# บทที่ 2

## ตรวจเอกสารการจัดการและปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้า ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

JoJo Sm.Li ทำการศึกษาประสิทธิภาพพลังงานและวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของหน่วยงานภาครัฐในฮ่องกงเขตบริหารพิเศษ โดยทำการศึกษาประสิทธิภาพพลังงานใน 19 หน่วยงานของภาครัฐในฮ่องกง ซึ่งได้หยิบยกลักษณะการใช้พลังงานของหน่วยงานภาครัฐ ปัญหาและผลในการประเมินประสิทธิภาพพลังงานของอาคารขึ้นมาพิจารณา และรายงานผลดัชนีการใช้พลังงาน เฉลี่ยตามพื้นที่ของหน่วยงานนั้น โดยใช้ข้อมูลการใช้พลังงานในอดีตที่ผ่านมา 3 ปี ซึ่งปัจจัยหลายประการที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงาน เช่น ปีที่ก่อสร้างอาคารและการตรวจสอบพื้นที่การใช้พลังงานทั้งหมด มาตรการในการจัดการพลังงานจะถูกนำเสนอภายหลังจากที่ได้ดำเนินการตรวจสอบการใช้พลังงานในหน่วยงาน และแนะนำวิธีปฏิบัติเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ดังนี้

1. เลือกการจัดการพลังงานอย่างเหมาะสมได้แก่
   1.1 เปลี่ยนป้ายสัญญลักษณ์ทางออกเป็นแบบไดโอดเรืองแสง
   1.2 เปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนซ์ T8 เป็นหลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5
   1.3 เปลี่ยนระบบเครื่องปรับอากาศเป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ
2. วางแผนและกำหนดข้อปฏิบัติในการจัดการพลังงาน
   1.4 ตั้งเป้าหมายในการจัดการพลังงาน
   1.5 จัดการโครงสร้างภาระการใช้พลังงานอย่างชัดเจน
   1.6 ตรวจสอบดูแลปริมาณการใช้ไฟฟ้า

(JoJo Sm.Li, 2008, pp. 1872-1875)

Piljore Im. Teff S. Haberl ได้ศึกษาการสำรวจโรงเรียนประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้าสูง โดยทั่วไปพบว่า อาคารที่ประสบความสำเร็จอย่างสูงในการประหยัดพลังงาน ต้องออกแบบอาคารให้เกิดการประหยัดพลังงานได้สูงสุดโดยการปรับปรุงที่ให้ผู้อยู่อาศัยและผู้มาติดต่อมีความสุขสบายถูกสุขลักษณะ ปลอดภัย และมีข้อจำกัดในการป้องกันผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม

ตัวเลือกที่เป็นที่นิยมที่ใช้ในการปรับปรุงของการจัดลำดับอาคารที่ประสบความสำเร็จอย่างสูงในการประหยัดพลังงาน ประกอบด้วย

1. ติดตั้งกระจกประสิทธิภาพสูง
2. ใช้หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5 หรือ T8
3. ติดตั้งผนังและหลังคาที่มี R-values สูง
4. ใช้อุปกรณ์ตรวจจับและควบคุมแสงสว่าง
5. ใช้ระบบโซลาเซล
6. ใช้การปั๊มความร้อนจากพื้นดิน
7. ใช้หม้อต้มน้ำ High AFUE

(Piljore Im. Teff S. Haberl, 2006, para 5, 21)

Bryan Hackett & Sandra Chow ทำการวิจัยเรื่องการประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานของห้องเย็นสำหรับเก็บผักและผลไม้ โดยได้รายงานผลการตรวจสอบพลังงานโดยละเอียดของโรงงานผลไม้และผักสดทั้ง 7 แห่ง ในรัฐแคลิฟอร์เนียร์ ที่มีศักยภาพและโอกาสในการประหยัดพลังงาน ทั้งโรงงานเล็กและโรงงานใหญ่ โดยพิจารณาจากพลังงานและต้นทุนในการผลิต โดยมีมาตรการและศักยภาพในการประหยัดพลังงาน ดังนี้

1. ประหยัดและผลตอบแทนการลงทุนสูง
2. ปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพการใช้งานสูง
3. ดูแลการขับเคลื่อนมอเตอร์และการควบคุม
4. ทำการวางแผนเวลาการใช้งานเพื่อประหยัดต้นทุน
5. ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างประสิทธิภาพสูงและการควบคุม

โดยทำการติดตั้งหลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5, T8 ประสิทธิภาพสูงและหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนซ์T12 (Bryan Hackett & Sandra Chow, 2002, pp.1-11)

Anderson S. dos Santos & Marcelo Toss and Fernando S. dos Reis ได้วิจัยและพบว่าการป้อนแรงดันไฟฟ้าเพื่ออุ่นบัลลาสต์อิเลทรอนิคหลายความถี่สำหรับหลอดไฟฟ้าฟูลออเรสเซนซ์ T5 เป็นวิธีการอนุรักษ์พลังงานและเป็นวัตถุประสงค์หลักเพื่อปรับปรุงวิธีการใช้พลังงาน โดยไม่สูญเสียความสะดวกสบายและยังได้รับผลประหยัด สามารถลดการบริโภค ลดค่าใช้จ่าย โดยไม่ต้องเสียเวลาในขณะที่ประสิทธิภาพและคุณภาพไม่ได้ลดลง การเพิ่มประสิทธิภาพในระบบแสงสว่าง โดยการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเช่น การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจากหลอดไส้ (Incandescent) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนซ์ การเปลี่ยนบัลลาสต์อิเลคทรอนิคแทนบัลลาสแกนเหล็ก ทำให้หลอดไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงขึ้นใน Hanover Fair ในปี พ.ศ. 2538 ผู้ผลิตในยุโรปได้นำเสนอหลอดฟลูออเรสเซนซ์ใหม่คือ หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5/28 วัตต์ ซึ่งเป็นหลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง ซึ่งในอนาคตหลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5/28 วัตต์ จะใช้แทนที่หลอดฟลูออเรส

เซนซ์ T8/32 วัตต์ ได้ (Anderson S. dos Santos & Marcelo Toss and Fernando S. dos Reis, 2006, pp.2-5)

V.P.GUPTA, F-ISLE & M-ISHRAE ได้ศึกษาการออกแบบเพื่อลดต้นทุน ประหยัดพลังงาน มีประสิทธิภาพทันสมัยและยืดหยุ่นในระบบสวิตช์ไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง กรณีศึกษาอาคาร BSNL NEN DELHI ผู้ทำการศึกษากล่าวว่าแม้ว่าปริมาณของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารมีจำนวนจำกัดเราจึงต้องเข้าใจและตระหนักและมีความรู้สึกที่เหมือนเดิมเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภายในอาคารโดยการใช้สีและการรู้สึกถึงความร้อนจากแสงสว่างภายนอกอาคาร โดยที่ระดับการให้แสงสว่างของห้องไม่ได้ลดลง นั้นเป็นวิธีการปรับปรุงที่ใช้งบประมาณอย่างมีประสิทธิผลและการใช้แสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการคำนวณประสิทธิภาพการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ที่ถูกนำเสนอในแผนงานของการออกแบบก่อสร้างอาคารสำนักงานใหม่ของบริษัท BSNL NEN DELHI โดยการใช้พลังงานทุกชนิดอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าตลอดอายุการใช้งาน จะมีระยะเวลาการคืนทุนของหลอดไฟฟ้า T5/28 วัตต์ ที่ใช้บัลลาสต์อิเลคทรอนิกที่ 1.52 ปี เมื่อเทียบกับหลอดไฟฟ้า T8/36 วัตต์ ที่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็ก (V.P.GUPTA, F-ISLE & M-ISHRAE, (n.d.) pp.1-6)

วรพจน์ งามชมพู ได้ศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในส่วนการศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า ศึกษาการใช้พลังงานของอาคารต่าง ๆ ในส่วนการศึกษาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า เพื่อหาแนวทางการประหยัดพลังงานที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2547 ทั้งสิ้น 3,051,512 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU rate ดัชนีการใช้ไฟฟ้าเท่ากับ 56.49 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อตารางเมตรต่อปี ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 1,108 กิโลวัตต์ ค่าตัวประกอบโหลด 32.49 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 402,737 บาทต่อเดือน ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยเท่ากับ 1.78 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศมากที่สุด 46.76 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือระบบอื่น ๆ (อุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าในสำนักงาน) 26.26 เปอร์เซ็นต์ ระบบแสงสว่าง 23.18 เปอร์เซ็นต์ และระบบส่งจ่ายกำลัง 3.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แนวทางในการประหยัดพลังงานมีดังนี้ ระบบส่งจ่ายกำลัง เสนอให้มีการปรับปรุงเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดเพื่อลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า การย้ายโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีโหลดน้อยมารวมกัน และการปรับแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงบางตัวให้ต่ำลง ระบบปรับอากาศ เสนอให้มีการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเป็นเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง การใช้เทอร์โมสตัสแบบอิเล็กทรอนิกส์ การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ และการปรับปรุง

ผนังและหลังคาของอาคารเพื่อลดค่าความร้อนที่เข้ามาในอาคาร ระบบแสงสว่าง เสนอให้มีการเปลี่ยนโคมไฟธรรมดาเป็น โคมไฟสะท้อนแสง การลดจำนวนหลอดไฟในบริเวณที่มีค่าความสว่างสูง การเปลี่ยนบัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กชนิดธรรมดาเป็นชนิดการสูญเสียต่ำ และการเปลี่ยนหลอดไส้เป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนซ์ การดำเนินการทั้งหมดจะสามารถประหยัดพลังงานได้ 525,658.71 กิโลวัตต์-ชั่วโมง คิดเป็นเงิน 1,060,271 บาทต่อปี หรือลดลงร้อยละ 17.22 โดยใช้เงินลงทุน 3,434,600 บาท ระยะเวลาคืนทุน 3.29 ปี (วรพจน์ งามชมภูและคณะ, 2550, บทคัดย่อ)

## โครงการวิเคราะห์และประเมินผลการนำไปใช้ค่ามาตรฐาน การจัดการใช้พลังงานของส่วนราชการ

ตามที่กระทรวงพลังงานได้จัดทำโครงการตามมติคณะรัฐมนตรี เมื่อ วันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2548 ได้กำหนดให้ทุกหน่วยงานราชการและรัฐวิสาหกิจลดการใช้พลังงานลง ร้อยละ 10-15 เทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงของปีงบประมาณ พ.ศ. 2546 และให้สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ (ก.พ.ร.) กำหนดให้ตัวชี้วัด (Key Performance Index: KPI) “ระดับความสำเร็จของการดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงาน” เป็นหนึ่งในกรอบการประเมินผลการปฏิบัติราชการของ ส่วนราชการ จังหวัด และสถาบันอุดมศึกษา โดยเริ่มตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ.2549 เป็นต้นไป

การดำเนินการตามมติคณะรัฐมนตรีข้างต้น สำนักงาน ก.พ.ร. กำหนดให้สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน เป็นเจ้าภาพหลัก ในการกำหนดเกณฑ์การประเมินผล และสำนักงาน ก.พ.ร. ได้ใช้ข้อมูลที่ส่วนราชการได้รายงานผลปริมาณการใช้ไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิง ผ่านเว็บไซต์ www.e-report.energy.go.th ที่ สำนักนโยบายและแผนพลังงาน จัดทำไว้มาใช้ในการประเมินผลสำเร็จเท่านั้น

จากการวิเคราะห์ผลการดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงานในปี พ.ศ. 2549 ทำให้ทราบว่า การกำหนดเป้าหมายลดใช้พลังงาน 10% ทุกหน่วยงานนั้น มีข้อจำกัด สำนักนโยบายและแผนพลังงาน จึงได้หาแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยให้มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ศึกษาค่ามาตรฐานการใช้พลังงานของหน่วยงานราชการ ที่แบ่งตามลักษณะการปฏิบัติงาน เพื่อนำมาปรับใช้แทนตัวชี้วัดเดิม และ สำนักนโยบายและแผนพลังงาน ได้กำหนดตัวชี้วัดใหม่เสนอคณะรัฐมนตรี ในการประชุมเมื่อวันที่ 13 มีนาคม พ.ศ. 2550 ซึ่งได้มีมติเห็นชอบให้นำเกณฑ์มาตรฐานการจัดการใช้พลังงานของหน่วยงานราชการไปใช้ในการประเมินผลตัวชี้วัดประสิทธิภาพของส่วนราชการด้านการดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงานโดยเริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ในช่วงที่ผ่านมามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้จัดการสัมมนาเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากหน่วยงานราชการต่างๆ ทั่วประเทศ เพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับค่ามาตรฐานการจัดการใช้พลังงาน ซึ่งผลการดำเนินงานเป็นที่น่าพอใจ หน่วยงานต่างๆ มีความเข้าใจค่ามาตรฐานการจัดการพลังงานและค่าดัชนีการใช้พลังงานมากขึ้นและสามารถกรอกข้อมูลได้ถูกต้องอย่างไรก็ตามข้อมูลที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้รับจากการสัมมนาดังกล่าวและคำถามของหน่วยงานที่มักจะสอบถามเข้ามายังสำนักนโยบายและแผนพลังงาน ในปัจจุบันทำให้ทราบว่าการประเมินผลด้วยค่ามาตรฐาน

การจัดการใช้พลังงานยังมีข้อจำกัดบางประการที่จำเป็นต้องปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องและสะท้อนถึงประสิทธิภาพการ ใช้พลังงานของหน่วยงานอย่างแท้จริง

สำนักนโยบายและแผนพลังงาน จึงได้มอบหมายให้มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ดำเนินการวิเคราะห์และประเมินผลการนำไปใช้ของค่ามาตรฐานการจัดการใช้พลังงานของส่วนราชการโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. วิเคราะห์และประเมินผล ของการนำเอาค่ามาตรฐานการจัดการใช้พลังงานมาใช้งานในช่วงปี พ.ศ. 2551 ในลักษณะการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่างค่าคะแนนที่หน่วยงานราชการได้รับ ปริมาณการใช้พลังงานของหน่วยงานราชการ และการใช้ในระดับภาพรวมทั้งประเทศ เมื่อมีการใช้ค่ามาตรฐานการจัดการใช้พลังงานกับผลที่ได้รับจากการเกณฑ์การลดใช้พลังงานร้อยละ 10

2. วิเคราะห์และประเมินผล ในลักษณะการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบระหว่างค่าคะแนนที่หน่วยงานราชการได้รับ ระหว่างกลุ่มหน่วยงานที่มีการเข้าร่วม “โครงการการปฏิบัติงานของหน่วยงานราชการตามมาตรการลดใช้พลังงานร่วมกับจังหวัด” กับสำนักงานพลังงานภูมิภาคกับผลที่ได้จากหน่วยงานอื่นๆ

3. สำรวจหน่วยงานในกลุ่มตัวอย่าง จำนวนไม่น้อยกว่า 15 แห่ง เพื่อทำการวิเคราะห์ผลเชิงลึกตามค่ามาตรฐานการจัดการใช้พลังงานของหน่วยงาน และนำมาจัดทำเป็นกรณีตัวอย่าง

4. สำรวจความคิดเห็นจากหน่วยงานราชการต่าง ๆ ถึงการปรับเปลี่ยนวิธีในการประเมินผลจากมาตรการการลดใช้พลังงานมาเป็นการใช้ค่ามาตรฐานการจัดการใช้พลังงาน และจะได้นำไปวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบกับผลความคิดเห็นที่มีการศึกษามาก่อนการนำค่ามาตรฐานมาใช้งาน

(http://www.e-report.energy.go.th/Servey_schedule.pdf, 2553)

**การรายงานข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อจัดทำค่าดัชนีการใช้พลังงานของหน่วยงานราชการตามตัวชี้วัด "ระดับความสำเร็จของการดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงาน"**

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ (ก.พ.ร.) ได้ดำเนินการตามมติคณะรัฐมนตรีในการประชุมเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม พ.ศ. 2548 กำหนดให้ตัวชี้วัด "ระดับความสำเร็จของการดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงาน" เป็นหนึ่งในกรอบการประเมินผลการปฏิบัติราชการของ ส่วนราชการ สถาบันอุดมศึกษา และจังหวัด ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2550 โดยมี สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) กระทรวงพลังงาน เป็นเจ้าภาพหลัก

ภารกิจการติดตามและประเมินผลการพัฒนาระบบราชการของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ ได้รับคำอุทธรณ์จากหน่วยงานหลายแห่ง เรื่องตัวชี้วัด "ระดับความสำเร็จของการดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงาน" ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549 ที่กำหนดเป้าหมายให้ทุกส่วนราชการลดการใช้พลังงานลงให้ได้ร้อยละ 10-15 เมื่อเทียบกับปีงบประมาณ 2546 เนื่องด้วยแต่ละหน่วยงานมีบทบาทและภารกิจต่างกันหลายประการ และมีการขยายตัวทุกปีทั้งในด้านของจำนวนบุคลากรและกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติ ซึ่งส่งผลโดยตรงถึงการใช้พลังงานโดยรวมของหน่วยงาน

สำนักนโยบายและแผนพลังงาน จึงได้ทำการศึกษาค่าระดับของดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Utilization Index – EUI) ของหน่วยงานราชการ เพื่อนำมากำหนดเป้าหมายลดใช้พลังงานให้เหมาะสมกับหน่วยงานราชการแต่ละประเภท ซึ่งจะช่วยให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและไม่กระทบกับการทำงานตามปกติของหน่วยงาน

ดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Utilization Index – EUI) เป็นตัวกลางที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานแทนที่จะเป็นการเปรียบเทียบการใช้พลังงานเพียงอย่างเดียว โดยดัชนีการใช้พลังงานนี้จะเป็นสิ่งที่สะท้อนถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้น ทำให้การเปรียบเทียบผลของการอนุรักษ์พลังงานของหน่วยงานเป็นไปอย่างถูกต้อง เป็นธรรม และช่วยให้การอนุรักษ์พลังงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และไม่รบกวนหรือขัดขวางการทำงานตามปกติของหน่วยงาน

สำนักนโยบายและแผนพลังงาน ยังคงใช้ข้อมูลของหน่วยงานราชการที่ได้บันทึกไว้แล้วใน www.e-report-energy.go.th เช่น จำนวนหน่วยงาน ชื่อหน่วยงาน ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ ผู้ประสานงานอาคาร และลักษณะทางกายภาพของอาคาร หน่วยงานต้นสังกัด เป็นต้น รวมถึงใช้ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh) และปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร) ที่หน่วยงานราชการรายงานได้บันทึกไว้แล้ว

จากการที่หน่วยงานราชการมีความแตกต่างกันหลายประการ เช่น ลักษณะและที่ตั้งของอาคารที่หน่วยงานนั้นตั้งอยู่ ลักษณะการใช้งานอาคาร กิจกรรมของหน่วยงาน หน้าที่หลักหรือการให้บริการของหน่วยงาน ขนาดของหน่วยงานในแต่ละกระทรวงที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ยังมีการขยายตัวทุกปีทั้งด้านจำนวนบุคลากรและกิจกรรมที่ต้องทำ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลโดยตรงถึงการใช้พลังงานโดยรวมของหน่วยงาน การตั้งเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้ปริมาณพลังงานแต่เพียงอย่างเดียวจึงไม่เพียงพอ ในกลางปี พ.ศ. 2549 สำนักนโยบายและแผนพลังงาน จึงได้สำรวจลักษณะการปฏิบัติงานของหน่วยงานราชการผ่าน e-report เพื่อจะได้ทราบขนาดและลักษณะการให้บริการ ปริมาณการให้บริการ หรือกิจกรรมในหน่วยงาน แล้วนำข้อมูลที่ได้รับมาจัดทำฐานข้อมูลให้สะดวกต่อการรวบรวม วิเคราะห์และประมวลผล ตลอดจนมีความยุติธรรมในการพิจารณาดำเนินการอนุรักษ์พลังงานและเกณฑ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป ทั้งนี้ ได้จัดกลุ่มหน่วยงานเพื่อจะศึกษาค่าระดับของดัชนีการใช้พลังงานต่อไป โดยแบ่งออกเป็น 9 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มทั่วไป
2. กลุ่มโรงพยาบาลและสถานีอนามัย
3. กลุ่มโรงเรียน
4. กลุ่มศาลและสำนักงานอัยการ
5. กลุ่มเรือนจำและสถานคุมประพฤติ
6. กลุ่มสถานีตำรวจ
7. กลุ่มสถาบันอุดมศึกษาและสถาบันอาชีวศึกษา
8. กลุ่มสถานสงเคราะห์
9. กลุ่มสถานีวิทยุและสถานีเครื่องส่งสัญญาณ

การสรุปเพื่อกำหนดดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Utilization Index – EUI) ของแต่ละกลุ่มงาน จำเป็นต้องให้หน่วยงานรายงานข้อมูลการทำงานและข้อมูลอื่นๆ เพิ่มเติม เช่น การให้บริการ กิจกรรม จำนวนบุคลากร จำนวนนักเรียน จำนวนเตียงคนไข้ งบประมาณที่ได้รับ พื้นที่ของอาคารที่มี พื้นที่การให้บริการ และข้อมูลการให้บริการ เป็นต้น ค่าตัวแปรต่างๆ ดังกล่าว จะถูกนำมาหาค่า EUI โดยมีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสมการจะมีค่าที่ขึ้นอยู่กับตัวแปรในแต่ละกลุ่ม เมื่อป้อนข้อมูลเข้าไปในแบบจำลองฯ ก็จะได้ค่าการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยของแต่ละหน่วยงานในกลุ่มนั้น จากนั้นจะนำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าการใช้พลังงานจริงของแต่ละหน่วยงาน ซึ่งจะทราบค่าดัชนีการใช้พลังงานของแต่ละหน่วยงานได้

ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (Electric Energy Utilization Index; EEUI)

คือ EEUI = $(EEU_{จริง} – EEU_{สมการ})/ EEU_{จริง}$

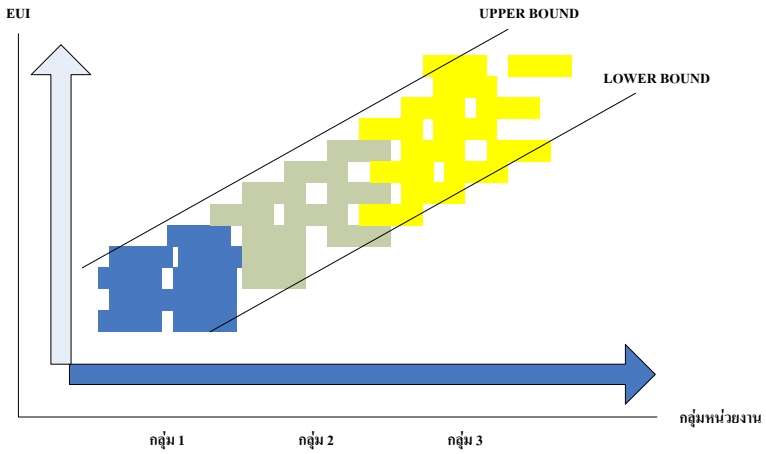
และ

ค่าดัชนีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel Energy Utilization Index ; FEUI)

คือ FEUI = $(FEU_{จริง} – FEU_{สมการ})/ FEU_{จริง}$

รูปที่ 2

การหาค่าดัชนีการใช้พลังงาน

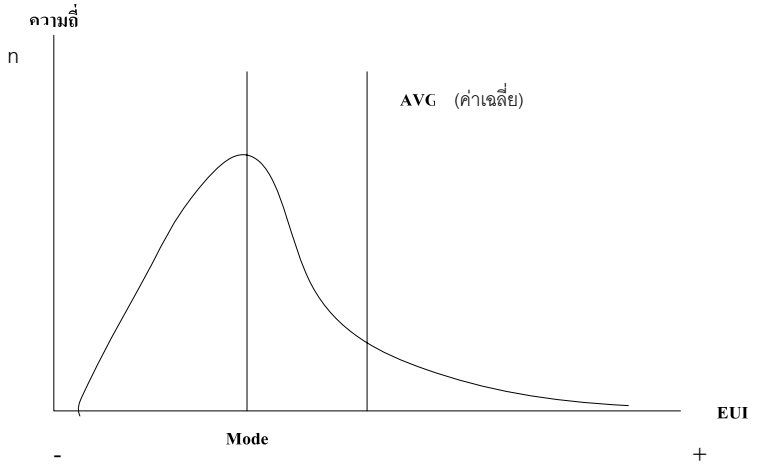



ที่มา: www.e-report.energy.go.th/.../EUI%20Survey-Handbook-0-Intro.doc, 2553

เมื่อได้ค่า EUI ของแต่ละหน่วยงาน ก็จะนำค่า EUI ทั้งหมดมาพล็อตกราฟระหว่างค่า EUI กับ ความถี่ เพื่อหาค่าฐานนิยม (Mode) และจะทำให้ได้ค่า $EUI_{Base}$ ที่เหมาะสมสำหรับหน่วยงาน ซึ่งเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการทำงานของหน่วยงาน “ระดับความสำเร็จของการดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงาน ในปี พ.ศ. 2550”

รูปที่ 3

เปรียบเทียบตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานของหน่วยงาน




ที่มา: www.e-report.energy.go.th/.../EUI%20Survey-Handbook-0-Intro.doc, 2553

ค่าการใช้พลังงานของหน่วยงานในปี พ.ศ. 2550 จะเป็น $EUI_{Base}$ สำหรับใช้ประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Energy Performance Index - EPI) ของแต่ละหน่วยงาน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 เป็นต้นไป ซึ่งจะได้มาจากการนำค่า $EUI_{\text{ในปีปัจจุบัน}}$ ของหน่วยงานมาเปรียบเทียบกับค่า $EUI_{Base}$ ของหน่วยงาน แล้วคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ ตามสูตรต่อไปนี้

$$EPI = \frac{EUI_{Present} - EUI_{Base}}{EUI_{Base}} \times 100\%$$

Energy Performance Index = EPI

Energy Utilization Index = EUI

หาก EPI มีค่า “+” = การใช้พลังงาน ณ ปีปัจจุบัน เพิ่มจากปีฐาน

หาก EPI มีค่า “-“ = การใช้พลังงาน ณ ปีปัจจุบัน ลดลงจากปีฐาน

**การรายงานข้อมูลเพิ่มเติม**

ดังที่กล่าวมาแล้ว จากคำอุทธรณ์จากหน่วยงานหลายแห่งที่มีต่อการกำหนดเป้าหมายให้ทุกส่วนราชการลดการใช้พลังงานลงให้ได้ร้อยละ 10-15 จึงนำมาสู่การกำหนด KPI ตัวชี้วัดในปีงบประมาณพ.ศ. 2550โดยใช้เป็นดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Utilization Index – EUI)

ซึ่งจะเป็นตัวกลางที่ใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานแทนที่จะเป็นการเปรียบเทียบการใช้พลังงานเพียงอย่างเดียว

การประเมินผลตามตัวชี้วัด “ระดับความสำเร็จของการดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงาน” ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2550 ในรูปการหาค่าดัชนีการใช้พลังงาน EUI นี้ ทุกหน่วยงานต้องรายงานข้อมูลการทำงานและข้อมูลอื่นๆ เพิ่มเติม โดยแต่ละกลุ่มจะมีค่าตัวแปรที่ต้องรายงานแตกต่างกัน

ตารางที่ 1

ข้อมูลการใช้พลังงานของหน่วยงาน

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. **วิธีรายงานข้อมูลเพิ่มเติม** | (1) ยังคงรายงานผ่าน www.e-report.energy.go.th ด้วย Username และ Password เดิม ที่ท่านใช้รายงานปริมาณการใช้พลังงาน<br>(2) ข้อมูลเดิมที่หน่วยงานเคยบันทึกไว้ยังใช้งานอยู่ทั้งหมด<br>(3) หน่วยงานที่ยังไม่ได้บันทึกข้อมูลพื้นฐาน เช่น จำนวนหน่วยงาน ชื่อหน่วยงาน ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ ผู้ประสานงาน เป็นต้น ขอให้ต้นสังกัดเร่งดำเนินการด้วย<br>(4) หน่วยงานที่ยังไม่เคยเข้าระบบ ติดต่อขอ Username และ Password จากหน่วยงานต้นสังกัดเหนือขึ้นไป 1 ระดับ | | | | | | | | |
| 2. **ข้อมูลเพิ่มเติม** | (1) อ่านรายละเอียดจากเอกสารแนบท้ายนี้ ซึ่งจะเป็นการอธิบายการรายงานข้อมูลเพิ่มเติม เฉพาะกลุ่ม จากที่จำแนกเป็น 9 กลุ่ม | | | | | | | | |
| | (2) แต่ละกลุ่มงานรายงานต่างกัน ตามค่าตัวแปร เช่น | | | | | | | | |
| **กลุ่มที่** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 2.1 งบประมาณแผ่นดิน | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 2.2 จำนวนบุคลากร | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 2.3 จำนวนพื้นที่ใช้สอย | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| 2.4 เวลาทำการ | / | | | | | | | | / |
| 2.5 จำนวนผู้ที่เข้ามาใช้บริการ | / | | | | | | | | |
| 2.6 พื้นที่ให้บริการ | / | | | | | / | | | / |
| 2.7 จำนวนครั้งในการออกพื้นที่ | / | | | | | | | | |
| 2.8 จำนวนเตียง | | / | | | | | / | | |
| 2.9 จำนวนผู้ป่วยนอก ผู้ป่วยใน | | / | | | | | / | | |
| 2.10 จำนวนนักเรียน นักศึกษา | | | / | | | | / | | |
| 2.11 จำนวนวันที่มีการเรียนการสอน | | | / | | | | / | | |
| 2.12 จำนวนคดี | | | | / | | / | | | |
| 2.13 จำนวนผู้อยู่ค้างคืน | | | | | / | / | | / | |

ที่มา: www.e-report.energy.go.th/.../EUI%20Survey-Handbook-0-Intro.doc, 2553

## ค่ามาตรฐานการจัดการใช้พลังงาน

ค่ามาตรฐานการจัดการใช้พลังงาน กลุ่ม (7) สถาบันอุดมศึกษาและสถาบันอาชีวศึกษา

ตารางที่ 2

ค่ามาตรฐานการจัดการใช้พลังงาน กลุ่ม (7)

| | |
|---|---|
| กลุ่มย่อย 7-71<br>มหาวิทยาลัย | ไฟฟ้ามาตรฐาน = [14.129xจำนวนบุคลากร + 0.085xพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร + 0.181x(จำนวนนักศึกษาxจำนวนวันที่มีการเรียนการสอน/100) + 3.286xจำนวนเตียง + 0.217xจำนวนผู้ป่วยนอก + 0.011xจำนวนวันนอนรวมผู้ป่วยใน]xอุณหภูมิ |
| กลุ่มย่อย 7-72<br>วิทยาลัย<br>(เทคโนโลยี) | ไฟฟ้ามาตรฐาน = [10.003xจำนวนบุคลากร + 0.015xพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร + 0.356x(จำนวนนักศึกษาxจำนวนวันที่มีการเรียนการสอน/100)]xอุณหภูมิ |
| กลุ่มย่อย 7-73<br>วิทยาลัย (ทั่วไป) | ไฟฟ้ามาตรฐาน = [7.675xจำนวนบุคลากร + 0.009xพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร + 5.036x(จำนวนนักศึกษาxจำนวนวันที่มีการเรียนการสอน/100)]xอุณหภูมิ |
| กลุ่มย่อย 7-74<br>คณะภาควิชา<br>หน่วยงานต่างๆ | ไฟฟ้ามาตรฐาน = [14.129xจำนวนบุคลากร + 0.085xพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร + 0.181x(จำนวนนักศึกษาxจำนวนวันที่มีการเรียนการสอน/100) + 3.286xจำนวนเตียง + 0.217xจำนวนผู้ป่วยนอก + 0.011xจำนวนวันนอนรวมผู้ป่วยใน]xอุณหภูมิ |

ที่มา: http://www.e-report.energy.go.th/eeueq/g7.htm, 2553

**พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม กฎกระทรวง ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535**

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 ได้กำหนดการใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ

1. ในกรณีที่มีการส่องสว่างด้วยไฟฟ้าในอาคาร จะต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอตามหลักและวิธีการที่ยอมรับได้ทางวิศวกรรม

2. อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ จะต้องใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกินค่าดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3
ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างต่อพื้นที่

| **ประเภทอาคาร** [1] | **ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด** $w/m^2$ **(วัตต์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน)** |
|---|---|
| (ก) สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษาและโรงพยาบาล/สถานพักฟื้น | 16 |
| (ข) ร้านขายของ ซุปเปอร์มาเก็ต หรือศูนย์การค้า [2] | 23 |

[1] อาคารที่มีการใช้งานหลายลักษณะให้ใช้ค่าในตารางตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน

[2] รวมถึงไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปที่ใช้ในการโฆษณาเผยแพร่สินค้า ยกเว้นที่ใช้ในตู้กระจก แสดงสินค้า

ที่มา: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2539

**มาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร**

ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารจะต้องมีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (full load) หรือที่ภาระใช้งานจริง (actual load) ไม่เกินกว่าค่าตามตารางดังต่อไปนี้

## 1. เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ตารางที่ 4

ค่ากำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

| ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น | กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (Kw/ton) | |
|---|---|---|
| | อาคารใหม่ | อาคารเก่า |
| ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (centrifugal chiller) | | |
| ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น | 0.75 | 0.90 |
| ขนาดเกินกว่า 250 - 500 ตันความเย็น | 0.70 | 0.84 |
| ขนาดเกินกว่า 500 ตันความเย็น | 0.67 | 0.80 |
| ข. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (reciprocating chiller) | | |
| ขนาดไม่เกิน 35 ตันความเย็น | 0.98 | 1.18 |
| ขนาดเกินกว่า 35 ตันความเย็น | 0.91 | 1.10 |
| ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (package unit) | 0.88 | 1.06 |
| ง. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (screw chiller) | 0.70 | 0.84 |

ที่มา: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2539

## 2. เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

ตารางที่ 5

ค่ากำลังไฟฟ้าเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

| ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น | กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (Kw/ton) | |
|---|---|---|
| | อาคารใหม่ | อาคารเก่า |
| ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (centrifugal chiller) | | |
| ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น | 1.40 | 1.61 |
| ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น | 1.20 | 1.38 |
| **ข.** ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (reciprocating chiller) | | |
| ขนาดไม่เกิน 50 ตันความเย็น | 1.30 | 1.50 |
| ขนาดเกินกว่า 50 ตันความเย็น | 1.25 | 1.44 |
| **ค.** เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (package unit) | 1.37 | 1.58 |
| **ง.** เครื่องทำความเย็นแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน | 1.40 | 1.61 |
| (window/split type) | | |

ที่มา: กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, 2539

# หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศและประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศ

## หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศประกอบด้วยส่วนต่างๆ หลัก 4 ส่วนคือ คอมเพรสเซอร์ (Compressor) คอนเดนเซอร์ (Condenser) อุปกรณ์ลดแรงดัน (Metering Device) และ อีเวปเปอร์เรเตอร์ (Evaporator) แสดงในรูปที่ 4 โดยที่คอมเพรสเซอร์จะทำหน้าที่อัดสารทำความเย็นในสถานะที่เป็นแก๊สให้มีแรงดันสูงขึ้น พลังงานส่วนใหญ่ร้อยละ 95 จะถูกใช้โดยคอมเพรสเซอร์ ส่วนที่เหลือจะใช้โดยพัดลมระบายความร้อนในคอนเดนเซอร์ และพัดลมส่งลมเย็นในอีเวปเปอร์เรเตอร์ คอนเดนเซอร์ จะทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นลงเพื่อให้เกิดการควบแน่นเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว หลังจากนั้นสารทำความเย็นจะถูกลดแรงดันโดยอุปกรณ์ลดแรงดันที่มีหลายรูปแบบเช่น Expansion valve หรือที่นิยมใช้ในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กจะเป็น Capillary tube เมื่อสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะของเหลวถูกลดแรงดันก็จะเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส ซึ่งจะดูดความร้อนเข้ามาจากอากาศที่ไหลผ่านในอีเวปเปอร์เรเตอร์ ทำให้อากาศที่ส่งออกไปจาก อีเวปเปอร์เรเตอร์เป็นอากาศเย็น สารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะรูปที่ 4 วงจรของ สารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ แก๊สก็จะถูกอัดให้เป็นแก๊สที่ความดันสูงอีกเป็นวัฐจักรต่อๆ ไป โดยที่อัตราการไหลของมวลสารทำความเย็นจะขึ้นอยู่โดยตรงกับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งอัตราการไหลของมวลสารทำความเย็นจะแปรผันตรงกับความสามารถ การทำความเย็นหรือภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ ดังแสดงได้ด้วยสมการ ดังนี้

$$Q = mq$$

q = ค่าการทำความเย็น (kJ/kg)

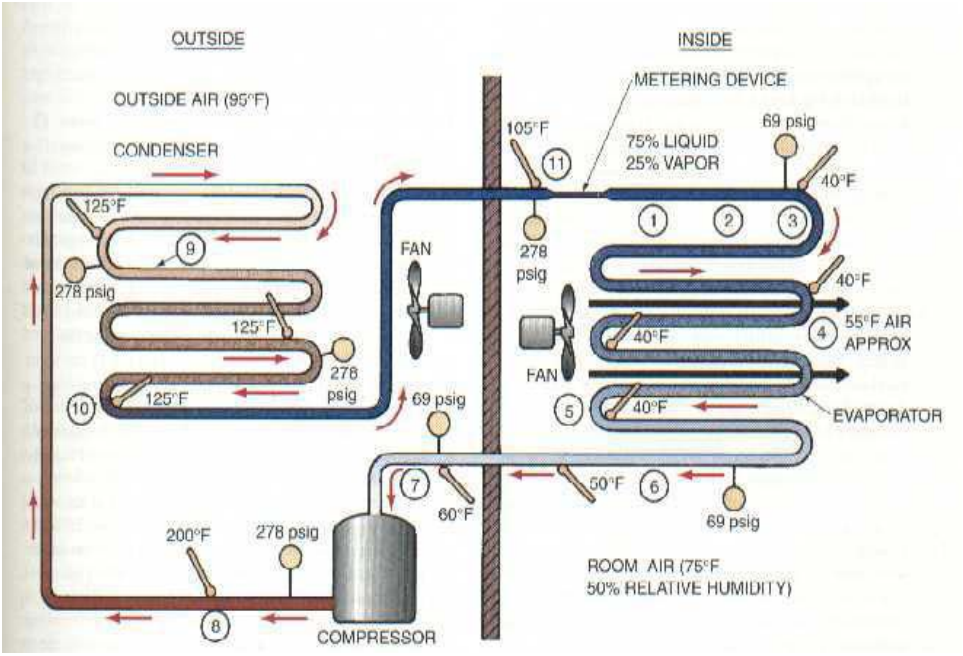
m = อัตราการไหลของมวลสารทำความเย็น (kg/s)

Q = ความสามารถการทำความเย็น (kJ/s)

โดย ค่าการทำความเย็นคือผลต่างของเอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากอีเวปเปอร์เรเตอร์และเอนทาลปีของสารทำความเย็นที่เข้าไปในอีเวปเปอร์เรเตอร์

รูปที่ 4

วงจรของสารทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ




ที่มา: http://www.dsd.go.th/itrain/opast/kboc/2553_Aircondition/finalpaper3_1.pdf, 2010

**ในสภาวะที่เครื่องปรับอากาศสามารถลดความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์**

ในระบบเครื่องปรับอากาศธรรมดา เมื่ออุณหภูมิห้องลดลงได้ตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เครื่องปรับอากาศจะหยุดการทำความเย็นลง โดยการตัดการทำงานของคอมเพรสเซอร์และจะเริ่มให้คอมเพรสเซอร์ทำงานอีก เมื่ออุณหภูมิห้องสูงขึ้นกว่าค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้แต่ช่วงเวลาเริ่มใหม่จะต้องทิ้งให้ระบบแรงดันด้านสูง และแรงดันด้านต่ำของสารทำความเย็นมีความสมดุลก่อนซึ่งต้องใช้เวลาอย่างน้อย 3 นาทีจึงจะสามารถให้คอมเพรสเซอร์เริ่มทำงานอีกครั้ง มิเช่นนั้นแล้วจะทำให้มอเตอร์ที่ขับคอมเพรสเซอร์เสียหายได้ โดยทั่วไปแล้วการติดตั้งเครื่องปรับอากาศจะคำนวณขนาดของเครื่องปรับอากาศให้ใช้งานได้ที่ภาระความร้อนสูงสุดของปี เช่น ตอนบ่ายของเดือนเมษายน เครื่องปรับอากาศควรจะต้องทำความเย็นได้ตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ แต่ในการใช้งานจริงที่ไม่ใช่ช่วงภาระความร้อนสูงสุด เครื่องปรับอากาศจะต้องลดการทำความเย็นเพื่อรักษาความเย็นให้ได้ตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ หรือเรียกทางวิชาการวิศวกรรมเครื่องปรับอากาศว่า Capacity Control ที่จริงๆ แล้วก็คือ Capacity reduce โดยเครื่องปรับอากาศแบบธรรมดาเดิมๆ ที่ใช้กันอยู่ปัจจุบันจะใช้วิธีการ

ควบคุมอย่างง่ายด้วยวิธีการตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ เป็นช่วงๆ จากภาระความร้อนของการใช้งานเครื่องปรับอากาศจะแปรผันตามฤดูกาล และช่วงเวลาในแต่ละวันโดยที่ในช่วงเช้า ช่วงสาย ช่วงเย็น ช่วงค่ำ ช่วงดึก จะเป็นช่วงที่เครื่องปรับอากาศจะทำงานไม่เต็มพิกัดเครื่องปรับอากาศจะทำงานในสภาวะภาระบางส่วน (Partial load) โดยเฉลี่ยประมาณ 90% ของเวลาการใช้งานทั้งหมด หรือพูดอีกนัยหนึ่งคือ เครื่องปรับอากาศจะทำงานในสภาวะเต็มพิกัดที่ภาระสูงสุด (Full load) เพียง 10% ของเวลาการใช้งาน เท่านั้น ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือ การใช้งานของเครื่องปรับอากาศในห้องนอนที่เครื่องปรับอากาศ จะทำงานเต็มพิกัดในตอนเปิดทำงานในช่วงแรกที่ต้องทำความเย็นเต็มพิกัด เพื่อลดอุณหภูมิห้องลงให้ได้ตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เมื่ออุณหภูมิห้องได้ตามค่าที่ตั้งไว้ เครื่องปรับอากาศจะพยายามรักษาอุณหภูมิให้เท่ากับค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้โดยการตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ จะเห็นได้ว่ายิ่งช่วงดึกภาระความร้อนของห้องจะลดลงมาก เมื่อเทียบกับช่วงเปิดเครื่องปรับอากาศครั้งแรก สังเกตได้ว่าช่วงดึกๆ เครื่องปรับอากาศจะตัดการทำงานของคอมเพรสเซอร์นานกว่าช่วงหัวค่ำด้วยการควบคุมภาระการทำความเย็นให้เหมาะสมกับภาระความร้อนตลอดเวลา จึงเป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูงที่ควบคุมความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์ แทนการตัดต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์โดยจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยมากกว่า 30% (ดร.วีระพล โมนยะกุล, 2554)

**การใช้และการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ เพื่อให้ประหยัดพลังงาน**

แม้การออกแบบและติดตั้งระบบปรับอากาศได้ทำไว้อย่างดี เพื่อให้ประหยัดพลังงาน แต่ถ้าผู้รับผิดชอบในการใช้และบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ ไม่สนใจที่จะปฏิบัติให้ถูกต้องในเรื่องการใช้และบำรุงรักษาระบบปรับอากาศให้ประหยัดพลังงานแล้ว การประหยัดพลังงานก็จะไม่เกิดขึ้นได้ ฉะนั้นเมื่อได้ติดตั้งระบบปรับอากาศเรียบร้อยแล้ว วิศวกรผู้ออกแบบ วิศวกรผู้เชี่ยวชาญด้านการประหยัดพลังงาน และวิศวกรผู้ติดตั้งระบบปรับอากาศ จะต้องทำคู่มือการใช้ และการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ เพื่อมอบให้เจ้าของกิจการและหัวหน้าช่างผู้ควบคุม และจะต้องทำการฝึกฝนอบรมช่างที่ควบคุมการใช้และการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศจนสามารถใช้และบำรุงรักษาระบบปรับอากาศได้อย่างถูกต้อง ให้ประหยัดพลังงานดังที่ตั้งเป้าหมายไว้

ข้อแนะนำในการใช้และการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ เพื่อให้ประหยัดพลังงาน มีดังนี้

1. ทำการทดสอบการทำงาน และปรับสมดุลระบบปรับอากาศใหม่ทุก ๆ ปี เพื่อให้ระบบปรับอากาศทำงานอย่างมีประสิทธิภาพอยู่ตลอดเวลา

2. เริ่มเดินเครื่องให้ช้าที่สุด ที่จะทำให้อากาศภายในมีภาวะพอดี เมื่อเริ่มใช้อาคาร (Optimum Start)

3. หยุดเดินเครื่องให้เร็วที่สุด ที่จะทำให้อากาศภายในยังคงมีภาวะพอดี เมื่อเลิกใช้อาคาร (Optimum Stop)

4. เดินเครื่องทำความเย็น เครื่องส่งลมเย็น เครื่องสูบน้ำ หอผึ่งน้ำฯ ให้สามารถทำความเย็นอย่างมีประสิทธิภาพ มีภาระการทำความเย็นที่ต้องการ ในกรณีที่ใช้เครื่องทำความเย็น เครื่องสูบน้ำ และหอผึ่งน้ำหลายชุด ก็ให้เดินเครื่องให้พอดีกับภาระความเย็น เมื่อภาระความเย็นลดลงก็ให้หยุดเดินเครื่องให้เหลือเฉพาะที่จำเป็นเท่านั้น

5. ปรับตั้งให้เครื่องทำความเย็นทำงาน โดยให้อุณหภูมิของน้ำเย็นสูง และอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นต่ำ โดยเฉพาะเมื่อภาระความร้อนที่เข้าไปในอาคาร จากแหล่งภายนอกน้อยลง อาทิ ในช่วงฤดูที่อากาศเย็นในการปรับตั้งนี้ จะต้องให้ค่าภาระการทำความเย็นที่ต้องการพอดีกับภาระการทำความเย็นที่เครื่องส่งลมเย็นทำได้ เมื่อให้อุณหภูมิของน้ำเย็นสูงขึ้น

6. ตั้งเทอร์โมสะแตทให้ควบคุมภาวะอากาศที่ 25 องศาเซลเซียส

7. ปรับปริมาณอากาศภายนอกที่เข้าไปในอาคารให้พอดีกับความต้องการ อาทิ ในช่วงเริ่มเดินเครื่องและช่วงปิดเครื่อง ให้หรี่อากาศภายนอกให้เข้าไปน้อยลง ทำนองเดียวกันที่ช่วงที่มีคนอยู่ภายในอาคารน้อย ก็ให้หรี่อากาศภายนอกให้ลดลง ในกรณีที่อากาศภายนอก มีค่าความร้อนเอ็นทาลบี้ต่ำกว่าอากาศภายใน ก็ให้นำเอาอากาศภายนอกเข้าไปให้เต็มที่

8. ให้ปิดม่านกั้นการแผ่รังสีของแสงแดดผ่านกระจกเข้าไปในอาคาร อาทิ ปิดม่านของกระจกด้านทิศตะวันออกในช่วงเวลาเช้า และของกระจกด้านทิศตะวันตกในช่วงเวลาบ่าย ๆ

9. ปิดไฟฟ้าแสงสว่างและเครื่องใช้ต่าง ๆ เมื่อไม่จำเป็น เพื่อภาระความร้อนที่เข้าไปในอาคารให้น้อยลง

10. ควบคุมความต้องการไฟฟ้า (Electric Power Demand) โดยการตัดยอดความต้องการลงด้วยการจัดโปรแกรมการเดินเครื่องและหยุดเครื่องให้ความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใกล้เคียงกันในกรณีที่มีความต้องการภาระความเย็นเพิ่มขึ้น ในช่วงเดียวกับที่ภาระแสงสว่างการใช้น้ำสูงขึ้นด้วย การเดินเครื่องทำความเย็น เพื่อสะสมความสามารถทำความเย็นไว้ล่วงหน้าและสูบน้ำไปเก็บไว้ใช้เพิ่มขึ้นในช่วงก่อนความต้องการสูง จะช่วยลดให้ยอดความต้องการต่ำลง

11. ควบคุมคุณภาพของน้ำเย็น โดยเฉพาะของน้ำหล่อเย็น ให้เป็นน้ำสะอาด ปราศจากความกระด้าง เพื่อให้ผิวท่อน้ำสะอาดอยู่ตลอดเวลา ช่วยให้การถ่ายเทความร้อนดี และมีความเสียดทานน้อย

12. หมั่นล้างท่อน้ำให้สะอาดอยู่เสมอ เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนดี

13. หมั่นล้างแผงกรองอากาศให้สะอาดอยู่เสมอ เพื่อให้การถ่ายเทความร้อนดี

14. หมั่นล้างขดท่อทำความเย็นให้สะอาดอยู่เสมอ เพื่อให้อากาศไหลผ่านได้สะดวก และการถ่ายเทความร้อนดี

15. หมั่นตรวจเช็คการทำงานของวาล์วระบายอากาศให้ทำงานไล่อากาศภายในระบบท่อน้ำ

16. หมั่นตรวจ ซ่อมท่อลม เพื่อแก้ไขไม่ให้มีลมรั่ว

17. หมั่นตรวจ เช็คปรับสายพาน อัดจาระบี เครื่องจักรต่าง ๆ ให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพอยู่เสมอ

18. ตรวจเช็คสภาพของฉนวนหุ้มเครื่องทำความเย็น เครื่องส่งลมเย็น ท่อลม และท่อน้ำ หากมีการชำรุด เสื่อมสภาพ ก็ให้จัดการแก้ไขเพื่อให้ความร้อนเข้าไปในระบบน้อยลง

19. ตรวจเช็คการรั่วของลม และแก้ไขไม่ให้มีการรั่ว

การประหยัดพลังงานในการปรับอากาศในอาคารต่าง ๆ จะได้ผลเต็มที่เมื่อได้ดำเนินการให้สมบูรณ์ ทั้งการออกแบบอาคารให้เป็นอาคารที่ประหยัดพลังงานในการปรับอากาศที่ความร้อนจากดวงอาทิตย์ และจากภายนอกเข้าไปได้น้อย มีความร้อนจากดวงไฟฟ้า และอุปกรณ์ภายในอาคารน้อย มีการออกแบบระบบปรับอากาศ การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด มีการติดตั้งถูกต้องเรียบร้อย มีการทดสอบการใช้งาน และการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศให้ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การประหยัดพลังงานในการปรับอากาศจะไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร หรือไม่ได้ผลดีเลย หากขาดองค์ประกอบที่กล่าวข้างต้นไปอย่างใดอย่างหนึ่ง

ข้อพิจารณาที่สำคัญยิ่งอีกประการหนึ่ง ในการดำเนินการให้ประหยัดพลังงานในการปรับอากาศคือ ความคุ้มทุนในการลงทุน ผู้ออกแบบระบบปรับอากาศจะต้องพิจารณาเลือกใช้มาตรการประหยัดพลังงานที่ลดค่าลงทุน หรือไม่ต้องลงทุนเพิ่ม หรือลงทุนแล้วคุ้มค่าการลงทุนเท่านั้น อาทิ การกำหนดตำแหน่งห้องเครื่องที่เหมาะสม จะช่วยลดค่าลงทุนแล้วประหยัดพลังงาน การเลือกใช้สีขาวทาอาคารแทนการใช้สีเข้มจะช่วยประหยัดพลังงานโดยไม่ต้องลงทุนเพิ่ม และการใช้เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศเย็นที่จะทิ้งกับอากาศร้อนจากภายนอกที่นำเข้ามา

แทนที่ หรือการใช้หอผึ่งน้ำขนาดใหญ่ขึ้น เป็นการประหยัดพลังงานที่คุ้มค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น เป็นต้น (ดร.ไพบูลย์ หังสพฤกษ์ และ ดร.เฮอิโซ ไซโต, 2543)

## การตรวจวิเคราะห์พลังงาน (energy audit)

การตรวจวิเคราะห์พลังงานเป็นกิจกรรมสำคัญของการประหยัดพลังงาน ซึ่งอาจให้ความหมายเป็นการหาข้อมูลทางด้านการซื้อการจัดการและการใช้พลังงานในหน่วยงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสวงหาลู่ทางในการประหยัด โดยการปรับปรุงวิธีการในการปฏิบัติต่าง ๆ บางครั้งอาจเรียกว่าการสำรวจการใช้พลังงาน (energy survey) แต่ไม่สำคัญ ประเด็นอยู่ที่การตรวจวิเคราะห์การใช้ หาลู่ทางปรับปรุงแล้ว ลงมือประหยัดตามมาตรการที่เห็นเหมาะสม และคุ้มกับค่าใช้จ่าย

### 1. ความละเอียดลึกซึ้งของการตรวจวิเคราะห์พลังงาน

การตรวจวิเคราะห์พลังงานมีหลายระดับ ขึ้นกับปัจจัยแวดล้อมหลายประการ ทั้งนี้อาจทำสั้น ยาว หยาบ ละเอียด อย่างหนึ่งอย่างใด ก็ได้แล้ว แต่ความเหมาะสมทางด้านเวลา ขีดความสามารถของผู้ทำ กรอบทางด้านทรัพยากรกำลังคน ค่าใช้จ่าย และความคุ้มกับค่าใช้จ่าย ด้วยเหตุนี้จึงมีการเรียกชื่อ หลายอย่าง แตกต่างกันออกไป เช่น walk - through audit, half - a - day audit, preliminary audit, screening audit, detailed audit เป็นต้น

### 2. ขั้นตอนการตรวจวิเคราะห์

การตรวจวิเคราะห์พลังงาน ตามปกติ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

#### 2.1 การตรวจสอบการใช้ที่ผ่านมา

ขั้นตอนแรกในการตรวจหาลู่ทางการประหยัด คือ การหาข้อมูลการใช้พลังงานเชิงปริมาณ และค่าใช้จ่าย ระยะเวลาที่ตรวจสอบย้อนหลังไม่ควรต่ำกว่า 12 เดือน การใช้แต่ละฤดูกาลไม่เหมือนกัน ถ้าหากได้ไกลกว่านั้นก็จะดี แต่มิใช่เป็นสิ่งสำคัญ ข้อมูลที่ตรวจหาจะต้องจำแนกเป็นรายชนิดเชื้อเพลิง ซึ่งอาจหาได้จากใบแจ้งหนี้ หรือใบเสร็จรับเงิน รวมทั้งโครงสร้างราคาเชื้อเพลิง และวิธีการคิดค่าพลังงาน หลังจากนั้นพิจารณาสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงแต่ละชนิด ซึ่งถ้าหากมีข้อมูลหลาย ๆ ปีย้อนหลัง ก็สามารถเขียนกราฟดูแนวโน้มการใช้ของเชื้อเพลิงโดยรวม ของแต่ละชนิด หรือในอุปกรณ์ที่สำคัญ ๆ ทั้งหมดนี้จะให้ลักษณะการใช้ว่าแปรผันตามฤดูกาลอย่างไร หรือมีข้อสังเกตในเรื่องแนวโน้มและการแปรเปลี่ยนค่าในแต่ละเดือนอย่างไร เช่น อากาศเปลี่ยนแปลงทำให้การใช้ลดลง หรืออุปกรณ์มีประสิทธิภาพเสื่อมลง การที่ไม่ได้มีการควบคุมที่ดีพอ ไฟฟ้าดับ เป็นต้น ซึ่งคงจะต้องพยายามหาคำอธิบายลักษณะกราฟ ให้ได้ว่าทำไมเป็นอย่างนั้น การตรวจสอบปริมาณของผลผลิตในช่วงเวลาเดียวกัน จะช่วยให้สามารถเขียนกราฟการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต ซึ่ง

จะแสดงแนวโน้มรายเดือน หรือรายปี สำหรับการตรวจสอบพิจารณาปรับปรุงแก้ไขต่อไป ต่อไปพิจารณาโครงสร้างราคาการจัดซื้อที่ผ่านมา ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ เสียค่าไฟฟ้าในอัตราใดและสอดคล้องกับลักษณะการดำเนินงานหรือไม่ อย่างไร มีโอกาสที่จะปรับปรุงการจัดซื้อ ให้อยู่ในโครงสร้างที่เป็นประโยชน์มากขึ้นหรือไม่ การซื้อเชื้อเพลิงแข็ง จัดซื้อตามเกณฑ์น้ำหนักเชื้อเพลิง หรือปริมาณพลังงานที่ให้ได้ อย่างไหนจะดีกว่ากัน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ควรจะได้รับการพิจารณาปรับปรุงตามความเหมาะสม

**2.2 การสำรวจการใช้เบื้องต้น**

ประการนี้เป็นการสำรวจสถานภาพการใช้พลังงานในปัจจุบันโดยใช้ระยะเวลาสั้น ๆ และเสียค่าใช้จ่ายน้อย ทั้งนี้เพื่อตรวจดูว่ามีการใช้พลังงานอย่างไร ที่ไหนบ้าง เท่าไร โดยอาจพิจารณาเป็นรายชนิดเชื้อเพลิง ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบดูว่ามีการใช้พลังงานใดมาก จะได้ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการจัดลำดับความสำคัญในการศึกษาละเอียดต่อไป นอกจากนี้แล้ว การสำรวจในขั้นตอนนี้ยังจะเน้นไปที่การตรวจดูว่าการใช้พลังงานที่สูญเปล่าและไม่มีประสิทธิภาพอย่างเห็นได้ชัด เพื่อประเมินค่าศักยภาพการประหยัดในเบื้องต้นว่า มีมากน้อยแค่ไหนอย่างไร และคุ้มกับค่าใช้จ่ายทรัพยากรที่จะใช้ไปเพื่อการศึกษาละเอียดหรือไม่ ในอาคารหรือโรงงานขนาดเล็กที่ใช้พลังงานน้อยอาจไม่คุ้มกับการที่จะลงทุนศึกษาละเอียด เนื่องจากไม่คุ้มกับเวลา และค่าใช้จ่ายเพราะผลตอบแทนน้อย

**2.3 การตรวจวิเคราะห์ละเอียด**

เป็นการดำเนินงานต่อจากการตรวจวิเคราะห์เบื้องต้นในหัวข้อก่อน ทั้งนี้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจหาพลังงานสูญเสีย ที่สามารถปรับลดลงได้ โดยใช้เทคโนโลยีการประหยัดพลังงานวิธีต่าง ๆ การตรวจสอบในขั้นนี้ จะเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก ดังนั้นสมควรที่จะแน่ใจว่าสิ่งที่เลือกตรวจวัดละเอียดนั้น ทำแล้วให้ประโยชน์ตอบแทนคุ้มกับค่าใช้จ่าย

**แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์พลังงาน**

ในการตรวจวิเคราะห์พลังงาน ต้องอาศัยข้อมูลของทางอาคาร หรือโรงงาน หลายอย่างดังนี้

**1. ข้อมูลทางด้านปริมาณการใช้พลังงานและค่าใช้จ่าย**

สำหรับปริมาณการใช้โดยรวม อาจหาได้จากใบแจ้งหนี้ หรือใบเสร็จรับเงินค่าพลังงานดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งมีสิ่งที่ต้องทำความเข้าใจเพิ่มเติม ดังนี้

1. ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้ ในรอบ 12 เดือน หรือมากกว่าที่ผ่านมา ใบแจ้งหนี้อาจไม่ได้ระบุวันอ่านมาตรที่ตรงกับวันสิ้นเดือนพอดี เช่น กรณีของค่าไฟฟ้า เช่นนี้ จะต้องมีการเทียบส่วนเพื่อปรับให้การใช้ตรงกับวันสิ้นเดือนพอดี

2. ถ้าไม่มีข้อมูลปริมาณการใช้จริง เช่น ไม้ฟืน อาจใช้ปริมาณการจัดหาเป็นเกณฑ์ ซึ่งคงจะต้องมีการปรับตัวเลขตามปริมาณที่ตกค้างอยู่ใน stock ถ้าไม่สามารถกระทำได้ละเอียดจะส่งผลให้การวิเคราะห์มีความคลาดเคลื่อนสูง

3. ถ้าหากไม่มีข้อมูลที่เชื่อถือได้ คงจะต้องใช้วิธีติดตั้งเครื่องมือวัด เฉพาะบริเวณที่ต้องการรู้ปริมาณการใช้

4. หน่วยพลังงานที่ใช้ควรเป็นหน่วยทางกายภาพที่ซื้อขายกัน เช่น ตัน ลิตร ลูกบาศก์เมตร กิโลกรัม kWh เป็นต้น

5. ใบเสร็จที่แสดงอัตรา ปริมาณ และวิธีการคำนวณราคาพลังงาน จะช่วยให้สามารถตรวจสอบเปรียบเทียบอัตราซื้อขาย เพื่อหาลู่ทางที่จะให้ได้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด

ข้อมูลต่าง ๆ ข้างต้น รวมทั้งผลผลิตรายเดือนจะช่วยชี้ให้เห็นแนวโน้ม ปริมาณการใช้และค่าใช้จ่ายทั้งหมด ส่วนค่าผลผลิตรายเดือนจะช่วยให้สามารถคำนวณปริมาณการใช้ต่อหนึ่งหน่วยผลผลิตได้ ถ้าหากผลผลิตมีมากกว่าหนึ่งอย่างมูลค่าไม่เท่ากัน อาจใช้มูลค่ารวมของผลผลิตแทนจำนวนผลผลิตในการคำนวณ

**2. ข้อมูลเกี่ยวกับระบบพลังงาน**

ในการตรวจวิเคราะห์เบื้องต้น และการวิเคราะห์ละเอียด จำเป็นต้องรู้ข้อมูลทางเทคนิคของระบบอุปกรณ์ที่ผลิตและใช้พลังงาน ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการเตรียมการจัดหาไว้ ดังนี้

2.1 **แผนผังของอาคารและระบบพลังงาน** ประกอบด้วย ผังเนื้อที่แสดงตำแหน่งของอาคาร ชื่ออาคาร หน้าที่ ทิศทางและขนาดวัสดุที่ใช้ ก่อสร้าง บริเวณที่บุฉนวน จำนวนพื้นที่ใช้สอย และพื้นที่ปรับอากาศ สำหรับระบบพลังงาน แสดงผังของท่อไอน้ำ น้ำร้อน น้ำเย็น ลมอัด ท่อคอนเดนเสตกลับ ไฟฟ้า น้ำใช้ แต่ละผังควรแสดงแยกออกจากกัน นอกจากนี้ควรแสดงตำแหน่งของเครื่องผลิตพลังงาน สวิตช์บอร์ด และมาตรวัดต่าง ๆ ตำแหน่งของเครื่องจักร อุปกรณ์ที่สำคัญ ๆ เช่น หม้อไอน้ำ เครื่องอัดลม เครื่องปรับอากาศ หม้อแปลงไฟฟ้า เตาอบ เตาเผา เป็นต้น

2.2 **ข้อมูลรายละเอียดของเครื่องจักร อุปกรณ์ที่สำคัญ ๆ** โดยที่แต่ละเครื่องแสดงชื่อ ชนิด พิกัด ตำแหน่ง ระยะเวลาการทำงานปกติ กำลังส่งออกหรืออัตราผลผลิตปกติ และอัตราการใช้พลังงานปกติ ซึ่งรวมถึงเครื่องปั่นไฟสำรอง คอมพิวเตอร์ ฯลฯ ทั้งหมดนี้อาจหาได้จากข้อมูลที่แผ่นป้ายเครื่อง หนังสือคู่มือ ประจำเครื่อง หรือสอบถามจากผู้คุมเครื่อง หรืออ่านจากมาตรวัดประจำเครื่องแล้วแต่ความเหมาะสม

**การตรวจวิเคราะห์การใช้ที่ผ่านมา**

ความในข้อนี้ จะกล่าวถึงรายละเอียดและตัวอย่าง การตรวจวิเคราะห์การใช้ที่ผ่านมา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบชนิด ปริมาณ สัดส่วน ค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ใช้แล้วเขียนกราฟดูแนวโน้มการใช้ในระยะที่ผ่านมาข้อมูลที่ได้จะใช้เป็นฐานสำหรับการเทียบประเมินการใช้ในระยะต่อไปและจะแสดงถึงชนิดเชื้อเพลิงที่สมควรได้รับการพิจารณาให้ความสำคัญในการวิเคราะห์ตรวจสอบละเอียด ขั้นตอนดำเนินการมีดังนี้

1. **ปริมาณและค่าใช้จ่าย**

หลังจากที่เก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานชนิดต่าง ๆ เป็นรายเดือนย้อนหลังเป็นระยะเวลา 1 ปี หรือมากกว่าได้แล้ว ก็นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้และเดือน ขั้นตอนต่อไป จะเป็นการแปลงค่าพลังงาน ซึ่งอยู่ในหน่วยกายภาพต่าง ๆ ให้อยู่บนพื้นฐานเดียวกัน หรือหน่วยเดียวกัน ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการใช้ตัวคูณที่เรียกว่าค่าความร้อนสูง ของพลังงานแต่ละชนิด คูณปริมาณพลังงานชนิดนั้น แล้วนำมารวมกันได้ปริมาณการใช้รวมทั้งหมดในแต่ละเดือน หน่วยร่วมในที่นี้ได้ใช้เม็กกะจูล (MJ) ข้อมูลที่ได้อาจนำไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด กับแต่ละเดือน ทั้งหมดนี้จะให้แนวโน้มการใช้พลังงาน ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดังนี้

1.1 เพื่อตรวจสอบดูว่าการใช้มีลักษณะการแปรเปลี่ยนที่สมเหตุสมผลที่อธิบายได้หรือไม่ มีจุดอ่อนในการควบคุมหรือไม่ การใช้มีการแปรผันตามฤดูกาลอย่างไร หน่วยงานที่ใช้

ไฟฟ้าในการปรับอากาศมากจะแสดงแนวโน้มการใช้ที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงฤดูหนาว สำหรับหน่วยงานที่มีการควบคุมไม่ดี จะแสดงแนวโน้มที่ผิดสังเกต

1.2 ใช้เป็นข้อมูลสำหรับกำหนดเป้าหมาย การประหยัด และการเปรียบเทียบผลกระทบของมาตรการประหยัดที่จะใช้ในระยะต่อไป

1.3 ใช้เป็นข้อมูลสำหรับการเปรียบเทียบกับหน่วยงานอื่น ที่มีการดำเนินงานลักษณะเดียวกัน เช่น เป็นโรงพยาบาลเอกชนด้วยกัน เป็นต้น

เมื่อรู้ราคาซื้อต่อหน่วย สามารถคำนวณหาค่าพลังงานแต่ละชนิด ในแต่ละเดือน รวมทั้งยอดรวมค่าใช้จ่ายได้ ซึ่งสามารถนำมาเขียนกราฟแสดง ได้เช่นเดียวกับค่าปริมาณการใช้พลังงาน ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับการพิจารณาแนวโน้มของค่าพลังงานในระยะที่ผ่านมา และสำหรับการเปรียบเทียบในระยะต่อไปได้

**2. ปริมาณการใช้ต่อหน่วยผลผลิต**

จากข้อมูลปริมาณผลผลิตที่รวบรวมได้ จำนวนผลผลิตแต่ละเดือนเมื่อนำมาหารค่าปริมาณการใช้ในแต่ละเดือน จะให้ค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต ซึ่งสามารถนำมาเขียนกราฟแสดงแนวโน้มได้เช่นกัน ข้อมูลนี้อาจนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่นเดียวกับที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อก่อน แต่ในทางปฏิบัติอาจมีปัญหาคำนวณได้ยาก เนื่องจากหน่วยงานมีผลผลิตหลายอย่างหรือคนละลักษณะกัน เช่น โรงพยาบาล มีผลผลิต 2 ประเภท คือ คนไข้ในกับคนไข้นอก ปัญหานี้อาจแก้ไขได้ โดยใช้มูลค่าเงินค่าบริการที่รับเข้าทั้งหมดเป็นผลผลิต แต่บางโรงพยาบาลจะไม่ให้ตัวเลขนี้ นอกจากนี้อาจมีปัญหาเกี่ยวกับตัวเลขปริมาณการใช้พลังงาน ซึ่งอาจครอบคลุมกิจกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผลิตของหน่วยนั้น เช่น พลังงานที่ใช้ในที่พักคนงาน พนักงานของโรงพยาบาล การใช้พลังงานในร้านค้าต่าง ๆ ของโรงแรมเป็นต้น ซึ่งในการพิจารณาเปรียบเทียบ ควรที่จะนำข้อมูลเหล่านี้มาพิจารณาประกอบด้วย

**3. สัดส่วนของพลังงานแต่ละชนิดและค่าใช้จ่าย**

สำหรับข้อมูลการใช้พลังงานในปีที่ผ่านมา อาจนำมาเขียน pie charts เพื่อหาสัดส่วนร้อยละของเชื้อเพลิงที่ใช้แต่ละอย่าง และการกระทำอย่างเดียวกันกับค่าใช้จ่าย charts ที่ได้ 2 charts จะแตกต่างกัน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงราคาพลังงานที่แตกต่างกัน ข้อมูลที่ได้จะชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของเชื้อเพลิงแต่ละอย่าง ซึ่งผู้ตรวจวิเคราะห์สมควรที่จะให้ความสนใจกับชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้มาก และเสียค่าใช้จ่ายมากเป็นสำคัญ

**4. การปรับเปลี่ยนวิธีการจัดซื้อ**

จากข้อมูลปริมาณการใช้ต่อปี ค่าใช้จ่ายการแปรปรวนกับฤดูกาล และราคาเฉลี่ย จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์เบื้องต้น ถึงทางเลือกอื่นในการจัดซื้อ เช่น ไฟฟ้า อาจเลือกอัตรา TOU แทน หรือการซื้อเชื้อเพลิงแข็ง อาจจัดซื้อเป็นบาทต่อปริมาณพลังงานที่เป็นประโยชน์ แทนการซื้อวิธีเดิมที่เป็นบาทต่อน้ำหนักเชื้อเพลิง เป็นต้น ประการนี้อาจวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมอย่างละเอียดภายหลังที่รู้ลักษณะความแปรปรวน ของการใช้ และรูปแบบโหลดแล้ว

**การสำรวจขั้นต้น**

ขั้นตอนต่อไป จะเป็นการสำรวจขั้นต้น เพื่อตรวจดูโอกาสในการประหยัดในสิ่งที่เห็นได้ชัดเจน ตรวจดูความเป็นไปได้ในการประหยัด ในแต่ละบริเวณที่มีการใช้พลังงาน และจัดลำดับความสำคัญของการใช้ทรัพยากร เตรียมการสำหรับการจัดทำกระบวนการติดตามผลและรายงาน และเพื่อตรวจดูรูปแบบโหลดการใช้พลังงาน ซึ่งจะใช้เป็นข้อมูลสำหรับวิธีการจัดหาพลังงานต่อไป

การตรวจวิเคราะห์ในขั้นนี้อาจทำได้ง่ายในอาคารขนาดเล็ก ซึ่งใช้เชื้อเพลิงน้อยชนิด และมีปริมาณไม่มาก หรืออาจยุ่งยากสลับซับซ้อนมากในอาคารขนาดใหญ่ ซึ่งมีอุปกรณ์ และระบบเป็นจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตาม หลักการที่ใช้จะเหมือนกัน ขั้นตอนที่สำคัญ ๆ มีดังนี้

**1. จัดทำผังอาคารที่สะท้อนความเป็นจริงมากที่สุด**

วิธีที่สะดวกในการจัดทำผังเหล่านี้ อาจเริ่มต้นด้วย การจัดทำผังอาคาร ที่แสดงขนาด ทิศทาง และตำแหน่งของอุปกรณ์ใช้พลังงานที่สำคัญ ๆ เช่น ระบบไอน้ำ ปรับอากาศ ลิฟต์ ปั๊ม เป็นต้น หลังจากนั้นทำผังการเดินท่อลมเย็น น้ำเย็น น้ำร้อน น้ำใช้ที่สำคัญ ๆ เช่นเดียวกับระบบไฟฟ้า ผังการจ่ายไฟ อุปกรณ์ใช้ไฟ และมาตรวัดต่าง ๆ ที่มีอยู่

**2. การสำรวจขั้นต้น**

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจหาแหล่งการสูญเสียพลังงานที่เห็นได้ชัดเจน เช่น ข้อบกพร่องในการใช้อุปกรณ์ ซึ่งอาจจะเป็นการติดตั้ง condensing units ที่ติดกันเกินไป การใช้ระบบปรับอากาศกลางในช่วงเวลาที่มีผู้ทำงานอยู่น้อย การใช้ท่อน้ำร้อน หรือท่อไอน้ำเปลือย หรือการใช้ไอน้ำกับอุปกรณ์โดยไม่มีกับดัก เป็นต้น บางครั้งข้อบกพร่องอาจเกิดจากการใช้เทคนิคการทำงานไม่ดี หรือไม่เอาใจใส่ เช่น ปล่อยให้เครื่องถ่ายเอกสารเปิดอยู่ตลอดเวลา แม้บางช่วงจะไม่ได้ใช้งาน บางอย่างอาจเกิดจากขั้นตอนการดำเนินงานไม่มีประสิทธิภาพ เช่น การที่พนักงานทำความสะอาดเปิดไฟฟ้าและเครื่องปรับอากาศทุกครั้งที่เข้าทำความสะอาดห้อง เป็นต้น

เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นจริงมากที่สุด ผู้สำรวจอาจหยุดการเดินสำรวจเป็นระยะ เพื่อตรวจดูอุปกรณ์ระบบที่สำคัญ ๆหรือการทำงานของมัน เช่น หม้อไอน้ำ ระบบน้ำร้อน ไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นต้น และอาจใช้แบบสอบถามให้ผู้คุมเครื่องเติมข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานของเครื่อง หรืออาจใช้ check lists ประกอบการตรวจสอบ จะช่วยให้สามารถปฏิบัติงานได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ยังอาจเป็นประโยชน์ที่จะตรวจสอบในช่วงนอกเวลาทำการ เพื่อตรวจดูว่ามีการใช้พลังงานโดยไม่จำเป็นบ้างหรือไม่ ขณะสำรวจไม่ควรจะเน้นที่การปรับปรุงของเดิมแต่อย่างเดียว ควรหาทางเลือกใหม่ที่ใช้พลังงานน้อยกว่า ในการปฏิบัติงานอย่างเดียวกันควบคู่ไปด้วย

**3. ปรับปรุงวิธีการบันทึกและรายงาน**

ในการจัดการพลังงาน จำเป็นต้องมีการตรวจวัดการไหลของพลังงาน และปริมาณที่สูญเสีย ซึ่งต้องใช้มาตรวัด แต่ในสถานประกอบการส่วนใหญ่ไม่ค่อยจะได้ติดตั้งสิ่งเหล่านี้ บ่อยครั้งที่พบว่ามีเพียงมาตรวัดทางไฟฟ้าที่แผงควบคุมใหญ่เท่านั้น ในกรณีเช่นนี้ จำเป็นต้องมีการติดตั้งมาตรวัดเพิ่มเติม อาจชั่วคราวหรือถาวร เพื่อวัดการใช้พลังงานในบริเวณย่อย ๆ เป็นส่วน ๆ หรือในอุปกรณ์บางอย่าง ด้วยเหตุนี้จึงสมควรตรวจสอบดูว่า หน่วยงานมีมาตรวัดเพียงพอ เชื่อถือได้เหมาะสมกับงาน ตรวจดูจุดอ่อนข้อบกพร่องในระบบการวัด ต่อไปตรวจสอบวิธีการรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการวัด การบันทึก และการนำไปใช้ ข้อมูลที่บันทึกไว้บางอย่างจำเป็น ข้อมูลถูกจัดเตรียมในรูปแบบที่ใช้งานได้ และถูกส่งต่อไปยังบุคคลที่เหมาะสม ในการรวบรวมข้อมูลที่อ่านจากมาตรวัดควรจะแน่ใจว่ามีความถูกต้องแม่นยำใช้ได้ หลังจากนั้นแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปของหน่วยพลังงานที่เข้าใจง่าย แล้วแปลงค่าที่ได้ต่าง ๆ ให้มีหน่วยเหมือนกัน เช่น MJ, GJ เพื่อหาว่า ไฟฟ้า น้ำมัน และอื่น ๆ จะได้รวมกันได้บนฐานเดียวกัน ปริมาณการใช้ที่วัดได้จริงควรเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ทั้งนี้อาจใช้ค่าปริมาณการใช้มาตรฐาน (อาจเป็นค่าตอนที่เครื่องยังใหม่ หรือค่าจากโรงงานแห่ง

อื่น ๆ ที่จัดว่ามีการจัดการพลังงานที่ดี) หรือค่าปริมาณการใช้ต่อหน่วยผลผลิต เมื่อใช้ค่าแรกจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนเงินที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้น แต่ถ้าใช้ค่าหลังจะให้ความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายต่อหน่วย

**4. การรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานอย่างละเอียด**

ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบดูว่า มีการใช้พลังงานใดบ้าง ในการนี้อาจสร้างตารางสำหรับแต่ละชนิดเชื้อเพลิงว่า นำไปใช้ในอุปกรณ์และกิจกรรมใดบ้าง เป็นปริมาณเท่าไร การดำเนินงานอาจมีอุปสรรคเนื่องจากมีข้อมูลไม่เพียงพอ ปัญหานี้อาจแก้ได้โดยประมาณค่าจากพิกัดเครื่อง จำนวนชั่วโมงการทำงานและตัวประกอบการใช้ (utilization factor) หรืออาจติดตั้งระบบตรวจวัดเพิ่มเติม ประการนี้จะต้องแน่ใจว่าติดตั้งแล้วจะต้องได้ผลคุ้มค่า วิธีการอีกอย่างหนึ่ง คือการวัดค่าโหลดในช่วงต่าง ๆ ซึ่งจะช่วยชี้ให้เห็นช่องทางสำหรับการประหยัดโดยวิธีควบคุมโหลดด้วย ผลที่ได้สามารถนำมาเขียน pie charts แสดงสัดส่วนการใช้พลังงาน ในแต่ละอุปกรณ์/กลุ่มอุปกรณ์ หรือกระบวนการสำหรับเชื้อเพลิงชนิดหนึ่ง ๆ ได้ ซึ่งอาจนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับการกำหนดลำดับความสำคัญในการวิเคราะห์ตรวจสอบละเอียดต่อไป ตามปกติ จะให้ความสำคัญแก่ชนิดเชื้อเพลิงและอุปกรณ์ ที่ใช้พลังงานมากเป็นอันดับแรก และต่อ ๆ ไป

พึงตระหนักว่าการตรวจวิเคราะห์พลังงานนั้น มุ่งเน้นที่การหาช่องทางประหยัด ที่สามารถดำเนินการแล้วคุ้มกับค่าใช้จ่าย ดังนั้นอย่ากระทำละเอียดมากเกินไป โดยไม่คุ้มกับผลการประหยัดที่ได้

**5. การรายงานแผนปฏิบัติการต่อผู้บริหาร**

การจัดทำแผนปฏิบัติการเพื่อขอความเห็นชอบจากผู้บริหารเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องกระทำ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้บริหารเข้ามามีส่วนร่วมทั้งในหลักการและการดำเนินงาน รายงานที่เสนอควรประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

5.1 การประหยัดที่สามารถกระทำได้ทันที

5.2 บริเวณหรืออุปกรณ์ที่จำเป็น ต้องมีการวิเคราะห์ตรวจสอบละเอียด เพื่อหาปริมาณการประหยัด

5.3 จุดบกพร่องในการรวบรวมข้อมูล และการรายงานตลอดจนการควบคุมค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน

5.4 ประมาณค่าใช้จ่ายที่จะเสียไป สำหรับการไม่ทำอะไรเลย ประการนี้ควรจะพิจารณาบนฐานของราคาเชื้อเพลิงที่จะสูงขึ้น และการคาดคะเนปริมาณการใช้ในปีต่อ ๆ ไป

5.5 แผนปฏิบัติการควรให้รายละเอียด บริเวณที่สำคัญ ๆ ที่สามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ โดยยึดเอาผลที่ได้จากการสำรวจขั้นต้นเป็นเกณฑ์ และควรเรียงลำดับวิธีการที่จำเป็นในการลดค่าใช้จ่ายลง

5.6 ให้วิธีการทางเลือกที่ดีที่สุดในการปรับปรุงประสิทธิภาพ ทั้งนี้โดยการพิจารณาทางเลือกอื่นประกอบ และข้อเสนอคงจะต้องเป็นไปตามเหตุและผล เช่น ก่อนที่จะพิจารณานำความร้อนทิ้งมาใช้ประโยชน์ ควรจะหาทางลดหรือขจัดมันเสียก่อน ทั้งนี้อาจโดยการปรับปรุงกระบวนการที่เกี่ยวข้อง

5.7 รายงานที่ต้องการให้ปฏิบัติ ควรจัดลำดับความสำคัญตามวงเงินค่าใช้จ่าย ระยะเวลาดำเนินงาน ระยะเวลาคืนทุนหรืออัตราผลตอบแทนของแต่ละโครงการประหยัด และปัจจัยอื่น ๆ

**6. การตรวจวิเคราะห์ละเอียด** (Detailed Audit)

การดำเนินงานในขั้นตอนนี้ จะเป็นการสำรวจศึกษาละเอียดในระบบ อุปกรณ์ที่กำหนดไว้ตอนทำการสำรวจขั้นตอน ว่าจะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อหาสมรรถนะ ประสิทธิภาพ และการสูญเสียพลังงานด้วยวิธีการต่าง ๆ ทั้งนี้เพื่อให้ได้เกณฑ์มาตรฐานและเป้าหมายสำหรับการใช้พลังงานในระบบอุปกรณ์ดังกล่าว วิธีการดำเนินงานจะประกอบด้วยการตรวจวัด และวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยอาจต้องใช้วิธีการทำสมดุลพลังงานของระบบ หรืออุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง แล้วหาทางแก้ไขปรับปรุง ถ้าหากสมรรถนะหรือผลที่ได้แสดงถึงโอกาสหรือลู่ทางในการดำเนินการปรับปรุง โดยทั่วไปอาจจำแนกลักษณะของการปรับปรุงเป็น 3 ลักษณะ ตามความยากง่ายและค่าใช้จ่ายในการลงทุน มาตรการปรับปรุงบางอย่างเสียค่าใช้จ่ายน้อย และคืนทุนเร็ว เช่น การหุ้มฉนวนปิดฝาถังน้ำร้อน การติดตั้ง sensor switch ในการควบคุมการปิด-เปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น มาตรการบางอย่างต้องใช้เงินมากขึ้น และคืนทุนนานขึ้น เช่น การเปลี่ยนวิธีการจ่ายไอน้ำให้แก่ กระบวนการผลิตยาสูบ แทนที่จะลดความดันไอน้ำจากหม้อไอน้ำ เพื่อให้ได้ค่าที่ต้องการสำหรับการใช้งาน อาจนำเอาคอนเดนเสตความดันสูงจากอุปกรณ์ใช้ไอน้ำอีกเครื่องหนึ่งมาผลิตไอน้ำความดันต่ำในถังแฟลช เพื่อใช้ในกระบวนการข้างต้น สำหรับมาตรการปรับปรุงที่ใช้เงินลงทุนสูงมักจะคืนทุนนาน เช่น การพิจารณาใช้ระบบผลิตไฟฟ้าและความร้อนร่วม แทนการซื้อไฟฟ้า และผลิตไอน้ำเอง เป็นต้น

วิธีการประหยัดที่เป็นผลจากการตรวจวิเคราะห์ และปรับปรุงแก้ไขดังที่กล่าวมาแล้ว จะต้องนำมาวิเคราะห์เงินลงทุน ค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ตอนแทน เพื่อดูระยะเวลาคุ้มทุน หรืออัตราของผลตอบแทนที่ได้ แล้วเทียบกับเกณฑ์ของบริษัท เพื่อการตัดสินใจดำเนินการต่อไป (http://www.sopon.ac.th/sopon/lms/science52/science_class1/www.geocities.com/sci123th/energy.html, 2553)

**เทคนิคการประหยัดพลังงานขั้นพื้นฐาน** (Basic Energy Conservation Practice)

การประหยัดพลังงาน สามารถกระทำได้หลายวิธี และหลายระดับตั้งแต่การใช้วิธีง่าย ๆ ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย จนกระทั่งถึงวิธีการที่ต้องอาศัยการวิเคราะห์คำนวณมาก เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีขั้นสูง ซึ่งอาจต้องมีการนำเข้าเครื่องมือ อุปกรณ์ และเสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนดำเนินการมาก ตามปกติ มักจะแบ่งมาตรการประหยัดออกเป็น 3 พวก คือ

1. พวกที่เกี่ยวข้องกับการตรวจตรา ดูแล จัดระเบียบ และบำรุงรักษาการใช้อุปกรณ์ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของเครื่องที่ได้รับการออกแบบมา และ ดูแล บำรุงรักษาทุกสิ่งทุกอย่าง ให้อยู่ในสภาพดี และมีประสิทธิภาพสูง เช่น ซ่อมกับดักไอน้ำ ท่อลมอัด หรือฉนวนหุ้มหม้ออบให้อยู่ในสภาพดี ไม่เสีย ไม่รั่ว ไม่ฉีกขาด หรือปรับแต่งเครื่อง หรือระบบให้ทำงานที่สภาวะใกล้เคียง กับค่าพิกัด เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า ปั๊ม คอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องสูงขึ้น มาตรการพวกนี้จัดอยู่ในส่วนของการทำ housekeeping ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายน้อย และคืนทุนเร็ว

2. พวกที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ หรือ เครื่องที่ใช้อยู่เดิมและการใช้อุปกรณ์เสริมเพื่อให้ประหยัดพลังงาน เช่น การเปลี่ยนมอเตอร์ให้มีขนาดรับกับโหลด หรือเปลี่ยนเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง การหุ้มฉนวนถังน้ำร้อน การฉาบหลังอาคารด้วยสีเซรามิกส์ เป็นต้น มาตรการพวกนี้จัดอยู่ในกลุ่มของ process improvements ซึ่งมักใช้เงินลงทุนไม่สูงนัก และให้ระยะเวลาคืนทุนไม่นาน

3. พวกที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงใหญ่ที่ต้องอาศัยเงินลงทุนสูง เช่นเปลี่ยนกระบวนการฟอกย้อมจากที่ใช้น้ำมากมาเป็นแบบที่ใช้น้ำน้อย และมีการนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่ การนำความร้อนในไอเสียจากหม้อเผาปูนซีเมนต์ มาผลิตไอน้ำ และขับกังหันปั่นไฟ เป็นต้น มาตรการพวกนี้จัดอยู่ในกลุ่ม process หรือ equipment change ซึ่งมักจะให้ระยะเวลาคืนทุนยาวกว่า 2 กรณี ที่กล่าวมาแล้ว โดยทั่วไปการพิจารณามาตรการประหยัด มักจะให้ความสนใจกับมาตรการพวกแรกเป็นอันดับต้น หลังจากนั้นจึงพิจารณาพวกที่ 2 และ 3 ตามลำดับ แต่ทั้งนี้จะต้องพิจารณาผลตอบแทนการลงทุนประกอบด้วย

**เทคนิคการประหยัดพลังงานขั้นพื้นฐาน**

แนวทางการประหยัดที่จะกล่าวต่อไปนี้ จะครอบคลุมถึงวิธีการประหยัดที่สามารถกระทำได้ไม่ลำบาก และใช้เงินลงทุนต่ำเป็นสำคัญ ซึ่งหลาย ๆ วิธีก็คงจะเป็นที่รู้กันทั่วไปอยู่แล้ว และวิธีการวิเคราะห์คำนวณ ก็ไม่ยุ่งยาก ดังนั้น จะไม่กล่าวถึง รายละเอียดการคำนวณ มิฉะนั้นจะเป็นเรื่องที่ยืดยาวมาก และในหนังสือทฤษฎีพื้นฐานก็จะมีการกล่าวถึงสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อยู่แล้ว เป็นส่วนใหญ่

**1. การประหยัดไฟฟ้า**

มีหลายวิธี ซึ่งจะกล่าวเฉพาะที่สำคัญ ๆ ดังนี้

**1.1 หลักการทั่วไป** อัตราค่าไฟฟ้า มักจะประกอบด้วย 3 ส่วน ด้วยกันคือ ค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด (maximum demand charge) ค่าตัวประกอบ พลังไฟฟ้า (power factor) และค่าพลังงานไฟฟ้า (energy charge) ซึ่งมีแนววิธีการลดค่าใช้จ่ายในแต่ละส่วน ดังนี้

1.1.1 ค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด จะคิดจากค่ากิโลวัตต์ สูงสุดที่เกิดขึ้นในรอบเดือน ดังนั้น ควรจัดระเบียบการใช้เพื่อให้ได้ตัวประกอบโหลด (load factor) สูง ๆ โดยมี load profile ให้ได้สม่ำเสมอมากที่สุด และถ้าหากช่วงหนึ่งช่วงใด มีการใช้ไฟฟ้ามากกว่าช่วงอื่น ก็ควรหาทางปรับลดส่วนที่โด่งนี้ ซึ่งอาจกระทำได้โดยการ

- หลีกเลี่ยงการสตาร์ทเครื่องพร้อม ๆ กัน เช่น มีอุปกรณ์ที่ใช้กำลังหลาย ๆ ตัว ซึ่งอาจเป็นเครื่องทำน้ำเย็น (chiller) เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในโรงพยาบาล เป็นต้น ก็ควรทยอยการเปิดเครื่อง หรือใช้ delay switch กรณีไฟดับ และสตาร์ทใหม่ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้เครื่องสตาร์ทพร้อมกัน ซึ่งจะทำให้ค่ากิโลวัตต์สูงสุด ตอนช่วงนั้นโด่งมาก

- ใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะทำให้ค่ากิโลวัตต์ การกินไฟต่ำกว่าเมื่อโหลดมีค่าเท่ากัน

- ย้ายโหลดจากช่วงที่มี load profile โด่งมาก ไปยังช่วงเวลาที่มีโหลดน้อย ถ้าเป็นไปได้จะช่วยปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้น

1.1.2 ค่าตัวประกอบพลังไฟฟ้าซึ่งเทียบค่าพลังไฟฟ้าเสมือนกับที่ใช้จริง ในอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ใช้ขดลวดเหนี่ยวนำต่าง ๆ เช่น เครื่องเชื่อมไฟฟ้า มอเตอร์ เป็นต้น ควรจะพยายามเพิ่มหรือรักษาค่าตัวประกอบกำลังให้มีค่าสูง โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ที่ให้ค่าตัวประกอบสูง หรือ

เดินเครื่องการทำงานที่โหลดใกล้เคียงกับค่าพิกัด และถ้าหากจำเป็นก็อาจใช้ capacitor ติดตั้งเป็นส่วนควบเพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบดังกล่าว และลดค่าใช้จ่าย

1.1.3 ค่าพลังงานไฟฟ้า ขึ้นกับค่ากิโลวัตต์ การกินไฟของเครื่อง และระยะเวลาการใช้งาน ซึ่งถ้าหากเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง และมีขนาดสอดคล้องกับโหลด โดยไม่เผื่อขนาดไว้มากเกินไป ก็จะสามารถลดค่ากิโลวัตต์ การกินไฟลงได้หรืออาจจัดการกับความต้องการใช้ไฟเพื่อให้ค่ากิโลวัตต์ลดลง เช่น การรวมกิจกรรมที่ต้องการปรับอากาศไว้ด้วยกัน เป็นต้น ส่วนระยะเวลาการใช้งานก็อาจควบคุม จัดการ โดยใช้อุปกรณ์ วิธีการที่เหมาะสม ดังจะกล่าวเป็นตัวอย่าง เฉพาะระบบ อุปกรณ์ การใช้ไฟฟ้า ที่สำคัญ ๆ ดังนี้ขึ้นกับค่ากิโลวัตต์ การกินไฟของเครื่อง และระยะเวลา การใช้งาน ซึ่งถ้าหากเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง

**1.2 ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่ใช้ไฟฟ้ามาก** ซึ่งควรให้ความสนใจเป็นอันดับต้น ๆ แนวทางการปรับลดค่าไฟฟ้า อาจกระทำได้โดยการ

1.2.1 ลดปริมาณความร้อนที่ซึมทราบเข้าอาคาร ทั้งนี้ อาจโดยการอุดรูรั่วตามผนัง และฝ้าเพดาน หน้าต่าง ประตู ต่าง ๆ ของบริเวณที่มีการปรับอากาศให้เหลือน้อยที่สุด และควรหลีกเลี่ยงการใช้บานเกร็ดกระจก เพราะจะเป็นต้นเหตุของการรั่วไหลของความเย็น ควรใช้วัสดุกันความร้อนที่ผนังและหลังคา ซึ่งจากประสบการณ์พบว่า ผนัง ก่ออิฐ ฉาบปูน และหลังคาปูกระเบื้องโดยมีฝ้าเพดานทำด้วยกระเบื้อง แผ่นเรียบหรือแผ่นยิบซั่มนั้น ไม่ใช่รูปแบบการก่อสร้างที่กันความร้อนได้ดี ส่วนของผนังอาจปรับปรุงแก้ไขโดยการทาสีผนังด้านนอกด้วยสีเซรามิกส์ หรือทำเป็นผนัง 2 ชั้น โดยใช้แผ่นยิบซั่ม ชนิดที่มีแผ่นฟิล์มอลูมิเนียม สะท้อนความร้อน พร้อมกับเว้นระยะช่องว่างอากาศประมาณ 51 มิลลิเมตร จากผนังเดิม จะช่วยลดปริมาณความร้อนที่ผ่านผนังได้มาก ในกรณีของหลังคา อาจใช้วิธีการทาสีเซรามิกส์ที่กระเบื้องหลังคา หรือปูฝ้าเพดานด้วยใยแก้ว ผนวกกับแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ จะช่วยกันความร้อนได้มากกว่า 3 เท่า เมื่อกระทำดังนี้แล้ว จะช่วยให้ใช้เครื่องปรับอากาศขนาดเล็กลง ซึ่งเป็นการลดเงินลงทุน นอกจากนี้ค่าไฟฟ้าก็จะลดลงด้วย เนื่องจากค่ากิโลวัตต์กินไฟมีค่าน้อยลง

1.2.2 ใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง คือ ทำความเย็นได้มากแต่กินไฟน้อย ซึ่งสามารถดูได้จากค่า Btu/W หรือค่า EER (Energy Efficiency Ratio) ของเครื่องปรับอากาศ ค่ายิ่งสูงยิ่งประหยัด ปัจจุบันควรเลือกใช้เครื่องที่มีค่าดังกล่าว ตั้งแต่ 10 ขึ้นไป สำหรับเครื่องทำน้ำเย็น (chiller) ควรดูจากค่ากิโลวัตต์/ตันความเย็น เครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงจะมีค่าดังกล่าวประมาณ 0.6 หรือต่ำกว่า

1.2.3 ใช้ขนาดให้พอเหมาะกับงาน อย่าใช้ขนาดโตเกินความจำเป็น ซึ่งจะทำให้กินไฟมากกว่าปกติ และเสียเงินลงทุนมากเกินความจำเป็น

1.2.4 ใช้อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องให้ทำงานเฉพาะที่จำเป็น และพอเหมาะ ประการหลังอาจใช้ Thermostat ต่อพ่วงกับระบบปิด-เปิดเครื่อง โดยสามารถตั้งอุณหภูมิสำหรับการปิดเปิดได้ตามต้องการ ซึ่งควรตั้งไว้ที่อุณหภูมิไม่ต่ำเกินไป จะเป็นการประหยัดพลังงาน

1.2.5 ใช้มอเตอร์เป่าลมเย็นแบบปรับรอบได้ แทนการปรับด้วยกระบังลม

1.2.6 พยายามลดภาระการทำความเย็น โดยการไม่บรรจุสิ่งของทรัพย์สิน ในห้องมากเกินไป ตู้ โต๊ะเก็บของ ที่ไม่จำเป็นต่อการใช้ประจำ ไม่ควรเก็บไว้ในห้องปรับอากาศ เพราะมันจะดูดซับเอาความเย็นส่วนหนึ่งไป

1.2.7 จัดระบบการดูแล บำรุงรักษาให้ดี มีการทำความสะอาด และหล่อลื่นเป็นระยะตามกำหนด การติดตั้งคอนเดนเซอร์ก็ควรอยู่ในสถานที่ระบายอากาศได้ดี

**1.3 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง** วิธีการประหยัดที่ใช้กันแพร่หลาย มีดังนี้

1.3.1 ออกแบบขนาดให้สอดคล้องกับมาตรฐานการส่องสว่างสำหรับงานต่าง ๆ และถ้าเป็นไปได้ควรออกแบบให้ใช้แสงธรรมชาติมากขึ้น

1.3.2 ใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูง ที่ให้ค่า lumens / watt สูง และมีการสูญเสียในบาลาสต์ต่ำ เช่น พยายามใช้หลอดนีออนแบบผอม หลอดคอมแพค และใช้บาลาสต์ที่มีการสูญเสียต่ำ หรือบาลาสต์อิเล็คทรอนิกส์ เป็นต้น

1.3.3 จัดให้มีสวิทช์ควบคุมแยกบริเวณเป็นส่วน ๆ เพื่อสามารถดับไฟในบริเวณที่ไม่ใช้งานได้ตามสถานการณ์

1.3.4 ใช้ระบบปิด-เปิดไฟอัตโนมัติในบริเวณที่สาธารณะ เช่น ไฟถนน ลานจอดรถ เป็นต้น โดยการใช้ photoswitch หรือ timer switch ตามความเหมาะสม ส่วนการควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างในห้องน้ำ หรือสถานที่อื่นที่คล้ายกันอาจจัดให้เปิดเฉพาะตอนช่วงที่มีคนใช้ และแสงธรรมชาติไม่พอเพียง ซึ่งอาจกระทำกับพัดลมดูดอากาศด้วยเช่นกัน ทั้งนี้โดยการใช้อุปกรณ์อิเล็คโทรนิกส์ จับการเคลื่อนไหวภายในห้อง และระดับแสงธรรมชาติภายในห้องพ่วงต่อกับสวิทช์ปิด-เปิด ซึ่งถ้าหากมีการเคลื่อนไหว และระดับแสงธรรมชาติต่ำกว่าที่กำหนด สวิทช์ก็จะเปิด และจะปิดภายในระยะเวลาที่สามารถตั้งไว้ล่วงหน้าได้ อุปกรณ์ชนิดนี้ราคาไม่กี่ร้อยบาท

1.3.5 ใช้โคมไฟสะท้อนแสงรวมทั้งการทาสีผนังห้องด้วยสีอ่อน จะช่วยเพิ่มความสว่างภายในห้อง โดยไม่ต้องใช้ขนาดหลอดไฟมาก ๆ

1.3.6 หมั่นเช็ดทำความสะอาดหลอดไฟและโคมไฟ จะช่วยเพิ่มความสว่าง

**1.4 หม้อแปลงไฟฟ้า** สามารถประหยัดได้หลายวิธี ดังนี้

1.4.1 เลือกใช้หม้อแปลงที่มีประสิทธิภาพสูง

1.4.2 ใช้ขนาดพิกัดใกล้เคียงกับโหลด อย่าเผื่อไว้มากเกินไป เพราะจะมีผลต่อค่าตัวประกอบกำลัง และประสิทธิภาพ

1.4.3 ตัดหม้อแปลงไฟฟ้าลูกที่ไม่ได้ใช้งานเป็นระยะเวลานาน ๆ ออก เพื่อลดการสูญเสียพลังงานในหม้อแปลง

1.4.4 ปรับแรงดันที่จ่ายออกให้อยู่ในระดับที่สอดคล้องกับความต้องการ เพื่อลดปริมาณการสูญเสียพลังงาน และยืดอายุการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ

**1.5 มอเตอร์** สามารถประหยัดได้หลายวิธี ดังนี้

1.5.1 ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

1.5.2 เลือกใช้ขนาดพิกัดที่สอดคล้องกับโหลด

1.5.3 ใช้อุปกรณ์ส่งกำลัง ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น สายพานประสิทธิภาพสูง

1.5.4 หลีกเลี่ยงการเดินเครื่องโดยไม่มีโหลด

นอกจากจะใช้วิธีที่กล่าวมาบ้างแล้วในหัวข้อก่อน ๆ อาจใช้วิธีการเพิ่มเติมในกรณีที่โหลดเปลี่ยนแปลงโดยการใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของเครื่องเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกับค่าเดิม ในกรณีที่โหลดลดลง อย่างเช่น การใช้พัดลมระบายความร้อนจากปูนซีเมนต์เม็ดที่เผาเสร็จแล้ว ซึ่งต้องการระบายความร้อนออกด้วยอัตราที่แตกต่างกัน หรือในระบบปั๊มอาจใช้ปั๊มหลายตัว โดยที่มีการจัดระเบียบการทำงานให้รับกับโหลดที่เปลี่ยนแปลงไป แทนที่จะใช้ปั๊มตัวใหญ่ตัวเดียวรับโหลดทั้งหมด ซึ่งจะต้องมีการหรี่วาวล์ ในกรณีที่โหลดลดลง ซึ่งเป็นวิธีการที่จะทำให้ปริมาณการสูญเสียพลังงานมีค่าสูงขึ้น

(http://www.hsri.nu.ac.th/prd/N-Tech/N-Tech/EnergyStudy.htm, 2553)

## การประหยัดพลังงานในหน่วยงาน

ส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มหน่วยงานหรือองค์กรประเภทสำนักงาน หรือหน่วยงานของรัฐ ซึ่งเราควรจะทราบวิธีการประหยัดการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด และเงินที่เสียไปกับค่าไฟฟ้า ค่าเชื้อเพลิงในแต่ละเดือนก่อน เพื่อที่จะสามารถทราบได้ว่าการประหยัดของเราจะประหยัดพลังงานได้เท่าไหร่ ประหยัดได้กี่บาท

อย่างแรกที่ต้องรู้จักคือ พลังงานไฟฟ้า หรือหน่วยไฟฟ้าที่ใช้สามารถหาได้จากผลคูณของกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้ากับระยะเวลาเป็นชั่วโมงที่เราใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือคิดเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)} = \frac{\text{จำนวนวัตต์เครื่องใช้ไฟฟ้า x ชั่วโมงที่ใช้ต่อวัน x วันที่ใช้ต่อเดือน}}{1{,}000}$$

**การประหยัดพลังงานไฟฟ้าสามารถทำได้ 2 วิธีคือ**

1. **ใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กลง** หรือเลือกซื้อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีขนาดเหมาะสมนั่นเอง ตัวอย่างเช่น บริเวณทางเดินหรือในห้องน้ำสามารถใช้หลอดไฟขนาด 18 วัตต์ แทนขนาด 36 วัตต์ การเลือกใช้ตู้เย็นที่มีขนาดเหมาะสมกับจำนวนคนในหน่วยงาน

2. **ลดระยะเวลาการใช้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าลง** หรือเมื่อไม่จำเป็นต้องใช้ก็ปิดนั่นเอง เช่น การปิดหลอดไฟ การดึงปลั๊กกระติกน้ำร้อนออก หรือการปิดเครื่องปรับอากาศก่อนเลิกใช้งานประมาณ 30 นาที

ลำดับต่อมาที่จำเป็นต้องทราบคือ ค่าไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยเพื่อที่จะมาคำนวณหาเงินที่เราเสียไปกับการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าโดยคำนวณจากการนำค่าไฟมาหารจำนวนหน่วยที่ใช้ ถ้าเก็บบิลค่าไฟฟ้าไว้ควรจะคิดเฉลี่ย 1 ปีย้อนหลัง แต่ถ้าไม่ได้เก็บข้อมูลไว้ก็สามารถใช้ข้อมูลแค่ 1 เดือนได้ดังสมการ

$$\text{ค่าไฟฟ้าที่ 1 หน่วย} = \frac{\text{ค่าไฟฟ้าต่อเดือน}}{\text{จำนวนที่ใช้ในหนึ่งเดือน}}$$

หรือหากจะคิดง่าย ๆ แบบไม่ต้องดูบิลค่าไฟ ก็คิดค่าไฟต่อหนึ่งหน่วยประมาณ 2.8 บาท จากนั้น เราก็สามารถคิดค่าไฟฟ้าที่เราเสียไปในแต่ละอุปกรณ์ได้ดังนี้

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้า = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอุปกรณ์ไฟฟ้าxค่าไฟต่อหน่วย ตัวอย่างเช่น เราคงจะพบกันบ่อยกับการลืมปิดไฟทางเดินในช่วงกลางวันเช่น โรงเรียนแห่งหนึ่งภารโรงลืมปิดไฟทางเดินค่าไฟฟ้าที่เสียไปกับการเปิดหลอดไฟทิ้งไว้ 1 วัน คิดได้ดังนี้

- หลอดไฟ (หลอดยาว) กินไฟ 36 วัตต์
- บัลลาสต์ กินไฟ 10 วัตต์
- รวมโคมไฟที่มีหลอดยาว 1 หลอดกินไฟ 46 วัตต์

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย, kWh)} = \frac{46 \times 24 \times 1}{1{,}000}$$

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย, kWh) = 1.104 หน่วย

เสียค่าไฟวันละ1.104 หน่วย x 2.8 บาทต่อหน่วย = 3.09 บาท

เปิดไฟทิ้งไว้ทั้งเดือน เสียค่าไฟเดือนละ 3.09 บาทต่อวัน x 30 วันต่อเดือน = 93 บาท

จากตัวอย่างที่แสดงในข้างต้น อาจกล่าวได้ว่า ไฟฟ้าแสงสว่างแม้จะกินไฟไม่มากนัก ประมาณ 3 บาท ต่อวันต่อหลอด แต่ลองมานับกันดูว่าในองค์กรหรือหน่วยงานเรามีหลอดไฟกี่หลอด และมักจะใช้สวิทช์เดียวเปิดร่วมกันหลาย ๆ โคม ซึ่งทำให้ต้องหันมาสนใจประหยัดไฟฟ้าแสงสว่างกัน

วิธีการง่าย ๆ ในการประหยัดคือ ปิดเมื่อไม่จำเป็นต้องใช้หลอดไฟตรงไหนไม่ใช้ก็ปิดซะ ปิด 1 ชั่วโมงก็ประหยัดเงินได้แล้ว ที่น่าพิจารณามาก ๆ คือ หน่วยงานที่เปิดไฟกลางคืน เช่น สถานศึกษา โรงพยาบาล หรือโรงงานที่ทำงานกะกลางคืน เหล่านี้มักจะพบหลอดไฟที่ลืมปิด ไม่มากก็น้อย ถ้าลืมปิดข้ามวันก็ 3 บาทต่อ 1 หลอด ไม่น้อยเลยนะครับ

การใช้สวิทช์เดียวเปิดร่วมกันหลายหลอดก็แก้ไขด้วยการแยกสวิทช์ หรือวิธีง่าย ๆ ที่ไม่เสียเงินคือ ถอดหลอดออกตรงจุดที่ไม่ใช้ ถ้าในห้องมีหลอดไฟหลายโคมแต่เวลานั่งทำงานแค่จุดเดียวก็ถอดหลอดไฟตรงจุดที่ไม่ได้ใช้ออกหมั่นตรวจดูว่ามีหลอดไฟเสียหรือไม่ หากพบหลอดไฟเสียซึ่งมักจะเป็นหลอดฟลูออเรสเซนซ์หรือที่เรียกติดปากว่าหลอดนีออน ให้รีบถอดออก เพราะหลอดดังกล่าวนอกจากจะไม่ให้แสงสว่างอย่างที่ต้องการแล้วยังกินไฟอยู่ตลอดเวลาอีกด้วย

**วิธีการอื่น ๆ ที่ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างมีดังนี้**

**วิธีที่ 1 คือ** การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้ควบคู่กับการเปิดหลอดไฟ แสงสว่างดังกล่าวมาจากแสงอาทิตย์ในเวลากลางวันที่ผ่านเข้ามาทางประตู หน้าต่าง ช่องรับแสงต่าง ๆ นั่นเอง เรามักจะพบว่ามีอาคารสำนักงานหลายแห่งที่มีการเปิดหลอดไฟใช้ในช่วงกลางวัน ทั้ง ๆ ที่มีแสงอาทิตย์ให้ความสว่างได้อย่างเพียงพออยู่แล้ว สาเหตุหนึ่งที่ต้องเปิดหลอดไฟใช้เนื่องจากใช้สวิทช์เปิด-ปิดไฟตัวเดียว ควบคุมการทำงานหลอดไฟหลายหลอด เมื่อมีบางส่วนของห้องที่แสงอาทิตย์เข้ามาไม่ถึง จำเป็นต้องเปิดไฟทั้งห้อง ทั้ง ๆ ที่ส่วนที่ติดหน้าต่างไม่จำเป็นต้องเปิดไฟก็มีแสงสว่างเพียงพออยู่แล้ว เราช่วยประหยัดไฟฟ้าในกรณีนี้ได้โดยการติดตั้งสวิทช์เปิด-ปิดเพิ่ม โดยแยกเป็นสวิทช์เปิด-ปิดของหลอดไฟที่แสงอาทิตย์เข้าถึง และที่แสงอาทิตย์เข้าไม่ถึงออกจากกัน ในเวลากลางวันเปิดเฉพาะสวิทช์ที่แสงอาทิตย์เข้าไม่ถึง ส่วนเวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ ครึ้มฟ้าครึ้มฝน หรือเวลากลางคืนจึงเปิดสวิทช์ทั้งหมดหรือเปิดเฉพาะสวิทช์ที่ต้องการใช้งาน ก็จะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้มากทีเดียว

**วิธีที่ 2 คือ** การเลือกใช้สีของเพดาน ฝาผนัง พื้นและเฟอร์นิเจอร์ตกแต่งเป็นสีอ่อน เนื่องจากสีอ่อนจะช่วยสะท้อนแสงภายในห้อง ทำให้ห้องสว่างขึ้น หากเราใช้เพดาน ฝาผนัง พื้นและเฟอร์นิเจอร์ตกแต่งสีเข้ม สีเข้มจะดูดกลืนแสงทำให้ห้องมืดและยังรู้สึกอึดอัดอีกด้วย ดังนั้นการตกแต่งห้องด้วยสีอ่อน ๆ จะช่วยให้เราประหยัดพลังงานได้ เพราะเมื่อห้องสว่างแล้วก็ไม่จำเป็นต้องเปิดไฟอีก รวมไปถึงการที่เราสามารถลดจำนวนหลอดไฟ จำนวนโคมไฟฟ้าลงได้ เนื่องจากการออกแบบระบบแสงสว่างจะคำนึงถึงการสะท้อนแสงจากเพดาน ฝาผนัง พื้น และเฟอร์นิเจอร์ หากเป็นสีอ่อนก็จะช่วยให้ประหยัดค่าอุปกรณ์และประหยัดค่าไฟอีกด้วย

**วิธีที่ 3 คือ** การออกแบบระบบแสงสว่างให้เหมาะสมกับห้องที่จะใช้งาน ไม่ควรออกแบบให้สว่างจนเกินความจำเป็น เริ่มจากก่อนที่จะสร้างสำนักงานหรือกั้นห้อง เราจะต้องรู้ก่อนว่าห้องนั้นจะใช้ทำอะไร ถ้าเป็นห้องรับแขก ห้องประชุม ห้องทำงาน ต้องออกแบบให้มีแสงสว่างที่มากเพียงพอกับการใช้งาน ถ้าเป็นทางเดิน ห้องน้ำ หรือห้องเก็บของก็สามารถลดความสว่างจากห้องดังกล่าวข้างต้นลงได้

**วิธีที่ 4 คือ** การจัดวางตำแหน่งของโต๊ะทำงานให้ตรงกับหลอดไฟหรือหน้าต่าง ก็จะช่วยทำให้มีแสงสว่างเพียงพอกับการทำงานโดยที่ไม่จำเป็นต้องเปิดไฟอื่นรอบข้างเลย เป็นการช่วยประหยัดพลังงานได้อย่างดีทีเดียวนอกจากนี้ การหมั่นทำความสะอาดหลอดไฟโคมไฟก็จะช่วยให้ความสว่างของห้องไม่ลดลง

(http://teenet.chiangmai.ac.th/emac/journal/2003/21/06.php, 2553)

# ทฤษฎีและหลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนซ์

**การศึกษาทางด้านวิชาการ หลอดฟลูออเรสเซนซ์** T5

รายงานฉบับนี้เป็นส่วนของการศึกษาด้านวิชาการ หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5 โดยแผนกวิชาการและพัฒนา เป็นผู้รับผิดชอบในการศึกษา มีเนื้อหาสาระ 6 ส่วนดังต่อไปนี้ คือ ทฤษฎีและหลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนซ์ คุณสมบัติของอุปกรณ์ T5 อายุการใช้งานของอุปกรณ์ ปริมาณแสงสว่าง ผลกระทบจากฮาร์โมนิก และระยะเวลาคืนทุน

## 1. ทฤษฎีและหลักการทำงานหลอดฟลูออเรสเซนซ์

หลอดฟลูออเรสเซนซ์เป็นหลอดไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟนิยมใช้ในการให้แสงสว่างโดยทั่วไป ทั้งในส่วนของที่อยู่อาศัย และในองค์กรต่าง ๆ ในปัจจุบัน พ.ศ. 2551 ประเทศไทยโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กำลังรณรงค์สนับสนุนให้เปลี่ยนมาใช้หลอดผอมใหม่ T5 ขนาด 28 วัตต์ ซึ่งจะประหยัดกว่า T8 ขนาด 36 วัตต์ ประมาณ 30% ในโครงการ “เครือข่ายร่วมลดโลกร้อน ด้วยหลอดผอมใหม่เบอร์ 5” โครงการส่งเสริมการใช้หลอดผอมใหม่เบอร์ 5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมการใช้อุปกรณ์แสงสว่างประสิทธิภาพสูง ด้วยการรณรงค์ให้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนซ์ (หลอดผอมใหม่) T5 แทนหลอดผอมเดิม T8 และสร้างความต้องการหลอดผอมใหม่ให้มากขึ้น อีกทั้งเพื่อลดต้นทุนการผลิตและราคาตลาดต่ำลง ผู้บริโภคยอมรับและเปลี่ยนมาใช้ T5 โดยมีเป้าหมายในการส่งเสริมให้เกิดการใช้หลอดผอมใหม่ T5 ทดแทนหลอดผอมเดิม T8 ได้ไม่น้อยกว่า 55 % ของหลอดในระบบ หรือประมาณ 110 ล้านหลอด ภายในปี พ.ศ. 2555 สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้า 4,790 ล้านหน่วย และลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 1,039 เมกกะวัตต์

โดยหลักการของหลอดฟลูออเรสเซนซ์นั้นไม่ว่าจะมีขนาดไหนก็จะมีหลักการทำงานที่คล้ายกัน ซึ่งในส่วนของทฤษฎีและหลักการทำงานหลอดฟลูออเรสเซนซ์นี้จะขอกล่าวถึงหลอดฟลูออเรสเซนซ์ตามหัวข้อดังต่อไปนี้

**1.1 หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนซ์** หลอดฟลูออเรสเซนซ์ หมายถึงหลอดปล่อยประจุแบบไอปรอทความดันต่ำซึ่งแสงส่วนใหญ่ส่งออกมาจากวัสดุเรืองแสงหนึ่งชั้นหรือหลายชั้นที่กระตุ้นด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่แผ่จากการปล่อยประจุ หลอดฟลูออเรสเซนซ์จัดเป็นหลอดไฟฟ้าประเภท Gas discharge ชนิดหนึ่งมีลักษณะโดยทั่วไปเป็นหลอดแก้วยาวทรงกระบอกหรือเป็นวงกลม ซึ่งแบบวงกลม (Circular) จะมีขนาด 22 32 และ 40 วัตต์ ส่วนหลอดยาว

ทรงกระบอก (Tubular) ปกติจะมีขนาด 18 และ 36 วัตต์ หรือหลอดผอม (T8) ในปัจจุบัน (พ.ศ. 2551) มีหลอดขนาดใหม่ที่กำลังจะนำมาใช้ทดแทนหลอด T8 คือ หลอดผอมใหม่ T5 มีขนาด 14 และ 28 วัตต์ ซึ่งจะประหยัดพลังงานไฟฟ้ากว่าหลอด T8 (36 วัตต์) ประมาณ 30%

โดยพื้นฐานของหลอดฟลูออเรสเซนซ์นั้นไม่ว่าขนาดไหนก็จะมีหลักการทำงานที่เหมือนกัน กล่าวคือ ข้างในหลอดฟลูออเรสเซนซ์มีสารปรอท (Mercury) และก๊าซเฉื่อยความดันไอต่ำ (Inert Gas) เช่น ก๊าซอาร์กอน คริปตอน หรือ นีออน ซึ่งโดยปกติจะเป็นก๊าซอาร์กอน ที่พื้นผิวข้างในหลอดจะฉาบด้วยสารเรืองแสง ที่ปลายทั้งสองของหลอดแก้ว จะมีขั้วไฟฟ้าที่เรียกว่าอิเล็กโทรด (Electrode) ขั้วอิเล็กโทรดทำหน้าที่เป็นตัวปล่อยกระแสไฟฟ้า (Current Emitting) ซึ่งมีลักษณะการทำงาน 3 แบบตามชนิดของหลอด คือ ชนิดอุ่นไส้ (Preheat) ชนิดติดทันที (Instant Start) และชนิดติดเร็ว (Rapid Start) หลอด T8 โดยทั่วไปไส้หลอดเป็นแบบต้องชนิดอุ่นไส้ (Preheat) อาศัยสตาร์ทเตอร์ต่อวงจรจนร้อนจึงจะติดได้ หรือใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์แบบ Preheat โดยไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ ส่วนหลอดผอมใหม่ T5 ไส้หลอดเป็นแบบ Preheat แต่เนื่องจากหลอดยิ่งผอมยิ่งจุดติดยาก ดังนั้นหลอด T5 จะใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ แบบ Preheat ในการจุดหลอด

นอกจากนี้ อิเล็กโทรดหรือแคโทดที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แคโทดร้อน (Hot Cathode) และแคโทดเย็น (Cold-Cathode) แคโทดร้อนจะมีลักษณะเป็นแบบขดลวดซ้อนขดลวด (Coiled-coil) หรือเป็นแบบขดลวดซ้อนขดลวดแล้วเอาแบบขดลวดซ้อนขดลวดมาซ้อนอีกครั้งหนึ่ง (Triple-Coil) และแบบที่มีเส้นลวดเสียบอยู่บริเวณตรงกลางอีกที (Stick Coil) และขดลวดจะถูกเคลือบด้วยออกไซด์อีกทีหนึ่ง ซึ่งจะเป็นตัวปล่อยอิเล็กตรอนเมื่อถูกทำให้ร้อน และอิเล็กตรอนจะถูกปล่อยได้มากที่สุดที่อุณหภูมิประมาณ 9000 °C ส่วนแคโทดเย็น ทำจากโลหะที่เป็นเหล็กล้วน ๆ และจะเป็นตัวปล่อยอิเล็กตรอนออกมาภายในหลอด อายุการใช้งานจะน้อยกว่าแบบแคโทดร้อน โดยทั่วไปแบบแคโทดร้อนจะเป็นที่นิยมใช้ทำเป็นอิเล็กโตรดในหลอดฟลูออเรสเซนซ์มากกว่าอย่างอื่น

หลอดไฟฟลูออเรสเซนซ์เป็นอุปกรณ์ทางไฟฟ้าที่มีความต้านทานแบบลบ เป็นผลให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดมากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากก๊าซแตกตัวเป็นไอออนมากขึ้น ถ้าต่อหลอดไฟฟลูออเรสเซนซ์ เข้ากับแหล่งจ่ายโดยตรง หลอดจะชำรุดเสียหายอย่างรวดเร็ว เนื่องจากไม่สามารถควบคุมกระแสที่ไหลผ่านหลอดได้ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่เข้ามาช่วยที่เรียกว่า “บัลลาสต์” (Ballast) เพื่อควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอด ซึ่งกระแสที่ไหลผ่านหลอด T5 มีค่าประมาณ 0.170 แอมแปร์ เนื่องจากหลอดยิ่งผอมยิ่งจุดติดยากหลอด T5 จึงใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น

การทำงานของหลอดไฟ ฟลูออเรสเซนซ์จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อมีอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมระหว่าง 20 และ 30 °C ส่วนหลอด T5 จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด เมื่อมีอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมประมาณ 35 °C อุณหภูมิที่ต่ำกว่านี้จะทำให้แรงดันปรอทลดลง ซึ่งก็หมายความว่าจะมีการผลิตพลังงานแสง UV ลดลง เพราะฉะนั้นการมีพลังงานแสง UV น้อยกว่าเมื่อทำปฏิกิริยากับสารเรืองแสงจะทำให้เกิดแสงน้อยลง อุณหภูมิที่สูงจะทำให้ความยาวคลื่น UV มากขึ้นจนใกล้เคียงกับแถบสีที่มองเห็นได้ ความยาวคลื่น UV ที่เพิ่มขึ้นนี้มีผลกระทบต่อสารเรืองแสงน้อยลง จึงทำให้เกิดแสงน้อยลงด้วย ผลกระทบโดยรวมก็คือแสงที่เกิดขึ้น จะลดลงจนมีค่าต่ำกว่าหรือสูงกว่าค่าที่ได้จากช่วงอุณหภูมิที่ทำให้ได้ประโยชน์สูงสุด

ในปัจจุบันหลอดฟลูออเรสเซนซ์นิยมใช้ในการส่องสว่างเนื่องจากมีประสิทธิภาพมากกว่าหลอดมีไส้มาตรฐานทั่วไปประมาณ 3 ถึง 5 เท่า และมีอายุการใช้งานนานกว่า 20 ถึง 30 เท่า คือมีประสิทธิผลประมาณ 50-100 ลูเมนต่อวัตต์ และมีอายุการใช้งาน 9,000-20,000 ชั่วโมง สีของหลอดมี 3 แบบคือ daylight, cool white และ warm white

**1.2 ข้อดี-ข้อเสียของหลอดฟลูออเรสเซนซ์**

**ข้อดี** (Advantages)

หลอดฟลูออเรสเซนซ์มีประสิทธิภาพมากกว่าหลอดไส้ เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนซ์มีสัดส่วนในการแปลงพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสงที่ใช้งานได้มากกว่าความร้อน และทำให้หลอดฟลูออเรสเซนซ์เย็นกว่าหลอดไส้ โดยปกติหลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ จะสามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่างได้แค่ 2.6% ในขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนซ์โดยทั่วไปสามารถแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นแสงสว่างระหว่าง 6.6% ถึง 15.2% หลอดฟลูออเรสเซนซ์มีอายุการใช้งานนานกว่าหลอดไส้ 20 ถึง 30 เท่า แม้ว่าจะมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูงกว่าหลอดไส้ แต่จะได้คืนจากการที่หลอดฟลูออเรสเซนซ์ประหยัดไฟฟ้ามากกว่า

**ข้อเสีย** (Disadvantages)

ความเสื่อมของหลอดไฟฟลูออเรสเซนซ์จะสูง แต่คงที่ประมาณ 25% ใช้เวลา 2-3 วินาทีจึงให้แสงสว่าง และมีการกระเพื่อม (Flicker problems) ของแสงในกรณีใช้กับบัลลาสต์แกนเหล็ก ยกเว้นในกรณีใช้ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะไม่มีการกระเพื่อม อุณหภูมิก็มีผลต่อความสว่างมาก และควบคุมทิศทางแสงยาก ส่วนในประเด็นเรื่องสุขภาพ ถ้าหลอดฟลูออเรสเซนซ์แตก สารปรอทจะปนเปื้อนอยู่ในสภาพแวดล้อมและเป็นพิษกับคนในบางคนที่แพ้แสง UV อาจทำให้เป็นโรคผิวหนังบางชนิดได้

## 2. คุณสมบัติของอุปกรณ์ หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5

### 2.1 คุณสมบัติหลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5

โดยพื้นฐานหลอดฟลูออเรสเซนซ์แบบยาว (Tubular) หรือหลอดฟลูออเรสเซนซ์ขั้วคู่ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ยุค (Generation) คือ

2.1.1 ยุคแรก (1st Generation) คือหลอด T12 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 นิ้ว หรือ 12 หุน (38 mm) มีขนาด 20, 30, 40 และ 65 วัตต์ หรือ “หลอดอ้วน” มีประสิทธิผล (Efficacy) ประมาณ 70 ลูเมน/วัตต์ ใช้บัลลาสต์แกนเหล็กเท่านั้น ซึ่งในปัจจุบันหลอดอ้วนถูกทดแทนด้วยหลอดผอม T8

2.1.2 ยุคที่สอง (2nd Generation) คือหลอด T8 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว หรือ 8 หุน (26 mm) มีขนาด 18-70 วัตต์ หรือ “หลอดผอม” มีประสิทธิผล (Efficacy) ประมาณ 70 ลูเมน/วัตต์ ใช้งานร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กหรือบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

2.1.3 ยุคที่สาม (3rd Generation) คือหลอด T5 มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5/8 นิ้ว หรือ 5 หุน (16 mm) มีขนาด 14, 21, 28 และ 35 วัตต์ หรือ “หลอดผอมใหม่”

## 3. อายุการใช้งาน หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5

อายุการใช้งาน (Life time) หมายถึงอายุการใช้งานของหลอดโดยเฉลี่ยของหลอด หน่วยเป็นชั่วโมง หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5 นั้นจะมีอายุการใช้งานประมาณ 8,000-20,000 ชั่วโมง

## 4. ปริมาณแสงสว่าง หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5

ในส่วนนี้จะนำเสนอแยกเป็น 2 ส่วน คือ ปริมาณแสงสว่าง T5 และความรู้พื้นฐานทางด้านแสงสว่าง ปริมาณแสงสว่างจะเป็นค่าฟลั๊กซ์การส่องสว่าง มีหน่วยเป็นลูเมน ส่วนเรื่องพื้นฐานเรื่องโคมหลอดฟลูออเรสเซนซ์ จะกล่าวถึงในส่วนของความรู้พื้นฐานทางด้านแสงสว่าง

**4.1 ปริมาณแสงสว่าง T5** ปริมาณแสงสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5 ที่มีกำลังวัตต์ระหว่าง 14 – 35 วัตต์ จะอยู่ระหว่าง 1,300-5,200 ลูเมน มีประสิทธิผล 90-100 ลูเมนต่อวัตต์ ในส่วนของหลอด T5 ขนาด 28 วัตต์ ที่ “เครือข่ายร่วมลดโลกร้อน ด้วยหลอดผอมใหม่เบอร์ 5” โครงการส่งเสริมการใช้หลอดผอมใหม่เบอร์ 5 มีปริมาณแสงสว่างประมาณ 2,600-2,700 ลูเมน (หลอด T8 ขนาด 36 วัตต์ จะมีปริมาณแสงสว่าง 2,600-3,300 ลูเมน)

ตารางที่ 6

คุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5

| ชนิดของหลอดไฟ | คุณสมบัติของหลอด | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | กำลังวัตต์ | ค่าฟลั๊กซ์การส่องสว่าง (ลูเมน, lm) | ประสิทธิผล (ลูเมน/วัตต์, lm/W) | อุณหภูมิสี (เคลวิน, K) | ความถูกต้องของสี | อายุการใช้งาน (ชั่วโมง) |
| หลอดฟลูออเรสเซนซ์ชนิดตรง (T5) | 14 - 35 | 1,300 - 5,200 | 90 - 100 | 2,700 - 6,500 | 80 - 90 | 20,000 |

ที่มา: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2551

**5. ผลกระทบจากฮาร์โมนิก**

ฮาร์มอนิก (Harmonics) คือส่วนประกอบในรูปสัญญาณคลื่นไซน์ (Sine Wave) ของสัญญาณหรือปริมาณเป็นคาบใด ๆ ซึ่งมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่ในระบบไฟฟ้า (มีค่าเท่ากับ 50 Hz) เช่นฮาร์มอนิกลำดับที่ 3 มีค่าความถี่เป็น 150Hz และฮาร์มอนิกลำดับที่ 5 มีค่าความถี่เป็น 250Hz

ค่า THD (Total Harmonics Distortion) เป็นค่าที่บอกว่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อยู่มีสัญญาณรบกวนความถี่สูงมากน้อยเพียงไร สัญญาณรบกวนความถี่สูงที่เกิดจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะไหลเข้าไปในระบบไฟฟ้า และจะไหลผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีอยู่ในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆในบ้านทำให้เกิดความร้อนขึ้น มีผลให้อายุการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านลดลง บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณภาพสูงจะมีค่า THD ต่ำ

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สาย คือ 50 Hz เป็นไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงค่าระหว่าง 20-26 kHz เพื่อป้อนให้หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5 เมื่อกระแสไฟฟ้าสลับจากแหล่งจ่ายจะถูกเรียงกระแสและกรองเพื่อเปลี่ยนเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าตรงสำหรับวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ ตัวกำเนิดความถี่จะผลิตสัญญาณความถี่สูงซึ่งจะขับดันตัวทรานซิสเตอร์ให้ทำงานสลับกัน โดยมีตัวเหนี่ยวนำแกนฟอร์ไรท์ทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟฟ้าและตัวเก็บประจุคร่อมหลอดทำหน้าที่กำหนดความถี่และการสตาร์ท

โดยปกติค่า THD ของบัลลาสต์แกนเหล็กจะไม่เกิน 10% ส่วนบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอด T5 ที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เลือกใช้ในโครงการฯ นั้นมีค่า

THD ไม่เกิน 10% ดังนั้นการเปลี่ยนมาใช้หลอด T5 จะไม่มีผลกระทบจากฮาร์โมนิกส์มากไปกว่าเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หลอด T8 กับบัลลาสต์แกนเหล็ก

**6. ระยะเวลาการคืนทุน**

ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) เป็นวิธีการประเมินโครงการลงทุนวิธีหนึ่ง ซึ่งจะบอกคร่าว ๆ ว่าโครงการนั้นจะคืนเงินลงทุนภายในระยะเวลาเท่าไหร่ ยิ่งคืนทุนเร็วยิ่งดี หมายความว่าโครงการนั้นมีความเสี่ยงน้อยกว่าโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนที่นานกว่า โครงการหลอดผอมใหม่ T5 ที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย กำลังดำเนินการอยู่นั้นจะมีค่าใช้จ่ายต่อชุดประมาณ 190 บาท/หลอด ถ้านำไปเปลี่ยนทดแทนหลอด T8 จะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 15 วัตต์ (หลอด T8 รวมบัลลาสต์แกนเหล็กใช้พลังงานประมาณ 46 วัตต์ ส่วนหลอด T5 ใช้งานร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ใช้พลังงานประมาณ 31 วัตต์ เมื่อนำมาลบกันจะได้ผลประหยัดประมาณ 15 วัตต์) สมมติกิจการหนึ่งสนใจเปลี่ยนมาใช้หลอด T5 แทนหลอด T8 นั้นมีการใช้งานแสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนซ์ประมาณ 8 ชั่วโมงต่อวัน ปีหนึ่งใช้งานประมาณ 250 วัน โดยค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้าเรียกเก็บประมาณ 3 บาทต่อหน่วย ดังนั้นจะได้ผลประหยัด 90 บาท/ปี นำข้อมูลมาเขียนในเส้นเวลา (Time Line) ได้ดังนี้

ระยะเวลาการคืนทุน เท่ากับ 190/90 = 2.1 ปี ดังนั้นการเปลี่ยนมาใช้หลอด T5 ทดแทนหลอด T8 (บัลลาสต์แกนเหล็ก) จะมีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 2 ปี

แต่วิธีการประเมินโครงการลงทุนด้วยวิธีระยะเวลาคืนทุน (Payback Period) อาจมีข้อด้อยตรงที่ไม่ได้คำนึงถึงมูลค่าของเงินตามเวลา (Time Value of Money) และต้นทุนของเงินทุน (Cost of Capital) กิจการจึงควรใช้วิธีการประเมินโครงการอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) และหรืออัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR)

การประเมินโครงการโดยมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) การประเมินโครงการวิธีนี้จะคิดมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับและกระแสเงินสดจ่ายเปรียบเทียบกัน ถ้าค่าที่ได้ถ้าเป็นบวกก็สามารถรับโครงการนั้นได้ ส่วนการประเมินโครงการโดยอัตราผลตอบแทนของโครงการ (Internal Rate of Return: IRR) จะเป็นการหาอัตราส่วนลด (Discount Rate) ที่ทำให้ผลรวมมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดในอนาคตเท่ากับเงินลงทุนเริ่มแรก (คือ อัตราส่วนลดที่ NPV เท่ากับ 0) ค่า IRR ที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักของเงินทุน

(Weighted Average Cost of Capital :WACC) ควรเลือกโครงการที่ให้ IRR > ต้นทุนของเงินทุน และปฏิเสธโครงการที่ให้ IRR < ต้นทุนของเงินทุน

การคำนวณทั้ง NPV และ IRR สามารถใช้โปรแกรมจำพวก Spread Sheet เช่น Excel ซึ่งสามารถคำนวณได้ง่ายและสะดวกมากในโปรแกรม Excel ให้เข้าไปที่แทรก/ฟังชั่นก์/การเงิน ตามลำดับแล้วเลือก NPV หรือ IRR ถ้าเลือก NPV จะมีกล่องข้อความให้ป้อนอยู่ 2 ค่า คือ Rate ให้ใส่ต้นทุนของเงินทุนหรืออัตราส่วนลด เช่น 9% ส่วนในช่อง Value1 คือกระแสเงินสดสุทธิในแต่ ละปี ใส่ค่าโดยกดปุ่มตรงปลายช่อง Value1 แล้วใช้เมาส์เลือกกระแสเงินสดสุทธิในแต่ละปี (ไม่รวมเงินลงทุนในปีแรก) จากนั้นจึงค่อยมารวมกับเงินลงทุนในปีแรกก็จะได้ค่า NPV ที่ถูกต้อง

ส่วนถ้าเลือกคำนวณ IRR จะง่ายกว่ามาก เพียงใช้เมาส์เลือกกระแสเงินสดสุทธิทั้งหมดในช่อง Values (ส่วน Guess จะใส่หรือไม่ก็ได้) ก็จะได้ค่า IRR (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2551)

# การศึกษาศักยภาพทางเทคโนโลยีและความเหมาะสมในการใช้งาน หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5

ตามที่หน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนได้รับผลกระทบทางเศรษฐกิจ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูงขึ้น จึงให้ความสนใจในการประหยัดและอนุรักษ์พลังงาน โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นพลังงานที่จำเป็นต้องใช้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และหาพลังงานอย่างอื่นมาทดแทนได้ยาก ระบบแสงสว่างเป็นระบบหนึ่งที่จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก แม้ว่าจะสามารถนำแสงจากธรรมชาติมาใช้ได้ในบางโอกาสและบางสถานที่ แต่ก็เป็นเพียงส่วนเสริมเท่านั้น ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงมีความพยายามหาแนวทางในการประหยัดและอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

แหล่งกำเนิดแสงหรือต้นกำเนิดแสงในระบบไฟฟ้าแสงสว่างในปัจจุบันที่ได้รับความนิยมสะดวกในการใช้งาน และให้ประสิทธิผลได้ดี คือ หลอดฟลูออเรสเซนซ์ ซึ่งมีใช้งานกันหลายรูปแบบ ทั้งหลอดตรง หลอดกลม หลอดคอมเพล็ก ซึ่งหลอดฟลูออเรสเซนซ์ชนิดหลอดตรงเป็นหลอดที่มีการใช้งานกันมานานและมากที่สุด (ประมาณ 200 ล้านหลอดทั้งประเทศ) รวมทั้งมีระยะเวลาการเปิดใช้งานต่อวันมากกว่าชนิดอื่น (ประมาณ 4 ชั่วโมงต่อวันในภาคที่อยู่อาศัย และ 8-10 ชั่วโมงต่อวันในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม) ดังนั้น หลอดฟลูออเรสเซนซ์ชนิดหลอดตรงจึงเป็นเป้าหมายสำคัญเป้าหมายหนึ่งในการประหยัดและอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า เพราะมีจำนวนอุปกรณ์และจำนวนชั่วโมงใช้งานมาก หากสามารถหาแนวทางและดำเนินการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในหลอดฟลูออเรสเซนซ์ชนิดหลอดตรงได้ ก็จะส่งผลให้สามารถประหยัดและอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าทั้งระบบได้อย่างมากมายมหาศาล

โครงการหนึ่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่ประสบความสำเร็จอย่างสูง คือ หลอดอ้วน-หลอดผอม ซึ่งเป็นโครงการเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนซ์ชนิดหลอดตรง แบบ T12-40 วัตต์ (หรือที่เรียกกันว่าหลอดอ้วน) เป็นแบบ T8-36 วัตต์ (หรือที่เรียกกันว่าหลอดผอม) ทำให้สามารถประหยัดและอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าได้อย่างเป็นชัดเจน รวมทั้งสามารถประหยัดหรือเลื่อนระยะเวลาการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าออกไปได้ด้วย ดังนั้นหลอดฟลูออเรสเซนซ์ชนิดหลอดตรงจึงเป็นเป้าหมายสำคัญในการประหยัดและอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก และในการนี้พบว่าหลอดฟลูออเรสเซนซ์ชนิดหลอดตรงแบบ T5-28 วัตต์ (หรือที่เรียกกันว่าหลอดผอมใหม่เบอร์5) จะสามารถนำมาใช้งานทดแทนหลอดแบบ T8-36 วัตต์ ได้ จึงได้ทำการศึกษาเพื่อพิจารณา

ศักยภาพทางเทคโนโลยีและความเหมาะสมในการใช้งานหลอด T5-28 วัตต์ เพื่อทดแทนหลอด T8-36 วัตต์ ในการพิจารณาที่จะเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5-28 วัตต์ ทดแทนหลอด T8-36 วัตต์ นั้น มีข้อควรระวังที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

**1. ปริมาณแสง**

จะต้องพิจารณาเรื่องระดับความสว่างที่ต้องการ เนื่องจากปริมาณแสงที่ได้จากหลอด T5-28 วัตต์ โดยทั่วไปจะน้อยกว่าที่ได้จากหลอด T8-36 วัตต์ อีกทั้งในปัจจุบันได้มีการใช้หลอด T8-36 วัตต์ ชนิด Super or High Lumen output (3,200 Lumens) กันอย่างแพร่หลาย ดังนั้นถ้าดำเนินการเปลี่ยนโดยทดแทนด้วยหลอด T5-28 วัตต์ (2,700 Lumens) จะพบว่าปริมาณแสงที่ได้มีความแตกต่างกันประมาณ 16% โดยทั้งนี้ยังไม่รวมผลของการกระจายที่ลดลงเมื่อนำหลอด T5-28 วัตต์ ไปติดตั้งในโคมไฟสำหรับหลอด T8-36 วัตต์ (โดยการเสริมขั้วหลอด) ซึ่งผลการศึกษาอย่างไม่เป็นทางการของผู้ผลิตโคมไฟบางรายบอกว่า การกระจายแสงจะด้อยลงประมาณ 20% (อันเนื่องมาจากขนาดของหลอดที่แตกต่างกัน ทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวหลอด) แต่อย่างไรก็ตามหากระดับความสว่างที่ลดลง ยังอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ของผู้ใช้งาน และเป็นที่ยอมรับได้ตามกฎหมายหรือกฎระเบียบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องก็สามารถดำเนินการได้

**2. อายุการใช้งาน**

จะต้องพิจารณาเรื่องอายุการใช้งานทั้งของหลอดและบัลลาสต์ บัลลาสต์สำหรับหลอด T5-28 วัตต์ จะเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะมีอายุการใช้งานตามอายุอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาประกอบ โดยทั่วไปแล้วจะมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี ส่วนอายุการใช้งานของหลอด แม้ว่าจะมีการโฆษณาหรือรับรองอายุการใช้งานที่มากถึง 20,000 ชั่วโมง แต่ถ้าพิจารณาถึงพื้นที่ผิวหลอด (ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ใช้ในการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นที่หลอด) จะพบว่าพื้นที่ผิวหลอด T5-28 วัตต์ จะน้อยกว่าของหลอด T8-36 วัตต์ อยู่ประมาณ 40% ในขณะที่กำลังไฟฟ้าลดลงเพียง 23% อาจมีผลทำให้อุณหภูมิที่หลอดสูงขึ้น ซึ่งอาจมีผลต่ออายุการใช้งานของหลอดต่อไป

**3. ฮาร์มอนิก**

เนื่องจากหลอด T5-28 วัตต์ จะต้องใช้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น ดังนั้นจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะได้รับผลกระทบจากฮาร์มอนิกที่เกิดขึ้นในระบบไฟฟ้าของอาคารเมื่อมีการติดตั้งใช้งานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จำนวนมาก โดยเฉพาะอาคารสถานที่ซึ่งไวต่อการถูกรบกวน เช่น โรงพยาบาล เป็นต้น ซึ่งสุดท้ายอาจจะต้องลงทุนติดตั้งอุปกรณ์กรองหรือลดฮาร์มอนิก

**มาตรฐานการทดสอบใช้พลังงานไฟฟ้า หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5**

**1. หลอดฟลูออเรสเซนซ์ T5**

**1.1 ความหมายและพื้นฐานทั่วไป**

หลอดฟลูออเรสเซนซ์ หมายถึง หลอดปล่อยประจุแบบไอปรอทความดันต่ำซึ่งแสงส่วนใหญ่ส่งออกมาจากวัสดุเรืองแสงหนึ่งชั้นหรือหลายชั้นที่กระตุ้นด้วยรังสีอัลตราไวโอเลตที่แผ่จากการปล่อยประจุ

หลอดฟลูออเรสเซนซ์มาตรฐานอ้างอิง หมายถึง หลอดฟลูออเรสเซนซ์ที่ทราบค่าฟลักซ์การส่องสว่างจากการเปรียบเทียบโดยทางตรงหรือทางอ้อมกับแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน

หลอดฟลูออเรสเซนซ์มาตรฐานปฏิบัติงาน หมายถึง การเปรียบเทียบในการวัดฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดทดสอบ

หลอดทดสอบ หมายถึง หลอดฟลูออเรสเซนซ์ ที่จะนำมาวัดฟลักซ์การส่องสว่าง

กำลังวงจรทั้งหมด หมายถึง ค่ากำลังทั้งหมด ที่ถูกใช้งานโดย บัลลาสต์และหลอดรวมกันที่แรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่กำหนดของบัลลาสต์

ตัวประกอบกำลังของวงจร หมายถึง ตัวประกอบกำลังของการต่อรวมระหว่างบัลลาสต์และหลอด

หลอดฟลูออเรสเซนซ์ขั้วคู่ หมายถึง หลอดฟลูออเรสเซนซ์ที่มีขั้วหลอดแยกออกจากกันสองขั้ว และส่วนมากมีรูปร่างเป็นท่อตรง

อุปกรณ์ช่วยจุดหลอด หมายถึง แถบนำไฟฟ้าได้ หรือแผ่นนำไฟฟ้าได้ ซึ่งวางห่างจากหลอดในระยะที่เหมาะสม ปกติปลายข้างหนึ่งจะต่อลงดิน และอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดนี้จะยังผลเฉพาะเมื่อมีความต่างศักย์ระหว่างปลายหลอดข้างหนึ่งอย่างเพียงพอ

**1.2 หลอดแก้ว**

หลอดที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้จะจุดหลอดและทำงานได้อย่างน่าพอใจที่แรงดันไฟฟ้าระหว่างร้อยละ 92 ถึงร้อยละ 106 ของแรงดันไฟฟ้าที่กำหนดของแหล่งจ่าย และอุณหภูมิอากาศโดยรอบระหว่าง 10 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส เมื่อทำงานร่วมกับบัลลาสต์ที่เป็นไปตาม มอก.23 หรือ มอก.1506 พร้อมกับสตาร์ตเตอร์ที่เป็นไปตาม มอก.183 หรือ IEC.60927 และ ดวงโคมที่เป็นไปตาม มอก.902 มอก.903 มอก.904 มอก.905 มอก.906 มอก.907 มอก.1102 และมาตรฐานดวงโคมอื่น ๆ ตาม IEC.60598 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำหนด

ด้านสมรรถนะของหลอดฟลูออเรสเซนซ์ขั้วคู่ สำหรับให้แสงสว่างทั่วไป ในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “หลอด” การทดสอบเฉพาะแบบของหลอดและวิธีการทำงาน ดังต่อไปนี้

1.2.1 หลอดที่มีการเผาไส้ที่ออกแบบไว้สำหรับทำงานกับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับใช้สตาร์ตเตอร์ และทำงานที่ความถี่สูงได้

1.2.2 หลอดที่มีการเผาไส้ความต้านทานสูงที่ออกแบบไว้สำหรับทำงานกับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ไม่ใช้สตาร์ตเตอร์ และทำงานที่ความถี่สูง

1.2.3 หลอดที่มีการเผาไส้ความต้านทานต่ำ ที่ออกแบบไว้สำหรับทำงานกับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ ไม่ใช้สตาร์ตเตอร์ และทำงานที่ความถี่สูงได้

1.2.4 หลอดที่มีการเผาไส้ที่ออกแบบไว้สำหรับทำงานที่ความถี่สูง

1.2.5 หลอดที่ไม่มีการเผาไส้ที่ออกแบบไว้สำหรับทำงานกับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ

1.2.6 หลอดที่ไม่มีการเผาไส้ที่ออกแบบไว้สำหรับทำงานที่ความถี่สูง

**1.3 ขั้วหลอด**

ขั้วต่อหลอด T5 สามารถใช้สวมกับหลอดฟลูออเรสเซนซ์ชนิด T5 ทั้งสองด้านอย่างพอดี แล้วนำไปใช้งานใส่กับขั้วรับหลอดฟลูออเรสเซนซ์ T8 หรือ ขั้วหลอดแบบ G13 ได้ ขั้วต่อ T5 มีรูปร่างและมิติ ดังแสดงตามรูปแบบเบื้องต้น แรงดันไฟฟ้าที่กำหนด 250 โวลต์ กระแสไฟฟ้าที่กำหนด ไม่น้อยกว่า 2 แอมแปร์ วัสดุฉนวนต้องเป็นวัสดุที่ดูดซึมความชื้นได้น้อยและทนความร้อนได้ เช่น ปอร์ซเลน แก้ว เรซินสังเคราะห์หล่อ ยาง ความต้านทานของฉนวนและความทนแรงดันไฟฟ้า ความต้านทานของฉนวนระหว่างส่วนที่มีไฟที่มีสภาพขั้วต่างกันต่ำสุด 2 เมกะโอห์ม ต้องทนแรงดันไฟฟ้าทดสอบได้โดยไม่เกิดการวาบไฟตามผิวหรือเสียสภาพฉับพลัน ความทนทาน ขั้วรับต้องทนต่อการใช้งานปกติ โดยไม่เกิดความเสียหายทางไฟฟ้าและทางกล ฉนวนต้องไม่เสื่อมคุณภาพและจุดต่อต่าง ๆ ต้องไม่หลุดหลวม เนื่องจากความร้อนหรือการสั่นสะเทือน ความทนความร้อน ใช้งานในที่มีอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ผ่านการรับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมขั้วรับหลอดฟลูออเรสเซนซ์และขั้วรับสตาร์ตเตอร์ (มอก.344-2530) ผ่านการรับรองตามมาตรฐานระบบการบริหารงานคุณภาพ ISO 9001

**2. เทคนิค: รายละเอียด**

**2.1 การส่องสว่าง**

2.1.1 การแผ่รังสีที่สามารถมองเห็นได้ มีความยาวคลื่นประมาณ 0.4 - 0.7 ไมครอน ซึ่งพิจารณาโดยคำนึงถึงประสิทธิภาพของการส่องสว่าง ซึ่งได้ส่วนกับความสามารถในการที่จะกระตุ้นความรู้สึกของสายตา

2.1.2 คุณสมบัติในการมองเห็น หรือความรู้สึกเกี่ยวกับการมองเห็นทั้งหมดซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของอวัยวะเกี่ยวกับการมองเห็น และความรู้สึกนั้นเกิดขึ้นได้โดยการทำงานของอวัยวะดังกล่าว

2.1.3 รังสีซึ่งสามารถไปกระตุ้นอวัยวะเกี่ยวกับการเห็นรังสีซึ่งสามารถมองเห็นได้

**2.2 การวัดฟลักซ์การส่องสว่าง**

การวัดแสงต้องใช้โฟโตมิเตอร์ชนิดโฟโตโวลตาอิกเซลล์ ที่มีเส้นโค้งลักษณะเฉพาะของกระแสโฟโตอิเล็กตริกกับฟลักซ์การส่องสว่างเป็นแบบเชิงเส้น และไม่มีผลกระทบเนื่องจากความล้า ในกรณีที่เส้นโค้งความไวทางสเปกตรัมสัมพัทธ์ของกระแสโฟโตอิกเซลล์แตกต่างไปจากเส้นโค้งประสิทธิภาพการส่องสว่างสัมพัทธ์มาตรฐาน ให้ใช้แผ่นกรองแสงแก้ไขที่มีลักษณะทางสเปกตรัมเสถียรช่วย เพื่อให้ได้ผลใกล้เคียงกับเส้นโค้งประสิทธิภาพการส่องสว่างสัมพัทธ์มาตรฐานมากที่สุด ติดตั้งโฟโตโวลตาอิกเซลล์ที่ช่องวัดแสงของทรงกลมรวมแสงต้องให้มั่นคง และพ้นจากแสงรบกวนภายนอก การวัดกระแสโฟโตอิเล็กตริกที่มีค่าน้อย ๆ ให้ได้ค่าที่แม่นยำต้องใช้วงจรชดเชย ทรงกลมรวมแสง เส้นผ่านศูนย์กลางของทรงกลมรวมแสงต้องไม่น้อยกว่า 1.2 เท่าของความยาวหลอดทดสอบสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนซ์ และต้องไม่น้อยกว่า 1.0 เมตร สำหรับหลอดอินแคนเดสเซนซ์ฉากบังแสงในทรงกลมรวมแสงที่ใช้บังแสงจากหลอดมิให้ตกกระทบช่องวัดแสงโดยตรงจะต้องมีขนาดเล็กที่สุด และต้องติดตั้งอยู่ในแนวเส้นตรงระหว่างจุดศูนย์กลางของทรงกลมรวมแสงกับช่องวัดแสง โดยอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางเป็นระยะ 31 ถึง 21 เท่าของรัศมีทรงกลมรวมแสง พื้นผิวแพร่แสงภายในทรงกลมรวมแสงต้องมีการสะท้อนแสงอย่างสม่ำเสมอ ตำแหน่งของหลอดจะต้องอยู่ที่ศูนย์กลางของทรงกลมรวมแสง

**2.3 ค่าดำรงลูเมน**

ค่าดำรงลูเมน หมายถึง อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดที่ระยะเวลาที่กำหนดตามอายุการใช้งานกับฟลักซ์การส่องสว่างเริ่มต้นโดยที่หลอดต้องทำงานภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดอัตราส่วนทั่วไปแสดงเป็นร้อยละ

**2.4 การใช้งานของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดหลอดฟลูออเรสเซนซ์** T5

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ หมายถึง อุปกรณ์ที่ประกอบด้วยตัวแปลผันอิเล็กทรอนิกส์กับอุปกรณ์ทำให้เสถียร เพื่อจุดหลอดฟลูออเรสเซนซ์หลอดเดียวหรือหลายหลอด ซึ่งปกติทำงานที่ความถี่สูง บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่ 50 หรือ 60 เฮิรตซ์ แรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 1000 โวลต์ และใช้ร่วมกับหลอดฟลูออเรสเซนซ์ที่มีลักษณะสมบัติตามที่กำหนดใน มอก. 236 อุปกรณ์ช่วยจุดหลอด เป็นเส้นตัวนำติดที่ด้านนอกของหลอดหรือแผ่นตัวนำที่วางอยู่ข้าง ๆ หลอดในระยะที่เหมาะสมค่าหนึ่งอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดนี้จะทำงานก็ต่อเมื่อมีความต่างศักย์กับปลายหลอดข้างหนึ่งอย่างเพียงพอ อัตราส่วนของแสงสว่างจากหลอดเมื่อให้บัลลาสต์ทำงานที่แรงดันไฟฟ้าที่กำหนดกับแสงสว่างที่ได้จากหลอดเดียวกัน

บัลลาสต์อ้างอิง หมายถึง บัลลาสต์พิเศษ ซึ่งเป็นทั้งแบบเหนี่ยวนำสำหรับหลอดทำงานที่ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าประธานกระแสสลับ และแบบต้านทานสำหรับหลอดทำงานที่ความถี่สูง โดยออกแบบมาเพื่อจุดประสงค์ให้มีมาตรฐานเปรียบเทียบสำหรับใช้ในการทดสอบบัลลาสต์ เลือกหลอดอ้างอิงและเพื่อทดสอบหลอดที่ผลิตตามปกติภายใต้ภาวะมาตรฐาน บัลลาสต์อ้างอิงต้องมีลักษณะสมบัติจนเป็นที่ประจักษ์ว่าที่ความถี่ที่กำหนดบัลลาสต์อ้างอิงมีอัตราส่วนแรงดันต่อกระแสคงที่โดยจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อถูกรบกวนโดยการเปลี่ยนแปลงของกระแส อุณหภูมิ ตามที่ให้รายละเอียดไว้ในมาตรฐาน

**2.5 การใช้งานของขั้วคู่สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนซ์** T5

มิติขั้วหลอดของหลอดสำเร็จรูป ต้องเป็นไปตาม IEC 60061-1 หลอดที่มีขั้วหลอดแบบ G5 หรือ G13 ขาหลอดทั้งสอง ไม่รวมฐานของขาของขั้วหลอดทั้งสองข้างต้องผ่านร่องขนานที่มีระยะเหมาะสมตามแนวยาวที่รองรับหลอดได้โดยอิสระไม่ติดขัดตลอด ขนาดร่องสำหรับขั้วหลอด G5 กว้าง 2.87 มิลลิเมตร และสำหรับขั้วหลอด G13 กว้าง 3.05 มิลลิเมตร

**2.6 วิธีทดสอบลักษณะเฉพาะการจุดหลอด**

ให้ทดสอบในที่ซึ่งมีอากาศนิ่ง และเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิโดยรอบระหว่าง 20 องศาเซลเซียส ถึง 27 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกินร้อยละ 65 ส่วนโลหะและลวดที่อยู่บริเวณใกล้เคียงหลอดต้องหลีกเลี่ยงให้ไกลเท่าที่เป็นไปได้ ยกเว้นอุปกรณ์ช่วยจุดหลอดก่อนเริ่มทดสอบการจุดหลอด ต้องให้หลอดไม่ทำงาน และมีอุณหภูมิโดยรอบระหว่าง 20 องศาเซลเซียส ถึง 27 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกินร้อยละ 65 เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง

**2.7 วิธีการหลักของการจุดหลอดที่ใช้กับบัลลาสต์**

ความถี่ 50 หรือ 60 เฮิรตซ์ เท่าที่ใช้กันแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือ 1. การจุดแบบเผาไส้ก่อน 2. การจุดแบบไม่เผาไส้ก่อน ทั้ง 2 วิธีนี้สามารถนำมาใช้ได้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ แต่เนื่องจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์สามารถสร้างให้มีลักษณะทางเทคโนโลยีที่สูงกว่าได้ จึงมักจะต้องปรับปรุงวิธีการระบุการวัด และการประเมินลักษณะการจุดหลอดเสียใหม่ ถึงแม้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์อาจจะทำให้เกิดภาวการณ์จุดหลอดที่ซับซ้อนกว่าบัลลาสต์ 50 หรือ 60 เฮิรตซ์ แบบดั้งเดิมก็ตาม ก็สามารถใช้หลักการเดียวกันได้ถ้าต้องการให้หลอดมีสมรรถนะดี การจุดแบบเผาไส้ก่อน ก่อนที่ไส้หลอดจะปล่อยอิเล็กตรอน แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดคร่อมหลอด และ/หรือแรงดันไฟฟ้าจากหลอดไปยังอุปกรณ์ช่วยจุดหลอด จะต้องถูกรักษาไว้ให้ต่ำกว่าระดับที่จะทำให้เกิดกระแสของหลอดอันจะเป็นอันตรายต่อไส้หลอด หลังจากที่ไส้หลอดปล่อยอิเล็กตรอนแล้ว แรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดต้องเพียงพอที่จะทำให้หลอดจุดได้อย่างรวดเร็วโดยปราศจากการจุดซ้ำอีก ถ้าจำเป็นจะต้องเพิ่มแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดเพื่อจุดหลอดให้ติด หลังจากที่ไส้หลอดถึงจุดปล่อยอิเล็กตรอนแล้ว การเปลี่ยนแปลงจากแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดค่าต่ำไปเป็นค่าสูงจะต้องเกิดขึ้นในขณะที่ไส้หลอดยังคงอยู่ที่อุณหภูมิปล่อยอิเล็กตรอน ในระหว่างการเผาไส้ก่อน กระแสเผาไส้หรือแรงดันไฟฟ้าเผาไส้จะต้องไม่สูงเกินไปจนทำให้สารปล่อยอิเล็กตรอนที่ไส้หลอดถูกทำลายเพราะร้อนมากเกินไป เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดที่ต้องการสำหรับการจุดแบบเผาไส้ก่อนนั้นมีค่าค่อนข้างต่ำ ดังนั้น วงจรที่ต่อหลอดหลายหลอดอนุกรมกันจึงสามารถใช้ได้เฉพาะกับหลอดบางชนิดเท่านั้น ในกรณีเช่นนี้บางครั้งอาจใช้ตัวเก็บประจุช่วยจุดโดยต่อขนานเข้ากับกลุ่มหลอดบางกลุ่มในขณะที่ป้อนแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดเต็มที่คร่อมหลอดที่ไม่มีตัวเก็บประจุต่อขนานอยู่ ขนาดของตัวเก็บประจุช่วยจุดขึ้นอยู่กับกระแสที่อาจก่อปัญหาในระหว่างช่วงเริ่มต้นของการจุด ในการนี้ต้องระมัดระวังเรื่องการเลือกใช้ขนาดของตัวเก็บประจุช่วยจุด โดยจะต้องให้สอดคล้องกับการจุดติดง่ายและลักษณะเชิงสมรรถนะอื่นๆ ของหลอดและบัลลาสต์

**2.8 การจุดหลอดแบบไม่เผาไส้ก่อน** การจุดหลอดแบบนี้อาศัยข้อดีของการปล่อยอิเล็กตรอนด้วยสนามไฟฟ้าจากไส้หลอดโดยไม่ต้องมีการเผาในขณะที่ป้อนแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดค่าสูงคร่อมหลอดอย่างทันทีทันใดระดับของแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดและอิมพีแดนซ์แหล่งจ่ายของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่หลอดจะใช้ในการเปลี่ยนจากขั้นตอนของการปล่อยประจุไปสู่สถานะอาร์กเต็มที่เหตุผลหลักอย่างหนึ่งของการที่ปลายขั้วหลอดดำมากเกินปกติและหลอดเสียก่อนเวลาอันควรก็คือกระแสปล่อยมีค่าสูง และ/หรือใช้เวลานานเกินไปในช่วงกระบวนการจุด เพื่อที่จะลดผลเสียหาย เนื่องจากกระแสปล่อยประจุดังกล่าวนี้ให้ต่ำที่สุดจึงจำเป็นต้องทำให้แน่ใจว่ามีการป้อนแรงดันไฟฟ้าวงจรเปิดต่ำที่สุดและบัลลาสต์ มีความสามารถที่จะ

จุดหลอดได้อย่างรวดเร็วในช่วงเวลานี้ โดยไม่มีการจุดซ้ำหลังจาก 100 มิลลิวินาที บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์บางชนิดจะใช้กระแสที่ไหนผ่านไส้หลอดเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ นอกเหนือจากการเผาไส้หลอดที่เพียงพอ (เช่น เพื่อสนับสนุนการจุดที่แรงดันไฟฟ้าจุดหลอดลดต่ำลงได้) กรณีเช่นนี้จะต้องเคร่งครัดเรื่องขีดจำกัดของกระแสผ่านไส้หลอดสูงสุดเพื่อหลีกเลี่ยงมิให้ไส้หลอดร้อนจัดเกินไป (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2551)

## การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้า

ตามที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยได้ทำการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตเพื่อผลิตและจ่ายไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการใช้ไฟฟ้าภายในประเทศโดยมีแนวทางในการจัดการหลายด้านในที่นี้จึงได้นำส่วนหนึ่งมาเป็นแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้า

### การจัดการใช้พลังงานไฟฟ้า

การจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการและการควบคุมการใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ไฟฟ้าและแสงสว่าง เพื่อลดค่าไฟฟ้าและส่งผลให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุดโดย

1. **จัดการและควบคุมค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้า** (จำนวนหน่วยที่ใช้) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด (Peak Demand) ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า รีแอคทีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด (Reactive Power) ให้มีค่าน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้

2. **ดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของการจัดการและการควบคุม** มีอยู่หลายตัวการเลือก ใช้ดัชนีตัวใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้า ของแต่ละสถานประกอบการ ได้แก่ ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย ค่าตัวประกอบโหลด ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ประมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต มูลค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยพื้นที่ เป็นต้น

### แนวทางการจัดการ

เป็นกระบวนการปรับเปลี่ยนลักษณะการใช้ไฟฟ้าเพื่อลดค่าใช้จ่ายทางด้านไฟฟ้า วิธีการทั้งการส่งเสริมการประหยัดค่าพลังงาน และการใช้กลไกด้านราคาไฟฟ้า สรุปเป็นมาตรการหลัก 4 มาตรการ

1. เพิ่มการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลาโหลดต่ำ
2. เฉลี่ยการใช้โหลดในแต่ละเวลาให้ใกล้เคียงกัน
3. อนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า โดยการดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ

**ผลตอบแทนจากการจัดการการใช้ไฟฟ้ามีดังต่อไปนี้**

1. การลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด สามารถชะลอการลงทุนช่วงการสร้างโรงไฟฟ้าเพื่อรองรับความต้องการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นได้

2. การเพิ่มค่าตัวประกอบโหลด (Load Factor) ทำให้ราคาค่าไฟฟ้าโดยรวมต่ำลง

**แนวทางการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด**

ในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จำเป็นต้องเข้าใจคำว่าตัวประกอบโหลด (Load Factor) เสียก่อน ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยคำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$\text{ตัวประกอบโหลด} = \frac{\text{จำนวนหน่วยที่ใช้ทั้งหมดใน 1 เดือน (kwh)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ใน 1 เดือน (kw)} \times \text{จำนวนชั่วโมงใน 1 ((h)}} \times 100\%$$

**ประโยชน์ที่ได้รับ**

1. ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้น ถ้าค่าตัวประกอบโหลดมีค่าสูงเท่าไร ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยยิ่งต่ำลงเท่านั้น จะสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้ ช่วยให้ต้นทุนการผลิตต่ำลง

2. พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าและสายไฟฟ้าลดลง

3. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานเครื่องจักร

**ขั้นตอนการควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand)**

วิธีการควบคุมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดมีวิธีดำเนินการดังต่อไปนี้

**การรวบรวมข้อมูล**

1. จัดทำรายการแสดงเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดภายในโรงงานให้เป็นหมวดหมู่ เพื่อให้สะดวกต่อการค้นคว้าและการตรวจสอบได้ง่าย

2. จัดทำวงจรทางไฟฟ้า (Single Line Diagram) เพื่อใช้เป็นแนวทางการตรวจสอบตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้า และขนาดแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่ใช้

3. สำรวจปริมาณการใช้ไฟฟ้า โดยการตรวจวัดเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างละเอียด เช่น ต้องรู้ว่าเป็นเครื่องชนิดไหน มีขนาดเท่าไร สภาพการใช้งานเป็นอย่างไร แล้วนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

4. คำนวณหาค่าตัวประกอบโหลดและจัดทำเส้นโค้งโหลด (Load Curve) โดยปกติช่วงเวลาทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน บางชนิดมีโหลดคงที่ บางชนิดมีโหลดไม่คงที่ บางชนิดใช้งานตลอดเวลา บางชนิดทำงานเป็นระยะ ๆ เมื่อดูผลรวมของการใช้โหลดปรากฏว่าการใช้ไฟฟ้าในแต่ละช่วงเวลาของโรงงานมีค่าไม่เท่ากัน การควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดจึงควรพิจารณาค่าตัวประกอบโหลดทั้งรายเดือนและรายวัน

**การคำนวณหาค่าตัวประกอบโหลดรายวัน**

ตัวอย่างต่อไปนี้คือ การคำนวณหาตัวประกอบโหลดรายวัน
ตัวอย่าง โรงงานแห่งหนึ่งทำงาน 16 ชั่วโมง มีการบันทึกปริมาณพลังงานไฟฟ้าทุก ๆ ชั่วโมง ตลอด 24 ชั่วโมง ปรากฏดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7

การบันทึกปริมาณไฟฟ้าเป็นรายชั่วโมง

| ชั่วโมงที่ | กำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 15 นาที ในชั่วโมงที่ (kWh) | ปริมาณพลังงานไฟฟ้า | ชั่วโมงที่ | กำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 15 นาที ในชั่วโมงที่ (kWh) | ปริมาณพลังงานไฟฟ้า |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 50 | 50 | 13 | 200 | 200 |
| 2 | 50 | 50 | 14 | 450 | 450 |
| 3 | 50 | 50 | 15 | 650 | 650 |
| 4 | 50 | 50 | 16 | 650 | 650 |
| 5 | 50 | 50 | 17 | 650 | 650 |
| 6 | 50 | 50 | 18 | 400 | 400 |
| 7 | 50 | 50 | 19 | 400 | 400 |
| 8 | 200 | 200 | 20 | 400 | 400 |
| 9 | 350 | 350 | 21 | 350 | 350 |
| 10 | 450 | 450 | 22 | 350 | 350 |
| 11 | 450 | 450 | 23 | 240 | 240 |
| 12 | 450 | 450 | 24 | 50 | 50 |
| | | รวม | | | 7,040 |

ที่มา:http://mte.kmutt.ac.th/mte_learning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/5_4.html , 2552

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง = 7.040 / 24 = 293.33 kw

ตัวประกอบโหลดรายวัน = $\frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง (kw)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดใน 24 ชั่วโมง (kw)}} \times 100\%$

ตัวประกอบโหลดรายวัน = 293.33 / 650 ×100%

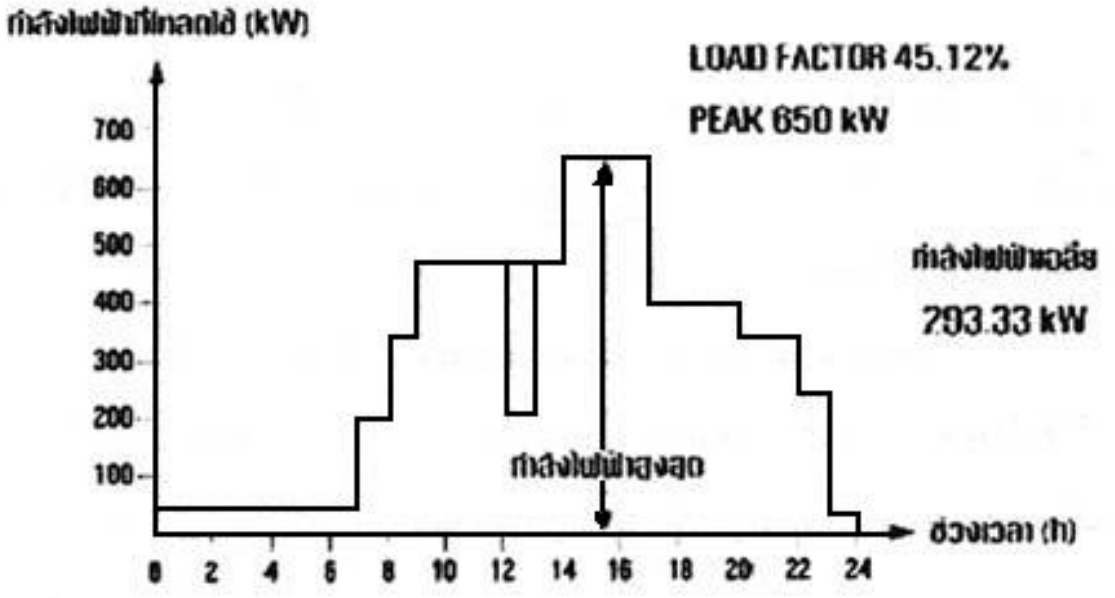
= 45.12 %

**การเขียนเส้นโค้งโหลด** (Load Curve)

เป็นการนำผลการบันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้ารายชั่วโมงมาทำเป็นเส้นโค้งโหลดทำให้ทราบถึงลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้า และความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาได้อย่างถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5

เส้นโค้งโหลด (Load Curve)




ที่มา: http://www.doe.eng.cmu.ac.th/~kasin/Courses/252282/TouTod.pdf, 2553

**วิธีหาค่าตัวประกอบโหลดรายวันที่เหมาะสม**

ค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชั่วโมงทำงานของโรงงาน ถ้าทำงานวันละ 24 ชั่วโมง ค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสมควรมีค่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์

ถ้าทำงานวันละ 16 ชั่วโมง ค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสม = (16/24 ) × 80

= 53.33%

ถ้าทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสม = (8/24) × 80

= 26.67%

ดังนั้นเมื่อสามารถหาตัวประกอบโหลดรายวันที่เหมาะสมสำหรับช่วงเวลาที่แตกต่างกันได้แล้ว วิธีจะหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดทำได้ดังนี้

$$\text{ตัวประกอบโหลดรายวัน} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง (kw)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดใน 24 ชั่วโมง (kw)}} \times 100\%$$

$$\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดใน 24 ชั่วโมง (kw)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 24 ชั่วโมง(kw)}}{\text{ตัวประกอบโหลดรายวัน}} \times 100\%$$

จากตัวอย่าง กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง = 293.33 kw โรงงานทำงานวันละ 16 ชั่วโมง ค่าตัวประกอบโหลดที่เหมาะสม = 53.33%

$$\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุดใน 24 ชั่วโมง (kw)} = \frac{293.33 \text{ (kw)}}{53.33} \times 100\%$$

$$= 550 \text{ kw}$$

ดังนั้น ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดที่เหมาะสมมีค่าเท่ากับ 550 kw

**วางแผนดำเนินการ**

1. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องใดสามารถเปลี่ยนเวลาการใช้งานได้บ้างเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด

2. ช่วงเวลาที่คาดว่าจะมีการใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุด (โดยพิจารณาเส้นโค้งโหลด) ควรมีไฟสัญญาณที่เครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องที่ไม่จำเป็น หรือมีความจำเป็นไม่มาก เพื่อตัดหรือหยุดการใช้งานชั่วคราวจนกว่าช่วงเวลาดังกล่าวผ่านพ้นไป จึงจะเปิดใช้ตามลำดับก่อนหลังตามปกติ ควรแจ้งเวลาการเปิด/ปิดเครื่องให้ชัดเจนและไม่ควรตั้งเป้าหมายความต้องการใช้ไฟฟ้าไว้สูงเกินขอบเขตความจำเป็นในการผลิต

3. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าใดที่สามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนขนาดให้ใช้พลังไฟฟ้าน้อยลง โดยยอมให้เดินเครื่องนานขึ้น ซึ่งจะลดค่ากำลังไฟฟ้าในช่วงเวลาโหลดสูงสุด ลดพลังงานสูญเสียในระบบ และทำให้ต้นทุนเฉลี่ยค่าไฟฟ้าต่อผลผลิตต่ำลงด้วย

4. พิจารณาเลือกการทำงานที่ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า ในช่วงที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด เช่น ใช้แรงงานคน พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น

5. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่ใช้อยู่เดิมมีขนาดใหญ่ไป หรือใช้เต็มกำลังหรือไม่ โดยเปรียบเทียบจากค่าทางไฟฟ้าที่แผ่นป้ายประจำเครื่องกับค่าที่วัดได้จริง ปกติประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีค่าสูง เมื่อใช้งานที่โหลด 80 – 100 เปอร์เซนต์ ฉะนั้น หากพบว่ามีค่าขนาดใหญ่กว่าการใช้งานจริงควรพิจารณาลดขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นลง

6. พิจารณาว่ามีอุปกรณ์หรือระบบไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงในการประหยัดพลังงาน ที่สามารถนำมาใช้กับระบบการผลิตเดิมได้หรือไม่ เช่น อินเวอร์เตอร์ (Inverter) สำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ตัวควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand Controller) หลอดประหยัดพลังงาน สายพานแบบ Flat เป็นต้น

7. พิจารณาการเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงระบบการผลิต พยายามศึกษาระบบการผลิตเพื่อควบคุมไม่ให้การใช้กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วง 15 นาทีแรก มีค่าสูงเกินว่าที่ควรจะเป็น

8. หลีกเลี่ยงการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่และอุปกรณ์ให้ความร้อนต่าง ๆ ในเวลาเดียวกัน เช่น เตาหลอมไฟฟ้า หรือเตาอบไฟฟ้า เป็นต้น

9. การนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ทำความร้อนและน้ำเย็นให้เพียงพอกับความต้องการในเวลาดังกล่าวด้วย

10. สนับสนุนการประหยัดไฟฟ้าในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด เช่น ปิดเครื่องปรับอากาศ ปิดเครื่องทำน้ำเย็น เป็นต้น

**ดำเนินการควบคุมและติดตามผล**

1. จัดให้พนักงานที่ทำหน้าที่ควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า นอกจากนี้ฝ่ายบริหารต้องมอบหมายให้บุคคลและคณะบุคคลควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิดและมีการเสนอผลลัพธ์เป็นระยะ ๆ

2. มีการใช้เครื่องควบคุมอัตโนมัติเพื่อตัดต่อโหลดที่ไม่จำเป็นในช่วงเวลาที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

**วิธีการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด**

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นทุกปี โดยพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตส่วนใหญ่ได้จากการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง

ตารางที่ 8

แสดงความต้องการไฟฟ้าของประเทศไทย

| พ.ศ. | ความต้องการไฟฟ้าสูงสุด | ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า |
|---|---|---|
| 2535 | 8,904 MW | 73.5 % |
| 2536 | 9,839 MW | 74.2 % |
| 2537 | 11,064 MW | 74.3 % |
| 2538 | 12,268 MW | 74.9 % |
| 2539 | 13,311 MW | 75.1 % |
| 2540 | 14,506 MW | 73.5 % |
| 2541 | 14,180 MW | 73.4 % |
| 2542 | 13,712 MW | 76.1 % |
| 2543 | 14,918 MW | 75.2 % |
| 2544 | 16,126 MW | 74.1 % |

ที่มา: http://www.doe.eng.cmu.ac.th/~kasin/Courses/252282/TouTod.pdf, 2553

**1. อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด**

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand) คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานเฉลี่ยในช่วง 15 นาทีที่มีค่าสูงสุดในรอบ 1 เดือน มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดสามารถหาได้จาก

**1.1 จดค่าจากมิเตอร์กิโลวัตต์-ชั่วโมง** (kilowatt-hour meter) **ทุก ๆ 15 นาที** แล้วนำมาคำนวณหาค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

ตัวอย่าง จากข้อมูลที่จดได้จาก kilowatt-hour meter ของโรงงานแห่งหนึ่งในช่วง15 นาทีมีค่าอ่านครั้งแรก 10,000 kWh อ่านครั้งหลัง 10,200 kWh จงหาค่าความต้องการพลังไฟฟ้าในช่วงนี้

ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า = ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (ใน 15 นาที) x 4

= (10,200 – 10,000) x 4

= 800 kW

1.2 **การจดค่ามิเตอร์วัดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดของการไฟฟ้า (maximum demand meter)** มิเตอร์วัดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดของการไฟฟ้า ซึ่งติดตั้งให้กับผู้ใช้ไฟฟ้ามีอยู่หลายชนิดมีทั้งชนิดที่ขับจานหมุนด้วยสนามแม่เหล็ก เพื่อไปผลักดันเข็มชี้ค่ากิโลวัตต์สูงสุด หรือชนิดที่แสดงค่าด้วยตัวเลขดิจิตอล ซึ่งค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์นี้จะต้องนำไปคูณกับ CT Ratio เสียก่อนจึงจะเป็นค่าที่ถูกต้อง การทำงานของ Maximum-Demand Meter แบบจานหมุนของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นเครื่องวัด Maximum Demand ซึ่งโดยทั่วไป และที่มีใช้อยู่ในกิจการของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค จะประกอบอยู่กับ Kilowatt Hour Meter รวมเป็น เครื่องเดียวกัน และทำงานสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ใช้อุปกรณ์ในการขับเคลื่อนร่วมกัน

1.3 **การใช้อุปกรณ์วัดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดติดตั้งในระบบจ่ายไฟฟ้า** อุปกรณ์วัดค่าไฟฟ้าสูงสุดที่มีอยู่หลายประเภท เช่น Power Meter Analyzer สามารถวัดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดทุก ๆ ช่วง 15 นาทีแสดงออกมาบนจอภาพและพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดกับเวลารวมทั้งสามารถต่อเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในทางอื่น ๆ ด้วย

อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้าในแต่ละเดือน จะมีอัตราแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่ใช้และอัตราโครงสร้างค่าไฟ (อัตราปกติ TOU TOD) ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ต้องเสียค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดคือ ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3, 4, 5 และ 6 ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในรอบ 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วย โดยมีอัตราดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9

อัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคเรียกเก็บ

หน่วย : บาท/กิโลวัตต์

| แรงดันไฟฟ้า | อัตราปกติ | | อัตรา TOU | | อัตรา TOD | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | กิจการทั่วไป | กิจการเฉพาะอย่าง | Peak | Off peak | Peak | Partial peak | Off peak |
| ต่ำกว่า 12 kV (กฟน.) ต่ำกว่า 11 kV (กฟภ.) | 221.5 | 276.64 | 210 | - | 332.71 | 68.22. | - |
| 12-24 kV (กฟน.) 11-33 kV (กฟภ.) | 196.26 | 256.07 | 132.93 | - | 285.05 | 58.88 | - |
| 69 kV ขึ้นไป | 175.70 | 220.56 | 74.14 | - | 224.30 | 29.91 | - |

ที่มา: http://www.doe.eng.cmu.ac.th/~kasin/Courses/252282/TouTod.pdf, 2553

**2. ลักษณะของการใช้ไฟฟ้า**

การใช้พลังงานไฟฟ้าในกิจการต่าง ๆ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา บางขณะมีความต้องการพลังไฟฟ้าสูง แต่บางขณะมีความต้องการพลังไฟฟ้าต่ำ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการทำงานของกิจการนั้น ๆ การบันทึกข้อมูลความต้องการไฟฟ้า และนำข้อมูลนี้มาเขียนกราฟการใช้ไฟฟ้า กราฟที่ได้นี้เรียกว่า เส้นโค้งของโหลดหรือกราฟโหลด (load curve) โดยกราฟนี้อาจจัดทำแบบกราฟรายวัน กราฟรายเดือน หรือกราฟรายปี ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการนำไปวิเคราะห์ลักษณะการใช้พลังงานที่เวลาต่างๆ เพื่อวางแผนการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ใช้วิเคราะห์หาแนวทางการลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด รูปที่ 5 แสดงกราฟโหลดรายวัน

**3. วิธีการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด**

แนวทางในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จำเป็นต้องทำความเข้าใจกับคำว่าตัวประกอบโหลด (load factor) เสียก่อน ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยมีคำจำกัดความดังนี้

ตัวประกอบโหลด (Load Factor) = x 100%

พิจารณาสมการตัวประกอบโหลดจะเห็นว่า ตัวแปรที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ตัวประกอบโหลดสูงหรือต่ำจะมีอยู่สองตัว คือ จำนวนหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) และจำนวนกิโลวัตต์สูงสุดหรือความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak demand) ดังนั้นเราสามารถที่จะเพิ่มค่าประกอบโหลดให้สูงขึ้นได้ 2 วิธี คือ

1. ลดจำนวนกิโลวัตต์สูงสุด (Peak demand) ลง

2. ลดการใช้จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง (Unit) ลง เพื่อสมดุลกับจำนวน Peak demand ที่ลดลงอันจะมีผลทำให้อัตราส่วนของค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น แต่การลดจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง (Unit) จะมีผลต่อการเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดไม่มากนัก แต่จะส่งผลโดยตรงต่อค่าไฟฟ้าที่ลดลง โดยปกติทั่วไปสถานประกอบการที่ทำงาน 24 ชั่วโมง/วัน ตัวประกอบโหลดควรจะประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ หรือการทำงานที่ 16 และ 8 ชั่วโมง ตัวประกอบโหลดควรจะประมาณ 53 และ 26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้น เราสามารถคำนวณหาค่าตัวประกอบโหลดจากใบเสร็จค่าไฟฟ้าได้ แล้วนำผลมาเปรียบเทียบดู ถ้ามีผลที่ต่ำกว่าค่าที่กล่าวไว้แสดงว่าอาคารธุรกิจนั้นมีศักยภาพที่จะสามารถลดค่า Peak Demand ลงได้ผลประโยชน์ที่ได้รับโดยตรงจากการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด มีอยู่ด้วยกัน 4 ประการคือ

1. ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นหรือมีค่าตัวประกอบโหลดสูง จะเห็นว่ายิ่งค่าตัวประกอบโหลดมีค่าสูงเท่าไร ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยยิ่งต่ำลงเท่านั้น ดังนั้นถ้าทุกโรงงานสามารถปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้นได้ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายค่าพลังงานลงได้ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลงอีกด้วย

2. โรงงานอุตสาหกรรมจะเสียค่าไฟฟ้าในส่วนที่เป็นค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ลดลง

3. ทำให้พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงและสายไฟฟ้าลดลง

4. การที่ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลดลงทำให้หม้อแปลง สายเมนและสายป้อนกระแสไฟฟ้าลดลง ทำให้มีความจุเหลือสามารถติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้อีก ขั้นตอนการควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด มีอยู่ด้วย 4 ขั้นตอน คือ

**ขั้นตอนที่ 1 เป็นการรวบรวมข้อมูล**

1. จัดทำรายการแสดงเครื่องจักรและอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดภายในโรงงานให้เป็นหมวดหมู่เพื่อง่ายต่อการค้นคว้า และตรวจสอบ

2. จัดทำวงจรทางไฟฟ้า (Single Line Diagram) เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับตรวจสอบตำแหน่งของอุปกรณ์ไฟฟ้าและขนาดแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่ใช้

3. สำรวจปริมาณการใช้ไฟฟ้า โดยการตรวจวัดเครื่องจักรและอุปกรณ์ใช้ไฟฟ้าอย่างละเอียดเช่น ต้องรู้ว่าเป็นเครื่องชนิดไหน มีขนาดเท่าไร สภาพการใช้งานเป็นอย่างไร (เดินเครื่องตลอดเวลา เดินบ้างหยุดบ้าง เดินเป็นระยะ ๆ หรือว่าพักการใช้งาน) แล้วจึงนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ในการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด ซึ่งจะทำให้การควบคุมทำได้ผลดี

4. คำนวณหาค่าตัวประกอบโหลดและจัดทำกราฟโหลด (Load Curve) โดยปกติช่วงเวลาการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน บางชนิดมีโหลดคงที่ บางชนิดมีโหลดไม่คงที่มากบ้างน้อยบ้าง บางชนิดใช้งานตลอดเวลา บางชนิดหยุดทำงานเป็นระยะ ๆ เมื่อดูผลของการใช้โหลดรวมกัน ปรากฏว่าการใช้ไฟฟ้าของสถานประกอบการในแต่ละเวลามีค่าไม่เท่ากัน ในการควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดควรพิจารณาค่าตัวประกอบโหลดทั้งรายเดือนและรายวัน

**ขั้นตอนที่ 2 เป็นการวางแผนดำเนินการ**

1. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องใดสามารถเปลี่ยนเวลาการใช้งานไปเป็นเวลาอื่นได้บ้างในขณะที่มีการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุด

2. ตามหลักการประหยัดพลังงานทั่วไป ช่วงเวลาที่คาดว่าจะมีการใช้พลังไฟฟ้าสูงสุด (โดยพิจารณาจาก Load Curve) ควรจะมีไฟสัญญาณบอกว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าเครื่องไหนที่จำเป็นหรืออาจมีความจำเป็นไม่มากก็ควรตัดหรือหยุดการใช้งานชั่วคราวจนกว่าช่วงเวลาดังกล่าวได้ผ่านไปจึงจะเปิดใช้ ตามลำดับก่อนหลัง ซึ่งในการที่จะหยุดการใช้งานควรแจ้งช่วงเวลาที่จะหยุดและแจ้งช่วงเวลาที่อาจกลับมาใช้งานได้โดยไม่ควรตั้งเป้าหมายความต้องการใช้ไฟฟ้าไว้สูงเกินขอบเขตความจำเป็น

3. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าสามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนขนาดให้ใช้พลังไฟฟ้าน้อยลงโดยยอมให้เดินเครื่องนานขึ้นได้หรือไม่ การลดขนาดของเครื่องให้เล็กลงโดยยอมให้ทำงานนานขึ้นนี้นอกจากจะช่วยลดค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ในช่วงเวลาโหลดสูงสุดแล้ว ยังช่วยลดพลังงานสูญเสียในระบบลงได้ และจะทำให้ต้นทุนเฉลี่ยค่าไฟฟ้าต่อผลผลิตนั้นต่ำลงด้วย

4. พิจารณาเลือกสิ่งที่จะไม่ต้องใช้ไฟฟ้า ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีการทำงานให้สำเร็จได้ในช่วงที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เช่น แรงงานคน พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานลม เป็นต้น

5. พิจารณาว่าเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละเครื่องที่ใช้มีขนาดใหญ่ไป หรือใช้เต็มกำลังหรือไม่ โดยเปรียบเทียบระหว่างค่าทางไฟฟ้าที่แผ่นป้ายประจำเครื่องกับค่าที่วัดได้จริง ถ้าค่าที่วัดได้จริงต่ำกว่าที่ระบุไว้ที่แผ่นป้ายมากจะทำให้ประสิทธิภาพของการใช้งานเครื่องต่ำประสิทธิภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีค่าสูง เมื่อใช้งานที่โหลด 80-100 เปอร์เซนต์ ถ้าพบว่ามีค่าต่ำควรพิจารณาลดขนาดลง

6. พิจารณาว่าในปัจจุบันมีอุปกรณ์หรือระบบไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงในการประหยัดพลังงาน และสามารถนำมาใช้กับระบบการผลิตเดิมได้หรือไม่ เช่น Inverter สำหรับควบคุมความเร็วของมอเตอร์ Peak Demand Controller หลอดประหยัดพลังงาน สายพานแบบ Flat เป็นต้น

7. พิจารณาเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงระบบการผลิตพยายามศึกษาระบบการผลิตบางอย่างเท่าที่สามารถจะทำได้ เพื่อควบคุมไม่ให้การใช้พลังไฟฟ้าสูงสุดเกิดขึ้นในช่วง 15 นาที สูงเกินกว่าที่ควรจะเป็น

8. หลีกเลี่ยงการสตาร์ทมอเตอร์ขนาดใหญ่และอุปกรณ์ให้ความร้อนต่าง ๆ เช่น เตาหลอดไฟฟ้า หรือเตาอบไฟฟ้า ในเวลาเดียวกัน

9. ในการนำพลังงานไฟฟ้ามาใช้ทำน้ำร้อนและน้ำเย็นไม่ควรเลือกเวลา ที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และในเวลาดังกล่าวควรจัดการให้มีถังเก็บน้ำร้อนและน้ำเย็นให้เพียงพอกับความต้องการสูงสุดด้วย

10. สนับสนุนให้มีการประหยัด ในช่วงที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เช่น ปิดเครื่องปรับอากาศ ปิดเครื่องทำน้ำเย็น เป็นต้น

**ขั้นตอนที่ 3 เป็นการจัดทำเอกสารสรุปผลเสนอฝ่ายบริหาร**

ในการควบคุมค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดอย่างมีประสิทธิภาพ บางเรื่องก็ไม่มีค่าใช้จ่าย บางเรื่องก็มีค่าใช้จ่ายหรือต้องลงทุนเพิ่มเติม บางกรณีอาจมีผลกระทบต่อการปฏิบัติงานของคนงาน เพื่อความสะดวกของฝ่ายบริหารที่จะตัดสินใจว่าควรดำเนินการหรือไม่ ผู้ที่ได้รับมอบหมายจากฝ่ายบริหารให้มาพิจารณาปรับปรุงจะต้องเสนอการปรับปรุงเป็นลายลักษณ์อักษรระบุสภาพเดิม และสภาพที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเมื่อได้ปรับปรุงแล้ว วิธีการดำเนินการ ประมาณการเงินลงทุนค่าใช้จ่ายและผลตอบแทน เพื่อให้เห็นว่าการลงทุนได้ผลคุ้มค่าเพียงใด รวมทั้งผลดีผลเสียที่ไม่สามารถตีค่าเป็นเงินได้ ระยะเวลาที่จะใช้ดำเนินการ ผลกระทบต่อกิจการของโรงงานขณะดำเนินการปรับปรุง การทำเอกสารนี้นอกจากจะเป็นประโยชน์ต่อฝ่ายบริหารในการพิจารณาตัดสินใจว่าจะให้ดำเนินการได้หรือไม่ ถ้าตกลงดำเนินการเอกสารดังกล่าวจะใช้เป็น เอกสารประกอบการควบคุมการดำเนินการปรับปรุงให้เป็นไปตามที่กำหนด และใช้ประโยชน์ในการวัดผลที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่

**ขั้นตอนที่ 4 เป็นการดำเนินการควบคุมและติดตามผล**

เมื่อได้มีการวางแผนอย่างรอบคอบแล้ว ก็มาถึงขั้นตอนการปฏิบัติ การควบคุมการปฏิบัติงานมี 2 วิธี คือ

1. ใช้พนักงานควบคุมการเปิดและปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า การควบคุมโดยใช้พนักงานนี้จะต้องให้แน่ใจว่ามีการปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง ไม่ใช่ทำอย่างเข้มงวดในระยะแรก พอนาน ๆ ไปก็ละเลยและลืมไปในที่สุด เพราะความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดจะคิดทุกช่วงเวลา 15 นาที ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้พลังไฟฟ้า ดังนั้นฝ่ายบริหารจะต้องมอบหมายให้บุคคลและคณะบุคคลควบคุมติดตามดูแลอย่างใกล้ชิด และมีการเสนอผลที่ได้รับเป็นระยะ ๆ

2. การใช้เครื่องควบคุมอัตโนมัติทำการตัดต่อโหลดการใช้เครื่องควบคุมนี้ง่ายต่อการปฏิบัติงาน แต่การลงทุนค่อนข้างสูง

**ศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่าย**

โดยปกติ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีสัดส่วนอยู่ประมาณ 30% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด ถ้าเราสามารถหาหนทางลดการใช้พลังงานลงโดยที่กิจกรรมการผลิตของโรงงานยังเหมือนเดิม ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายได้มาก ความจริงแล้วศักยภาพในการประหยัดพลังงานในโรงงานมีหลายอย่างด้วยกัน ถ้าอยากทราบว่ามีศักยภาพอะไรบ้าง จำเป็นต้องมีการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานเสียก่อน ในที่นี้จะนำเสนอศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเฉพาะการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เราได้ทราบมาแล้วว่าอัตราค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าค่อนข้างสูง เช่น ผู้ใช้อัตรา TOD ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง peak มีค่าถึง 285.05 บาท/กิโลวัตต์ นั่นคือ ถ้าเราลดการใช้ไฟฟ้าในช่วงเวลานี้ทุก ๆ กิโลวัตต์ จะประหยัดค่าไฟฟ้าได้ถึง 285.05 บาท การพิจารณาศักยภาพในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในส่วนของการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จะพิจารณาจากค่าตัวประกอบโหลด (load factor) ว่ามีค่าต่ำหรือสูง ถ้ามีค่าต่ำแสดงว่ามีศักยภาพในการประหยัด แต่ถ้ามีค่าสูงแล้วแสดงว่าได้มีการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดดีอยู่แล้วเพื่อให้เข้าใจยิ่งขึ้นจะยกตัวอย่างประกอบดังนี้

ตัวอย่าง โรงงานแห่งหนึ่งซื้อไฟฟ้าแรงดันสูง 24 kV จากการไฟฟ้าฯ โรงงานแห่งนี้ทำงานวันละ 24 ชั่วโมง จากบิลค่าไฟฟ้าในเดือนธันวาคม พบว่า มีค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 560 kW และจำนวนพลังงานไฟฟ้า 250,000 kWh จงหาศักยภาพในการประหยัดพลังงานของโรงงานนี้ ถ้ามีการใช้โครงสร้างอัตราค่าไฟแบบปกติ

$$\text{ตัวประกอบโหลด (Load Factor)} = \frac{\text{จำนวนกิโลวัตต์ชั่วโมงที่ใช้ทั้งหมดต่อเดือน}}{\text{กิโลวัตต์สูงสุด x จำนวนชั่วโมงในเดือนนั้น}} \times 100\%$$

$$\text{จากข้อมูลข้างต้น LF} = \frac{31{,}250{,}000 \times 100}{560 \times 24 \times 30} = 60\ \%$$

จากค่าตัวประกอบโหลดจะเห็นว่ามีค่าค่อนข้างต่ำกล่าวคือ เมื่อทำงาน 24 ชั่วโมง/วัน ค่าตัวประกอบโหลดควรมีค่าอย่างน้อย 80% ถ้าโรงงานแห่งนี้เพิ่มค่าตัวประกอบโหลดเป็น 80% ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดจะลดลงเหลือดังนี้

ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่เหลือ = $\frac{250{,}000 \times 100}{80 \times 24 \times 31}$ = 420 kW

ผลประหยัด = ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดที่ลดลง x อัตราค่า demand

= (560 – 420) x 196.26

= 27,476.40 บาท / เดือน

ตัวอย่าง โรงงานแห่งหนึ่งมีการใช้อัตราโครงสร้างค่าไฟแบบ TOD จากบิลค่าไฟฟ้าในเดือนมกราคมพบว่ามีค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วง peak, partial peak และ off peak เท่ากับ 2,500 kW, 2,550 kW และ 2,200 kW ตามลำดับ จะเสียค่าใช้จ่ายในส่วนความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดเท่าใด ถ้าสมมุติว่า สามารถลดให้เหลือ 2,250 kW, 2,600 kW และ 2,400 kW ตามลำดับ จะประหยัดได้เท่าใด

ค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด (บาท) = (P x 285.05) + (PP – P) x 58.88

(สำหรับ TOD) ถ้า (PP – P) < 0 ถือว่ามีค่าเป็น 0

ค่าใช้จ่าย (เดิม) = (2,500 x 285.05) + (2,550 – 2,500) x 58.88

= 715,569 บาท

ค่าใช้จ่าย (ใหม่) = (2,250 x 285.05) + (2,600 – 2,250) x 58.88

= 661,970.50 บาท

ประหยัด = 715,569 – 661,970.50

= 53,598.50 บาท/เดือน

(http://www.doe.eng.cmu.ac.th/~kasin/Courses/252282/TouTod.pdf, 2553)

## กำลังไฟฟ้ากับกฎของโอห์ม

กำลังไฟฟ้าเมื่อถูกนำมาใช้งานร่วมกับกฎของโอห์ม สามารถสรุปผลได้ดังนี้ กำลังไฟฟ้า (P) วัตต์ (W) คือ อัตราของงานที่ถูกกระทำในวงจรซึ่งเกิดกระแส (I) 1 แอมแปร์ (A) เมื่อแรงดัน (E) จ่ายให้วงจร 1 โวลต์ (V) กำลังไฟฟ้า หาได้จากผลคูณของแรงดัน มีหน่วยเป็นโวลต์ คูณด้วยกระแส มีหน่วยเป็นแอมแปร์ เขียนเป็นสมการออกมาได้ดังสมการ

เมื่อ P = กำลังไฟฟ้า หน่วยมาตรฐานวัตต์ (W)

E = แรงดัน หน่วยมาตรฐานโวลต์ (V)

I = กระแส หน่วยมาตรฐานแอมแปร์ (A)

กำลังไฟฟ้าจากสมการ นำมาเขียนในรูปของสมการวงกลมได้ในลักษณะเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 6

รูปที่ 6
สูตรกำลังไฟฟ้าในรูปวงกลม

ที่มา: http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric4/topweek7.htm, 2553

**การคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า**

**กำลังไฟฟ้า**

กำลังไฟฟ้า หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้า ใช้ในเวลา 1 วินาที เครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละชนิด เช่น หม้อหุงข้าว เตารีด หลอดไฟฟ้า พัดลม ฯลฯ จะมีตัวเลขกำกับไว้ที่เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เตารีดไฟฟ้า มีตัวเลขกำกับว่า 220 V 1000 W มีความหมายดังนี้ 220 V แสดงว่าเตารีดนี้ ใช้กับไฟฟ้าที่มีความต่างศักย์ 220 โวลต์ 1000 W แสดงว่าเตารีดนี้ ใช้กำลังไฟฟ้า 1000 วัตต์ ซึ่งหมายถึง เตารีดนี้จะใช้พลังงานไฟฟ้า 1000 จูล ในเวลา 1 วินาที

กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้า คำนวณได้จาก พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องใช้ไฟฟ้าใช้ไปในเวลา 1 วินาที

สูตร กำลังไฟฟ้า x เวลา = พลังงานไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าคำนวณได้จากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้า ถ้ามีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมาก แสดงว่า เครื่องใช้ไฟฟ้านั้นใช้พลังงานไฟฟ้ามาก แสดงว่าใช้กำลังไฟฟ้ามาก

สูตร $P = VI$

**พลังงานไฟฟ้า**

พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy) คือ พลังงานที่ใช้ไปหรือสร้างขึ้นมาใหม่จากกำลังไฟฟ้าที่ส่งเข้ามาหรือส่งออกไป โดยมีความสัมพันธ์กับเวลา มีหน่วยใช้แสดงพลังงานเป็นจุล (J) พลังงานไฟฟ้าใช้สัญลักษณ์ตัว "W" สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$W = Pt$$

เมื่อ W = พลังงานไฟฟ้า หน่วยจูล (J)

P = กำลังไฟฟ้า หน่วยวัตต์ (W)

t = เวลา หน่วยวินาที (s)

ไฟฟ้ากระแสสลับที่ถูกนำมาใช้งานในชีวิตประจำวัน เราต้องซื้อมาจากหน่วยงานที่ผลิตกระแสไฟฟ้าออกจำหน่ายเช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค และการไฟฟ้านครหลวง เป็นต้น

พลังงานไฟฟ้าเหล่านี้มิได้ถูกคิดออกมาเป็นจูล (J) แต่จะคิดออกมาเป็นกิโลวัตต์ - ชั่วโมง (Kilowatt-hours, kWh) ไม่ได้จัดเป็นหน่วย SI แต่มีความสัมพันธ์กับหน่วยระบบ SI โดยคิดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้เป็นกิโลวัตต์ (kW) คิดในเวลาเป็นชั่วโมง (h) เขียนสมการออกมาได้ดังนี้

$$W(kWh) = P(kW) \times t(h)$$

ตัวอย่าง เตารีดขนาด 1,000 วัตต์ ใช้รีดผ้าเป็นเวลา 4 ชั่วโมง จะใช้พลังงานไฟฟ้าไปเท่าไร

วิธีทำ สูตร $W = Pt$

เมื่อ $W = ?$

$P = 1{,}000\ W = 1Kw$

$t = 4\ h$

แทนค่า $W = 1{,}000\ W \times 4\ h = 4\ kWh$

เตารีดใช้พลังงานไฟฟ้าไป $= 4\ kWh$

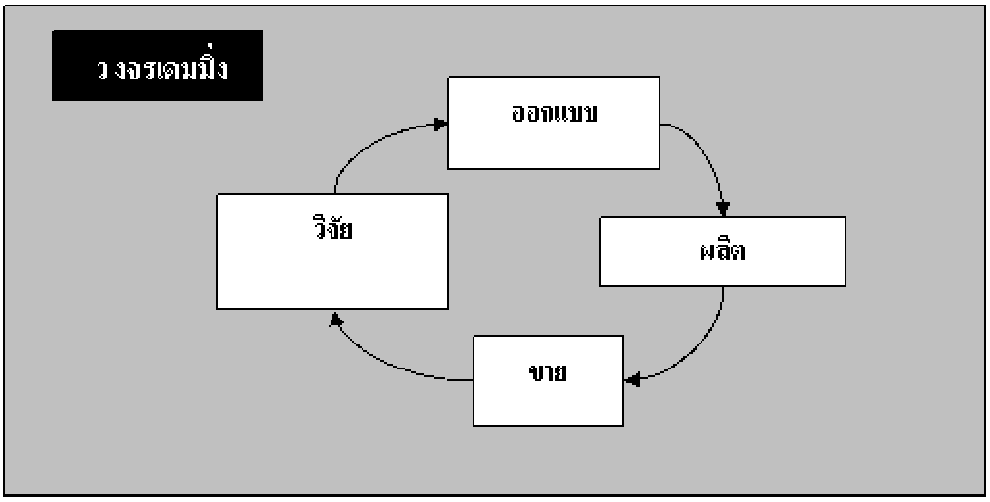
(http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric4/topweek7.htm, 2553)

**วงจรเดมมิ่ง** PDCA

วงจร PDCA ได้รับการพัฒนามาจากวงจรเดมมิ่ง ซึ่งเป็นแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างคุณภาพของสินค้า วงจรเดมมิ่งแสดงความสัมพันธ์ของการออกแบบ ผลิต จำหน่าย และการวิเคราะห์ตลาด เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ

รูปที่ 7

วงจรเดมมิ่งแสดงความสัมพันธ์การสร้างคุณภาพของสินค้า

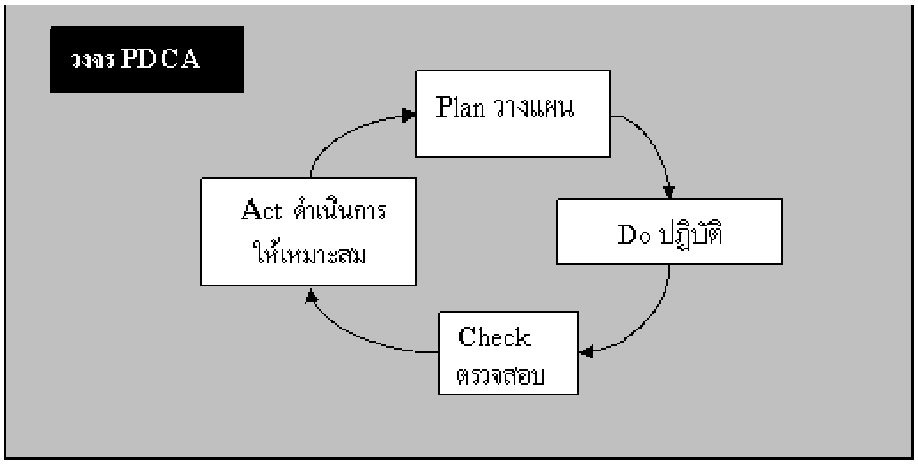



ที่มา: http://youth.ftpi.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=37&Itemid=42, 2553

เมื่อวงจรเดมมิ่งได้ถูกนำไปใช้และพัฒนาขึ้นเรื่อยๆ จนกลายเป็นวงจร PDCA ทำให้วงจร PDCA ดังกล่าวได้กลายมาเป็นหลักในการบริหารงานอย่างแพร่หลาย ทั้งระดับองค์กร ระดับแผนกและระดับพนักงาน

รูปที่ 8

วงจร PDCA




ที่มา: http://youth.ftpi.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=37&Itemid=42, 2553

**วงจร** PDCA

วงจร PDCA มาจากคำภาษาอังกฤษ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ซึ่งต้องปฏิบัติอย่างต่อเนื่องได้แก่

1. P-Plan วางแผน โดยการกำหนดวัตถุประสงค์ และตั้งเป้าหมาย กำหนดขั้นตอน วิธีการ และระยะเวลา จัดสรรทรัพยากรที่จำเป็นทั้งในด้านบุคคล เครื่องมืองบประมาณ

2. D-Do ปฏิบัติ โดยการทำความเข้าใจ และลงมือปฏิบัติตามแผน

3. C-Check ตรวจสอบ เพื่อติดตามความคืบหน้า และดูผลสำเร็จของงานเมื่อเทียบกับแผน

4. A-Act ดำเนินการให้เหมาะสมหากการปฏิบัติเป็นที่น่าพอใจก็จัดให้เป็นมาตรฐาน เพื่อเป็นแนวทางให้ปฏิบัติต่อไป หากการปฏิบัติมีข้อควรปรับปรุงให้กำหนดวิธีการปรับปรุงต่อไป

**ใน PDCA มี pdca**

หากเราทำกิจกรรมเพียงเรื่องเล็กๆ เช่น จัดกระเป๋านักเรียน ทำการบ้าน เดินทางไปโรงเรียน กิจกรรมแต่ละอย่าง เราก็ใช้เพียงแค่ PDCA ธรรมดา แต่บางครั้ง ขั้นตอนต่างๆ ก็ไม่สามารถแยก PDCA ออกจากกันได้เด็ดขาด หรือกรณีการรับผิดชอบงานในขอบเขตกว้าง ใช้ระยะเวลาการทำงานที่ยาวนาน เราจะพบว่า ใน PDCA ก็ยังต้องมี pdca อีก หรือเรียกง่ายๆ ว่า ใน PDCA ใหญ่ๆ ก็ต้องมี PDCA ย่อยๆ อีก เพื่อให้งานสำเร็จ

**การนำ PDCA ไปใช้**

**PDCA เพื่อป้องกัน**

1. วงจร PDCA ไปใช้ ทำให้ผู้ปฏิบัติมีการวางแผน การวางแผนที่ดีช่วยป้องกันปัญหาที่ไม่ควรเกิด ช่วยลดความสับสนในการทำงาน ลดการใช้ทรัพยากรมากหรือน้อยเกินความพอดี ลดความสูญเสียในรูปแบบต่างๆ

2. การทำงานที่มีการตรวจสอบเป็นระยะ ทำให้การปฏิบัติงานมีความรัดกุมขึ้น และแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็วก่อนจะลุกลาม

3. การตรวจสอบที่นำไปสู่การแก้ไขปรับปรุง ทำให้ปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วไม่เกิดซ้ำ หรือลดความรุนแรงของปัญหา ถือเป็นการนำความผิดพลาดมาใช้ให้เกิดประโยชน์

**PDCA เพื่อแก้ไขปัญหา**

1. ถ้าเราประสบสิ่งที่ไม่เหมาะสม ไม่สะอาด ไม่สะดวก ไม่มีประสิทธิภาพ ไม่ประหยัด เราควรแก้ปัญหา

2. การใช้ PDCA เพื่อการแก้ปัญหา ได้แก่ การทำ C-PDCA คือ ตรวจสอบก่อน ว่ามีอะไรบ้างที่เป็นปัญหา เมื่อหาปัญหาได้ ก็นำมาวางแผนเพื่อดำเนินการตามวงจร PDCA ต่อไป

**PDCA เพื่อปรับปรุง**

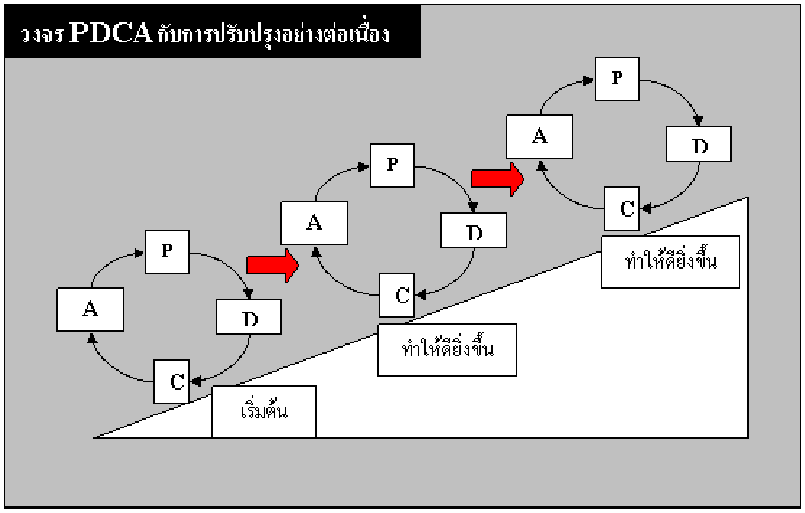
1. ทำวันนี้ให้ดีกว่าเมื่อวานนี้และพรุ่งนี้ต้องดีกว่าวันนี้

2. PDCA เพื่อการปรับปรุง คือไม่ต้องรอให้เกิดปัญหา แต่เราต้องเสาะแสวงหาสิ่งต่างๆ หรือวิธีการที่ดีกว่าเดิมอยู่เสมอ เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตและสังคม เมื่อเราคิดว่าจะปรับปรุงอะไร ก็ให้ใช้วงจร PDCA เป็นขั้นตอนในการปรับปรุง

## วงจร PDCA กับการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

รูปที่ 9

วงจร PDCA กับการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง




ที่มา:http://youth.ftpi.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=37&Itemid=42, 2553

PDCA เป็น “ วงจร ” แสดงว่า เมื่อวงจรเริ่มหมุน ก็ต้องหมุนให้ครบรอบ โดยหมุนไปข้างหน้า รักษาระดับไม่ให้ตกต่ำลง และพยายามหมุนไปในทิศทางที่สูงขึ้นเรื่อยๆ เพื่อความก้าวหน้า หากนำ PDCA ไปใช้ทั้ง 3 รูปแบบดังกล่าว ก็จะเกิดเป็นการพัฒนาอย่างไม่หยุดยั้ง ทั้งต่อตัวเอง สังคม และประเทศชาติ

### เทคนิคของ PDCA แต่ละขั้นตอน

**เทคนิคการวางแผน** การวางแผนที่ดี ควรตอบคำถามต่อไปนี้ได้ เช่น

- มีอะไรบ้างที่ต้องทำ
- ใครทำ
- มีอะไรต้องใช้บ้าง
- ระยะเวลาในการทำงานแต่ละขั้นตอนเป็นเท่าใด
- ลำดับการทำงานเป็นอย่างไร ควรทำอะไรก่อน อะไรหลัง
- เป้าหมายในการกระทำครั้งนี้คืออะไร

**เป้าหมายที่ดี ควรยึดหลัก** SMARTER

- S - specific ชัดเจน เจาะจง
- M - measurable วัดได้ ประเมินผลได้
- A - acceptable ผู้ปฏิบัติยอมรับและเต็มใจทำ
- R - realistic อยู่บนพื้นฐานความจริง ไม่เพ้อฝัน
- T - time frame มีกรอบระยะเวลา
- E - extending เป็นเป้าหมายที่ท้าทายความสามารถ ไม่ใช่ว่าเคยทำได้ 10 ก็ตั้งเป้าหมาย ไว้แค่ 8 หรือแค่ 10 แต่ควรตั้งไว้อย่างน้อยที่สุดก็ไม่ควรต่ำกว่า 11
- R - Rewarding คุ้มกับการปฏิบัติ หมายถึง เป้าหมายที่ทำไปแล้วเกิดประโยชน์คุ้มค่ากับการลงแรงลงเวลาและทรัพยากร

**เทคนิคขั้นตอนการปฏิบัติ**

- ทำให้ถูกต้องตั้งแต่แรก จะได้ไม่ต้องแก้ไขหรือรับผลเสียจากการผิดพลาด
- ตรวจสอบทุกขั้นตอน หากพบข้อบกพร่อง ให้รีบแก้ไขก่อนที่ความเสียหาย จะขยายเป็นวงกว้าง

**เทคนิคขั้นตอนตรวจสอบ**

- ตรวจสอบวิธีการและระยะเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติจริง ว่าทำได้ตามแผนหรือไม่
- ตรวจสอบผล ที่ได้ว่าได้ตามเป้าหมายหรือไม่

**เทคนิคขั้นตอนการดำเนินการให้เหมาะสม**

- หลังจากตรวจสอบแล้ว ถ้าเราทำได้ตามเป้าหมาย ให้รักษาความดีนี้ไว้
- หากตรวจสอบแล้ว พบว่ามีข้อผิดพลาดไม่ว่าในขั้นตอนใดๆ ก็ตาม ให้หาสาเหตุและแก้ไขสาเหตุ
- หาทางปรับปรุง เพื่อให้การปฏิบัติครั้งต่อไปดีขึ้นกว่าเดิม

(http://youth.ftpi.or.th/index.php?option=com_content&task=view&id=37&Itemid=42, 2553)

## เครื่องมือในการประเมินโครงการ

ตามที่กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้ใช้เครื่องมือประเมินโครงการ เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ค่าผลตอบแทนทางการเงิน และทางเศรษฐศาสตร์ของการลงทุนตามการจัดทำเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงาน ของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม ที่จะขอรับการสนับสนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 โดยใช้เครื่องมือดังนี้

### 1. **มูลค่าปัจจุบันสุทธิ** (Net Present Value: NPV)

คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลการประหยัดต้นทุน พลังงาน จากมาตรการในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี ตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไป ภายใต้โครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราลดค่า (discount rate) หรือค่าของทุน (cost of capital) ที่กำหนดจากคำนิยามข้างต้น การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ จะต้องทราบข้อมูลดังนี้

กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ

กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ

ระยะเวลาของโครงการ

อัตราลดค่าหรือค่าของทุนของธุรกิจ

จากสูตรในที่นี้

N = อายุของโครงการ (ปี)

ESt = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (energy cost savings) รายปีตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

Io = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (total investment)

I = อัตราลดค่า (discount rate)

ค่าของทุนที่ใช้เป็นอัตราลดค่า (discount rate) จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุโครงการ และขึ้นอยู่กับ อัตราดอกเบี้ยของตลาดที่ผู้ลงทุนเผชิญอยู่ ซึ่งค่าที่เป็น base case อย่างน้อยควรมีค่าของทุนเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำที่ผู้ลงทุนได้รับ

ในการเลือกโครงการ ค่า NPV จะแสดงให้เห็นว่าโครงการที่กำลังพิจารณา มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ของการลงทุนเป็น มูลค่า เท่าไรเมื่อสิ้นสุดโครงการ ถ้าค่า NPV มีค่าเป็นบวกแสดงว่า

โครงการดังกล่าว สมควรที่จะลงทุน และเลือกโครงการที่ให้ค่า NPV เป็นบวกสูงที่สุด แต่การใช้ NPV เพียงอย่างเดียวอาจทำให้มีข้อจำกัดในการตัดสินใจ เลือกโครงการได้ ในกรณีที่โครงการมีขนาดต่างกัน แต่ให้ค่า NPV ที่เป็นบวกเท่ากัน ดังนั้น การตัดสินใจให้การสนับสนุน ควรจะต้องนำเครื่องมืออื่นมาประกอบการพิจารณาควบคู่ไปกับการใช้ค่า NPV

**2. อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)**

หมายถึง อัตราลดค่า (discount rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะต้องจ่ายในการลงทุน เท่ากับมูลค่าปัจจุบัน ของกระแสเงินสดที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินการ ประหยัดพลังงาน ตลอดอายุโครงการ จากคำนิยามข้างต้น การคำนวณหาอัตราผลตอบแทนลดค่า จะต้องทราบข้อมูลดังนี้

กระแสเงินสดจ่ายลงทุนสุทธิ

กระแสเงินสดรับสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ

ระยะเวลาของโครงการ

จากสูตรภายใต้ข้อสมมติว่าไม่มีมูลค่าซากและเงินลงทุนสุทธิเท่ากับต้นทุนทางบัญชี

จากสูตร ในที่นี้ N = อายุของโครงการ (ปี)

ESt = ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ (energy cost savings) รายปีตั้งแต่ปลายปีที่ 1 ถึง n

Io = เงินจ่ายลงทุนตอนเริ่มโครงการ (total investment)

IRR = อัตราผลตอบแทนภายใน (internal rate of return)

การคำนวณหาค่า IRR ก็คือการหาค่า discount rate ที่ทำให้ NPV มีค่าเท่ากับศูนย์นั่นเอง ถ้าค่า IRR มากกว่า หรือเท่ากับค่าของทุน discount rate (i) ที่ผู้ลงทุนเลือกใช้เป็นจุดตัดสินใจ ก็ถือได้ว่า โครงการดังกล่าว เป็นโครงการที่น่าลงทุน โดยทั่วไปแล้ว ทั้งวิธีในการประเมินโครงการจากค่า IRR และ NPV จะให้ผลการตัดสินใจรับโครงการ หรือปฏิเสธโครงการ เป็นไปในทำนองเดียวกัน แต่ในบางกรณี ที่ใช้ข้อสมมติ เช่น การนำเงินที่ได้ในแต่ละปี ไปลงทุนใหม่ (reinvestment) หรือการใช้วิธีหักค่าเสื่อมราคา แบบ Double-declining Balance Method แทนแบบ Straight LineMethod ก็อาจทำให้คำตอบที่ได้จากทั้ง 2 วิธีขัดแย้งกันได้ ดังนั้น การพิจารณาประเมินโครงการลงทุนจากทั้ง 2 วิธีจึงต้องคำนึงถึงข้อสมมติที่ใช้ในการคำนวณด้วยเช่นกัน

**3. งวดเวลาคืนทุน** (Payback Period: PB)

คือ ระยะเวลา (เป็นจำนวนปี /เดือน หรือวัน) ที่กระแสเงินสดรับจากโครงการสามารถชดเชย กระแสเงินสดจ่าย ลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี เนื่องจากโครงการที่ขอรับการสนับสนุน จะมีลักษณะการลงทุนเพียงครั้งเดียว ในปีแรก และให้ผลตอบแทนที่เท่ากันทุกปี การหาค่า PB สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

ก. Static method

ข. Dynamic method

ค่า PB ที่ได้จากทั้ง 2 วิธี จะมีความแตกต่างกัน โดยค่าจาก Static method จะให้งวดเวลาคืนทุน เร็วกว่า Dynamic method เนื่องจาก Dynamic method จะใช้การคำนวณค่าแบบสะสมจากมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ ซึ่งคิดอัตราลดค่า (discount rate) ในการเลือกโครงการ ค่า PB จะแสดงให้เห็นว่าต้องใช้เวลานานเพียงใดในการได้ทุนคืน ถ้าสามารถได้ทุนคืนเร็ว โครงการก็จะน่าสนใจ วิธีดังกล่าว จะมีข้อเสียในการเลือกโครงการ คือ วิธีนี้จะไม่ให้ความสนใจถึงเงินเข้าสุทธิในส่วนที่ได้หลังจากช่วงเวลาคืนทุนแล้ว ซึ่งอาจจะมีผลตอบแทนภายหลังมากกว่าโครงการที่มี PB เร็วก็ได้ แต่ PB สำหรับการประเมินโครงการ ของกองทุน สามารถนำมาใช้พิจารณาได้เนื่องจาก ลักษณะโครงการที่ขอการสนับสนุน จะให้ผลการประหยัดพลังงาน ที่เท่ากันตลอดอายุ ของโครงการ (http://www2.dede.go.th/webpage/tools.htm#Internal Rate Return: IRR, 2554)

**อัตราผลตอบแทนจากโครงการ** (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการมีค่าเท่ากับเงินสดจ่ายสุทธิลงทุนเริ่มแรก หลักเกณฑ์ กิจการจะตอบรับโครงการลงทุน ถ้าอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) มีค่ามากกว่าอัตราผลตอบแทนที่ต้องการ (r) นั่นคือ ตอบรับโครงการลงทุนเมื่อ IRR > r

วิธี IRR ใช้หลักเกณฑ์การเปรียบเทียบมูลค่าของเงิน 2 ประเภท คือ มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิตลอดอายุโครงการกับเงินสดจ่ายสุทธิลงทุนเริ่มแรก ณ จุดเวลาเดียวกันกำหนดให้

C0 เป็นเงินสดจ่ายสุทธิ งวดที่ 0 หรือเงินสดจ่ายสุทธิลงทุนเริ่มแรก

R1 , R2 , R3 , … .,Rn เป็นเงินสดรับสุทธิ ในงวดที่ 1,2,3, … , n ตามลำดับ

P1 , P2 , P3,…, Pnเป็นมูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิ R1 , R2 , R3 ,...., Rn ตามลำดับ

เนื่องจากการหามูลค่าปัจจุบันของเงินจำนวนหนึ่งในอนาคต ก็คือ การหาค่าของเงินจำนวนนั้นในอนาคตย้อนกลับมายังจุด ณ เวลาปัจจุบันซึ่งเปรียบเสมือนกับการหาเงินต้น P เมื่อทราบเงินรวม S ในการคำนวณเรื่องเงินรวม เงินต้นและดอกเบี้ย ดังนั้น การหามูลค่าปัจจุบันของเงินในอนาคตซึ่งคิดผลตอบแทนแบบทบต้น จึงสามารถคำนวณได้โดยสูตร P = S (I+i)-n โดยที่ i คืออัตราผลตอบแทนทบต้นต่องวด ซึ่งใช้เป็นอัตราคิดลด (discount rate) ค่าของเงิน และ n เป็นจำนวนงวด ดังนั้น มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิ R1 ซึ่งมีอัตราคิดลดเท่ากับ i จึงคำนวณได้จาก P 1 = R 1 (I+i) -1 และเนื่องจากอัตราคิดลด i คืออัตราผลตอบแทนจากโครงการ ( IRR ) ดังนั้น จากแผนภาพ จะได้

C0 = P1 + P2 + P3 + … + Pn

หรือ C0 = R1 (1 + IRR) -1 + R2 (1 + IRR) -2 + R3 (1 + IRR) -3 + … +

Rn (1 + IRR) -n

**การคำนวณ IRR ทำได้ 2 แบบ**

**แบบที่ 1** เงินสดรับสุทธิในแต่ละงวดมีค่าเท่ากัน วิธีทำ ต้องสมมุติค่าอัตราผลตอบแทน ( i ) แล้วนำไปหาค่า IRR โดยการประมาณให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิตลอดโครงการมีค่าใกล้เคียงกับเงินสดจ่ายสุทธิลงทุนเริ่มแรกให้มากที่สุด โดยใช้ตาราง PVIFA เช่น โครงการลงทุนเปลี่ยนเครื่องจักรใหม่ของบริษัทต้องใช้เงินลงทุนเริ่มแรก 123,500 บาท และคาดว่าจะได้รับเงินสดสุทธิปีละ 45,000 บาท เป็นเวลา 5 ปี ตลอดอายุโครงการ คำนวณอัตราผลตอบแทนจากโครงการ (IRR) ได้ดังนี้

จาก $Co = R_1 (1+ IRR)^{-1} + R_2 (1+ IRR)^{-2} + R_3 (1+ IRR)^{-3} + \dots R_n (1+ IRR)^{-n}$

แทนค่า $123,500 = 45,000 (1+ IRR)^{-1} + 45,000 (1+ IRR)^{-2} + 45,000$

$(1+ IRR)^{-3} + 45,000 (1+ IRR)^{-4} + 45,000 (1+ IRR)^{-5}$

$123,500 = 45,000 [(1+IRR)^{-1} + (1+IRR)^{-2} + \dots + (1+IRR)^{-5}]$

สมมุติให้ i = 24%

123,500 = 45,000 [(*PVIFA* 24% 5]

123,500 = 45,000 (*2.7454)*

123,500 = 123,542

จะได้ IRR = 24% โดยประมาณ

นั่นคือ อัตราผลตอบแทนจากโครงการนี้เท่ากับ 24% โดยประมาณ

ถ้าบริษัทการกิจจำกัด ต้องการอัตราผลตอบแทน 20 เปอร์เซนต์ดังนั้น บริษัทสมควรตอบรับโครงการลงทุนนี้ เพราะ IRR > r

หมายเหตุ 1. PVIFA: Present Value Interest Factor of an Annuity

2. PVIF: Present Value Interest Factor

3. [ PVIFA 24%, 5 ] คือ มูลค่าปัจจุบันของเงินรายงวดที่เท่ากัน จำนวน 1 บาท ใช้อัตราคิดลดแบบทบต้น 24% จำนวน 5 งวด

4. [ PVIF 18%, 2 ] คือ มูลค่าปัจจุบันของเงินจำนวน 1 บาทใช้อัตราคิดลดแบบ ทบต้น 18 เปอร์เซนต์ จำนวน 2 งวด

**แบบที่ 2** เงินสดรับสุทธิในแต่ละงวดมีค่าไม่เท่ากัน กรณีนี้ ต้องสมมุติค่าอัตราผลตอบแทน (i) แล้วนำไปหาค่า IRR โดยการประมาณให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดรับสุทธิตลอดโครงการมีค่าใกล้เคียงกับเงินสดจ่ายสุทธิลงทุนเริ่มแรกให้มากที่สุด โดยใช้ตาราง PVIF เช่น โครงการหนึ่งต้องใช้เงินลงทุนเริ่มแรก 180,000 บาท ซึ่งจะทำให้ได้เงินสดรับ I สุทธิในปีที่ 1, 2 และ 3 เป็น 100,000 บาท 80,000 บาท และ 60,000 บาท ตามลำดับ จงวิเคราะห์ค่าของโครงการลงทุนนี้ ด้วยวิธี IRR ถ้าอัตราผลตอบแทนที่ต้องการ (r) เป็น 15 เปอร์เซนต์

จาก $Co = R_1 (1+ IRR)^{-1} + R_2 (1+ IRR)^{-2} + R_3 (1+ IRR)^{-3} + \dots R_n (1+ IRR)^{-n}$

แทนค่า $180,000 = 100,000 (1+ IRR)^{-1} + 80,000 (1+ IRR)^{-2} + 60,000 (1+ IRR)^{-3}$

สมมุติให้ i = 17%

180,000 = 100,000 (PVIF 17% 1) + 80,000 (PVIF 17% 2) + 60,000 (PVIF 17% 3)

180,000 = 181,373 (ซึ่งมากกว่า 180,000 บาท อยู่ 1,373 บาท)

สมมุติให้ i = 18%

180,000 = 100,000 (PVIF 18% 1) + 80,000 (PVIF 18% 2) + 60,000 (PVIF 18% 3)

180,000 = 178718.20 (ซึ่งน้อยกว่า 180,000 บาท อยู่ 1,1281.80 บาท)

ดังนั้นจะได้ IRR = 18% โดยประมาณ

นั่นคืออัตราผลตอบแทนจากโครงการนี้เท่ากับ 18 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณ ถ้าบริษัทจำกัด ต้องการอัตราผลตอบแทน 15 เปอร์เซนต์ ดังนั้นบริษัทสมควรตอบรับโครงการลงทุนนี้เพราะ IRR > r

(cdn.learners.in.th/assets/media/files/000/104/410/original_IRR.doc?..., 2554)