ได้

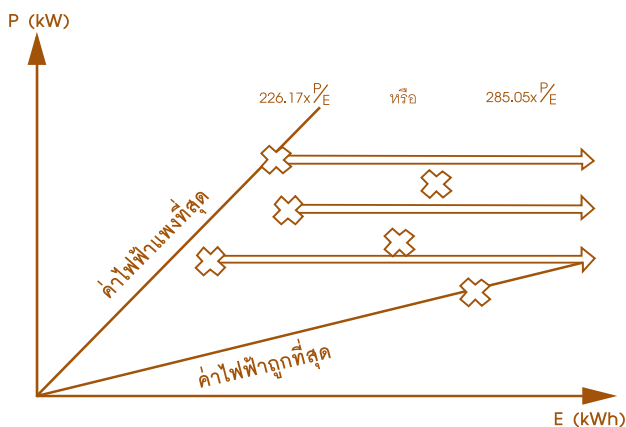
2) เพิ่มการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางคืนถึงตอนเช้า (21:30 - 08:00 น. ของ ทุกวัน) แทนการใช้ตอนหัวค่ำโดยการปรับวิธีการทำงาน

3) ใช้ไฟฟ้าตอนกลางวัน (08:00 - 18:30 น. ของทุกวัน) ให้สม่ำเสมอที่สุดเพื่อให้ค่า PP มีค่าไม่สูงเกินไป

4) ใช้ไฟฟ้าตอนหัวค่ำ (18:30 - 21:30 น. ของทุกวัน) ให้สม่ำเสมอที่สุดเพื่อให้ค่า P มีค่าไม่สูงเกินไป



รูปที่ 6.4 การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด P ช่วง ON PEAK เพื่อลดค่าไฟฟ้า: อัตรา TOD



รูปที่ 6.5 การเพิ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า E ช่วง OFF PEAK เพื่อลดค่าไฟฟ้า: อัตรา TOD

จากสมการแสดงค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้า $\frac{C}{E}$ สมการที่ (5.15) และสมการที่ (5.18) พบว่าปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าตามอัตรา TOD คือ $\frac{P}{E}$ ดังนั้นหากทำให้อัตราส่วน $\frac{P}{E}$ ลดลงจะทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าลดลงได้อย่างมาก ซึ่งสามารถดำเนินการได้ดังที่แสดงในรูปที่ 6.4 และรูปที่ 6.5 ที่เน้นให้ลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง ON PEAK เพราะใช้เวลาในการควบคุมเพียงวันละ 3 ชั่วโมงเท่านั้นระหว่างเวลา 18:30 น. ถึง 21:30 น. อยู่ในวิสัยที่จะควบคุมได้

6.3 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU)

ก. กรณี $P > OP$ จากสมการที่ (5.12) จะได้

$$C_{E_{\text{เดิม}}} = \frac{DC \times 100}{LF_{\text{เดิม}} \times T} + (EC_1 - EC_2) \times \left(\frac{E_1}{E} \right)_{\text{เดิม}} + EC_2$$

$$\text{และ } C_{E_{\text{ใหม่}}} = \frac{DC \times 100}{LF_{\text{ใหม่}} \times T} + (EC_1 - EC_2) \times \left(\frac{E_1}{E} \right)_{\text{ใหม่}} + EC_2$$

$$\begin{aligned} \Delta C_E &= C_{E_{\text{เดิม}}} - C_{E_{\text{ใหม่}}} \\ &= \frac{DC \times 100}{T} \left[\frac{1}{LF_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{LF_{\text{ใหม่}}} \right] + (EC_1 - EC_2) \left[\left(\frac{E_1}{E} \right)_{\text{เดิม}} - \left(\frac{E_1}{E} \right)_{\text{ใหม่}} \right] \quad (6.3) \end{aligned}$$

สำหรับผู้ซื้อไฟฟ้าจากระบบแรงดัน 12-33 กิโลโวลต์ จะได้

$$\begin{aligned} \Delta C_E &= \frac{553.875}{D} \left[\frac{1}{LF_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{LF_{\text{ใหม่}}} \right] + \\ &1.5036 \times \left[\left(\frac{E_1}{E} \right)_{\text{เดิม}} - \left(\frac{E_1}{E} \right)_{\text{ใหม่}} \right] \quad (6.4) \end{aligned}$$

ข. กรณีที่ $P < OP$ จากสมการที่ (5.13) จะได้

$$\begin{aligned} \Delta C_E &= C_{E_{\text{เดิม}}} - C_{E_{\text{ใหม่}}} \\ &= \frac{DC \times 100}{T} \left[\left(\frac{1}{LF} \times \frac{P}{OP} \right)_{\text{เดิม}} - \left(\frac{1}{LF} \times \frac{P}{OP} \right)_{\text{ใหม่}} \right] + \\ &(EC_1 - EC_2) \left[\left(\frac{E_1}{E} \right)_{\text{เดิม}} - \left(\frac{E_1}{E} \right)_{\text{ใหม่}} \right] \quad (6.5) \end{aligned}$$

สำหรับผู้ซื้อไฟฟ้าจากระบบแรงดัน 12-33 กิโลโวลต์ จะได้

$$\Delta \frac{\%}{E} = \frac{553.875}{T} \left[\left(\frac{1}{LF} \times \frac{P}{OP} \right)_{\text{เดิม}} - \left(\frac{1}{LF} \times \frac{P}{OP} \right)_{\text{ใหม่}} \right] + 1.5036 \times \left[\left(\frac{E_1}{E} \right)_{\text{เดิม}} - \left(\frac{E_1}{E} \right)_{\text{ใหม่}} \right] \quad (6.6)$$

จากสมการที่ (6.4) และสมการที่ (6.6) จะพบว่าผู้ใช้ไฟฟ้าที่เสียค่าไฟฟ้าตามอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) หากประสงค์จะลดค่าไฟฟ้า จะต้องปรับรูปแบบการใช้ไฟฟ้าให้เหมาะสมดังนี้

- 1) เพิ่มโหลดแฟกเตอร์ให้สูงขึ้น
 - 2) ลดสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง On Peak ระหว่างเวลา 09:00 - 22:00 น. ของวันจันทร์ - วันศุกร์ ลงให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
 - 3) เพิ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงกลางคืนของวันจันทร์ - วันศุกร์ ระหว่าง 22:00 - 09:00 น. และช่วงเวลาตลอดวันของวันเสาร์ - วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการ ตามปกติให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
 - 4) จากการดำเนินการตามข้อ 2) จะทำให้เกิดการลดอัตราส่วน $\frac{P}{PP}$ ไปด้วยในตัว
 - 5) ใช้ไฟฟ้าในช่วง On Peak ให้สม่ำเสมอที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง On Peak มีค่าสูงกว่าที่ควรจะเป็น
- จากสมการแสดงค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้า สมการที่ (5.20)

$$\frac{\%}{E} = 132.93 \times \frac{P}{E} + 1.5036 \times \frac{E_1}{E} + 1.1914$$

พบว่าปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าตามอัตรา TOU คือ $\frac{P}{E}$ และ $\frac{E_1}{E}$ ดังนั้นหากผู้ใช้ไฟฟ้าสามารถทำให้อัตราส่วนทั้งสองลดลง จะทำให้ค่าไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าลดลง ซึ่งสามารถดำเนินการได้ 4 แนวทางคือ

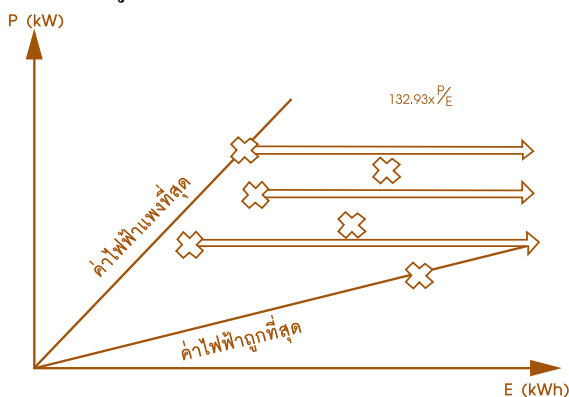
- 1) ปรับวิธีการใช้ไฟฟ้าให้เกิดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด P ช่วง ON

PEAK เป็นสัดส่วนสัมพันธ์กับปริมาณพลังงานไฟฟ้า E ที่ใช้ทั้งเดือน ดังแสดงในรูปที่ 6.6

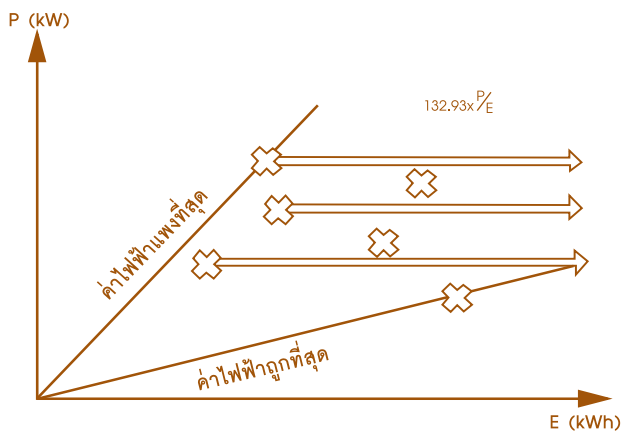
2) ปรับวิธีการใช้ไฟฟ้าโดยรักษาระดับความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด P ช่วง ON PEAK ไว้เท่าเดิม แต่เพิ่มกิจกรรมในช่วง OFF PEAK เพื่อให้ปริมาณพลังงานไฟฟ้า E ที่ใช้ทั้งเดือนเพิ่มขึ้น เพื่อลดอัตราส่วน $\frac{P}{E}$ จะเป็นผลทำให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าลดลงดังแสดงในรูปที่ 6.7

3) ปรับวิธีการใช้ไฟฟ้า โดยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง ON PEAK ระหว่างเวลา 09:00 น. ถึง 22:00 น. ของวันจันทร์ - วันศุกร์ เพื่อลด E1 โดยเลื่อนไปใช้ในช่วงเวลา OFF PEAK แทน จะทำให้ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าลดลงดังแสดงในรูปที่ 6.8

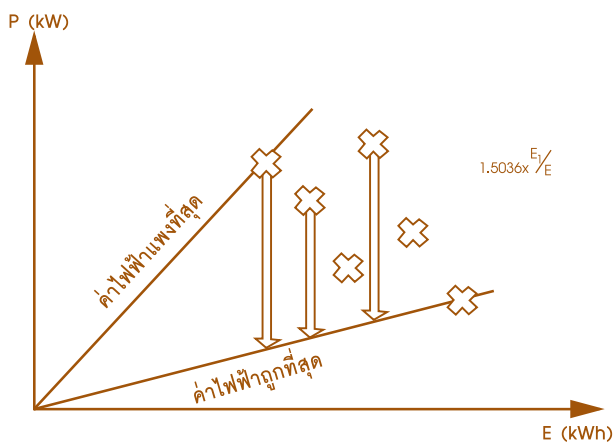
4) ปรับวิธีการใช้ไฟฟ้า โดยรักษาระดับการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง ON PEAK ไว้เท่าเดิม แต่เพิ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วง OFF PEAK เพื่อให้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวมทั้งเดือนเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้ค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าลดลง ดังแสดงในรูปที่ 6.9



รูปที่ 6.6 การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด P ช่วง ON PEAK เพื่อลดค่าไฟฟ้า: อัตรา TOU

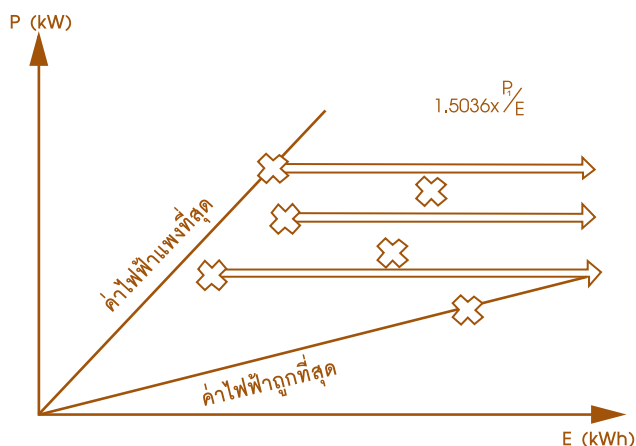


รูปที่ 6.7 การเพิ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า E เพื่อลดค่าไฟฟ้า: อัตรา
TOU



รูปที่ 6.8 การลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า E_1 ช่วง ON PEAK เพื่อลดค่า
ไฟฟ้า: อัตรา TOU

7. การจัดการโหลดเพื่อลดค่าไฟฟ้า



รูปที่ 6.9 การเพิ่มปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า E เพื่อลดค่าไฟฟ้า: อัตรา TOU

7. การจัดการโหลดเพื่อลดค่าไฟฟ้า

หลังจากท่านผู้อ่านได้ทราบรายละเอียดเกี่ยวกับอัตราค่าไฟฟ้าและการคิดค่าไฟฟ้า การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าไฟฟ้ากับลักษณะการใช้ไฟฟ้า ตลอดจนแนวคิดในการลดค่าไฟฟ้าจากการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดแล้ว ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงวิธีการจัดการโหลดเพื่อลดค่าไฟฟ้าในสถานประกอบการต่อไป

7.1 แนวทางของการจัดการโหลด

การจัดการโหลดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ การจัดการโหลดจากทางด้านผู้ผลิตพลังงาน และการจัดการโหลดจากทางด้านผู้ใช้พลังงาน

7.1.1 การจัดการโหลดจากทางด้านผู้ผลิตพลังงาน

การจัดการโหลดในลักษณะนี้จำเป็นต้องพิจารณาสัญญาณระหว่างผู้ผลิตพลังงานและผู้ใช้พลังงาน โดยในที่นี้ คือการไฟฟ้าฯ และผู้ใช้ไฟฟ้าตามลำดับ สำหรับตัวอย่างสัญญาณนี้อาจพิจารณาสัญญาณซื้อขายไฟฟ้าในอัตราค่าไฟฟ้าประเภท



ที่สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ (Interruptible Tariff) ในช่วงเวลาที่จะเกิดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในระบบ การไฟฟ้าฯ จะส่งสัญญาณหรือแจ้งให้ผู้ใช้ไฟฟ้าตัดโหลดของผู้ใช้ไฟฟ้าลงในระดับที่ได้ทำสัญญากันไว้ การจัดการโหลดในกรณีนี้จะใช้กับผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าตั้งแต่ 5,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป และมีปริมาณพลังไฟฟ้าที่สามารถให้จ่ายไฟฟ้าได้ (Interruptible Demand) เมื่อการไฟฟ้าฯ ร้องขอไม่น้อยกว่า 1,000 กิโลวัตต์

7.1.2 การจัดการโหลดจากทางด้านผู้ใช้พลังงาน

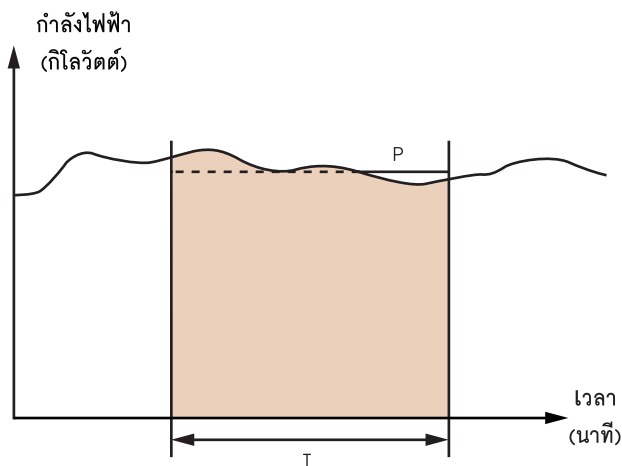
การจัดการโหลดในลักษณะนี้ผู้ใช้พลังงานหรือผู้ใช้ไฟฟ้าจะทำการจัดการโหลดของตนเองให้เหมาะสมซึ่งอาจส่งผลดีต่อหน่วยงานของตนเอง ดังต่อไปนี้

- ความเป็นไปได้ในการเพิ่มกระบวนการผลิตใหม่ โดยไม่ต้องลงทุนเพิ่มเติมมากเกินไป
- ระบบไฟฟ้าสามารถเพิ่มความสามารถในการจ่ายโหลดเฉลี่ยได้สูงขึ้น
- เพิ่มปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้ โดยไม่ทำให้ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มขึ้น
- ลดค่าไฟฟ้าได้ หรือเสียค่าไฟฟ้าเท่าเดิมแต่สามารถใช้พลังงานไฟฟ้าได้มากขึ้น เป็นต้น

7.2 การหาความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

การใช้ไฟฟ้าโดยทั่ว ๆ ไปย่อมมีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ อยู่ตลอดเวลา ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่การไฟฟ้าจะนำไปใช้ในการคิดค่าไฟฟ้า จึงต้องใช้หลักการของการใช้ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ใช้ไปในช่วงเวลาที่ได้กำหนดไว้ สำหรับการซื้อขายไฟฟ้าระหว่างกรไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายกับผู้ใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยจะใช้ช่วงเวลา 15 นาทีในการหาค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย แล้วเรียกค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่ได้นี้ว่าความต้องการพลังไฟฟ้า เราจะเรียกค่าความต้องการพลังไฟฟ้าครั้งที่มีค่าสูงที่สุด

ในแต่ละเดือน ว่าเป็น ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Demand)



รูปที่ 7.1 ลักษณะการใช้ไฟฟ้าและค่าความต้องการพลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

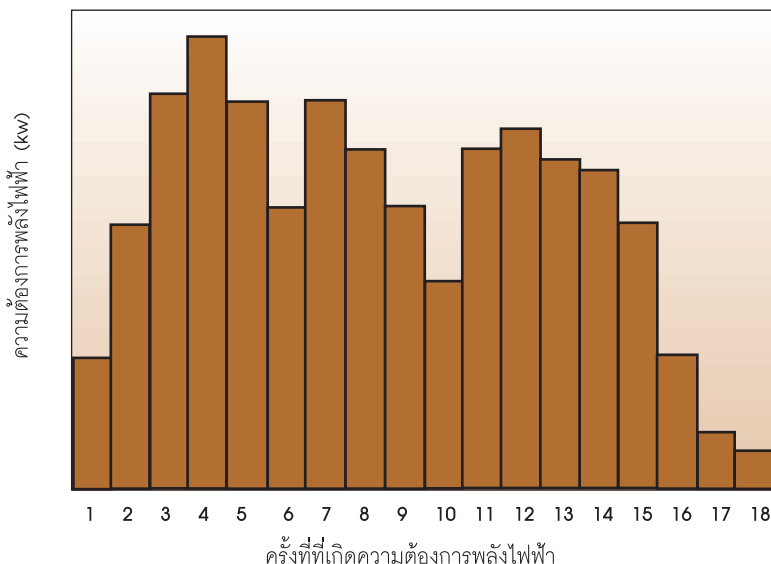
จากรูปที่ 7.1 จะได้

$$\begin{aligned}
 P \times T &= \int_0^{15 \text{ นาที}} P(t) \cdot dt \\
 P \times T &= E \\
 \text{ดังนั้น } P &= \frac{E}{15 \text{ นาที}} \quad (7.1)
 \end{aligned}$$

จากสมการที่ (7.1) ให้ความหมายว่าในช่วงเวลา 15 นาทีใดๆ หากมีการใช้พลังงานไฟฟ้าไปทั้งหมด E หน่วย (หรือกิโลวัตต์-ชั่วโมง) จะเกิดความต้องการพลังไฟฟ้าขึ้นคิดเป็น 4 เท่าของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ได้ใช้ไป เช่น ใช้พลังงานไฟฟ้าไป 50 หน่วย จะคิดเป็นความต้องการพลังไฟฟ้าได้ 200 กิโลวัตต์ เป็นต้น

7.3 ตัวประกอบโหลด (Load Factor)

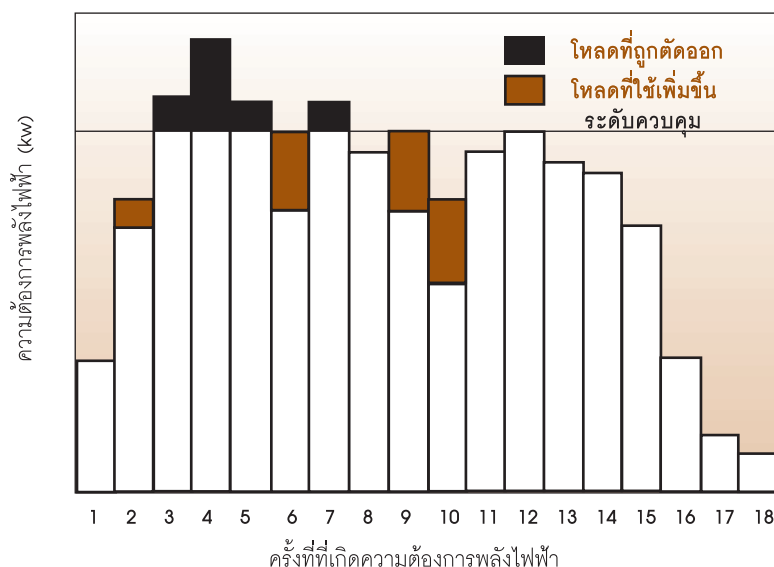
ค่าตัวประกอบโหลดตามที่แสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 5.1 นั้น มักใช้ในการอธิบายความสัมพันธ์ของการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้า ทั้งนี้ตัวประกอบโหลดอาจมีความหมายเป็นอย่างอื่นตามมุมมองของผู้ใช้ไฟฟ้าก็ได้ เช่น ผู้ใช้ไฟฟ้าอาจกำหนดนิยามให้ตัวประกอบโหลดมีค่าเป็นอัตราส่วนของโหลดที่เกิดขึ้นจริงต่อขนาดพิกัดของระบบที่ต้องรับโหลดนั้น เช่น ตัวประกอบโหลดของหม้อแปลง เป็นต้น



รูปที่ 7.2 รูปแบบของโหลดที่ไม่มีการควบคุมค่าตัวประกอบโหลด(LF=60%)

โดยภาพรวมแล้วการใช้ไฟฟ้าในลักษณะที่ทำให้เกิดค่าตัวประกอบโหลดสูงจะมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงกว่า เช่น หากย้อนกลับไปที่พิจารณาสมการที่ (5.5) ถึงสมการที่ (5.13) พบว่าถ้าตัวประกอบโหลดสูงขึ้น ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยไฟฟ้าจะลดลง รูปที่ 7.2 แสดงการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลา 4.5 ชั่วโมงที่ทำให้เกิดความต้องการพลังงานขึ้น 18 ครั้ง การใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาดังกล่าวนี้นับเป็นค่า

ตัวประกอบโหลดได้ร้อยละ 60 จากนิยามของตัวประกอบโหลด หากลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลงด้วยการย้ายการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าค่าสูงๆ ไปใช้ในช่วงที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าค่าต่ำๆ ซึ่งยังทำให้โหลดเฉลี่ยมีค่าเท่าเดิม แต่ตัวประกอบโหลดจะมีค่าสูงขึ้น ดังเช่นที่แสดงในรูปที่ 7.3 ซึ่งให้ค่าตัวประกอบโหลดร้อยละ 80

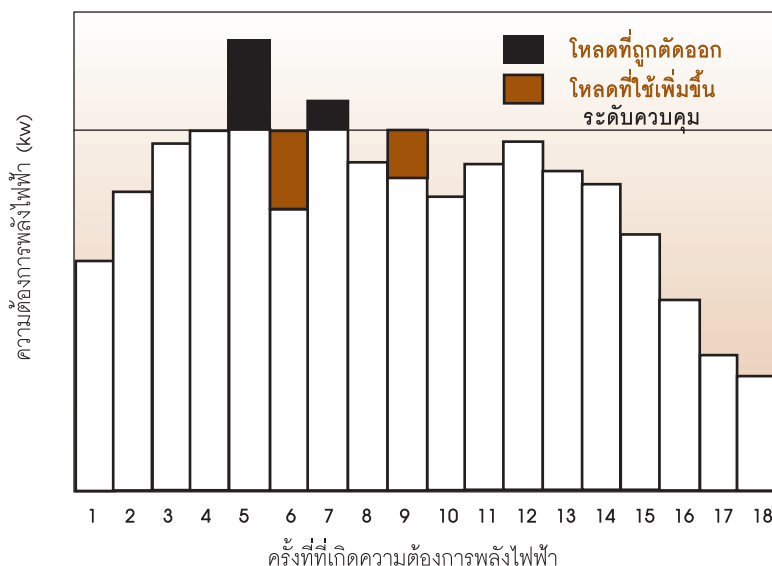


รูปที่ 7.3 รูปแบบของโหลดที่มีการควบคุมค่าตัวประกอบโหลด ($LF = 80\%$)

7.4 ชนิดของการควบคุมตัวประกอบโหลด

ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้นอาจจะไม่สูงมาก โดยอุปกรณ์ที่ใช้อาจเป็นเพียงตัวส่งสัญญาณเตือนหรือเครื่องขับเคลื่อนอย่างง่าย ๆ เท่านั้น เครื่องควบคุมโหลดอย่างง่ายราคาถูกนั้นจะตัดโหลดที่จะทำให้เกิดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงกว่าค่าที่กำหนด ดังรูปที่ 7.4 ทำให้ค่าตัวประกอบโหลดมีค่าสูงขึ้น

ในบางกรณี เช่นผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหญ่ขึ้นเราอาจใช้เครื่องควบคุมแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 7.4 รูปแบบของโหลดที่มีการตัดโหลดที่สูงกว่าค่าที่กำหนดออกเพื่อเพิ่มตัวประกอบโหลด

ในการควบคุมโหลดเพื่อเพิ่มประโยชน์ที่จะได้รับจากการลดค่าไฟฟ้า นอกจากนี้ควรพิจารณาปรับรูปแบบการใช้ไฟฟ้าให้มีรูปแบบที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

กรณีที่เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าเสียค่าไฟฟ้าแบบอัตราปกติ ควรใช้ไฟฟ้าให้สม่ำเสมอที่สุด เช่นในรูปที่ 7.3 มีการเพิ่มการใช้ไฟฟ้าในจังหวะที่ 2 ลดการใช้ไฟฟ้าในจังหวะที่ 3, 4 และ 5 เป็นต้น สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าตามอัตรา TOD ต้องหลีกเลี่ยงการใช้ไฟฟ้าระหว่างเวลา 18:30 น. ถึง 21:30 น. วันละ 3 ชั่วโมงทุกวัน ส่วนผู้ใช้ไฟฟ้าตามอัตรา TOU ควรพิจารณาเพิ่มการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางคืนระหว่างเวลา 22:00 น. ถึง 09:00 น. ของวันรุ่งขึ้นที่เป็นวันทำงานตามปกติ และเพิ่มการใช้ไฟฟ้าตลอด 24 ชั่วโมงของวันหยุดเสาร์ - อาทิตย์และวันหยุดราชการตามปกติ

7.4.1 การปลดโหลดด้วยมือ

การปลดโหลดเพื่อลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดด้วยวิธีนี้ใช้เพียงเครื่องส่งสัญญาณเตือนประเภทกริ่งหรือหลอดไฟเพื่อส่งเสียงหรือแสงเตือน โดยอาจติดตั้งอยู่ที่ศูนย์ควบคุมการทำงานส่วนกลาง หรือบริเวณโหลดขนาดใหญ่ที่สามารถปลดออกจากระบบในจังหวะที่ต้องการหรือลดโหลดการทำงานลง โดยไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตหลัก

การตัดสินใจปลดโหลดออกจากระบบอาจเป็นหน้าที่ของพนักงานควบคุมเครื่องจักร หรือผู้จัดการโรงงานที่จะเลือกที่จะปลดโหลดหรือเครื่องจักรตัวใดออก

7.4.2 การปลดโหลดแบบอัตโนมัติ

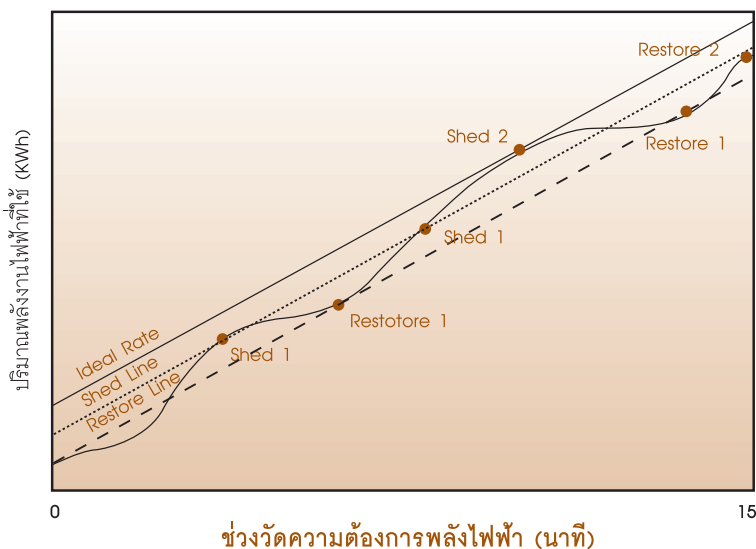
การปลดโหลดด้วยวิธีนี้ต้องระบุโหลดที่จะปลดก่อนว่าเป็นตัวใด โดยปกติแล้วจะเป็นโหลดที่ไม่ค่อยมีความสำคัญ ซึ่งสามารถปลดออกจากระบบได้เมื่อจำเป็น และเมื่อพ้นช่วงเวลาวิกฤตไปแล้วโหลดดังกล่าวจะถูกต่อกลับเข้าไปกับระบบได้อีกครั้งโดยเครื่องควบคุมอัตโนมัติ

ก. เครื่องควบคุมโหลดแบบเปรียบเทียบ

เครื่องควบคุมแบบนี้จะปลดโหลดได้ 2 จังหวะ โดยไม่รบกวนการทำงานของโหลดที่สำคัญ วิธีการทำงานอธิบายอย่างคร่าวๆ ได้โดยอาศัยรูปที่ 7.5 ประกอบการพิจารณา

เมื่อเส้นแสดงสภาพการใช้งานโหลดขึ้นไปตัดเส้น Shed Line เครื่องควบคุมจะสั่งปลดโหลดที่ไม่สำคัญ (โหลดชุดที่ 1) ออกจากระบบ เมื่อเวลาผ่านไปการใช้ไฟฟ้าทำให้เส้นแสดงสภาพโหลดไปตัดกับเส้น Restore Line เครื่องควบคุมจะสั่งต่อโหลดที่ถูกปลดออกไปกลับเข้าระบบใหม่อีกครั้งก่อนที่จะครบเวลา 15 นาทีของการต้องการพลังงานไฟฟ้า อย่างไรก็ตามหากโหลดสูงขึ้นจนไปตัดเส้น Shed Line อีกครั้ง เครื่องควบคุมก็จะสั่งปลดโหลดดังกล่าวอีกครั้ง และถ้าโหลดยังสูงขึ้นไปอีกจนตัดเส้น Ideal Rate เครื่องควบคุมจะสั่งปลดโหลดที่มีความสำคัญในลำดับถัดไป

(โหลดชุดที่ 2) ออกจากระบบเพื่อควบคุมการใช้ไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่กำหนด หลังจากนั้นถ้าหากโหลดลดลงจนผ่านเส้น Shed line อีกครั้ง เครื่องควบคุมจะยังไม่สั่งต่อโหลดชุดที่ 2 เข้าระบบจนกว่าจะหมดช่วงเวลาการวัดความต้องการพลังไฟฟ้า ในช่วงนั้น เนื่องจากโหลดชุดที่ 2 นี้ก็จะไม่ถูกปลดออกจากระบบบ่อยนัก แต่จะถูกปลดตอนช่วงท้ายๆ ของช่วงเวลาวัดความต้องการพลังไฟฟ้า แต่ถ้าโหลดยังลดลงไปอีกจนเส้นแสดงสภาพโหลดตัดกับเส้น Restore Line เครื่องควบคุมก็จะสั่งต่อโหลดชุดที่ 1 กลับเข้าระบบ เครื่องควบคุมนี้ประกอบด้วยส่วนการพิมพ์ผล โดยที่ส่วนแสดงผลจะแสดงผลการทำงานเป็นภาพด้วย การทำงานของเครื่องควบคุมต้องดำเนินไปพร้อมกันกับการวัดกับเครื่องวัดไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ ด้วย เพื่อจะได้วัดความต้องการพลังไฟฟ้าค่าเดียวกัน

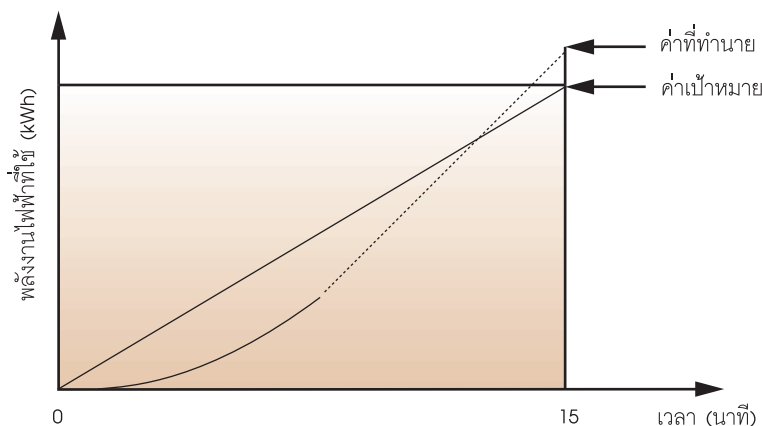


รูปที่ 7.5

ข. เครื่องควบคุมโหลดแบบทำนาย (Predicting)

เครื่องควบคุมประเภทนี้ จะมีการออกแบบที่ก้าวหน้ากว่าและทำงานบน

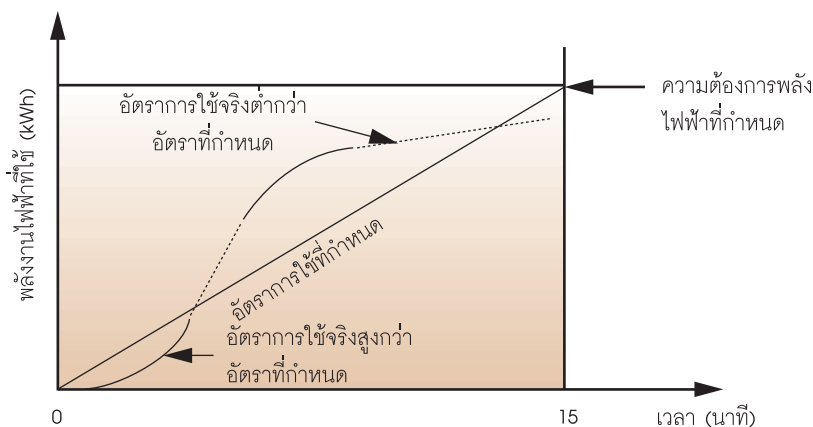
พื้นฐานของการทำนายเหตุการณ์ล่วงหน้ามากกว่าการทำงานแบบเปรียบเทียบ ในช่วงเริ่มต้นของช่วงเวลาที่วัดความต้องการพลังไฟฟ้า โหลดทั้งหมดจะถูกประเมินและคำนวณเพื่อดูว่าถ้าอัตราการใช้อยู่ในระดับหนึ่ง เมื่อครบช่วงเวลาที่กำหนดแล้ว ความต้องการพลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้หรือไม่ หากผลการทำนายพบว่าเกินกว่าค่าที่กำหนด เครื่องควบคุมจะสั่งการปลดโหลดที่กำหนดไว้อกจากระบบ แต่ถ้ามีโหลดถูกปลดออกก่อนหน้านี้ และการทำนายพบว่าโหลดไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ เครื่องควบคุมจะสั่งต่อโหลดกลับเข้าระบบตามเดิม เราสามารถพิจารณา รูปที่ 7.6 ประกอบการทำงานของเครื่องควบคุมโหลดในลักษณะ ดังกล่าว



รูปที่ 7.6 การทำนายความต้องการพลังไฟฟ้าล่วงหน้า

ก. เครื่องควบคุมโหลดแบบทันที

กรณีที่โหลดมีความซับซ้อน เครื่องควบคุมโหลดแบบทันทีจะมีความเหมาะสมมากกว่าสองแบบแรก การทำงานของเครื่องควบคุมแบบนี้จะต่างจากแบบทำนายดังกล่าวข้างต้น ซึ่งอาศัยการทำนายความต้องการพลังไฟฟ้า ณ เวลาจบช่วงเวลาวัดความต้องการพลังไฟฟ้า แต่เครื่องควบคุมโหลดแบบทันทีจะใช้อัตราการใช้พลังงาน ณ เวลาใด ๆ ตลอดช่วงการวัดในการทำนายค่าความต้องการพลัง



รูปที่ 7.7 การทำนายความต้องการพลังไฟฟ้าทันที

ไฟฟ้า ถ้า ณ เวลาใดเวลาหนึ่งอัตราการใช้พลังงานจริงมีค่าสูงกว่าค่าอัตราใช้พลังงานที่กำหนดไว้ แสดงให้เห็นว่าถ้าปล่อยให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างนี้ต่อไปเรื่อยๆ เมื่อจบช่วงเวลาการวัดจะเกิดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงกว่าค่าที่กำหนด จึงต้องมีการปลดโหลดออกจากระบบ แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าอัตราการใช้พลังงานจริงมีค่าต่ำกว่าอัตราการใช้พลังงานที่กำหนดไว้ แสดงว่าความต้องการพลังไฟฟ้าจะต่ำกว่าค่าที่กำหนด จึงต่อโหลดเพิ่มเข้าไปในระบบได้ การควบคุมในลักษณะนี้จะทำให้เส้นโค้งโหลดรายวันมีความสม่ำเสมอมากขึ้น ผลลัพธ์จะให้ค่าโหลดแฟกเตอร์สูงขึ้น

7.5 การประยุกต์ใช้งานให้สมบูรณ์

การใช้เครื่องควบคุมโหลดนั้น มิได้หมายความว่าเราจะเพิ่มโหลดแฟกเตอร์ไม่ได้หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตปกติที่ทำอยู่ทุกวัน ในหลายๆ กรณีนั้น ไม่จำเป็นต้องไปเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการทำงานพื้นฐานที่ใช้อยู่ แต่ควรพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของการกระจายโหลดให้สม่ำเสมอมากขึ้น ก็จะทำให้ได้รับประโยชน์สูงขึ้น

การควบคุมที่หน้างานหรือที่ศูนย์กลาง

การควบคุมที่หน้างานสามารถทำได้กับระบบขนาดเล็ก พื้นที่ไม่กว้างมาก ในกรณีที่เป็นระบบขนาดใหญ่ครอบคลุมพื้นที่กว้างขวาง อีกทั้งโหลดอยู่กระจัดกระจายห่างจากจุดควบคุม การควบคุมในลักษณะนี้ควรใช้การควบคุมจากศูนย์กลาง โดยการใช้ระบบโทรศัพท์หมุนอัตโนมัติในการรับ-ส่งข้อมูล ตลอดจนสัญญาณควบคุมต่างๆ การวางระบบควบคุมต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายและปัญหาทางเทคนิคในการเดินสายสัญญาณต่างๆ ด้วย

โปรแกรมควบคุมโหลด

เราควรทำการพัฒนาโปรแกรมควบคุมโหลดอย่างง่ายขึ้นมาโดยจำกัดขอบเขตเฉพาะเรื่องการตัดสินใจว่าจะปลดโหลดตัวใดออกจากระบบ จะปลดโหลดในลักษณะลำดับก่อนหลังอย่างไร และจะปลดโหลดนานเพียงใด โปรแกรมเหล่านี้อาจสั่งโหลดให้ทำงานเป็นวัฏจักรตามขั้นตอนที่ได้มีการกำหนดไว้ล่วงหน้า โปรแกรมที่มีความซับซ้อนมากขึ้นจะสามารถแก้ไขโหลดให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น และต้องการข้อมูลมากขึ้น ซึ่งเป็นข้อมูลเกี่ยวกับลำดับความสำคัญของโหลดแต่ละตัว ขนาดของโหลดแต่ละตัว ช่วงเวลาสูงสุดและต่ำสุดของการปลดโหลด พร้อมอัตราส่วนของมัน ตลอดจนจำนวนครั้งของการเริ่มเดินเครื่องที่ยอมให้เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่กำหนด

เมื่อข้อมูลข่าวสารเหล่านี้ได้รับการพัฒนาขึ้นและป้อนเข้าสู่เครื่องควบคุมแล้ว ระบบจะใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการปรับโหลดไม่ให้ความต้องการพลังงานสูงสุดมีค่าเกินกว่าค่าที่กำหนดไว้ และในขณะเดียวกันก็เกิดการใช้ประโยชน์สูงสุดด้วย

ตามปกติไม่ว่าจะใช้โปรแกรมแบบใดก็จำเป็นที่จะต้องมีการปรับตั้งการควบคุมโดยอาศัยความรู้ในเรื่องการทำงานและกระบวนการผลิตของโรงงาน ดังนั้นผู้จัดการโรงงานจึงต้องเข้ามามีส่วนร่วมในการปรับตั้งโปรแกรมควบคุมโหลดด้วย ทั้งนี้เมื่อใช้โปรแกรมใดๆ ก็ตาม ความต้องการด้านความปลอดภัยยังต้องเป็นไปตาม



8. ตัวประกอบกำลังและการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง

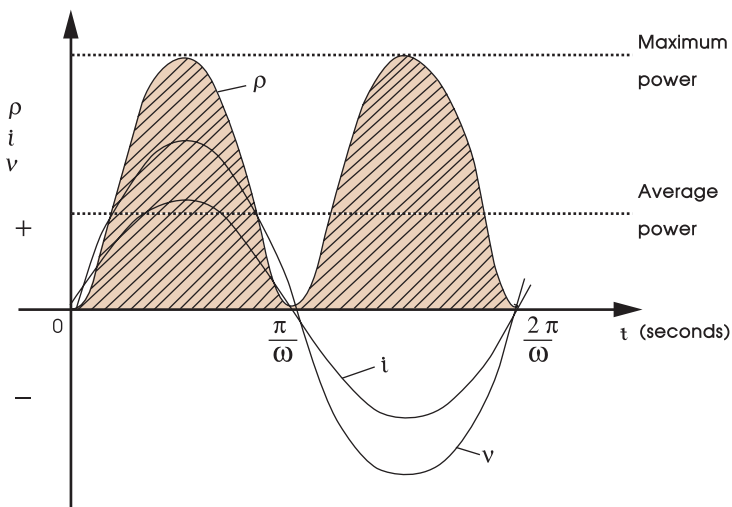
ที่มาตรฐานกำหนด โดยการผลิตต้องไม่เสี่ยงอันตรายและไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพการทำงาน

8. ตัวประกอบกำลังและการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง

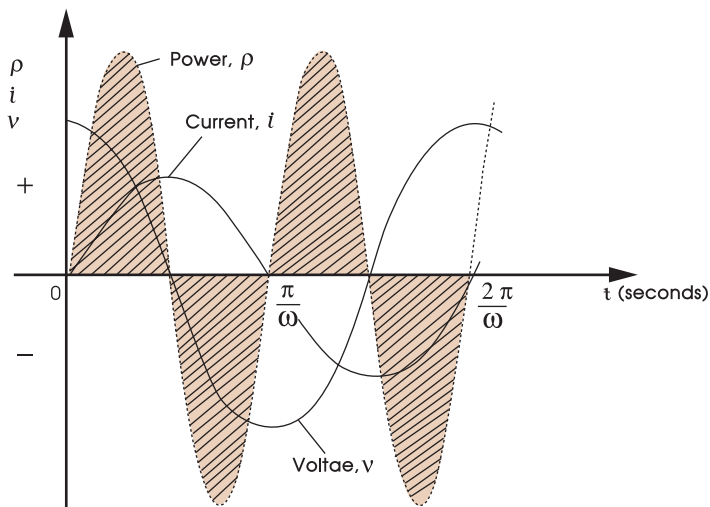
กระแสไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าซื้อจากการไฟฟ้าฯ จะอยู่ในรูปของกระแสสลับโดยมีค่าแปรเปลี่ยนตามเวลา มีรูปคลื่นแบบรูปคลื่นไซน์ที่เกิดขึ้นซ้ำเดิม 50 ครั้งในเวลา 1 วินาที ดังนั้นความถี่ของกระแสไฟฟ้าจะเป็น 50 Hz.

ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้านั้น เกิดจากส่วนประกอบหลายส่วน ส่วนประกอบเหล่านี้ประกอบด้วยกระแสที่ถูกใช้โดยโหลดที่มีส่วนประกอบแบบความต้านทาน แบบความเหนี่ยวนำ และแบบความจุไฟฟ้า ในโหลดแบบความต้านทาน กระแสจะแปรเปลี่ยนตามแรงดัน ดังนั้นกระแสจะเกิดพร้อมหรืออินเฟสกับแรงดันดังแสดงในรูปที่ 8.1 โหลดแบบความต้านทานที่พบเห็นโดยทั่วไปได้แก่ หลอดอินแคนเดสเซนต์หรือหลอดไส้ เครื่องทำความร้อนไฟฟ้า สำหรับโหลดแบบความเหนี่ยวนำ กระแสจะต่างเฟสจากแรงดันโดยจะตามหลังแรงดัน ดังแสดงในรูปที่ 8.2 โหลดประเภทนี้ที่พบเห็นโดยทั่วไปได้แก่ มอเตอร์เหนี่ยวนำ ในโหลดแบบความจุไฟฟ้า กระแสก็จะต่างเฟสจากแรงดันโดยในกรณีนี้ จะนำหน้าแรงดัน ดังแสดงในรูปที่ 8.3 โหลดแบบความจุไฟฟ้าที่เรารู้จักกันดีคือ ตัวเก็บประจุที่ใช้เพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง โหลดแบบความเหนี่ยวนำหรือโหลดแบบความจุไฟฟ้าจะถูกจัดเป็นโหลดรีแอกทีฟ

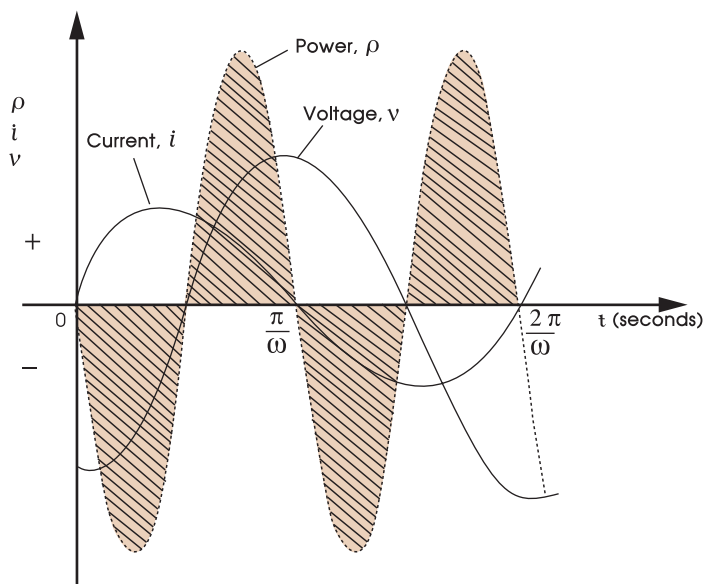
ในทางปฏิบัติ โหลดส่วนใหญ่จะมีได้เป็นเช่น โหลดแบบความต้านทานแบบความเหนี่ยวนำ หรือแบบความจุไฟฟ้าเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น เช่น ขดลวดของมอเตอร์เหนี่ยวนำจะเป็นโหลดแบบความเหนี่ยวนำ และแบบความต้านทาน ด้วยอันเนื่องมาจากความต้านทานของตัวนำทองแดงของขดลวดนั่นเอง



รูปที่ 8.1 รูปคลื่นของแรงดัน กระแส และกำลังในโหลดแบบความต้านทาน



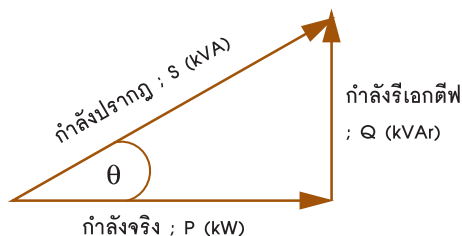
รูปที่ 8.2 รูปคลื่นของแรงดัน กระแส และกำลังในโหลดแบบความเหนี่ยวนำ



รูปที่ 8.3 รูปคลื่นของแรงดัน กระแส และกำลังในโหลดแบบความจุไฟฟ้า

ความสำคัญของโหลดชนิดต่างๆ เหล่านี้คือ กำลังจริงหรือกำลังที่ใช้ประโยชน์ได้จะเกิดขึ้นบนส่วนของโหลดแบบความต้านทานเท่านั้น โดยที่กระแสจะมีมุมหรือเฟสเช่นเดียวกันกับกับแรงดัน สำหรับโหลดรีแอคทีฟจะใช้เฉพาะกำลังที่ไม่ใช่ค่าวัด แต่เป็นกำลังรีแอคทีฟเท่านั้น เมื่อนำกำลังจริงรวมกับกำลังรีแอคทีฟแบบเวกเตอร์ จะได้กำลังปรากฏ หรือกำลังรวมดังแสดงในรูปที่ 8.4 โดยที่กำลังรีแอคทีฟจะมีมุมตั้งฉากกับกำลังจริงเสมอ

กำลังจริงจะมีหน่วยวัดเป็นวัตต์ (W) กิโลวัตต์ (kW) หรือเมกะวัตต์ (MW) กำลังรีแอคทีฟจะมีหน่วยวัดเป็นโวลต์แอมแปร์รีแอคทีฟหรือวาร์ (VAr) กิโลโวลต์แอมแปร์รีแอคทีฟหรือเควาร์ (kVAr) หรือเมกะโวลต์แอมแปร์รีแอคทีฟหรือเอ็มวาร์ (MVar) สำหรับกำลังปรากฏจะมีหน่วยวัดเป็นโวลต์แอมแปร์หรือวีเอ (VA) กิโลโวลต์แอมแปร์หรือเควีเอ (kVA) หรือเมกะโวลต์แอมแปร์หรือเอ็มวีเอ (MVA)



$$\cos \theta = \text{ตัวประกอบกำลัง ; PF}$$

รูปที่ 8.4 ความสัมพันธ์ของกำลังจริง P (kW) กำลังรีเอคทีฟ Q (kVAr) และกำลังปรากฏ S (kVA)

อัตราส่วนของกำลังจริงต่อกำลังปรากฏ คือ ตัวประกอบกำลัง

$$\text{ตัวประกอบกำลัง ; PF} = \frac{\text{กำลังจริง ; P}}{\text{กำลังปรากฏ ; S}} \quad (8.1)$$

สำหรับตัวต้านทานในอุดมคติ จะมีค่าตัวประกอบกำลังเป็น 1.0 ตัวเหนี่ยวนำจะมีค่าตัวประกอบกำลังเป็น 0.0 แบบตามหลัง และตัวเก็บประจุจะมีค่าตัวประกอบกำลังเป็น 0.0 แบบนำหน้า

สำหรับโหลดแบบเชิงเส้น จากสามเหลี่ยมกำลังในรูปที่ 8.4 พบว่าตัวประกอบกำลังจะมีค่าเท่ากับโคไซน์ของมุมเนื่องจากกำลังปรากฏสามารถคำนวณค่าได้อย่างง่ายๆ จากผลคูณของแรงดันและกระแสที่วัดค่ามา ดังนั้นหากทราบค่าตัวประกอบกำลังของโหลด จะคำนวณหาค่ากำลังจริงได้จากสมการที่ (8.2) หรือสมการที่ (8.3)

$$\begin{aligned} \text{กำลังจริง ; P (kW)} \\ (1 \text{ เฟส}) \end{aligned} = \frac{V \cdot I}{1000} \times \text{PF} \quad (8.2)$$



$$\text{กำลังจริง ; } P (\text{kW}) = \frac{\sqrt{3} \cdot V \cdot I}{1000} \times \text{PF} \quad (8.3)$$

(3 เฟส)

หากเราไม่ทราบค่าตัวประกอบกำลัง หรือตัวประกอบกำลังมีค่าแปรเปลี่ยน การหาค่ากำลังจริงต้องใช้เครื่องวัดที่สามารถวัดกำลังจริงได้ นั่นคือต้องใช้วัตต์มิเตอร์

8.1 ตัวประกอบกำลัง

ในระบบไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารพาณิชย์โดยมาก โหลดส่วนใหญ่จะเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า หลอดปล่อยประจุในก๊าซ (Gas discharge) เตาเผา เตาอบแห้งแบบเหนี่ยวนำ และเครื่องเชื่อม โหลด เหล่านี้เป็นโหลดแบบความเหนี่ยวนำและมีตัวประกอบกำลังแบบตามหลัง โดยค่าตัวประกอบกำลังอาจมีค่าต่ำถึง 0.7 หรือต่ำกว่า โหลดที่มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำจะใช้กระแสสูงกว่าปกติ ดังตัวอย่างการคำนวณดังต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 :

แหล่งจ่ายกำลัง : 220 โวลต์ 1 เฟส

กำลังขาเข้าของมอเตอร์เหนี่ยวนำ : 3 kW

ตัวประกอบกำลังของมอเตอร์เหนี่ยวนำ : 0.7

จากสมการที่ (8.2) จะหากระแสได้ดังนี้

$$\begin{aligned} I &= \frac{P \times 1000}{V \cdot \text{PF}} \\ &= \frac{3 \times 1000}{220 \times 0.7} = 19.5 \text{ A.} \end{aligned}$$

อย่างไรก็ตาม หากตัวประกอบกำลังมีค่าเป็น 1.0 กระแสจะลดลงเหลือเพียง

$$I = \frac{3 \times 1000}{220 \times 1.0} = 13.6 \text{ A.}$$

ลดกระแสได้ 5.9 A. หรือ 30.3 %

ตัวอย่างที่ 2 :

แหล่งจ่ายกำลัง : 380 โวลต์ 3 เฟส

กำลังขาเข้าของมอเตอร์เหนี่ยวนำ : 260 kW

ตัวประกอบกำลังของมอเตอร์เหนี่ยวนำ : 0.7

$$I = \frac{P \times 1000}{\sqrt{3} \cdot V \cdot PF}$$

$$= \frac{260 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.7} = 564 \text{ A.}$$

$$S = \frac{P}{PF} = \frac{260}{0.7} = 371 \text{ kVA.}$$

หากตัวประกอบกำลังมีค่าเป็น 1.0 จะได้

$$I = \frac{260 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 1.0} = 395 \text{ A.}$$

S = 260 kVA

ลดกระแสได้ 169 A. หรือ 30 %

ลดกำลังปรากฏได้ 111 kVA. หรือ 30 %

จากตัวอย่างดังกล่าว เราจะพบว่ายิ่งตัวประกอบกำลังมีค่าต่างจาก 1.0 มากเท่าใด กระแสที่ต้องใช้เพื่อสร้างกำลังจริงเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ก็จะต้องมากขึ้นเท่านั้น กระแสที่ต้องใช้เพิ่มขึ้นนี้จะมีผลต่อขนาดของอุปกรณ์ต่างๆ อย่างเห็นได้ชัด เช่น ต้องเพิ่มขนาดของสวิตช์เกียร์ ฟิวส์ สายเคเบิล ตลอดจนหม้อแปลง ทำให้ต้องเพิ่มค่าใช้จ่าย จากตัวอย่างที่ 2 พบว่า หากต้องการจ่ายไฟฟ้าให้กับโหลดขนาด 260 kW แรงดัน 380 โวลต์ ที่ตัวประกอบ กำลัง 0.7 สวิตช์เกียร์ที่ใช้ในระบบนี้ต้องมีพิกัด

กระแสไม่ต่ำกว่า 600 A. และต้องใช้หม้อแปลงขนาดประมาณ 500 kVA เพราะเป็นขนาดมาตรฐานที่ผลิตขายอยู่ในท้องตลาด สำหรับสายเคเบิลนั้นต้องเลือกใช้สายตัวนำทองแดงที่มีพื้นที่หน้าตัดของตัวนำขนาด 300 mm² ติดตั้งบนรางเดินสายไฟฟ้า

หากตัวประกอบกำลังได้รับการปรับปรุงแก้ไขให้มีค่าเพิ่มเข้าใกล้ 1.0 กระแสไฟฟ้าจะลดลงจาก 564 A. เหลือเพียง 395 A. ลดลงไป 169 A. หรือ 30% จึงสามารถลดขนาดกระแสฟลักซ์ของสวิตช์เกียร์ให้เหลือเพียง 450 A. ได้ สำหรับกำลังปรากฏจะลดลงเหลือเพียง 260 kVA จึงใช้หม้อแปลงขนาด 300 kVA ได้ (หากมีจำหน่าย) และลดขนาดของสายเคเบิลลงเหลือเพียงขนาดพื้นที่หน้าตัดเป็น 185 mm² เท่านั้น

ในการส่งกระแสไฟฟ้าให้โหลดนั้นจะมีการเกิดการสูญเสียในระบบไฟฟ้าด้วยการสูญเสียในรูปความร้อนจะมากขึ้นที่ตัวประกอบกำลังต่ำ โดยแปรเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสยกกำลังสอง และรู้จักกันในทอมของการสูญเสีย I^2R นอกจากนี้ ยังเกิดแรงดันตก เนื่องจากอิมพีแดนซ์ของระบบในรูปของ IZ

เราจะสังเกตเห็นได้ชัดว่าการสูญเสียในระบบไฟฟ้าเนื่องจากผลของตัวประกอบกำลังต่ำจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ในกรณีนี้การไฟฟ้าฯ จะเรียกเก็บค่าปรับจากผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีตัวประกอบกำลังต่ำกว่าเกณฑ์ที่การไฟฟ้าฯ กำหนดไว้

8.2 ประโยชน์จากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง

การเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าให้มีค่าสูงขึ้นจะมีผลดีต่อระบบไฟฟ้าหลายประการ เช่น

1. ลดกระแสไฟฟ้าที่ไหลอยู่ในระบบไฟฟ้า ตั้งแต่แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าจนถึงตำแหน่งที่ติดตั้งตัวเก็บประจุกำลังไฟฟ้า
2. ลดกำลังสูญเสียในระบบไฟฟ้าลง ซึ่งจะมีผลดีต่ออุปกรณ์จ่ายกำลังไฟฟ้าต่างๆ เช่น หม้อแปลง สายเคเบิล เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟิวส์ ฯลฯ



3.ลดแรงดันตกในระบบไฟฟ้าลง ทำให้ระดับของแรงดันไฟฟ้ามีความมั่นคงมากขึ้น แรงดันไฟฟ้าที่ตำแหน่งปลายสุดของสายป้อนไม่ตกมาก ทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต่ออยู่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

4.เพิ่มขีดความสามารถในการรับหรือจ่ายกำลังไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าให้สูงขึ้น ทำให้สามารถขยายการใช้ไฟฟ้า หรือเพิ่มโหลดได้โดยไม่ต้องเพิ่มขนาดของอุปกรณ์รับจ่ายกำลังไฟฟ้า

5.ผลพลอยได้อีกอย่างคือ ลดค่าปรับที่การไฟฟ้าฯเรียกเก็บเมื่อค่าตัวประกอบกำลังของผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนด เช่น 0.85 เป็นต้น

8.3 ลดกระแสไฟฟ้า

ในระบบ 3 เฟสโหลดสมดุล จะหาค่ากระแสได้ดังนี้

$$I = \frac{P(\text{kW}) \times 1000}{\sqrt{3} \times V \times \text{PF}} \quad (8.4)$$

กำหนดให้ $V = 380$ โวลต์ จะได้

$$\frac{I}{\text{kW}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 380 \times \text{PF}} = \frac{1.52}{\text{PF}} \quad (8.5)$$

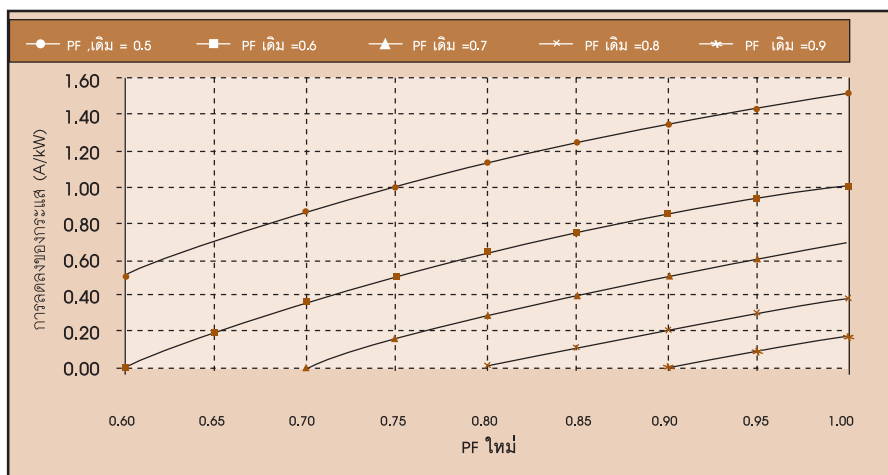
$$\frac{\Delta I}{\text{kW}} = \frac{I_{\text{เดิม}}}{\text{kW}} - \frac{I_{\text{ใหม่}}}{\text{kW}} = 1.52 \times \left[\frac{1}{\text{PF}_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{\text{PF}_{\text{ใหม่}}} \right] \quad (8.6)$$

จากตารางที่ 8.1 หรือรูปที่ 8.5 พบว่า เมื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังจาก 0.7 (หรือ 70 %) เป็น 0.95 (หรือ 95 %) กระแสไฟฟ้าจะลดลง 0.57 A./kW หากโรงงานใช้โหลดประมาณ 1,000 kW จะลดกระแสไฟฟ้าลงได้ 570 แอมแปร์

PF เดิม	PF ใหม่						
	0.60	0.70	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.5	0.51	0.87	1.14	1.250.63	1.35	1.44	1.52
0.6	-	0.36	0.63	0.75	0.84	0.93	1.01
0.7	-	-	-	0.38	0.48	0.57	0.65
0.8	-	-	-	0.11	0.21	0.30	0.38
0.9	-	-	-	-	-	0.09	0.17

ตารางที่ 8.1 ปริมาณกระแสที่ลดลงต่อโหลด 1 กิโลวัตต์จากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น PF เดิม PF ใหม่

ทำให้ระบบไฟฟ้ารับภาระน้อยลง หม้อแปลง สายไฟฟ้า จะเย็นกว่าเดิมทำให้มีอายุการใช้งานยาวนาน หากเป็นการสร้างโรงงานใหม่ ก็สามารถลดขนาดของอุปกรณ์รับ-จ่ายไฟฟ้าให้เล็กลงได้ ทำให้ลดเงินทุนในการติดตั้งระบบไฟฟ้าลงได้ส่วนหนึ่ง



รูปที่ 8.5 การลดลงของกระแสเมื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น

8.4 ลดกำลังงานสูญเสีย

$$\text{จาก } I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \text{PF}}$$

$$P_{\text{LOSS}} \text{ ที่ PF}_{\text{เดิม}} = 3 \times I_{\text{เดิม}}^2 \times R = \frac{3 \times P^2 \times R}{3 \times V^2 \times \text{PF}_{\text{เดิม}}^2} \quad (8.7)$$

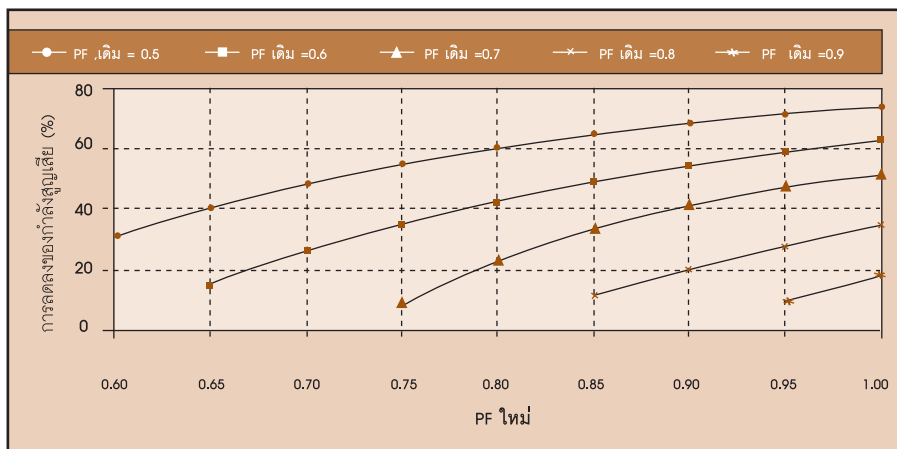
$$P_{\text{LOSS}} \text{ ที่ PF}_{\text{ใหม่}} = 3 \times I_{\text{เดิม}}^2 \times R = \frac{3 \times P^2 \times R}{3 \times V^2 \times \text{PF}_{\text{ใหม่}}^2} \quad (8.8)$$

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{LOSS}} &= P_{\text{LOSS}} \text{ ที่ PF}_{\text{เดิม}} - P_{\text{LOSS}} \text{ ที่ PF}_{\text{ใหม่}} \\ &= \frac{P^2 \times R}{V^2} \left[\frac{1}{\text{PF}_{\text{เดิม}}^2} - \frac{1}{\text{PF}_{\text{ใหม่}}^2} \right] \end{aligned} \quad (8.9)$$

$$\begin{aligned} \% \Delta P_{\text{LOSS}} &= \frac{\Delta P_{\text{LOSS}}}{P_{\text{LOSS}} \text{ ที่ PF}_{\text{เดิม}}} \times 100\% \\ \% \Delta P_{\text{LOSS}} &= 100 \times \left[1 - \left(\frac{\text{PF}_{\text{เดิม}}}{\text{PF}_{\text{ใหม่}}} \right)^2 \right] \end{aligned} \quad (8.10)$$

ตารางที่ 8.2 กำลังสูญเสียที่ลดลง (%) จากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง

PF เดิม	PF ใหม่								
	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.50	30.50	40.80	49.00	55.50	60.90	65.40	69.10	72.30	75.0
0.60	-	14.80	26.50	36.00	43.80	50.20	55.50	60.10	64.0
0.70	-	-	-	12.90	23.40	32.20	39.50	45.70	51.0
0.80	-	-	-	-	-	11.40	21.0	29.10	36.0
0.90	-	-	-	-	-	-	-	10.20	19.0



รูปที่ 8.6 การลดลงของกำลังสูญเสียเมื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น

จากตารางที่ 8.2 หรือรูปที่ 8.6 พบว่าเมื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังจาก 0.7 (หรือ 70 %) เป็น 0.95 (หรือ 95 %) กำลังสูญเสียจะลดลงจากเดิม 45.7 % หากโรงงานใช้หม้อแปลงขนาด 1,000 kVA มีกำลังสูญเสียจากการจ่ายโหลด (Load Loss) 12 kW และจ่ายโหลดที่ระดับ 80 % จะเกิดกำลังสูญเสียเท่ากับ 7.68 kW เมื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น จะลดกำลังสูญเสียได้ $7.68 \times 0.457 = 3.51$ kW

8.5 ลดแรงดันตก

แรงดันที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังด้วยการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าทางด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลง สามารถวิเคราะห์อย่างง่าย ๆ ได้จาก

$$\% \Delta V = \frac{KVA_r \times \%Z_{tr}}{KVA_{tr}} \quad (8.11)$$



เมื่อ $\% \Delta V$ คือ ร้อยละของแรงดันที่เพิ่มขึ้น

$kVAr_{cap}$ คือ ขนาดพิกัด (เป็น $kVAr$) ของตัวเก็บประจุที่ใช้

$\% Z_{tr}$ คือ อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง (เป็น $\%$)

kVA_{tr} คือ ขนาดพิกัด (เป็น kVA) ของหม้อแปลง

ตารางที่ 8.3 แรงดันเพิ่ม (%) จากการติดตั้งตัวเก็บประจุไฟฟ้าทางด้านแรงดันต่ำของหม้อแปลง

kVA_{tr}	$\% Z_{tr}$	$kVAr_{Cap}$					
		150	150	300	400	500	600
500	4	1.2	-	-	-	-	-
630	4	1.0	1.3	-	-	-	-
1000	6	0.9	1.2	1.8	-	-	-
1250	6	0.7	1.0	1.4	1.9	-	-
1500	6	0.6	0.8	1.2	1.6	2.0	-
2000	6	0.5	0.5	0.9	1.2	1.5	1.8

หมายเหตุ ใช้ตัวเก็บประจุขนาดไม่เกิน 30 % ของขนาดพิกัด kVA ของหม้อแปลง

8.6 เพิ่มกำลังสำรองให้ระบบไฟฟ้า

ในรูปที่ 8.7 กำหนดให้

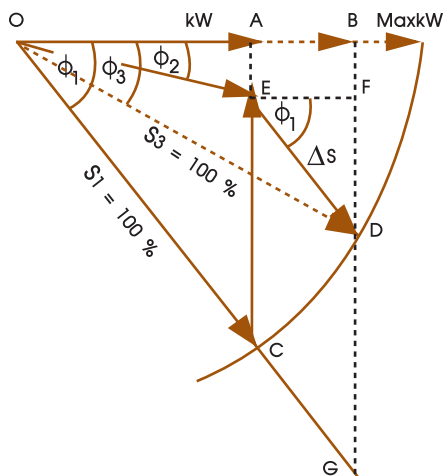
OC คือ โหลดเดิม (กำหนดให้มีขนาดเป็น 100%)

OE คือ โหลดใหม่ หลังจากเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้นแล้ว

ED คือ ขนาดของโหลดที่มีตัวประกอบกำลังเหมือนค่าเดิม ที่สามารถต่อเพิ่มได้ หรือคิดเป็นกำลังสำรองของระบบที่เพิ่มขึ้น (คิดเป็น % ของโหลดเดิม)

OD คือ โหลดรวมที่เกิดจากโหลดเดิมรวมกับโหลดที่เพิ่มขึ้น (กำหนดให้เป็น 100 %)

CE คือ กำลังรีแอคทีฟที่ใช้เพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง



รูปที่ 8.7 ความสัมพันธ์ของขนาดตัวเก็บประจุและขนาดของโหลดที่เพิ่มขึ้น โดยไม่ทำให้ระบบไฟฟ้ารับโหลดเกินพิกัด

$$OD^2 = OB^2 + BD^2$$

$$OD^2 = [OA + AB]^2 + [BG - DG]^2$$

$$100^2 = [(100 + \Delta S) \cos \phi_1]^2 + [(100 + \Delta S) \sin \phi_1 - CE]^2$$

$$100^2 = (100 + \Delta S)^2 (\cos \phi_1)^2 + (100 + \Delta S)^2 (\sin \phi_1)^2 - 2 \cdot$$

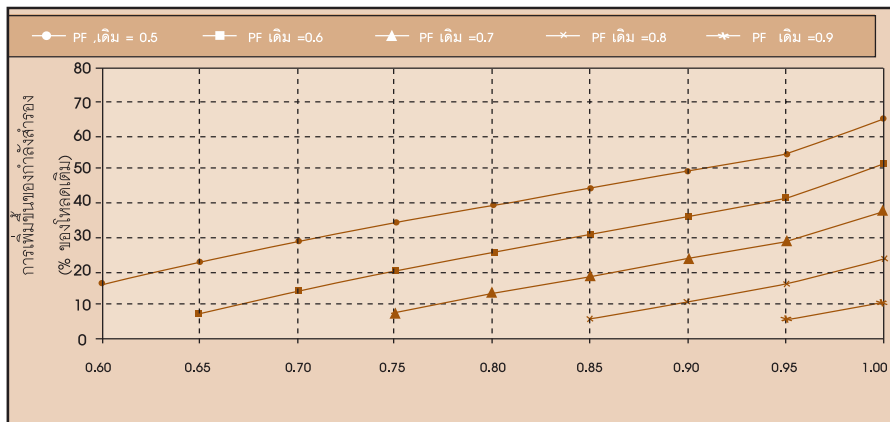
$$(100 + \Delta S) \sin \phi_1 \cdot CE + CE^2$$

$$\Delta S^2 + (200 - 2 \cdot CE \cdot \sin \phi_1) \Delta S + (CE^2 - 200 \cdot CE \cdot \sin \phi_1) = 0 \quad (8.12)$$

$$CE = 100 \cdot \cos \phi_1 (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (8.13)$$

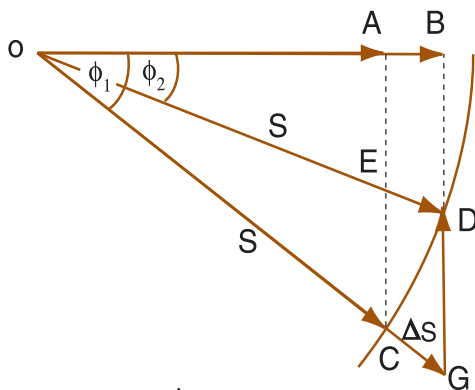
จากสมการที่(8.12) และสมการที่(8.13) นำไปวิเคราะห์หาค่ากำลังสำรองของระบบที่เพิ่มขึ้น (มีหน่วยเป็น %) แล้วทำเป็นตารางสำเร็จรูปได้ดังตารางที่ 8.4 ตารางที่ 8.4 กำลังสำรองที่เพิ่มขึ้น (% ของโหลดเดิม) จากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง (PF รวมต่ำกว่า PF เป้าหมาย)

PF เดิม	PF ใหม่								
	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.5	16,8	23,4	29,2	34,5	39,5	44,2	49,0	54,4	65,1
0.6	-	7,7	14,4	20,3	25,8	30,9	36,0	41,4	51,7
0.7	-	-	-	6,7	12,6	18,1	23,3	28,6	37,6
0.8	-	-	-	-	-	5,9	11,3	16,5	23,7
0.9	-	-	-	-	-	-	-	5,3	11,0



รูปที่ 8.8 การเพิ่มขึ้นของกำลังสำรองของระบบไฟฟ้าจากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น (PF รวมต่ำกว่า PF เป้าหมาย)

จากตารางที่ 8.4 และรูปที่ 8.8 เราจะพบว่า หากเดิมผู้ใช้ไฟฟ้าใช้โหลดอยู่ที่ระดับ 800 kVA ที่ตัวประกอบกำลัง 0.7 นั้นทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้นเป็น 0.95 จะสามารถเพิ่มโหลดได้อีก 28.6 % หรือ 228.8 kVA โดยจะมีโหลดรวมเป็น 800 kVA เท่าเดิม การต่อโหลดเพิ่มตามเงื่อนไขในรูปที่ 8.7 นั้นจะทำให้ค่าตัวประกอบกำลังรวมหลังจากต่อโหลดใหม่แล้วมีค่าต่ำกว่าค่าตัวประกอบกำลังเป้าหมาย หากต้องการให้ค่าตัวประกอบกำลังรวมหลังจากต่อโหลดเพิ่มมีค่าเท่ากับค่าตัวประกอบกำลังเป้าหมาย การวิเคราะห์จะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 8.9



รูปที่ 8.9 ความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ

จากรูปที่ 8.9 จะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้

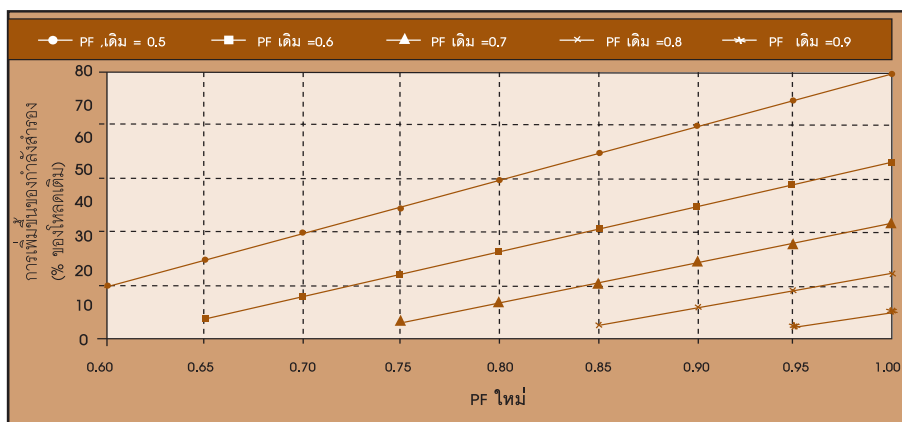
$$OD^2 = OB^2 + BD^2$$

$$S^2 = ((S + \Delta S) \cos \phi_1)^2 + (S \sin \phi_2)^2$$

$$\text{ได้ } \frac{\Delta S}{S}(\%) = \left[\frac{PF_{\text{ใหม่}}}{PF_{\text{เดิม}}} - 1 \right] \times 100 \quad (8.14)$$

ตารางที่ 8.5 กำลังสำรองที่เพิ่มขึ้น (% ของโหลดเดิม) จากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง (PF รวมเท่ากับ PF เป้าหมาย)

PF เดิม	PF ใหม่								
	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.50	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0
0.60	-	8.3	16.7	25.0	33.3	41.7	50.0	58.3	66.7
0.70	-	-	-	7.1	14.3	21.4	28.6	35.7	42.8
0.80	-	-	-	-	-	6.3	12.5	18.8	25.0
0.90	-	-	-	-	-	-	-	5.6	11.1



รูปที่ 8.10 การเพิ่มขึ้นของกำลังสำรองของระบบไฟฟ้าจากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น (PF รวมเท่ากับ PF เป้าหมาย)

จากตารางที่ 8.5 หรือรูปที่ 8.10 พบว่า หากเดิมผู้ใช้ไฟฟ้าใช้โหลดอยู่ที่ระดับ 800 kVA ที่ตัวประกอบกำลัง 0.7 หากเพิ่มตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้นเป็น 0.95 จะสามารถเพิ่มโหลดได้อีก 35.7% หรือ 285.6 kVA โดยจะมีโหลดรวมเป็น 800 kVA เท่าเดิม และค่าตัวประกอบกำลังสุดท้าย (เมื่อเพิ่มโหลดเป็น 1085.6 kVA แล้ว)



จะเป็น 0.95 ตามเป้าหมายที่ต้องการ

การประเมินค่ากำลังสำรองจากระบบไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง หากเราวิเคราะห์เพียงคร่าวๆ โดยไม่ทำอย่างละเอียดตามสมการที่ (8.12) หรือสมการที่ (8.14) เราอาจจะประเมินได้ ดังนี้

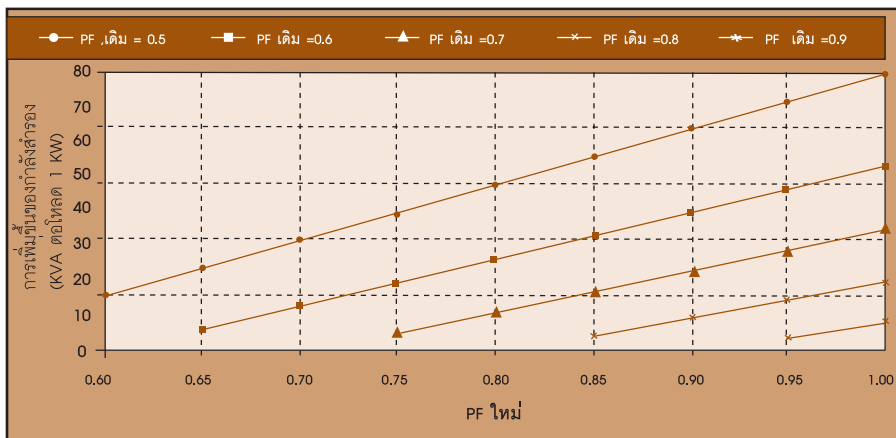
$$\text{จาก } \frac{\text{kVA}}{\text{kW}} = \frac{1}{\text{PF}}$$

$$\therefore \frac{\Delta \text{kVA}}{\text{kW}} = \frac{\text{kVA}_{\text{เดิม}}}{\text{kW}} - \frac{\text{kVA}_{\text{ใหม่}}}{\text{kW}} = \frac{1}{\text{PF}_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{\text{PF}_{\text{ใหม่}}} \quad (8.15)$$

ตารางที่ 8.6 กำลังสำรองที่เพิ่มขึ้นของระบบไฟฟ้า (kVA/kW) จากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง

PF เดิม	PF ใหม่								
	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.50	0.33	0.46	0.57	0.67	0.75	0.82	0.89	0.95	1.00
0.60	-	0.13	0.24	0.33	0.42	0.49	0.56	0.61	0.67
0.70	-	-	-	0.09	0.18	0.25	0.32	0.38	0.43
0.80	-	-	-	-	-	0.07	0.14	0.20	0.25
0.90	-	-	-	-	-	-	-	0.06	0.11

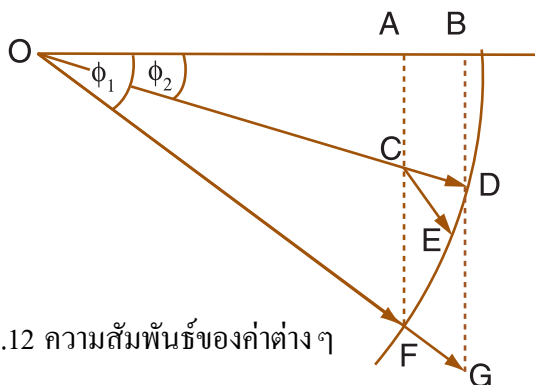
จากตารางที่ 8.6 และรูปที่ 8.11 เราจะพบว่า หากเดิมผู้ใช้ไฟฟ้าใช้โหลดอยู่ที่ระดับ 560 kW ที่ตัวประกอบกำลัง 0.7 (คิดเป็นโหลดได้ 800 kVA) และทำการปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้นเป็น 0.95 แล้วผู้ใช้ไฟฟ้าจะสามารถเพิ่มโหลดได้อีก 0.38 kVA/kW หรือคิดเป็น 212.8 kVA ทำให้ได้ข้อสรุปเปรียบเทียบกับตารางที่ 8.7 และรูปที่ 8.12



รูปที่ 8.11 การเพิ่มขึ้นของกำลังสำรองของระบบไฟฟ้าจากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น

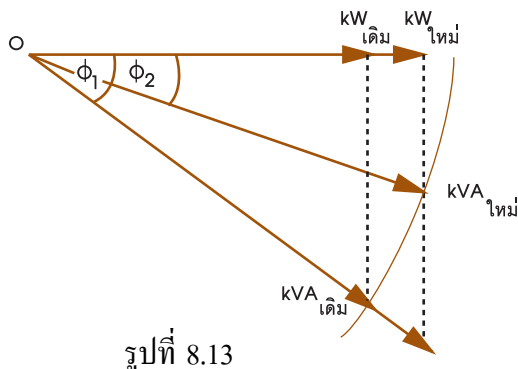
ตารางที่ 8.7 เปรียบเทียบกำลังสำรองที่เพิ่มขึ้นจากการวิเคราะห์แบบต่างๆ

สภาพโหลดเดิม			PF	สมการที่ใช้	กำลังสำรองที่เพิ่มขึ้น	
kVA	PF	kW			kVA	รูป 8.12
800	0.7	560	0.95	(8.12)	228.8	CE
800	0.7	560	0.95	(8.14)	285.8	FG
800	0.7	560	0.95	(8.15)	212.8	CD



รูปที่ 8.12 ความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ

8.7 จ่ายโหลดที่เป็นกำลังจริงได้มากขึ้น



รูปที่ 8.13

$$kW_{\text{เดิม}} = kVA_{\text{เดิม}} \times PF_{\text{เดิม}}$$

$$kW_{\text{ใหม่}} = kVA_{\text{ใหม่}} \times PF_{\text{ใหม่}} = kVA_{\text{เดิม}} \times PF_{\text{ใหม่}}$$

$$\Delta kW = kVA_{\text{ใหม่}} - kW_{\text{เดิม}} = kVA_{\text{เดิม}} (PF_{\text{ใหม่}} - PF_{\text{เดิม}})$$

$$\therefore \frac{\Delta kW}{kVA} = \frac{kW_{\text{ใหม่}}}{kVA} - \frac{kW_{\text{เดิม}}}{kVA} = PF_{\text{ใหม่}} - PF_{\text{เดิม}} \quad (8.16)$$

ตารางที่ 8.8 กำลังจริงที่เพิ่มขึ้น (kW / kVA) จากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น

PF เดิม	PF ใหม่								
	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.50	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
0.60	-	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.70	-	-	-	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
0.80	-	-	-	-	-	0.05	0.10	0.15	0.20
0.90	-	-	-	-	-	-	-	0.05	0.10

8.8 การปรับตั้งค่าตัวประกอบกำลังที่เหมาะสม

จากหัวข้อ 8.2 ถึงหัวข้อ 8.7 ประโยชน์จากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง จะพบว่าหากปรับค่าตัวประกอบกำลังจากค่าต่ำๆ ให้ขึ้นไปเป็น 1.00 หรือ 100% จะได้รับประโยชน์สูงสุด ดังรายละเอียดที่แสดงเป็นตัวอย่างในตารางที่ 8.9 ซึ่งเกิดจากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังจากค่าเดิม 0.70 เป็น 0.85, 0.95 และ 1.00

ตารางที่ 8.9 ประโยชน์ที่ได้รับจากการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังจากค่าเดิม 0.70

ประโยชน์ที่ได้รับ	ตัวประกอบกำลังใหม่			หมายเหตุ
	0.85	0.95	1.00	
1. กระแสไฟฟ้าลดลง : $\Delta I / \text{kW}$	0.38	0.57	0.65	สมการที่ (8.6)
2. จ่ายโหลดได้มากขึ้น : $\Delta \text{kW} / \text{kVA}$	0.15	0.25	0.30	สมการที่ (8.16)
3. มีกำลังสำรองมากขึ้น : $\Delta \text{kVA} / \text{kW}$	0.25	0.38	0.463	สมการที่ (8.15)
4. กำลังสูญเสียลดลง : $\% \Delta P_{\text{Lcss}}$	32.20	45.70	51.00	สมการที่ (8.10)

อย่างไรก็ตาม การเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังให้สูงขึ้น ต้องมีการลงทุนซื้อตัวเก็บประจุมาติดตั้งใส่เข้าไปในระบบไฟฟ้า จึงต้องคำนึงถึงความเหมาะสมและความคุ้มค่าด้วย ไม่ใช่พิจารณาเฉพาะความเหมาะสมด้านเทคนิคเพียงด้านเดียว การพิจารณาถึงความเหมาะสมจึงต้องพิจารณาถึงเรื่อง

1. ขนาดของตัวเก็บประจุที่จำเป็นต้องใช้
2. ผลตอบแทนที่ได้รับจากการใช้ตัวเก็บประจุ

8.9 ขนาดของตัวเก็บประจุที่จำเป็นต้องใช้

จากสมการที่ (8.17) และสมการที่ (8.18)

$$\text{kVAr}_{\text{comp}} = \text{kW} \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (8.17)$$

$$\text{kVAr}_c = \text{kVAr}_{\text{comp}} \times \left(\frac{V_c}{V} \right)^2 \quad (8.17)$$



โดยที่

$kVAr_{Comp}$ คือ กำลังรีแอคทีฟที่ใช้ชดเชยเพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง (kVAr)

kW คือ กำลังจริงของโหลดขณะใช้งาน (kW)

ϕ_1, ϕ_2 คือ มุมของตัวประกอบกำลังค่าเดิมและค่าใหม่ (องศา)

$kVAr_c$ คือ กำลังรีแอคทีฟฟักัดของตัวเก็บประจุที่ต้องใช้เพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง (kVAr)

V_c คือ แรงดันฟักัดของตัวเก็บประจุ (โวลต์)

V คือ แรงดันของระบบไฟฟ้าที่จะนำตัวเก็บประจุไปต่อใช้งาน (โวลต์)

สามารถวิเคราะห์หาขนาดกำลังรีแอคทีฟที่ต้องใช้ชดเชย เพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังเทียบกับโหลดได้ดังนี้

$$\frac{kVAr_{comp}}{kW} = [\tan \phi_1 - \tan \phi_2] \quad (8.19)$$

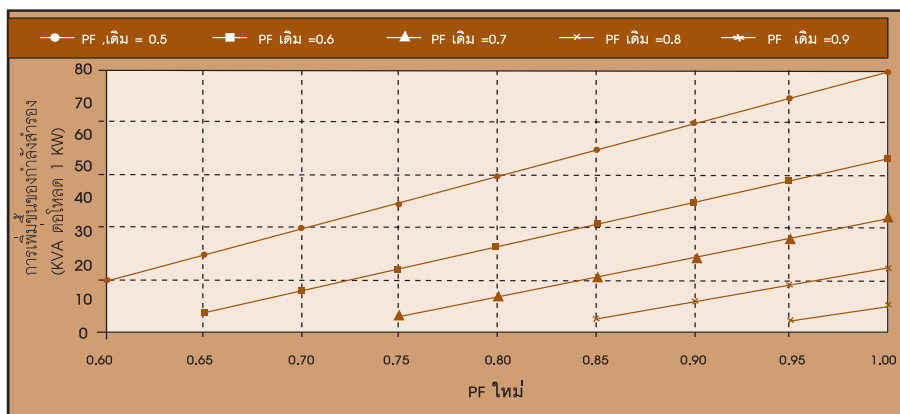
และทำเป็นตารางสำเร็จรูปได้ดังแสดงในตารางที่ 8.10

ตารางที่ 8.10 ขนาดกำลังรีแอคทีฟต่อโหลด 1 กิโลวัตต์ที่ต้องใช้ชดเชยเพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง

PF เดิม	PF ใหม่									
	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	1.00
0.5	0.40	0.56	0.71	0.85	00.98	1.11	1.25	1.40	1.50	1.73
0.6	-	0.16	0.31	0.45	0.58	0.71	0.85	1.00	1.10	1.33
0.7	-	-	-	0.14	0.27	0.40	0.54	0.69	0.79	1.02
0.8	-	-	-	-	-	0.13	0.27	0.42	0.52	0.75
0.9	-	-	-	-	-	-	-	0.16	0.26	0.48

จากข้อมูลในตารางที่ 8.10 เมื่อนำมาเขียนเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ได้

ผลดังแสดงในรูปที่ 8.14 ซึ่งพบว่าหากค่าตัวประกอบกำลังค่าใหม่ยังไม่สูงเกิน 0.95 หรือ 95 % ปริมาณกำลังรีแอคทีฟที่ต้องใช้ชดเชยเพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าตัวประกอบกำลังใหม่ที่ต้องการเพิ่ม เช่น จากค่าตัวประกอบกำลังเดิม 0.70 หากต้องการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังใหม่เป็น 0.80 , 0.85 , 0.90 และ 0.95 จะต้องใช้ $kVar_{comp}/kW$ เป็น 0.27 , 0.40 , 0.54 และ 0.69 ตามลำดับ โดยมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นดังผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 8.11 เมื่อค่าตัวประกอบกำลังใหม่สูงกว่า 0.95 จะต้องใช้ $kVar_{Comp}$ สูงกว่าปกติมาก เช่น หากต้องการให้ค่าตัวประกอบ กำลังใหม่เป็น 1.00 จะต้องใช้ $kVar_{Comp}$ สูงกว่าปกติถึง 25.86 %

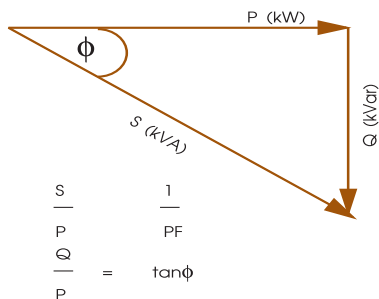


ตารางที่ 8.11 การวิเคราะห์หาความเป็นเชิงเส้นของ $kVar_{comp}/kW$ กับค่าตัวประกอบกำลังใหม่ (PF ใหม่ = 0.7)

สมการที่ใช้	PF ใหม่						
	0.80	0.85	0.90	0.925	0.95	0.975	1.00
$(\tan\phi - \tan\phi)$	0.2702	0.4004	0.5359	0.6094	0.6915	0.7923	1.0202
$(PF_{ใหม่} - 0.7) \times 2.702$	0.2702	0.4053	0.5404	0.6080	0.6755	0.7431	0.8106
ผลต่าง	0.000	-0.0049	-0.0045	0.0014	0.0160	0.0492	0.2096
% ผลต่าง	0.00	-1.21	-0.83	+0.23	+2.37	+6.62	+25.86

รูปที่ 8.15 แสดงให้เห็นว่า หากตัวประกอบกำลังมีค่าเป็น 1.00 ระบบไฟฟ้าจะรับภาระต่ำสุด โดยรับภาระเท่ากับโหลดที่จำเป็นต้องใช้ (เป็นกิโลวัตต์) และระบบไฟฟ้าไม่ต้องจ่ายกำลังรีแอคทีฟให้กับโหลด หากตัวประกอบกำลังมีค่าเป็น 0.95 ระบบไฟฟ้าต้องจ่ายกำลังรีแอคทีฟให้กับโหลดในระดับ 32.87% ของขนาดโหลดที่วัดเป็นกิโลวัตต์ และระบบจะต้องรับภาระเพิ่มขึ้นประมาณ 5.3% จากกรณีที่ตัวประกอบกำลังมีค่าเป็น 1.00 หากตัวประกอบกำลังมีค่าเป็น 0.90 ระบบจะต้องรับภาระเพิ่มขึ้นประมาณ 11.1% จากกรณีที่ตัวประกอบกำลังมีค่าเป็น 1.00 แต่ระบบสามารถจ่ายกำลังรีแอคทีฟให้กับโหลดได้สูงถึง 48.43% ของขนาดโหลดที่วัดเป็นกิโลวัตต์

ดังนั้นค่าตัวประกอบกำลังที่เหมาะสมจึงควรมีค่าอยู่ระหว่าง 0.90 - 0.95 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของระบบไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละราย



PF	S / P	Q / P
1.00	1.000	0.000
0.90	1.053	0.3287
0.90	1.111	0.4843
0.85	1.176	0.6197
0.80	1.250	0.7500
0.75	1.333	0.8819
0.70	1.428	1.0202

รูปที่ 8.15 ความสัมพันธ์ของ P, Q และ S

จากตารางที่ 8.12 แสดงการเปรียบเทียบผลการปรับค่าตัวประกอบ กำลังเป็น 1.00 และ 0.95 พบว่าการปรับค่าตัวประกอบกำลังเป็น 0.95 จะเหมาะสมกว่า เพราะลงทุนติดตั้งตัวเก็บประจุน้อยกว่าถึง 0.3287 kVA_r/kW ทุกค่าตัวประกอบกำลังเดิม



ตารางที่ 8.12 เปรียบเทียบผลการปรับค่าตัวประกอบกำลังเป็น 1.00 และ 0.95

PF เดิม	PF ใหม่ = 1.00			PF ใหม่ = 0.95			Q _{Comp} ที่ประหยัดได้	
	$\Delta S/P$	Q_{comp}/P	$\Delta S/Q_{comp}$	$\Delta S/P$	Q_{comp}/P	$\Delta S/Q_{comp}$	$\Delta Q_{comp}/P$	%
0.70	0.4286	1.0202	0.4201	0.3759	0.6915	0.5436	0.3287	47.53
0.75	0.333	0.8819	0.3780	0.2807	0.5532	0.5074	0.3287	59.42
0.80	0.2500	0.7500	0.3333	0.1974	0.4213	0.4684	0.3287	78.02
0.85	0.1765	0.6197	0.2847	0.1238	0.2911	0.4255	0.3287	112.92
0.90	0.111	0.4843	0.2294	0.0585	0.1556	0.3757	0.3287	211.25
0.95	0.0526	0.3287	0.1601	-	-	-	0.3287	-

ตัวอย่าง ผู้ใช้ไฟฟ้ารายหนึ่งมีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด 1,800 กิโลวัตต์ และความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟสูงสุด 1,700 กิโลวาร์ จงวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบในการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังเป็น 0.85 , 0.90 , 0.95 และ 1.00 โดยกำหนดว่าแรงดันเฉลี่ยของระบบไฟฟ้าเป็น 380 โวลต์ และแรงดันพิกัดของตัวเก็บประจุเป็น 415 โวลต์

ตัวอย่างรายละเอียดการวิเคราะห์ เมื่อปรับค่าตัวประกอบกำลังเป็น 0.95 มีดังต่อไปนี้

$$Q_{Comp} = 1,700 - 1,800 \times \tan(\cos^{-1} 0.95)$$

$$= 1,108 \quad \text{kVAr}$$

$$Q_{Cap} = 1,108 \times \left(\frac{415}{380} \right)^2 = 1320 \quad \text{kVAr}$$

เลือก Q_{Cap} ขนาด 1,300 kVAr เช่น 100 kVAr จำนวน 13 ตัว



$$Q \text{ เหลืออยู่} = 1,700 - 1,300 \times \left(\frac{380}{415} \right)^2 = 610 \text{ kVAr}$$

$$S = \sqrt{(1,800^2 + 610^2)} = 1,900 \text{ kVA}$$

$$\text{PF ที่เกิดขึ้นจริง} = \frac{1,800}{1,900} = 0.947$$

$$I = \frac{1,900}{\sqrt{3} \times 0.380} = 2,888 \text{ A}$$

รายละเอียดที่เหลือ แสดงในตารางที่ 8.13

จากตารางที่ 8.13 พบว่า หากต้องการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังเป็น 1.00 จะต้องใช้ตัวเก็บประจุขนาดรวมทั้งหมด 2,000 กิโลวาร์ แต่ถ้าปรับค่าตัวประกอบกำลังเป็น 0.95 จะใช้ตัวเก็บประจุขนาดรวมกันเพียง 1,300 กิโลวาร์เท่านั้น ประหยัดได้ถึง 700 กิโลวาร์หรือ 53.85 % เมื่อเทียบกับ 1,300 กิโลวาร์ โดยที่ระบบต้องรับภาระเพิ่มขึ้นเพียง 5.6 % เมื่อเทียบกับภาระที่ระบบจะต้องรับเมื่อตัวประกอบกำลังมีค่าเป็น 1.00 อย่างไรก็ตามที่ค่าตัวประกอบกำลังเป็น 0.95 ภาระของระบบไฟฟ้าจะลดลงถึง 576 กิโลวัตต์แอมแปร์ หรือ 23.26 % เมื่อเทียบกับภาระเดิมก่อนเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง หากพิจารณาในด้านการะของระบบไฟฟ้าที่ลดลงเทียบกับขนาดของตัวเก็บประจุที่ใส่ให้ระบบไฟฟ้า จะพบว่าที่ค่าตัวประกอบกำลัง 0.95 สามารถลดภาระได้ 0.443 kVA ต่อตัวเก็บประจุขนาด 1 kVAr แต่เมื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังเป็น 1.00 จะลดภาระได้เพียง 0.338 kVA ต่อตัวเก็บประจุขนาด 1 kVAr ประโยชน์ที่ได้รับลดไปถึง 23.7 %

ตารางที่ 8.13 ข้อมูลการปรับค่าตัวประกอบกำลัง

รายการ	ตัวประกอบกำลังเป้าหมาย				
	เดิม	0.85	0.90	0.95	1.00
1. P (kW)	1800	1800	1800	1800	1800
2. Q (kVAr)	1700	1113	862	610	23
3. S (kVA)	2476	2116	1996	1900	1800
4. PF	0.727	0.851	0.902	0.947	1.000
5. I (A)	3762	3215	3032	2888	2735
6. I (A)	137.6	117.6	110.9	105.6	100.0
7. Q_{Comp} (kVAr)	-	584	828	1108	1700
8. Q_{Comp} (kVAr)	-	700	1000	1300	2000
9. S (kVA)	-	360	480	576	676
10. S (%)	-	14.54	19.39	23.26	27.30
11. S / Q_{cap}	-	0.514	0.480	0.443	0.338
12. ΔI (A)	-	547	730	874	1027
13. $\Delta I / Q_{cap}$	-	0.781	0.730	0.672	0.514

ตัวอย่างนี้ให้ข้อสรุปที่สำคัญ ดังนี้

1. หากต้องการติดตั้งชุดตัวเก็บประจุใหม่ ไม่ควรออกแบบให้ค่าตัวประกอบกำลังสูงเกิน 0.95

หาก PF เป็น 0.95 ใช้ตัวเก็บประจุขนาด 100 kVAr เพียง 13 ตัว

หาก PF เป็น 1.00 ต้องใช้ตัวเก็บประจุขนาด 100 kVAr มากถึง 20 ตัว (เพิ่มอีก 53.85 %

โดยได้ค่าตัวประกอบกำลังเพิ่มอีกเพียง 5 %)



2. ในกรณีที่มิชชุดตัวเก็บประจุติดตั้งใช้งานอยู่แล้ว ก็ไม่ควรตั้งค่าตัวประกอบกำลังเกิน 0.95

หากตั้งค่า PF เป็น 1.00 จะมีตัวเก็บประจุขนาด 100 kVAr ถูกต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าทั้งหมด 20 ตัว

หากตั้งค่า PF เพียง 0.95 จะมีตัวเก็บประจุขนาด 100 kVAr ถูกต่อเข้ากับระบบไฟฟ้าเพียง 13 ตัวเท่านั้น ทำให้มีตัวเก็บประจุสำรองไว้เปลี่ยนตัวที่เสียถึง 7 ตัว

8.10 ผลตอบแทนที่ได้รับจากการใช้ตัวเก็บประจุ

เพื่อเป็นการยืนยันว่าค่าตัวประกอบกำลังที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 0.95 จะได้วิเคราะห์ผลตอบแทนที่ได้รับจากการใช้ตัวเก็บประจุ แยกเป็น 3 กรณีดังนี้

กรณี 1) $\frac{\Delta S}{Q_{\text{Comp}}}$ หรือ $\frac{\Delta I}{Q_{\text{Comp}}}$

$$\text{จาก } S = \frac{P}{\text{PF}}$$

$$\text{ดังนั้น } \Delta S = P \times \left[\frac{1}{\text{PF}_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{\text{PF}_{\text{ใหม่}}} \right]$$

$$\text{และ } Q_{\text{Comp}} = P \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$\text{จะได้ } \frac{\Delta S}{Q_{\text{Comp}}} = \frac{1}{(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)} \times \left[\frac{1}{\text{PF}_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{\text{PF}_{\text{ใหม่}}} \right] \quad (8.20)$$

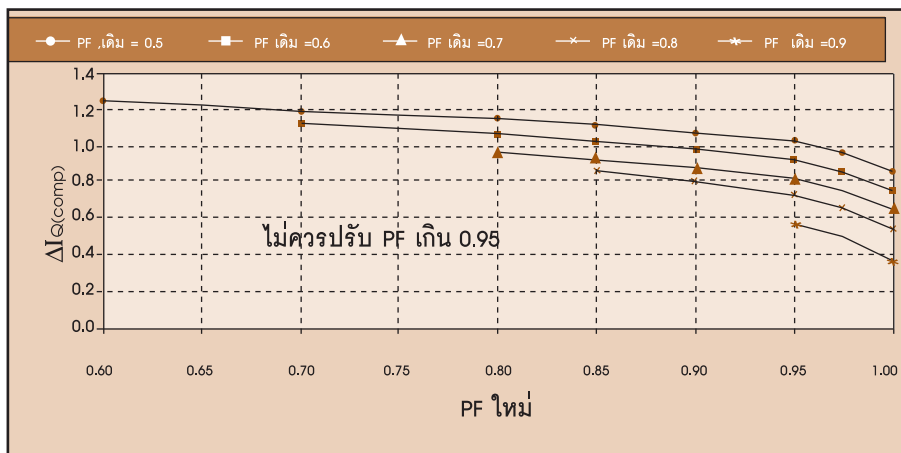
$$\text{และ } \frac{\Delta I}{Q_{\text{Comp}}} = \frac{1.52}{(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)} \times \left[\frac{1}{\text{PF}_{\text{เดิม}}} - \frac{1}{\text{PF}_{\text{ใหม่}}} \right] \quad (8.21)$$

ตารางที่ 8.14 การลดลงของกระแสเทียบกับกำลังรีแอกทีฟที่ใช้ชดเชย

($\Delta I/Q_{Comp}$)

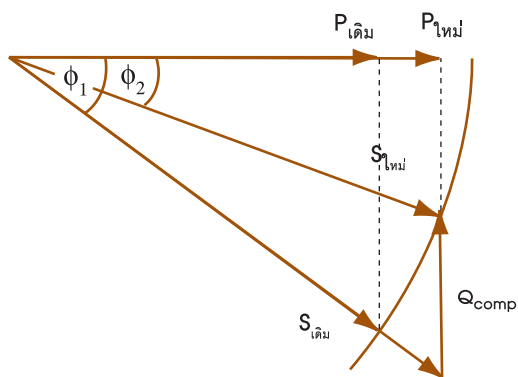
PF เดิม ; ϕ_1	PF ใหม่ ; ϕ_2						
	0.60	0.70	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
0.50	1.27	1.22	1.16	1.13	1.08	1.03	0.88
0.60	-	1.16	1.09	1.04	0.99	0.93	0.78
0.70	-	-	1.00	0.96	0.90	0.83	0.64
0.80	-	-	-	0.86	0.79	0.71	0.51
0.90	-	-	-	-	-	0.57	0.35

จากสมการที่(8.21) ตารางที่ 8.14 และรูปที่ 8.16 พบว่าประโยชน์ที่ได้รับในรูปของการลดลงของกระแสที่ไหลในระบบไฟฟ้าเทียบกับขนาดของกำลังรีแอกทีฟที่ต้องใช้ชดเชยเพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง จะมีค่าลดลงเมื่อปรับค่าตัวประกอบกำลังให้มีความสูงมากขึ้น เช่น จากค่าตัวประกอบกำลังเดิม 0.70 หากปรับให้สูงขึ้นเป็น 0.85 กระแสจะลดลง 0.96 แอมแปร์ต่อกำลังรีแอกทีฟ 1 กิโลวาร์ที่ใส่ให้กับระบบเมื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังเป็น 0.95 ประโยชน์ที่ได้รับดังกล่าวจะลดลงเหลือเพียง 0.83 A / kVAr และหากปรับค่าตัวประกอบกำลังให้สูงจนถึง 1.00 การลดลงของกระแสจะเหลือเพียง 0.64 A / kVAr เท่านั้น และจากกราฟในรูปที่ 8.16 จะพบว่าเมื่อตัวประกอบกำลังใหม่มีความสูงเกิน 0.95 ผลประโยชน์ที่จะได้รับจะลดลงอย่างรวดเร็ว



รูปที่ 8.16 ความสัมพันธ์ของ $\Delta Q / Q_{Comp}$ กับค่าตัวประกอบกำลัง

กรณีที่ 2) $\Delta P / Q_{Comp}$



รูปที่ 8.17

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ใหม่}} &= S \times PF_{\text{ใหม่}} \\
 P_{\text{เดิม}} &= S \times PF_{\text{เดิม}} \\
 P &= P_{\text{ใหม่}} - P_{\text{เดิม}} = S \times (PF_{\text{ใหม่}} - PF_{\text{เดิม}}) \\
 Q_{\text{Comp}} &= P_{\text{ใหม่}} \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \\
 Q_{\text{Comp}} &= S \times PF_{\text{ใหม่}} \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)
 \end{aligned}$$

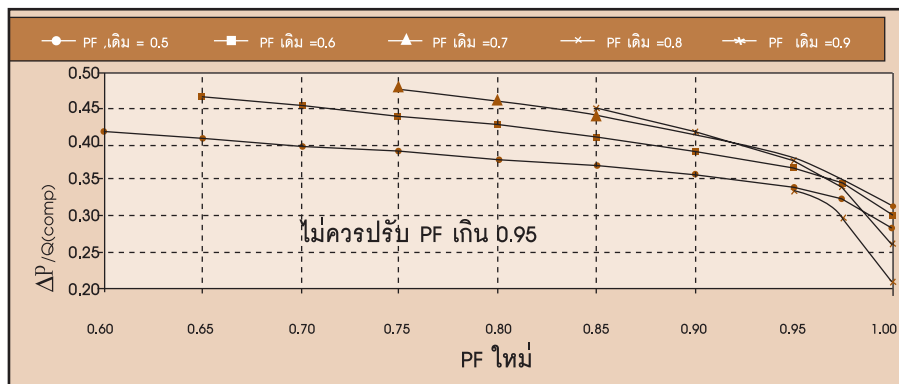
$$\text{ดังนั้น} \quad \frac{\Delta P}{Q_{\text{Comp}}} = \frac{PF_{\text{ใหม่}} - PF_{\text{เดิม}}}{PF_{\text{ใหม่}} \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)} \quad (8.22)$$

ตารางที่ 8.15 การเพิ่มขึ้นของกำลังจริงเทียบกับกำลังรีแอกติฟที่ใช้ชดเชย

$\Delta P / Q_{\text{Comp}}$

PF เดิม; ϕ_1	PF ใหม่; ϕ_2									
	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	1.00
0.50	0.418	0.410	0.401	0.392	0.382	0.370	0.356	0.338	0.324	0.289
0.60	-	0.468	0.456	0.443	0.429	0.412	0.393	0.367	0.348	0.300
0.70	-	-	-	0.482	0.463	0.441	0.415	0.381	0.356	0.294
0.80	-	-	-	-	-	0.452	0.418	0.375	0.344	0.267
0.90	-	-	-	-	-	-	-	0.338	0.300	0.206

จากสมการที่ (8.22) ตารางที่ 8.15 และรูปที่ 8.18 แสดงให้เห็นว่าประโยชน์ที่จะได้รับในรูปของการเพิ่มขึ้นของกำลังจริงที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เทียบกับขนาดของกำลังรีแอกติฟที่ต้องใช้ชดเชยเพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง จะมีค่าลดลงเมื่อปรับค่าตัวประกอบกำลังให้มีค่าสูงมากขึ้น เช่น จากค่าตัวประกอบกำลังเดิม 0.70 หากปรับให้สูงขึ้นเป็น 0.85, 0.95 และ 1.00 ค่าของ $\Delta P / Q_{\text{Comp}}$ จะเป็น 0.441 0.381 และ 0.294 kW/kVAr ตามลำดับ ผลประโยชน์ที่ได้รับจะลดลง 22.83 % เมื่อเพิ่มตัวประกอบกำลังอีก 5 % จาก 0.95 (หรือ 95 %) เป็น 1.00 (หรือ 100 %)



รูปที่ 8.18 ความสัมพันธ์ของ $\Delta P / Q_{Comp}$ กับค่าตัวประกอบกำลัง

กรณีที่ 3) $\Delta P_{LOSS} / (Q_{Comp} \cdot P \cdot R)$

$$I = \frac{P \times 1000}{\sqrt{3 \times 380 \times PF}} = \frac{1.52 \times P}{PF}$$

$$I^2 = \frac{2.31 \times P^2}{PF^2}$$

$$P_{LOSS เดิม} = I_{เดิม}^2 \times R = \frac{2.31 \times P^2}{PF_{เดิม}^2} \times R$$

$$P_{LOSS ใหม่} = I_{ใหม่}^2 \times R = \frac{2.31 \times P^2}{PF_{ใหม่}^2} \times R$$

$$\Delta P_{LOSS} = P_{LOSS เดิม} - P_{LOSS ใหม่}$$

$$\Delta P_{LOSS} = 2.31 \times P^2 \times R \times \left[\frac{1}{PF_{เดิม}^2} - \frac{1}{PF_{ใหม่}^2} \right]$$

$$Q_{Comp} = P \times (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

$$\text{ดังนั้น } \frac{\Delta P_{\text{LOSS}}}{Q_{\text{Comp}}} = \frac{2.31 \times P \times R}{[\tan \phi_1 - \tan \phi_2]} \times \left[\frac{1}{PF_{\text{เดิม}}^2} - \frac{1}{PF_{\text{ใหม่}}^2} \right]$$

$$\text{หรือ } \frac{\Delta P_{\text{LOSS}}}{Q_{\text{Comp}} \times P \times R} = \frac{2.31}{[\tan \phi_1 - \tan \phi_2]} \times \left[\frac{1}{PF_{\text{เดิม}}^2} - \frac{1}{PF_{\text{ใหม่}}^2} \right] \quad (8.23)$$

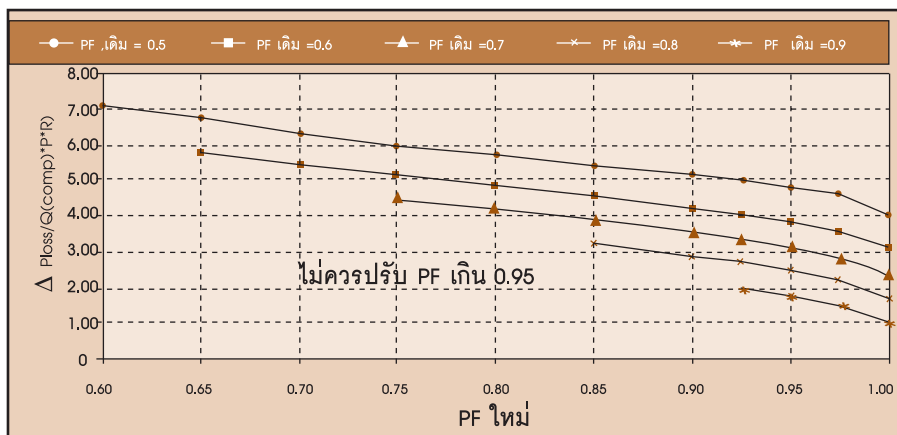
ตารางที่ 8.16 การลดลงของกำลังสูญเสียเทียบกับกำลังรีแอคทีฟที่ใช้ ชดเชย

$$\Delta P_{\text{LOSS}} / (Q_{\text{Comp}} \cdot P \cdot R)$$

PF เดิม ϕ_1	PF ใหม่ ϕ_2										
	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.925	0.95	0.975	1.00
0.5	7.081	6.702	6.358	6.038	5.734	5.433	5.120	4.950	4.760	4.527	4.001
0.6	-	5.781	5.437	5.117	4.813	4.512	4.199	4.029	3.839	3.606	3.080
0.7	-	-	-	4.394	4.089	3.788	3.475	3.306	3.116	2.883	2.357
0.8	-	-	-	-	-	3.164	2.851	2.681	2.492	2.259	1.733
0.9	-	-	-	-	-	-	-	2.068	1.878	1.645	1.119

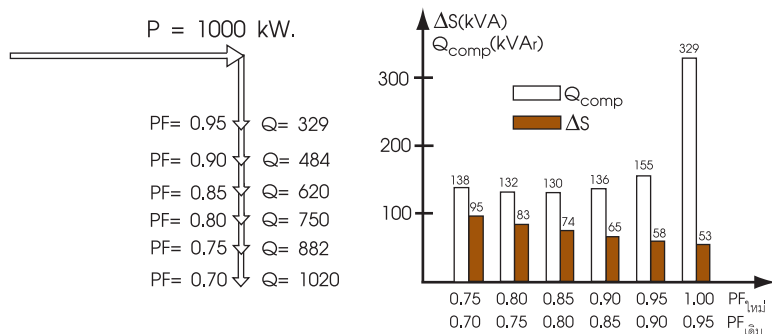
จากสมการที่ (8.23) ตารางที่ 8.16 และรูปที่ 8.19 เราพบว่าความสัมพันธ์ลักษณะคล้ายกับกรณีที่ 1) แสดงให้เห็นว่าการปรับค่าตัวประกอบกำลังให้มีค่าสูงกว่า 0.95 นั้นจะได้รับประโยชน์ไม่คุ้มค่ากับการลงทุนที่จ่ายไป

รูปที่ 8.20 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้สมการที่ (8.19) โดยสมมุติให้ผู้ใช้ไฟฟ้าใช้ไฟฟ้าที่ระดับ 1000 kW และให้ผู้ใช้ไฟฟ้าค่อยๆ ปรับค่าตัวประกอบกำลังเพิ่มขึ้นทีละ 5 % (หรือ 0.05) พบว่าการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังขึ้นทีละ 5 % ในช่วง 0.70 ถึง 0.90 นั้น ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องจัดหาตัวเก็บประจุใส่ให้ระบบได้กำลังรีแอคทีฟช่วงละประมาณ 130 – 138 kVAr แต่ประโยชน์ที่ได้รับในรูปของกำลัง



รูปที่ 8.19 ความสัมพันธ์ของ $\Delta P_{LOSS} / (Q_{Comp} \cdot P \cdot R)$ กับค่าตัวประกอบกำลัง

สำหรับของระบบลดลงจาก 95 kVA ในช่วงตัวประกอบกำลัง 0.70–0.75 เหลือเพียง 65 kVA ในช่วงตัวประกอบกำลัง 0.85 - 0.90 อย่างไรก็ตามในการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง 5% สุดท้ายจาก 0.95 เป็น 1.00 นั้น ต้องลงทุนติดตั้งตัวเก็บประจุมากถึง 329 kVar และได้กำลังสำรองเพียง 53 kVA เท่านั้น จึงไม่คุ้มค่ากับการลงทุน



รูปที่ 8.20 เปรียบเทียบการลงทุน (Q_{Comp}) กับประโยชน์ที่ได้รับ (ΔS) ในการเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง

8.11 การแก้ค่าตัวประกอบกำลัง

จากเนื้อหาข้างต้นแสดงให้เห็นได้ชัดเจนว่าระบบไฟฟ้าที่มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงกว่าและมีประสิทธิภาพในการใช้งานต่ำกว่าภาพที่มีค่าตัวประกอบกำลังสูง ดังนั้น ในหัวข้อนี้เราจะพิจารณาปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังที่อุปกรณ์ไฟฟ้าหลักต่างๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

8.11.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำ

ในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจ การใช้งานมอเตอร์เหนี่ยวนำจำนวนมากจะมีผลทำให้ค่าตัวประกอบกำลังต่ำ ถึงแม้ว่าจะทำงานเต็มกำลังมอเตอร์เหนี่ยวนำก็ยังมีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ อาจมีค่าต่ำกว่า 0.6 ถึง สูงกว่า 0.8 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดและความเร็วของมอเตอร์ และในขณะที่หมุนตัวเปล่าหรือมีโหลดต่ำๆ ค่าตัวประกอบกำลังอาจต่ำถึง 0.1 โดยกระแสที่ใช้สร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์อาจมีสัดส่วนถึงร้อยละ 90 ของกระแสรวมทั้งหมดที่มอเตอร์ดึงจากระบบไฟฟ้า มอเตอร์ที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีค่าตัวประกอบกำลังต่ำกว่ามอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่า อย่างไรก็ตามมอเตอร์ตัวใหญ่แต่ทำงานที่โหลดต่ำๆ ก็มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำกว่ามอเตอร์ตัวเล็กกว่าที่ทำงานที่โหลดสูงๆ ซึ่งเป็นงานเดียวกับมอเตอร์ตัวใหญ่

ความเร็วของมอเตอร์ก็มีความสำคัญต่อค่าตัวประกอบกำลัง มอเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่าจะมีค่าตัวประกอบกำลังสูงกว่ามอเตอร์ที่มีความเร็วต่ำกว่า จึงสามารถสรุปเป็นประเด็นที่สำคัญได้ดังนี้

- มอเตอร์ที่ได้รับการออกแบบอย่างดีอาจมีราคาสูงกว่า แต่มักจะมีค่าตัวประกอบกำลังสูงกว่ามอเตอร์ที่มีราคาถูก
- ควรเลือกใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วสูง มากกว่าเลือกใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วต่ำ
- ควรหลีกเลี่ยงการใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าปกติ มอเตอร์ที่มีขนาดเล็กที่สุดที่ยังทำงานได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพควรได้รับการเลือกใช้
- ควรใช้งานมอเตอร์ที่ระดับโหลดสูงสุด ควรพิจารณาใช้มอเตอร์ตัวเดียวขับ

โหลดหลาย ๆ ตัวที่โหลดแปรค่าขึ้น ๆ ลง ๆ เพื่อให้มอเตอร์เห็นโหลดค่าเฉลี่ย
ยังมีค่าสูง ๆ เมื่อเทียบกับขนาดพิกัดของมอเตอร์

8.11.2 เตาหลอมหรือเตาเผา

- เตาเผาแบบเหนี่ยวนำ

เตาเผาแบบนี้จะแตกต่างจากเตาเผาแบบความต้านทานหรือเตาหลอม
แบบอาร์ค เตาเผาแบบเหนี่ยวนำจะเผาหรือให้ความร้อนโลหะ โดยเหนี่ยวนำให้เกิด
กระแสลัดความถี่ 50 Hz หรือสูงกว่าในเนื้อโลหะเอง ในเตาเผาชนิดปราศจาก
แกน ตัวประกอบกำลังอาจมีค่าถึง 0.15 เมื่อวัดที่ขดลวดเหนี่ยวนำ การสร้างกระแส
เหนี่ยวนำที่ความถี่สูงกว่า 50 Hz นั้นสามารถทำได้โดยการใช้คอนเวอร์เตอร์เปลี่ยน
ความถี่ ซึ่งจะมีค่าตัวประกอบกำลังสูงกว่าเพราะถือเป็นรูปแบบมาตรฐานที่ต้องมีการ
แก้ค่าตัวประกอบกำลังในคอนเวอร์เตอร์ด้วย

- เตาหลอมแบบอาร์ค

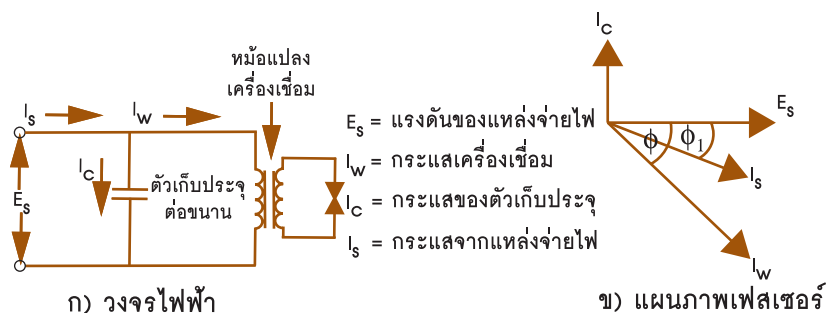
เตาหลอมแบบอาร์คจะใช้หม้อแปลงในการจ่ายกระแสหลอมเหล็กที่มีค่าสูง
มาก ในช่วงเริ่มต้นของการหลอมเหล็กกระแสจะมีค่าสูงที่สุดและตัวประกอบกำลัง
อาจมีค่าต่ำเพียง 0.75 เท่านั้น เมื่อกระแสค่อย ๆ ลดลงตัวประกอบกำลังอาจเพิ่มสูง
ขึ้นจนถึง 0.9 เนื่องจากการทำงานของเตาหลอมแบบอาร์คมีสภาวะที่แปรเปลี่ยนอย่าง
รวดเร็ว การแก้ค่าตัวประกอบกำลังจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์พิเศษที่เรียกว่า Static Var
Compensator : SVC หรือตัวชดเชยวาร์แบบสถิตย์ จึงควรปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ
โดยตรง

8.11.3 เครื่องเชื่อม

- เครื่องเชื่อมแบบอาร์ค

ปัจจุบันเครื่องเชื่อมแบบอาร์คจะใช้ไฟฟ้ากระแสลัดโดยใช้หม้อแปลงแปลง
แรงดันให้ต่ำลง เพื่อเหมาะกับการเชื่อมโลหะ สำหรับเครื่องเชื่อมแบบใช้งานคน
เดียวค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องเชื่อมจะมีค่าต่ำอยู่ระหว่าง 0.3 ถึง 0.5 โดยขึ้น

กับเงื่อนไขของการออกแบบและการทำงาน การแก้ค่าตัวประกอบกำลังทำได้โดยใช้ตัวเก็บประจุต่อขนานเข้าไปทางด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงเครื่องเชื่อม ดังรูปที่ 8.21



รูปที่ 8.21 การต่อตัวเก็บประจุเข้ากับเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบอาร์คเพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลัง

เราต้องตระหนักว่าเครื่องเชื่อมแบบอาร์คไม่ได้ทำงานเต็มพิกัดตลอดเวลา หากโรงงานมีเครื่องเชื่อมแบบใช้งานคนเดียวจำนวนมาก จะต้องระวังเรื่องการปรับปรุงตัวประกอบกำลังเกินพอ ในกรณีนี้หากเครื่องเชื่อมทุกเครื่องได้รับการแก้ค่าตัวประกอบกำลังโดยติดตั้งตัวเก็บประจุเฉพาะตัวก็มีโอกาสที่จะเกิดสภาพการปรับปรุงตัวประกอบกำลังเกินพอ จนทำให้ตัวประกอบกำลังเป็นแบบนำหน้า ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดย

- ให้นักงานเชื่อมปลด (Switch Off) ตัวเก็บประจุออกจากระบบเมื่อเสร็จงานเชื่อม
- ควบคุมการทำงานของตัวเก็บประจุแบบอัตโนมัติ แต่ต้องระวังเรื่องการคายประจุทิ้งของตัวเก็บประจุด้วย วิธีนี้ไม่เหมาะเมื่อการเชื่อมเป็นแบบ จังหวะสั้น ๆ
- แก้ค่าตัวประกอบกำลังที่ศูนย์กลางของระบบ โดยอาศัยประสบการณ์ของการสังเกตการทำงานของโหลด



โดยทั่วไปนั้นเราจะปรับปรุง จะให้ปรับปรุงตัวประกอบกำลังของเครื่องเชื่อม ให้ค่าตัวประกอบกำลังอยู่ที่ประมาณ 0.65 ขณะทำงานเต็มที่ ซึ่งจะส่งผลให้ได้ค่าตัวประกอบกำลังโดยเฉลี่ยมีค่าสูงถึง 0.95

- เครื่องเชื่อมแบบความต้านทาน

เครื่องเชื่อมแบบความต้านทานมีหลายชนิด และมีค่าตัวประกอบกำลังแตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น เครื่องเชื่อมตะเจ็บบจะมีค่าตัวประกอบกำลังต่ำกว่าเครื่องเชื่อมจุดมาก เครื่องเชื่อมแบบความต้านทานจำนวนมากมักถูกออกแบบเป็นพิเศษ เพื่อความต้องการเฉพาะด้านและมีอุปกรณ์เพื่อควบคุมกระบวนการทำงาน จึงควรปรึกษากับผู้ผลิตเครื่องเชื่อมเหล่านี้โดยตรงในกรณีที่ต้องการแก้ค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องเชื่อมเหล่านี้

8.11.4 สรุป

การแก้ค่าตัวประกอบกำลังจะให้ผลดีที่สุด ถ้าทำการแก้ค่าตรงจุดที่มีค่าตัวประกอบกำลังต่ำ เช่น แก้มอเตอร์เหนียวมาโดยตรง การทำเช่นนี้จะทำให้กระแสที่ไหลในสายไฟฟ้า ณจุดที่ทำการแก้ค่าตัวประกอบกำลังย้อนไปจนถึงเครื่องกำเนิดไฟฟ้าของการไฟฟ้ามีค่าลดลง แรงดันตกและการ สูญเสียในความต้านทานก็ลดลงด้วย ถ้าติดตั้งตัวเก็บประจุที่ตัวมอเตอร์จะช่วยลดการใช้อุปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิดใช้งานตัวเก็บประจุด้วย เพราะอุปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิดใช้งานมอเตอร์จะควบคุมตัวเก็บประจุไปพร้อมๆ กันด้วย ผลจากการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังของมอเตอร์เหนียวมาแสดงให้เห็นว่า เมื่อเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีขนาดเหมาะสมแล้ว ค่าตัวประกอบกำลังของระบบจะมีค่าสูงตลอดช่วงการทำงานของมอเตอร์ อย่างไรก็ตาม เราไม่ควรปรับแก้ค่าตัวประกอบกำลังที่มอเหนียวมาจนสูงเกินไป เพราะอาจจะเกิดผลเสียอื่นๆ ได้ เช่น อาจเกิดแรงดันเกินจากการกลายเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเหนียวมา เมื่อสั่งหยุดการทำงานของมอเตอร์แต่มอเตอร์ไม่หยุดหมุนทันที

การปรับปรุงตัวประกอบกำลังโดยแก้ที่ตู้จ่ายไฟหลักจะให้ผลคุ้มค่าทาง



9. การเพิ่มประสิทธิภาพในระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

เศรษฐศาสตร์ดีกว่าการปรับปรุงตัวประกอบกำลังที่อุปกรณ์แต่ละตัว โดยเฉพาะในกรณีที่อุปกรณ์เหล่านั้นเป็นอุปกรณ์ขนาดเล็กแต่มีจำนวนมากและการทำงานเปลี่ยนขึ้นลงแตกต่างกันมากอีกทั้งยังไม่ได้ทำงานพร้อม ๆ กัน

การแก้ค่าตัวประกอบกำลังอาจควบคุมด้วยมือได้ เช่น การแก้ค่าตัวประกอบกำลังของเครื่องเชื่อม แต่อย่างไรก็ตามต้องระวังไม่ให้เกิดสภาพการปรับปรุงตัวประกอบกำลังมากเกินไป การปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุดมักจะเป็นการควบคุมการทำงานของชุดตัวเก็บประจุแบบอัตโนมัติ นั่นคือจะไม่เกิดสภาพการแก้ค่าตัวประกอบกำลังสูงเกินไปขึ้น โดยทั่วไปแล้วเครื่องควบคุมการทำงานโดยอัตโนมัติของชุดตัวเก็บประจุ อาจควบคุมชุดตัวเก็บประจุได้สูงถึง 12 ชุดย่อย และสามารถควบคุมการต่อเข้าและปลดออกของชุดตัวเก็บประจุแต่ละชุดที่มีขนาดพิกัดต่างกันได้ด้วย เพื่อให้ได้ค่าตัวประกอบกำลังตามค่าที่ได้ตั้งไว้ล่วงหน้า

ตัวเก็บประจุต้องได้รับการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นได้อย่างเพียงพอ เพื่อป้องกันอุณหภูมิสูงเกินไปอย่างไรก็ตาม หากมีข้อสงสัยใดๆ ควรปรึกษากับผู้ผลิตชุดตัวเก็บประจุโดยตรง

9. การเพิ่มประสิทธิภาพในระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าคืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการใช้งานมากที่สุดในภาคอุตสาหกรรม โดยคาดว่าจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าถึงร้อยละ 65 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด มอเตอร์ที่ใช้งานในอุตสาหกรรมทั่วไปในปัจจุบันคือ มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส ซึ่งสามารถทำงานที่ความเร็วต่างๆ ได้ โดยขึ้นอยู่กับจำนวนขั้วแม่เหล็ก และเป็นแหล่งกำลังงานหลักที่ใช้ขับเคลื่อนที่มีความหลากหลายและราคาค่อนข้างถูก

มอเตอร์ส่วนใหญ่จะได้รับการออกแบบให้มีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุดเมื่อทำงานเต็มพิกัด แต่ในทางปฏิบัติมอเตอร์มักจะไม่สามารถทำงานตามที่ออกแบบไว้

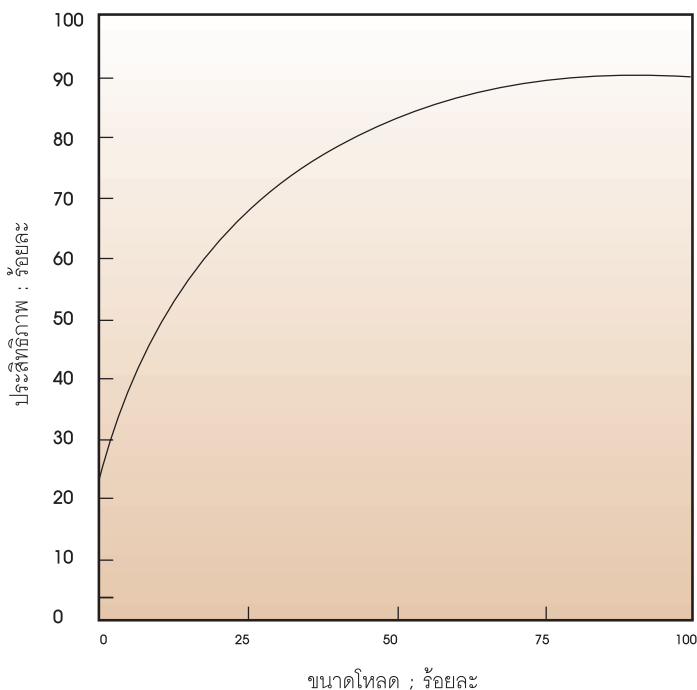


9.1 การกำหนดขนาดมอเตอร์

โหลดสูงสุดที่จะให้มอเตอร์ทำงานนั้นมักมีค่าต่ำกว่าขนาดพิกัดของมอเตอร์ที่เป็นเช่นนี้อาจเกิดจากหลายสาเหตุด้วยกัน ซึ่งบางครั้งเกิดขึ้นภายในโรงงานเอง ตัวอย่างเช่น การเผื่อขนาดของการออกแบบทางกลด้วยเหตุบังเอิญที่คาดไม่ถึง นอกจากนี้ในทางปฏิบัติทั่วไปนั้น การเผื่อขนาดมอเตอร์โดยการใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่กว่าปกติก็เพื่อความน่าเชื่อถือของระบบขับเคลื่อน และเพื่อการเปลี่ยนแปลงหรือการเพิ่มการผลิตที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต

อุตสาหกรรมแต่ละประเภทมักมีการใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่กว่าปกติแตกต่างกัน อาจกล่าวได้ว่าโหลดเฉลี่ยที่มอเตอร์ทำงานโดยทั่วไปจะอยู่ที่ระดับร้อยละ 65 ของขนาดพิกัดของมอเตอร์ ในหลายๆ กรณีผู้ใช้อาจไม่สามารถเลือกขนาดมอเตอร์ไฟฟ้าได้ เนื่องจากมีการติดตั้งมาเป็นชุดสำเร็จรูปพร้อมอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ซึ่งผู้ผลิตอุปกรณ์มักจะใช้สภาวะทำงานหนักที่สุดในการเลือกขนาดของมอเตอร์สำหรับชุดอุปกรณ์นั้นๆ

ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะแปรเปลี่ยนตามขนาดพิกัด ตามระดับโหลดที่ทำงาน และขึ้นกับผู้ผลิตแต่ละรายด้วย มอเตอร์มาตรฐานโดยทั่วไปขณะทำงานเต็มพิกัด อาจมีประสิทธิภาพสูงสุดประมาณร้อยละ 55 ถึง 95 โดยขึ้นกับขนาดและความเร็วรอบ มอเตอร์ที่มีความเร็วต่ำก็จะมีประสิทธิภาพต่ำตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของมอเตอร์ขนาดเล็กที่มีพิกัดไม่เกิน 1.5 กิโลวัตต์ เส้นโค้งประสิทธิภาพของมอเตอร์มาตรฐานทั่วไปจะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 9.1 โดยประสิทธิภาพจะมีค่าค่อนข้างคงที่เมื่อมอเตอร์ทำงานที่โหลดประมาณร้อยละ 75 ถึง 100 ของค่าพิกัด และประสิทธิภาพจะตกลงไปประมาณร้อยละ 5 เมื่อมอเตอร์ทำงานที่โหลดประมาณร้อยละ 50 เมื่อมอเตอร์ทำงานที่โหลดต่ำกว่านี้ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างรวดเร็ว ถึงแม้ว่ารูปร่างของเส้นโค้ง ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะมีลักษณะเหมือนกันสำหรับมอเตอร์ที่มีขนาดพิกัดต่างกัน แต่ค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์



รูปที่ 9.1 ประสิทธิภาพของมอเตอร์เหนี่ยวนำมาตรฐานเทียบกับโหลด

ขนาดเล็กกว่าจะต่ำกว่าของมอเตอร์ขนาดใหญ่กว่า

หากเราใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนโหลดที่สม่ำเสมอแล้ว การใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าปกติถึงร้อยละ 30 อาจจะไม่ส่งผลกระทบต่อค่าประสิทธิภาพในการทำงานมากนัก อย่างไรก็ตาม หากโหลดมีลักษณะแปรเปลี่ยนขึ้น ๆ ลง ๆ และมีขนาดไม่ถึงร้อยละ 75 ของโหลดเต็มพิกัดแล้ว สภาพการใช้งานแบบนี้จะมีผลกระทบต่อค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์เป็นอย่างมาก หากอาศัยข้อมูลประสิทธิภาพจากรูปที่ 9.1 มอเตอร์ขนาด 15 กิโลวัตต์ ขับโหลดสูงสุดที่ค่อนข้างนิ่งที่ระดับ 10 กิโลวัตต์ คือทำงานที่ระดับร้อยละ 66.7 ของโหลดเต็มพิกัด มอเตอร์ตัวนี้จะมีประสิทธิภาพต่ำกว่ามอเตอร์ขนาด 10 กิโลวัตต์ที่ทำงานเต็มพิกัดเพียงประมาณร้อยละ 1 เท่านั้น อย่าง



ไว้ก็ตามหากโหลดสูงสุดยังคงมีขนาด 10 กิโลวัตต์ แต่โหลดเฉลี่ยโดยทั่วๆ ไปมีขนาดเพียง 3 กิโลวัตต์ มอเตอร์ขนาด 10 กิโลวัตต์จะทำงานโดยมีค่าประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 80 ในขณะที่มอเตอร์ขนาด 15 กิโลวัตต์จะทำงานที่ค่าประสิทธิภาพต่ำกว่าร้อยละ 70

ระดับโหลดจะมีผลต่อค่าตัวประกอบกำลังของมอเตอร์ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 9.2 เมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 9.2 กับรูปที่ 9.1 จะพบว่าค่าตัวประกอบกำลังของมอเตอร์จะลดลงเร็วกว่าค่าประสิทธิภาพที่โหลดระดับเดียวกัน ผลที่ตามก็คือหากมอเตอร์ทำงานที่โหลดต่ำๆ หรือมอเตอร์มีขนาดใหญ่กว่าปกตินั้น การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังจะต้องใช้ชุดตัวเก็บประจุที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้ต้องลงทุนสูงกว่า

การใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าปกติ จะมีผลเสียดังนี้

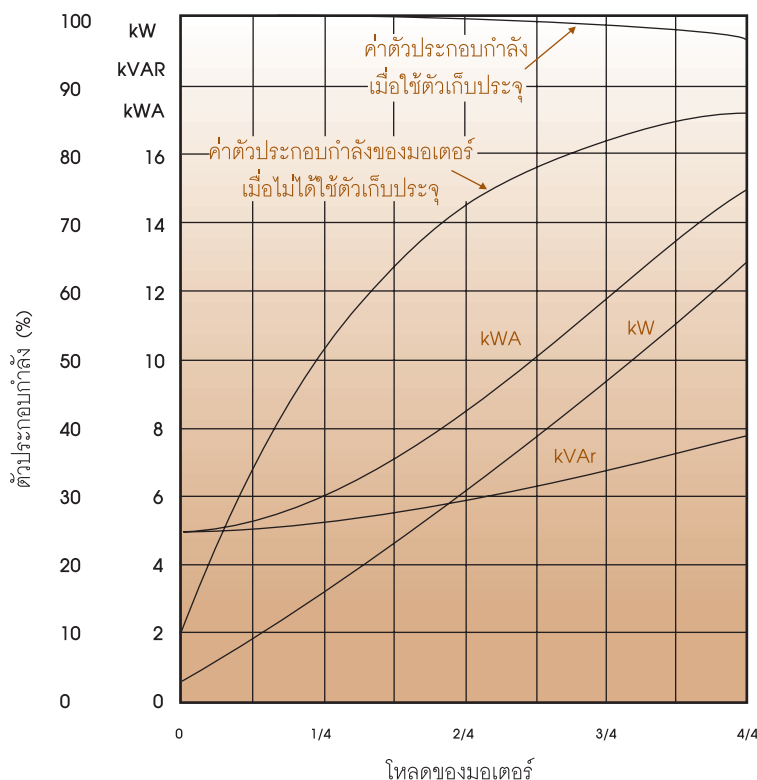
- เพิ่มเงินลงทุนของตัวมอเตอร์เอง
- เพิ่มเงินลงทุนของชุดสวิตช์เกียร์ และสายที่ใช้กับมอเตอร์
- เพิ่มเงินลงทุนของชุดอุปกรณ์ที่ใช้แก้ค่าตัวประกอบกำลัง
- เสียค่าไฟฟ้าสูงขึ้นจากผลของประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ลดลงจากการทำงานที่โหลดต่ำกว่าปกติ

9.2 มอเตอร์หมุนตัวเปล่า

มอเตอร์หมุนตัวเปล่าถือว่าเป็นสภาพทั่วไปของการใช้งานมอเตอร์ เครื่องอัดลม สานพานลำเลียง เครื่องกลึงโลหะ และเครื่องมือกลต่างๆ ตลอดจนสายการผลิตเองก็อาจถูกเปิดทิ้งไว้โดยไม่มีการทำงานจริง ในบางสภาพการมอเตอร์อาจกินกระแสสูงถึงร้อยละ 50 ของกระแสเต็มพิกัดขณะที่ไม่ได้ใช้งานจริง โดยเฉพาะการขับผ่านสายพานและชุดเกียร์ สภาพการทำงานเช่นนี้จำเป็นต้องเลือกขนาดมอเตอร์ให้เหมาะสมตั้งแต่แรก

9.3 การเปลี่ยนมอเตอร์

โดยปกติแล้วการเปลี่ยนมอเตอร์ก่อต่อเมื่อการซ่อมไม่มีความคุ้มค่า ในบางครั้ง



รูปที่ 9.2 ลักษณะคุณสมบัติของมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดและความเร็วปานกลาง

อาจต้องนำความล่าช้าในการซ่อมมาประกอบการพิจารณาในส่วนของการจ่ายในการซ่อมแซมด้วย ในกรณีเช่นนี้การเปลี่ยนมอเตอร์ตัวใหม่อาจจะให้ผลคุ้มค่ากว่า อย่างไรก็ตามควรมีการกำหนดเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจให้ชัดเจน

9.3.1 มอเตอร์ขนาดใหญ่กว่าปกติ

จากหลักการข้างต้นทำให้เราทราบแล้วว่าการใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าปกติ



มีผลเสียต่อค่าประสิทธิภาพและค่าตัวประกอบกำลัง และจะให้ผลเลวร้ายลงไปอีกเมื่อหมุนตัวเปล่าเป็นเวลานาน ๆ ดังนั้นควรมีการสำรวจสภาพการทำงานของมอเตอร์เพื่อตรวจสอบว่าโหลดสูงสุดจริง ๆ ที่มอเตอร์แต่ละตัวต้องรับภาระมีค่าน้อยเพียงใด โดยเปรียบเทียบกับขนาดพิกัดของมอเตอร์ ระบบการเก็บมอเตอร์เพื่อสำรองใช้งานควร ได้รับการทบทวนใหม่ให้เหมาะสม โดยเฉพาะในของกรณีการสับเปลี่ยนมอเตอร์ โดยเปลี่ยนมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าแต่ทำงานด้วยมอเตอร์ที่มีขนาดเล็กกว่า เพื่อให้ทำงานหนักขึ้น ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น อย่างไรก็ตามในการใช้งานมอเตอร์ที่มีขนาดเล็กลงนั้น ต้องคำนึงถึงสภาพปัญหาของการติดตั้ง ตลอดจนโหลดค่าสูง ๆ ในช่วงเวลาสั้น ๆ ที่อาจเกิดขึ้นด้วย ซึ่งในกรณีอย่างนี้จะไม่สามารถใช้มอเตอร์ตัวเล็กกว่าทดแทนมอเตอร์ตัวใหญ่กว่าได้ แต่ควรจะพิจารณาความเป็นไปได้ของการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงทดแทนตัวเดิมแทน

9.3.2 มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในมอเตอร์หนึ่งยูนิตประกอบไปด้วย กำลังสูญเสียที่แปรตามโหลด และกำลังสูญเสียที่มีค่าคงที่ไม่ว่าโหลดจะมีค่าน้อยเพียงใด โดยคร่าว ๆ แล้วกำลังสูญเสียที่แปรค่าตามโหลดกับกำลังสูญเสียที่ไม่แปรค่าตามโหลดจะมีสัดส่วนเป็นร้อยละ 70 และ 30 ของกำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมดขณะทำงานที่โหลดเต็มที่

กำลังสูญเสียทางไฟฟ้าประกอบด้วย กำลังสูญเสียที่ความต้านทานของตัวนำในโรเตอร์ กำลังสูญเสียที่ความต้านทานของชุดขดลวดในสเตเตอร์ และกำลังสูญเสียประปราย (Stray Losses) ซึ่งเกิดบริเวณร่องตัวนำของโรเตอร์ เมื่อมอเตอร์หมุนตัวเปล่าไม่ได้จ่ายโหลดกำลังสูญเสียในตัวนำจะมีค่าต่ำมาก แต่เมื่อมีโหลดเพิ่มขึ้นกำลังสูญเสียส่วนนี้จะเพิ่มขึ้นตามค่ากระแสยกกำลังสองจึงมักเรียกว่าการสูญเสีย I^2R นอกจากกำลังสูญเสียที่กล่าวมาแล้วยังมีกำลังสูญเสียในแกนเหล็กซึ่งใช้เป็นวงจรแม่

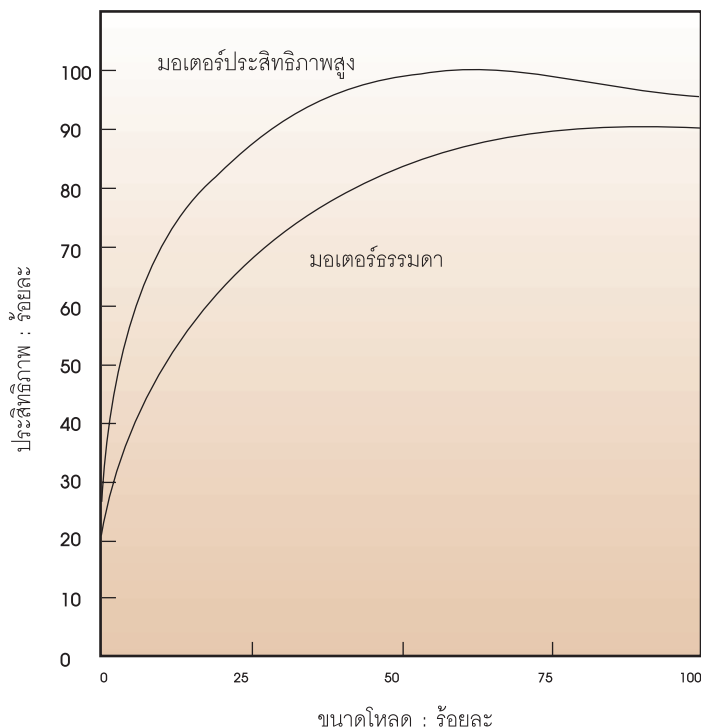
เหล็กของมอเตอร์ด้วย กำลังสูญเสียนี้อยู่ในรูปของการสูญเสียจากผลของกระแสวน และการสูญเสียฮิสเตอร์ซิสของเหล็ก โดยขึ้นกับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ จึงมีค่าค่อนข้างคงที่ไม่ขึ้นกับโหลดของมอเตอร์

กำลังสูญเสียทางกลเกิดจากแรงเสียดทานที่บริเวณรองเลื่อน (Bearing) การปะทะลมของโรเตอร์และ พัดลมระบายอากาศ มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงเป็นมอเตอร์ที่ได้รับการออกแบบและผลิตให้กำลังสูญเสียดังกล่าวลดลง

ปัจจัยอื่นที่ต้องนำไปรวมในการพิจารณาออกแบบมอเตอร์คือ ค่าระดับโหลดปกติทั่วไปที่จะให้มอเตอร์ทำงาน หากมีข้อมูลระบุว่าโหลดเฉลี่ยปกติทั่วไปที่จะให้มอเตอร์ทำงานอยู่ที่ระดับร้อยละ 60 ของขนาดพิกัดของมอเตอร์ การออกแบบมอเตอร์จะต้องกำหนดให้มอเตอร์มีค่าประสิทธิภาพสูงสุดอยู่ที่ค่าโหลดระดับนี้ ไม่ใช่มีประสิทธิภาพสูงสุดตอนทำงานที่โหลดเต็มที่

การออกแบบโดยเน้นให้กำลังสูญเสียนี้น่าจะมีผลให้มอเตอร์มีราคาสูงขึ้นจากการที่ต้องใช้วัสดุต่าง ๆ เพิ่มขึ้น เช่น การลดการสูญเสีย I^2R ต้องใช้ลวดตัวนำที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดโตกว่าเดิมเพื่อลดค่าความต้านทาน R อีกทั้งต้องใช้แกนเหล็กที่มีพื้นที่หน้าตัดโตกว่าเดิมเพื่อลดการสูญเสียจากผลของกระแสวนและการสูญเสียฮิสเตอร์ซิส อย่างไรก็ตามเมื่อการสูญเสียทางไฟฟ้าลดลงก็สามารถลดขนาดของพัดลมที่ใช้ระบายความร้อนได้ ทำให้การสูญเสียทางกล (การปะทะลม) ลดตามลงไปด้วย แม้ว่าในปัจจุบันมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะมีราคาสูงกว่ามอเตอร์มาตรฐานทั่วไป แต่ความแตกต่างของราคาก็มีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ประกอบกับพลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มสูงขึ้น ดังนั้น ในบางกรณีการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแทนมอเตอร์ธรรมดาอาจคุ้มทุนได้

เส้นโค้งประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงและมอเตอร์ธรรมดาแสดงในรูปที่ 9.3



รูปที่ 9.3 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงและมอเตอร์ธรรมดาเทียบกับโหลดของมอเตอร์

ปัจจัยที่ต้องนำมาพิจารณาในการพิจารณาความคุ้มค่าของการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงประกอบด้วย

- ลักษณะของโหลดที่มอเตอร์ต้องทำงาน เช่น ค่าโหลดสูงสุดที่จะเกิดขึ้น สภาพการแปรเปลี่ยนขึ้น ๆ ลง ๆ ของโหลด จากข้อมูลนี้จะช่วยให้เราสามารถเลือกขนาดที่เหมาะสมของมอเตอร์ได้ และประเมินค่าโหลดเฉลี่ยได้

- ค่าประสิทธิภาพที่ต่างกันของมอเตอร์ธรรมดาเปรียบเทียบกับมอเตอร์

ประสิทธิภาพสูงที่มีขนาดพิกัดเดียวกันและที่ค่าโหลดเฉลี่ยเดียวกัน

- จำนวนชั่วโมงทำงานตลอดทั้งปีเพื่อใช้ประเมินผลการประหยัดพลังงาน
- อัตราค่าไฟฟ้า ทั้งอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าและอัตราค่าความต้องการพลัง

ไฟฟ้าสูงสุด

เมื่อมีความต้องการเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่หรือการสร้างโรงงานใหม่หรือการขยายโรงงาน ความคุ้มค่าของการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแทนมอเตอร์ธรรมดาจะอยู่ในช่วงประมาณ 6 เดือนถึง 2 ปี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าใช้งานต่อเนื่องตลอดทั้งปี (โรงงานทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 7 วันต่อสัปดาห์) หรือทำงานกะเดียว (โรงงานทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และ 5 วันต่อสัปดาห์) รายละเอียดเพิ่มเติมสามารถดูได้ในคู่มือเล่มที่ 2 - Guidance Notes for Reducing Energy Consumption Costs of Electric Motor and Drive Systems.

9.3.3 ชุดขับเคลื่อนปรับความเร็วรอบได้

การใช้มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสเพื่อขับเคลื่อนและปั๊มน้ำมันอยู่สูงถึงประมาณร้อยละ 55 ของมอเตอร์ที่ใช้งานทั้งหมดในปัจจุบัน อัตราการไหลของลมจากพัดลมและของเหลวจากปั๊มมักถูกควบคุมด้วยการเพิ่มความต้านทานต่อการไหลโดยใช้วิธีการทางกล นั่นคือใช้แผ่นแดมเปอร์กับพัดลมและใช้วาล์วกับปั๊ม การควบคุมแบบนี้สามารถควบคุมอัตราการไหลได้ตามที่ต้องการ และอาจช่วยลดโหลดของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนหรือปั๊มด้วย แต่การควบคุมด้วยวิธีทางกลดังกล่าวนี้จะเพิ่มพลังงานสูญเสียให้กับระบบทำให้ไม่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามถ้าหากเราทำการควบคุมอัตราการไหลโดยการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนหรือปั๊มแทน เราจะได้ระบบควบคุมอัตราการไหลที่มีประสิทธิภาพดีกว่า

ในสภาพความเป็นจริงผลการประหยัดที่เกิดขึ้นอาจสูงกว่าค่าที่คาดหวังไว้เมื่อลดความเร็วของพัดลมหรือปั๊มลง อัตราการไหลจะลดลงตามสัดส่วนของความเร็วที่ลดลง แต่กำลังที่ใช้ขับเคลื่อนหรือปั๊มจะลดลงตามความเร็วกำลังสาม



ตัวอย่างเช่น หากต้องการลดอัตราการไหลลงร้อยละ 20 ต้องปรับให้ความเร็วของพัดลมหรือปั๊มลดลงเหลือเพียงร้อยละ 80 ของค่าความเร็วปกติ แต่กำลังงานที่มอเตอร์ต้องใช้ในการขับพัดลมหรือปั๊มจะลดลงเหลือเพียงร้อยละ 51.2 จากของเดิมเท่านั้น

เราสามารถทำให้เกิดการประหยัดพลังงานที่สูงระดับนี้ ได้โดยอาศัยชุดขับเคลื่อนปรับความเร็วรอบได้ (VSD : Variable Speed Drive) เพื่อควบคุมอัตราการไหล ซึ่งเป็นมาตรการลงทุนที่ให้ผลตอบแทนที่รวดเร็วเมื่อเทียบกับมาตรการต่างๆ ที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานของมอเตอร์ การคืนทุนโดยทั่วไปอยู่ในระดับไม่เกิน 2 ปี และบางกรณีอาจคืนทุนได้ภายในปีเดียว

ในอดีตการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำทำได้ยาก แต่ในปัจจุบันที่อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำจำพวกอิเล็กทรอนิกส์กำลังและไมโคร โปรเซสเซอร์ได้รับการพัฒนาไปมากและมีราคาถูกลง ทำให้เกิดการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกกันทั่วไปว่าอินเวอร์เตอร์ ระบบการควบคุมความเร็วรอบแบบใหม่นี้ให้สมรรถนะและความเชื่อถือได้ดีกว่าระบบเดิม และเงินลงทุนของอุปกรณ์ก็ลดลง ดังนั้นในการใช้ชุดขับเคลื่อนปรับความเร็วรอบได้โดยพิจารณาจากปัจจัยทางด้านค่าไฟฟ้าที่ลดลงเพียงปัจจัยเดียวจึงมีความเป็นไปได้สูง

สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการเลือกว่าควรใช้ชุดขับเคลื่อนปรับความเร็วรอบได้แบบใดจึงจะเหมาะสมนั้น อยู่ที่เงื่อนไขในการทำงานของมอเตอร์และรายละเอียดอื่นๆ เช่น ขนาดฟิสิกส์ของมอเตอร์ จำนวนชั่วโมงในการทำงาน ความต้องการใช้ลมหรือน้ำ ซึ่งหมายถึงรูปแบบของอัตราการไหล ตลอดจนอัตราค่าไฟฟ้า เป็นต้น อย่างไรก็ตามเราไม่สามารถเสนอรายละเอียดต่างๆ ทั้งหมดได้ในคู่มือเล่มนี้ แต่ท่านสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ใน Good Practice Guide 14 – Retrofitting AC Variable Speed Drives



ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้โดยชุดขับเคลื่อนปรับความเร็วรอบได้ประสบความสำเร็จในงานอุตสาหกรรมหลายประเภท อีกทั้งการประยุกต์ใช้งานหลายรูปแบบ ตัวอย่างที่พอจะเอ่ยถึงได้แก่ พัดลมดูดไอเสียของหม้อไอน้ำ ปั๊มน้ำเย็นในระบบปรับอากาศ พัดลมของหอผึ่งน้ำ ปั๊มขับน้ำยาในระบบทำความเย็น ตลอดจนพัดลมของระบบเผาไหม้เชื้อเพลิง เป็นต้น



แหล่งข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ซึ่งเป็น หน่วยงานหลักแห่งหนึ่งของรัฐบาลในการประชาสัมพันธ์ ส่งเสริม และกำหนดแนวทางการอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยเดิมคือ การพลังงานแห่งชาติ จัดตั้งขึ้นโดยมีพระบรมราชโองการโปรดเกล้าฯ ให้ตราพระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติ เมื่อวันที่ 5 มกราคม พ.ศ. 2496 และมีประกาศพระราชบัญญัติในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 70 ตอนที่ 3 เมื่อวันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2496 ให้มีผลบังคับใช้พระราชบัญญัติ ตั้งแต่วันที่ 7 มกราคม พ.ศ. 2496 จึงอาจถือได้ว่าการพลังงานแห่งชาติ หรือ สำนักงานพลังงานแห่งชาติกำเนิดขึ้นตั้งแต่วันที่ 7 มกราคม 2496

เมื่อเริ่มก่อตั้งโดยพระราชบัญญัติการพลังงานแห่งชาติ พ.ศ. 2496 เรียกชื่อว่า “การพลังงานแห่งชาติ” สังกัดสำนักนายกรัฐมนตรี และมีสำนักงานชั่วคราวอยู่ที่คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ต่อมาเมื่อปี พ.ศ.2497 ได้ย้ายสำนักงานไปอยู่ที่ศาลาลูกขุนในพระบรมมหาราชวัง และได้ย้ายมาอยู่ที่บ้านพิบูลธรรม เจริญสะพานกษัตริย์ศึก เมื่อ พ.ศ.2502 ซึ่งเป็นที่อยู่ในปัจจุบัน

วันที่ 23 พฤษภาคม พ.ศ.2506 การพลังงานแห่งชาติได้โอนมาขึ้นอยู่กับกระทรวงพัฒนาการแห่งชาติโดยพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2506 วันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2515 ย้ายมาสังกัดสำนักนายกรัฐมนตรี และเปลี่ยนชื่อเป็น “สำนักงานพลังงานแห่งชาติ”

วันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2535 เปลี่ยนชื่อเป็น “กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน” สังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน ตามพระราช-บัญญัติการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน พ.ศ.2535 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 109 ตอนที่ 9 ลงวันที่ 12 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2535 และในวันที่ 4 เมษายน พ.ศ.2535 เปลี่ยนชื่อสังกัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงานเป็น “กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน เป็น “กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและ



สิ่งแวดล้อม”

วันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2545 เปลี่ยนชื่อเป็น “กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน” สังกัดกระทรวงพลังงาน โดยพระราชบัญญัติระเบียบ บริหารราชการแผ่นดิน (ฉบับที่ 5) พ.ศ. 2545 และพระราชบัญญัติปรับปรุง กระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 ซึ่งประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 119 ตอนที่ 99ก ลงวันที่ 2 ตุลาคม พ.ศ. 2545

1. กองฝึกอบรม และสำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

อำนาจหน้าที่ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานที่กำหนดโดย พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ครอบคลุมประเด็นต่างๆ เกี่ยวกับพลังงาน

ตัวอย่างเช่น การวิจัยเกี่ยวกับพลังงานทดแทน การสำรวจและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพลังงาน การค้นคว้า พัฒนาและสาธิตการอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น ดังนั้น พพ. จึงประกอบด้วยหน่วยงานหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับความพยายาม ในการอนุรักษ์พลังงาน และรับผิดชอบต่อการ ปฏิบัติตามกฎหมาย ในการอนุรักษ์ พลังงานของอุตสาหกรรม ได้แก่ กองฝึกอบรมและสำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน

1.1. กองฝึกอบรม มีอำนาจหน้าที่

- ดำเนินการเกี่ยวกับการฝึกอบรมและพัฒนาความรู้ด้านการจัดการ และเทคโนโลยีด้านพลังงานแก่ผู้ที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและเอกชน

- ฝึกอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงานตามกฎหมายว่าด้วยการส่งเสริม การอนุรักษ์พลังงาน

- ปฏิบัติงานร่วมกับหรือสนับสนุนการปฏิบัติงานหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง หรือที่ได้รับมอบหมาย

ผู้ที่สนใจสามารถติดต่อขอข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่

**กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน**

กระทรวงพลังงาน ต. คลองห้า อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120

โทรศัพท์ 0 2577 7035-41 โทรสาร 0 2577 7047

1.2. สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน มีอำนาจหน้าที่

- พัฒนาเทคโนโลยี ส่งเสริม ช่วยเหลือ และกำกับดูแลการอนุรักษ์พลังงาน และดำเนินการอื่นที่เกี่ยวข้องตาม กฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน
- ดำเนินการเกี่ยวข้องกับการอนุญาตการผลิตและการขายการผลิตพลังงาน ควบคุม รวมทั้งกำกับดูแลงานและกำหนดหลักเกณฑ์และมาตรฐานด้านการ พลังงาน ควบคุมตามกฎหมายว่าด้วยการพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน
- ประสานงานและวางแผนเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน
- ปฏิบัติงานร่วมกับ หรือสนับสนุนการปฏิบัติงานหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง หรือได้รับมอบหมาย

ผู้ที่สนใจสามารถติดต่อขอข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่

สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

เลขที่ 17 เจริญสะพานกษัตริย์ศึก ถ.พระราม1 แขวงรองเมือง

เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330

โทรศัพท์ 0 2223 0021-9 โทรสาร 0 2226 1416

2. การประชาสัมพันธ์ข้อมูลด้านการอนุรักษ์พลังงานของพพ.

การอนุรักษ์พลังงานหมายความว่า ผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัด

จุดเริ่มต้นของการอนุรักษ์พลังงานในประเทศไทยมีมาตั้งแต่ปี 2516 ซึ่งขณะนั้นทั่วโลกเกิดวิกฤตการณ์พลังงาน ราคาน้ำมันมีค่าสูงขึ้นมาก ประเทศไทยเป็นหนึ่งในหลายประเทศที่ประสบปัญหาด้านพลังงานเชื้อเพลิง จึงได้กำหนดมาตรการเพื่อแก้ไขการขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิงในประเทศขึ้นมา อาทิเช่น การปิดสถานีบริการ



น้ำมันเชื้อเพลิงในเวลากลางคืน ลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง ในทาง สาธารณะลงร้อยละ 50 เป็นต้น ซึ่งมาตรการเหล่านี้ได้ถูกยกเลิกไปแล้ว จวบจนกระทั่งเกิดวิกฤตการณ์พลังงานของโลกครั้งที่ 2 จึงเป็นจุดที่ก่อให้เกิดแนวความคิดที่จะต้องออกกฎหมายเพื่อการอนุรักษ์พลังงานใช้บังคับกัน อย่างจริงจังเช่นในหลายๆ ประเทศที่มีกฎหมายลักษณะนี้ขึ้นมา

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 กำหนดให้กลุ่มเป้าหมาย คือ โรงงาน อาคารธุรกิจต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นระบบ โดยรัฐจะให้การสนับสนุนทางเทคนิคและวิชาการทางเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งให้การสนับสนุนทางการเงินในการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อเป็นการ สนับสนุนมาตรการการอนุรักษ์พลังงาน พ.พ. จึงจัดตั้งศูนย์บริการ ลูกค้า สัมพันธ์ (One Stop Service) โดยมีแนวคิดในการดำเนินการ ดังนี้

ศูนย์บริการลูกค้า สัมพันธ์ (One Stop Service)

ศูนย์บริการลูกค้า สัมพันธ์ (One Stop Service) เป็นหน่วยงานที่จัดตั้งขึ้นเพื่อให้มีการแก้ไขปัญหาของโรงงานและอาคารควบคุมอย่างต่อเนื่องและเบ็ดเสร็จ โดยจะให้บริการคำปรึกษาช่วยเหลือและติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงานตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ของโรงงานและอาคารควบคุม ตลอดจนรับทราบปัญหาและช่วยแก้ไขปัญหาให้อย่างรวดเร็วและทันทั่วทั้งรวมทั้งยังให้บริการข้อมูลข่าวสารอื่นๆที่เป็นประโยชน์และเกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตาม พ.ร.บ. สถานภาพการดำเนินการ อนุรักษ์พลังงานของโรงงาน/อาคารควบคุม และสถานภาพการดำเนินงานของ ที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงาน (RC) เป็นต้น นอกจากนี้ยังจะนำปัญหาต่างๆ ที่ได้รับทราบจากโรงงานและอาคารควบคุมมาวิเคราะห์และกำหนดแนวทางในการป้องกัน ปัญหาดังกล่าวเพื่อไม่ให้เกิดซ้ำและกำหนดกิจกรรมต่างๆที่จะกระตุ้นและช่วยเหลือ โรงงานและอาคารควบคุมในการดำเนินงานตาม พ.ร.บ.



สถานที่ดำเนินการ : อาคาร 8 ชั้น 1

โทรศัพท์ : 0 2223 0021 - 9 ต่อ 1650, 1668, 1411, 1427 (ในเวลาราชการ)

Email : dedeoss@dedp.go.th

3 แนะนำหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานของ พ.พ.

กองฝึกอบรม ซึ่งมีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการสนับสนุนการพัฒนาบุคลากร ด้านการอนุรักษ์ พลังงาน ได้เปิดหลักสูตรอบรมต่างๆ ในช่วงแต่ละปี ตัวอย่างของหลักสูตร ได้แก่ หลักสูตรผู้รับผิดชอบด้าน พลังงาน หลักสูตรเทคโนโลยี พลังงาน หลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในขบวนการผลิตของอุตสาหกรรม แต่ละประเภท หลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร และหลักสูตรการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน เป็นต้น

ผู้ที่สนใจสามารถติดต่อขอรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่

หมายเลขโทรศัพท์ 0 2577 7035-41 โทรสาร 0 2577 7047

4 แนะนำ WEB SITE ของ พ.พ. ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้พัฒนา WEB SITE เพื่อเป็นช่องทางให้ผู้สนใจเข้าไปหาข้อมูลเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานที่

<http://www.dedp.go.th> และ <http://www.teenet-dedp.com>

ภายใน WEB SITE ผู้ที่สนใจสามารถค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับ รายชื่อ โรงงาน/อาคารควบคุม รายชื่อที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้กับ พ.พ. ข้อมูลเกี่ยวกับเทคโนโลยีพลังงานและรายละเอียดเกี่ยวกับการฝึกอบรม



แบบสั่งจองเอกสารเผยแพร่

“แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีในการจัดการด้านพลังงาน”

ผู้สนใจสั่งจองเอกสารเผยแพร่ “แนวทางการปฏิบัติงานที่ดีในการจัดการด้านพลังงาน” สามารถกรอกรายละเอียดตามแบบฟอร์มด้านล่าง และส่งเอกสารพร้อมแนบปีเป็นค่าจัดส่ง 10 บาทต่อเล่ม มายัง

ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กองฝึกอบรมตามที่อยู่ในปกหลังของเอกสาร

หน่วยงาน.....

ชื่อ.....

ที่อยู่.....

โทรศัพท์..... โทรสาร

โปรดใส่เครื่องหมาย ✓ สำหรับเอกสารที่ท่านสั่งจอง

เอกสารเผยแพร่แนวทางการปฏิบัติงานที่ดี

- ☐ 1. คู่มือจัดการพลังงานที่ดี (The Good energy manager's guide)
- ☐ 2. รูปแบบของการจัดการด้านพลังงาน (Aspects of energy management)
- ☐ 3. กลยุทธ์ในการจัดการด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อม
(A strategic approach to energy and environmental management)
- ☐ 4. การจัดการโครงการด้านประสิทธิภาพให้ประสบความสำเร็จ
(Successful project management for energy efficiency)
- ☐ 5. การสอดแทรกเรื่องพลังงานเข้าไปในระบบคุณภาพทั่วทั้งองค์กร - แนวทางสำหรับผู้จัดการพลังงาน (Putting energy into Total Quality - A guide for energy managers)
- ☐ 6. การจัดการและการสร้างแรงจูงใจทีมงานเพื่อการประหยัดพลังงาน
(Managing and motivating staff to save energy)
- ☐ 7. การฝึกอบรมด้านการจัดการพลังงาน (Energy management training)
- ☐ 8. การนำความร้อนทิ้งในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมมาใช้ใหม่
(Waste heat recovery in the process industries)
- ☐ 9. เทคนิคการนำความร้อนทิ้งจากก๊าซเสียที่มีอุณหภูมิสูงกลับมาใช้ใหม่
(Waste heat recovery from high temperature gas streams)
- ☐ 10. การปฏิบัติงานว่าด้วยการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับหม้อไอน้ำในอุตสาหกรรม (Energy efficient operation of industrial boiler plant)
- ☐ 11. การบริหารงานบุคคล และการบริการด้านการพลังงาน
(Managing people, Managing energy)



คู่มือการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

- ☐ 1. คู่มือการใช้หม้อไอน้ำชนิดใช้น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงอย่างประหยัด
(Economic use of oil - fired boiler plant)
- ☐ 2. คู่มือการใช้หม้อไอน้ำชนิดใช้แก๊สเป็นเชื้อเพลิงอย่างประหยัด
(Economic use of gas - fired boiler plant)
- ☐ 3. คู่มือการใช้หม้อไอน้ำชนิดใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงอย่างประหยัด
(Economic use of coal - fired boiler plant)
- ☐ 4. การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม FE-TD-TRC-44004
(Energy Audits For Industry)
- ☐ 5. การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร FE-TD-TRC-44005
(Energy Audits For Building)
- ☐ 6. ไอน้ำ FE-TD-TRC-44006 (Steam)
- ☐ 7. การใช้พลังงานในเครื่องอัดอากาศ FE-TD-TRC-44007
(Compressed Air And Energy Use)
- ☐ 8. การใช้ฉนวนสำหรับท่อร้อน FE-TD-TRC-44008
(The Economic Thickness of Insulation For Hot Pipe)
- ☐ 9. การใช้ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างประหยัด FE-TD-TRC-44009
(Economic Use Electricity in Industry)
- ☐ 10. การประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็น FE-TD-TRC-44010
(The Economic Use of Refrigeration Plant)
- ☐ 11. การจัดการพลังงานและระบบแสงสว่าง FE-TD-TRC-44011
(Energy Management And Good Lighting Practices)
- ☐ 12. มาตรการลดความสูญเสีย FE-TD-TRC-44012
(Waste Avoidance Measures)
- ☐ 13. การใช้ฉนวนในกระบวนการผลิตและการใช้เชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพ
FE-TD-TRC-44013 (Process Plant Insulation And Fuel Efficiency)

รวมเอกสารเผยแพร่ทั้งหมดที่สั่งจอง เล่ม

พร้อมแถมปีเป็นค่าจัดส่ง จำนวน บาท

ลงชื่อ.....ผู้สั่งจอง
(.....)
วันที่.....



แบบสอบถามเกี่ยวกับเอกสารเผยแพร่

“ การใช้ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างประหยัด ”

ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงานขอความร่วมมือจากท่านผู้อ่านในการ
แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับเอกสารฉบับนี้ เมื่อกรอกข้อมูลครบถ้วนแล้ว ขอความกรุณาส่งกลับ
กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน
ต. คลองห้า อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 0 2577 7047

หน่วยงาน.....
ชื่อ.....
ที่อยู่.....
โทรศัพท์ โทรสาร

กรุณกรอกข้อมูล

1. ท่านคิดว่าท่านได้รับความรู้จักจากเอกสารฉบับนี้เพียงไร

มากที่สุด
มาก

พอใช้
ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ.....

2. ท่านคิดว่ารูปแบบของเอกสารฉบับนี้เป็นอย่างไร

ดีมาก
ดี

พอใช้
ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ.....

3. ท่านคิดว่ารูปภาพในเอกสารฉบับนี้มีความเหมาะสมหรือไม่

เหมาะสมมาก
เหมาะสม

พอใช้
ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ.....

4. ท่านคิดว่าภาษาที่ใช้ในการนำเสนอเป็นภาษาที่เข้าใจได้ง่ายหรือไม่

เข้าใจได้ดีมาก
เข้าใจดี

พอใช้
ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ.....



5. รายละเอียดของเนื้อหาอยู่ในระดับที่สามารถที่จะนำไปใช้งานได้หรือไม่

ดีมาก

พอใช้

ดี

ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ.....

6. ความสะดวกในการรับเอกสารฉบับนี้

ดีมาก

พอใช้

ดี

ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ.....

7. ความรวดเร็วในการได้รับการติดต่อก่อนได้รับเอกสาร

ดีมาก

พอใช้

ดี

ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ.....

8. ท่านคิดว่าการจัดลำดับเนื้อหาในเอกสารฉบับนี้เป็นอย่างไร

เหมาะสมมาก

พอใช้

เหมาะสม

ต้องปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ.....

9. ท่านคิดว่าเอกสารในหมวดใดควรต้องปรับปรุงมากที่สุด

ปก

รูปภาพ

เนื้อหา

รูปเล่ม

ข้อเสนอแนะ.....

ข้อเสนอแนะที่อยากจะให้ทำเพิ่มเติมในครั้งต่อไป

.....
.....
.....
.....