

บทที่ 2

การตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า (Electrical energy audit)

ความสำคัญของเนื้อหาวิชา (Overview)

ขั้นตอนและวิธีการตรวจวัดวิเคราะห์การใช้พลังงานต้องเป็นไปตามกฎกระทรวง เพื่อให้รายงานที่ได้จากการตรวจวัดและวิเคราะห์มีความถูกต้องตามพระราชบัญญัติโรงงานและอาคารควบคุม ซึ่งขั้นตอนและวิธีการตรวจวัดนั้นต้องเริ่มจากการรู้จักเครื่องมือวัดและวิธีการใช้งานเครื่องมือวัด รวมไปถึงวิธีหรือ ขั้นตอนในการวัดและการอ่านค่าที่ถูกต้อง แล้วนำค่าที่ได้มารวบรวมและวิเคราะห์ผล แล้วจึงกำหนดมาตรการการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสม จึงจัดทำรายงานได้อย่างถูกต้อง

วัตถุประสงค์ (Objective)

- อธิบายวิธีการและขั้นตอนการตรวจวัดวิเคราะห์การใช้พลังงานตามกฎกระทรวง
- อธิบายวิธีการใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- อธิบายวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล
- อธิบายการวิเคราะห์ข้อมูล
- อธิบายการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน
- อธิบายวิธีการจัดทำรายงาน

บทนำ (Introduction)

เนื้อหาในบทนี้เป็นการแนะนำให้รู้จักเครื่องมือวัดทางไฟฟ้า ขั้นตอนและวิธีการวัดที่ถูกต้องรวมถึงการวัดระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่างๆ ด้วย เพื่อให้ได้ผลการวัดที่จะนำไปวิเคราะห์ มาตรการการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมต่อไป และวิธีการเขียนรายงานการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานให้ถูกต้องตามกฎกระทรวง

2.1 วิธีและขั้นตอนการตรวจวัด และวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าตามกฎหมาย (Procedure of electrical energy audit according to Ministerial order)

กฎกระทรวงที่เกี่ยวกับวิธีและขั้นตอนการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า มีดังนี้

1) ดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น และจัดทำรายงานส่งให้กับ พ.ท. ทุก 3 ปี นับแต่วันที่กฎกระทรวงมีผลใช้บังคับในกรณีที่เป็นอาคารควบคุมหรือโรงงานควบคุม ก่อนวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุมหรือโรงงานควบคุมมีผลใช้บังคับให้ดำเนินการและจัดส่งรายงานครั้งแรก ภายใน 6 เดือนนับแต่วันที่กฎกระทรวงมีผลใช้บังคับ

2) ดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด และจัดทำรายงานส่งให้กับ พ.ท. ทุก 3 ปี โดยครั้งแรกให้ดำเนินการและจัดส่งภายใน 6 เดือน หลังจากการจัดส่งรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น

3) กำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานและจัดทำรายงาน ส่งให้กับ พ.ท. ทุก 3 ปี โดยครั้งแรกให้จัดส่งภายใน 6 เดือนหลังจากการจัดส่งรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด

ผลที่ได้จากการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน เบื้องต้น

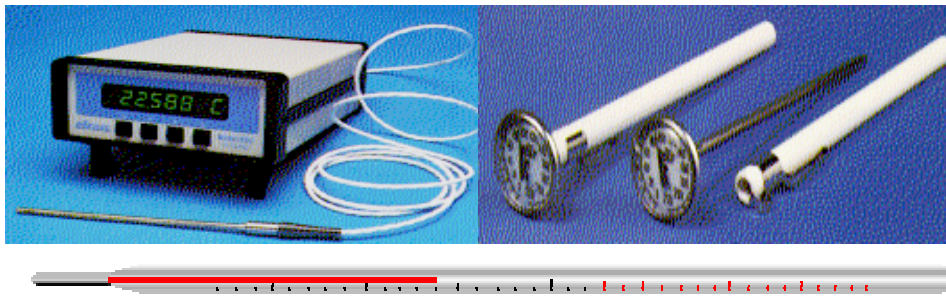
- ทำให้ทราบถึงปริมาณการใช้พลังงานและบริเวณ
- หรืออุปกรณ์ที่มีการสูญเสียพลังงาน
- กำหนดหลักเกณฑ์สำหรับการวางแผนอนุรักษ์พลังงาน
- ทำให้เห็นโครงการที่มีความคุ้มค่าในการลงทุน
- เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งาน
- ทำให้ทราบศักยภาพการประหยัดพลังงานโดยประมาณ
- พร้อมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ
- ทำให้เห็นความต้องการการฝึกอบรมสำหรับเจ้าหน้าที่ด้านการจัดการด้านพลังงาน
- ใช้เป็นพื้นฐานในการจัดทำงบประมาณเบื้องต้น
- ทำให้เห็นสิ่งที่ขาดไปในระบบการตรวจวัดการใช้พลังงาน
- ทำให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงหรือ พลังงานชนิดอื่นๆ
- ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของการบริหารการอนุรักษ์พลังงาน
- ทำให้ทราบถึงการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต

2.2 เครื่องมือวัดการใช้พลังงานตามกฎหมาย

การพัฒนาทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ทำให้เครื่องมือวัดและเครื่องมือควบคุมการใช้พลังงาน ใช้ได้ง่าย เชื่อถือได้ และมีความเที่ยงตรง ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ปริมาณออกซิเจนในก๊าซจากการเผาไหม้ สามารถวัดได้จากการใช้เครื่องมือชนิดที่ใช้สารเคมีดูดซึม หรืออาจจะใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่เป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยส่วนใหญ่เครื่องมือแบบอิเล็กทรอนิกส์มักมีราคาแพงกว่าแบบใช้สารเคมี แต่เครื่องมือแบบอิเล็กทรอนิกส์ใช้ง่าย และค่าที่วัดได้ถูกต้องมากกว่า ดังนั้นการเลือกเครื่องมือวัดควรเลือกให้เหมาะสมกับค่าใช้จ่าย ต่อไปนี้เป็นการอธิบายถึงเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการตรวจสอบการใช้พลังงาน

- **เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)**

เทอร์โมมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับทุก ๆ ระดับของการตรวจสอบการใช้พลังงาน ในขณะที่เดียวกันประเภทของเทอร์โมมิเตอร์ก็มีหลายชนิดเหมาะสมกับงานต่าง ๆ กัน



รูปที่ 2.1 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) ประเภทต่าง ๆ กัน

- **เครื่องวัดอุณหภูมิผิว (Surface Pyrometer)**

เครื่องวัดอุณหภูมิผิว หรือ Surface Pyrometer นี้เป็นเครื่องมือวัดที่มีหัววัดที่สามารถแนบสนิทกับพื้นผิวได้ เพื่อใช้ในการวัดค่าความร้อนสูญเสียจากผนังได้ และใช้ทดสอบการทำงานของสตีมแทรป อาจจะแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ ใช้สำหรับวัดค่าอุณหภูมิต่ำ (ได้ถึง 250°F) และสำหรับอุณหภูมิสูง (ได้ถึง 600-700°F)



รูปที่ 2.2 เครื่องวัดอุณหภูมิผิว (Surface Pyrometer) และหัววัดประเภทต่าง ๆ กัน

- เครื่องวัดความชื้น (Psychrometer)

Psychrometer หรือเครื่องวัดความชื้น เป็นเครื่องมือใช้วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยอาศัยหลักการความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกระเปาะแห้งกับกระเปาะเปียก

ความชื้นสัมพัทธ์นี้เป็นตัวหลักสำคัญในระบบ HVAC เครื่องมือนี้สามารถใช้ร่วมกับเครื่องบันทึกเพื่อบันทึกค่าต่อเนื่องหรือในช่วงเวลาได้ ส่วนความชื้นที่มีอุณหภูมิมากกว่า 200°F ต้องใช้เครื่องมือวัดชนิดพิเศษ



รูปที่ 2.3 เครื่องวัดความชื้น (Psychrometer) ประเภทต่าง ๆ กัน

- เครื่องวัดกระแส (Ammeter)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า กระแสอาจจะเป็นกระแสตรงหรือกระแสสลับ เครื่องวัดกระแสที่ใช้กับงานตรวจสอบการใช้พลังงานควรจะเป็นแบบเคลื่อนย้ายได้และออกแบบมาเพื่อให้ใช้ได้ง่ายและถอดง่ายโดยวัดแบบเฟสเดียว



รูปที่ 2.4 เครื่องวัดกระแส (Ammeter)

- **เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter)**

เครื่องวัดชนิดนี้ เป็นเครื่องมือวัดความต่างศักย์ของไฟฟ้าระหว่างจุด 2 จุดในวงจรไฟฟ้า ความต่างศักย์นี้ใช้หน่วยเป็น โวลต์ (V) แรงดันไฟฟ้าเป็นค่าหนึ่งที่ต้องวัดในการคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2.5 เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า (Voltmeter)

- **เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Wattmeter)**

เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าชนิดเคลื่อนย้ายได้เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่น่าสนใจและสำคัญมาก เพราะเป็นเครื่องมือที่วัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง ส่วนวิธีอื่นต้องมีการวัดค่ากระแสแรงเคลื่อนและนำมาคำนวณ ในกรณีที่เป็นกระแสสลับ 3 เฟส การวัดวิธีนี้ทำให้การคำนวณการใช้ไฟฟ้าง่ายขึ้น



รูปที่ 2.6 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Wattmeter)

- **เครื่องวัดตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor Meter)**

เครื่องวัดตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแบบเคลื่อนย้ายได้ ชนิด 3 เฟส การวัดจะใช้ Probe ของเครื่องวัดหนีบกับขั้วตัวนำไฟฟ้าหรือขั้วของอุปกรณ์ที่ต้องการวัดค่า โดยแยกแต่ละเฟส และใช้ Snap-on Jaw คล้องกับตัวนำไฟฟ้าแต่ละเฟส การต่อลักษณะนี้เช่นเดียวกับวัดคีมเตอร์ วิธีนี้ก็สามารถอ่านค่าเป็นตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้เลย



รูปที่ 2.7 เครื่องวัดตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor Meter)

- **เครื่องมือทดสอบการเผาไหม้ (Combustion Tester)**

เครื่องมือทดสอบการเผาไหม้ ประกอบด้วย การหาค่าความเข้มข้นของก๊าซจากการเผาไหม้ที่ปล่อยก๊าซ โดยปกติแล้วจะพิจารณาเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และออกซิเจน (O_2) ใช้ในการทดสอบหาอากาศส่วนเกินที่ใช้ในการเผาไหม้



รูปที่ 2.8 เครื่องมือทดสอบการเผาไหม้ (Combustion Tester)

- **เครื่องมือวัดความดันก๊าซ (Draft Gauge)**

เครื่องมือวัดชนิดนี้เป็นการวัดความดันของก๊าซในเตา หน่วยที่ใช้ อาจจะเป็นความดันหรือความสูงของน้ำ การตั้ง Draft ให้เหมาะสมทำให้หัวเผาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขนาดของ Draft แสดงถึงอัตราการรั่วไหลของก๊าซจากการเผาไหม้ที่ออกจากเตา และเป็นการควบคุมปริมาณการไหลของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้อีกด้วย



รูปที่ 2.9 เครื่องมือวัดความดันก๊าซ (Draft Gauge)

- **เครื่องมือวัดระดับแสงสว่าง (Lux Meter)**

เครื่องมือวัดระดับแสงสว่างเป็นเครื่องมือวัดการส่องสว่างของแสงมีหน่วยเป็นแรงเทียนหรือลักซ์ การวัดอาศัยเซลล์ที่ไวต่อแสง ปกติแล้วเครื่องมือแบบนี้จะเคลื่อนย้ายหรือพกติดตัวได้ เหมาะกับการใช้วัดความสว่างได้ตามจุดต่าง ๆ

ระดับของแสงที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบการใช้พลังงาน จะอยู่ในช่วงที่ต่ำกว่า 1,000 แรงเทียน ซึ่งในระดับนี้เครื่องมือมีขายทั่วไป



รูปที่ 2.10 เครื่องมือวัดระดับแสงสว่าง (Lux Meter)

- **เครื่องมือทดสอบควัน (Smoke Tester)**

เครื่องมือทดสอบควันเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความหนาแน่นของควันในก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เครื่องมือทดสอบควันประกอบด้วย Pump ในการวัดแต่ละครั้งจะนำควันจากปล่องไอเสียจำนวนหนึ่งมาผ่านกระดาษกรอง สีของควันที่ปรากฏขึ้นบนกระดาษกรองนำไปเทียบกับสีมาตรฐานจะได้ค่าความหนาแน่นของควันในปล่อง

หากการทดสอบแสดงว่าควันดำเกินกว่าสีมาตรฐานที่กำหนดไว้มากเกินไปควรจะได้หาสาเหตุว่าเกิดมาจากอะไรและหาทางแก้ไขต่อไป



รูปที่ 2.11 เครื่องมือทดสอบควัน (Smoke Tester)

- **เครื่องมือวัดความเร็วอากาศ (Air Velocity Meter)**

เครื่องมือชนิดนี้เป็นเครื่องมือที่อาศัยหลักการการหมุนของใบพัดหมุน ใช้กันในงานสนามและเป็นชนิดเคลื่อนย้ายได้ มีช่วงการวัดกว้าง ให้การวัดค่าได้ทันที ใช้ได้ทั้งวัดความเร็วอากาศแวดล้อมและอากาศที่มีการควบคุมอุณหภูมิ สามารถวัดได้ถึง 10,000 ฟุต/นาที

Hot Wire Anemometer เป็นเครื่องมือวัดความเร็วอากาศแบบหนึ่งที่ใช้กันมาก การวัดอาศัยหลักการของความต้านทานของขดลวดร้อนที่ทำให้เย็นด้วยกระแสของอากาศ



รูปที่ 2.12 เครื่องมือวัดความเร็วอากาศ (Air Velocity Meter) และ Hot Wire Anemometer

2.2.1 การใช้มิเตอร์วัดไฟฟ้าที่ถูกต้อง

1) ตรวจสอบย่านการตรวจวัด กระแส/แรงดัน ให้ถูกต้อง เช่น กรณีต้องการตรวจวัดค่ากระแสสลับ 43 แอมป์ ก็ควรปรับตั้งย่านการตรวจวัดให้อยู่ในช่วง 0-100 แอมป์ เพื่อให้ได้ค่าที่ต้องการ (โดยทั่วไปสำหรับเครื่องมือวัดแบบอนาล็อก ควรปรับตั้งย่านการตรวจวัดให้ค่าที่ต้องการวัดอยู่ในช่วง 40-60% ของค่าสูงสุดของย่านการตรวจวัด)

2) ตรวจสอบตัวแปรอื่น เช่น การเปลี่ยนแปลงของภาระหรือความเร็วรอบจะมีผลต่อค่าที่ได้จากการตรวจวัด นอกจากการเลือกย่านการตรวจวัดให้สอดคล้องกับค่าพิกัดที่ต้องการตรวจวัดแล้ว ในระหว่างการวัดจะต้องคำนึงถึง การเปลี่ยนแปลงของภาระของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งจะทำให้ค่าที่ต้องการตรวจวัดแตกต่างไปจากค่าพิกัด รวมถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างกะทันหันของภาระของอุปกรณ์ต่างๆ อาจทำให้จำเป็นต้องเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติในการบันทึกค่าเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงได้อย่างถูกต้อง

3) ตรวจสอบว่าอุปกรณ์มีการบำรุงรักษาอย่างถูกต้องสม่ำเสมอ

ข้อแนะนำในการปฏิบัติ

มีข้อแนะนำหลายประการที่ควรปฏิบัติเพื่อให้ได้การตรวจวัดที่ถูกต้องและใช้ประโยชน์ได้

1) สำหรับมิเตอร์ที่ต้องมีการอ่านตัวเลขอย่างสม่ำเสมอและมีค่าหน่วยเพิ่มขึ้นตามเวลา เช่น มิเตอร์วัดการใช้พลังงานให้ตรวจสอบการอ่านค่าตัวเลขครั้งสุดท้าย เพื่อให้แน่ใจว่าค่าตัวเลขครั้งต่อไปมีค่ามากขึ้น

2) การอ่านค่ามิเตอร์ต้องทำที่เวลาเดียวกันทุกวัน (สัปดาห์)

3) ถ้าเป็นไปได้ต้องแน่ใจว่าพนักงานแต่ละคนอ่านค่ามิเตอร์จากมิเตอร์จริงๆ

4) สำหรับมิเตอร์ซึ่งมีการตรวจวัดเฉพาะ ควรวัดหลายๆ ค่าในช่วงเวลาสั้นๆ และเฉลี่ยค่าที่อ่านได้

5) จะต้องทำการตรวจวัดอย่างละเอียดสำหรับอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานตั้งแต่ 20 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือใช้พลังงานความร้อนเทียบเท่าเฉลี่ยตั้งแต่ 175 กิโลวัตต์ขึ้นไป และให้ใช้การสังเกตจากภายนอกสำหรับอุปกรณ์ที่มีพิสัยการใช้พลังงานหรือความร้อนที่น้อยกว่านี้

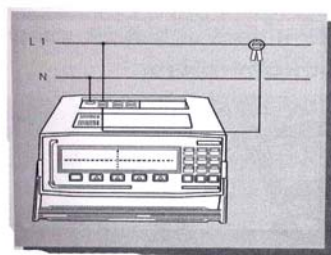
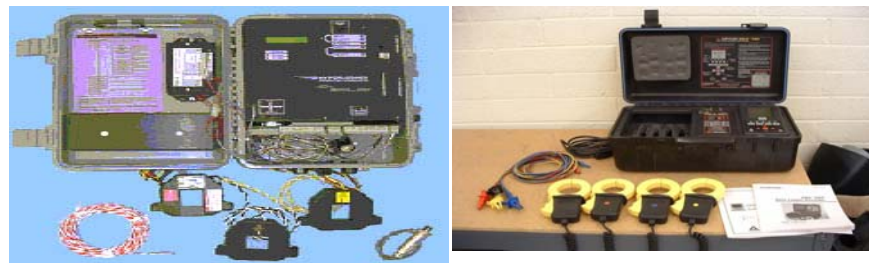
2.2.2 การเลือกเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่เหมาะสม

เนื่องจากเครื่องมือวัดไฟฟ้ามีหลายขนาดและมีวิธีใช้ที่แตกต่างกันและใช้ในการตรวจวัดตัวแปรหลายประเภท ดังนั้นจึงเป็นการยากและมีค่าใช้จ่ายสูงที่จะเลือกเครื่องมือที่ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม มีกฎเบื้องต้นสำหรับการปฏิบัติเพื่อให้ได้ผลการตรวจวัดที่ถูกต้อง ดังนี้

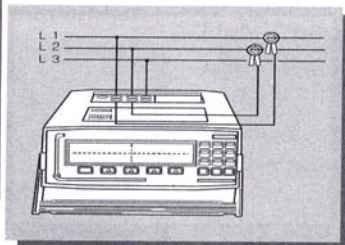
- 1) ควรติดตั้งมิเตอร์วัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับการตรวจวัดที่มีตำแหน่งตายตัวและต้องการการวัดอย่างสม่ำเสมอ
- 2) เครื่องมือแบบคล่องตัวจะมีความเหมาะสมและมีความสะดวกสำหรับการวัดที่มีความถี่ไม่บ่อยนัก
- 3) ควรใช้มิเตอร์ที่สามารถวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้ในกรณีที่จะต้องมีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

ในกรณีที่ไม่สามารถซื้อหรือไม่คุ้มค่าที่จะติดตั้งมิเตอร์ย่อย อาจใช้เครื่องวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าเพียงเครื่องเดียว ในการตรวจวัดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อหาปริมาณพลังงานที่ใช้แทนได้ โดยทำการตรวจวัดในช่วงก่อนที่จะหยุดการทำงานของระบบต่าง ๆ ในแต่ละวัน ซึ่งจะช่วยให้ทราบกำลังไฟฟ้าของแต่ละอุปกรณ์ได้ เมื่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบนั้น ๆ เริ่มทยอยหยุดการทำงานลง

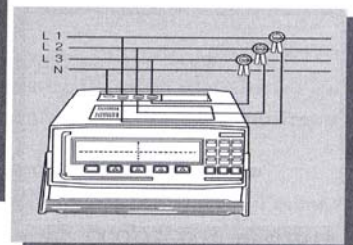
โดยทั่วไปมิเตอร์จะเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้การจัดการด้านพลังงานดีขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เกิดการประหยัดพลังงานและคุ้มค่าในการลงทุนติดตั้ง เครื่องเก็บบันทึกข้อมูล (Data Logger) จะวัดค่าของไฟฟ้า อุณหภูมิ ก๊าซ ใอน้ำ และอื่นๆ โดยอัตโนมัติและเก็บบันทึกไว้สำหรับประมวลผล เพื่อให้ทราบรายละเอียดของการใช้งานตามช่วงเวลาต่างๆ



(ก) การตรวจวัดและบันทึก โหลด 1 เฟส



(ข) การตรวจวัดและบันทึก โหลด 3 เฟส 3 สาย



(ง) การตรวจวัดและบันทึก โหลด 3 เฟส 4 สาย

รูปที่ 2.13 แสดงการใช้งานเครื่องเก็บบันทึกข้อมูลทางไฟฟ้า (Data Logger)

ในปัจจุบันมีเครื่องเก็บบันทึกข้อมูลอยู่ 3 ประเภทคือ

- เครื่องเก็บบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ที่หน้างาน
- เครื่องเก็บบันทึกข้อมูล ส่งข้อมูลและวิเคราะห์ที่หน้างาน
- เครื่องเก็บบันทึกข้อมูลที่ส่งข้อมูล เก็บบันทึกและวิเคราะห์ระยะไกล

1) เครื่องเก็บบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ที่หน้างาน

สำหรับเครื่องประเภทนี้ ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานจะอ่านค่าจากมิเตอร์และป้อนข้อมูลเข้าสู่เครื่องเก็บข้อมูลแบบพกพา เครื่องมือนี้ยังสามารถสร้างรูปกราฟอย่างง่าย หรือส่งข้อมูลกลับไปยังหน่วยประมวลผลกลางได้

ข้อดี :

- ราคาถูก
- คงทน
- ใช้งานง่าย

ข้อเสีย :

- ความถูกต้องแม่นยำจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของผู้ใช้
- มีหน่วยความจำที่ค่อนข้างจำกัด
- ไม่มีความยืดหยุ่น ใช้ได้สำหรับการตรวจวัดเฉพาะประเภท
- ความถี่ในการอ่านค่าของมิเตอร์ไม่สม่ำเสมอ

2) เครื่องเก็บบันทึกข้อมูลที่ส่งข้อมูล เก็บบันทึกและวิเคราะห์ระยะไกล

สำหรับเครื่องมือประเภทนี้ มิเตอร์และตัวตรวจวัดที่ติดตั้งในระยะไกลจะส่งข้อมูลมายังหน่วยประเมินผลกลางโดยอัตโนมัติตามช่วงเวลา โดยจะสามารถแสดงผลในรูปแบบของกราฟฟิคได้

ข้อดี :

- ขจัดความผิดพลาดในการเก็บข้อมูลโดยใช้คน
- สามารถตรวจติดตามการใช้พลังงานได้ตลอดเวลา
- ให้ข้อมูลที่มีความชัดเจนที่สามารถนำไปใช้งานได้ทันที

ข้อเสีย :

- ราคาแพง
- ติดตั้งยาก
- อาจไม่มีความยืดหยุ่นในบางกรณี

2.2.2.1 การใช้เครื่องเก็บบันทึกข้อมูล

เครื่องเก็บบันทึกข้อมูลรุ่นใหม่ได้มีการออกแบบให้สามารถใช้งานได้ง่ายและให้ค่าการตรวจวัดได้หลากหลาย

เครื่องเก็บบันทึกข้อมูลแบบนี้จะมี การทำงานคล้ายกับแอมป์มิเตอร์ แบบคล่องวัด ผู้ใช้เลือกค่าต่างๆ ที่จะวัด ได้ เช่น กิโลวัตต์ องศาเซลเซียส

- ใ้เวลาเริ่มต้นและสิ้นสุดของการ บันทึก
- เลือกความถี่ของการเก็บบันทึก เช่น ทุกๆ 5 นาที ทุกๆ ชั่วโมง ฯลฯ
- คล้องตัวอุปกรณ์ตรวจจับ(Sensor)เข้ากับสายไฟ ท่อ ฯลฯ
- กรณีที่ใช้งานแบบส่งข้อมูลจากระยะไกล ให้ต่อเครื่องเก็บบันทึกข้อมูลเข้ากับ

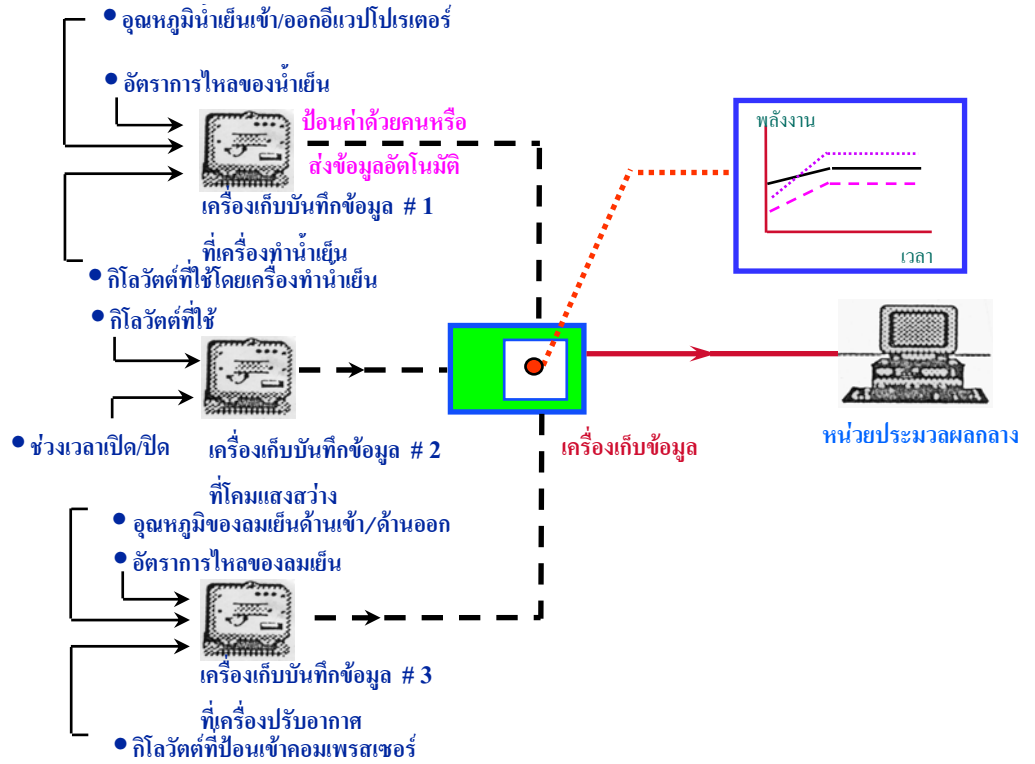
คอมพิวเตอร์ก่อนการใช้งานควรตรวจสอบกับคู่มือการใช้งานจากผู้ผลิตทุกครั้ง

กรณีศึกษา : โรงงานกระดาษแห่งหนึ่งใช้เวลา 10 นาทีในการผลิตกระดาษ 1 ตัน ขั้นตอนการทำงานจะหยุดเมื่อถึงป้อนว่างเปล่า โดยจะเริ่มทำงานใหม่อีกครั้งเมื่อมีสัญญาณสั่งให้ทำงาน มีการใช้เครื่องเก็บบันทึกข้อมูลเพื่อวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าตลอดระยะเวลา 1 สัปดาห์ ซึ่งได้ผลการใช้ไฟฟ้าในช่วงที่มีการทำงาน 110 กิโลวัตต์ และการใช้ไฟฟ้าในระหว่างเวลาที่ไม่มีการะ 55 กิโลวัตต์

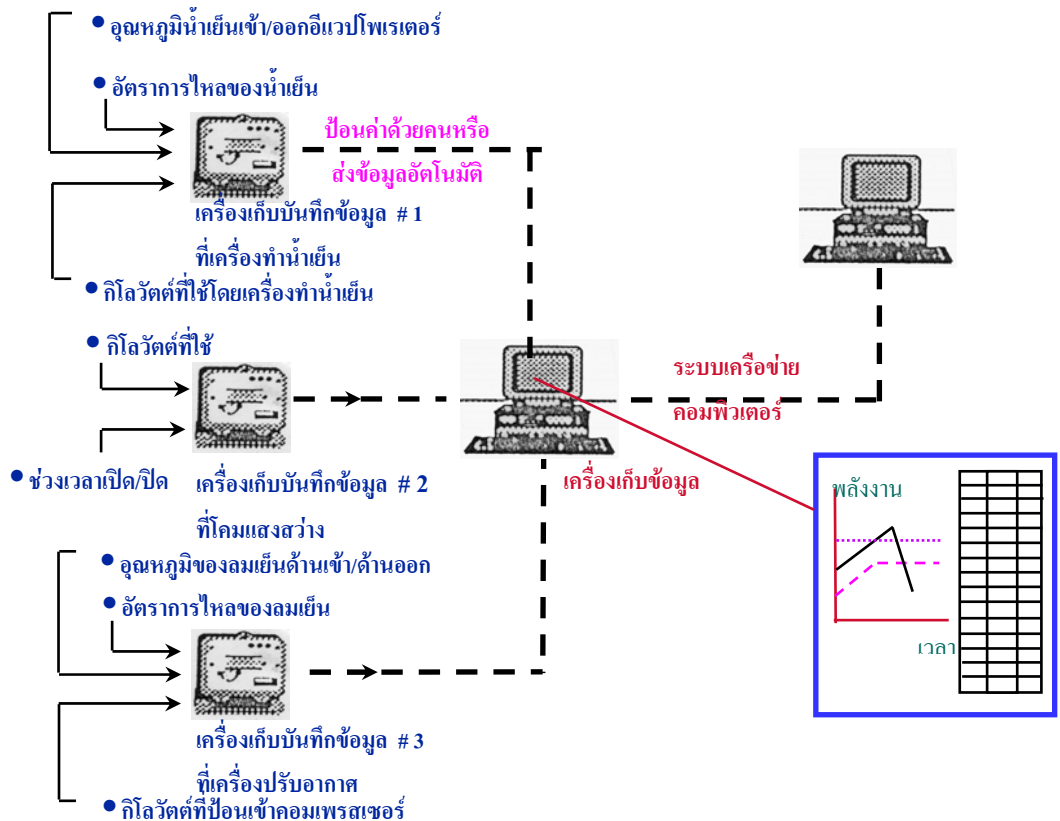
มีการปรับปรุงเครื่องจักรผลิตกระดาษโดยติดตั้งตัวซอฟต์แวร์ (ราคา 200,000 บาท) และเครื่องจักรจะถูกปิดเมื่อไม่ได้ใช้งาน การดำเนินการนี้จะสามารถประหยัดได้ 400,000 บาทต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุน 6 เดือน

แผนภูมิการต่อเครื่องเก็บบันทึกข้อมูลแบบพื้นฐาน การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล/การส่งและวิเคราะห์ข้อมูล

แผนภูมิการต่อเครื่องเก็บบันทึกข้อมูลแบบพื้นฐาน การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล/การส่งและวิเคราะห์ข้อมูล



การส่งข้อมูลระยะไกล การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล



2.3 การตรวจวัดระบบไฟฟ้า และอุปกรณ์ไฟฟ้า (Measuring power system and equipment)

ในการตรวจสอบและตรวจวัดควรเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์ ดังนี้

- 1) แผนผังการใช้ไฟฟ้าของโรงงาน
- 2) แหล่งจ่ายไฟฟ้าและใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา
- 3) แบบแสดงตำแหน่งหม้อแปลงไฟฟ้าและเครื่องจักร
- 4) รายการอุปกรณ์ไฟฟ้าหลักพร้อมระบุขนาดในรายการควรระบุ ค่ากิโลวัตต์ แรงดัน กระแสและตัวประกอบกำลังไฟฟ้าไว้ด้วย รายละเอียดสำหรับระบบไฟฟ้า (กิโลวัตต์ แรงดัน กระแส ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า)
 - รายละเอียดหม้อแปลงทั้งหมด
 - แผนผังย่อยสำหรับหม้อแปลงแต่ละลูก
 - ขนาดของตัวเก็บประจุที่ติดตั้งไว้
- 5) รายละเอียดสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ แรงดัน กระแส ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า)
 - เครื่องอัดอากาศ
 - ปั๊มน้ำ
 - ขดลวดความร้อน
 - เครื่องปรับอากาศ
 - อุปกรณ์ในระบบแสงสว่าง
 - มอเตอร์
- 6) การใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละกระบวนการผลิต
- 7) ข้อมูลเฉพาะและราคาของอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน

2.3.1 การตรวจวัดระบบที่ใช้พลังงาน

เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานในโรงงานสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้า และระบบที่ใช้พลังงานความร้อน ซึ่งรายละเอียดโดยสังเขปของการตรวจวัดเครื่องจักรและอุปกรณ์หลักของทั้ง 2 ระบบมีดังนี้

1) ระบบที่ใช้พลังงานไฟฟ้า

• ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

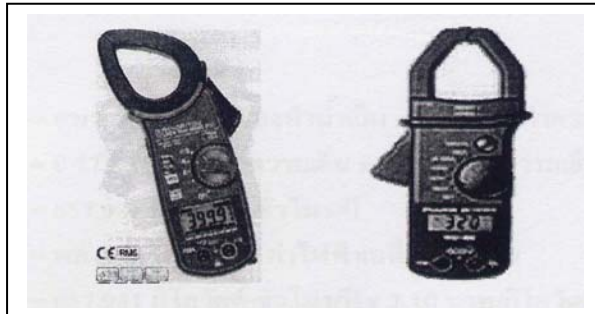
หมายถึง ระบบส่งจ่ายไฟฟ้าตั้งแต่จุดที่ออกจากหม้อแปลง จนถึงตู้ส่งจ่ายหรือตู้ MDB (Main Distribution Breaker) ที่แต่ละจุดภายในโรงงาน

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) กระแสไฟฟ้า (แอมป์) กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) และตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ซึ่งเรียกโดยรวมว่า ค่าทางไฟฟ้า เพื่อนำมาใช้ในการตรวจสอบสภาพโดยทั่วไปของระบบ เช่น ลักษณะการใช้ไฟฟ้า เวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเพื่อจัดโหลดหลักเพียงช่วง Peak ของค่าไฟฟ้า ความสมดุลของแรงดันและกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสเพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ศักยภาพในปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าซึ่งควรจะสูงกว่า 0.90 ฯลฯ

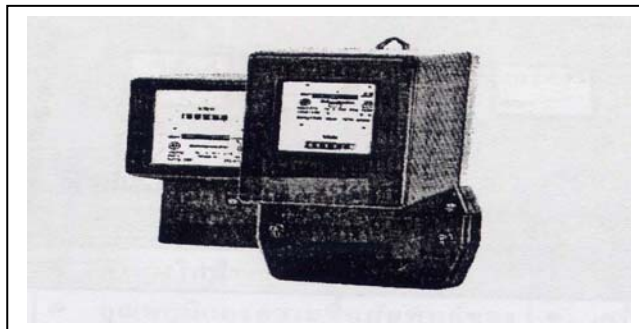
เครื่องมือตรวจวัดมีทั้งชนิดที่วัดค่าทางไฟฟ้าแบบชั่วขณะ เช่น แอมป์มิเตอร์หรือเพาเวอร์มิเตอร์แบบคล็องวัด มิเตอร์วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า และเครื่องมือตรวจวัดชนิดที่วัดและบันทึกค่าแบบต่อเนื่อง

ตารางที่ 2.1 การตรวจวัดระบบส่งจ่ายไฟฟ้า

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบส่งจ่ายไฟฟ้า	<ul style="list-style-type: none"> ● แรงดันไฟฟ้า ● กระแสไฟฟ้า ● กำลังไฟฟ้า ● ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 	<ul style="list-style-type: none"> ● เพาเวอร์มิเตอร์แบบคล็องวัด ● เครื่องมือวัดและบันทึกค่าทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 2.14 เพาเวอร์มิเตอร์แบบคล็องวัด



รูปที่ 2.15 มิเตอร์วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า



รูปที่ 2.16 เครื่องวัดและบันทึกค่าทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

- ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

หมายถึง เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split-type) เครื่องปรับอากาศแบบติดหน้าต่าง (Window-type) และเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุด (Packaged Unit)

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้ารวมทั้งช่วงเวลาที่ตัดต่อของคอมเพรสเซอร์ เพื่อตรวจสอบสภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ของลมจ่ายและลมกลับ รวมทั้งปริมาณลมจ่ายเพื่อคำนวณภาระการทำความเย็นและสมรรถนะการทำงานของระบบปรับอากาศซึ่งไม่ควรจะใช้พลังงานเกิน 1.61 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น และค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เข้าคอนเดนเซอร์และอากาศแวดล้อมภายนอก

นอกจากนี้ยังมีข้อมูลประกอบอื่นๆ ที่จำเป็น เช่น ชนิดของเทอร์โมสตัท สภาพของแผงกรองอากาศ เวลาใช้งาน

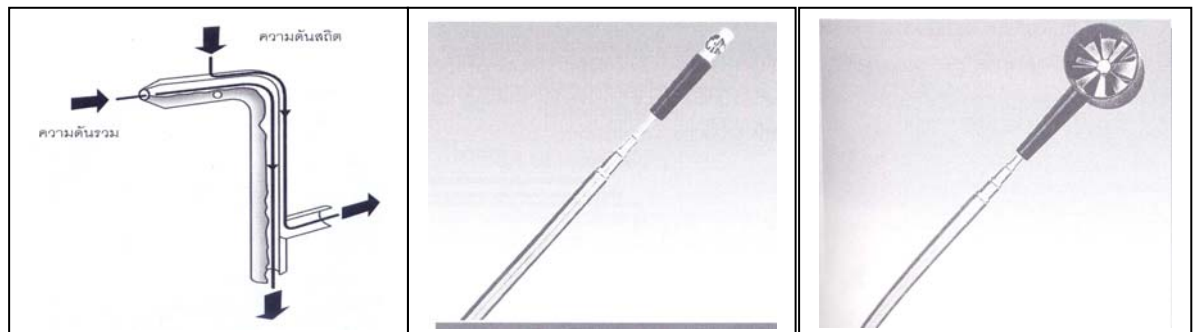
เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และเครื่องวัดความเร็วลม

ตารางที่ 2.2 การตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว	<ul style="list-style-type: none"> • ค่าทางไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่าย • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมกลับ • ความเร็วลมและพื้นที่ช่องจ่ายลมเย็น • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เข้าคอนเดนเซอร์ • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมภายนอก 	<ul style="list-style-type: none"> • เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ • เครื่องวัดความเร็วลม



รูปที่ 2.17 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์



(ก) หัววัดความเร็วลมแบบ Pilot Tube

(ข) หัววัดความเร็วลมใบพัดความเร็วปานกลาง

(ค) หัววัดความเร็วลมใบพัดความเร็วต่ำ



รูปที่ 2.18 เครื่องมือวัดความเร็วลม

- ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์

ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Central System) มักจะประกอบด้วยเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่ติดตั้งอยู่ในห้องเครื่องศูนย์กลาง ทำหน้าที่ส่งจ่ายน้ำเย็นไปยังเครื่องส่งลมเย็น (AHU, Air Handling Unit และ FCU, Fan Coil Unit) ซึ่งจะติดตั้งกระจายอยู่ตามพื้นที่ปรับอากาศต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดการตรวจวัดดังนี้

1. เครื่องส่งลมเย็น

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัดสำหรับเครื่องส่งลมเย็น ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่าย (Supply Air) และลมกลับ (Return Air) รวมทั้งปริมาณลมจ่ายเพื่อคำนวณภาระการทำความเย็น ค่าทางไฟฟ้าของพัดลมของเครื่องส่งลมเย็น ความดันตกคร่อมแผงกรองอากาศเพื่อตรวจสอบสภาพการใช้งานด้านลมจ่าย และความดันตกคร่อมและอัตราการไหลในท่อน้ำเย็นเพื่อตรวจสอบสมดุลน้ำ นอกจากนี้ยังต้องรวบรวมข้อมูลประกอบอื่นๆ ที่จำเป็นเช่นเดียวกับระบบปรับอากาศแบบหน่วยเดียว เช่น ชนิดของเทอร์โมสแตท สภาพของแผงกรองอากาศ และเวลาใช้งาน

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องวัดความเร็วลม และเครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ

ตารางที่ 2.4 การตรวจวัดเครื่องส่งลมเย็น

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
เครื่องส่งลมเย็น	<ul style="list-style-type: none"> • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมจ่าย • อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของลมกลับ • ความเร็วลมและพื้นที่ช่องจ่ายลมเย็น • ค่าทางไฟฟ้าของพัดลม • ความดันตกคร่อมแผงกรองอากาศ • ความดันตกคร่อมท่อน้ำเย็น • อัตราการไหลของน้ำเย็น 	<ul style="list-style-type: none"> • เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ • เครื่องวัดความเร็วลม • เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ • เกจวัดความดัน

• **เครื่องทำน้ำเย็น**

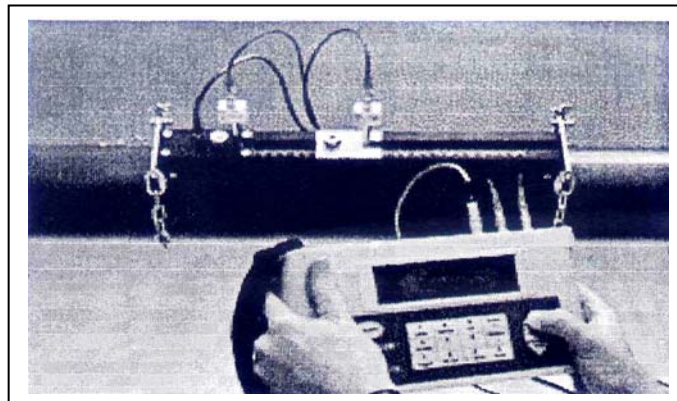
เครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ใช้สำหรับผลิตน้ำเย็น ทั้งเพื่อใช้ในระบบปรับอากาศและใช้ในกระบวนการผลิต ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัดสำหรับเครื่องทำน้ำเย็น ได้แก่ อัตราการไหลของน้ำเย็นและอุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้าและด้านออก เพื่อกำหนดภาระการทำน้ำเย็น อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นและอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้าและด้านออก เพื่อกำหนดอัตราการระบายความร้อนทั้ง ค่าทางไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์เพื่อใช้ประกอบกับภาระการทำน้ำเย็นในการประเมินสมรรถนะการทำงานของระบบ ซึ่งไม่ควรใช้พลังงานเกิน 0.7 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็นสำหรับระบบที่ระบายความร้อนด้วยน้ำและ 1.2 กิโลวัตต์ต่อตันความเย็นสำหรับระบบที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ ตลอดจนการสำรวจเวลาใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็น

นอกจากนี้ ยังมีข้อมูลประกอบอื่นๆ ที่ควรตรวจวัดด้วย เช่น กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่ปั๊มน้ำเย็นและปั๊มน้ำหล่อเย็น กำลังไฟฟ้าที่ใช้ที่พัดลมระบายความร้อนทั้งที่คอนเดนเซอร์กรณีระบายความร้อนด้วยอากาศและที่หอผึ่งน้ำกรณีระบายความร้อนด้วยน้ำ

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อและเครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส

ตารางที่ 2.5 การตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
เครื่องทำน้ำเย็น	<ul style="list-style-type: none"> ค่าทางไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ อัตราการไหลของน้ำเย็น อุณหภูมิน้ำเย็นด้านเข้าและด้านออก อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นด้านเข้าและด้านออก ค่าทางไฟฟ้าของเครื่องน้ำเย็นและเครื่องน้ำหล่อเย็น ค่าทางไฟฟ้าของพัดลมระบายความร้อน 	<ul style="list-style-type: none"> เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ



รูปที่ 2.19 เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำในท่อ (Ultrasonic Flow Meter)

• ระบบแสงสว่าง

ค่าที่จำเป็นต้องสำรวจและตรวจวัดสำหรับระบบแสงสว่าง ได้แก่ ชนิดและจำนวนของหลอดไฟและโคมไฟในแต่ละพื้นที่ตลอดจนค่าทางไฟฟ้าเพื่อคำนวณดัชนีการใช้แสงสว่างซึ่งไม่ควรเกิน 16 วัตต์ต่อตารางเมตรสำหรับพื้นที่สำนักงานทั่วไปและ 23 วัตต์ต่อตารางเมตรสำหรับพื้นที่ทำงานที่ต้องการความสว่างมากขึ้น เช่น พื้นที่ตรวจสอบชิ้นงาน ค่าความส่องสว่าง (Lux) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของจำนวนและตำแหน่งของหลอดไฟและโคมไฟเมื่อเทียบกับลักษณะการใช้งานของแต่ละพื้นที่ ซึ่งจำเป็นต้องวัดค่าความส่องสว่างในระดับความสูงเดียวกับพื้นที่ใช้งานจริง เช่น บนโต๊ะทำงาน หรือบน พื้นทางเดินภายในโรงงาน นอกจากนี้ยังต้องสำรวจเวลาใช้งานระบบแสงสว่างในแต่ละพื้นที่อีกด้วย

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า และเครื่องวัดค่าความส่องสว่าง

(Lux meter)

ตารางที่ 2.6 การตรวจวัดระบบแสงสว่าง

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบแสงสว่าง	<ul style="list-style-type: none"> • ค่าทางไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง • ค่าความส่องสว่าง • ขนาดพื้นที่ของแต่ละส่วน 	<ul style="list-style-type: none"> • เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง (Lux Meter)



รูปที่ 2. 20 เครื่องมือวัดค่าความส่องสว่าง (Lux Meter)

• ระบบอัดอากาศ

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัดสำหรับระบบอัดอากาศ ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้า ความดันของอากาศอัด อัตราการไหลของอากาศเข้า รวมทั้งอุณหภูมิและความชื้นของอากาศเข้า เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องอัดอากาศทั้งที่เป็นอัตราการผลิตอากาศอัดที่ทำได้ (Free air delivery) และเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่ออากาศอัดที่ผลิตได้ซึ่งไม่ควรเกิน 0.111 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้ต้องมีการสำรวจจุดรั่วไหลของระบบส่งจ่ายอากาศอัดภายในโรงงาน และสำรวจเวลาการใช้งานเครื่องอัดอากาศ

สำหรับโรงงานที่มีช่วงเวลาที่สามารถหยุดระบบอัดอากาศได้ จะทำให้การตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศและการตรวจวัดปริมาณอากาศรั่วไหลในระบบทำได้อย่างแม่นยำขึ้น โดยการตรวจสอบประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศสามารถทำได้โดยการจับเวลาที่ใช้ในการอัดอากาศเข้าถึงเก็บอากาศจากถังเปล่าจนกระทั่งมีความดันเท่ากับค่าที่กำหนดร่วมกับการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ ส่วนการตรวจวัดปริมาณอากาศรั่วไหลในระบบสามารถทำได้โดยการจับเวลาที่เครื่องเดินและหยุดระหว่างความดันสองระดับที่ตั้งไว้ร่วมกับการตรวจวัดค่าทางไฟฟ้า

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดความเร็วลม เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น และนาฬิกาจับเวลา

ตารางที่ 2.7 การตรวจวัดระบบอัดอากาศ

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบอัดอากาศ	<ul style="list-style-type: none"> • ค่าทางไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ • ความเร็วลมและพื้นที่ของช่องอากาศเข้า • อุณหภูมิและความชื้นของอากาศเข้า • ช่วงเวลาการตัดต่อของเครื่องอัดอากาศ 	<ul style="list-style-type: none"> • เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดความเร็วลม • เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ • นาฬิกาจับเวลา

• **ปั้มน้ำ**

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้า ความดันด้านส่งและด้านดูดของปั้มน้ำเพื่อใช้ตรวจสอบสมรรถนะการทำงานของปั้ม ความเร็วรอบมอเตอร์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ ตลอดจนการประเมินความเป็นไปได้ในการติดตั้งเครื่องปรับลดความเร็วรอบเพื่อประหยัดพลังงานซึ่งต้องใช้ค่าที่ตรวจวัดทั้งหมดมาประกอบกัน นอกจากนี้ ยังต้องสำรวจเวลาการทำงานของปั้มน้ำอีกด้วย

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า เครื่องวัดความเร็วรอบ และเกจวัดความดัน

ตารางที่ 2.8 การตรวจวัดปั้มน้ำ

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ปั้มน้ำ	<ul style="list-style-type: none"> • ค่าทางไฟฟ้าของปั้ม • ความเร็วรอบมอเตอร์ • ความดันด้านส่งและด้านดูดของปั้ม 	<ul style="list-style-type: none"> • เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดความเร็วรอบ • เกจวัดความดัน

▪ **มอเตอร์และอุปกรณ์ทางไฟฟ้าอื่นๆ**

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ ค่าทางไฟฟ้าต่างๆ และช่วงเวลาการทำงาน ตลอดจนความเร็วลมรอบในกรณีของมอเตอร์ที่ต้องการประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ด้วย

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า และเครื่องวัดความเร็วรอบ

ตารางที่ 2.9 การตรวจวัดมอเตอร์และอุปกรณ์ทางไฟฟ้า

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
มอเตอร์และอุปกรณ์ทางไฟฟ้า	<ul style="list-style-type: none"> • ค่าทางไฟฟ้า • ความเร็วรอบกรณีเป็นมอเตอร์ 	<ul style="list-style-type: none"> • เครื่องวัดค่าทางไฟฟ้า • เครื่องวัดความเร็วรอบ

2) ระบบที่ใช้พลังงานความร้อน

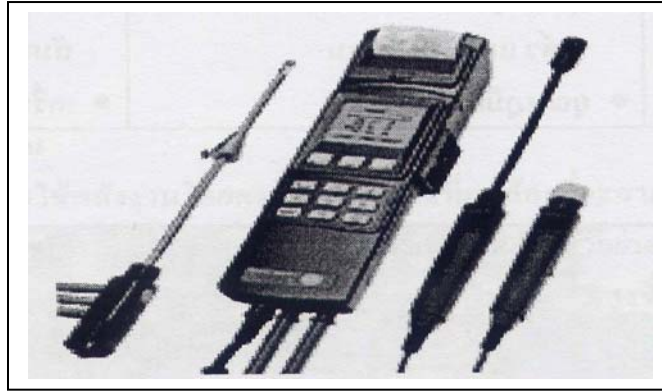
● หม้อไอน้ำ

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนในก๊าซเสีย อุณหภูมิก๊าซเสีย และค่าความร้อนของเชื้อเพลิงเพื่อใช้วิเคราะห์ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำและความร้อนสูญเสียจากการเผาไหม้ อุณหภูมิผิวของหม้อไอน้ำ อุณหภูมิแวดล้อม พื้นที่ผิว และค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Emissivity) เพื่อวิเคราะห์ความร้อนสูญเสียทางผิวผนังหม้อไอน้ำ ตลอดจนอัตราการไหลและค่า TDS (Total dissolved solid) ของน้ำโบลวดาวน์และน้ำป้อนเพื่อใช้วิเคราะห์ความร้อนสูญเสียจากการโบลวดาวน์ นอกจากนี้ ต้องสำรวจข้อมูลประกอบอื่นๆ เช่น อัตราการใช้และอุณหภูมิของเชื้อเพลิง อัตราการผลิตไอน้ำ อุณหภูมิและความดันของไอน้ำที่ผลิต อุณหภูมิของน้ำป้อน อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าห้องเผาไหม้ สภาพแวดล้อม ระยะเวลาการใช้งาน ฯลฯ

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ เครื่องวิเคราะห์สภาพน้ำ เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และเครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส

ตารางที่ 2.10 การตรวจวัดหม้อไอน้ำ

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
หม้อไอน้ำ	<ul style="list-style-type: none"> ● ปริมาณออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ คาร์บอนมอนอกไซด์ และอุณหภูมิของก๊าซเสีย ● อุณหภูมิผิวผนังหม้อไอน้ำ อุณหภูมิแวดล้อม และพื้นที่ผิว ● อัตราการผลิต อุณหภูมิ และความดันของไอน้ำ ● อัตราการใช้ และอุณหภูมิเชื้อเพลิง ● อัตราการไหล และอุณหภูมิของน้ำป้อน ● อัตราการไหล และอุณหภูมิของอากาศป้อน ● อัตราการโบลวดาวน์ ● ค่า TDS ของน้ำโบลวดาวน์และน้ำป้อน ● อุณหภูมิแวดล้อม 	<ul style="list-style-type: none"> ● เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้ ● เครื่องวิเคราะห์สภาพน้ำ ● เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ● เครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส



รูปที่ 2.21 เครื่องวัดประสิทธิภาพการเผาไหม้

• ระบบส่งจ่ายไอน้ำ

ค่าที่จำเป็นต้องตรวจวัด ได้แก่ อุณหภูมิผิวและพื้นที่ผิวของท่อส่งจ่าย วาล์ว และ หน้าแปลนอุณหภูมิแวดล้อม และค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (Emissivity) ของพื้นผิว ตลอดจนสภาพของฉนวน ซึ่งค่าทั้งหมดจะใช้ในการประเมินความร้อนสูญเสียของระบบส่งจ่ายไอน้ำ

เครื่องมือตรวจวัดที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ และเครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส

ตารางที่ 2.11 การตรวจวัดระบบส่งจ่ายไอน้ำ

ระบบ	ค่าที่ตรวจวัด	เครื่องมือ
ระบบส่งจ่ายไอน้ำ	<ul style="list-style-type: none"> • อุณหภูมิผิวและพื้นที่ผิวของท่อ วาล์ว และหน้าแปลน • อุณหภูมิแวดล้อม 	<ul style="list-style-type: none"> • เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ • เครื่องวัดอุณหภูมิแบบสัมผัส

• เตาอุตสาหกรรม

ดำเนินการตรวจวัดค่าต่างๆ เหมือนกับหม้อไอน้ำ โดยเน้นที่การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเผาไหม้และการวิเคราะห์ความร้อนสูญเสียในส่วนต่างๆ

• อุปกรณ์ที่ใช้ความร้อน

ดำเนินการตรวจวัดค่าต่างๆ เหมือนกับระบบส่งจ่ายไอน้ำ โดยเน้นที่การวิเคราะห์ความร้อนสูญเสียและการสำรวจสภาพฉนวน

2.4 ตัวอย่างการหาประสิทธิภาพจากการตรวจวัด

- ระบบเครื่องทำความเย็น

ประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็นวัดจากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (Coefficient of Performance ; COP) ซึ่งหาได้จาก

$$\text{COP} = \frac{\text{ความร้อนถ่ายเทที่อีแวปโปเรเตอร์}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอมเพรสเซอร์}}$$

$$\text{COP} = \frac{h1 - h4}{h2 - h1}$$

โดย h : เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ใช้ในเครื่องทำความเย็น หาได้จากแผนภูมิความดันเอนทัลปี (P-H diagram)

h1 : เอนทัลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์

h2 : เอนทัลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์

h4 : เอนทัลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าอีแวปโปเรเตอร์

ค่า COP ที่สูงแสดงว่าเครื่องทำความเย็นมีประสิทธิภาพทำงานดี

ดัชนีการใช้พลังงาน

นอกจาก COP แล้วมักนิยมใช้ค่าดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็น ซึ่งเรียกว่าค่าสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น (Chiller Performance; Chp)

$$\text{Chp} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอมเพรสเซอร์ (กิโลวัตต์)}}{\text{ความสามารถในการทำความเย็น (ตันทำความเย็น)}}$$

$$\text{Chp} = \frac{\text{Pcomp} \times 50.4}{\text{F} \times (\text{Ti} - \text{To})}$$

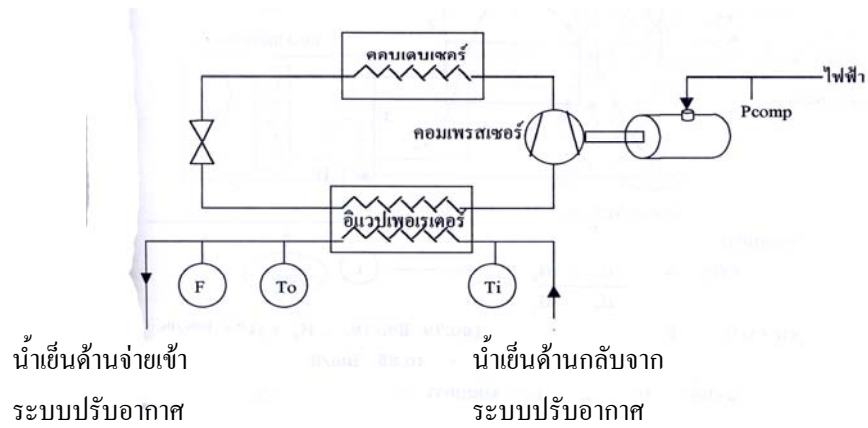
$$\text{COP} = 3.517 / \text{Chp} \quad \text{หรือ} \quad \text{Chp} = 3.517 / \text{COP}$$

โดย Pcomp : กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอมเพรสเซอร์ (กิโลวัตต์)

F : อัตราการไหลของน้ำเย็น (ลิตร / นาที)

Ti : อุณหภูมิน้ำเย็น ด้านกลับเข้าเครื่องทำความเย็น (°C)

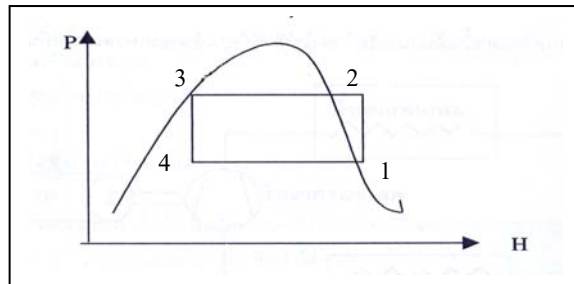
To : อุณหภูมิน้ำเย็น ด้านจ่ายออกจากเครื่องทำความเย็น (°C)



รูปที่ 2.22

ในการตรวจวัดทางปฏิบัติ เครื่องทำความเย็นบางระบบอาจไม่มีการวัดความดันหรืออุณหภูมิของสารทำความเย็น ที่จะสามารถนำมาคำนวณประสิทธิภาพหรือดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็นได้โดยตรง ดังนั้นจึงต้องทำการตรวจวัดที่ระบบท่อน้ำเย็นที่เข้า - ออกจากเครื่องทำความเย็น และวัดกำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอมเพรสเซอร์

ตัวอย่างที่ 2.1 การคำนวณประสิทธิภาพและดัชนีการใช้พลังงานระบบทำความเย็น โดยเครื่องทำความเย็นเป็นแบบหอยโข่งขนาด 500 ตัน โหลดทางไฟฟ้าที่วัดได้ 244.87 กิโลวัตต์ 380 โวลต์ 400 แอมป์ ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ 0.93 อุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นที่อีแวปอเรเตอร์ 38 °F , 66 PSI และที่คอมเพรสเซอร์ 105 °F , 210 PSI



รูปที่ 2.23

จาก

$$COP = \frac{h1 - h4}{h2 - h1}$$

จากตาราง R-22 ได้ค่า $h1 = 100.79 \text{ Btu/lb}$, $h2 = 122 \text{ Btu/lb}$, $h3 = h4 = 40.85 \text{ Btu/lb}$

ดังนั้น

$$COP = \frac{100.79 - 40.85}{122 - 100.79} = 2.83$$

จาก $Chp = 3.517 / COP$
 ดังนั้น $Chp = 3.517 / 2.83 = 1.24 \text{ kW/tonR}$

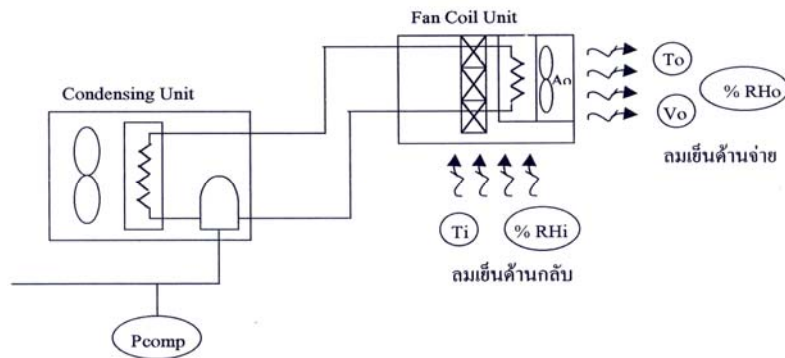
ระบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนจะวัดจากค่า EER หรือ Energy Efficiency Ratio)

$$EER = \frac{\text{อัตราการทำความเย็น (บีทียู / ชั่วโมง)}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอมเพรสเซอร์ (กิโลวัตต์)}}$$

$$EER = \frac{4.5 \times A_o \times V_o \times (h_1 - h_0)}{P_{comp}}$$

- โดย P_{comp} : กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอมเพรสเซอร์ (กิโลวัตต์)
 A_o : พื้นที่ของด้านจ่ายลมของ Fan Coil Unit (ตารางฟุต)
 V_o : ความเร็วของลมเย็นด้านจ่าย (ฟุต / นาที)
 h_o : เอนทาลปีของลมเย็นด้านจ่ายออก
 (หาได้จาก Psychrometric Chart โดยวัดอุณหภูมิ T_0 และเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ % R_{ho})
 h_1 : เอนทาลปีของลมเย็นที่กลับสู่ Fan Coil Unit
 (หาได้จาก Psychrometric Chart โดยวัดอุณหภูมิ T_1 และเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ % R_{h1})



รูปที่ 2.24

การตรวจวัดจะวัดที่ลมเย็นด้านจ่าย และ ด้านกลับของเครื่องที่ Fan Coil Unit และ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้าคอมเพรสเซอร์ที่ Condensing Unit

ตัวอย่าง 2. 2 การคำนวณหาประสิทธิภาพและดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศแยกส่วน โดยเครื่องปรับอากาศมีขนาด 38,000 Btu / hr กำลังไฟฟ้าที่ใช้ 3.68 กิโลวัตต์ พื้นที่ด้านลมจ่ายของ Fan Coil Unit 1.59 ตารางฟุต ความเร็วของลมด้านจ่าย 656.33 ฟุตต่อนาที

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ด้านลมจ่าย 54.68 °F , 88.4 % และ Enthalpy (h_o) = 21.8 Btu/lb

อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ด้านลมกลับ 75.2 °F , 51.0 % และ Enthalpy (h₁) = 28.52 Btu/lb

$$\text{จาก EER} = \frac{4.5 \times A_o \times V_o \times (h_1 - h_0)}{P_{\text{comp}}}$$

$$\text{EER} = \frac{4.5 \times 1.59 \times 656.33 \times (28.52 - 21.8)}{3.68 \times 1000}$$

$$= 8.58 \text{ Btu / hr - W}$$

$$\text{จาก ERR} = 3.412 \times \text{COP} \text{ จะได้ } \text{Chp} = \frac{3.517 \times 3.412}{\text{ERR}}$$

$$\text{ดังนั้น } \text{Chp} = \frac{3.517 \times 3.412}{8.58} = 1.39 \text{ Btu / TonR}$$

● ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

การตรวจวัดเพื่อหาประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จะหาโดยใช้กำลังไฟฟ้าติดตั้งทั้งหมด (รวมหลอดไฟและอุปกรณ์ประกอบ เช่น บัลลาสต์) ต่อพื้นที่ใช้งาน โดยมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

ตัวอย่าง 2.3 การคำนวณหาประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
โดยอาคารแห่งหนึ่งมีการใช้ระบบแสงสว่างดังนี้

ลำดับ	ชนิดของหลอด	ขนาด (วัตต์)	จำนวน (หลอด)	รวม(วัตต์)	ballast loss(วัตต์)	โหลตรวม(วัตต์)
1	อินแคนเดสเซนต์	60	461	27,600	-	27,600
2	อินแคนเดสเซนต์	100	167	16,700	-	16,700
3	จำปา	40	298	11,920	-	11,920
4	คอมแพคฟลูออเรสเซนต์	7	951	6,657	5420.7	12077.70
5	ฮาโลเจน	20	255	5,100	-	5,100
6	ฮาโลเจน	50	789	39,450	-	39,450
7	ฮาโลเจน	100	25	2,500	-	2,500
8	ฮาโลเจน	150	5	750	-	750
9	ฮาโลเจน	200	33	6,600	-	6,600
10	ฮาโลเจน	300	1	300	-	300
11	ฟลูออเรสเซนต์	18	265	4,770	2,650	7,420
12	ฟลูออเรสเซนต์	36	1,991	71,676	19,910	91,586
	รวม		5,241	194,083	27,980.7	222,063.7

พื้นที่การใช้งานทั้งหมด 27,106.28 ตารางเมตร

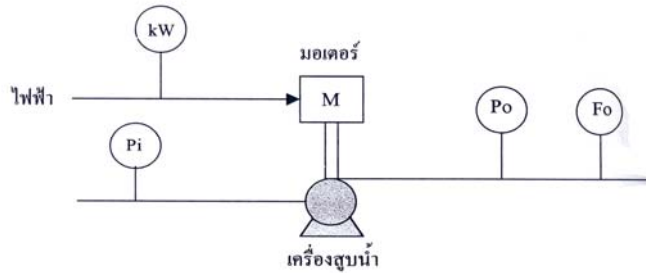
$$\text{จาก ประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าแสงสว่าง} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าติดตั้งทั้งหมด}}{\text{พื้นที่ใช้งาน}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพระบบไฟฟ้าแสงสว่าง} = \frac{222,063.7}{27,106.28}$$

$$= 8.19 \text{ W/m}^2$$

• **ปั้มน้ำ**

ประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำหาได้จาก



รูปที่ 2.25

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{งานที่ได้จากปั้มน้ำ} \times 100 \%}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{0.746 \times F_o \times (P_o - P_i) \times 100 \%}{3,960 \times \text{kW}}$$

- โดยที่ F_o : อัตราการไหลของน้ำ (gal/min)
 $P_o - P_i$: เสดของปั้มน้ำ (ฟุตน้ำ)
 kW : กำลังไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามอเตอร์ (กิโลวัตต์)

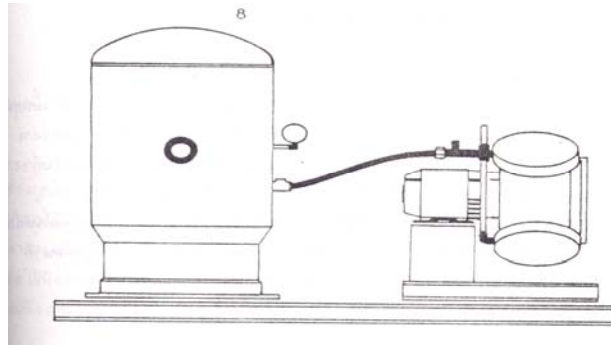
ตัวอย่าง 2.4 การคำนวณหาประสิทธิภาพรวมของปั้มน้ำและมอเตอร์ โดยค่ากำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับมอเตอร์ปั้มน้ำมีค่า 250 กิโลวัตต์ อัตราการไหลของน้ำ (F_o) 100 gal/min เสดของปั้มน้ำ ($P_o - P_i$) 8 ฟุตน้ำ

จาก

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{0.746 \times F_o \times (P_o - P_i) \times 100 \%}{3,960 \times \text{kW}}$$

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{0.746 \times 100 \times 8 \times 100 \%}{3,960 \times 250} = 60.28 \%$$

• การหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ



รูปที่ 2.26

ถ้ามีเครื่องอัดอากาศได้ความดัน 1 bar หรือ 700 kPa และ F.A.D 1000 ลิตร/นาที โดยเครื่องปกติอัดอากาศ ใช้เวลา 8 นาที อัดได้ 7 bar หรือ 700 kPa

$$\text{ดังนั้น Actual } \frac{1000}{8} = 125 \text{ ลิตร / นาที}$$

เมื่อใช้งานจริงใช้เวลาอัด 10 นาที จึงจะได้ 7 bar หรือ 700 kPa

$$\text{ดังนั้น อัดได้จริง } \frac{1000}{10} = 100 \text{ ลิตร / นาที}$$

ถ้าประสิทธิภาพเดิมของเครื่องอัดอากาศ 125 ลิตร / นาที เมื่อใช้งานอัดได้จริง 100 ลิตร / นาที

$$\text{ดังนั้น เครื่องอัดอากาศมีประสิทธิภาพ } \frac{100}{125} \times 100 = 80 \%$$

2.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ผลข้อมูล (Gathering and analyzing data)

ในขั้นต้นจะต้องมีการตรวจสอบประเภทของข้อมูลที่สามารถ หาได้ ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงงานหรืออาคารหนึ่งๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงข้อจำกัดของปริมาณข้อมูลพลังงานที่มีอยู่ในหลายกรณี อาจทราบได้ในขั้นต้นว่า ไม่มีข้อมูลเพียงพอที่จะให้ภาพรวมของสมรรถนะการใช้พลังงานของโรงงานได้โดยทั่วไปอาจหาข้อมูลได้จากมิเตอร์ตามจุดต่างๆ ของโรงงานหรือจากใบเสร็จรับเงินค่าพลังงานต่างๆ

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานจะสามารถรวบรวมได้จาก :

- ใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า เชื้อเพลิง น้ำ การจำกัดของเสีย
- บันทึกข้อมูลการผลิต
- บันทึกข้อมูลการทำงาน
- มิเตอร์และมิเตอร์ย่อยที่มีอยู่

โดยทั่วไปใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าและเชื้อเพลิง จะมีข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานอย่างหลายๆ ของกิจการหนึ่งๆ

ข้อดี ของใบเสร็จรับเงินเหล่านี้ คือข้อมูลจะถูกเก็บรวบรวมอย่างสม่ำเสมอและจะสะท้อนให้เห็นถึงปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของโรงงานหรืออาคารได้โดยตรง

ข้อเสีย ของใบเสร็จรับเงินค่าเชื้อเพลิงต่างๆ คือ จะแสดงการใช้เชื้อเพลิงทั้งหมดของโรงงานหรืออาคาร แต่จะไม่แสดงการทำงานของกระบวนการที่ใช้พลังงานหลัก นอกจากนี้ ยังแสดงการใช้พลังงานในแต่ละช่วงเวลา โดยไม่คำนึงถึงปริมาณที่ผลิตได้ ซึ่งทำให้ไม่สามารถคำนวณหาดัชนีการใช้พลังงาน หรือหาตำแหน่งการใช้พลังงาน หรือวิธีการที่ใช้พลังงานได้

ใบเสร็จรับเงินของเชื้อเพลิงที่จัดเก็บได้ ได้แก่ น้ำมันเตา ถ่านหิน จะไม่แสดงถึงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจริง เนื่องจากมีปริมาณเชื้อเพลิงที่เหลือจากการใช้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องใช้ประกอบกับข้อมูลปริมาณเชื้อเพลิงที่จัดเก็บ เพื่อหาปริมาณการใช้จริงในแต่ละช่วงเวลา

ข้อมูลการผลิตและการทำงานของโรงงานหรืออาคารในแต่ละช่วงเวลาที่ถูกต้องจะเป็นสิ่งสำคัญมาก ในการที่จะประเมินสมรรถนะการใช้พลังงานจากการวัดพลังงานต่างๆ โดยข้อมูลการผลิตนี้จะต้องถูกเก็บรวบรวมจากช่วงเวลาเดียวกันกับข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน

ตัวอย่างเช่น โรงงานกระดาษผลิตกระดาษได้ 21,440 ตัน จากสายการผลิตหนึ่งระหว่างเดือนเมษายนและกรกฎาคม 2539 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าระหว่างเดือนเมษายนและมิถุนายน 2540 เท่ากับ 3,681,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ท่านสามารถคำนวณดัชนีการใช้พลังงานเป็นกิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันของกระดาษที่ผลิตจากโรงงานนี้ได้หรือไม่

อาจหาคำตอบไม่ได้ง่ายนัก เพราะช่วงเวลานี้เป็นคนละช่วงกันและจะต้องตั้งสมมติฐานที่อาจไม่สามารถหาเหตุผลสนับสนุนได้

แต่ถ้าทราบปริมาณการใช้ไฟฟ้าระหว่างเดือนเมษายนและกรกฎาคม 2539 ว่ามีค่าเท่ากับ 4,241,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ก็สามารถคำนวณดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานกระดาษแห่งนี้ได้ เท่ากับ 197.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตันของกระดาษที่ผลิตได้

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงงานจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลการผลิตที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้น ข้อมูลของทั้งผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายและของเสียที่ได้จะเป็นสิ่งจำเป็นในการประเมินสมรรถนะการใช้พลังงาน

ตัวอย่างเช่น ในโรงงานกระดาษ เราสามารถใช้ปริมาณพลังงานที่ใช้เทียบกับตัน ของผลิตภัณฑ์กระดาษที่ผลิตได้ หรือตันของเยื่อกระดาษที่ใช้ โดยที่ของเสียจากโรงงานและประสิทธิภาพของ โรงงานจะมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพพลังงาน

ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานจะต้องเป็นผู้กำหนดหน่วยการผลิตที่จะใช้ในการหาดัชนีการใช้พลังงาน ซึ่งโดยทั่วไปมักจะใช้จำนวนตันของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย ในกรณีที่ของเสียไม่ใช่ปัญหาหรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับการกระบวนการใช้พลังงาน

ในกรณีของอาคารจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลที่แสดง ถึงการใช้งานของอาคาร เพื่อนำมาประเมินสมรรถนะการใช้ พลังงานของอาคารได้อย่างถูกต้อง

ตัวอย่างเช่น ในการประเมินการใช้พลังงานของโรงพยาบาลจะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนเตียงคนไข้ จำนวนคนไข้ใน จำนวนคนไข้นอกในแต่ละเดือน เพื่อนำมาหาดัชนีการใช้พลังงานในหน่วยของกิโลวัตต์-ชั่วโมง/เตียง-วัน

ส่วนในการประเมินการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศของอาคาร จะต้องทราบถึงพื้นที่ปรับอากาศเพื่อนำมาคำนวณดัชนีการใช้พลังงานในหน่วยของกิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตารางเมตร/เดือน ซึ่งสะท้อนถึงการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศได้อย่างถูกต้อง

ในบางโรงงานจะมีมิเตอร์ ซึ่งสามารถใช้ในการตรวจติดตามการใช้พลังงานได้ อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปมิเตอร์เหล่านี้จะไม่ได้ถูกติดตั้งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการตรวจวัดการใช้พลังงาน แต่จะใช้เพื่อช่วยในการทำงาน หรือโดยบริษัทผู้จำหน่ายพลังงาน ดังนั้น จึงต้องคิดว่ามิเตอร์ เหล่านี้อาจไม่อยู่ในตำแหน่งที่ดีที่สุดสำหรับการตรวจวัดการใช้พลังงาน

การกำหนดตำแหน่งของมิเตอร์ในโรงงานจะอยู่นอกขอบเขต ของเนื้อหาวิชานี้ อย่างไรก็ตาม สำหรับการเริ่มต้นการติดตั้งที่เหมาะสมของมิเตอร์เชื้อเพลิงหรือไฟฟ้า ควรจะอยู่ในตำแหน่งก่อนกระบวนการที่มีการใช้พลังงานหลัก และควรมีย่านการวัดและความละเอียดที่จะบันทึกตัวเลขปริมาณการใช้ได้อย่างแม่นยำในสภาวะการใช้งานต่างๆ

สำหรับมิเตอร์ต่างๆ ใน โรงงานหรืออาคารเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทราบ :

- ตำแหน่งของมิเตอร์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับส่วนการใช้พลังงานต่างๆ
- ย่านการวัดและความแม่นยำของมิเตอร์ทั้งหมด
- อายุและสภาพของมิเตอร์ทั้งหมด
- ความถี่ในการสอบเทียบมิเตอร์
- ความถี่ที่มิเตอร์ควรได้รับการสอบเทียบ
- เหตุผลในการติดตั้งมิเตอร์

การวัดการใช้พลังงานจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 3 ประการ คือ :

- ความยากง่ายในการวัด
- ทรัพยากรที่มีอยู่สำหรับการวัด
- การให้ความสำคัญของผู้บริหารระดับสูงของโรงงาน

ในการพิจารณาปริมาณการใช้พลังงาน

ปัจจัยทั้งสามนี้มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกัน ตัวอย่างเช่น ในกรณีที่ค่าใช้จ่ายพลังงานเป็นเพียงส่วนน้อยของจำนวนเงิน ในการดำเนินธุรกิจทั้งหมด จะไม่สมควรที่จะกำหนดให้การวัดการใช้พลังงานเป็นปัจจัยสำคัญในการบริหาร โรงงาน ซึ่งในกรณีนี้ จะมีการจัดสรรทรัพยากรที่จำกัดมากๆ สำหรับใช้ในการวัดการใช้พลังงาน เช่น ในอุตสาหกรรมยา ซึ่งมีค่าใช้จ่ายพลังงานน้อยกว่า 2% ของค่าใช้จ่าย ในการดำเนินการทั้งหมด

คำถาม : ท่านควรอ่านข้อมูลจากมิเตอร์บ่อยแค่ไหน?

ความถี่ของการอ่านข้อมูลจากมิเตอร์จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ มากมาย ได้แก่

- ตารางการผลิต ควรเก็บค่าการวัดที่จุดเริ่มต้นและภายในช่วงเวลาการผลิตมากกว่า นอกช่วงเวลาการผลิต
- ช่วงเวลาของการเรียกเก็บค่าพลังงาน เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องให้การอ่านค่าการวัดมิเตอร์ทั้งหมด ตรงกับช่วงเวลาการเรียกเก็บเงินของบริษัทผู้จำหน่ายพลังงาน ซึ่งวิธีนี้จะทำให้ตรวจสอบความถูกต้องของใบเรียกเก็บเงินได้ และสามารถพร้อมที่จะวิเคราะห์ข้อมูลที่ผ่านมาได้
- ปริมาณการใช้ที่วัดได้โดยมิเตอร์ กรณีที่กระบวนการมีการใช้พลังงานเป็นสัดส่วนที่น้อย จะสามารถลดความถี่ในการอ่านค่าการวัดจากมิเตอร์นั้นได้

การแปลงข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานให้เป็นหน่วยมาตรฐานเดียวกันเป็นสิ่งจำเป็นในกรณีที่มีการใช้พลังงานหรือเชื้อเพลิงมากกว่าหนึ่งประเภท ซึ่งจะทำให้สามารถ

- หาปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดได้
- เปรียบเทียบกับมาตรฐานทั่วไปของอุตสาหกรรมหรืออาคารประเภทเดียวกัน

โดยปกติการวัดพลังงานไฟฟ้าจะใช้หน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง สำหรับพลังงานความร้อนหรือการใช้เชื้อเพลิงประเภทต่างๆ หน่วยที่นิยมใช้ทั่วไปก็คือ หน่วยเมกะจูล

ในการหาปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดของโรงงานหรืออาคาร โดยทั่วไปจะแปลงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนทั้งหมดเป็นหน่วย เมกะจูลหรือกิกะจูล

ตารางที่ 2.12 ตัวอย่างตารางแปลงหน่วยการใช้พลังงานประเภทต่าง ๆ เป็นหน่วยเมกะจูล

ประเภทของพลังงาน/เชื้อเพลิง	ตัวแปลงหน่วย
ก๊าซธรรมชาติ	1.04 เมกะจูล/ลบ.ฟุตมาตรฐาน
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	26.62 เมกะจูล/ลิตร
เคโรซีน (น้ำมันก๊าด)	34.53 เมกะจูล/ลิตร
ดีเซล	36.42 เมกะจูล/ลิตร
น้ำมันเตา	39.77 เมกะจูล/ลิตร
ไฟฟ้า	3.60 เมกะจูล/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
ลิกไนต์ (กระบี่)	10.88 เมกะจูล/กิโลกรัม
ถ่านไม้	28.88 เมกะจูล/กิโลกรัม

ตารางที่ 2.13 ตัวอย่างการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานประเภทต่าง ๆ และแปลงเป็นหน่วยมาตรฐานเพื่อคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมด

ประเภทของพลังงาน/ เชื้อเพลิง	วันเริ่มต้น	วันสิ้นสุด	ปริมาณการใช้	หน่วย	ตัวแปลงหน่วย	ปริมาณพลังงานที่ใช้ (เมกะจูล)
ก๊าซธรรมชาติ				ลบ.ฟุตมาตรฐาน	1.04	
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว				ลิตร	26.62	
เคโรซีน				ลิตร	34.53	
ดีเซล	01/01/98	31/01/98	4,580	ลิตร	36.42	166,804
น้ำมันเตา	01/01/98	31/01/98	743,527	ลิตร	39.77	29,570,069
ลิกไนต์	01/01/98	31/01/98	9,261	กิโลกรัม	10.88	100,760
ถ่านไม้				กิโลกรัม	28.88	
ไฟฟ้า	01/01/98	31/01/98	95,000	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	3.60	342,000
					รวม (เมกะจูล)	30,179,632

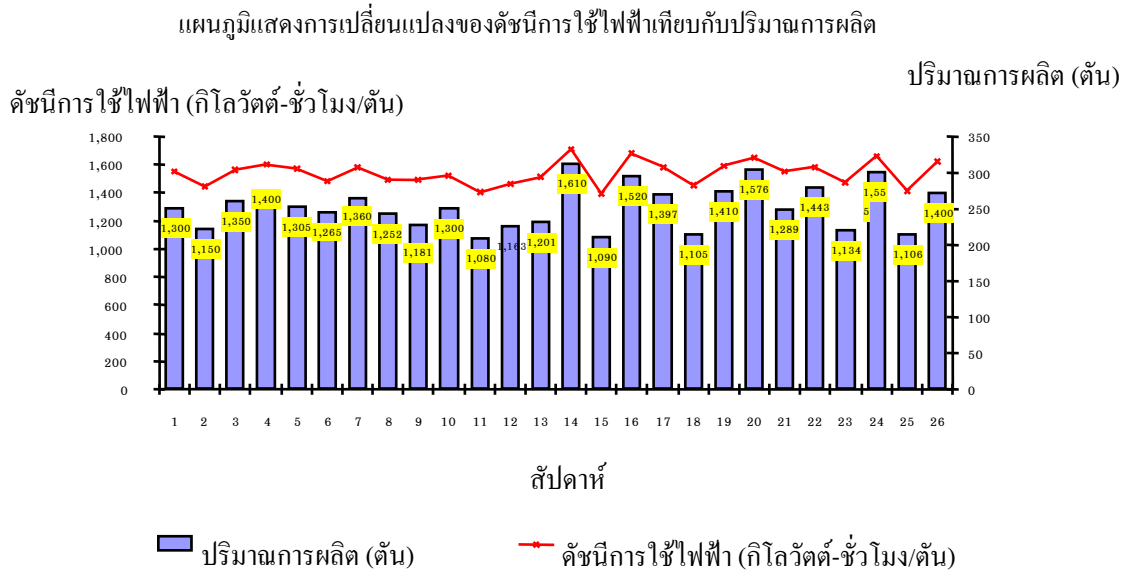
2.6 การใช้กราฟช่วยในการวิเคราะห์แนวโน้มประสิทธิภาพพลังงาน (Analysis trend of energy efficiency using graft)

การใช้รูปแบบต่างๆ ในการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลจะเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วในการประเมินผลจากข้อมูล วิธีการต่างๆ สามารถใช้ในการให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพพลังงานต่อเวลา และสามารถใช้ในการคาดการณ์แนวโน้มของการใช้พลังงานในอนาคตได้ นอกจากนี้ ยังเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการนำเสนอข้อมูลแก่ทั้งผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงานในหลายบริษัท ข้อมูลแนวโน้ม ของการใช้พลังงานจะถูกนำเสนอในรูปแบบของแผนภูมิเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทั้งหมดได้เห็นภาพอย่างชัดเจน ซึ่งจะกระตุ้นความสนใจและส่งผลถึงการประหยัดพลังงานได้ แผนภูมิบางประเภทยังสามารถที่จะใช้หาค่าดัชนีการใช้พลังงานได้ ในส่วนนี้จะแสดงถึงรูปแบบของแผนภูมิประเภทต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูลการใช้พลังงาน แผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิตหรือการทำงาน แผนภูมิการกระจายแสดงแนวโน้มของดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิตหรือการทำงาน แผนภูมิการกระจายแสดงปริมาณการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิตหรือการทำงาน แผนภูมิ CUSUM ข้อมูลการใช้พลังงานที่รวบรวมจากโรงงานหรืออาคารจะถูกจัดทำเป็นตารางก่อนที่จะนำเสนอลงบนแผนภูมิประเภทต่าง ๆ ตารางต่อไปนี้ จะแสดงถึงตัวอย่างการนำข้อมูลที่ได้จากสายการผลิตหนึ่งมาจัดทำเป็นตาราง พร้อมทั้งการคำนวณค่าดัชนีการใช้พลังงานในแต่ละสัปดาห์

ตารางที่ 2.14 ตัวอย่างการนำข้อมูลที่ได้จากสายการผลิตหนึ่งมาจัดทำเป็นตาราง พร้อมทั้งการคำนวณค่าดัชนีการใช้พลังงานในแต่ละสัปดาห์

สัปดาห์	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (พันกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ดัชนีการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตัน)
1	1,300	301	231.5
2	1,150	280	243.5
3	1,350	304	225.2
4	1,400	312	222.9
5	1,305	306	234.5
6	1,265	289	228.5
7	1,360	307	225.7
8	1,252	291	232.4
9	1,181	290	245.6
10	1,300	297	228.5
11	1,080	274	253.7
12	1,163	285	245.1
13	1,201	294	244.8
14	1,610	333	206.8
15	1,090	272	249.5
16	1,520	327	215.1
17	1,397	307	219.8
18	1,105	282	255.2
19	1,410	309	219.1
20	1,576	322	204.3
21	1,289	301	233.5
22	1,443	307	212.8
23	1,134	286	252.2
24	1,555	324	208.4
25	1,106	275	248.6
26	1,400	316	225.7

ข้อมูลจากตารางสามารถนำมาพล็อต ลงบนแผนภูมิเพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิตหรือการทำงานได้ โดยแกน Y จะแสดงค่าดัชนีการใช้พลังงานและปริมาณการผลิต (การทำงาน) ส่วนแกน x จะแสดงเวลา

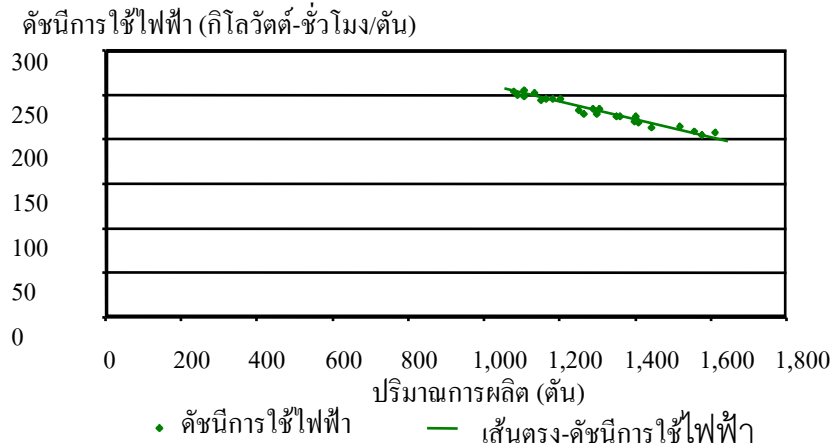


รูปที่ 2.27 แผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงของดัชนีการใช้ไฟฟ้าเทียบกับปริมาณการผลิต

แผนภูมินี้สามารถใช้ในการตรวจติดตามประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ช่วงเวลาและระดับการผลิต (การทำงาน) ต่าง ๆ ได้ โดยค่าดัชนีการใช้พลังงานสูงจะแสดงถึงปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิต (การทำงาน) ที่สูง

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลการใช้พลังงานต่างๆ สามารถทำได้โดยใช้แผนภูมิที่เรียกว่า แผนภูมิการกระจาย (X-Y Scatter Diagram) ซึ่งตัวแปรหนึ่งจะแสดงอยู่บนแกน X และอีกตัวแปรหนึ่งจะแสดงอยู่บนแกน Y ของแผนภูมิ เราสามารถหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลได้โดยลากเส้นตรงที่เป็นตัวแทนจุดต่าง ๆ บนแผนภูมิ หรือใช้วิธีการทางสถิติที่เรียกว่า การวิเคราะห์ความถดถอย (Regression Analysis) ได้

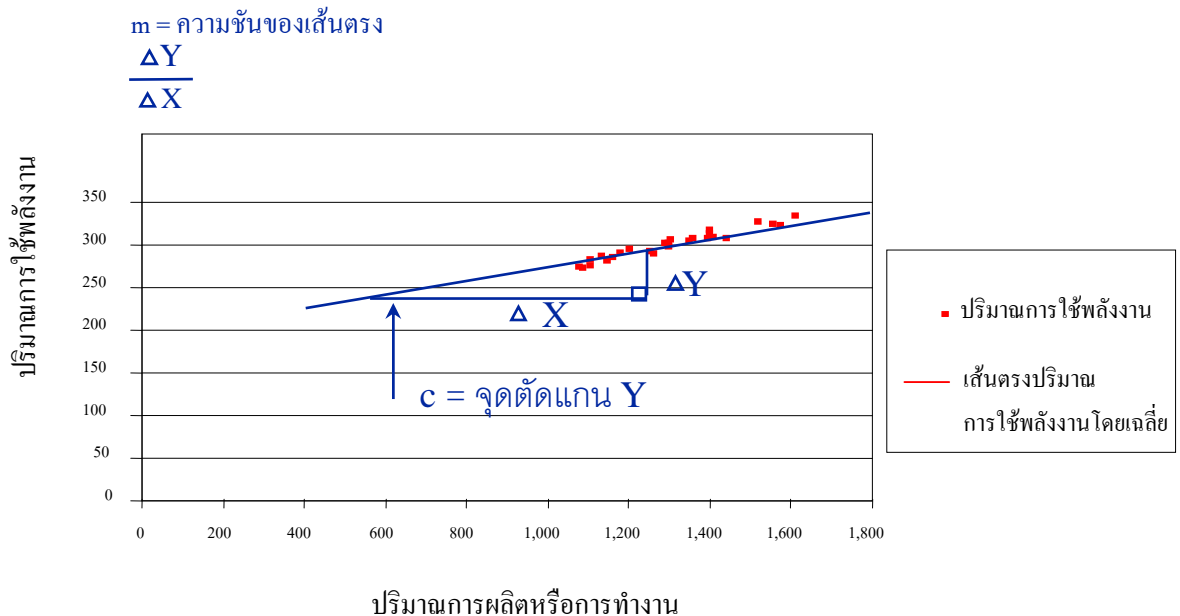
ข้อมูลดัชนีการใช้พลังงานและข้อมูลปริมาณการผลิตหรือการทำงานสามารถนำมาพล็อตลงบนแผนภูมิการกระจายเพื่อแสดงแนวโน้มของดัชนีการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิต (การทำงาน) ได้



รูปที่ 2.28 แผนภูมิการกระจายแสดงแนวโน้มของดัชนีการใช้ไฟฟ้าเทียบกับปริมาณการผลิต

แผนภูมินี้แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการลดลงของดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าเมื่อปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งบ่งบอกถึงปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยที่ลดลงตามปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้น แนวโน้มการลดลงของดัชนีการใช้พลังงานในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นโดยทั่วไปกับกระบวนการผลิตต่างๆ ในอุตสาหกรรม

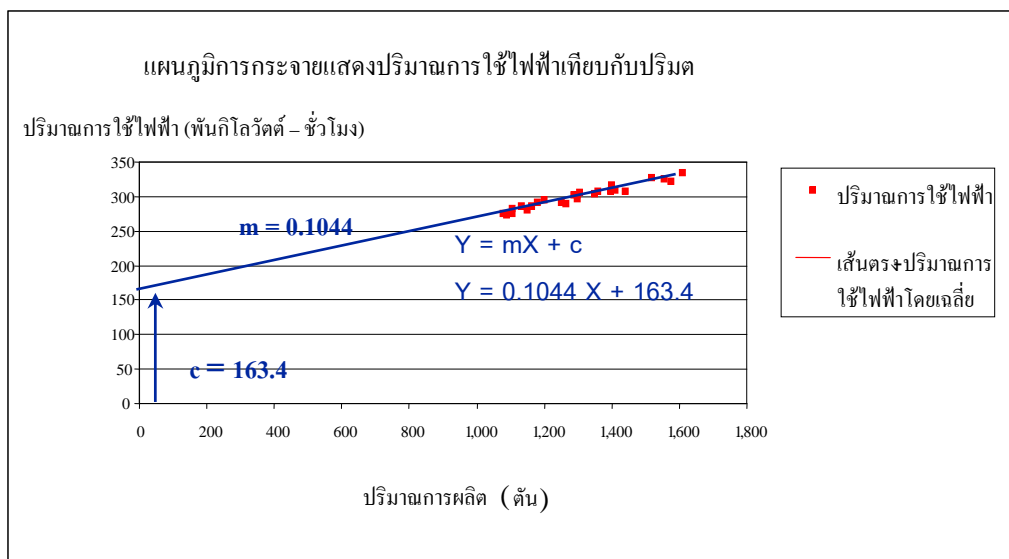
แผนภูมิการกระจายอีกรูปแบบหนึ่งที่มีประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงาน คือ แผนภูมิการกระจายซึ่งแสดงปริมาณการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิต (การทำงาน)



รูปที่ 2.29 แผนภูมิการกระจายแสดงปริมาณการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิตหรือการทำงาน

การวิเคราะห์การกระจายประเภทนี้สามารถแสดงข้อเท็จจริงที่เกี่ยวกับการใช้พลังงานได้หลายประการดังต่อไปนี้

- จุดตัดแกน Y (c) ของเส้นตรงที่ได้จากจุดต่าง ๆ บนแผนภูมิจะแสดงถึงปริมาณการใช้พลังงานซึ่งไม่ให้ผลผลิตออกมา หรือที่เรียกว่า พลังงานคงที่ที่ไม่ก่อให้เกิดผลผลิตหรือการทำงาน (Fixed energy use)
- ความชันของเส้นตรง (m) แสดงถึงปริมาณการใช้พลังงานที่แปรเปลี่ยนไปตามหน่วยการผลิต (การทำงาน) (Variable energy use) ค่าพลังงานคงที่และปริมาณการใช้พลังงานที่แปรเปลี่ยนไปตามหน่วยการผลิต (การทำงาน)นี้ จะแสดงถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
- การกระจายของจุดบนแผนภูมิจะแสดงถึง ความไม่แน่นอนของการใช้พลังงาน ซึ่งบ่งบอกถึงการควบคุมที่ไม่ดี อย่างไรก็ตามการกระจายของข้อมูลอาจเกิดจากความไม่แน่นอนในการวัดได้
- เส้นตรงจะแสดงปริมาณการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยที่ปริมาณการผลิตหรือการทำงานระดับต่าง ๆ
- ปริมาณการใช้พลังงานโดยเฉลี่ย = $m \times$ ปริมาณการผลิต (การทำงาน) + c
- ความเบี่ยงเบนของจุดบนแผนภูมิกับเส้นตรง สามารถใช้ในการตรวจติดตามการใช้พลังงานได้



รูปที่ 2.30 แผนภูมิการกระจายแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าเทียบกับปริมาณการผลิต

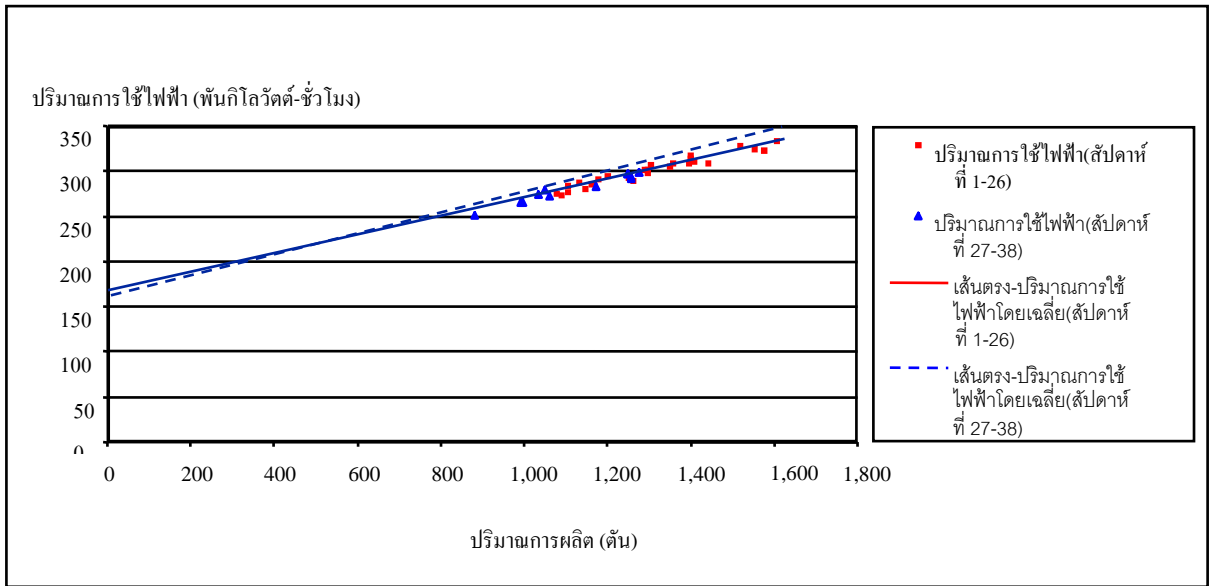
จากการนำข้อมูลการใช้พลังงานในตารางตัวอย่างมาสร้างแผนภูมิการกระจายจะได้เส้นตรงที่แสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยที่ปริมาณการผลิตต่างๆตามสมการ

$$\text{ปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ย (พันกิโลวัตต์-ชั่วโมง)} = 0.1044 \times \text{ปริมาณการผลิต(ตัน)} + 163.4$$

ค่าจุดตัดแกน Y (c) ซึ่งแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าคงที่ที่ไม่ก่อให้เกิดผลผลิตเท่ากับ 163,400 กิโลวัตต์-ชั่วโมง และค่าความชันของเส้นตรง (m) เท่ากับ 104.4 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อตัน สาเหตุที่ทำให้เกิดปริมาณการใช้ไฟฟ้าคงที่นี้จะต้องได้รับการตรวจสอบต่อไปในระหว่างช่วงเวลาที่ไม่มีการผลิต (v) แผนภูมิการกระจายแสดงปริมาณการใช้พลังงานเปรียบเทียบกับปริมาณการผลิต(การทำงาน) สามารถนำมาใช้ในการตรวจติดตามการใช้พลังงานได้ ในกรณีที่มีข้อมูลการใช้พลังงานเพิ่มเติม แผนภูมิการกระจายจะแสดงให้เห็นถึงการเบี่ยงเบนของจุดต่าง ๆ จากเส้นตรงซึ่งแสดงถึงความแตกต่างของปริมาณการใช้พลังงานจริงและปริมาณการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยซึ่งประมาณจากเส้นตรงที่ได้จากชุดข้อมูลเดิม นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลที่ได้อีกมารวมกับข้อมูลชุดเดิมเพื่อหาเส้นตรงใหม่เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยรวมได้

จากตัวอย่างที่ผ่านมา สมมติว่าโรงงานสามารถเก็บข้อมูลการใช้พลังงานเพิ่มเติม (สัปดาห์ที่ 27 ถึง 38) ดังตาราง

สัปดาห์	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (พันกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ดัชนีการใช้ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตัน)
27	1,250	297	237.6
28	1,255	292	232.7
29	1,034	274	265.0
30	991	265	267.4
31	1,060	273	257.5
32	880	251	285.2
33	1,050	279	265.7
34	995	266	267.3
35	1,250	297	237.6
36	1,170	283	241.9
37	1,258	293	232.9
38	1,274	298	233.9



จากการนำข้อมูลเพิ่มเติมมาใช้ ทำให้ได้แผนภูมิการกระจาย ดังต่อไปนี้

รูปที่ 2.31 แผนภูมิการกระจายแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าเทียบกับปริมาณการผลิต

จากแผนภูมินี้ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริงที่ได้จากข้อมูลเพิ่มเติมไม่แตกต่างจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่คำนวณจากข้อมูลชุดเดิมมากนัก นอกจากนี้ ความชันของเส้นตรง-ปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยที่ได้จากการคิดรวมข้อมูลชุดใหม่ ก็เปลี่ยนแปลงจากเส้นตรงเดิมเพียงเล็กน้อย และจุดตัดแกน Y ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ไม่เปลี่ยนแปลง

แผนภูมิอีกประเภทหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการตรวจติดตามการใช้พลังงานและประเมินปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้ หรือปริมาณพลังงานที่สูญเสียไปได้ คือ แผนภูมิ CUSUM แผนภูมิ CUSUM จะใช้การคำนวณหาผลรวมสะสมของค่าความแตกต่าง (The Cumulative Sum of Differences) ระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้จริง และปริมาณพลังงานที่ใช้โดยเฉลี่ย ซึ่งได้จากแผนภูมิการกระจาย แล้วนำมาพลอตกับช่วงเวลาการผลิตหรือการทำงานของโรงงานหรืออาคาร

แผนภูมิ CUSUM มีขั้นตอนในการจัดทำดังต่อไปนี้

1. พลอตแผนภูมิการกระจายแสดงปริมาณการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิตหรือการทำงาน
2. ลากเส้นตรงผ่านจุดข้อมูลหรือใช้วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยสำหรับชุดข้อมูลเพื่อหาปริมาณการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยที่ระดับการผลิตหรือการทำงานต่างๆ

$$\text{ปริมาณการใช้พลังงานโดยเฉลี่ย} = m \times \text{ปริมาณการผลิต หรือการทำงาน} + c$$

3. คำนวณปริมาณการใช้พลังงานโดยเฉลี่ยโดยใช้สมการในข้อ 2 เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณพลังงานที่ใช้จริง

4. คำนวณค่าความแตกต่างระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้จริง และปริมาณการใช้พลังงานโดยเฉลี่ย ซึ่งได้จากการคำนวณ

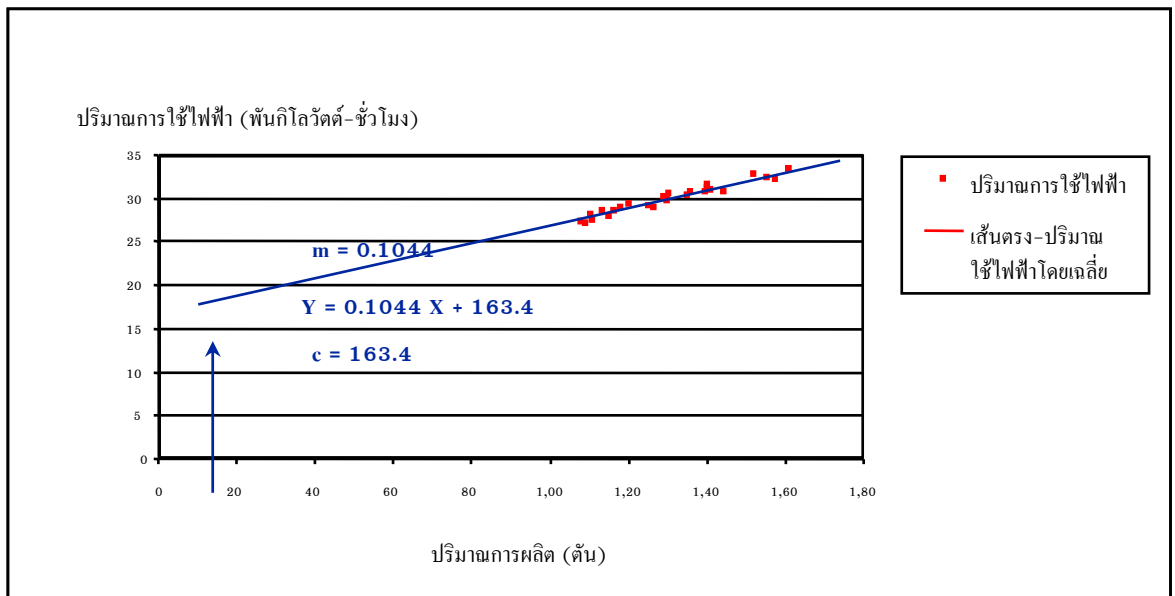
$$\text{ค่าความแตกต่าง} = \text{ปริมาณพลังงานที่ใช้จริง} - \text{ปริมาณการใช้พลังงานโดยเฉลี่ย}$$

5. ณ แต่ละช่วงเวลาดำเนินการผลรวมของค่าความแตกต่าง จากช่วงเวลาก่อนจนถึงช่วงเวลาที่พิจารณาทั้งหมด เพื่อหาผลรวมสะสมของค่าความแตกต่าง (The Cumulative Sum of Differences) ณ ช่วงเวลานั้น

$$\text{ผลรวมสะสมของค่าความแตกต่าง} = \text{ผลรวมสะสมของค่าความแตกต่าง ณ ช่วงเวลาก่อนช่วงเวลาที่พิจารณา} + \text{ค่าความแตกต่างของช่วงเวลาที่พิจารณา}$$

6. นำผลรวมสะสมของค่าความแตกต่างที่ได้ มาพลอตบนแผนภูมิเทียบกับเวลา

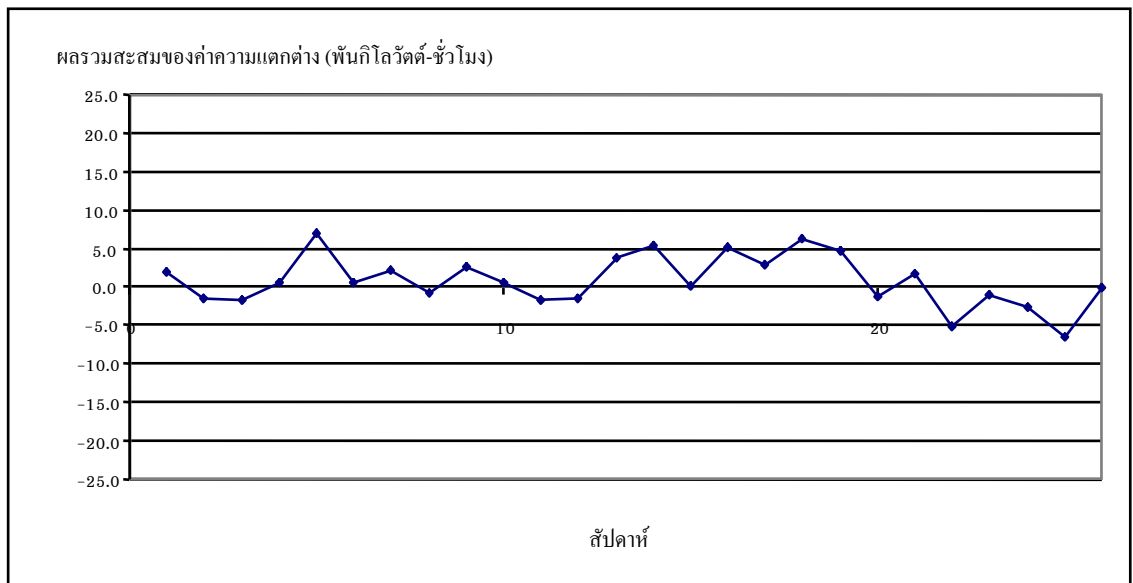
จากตัวอย่างของข้อมูลการใช้พลังงาน เราได้แผนภูมิการกระจายแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าเทียบกับปริมาณการผลิต สำหรับข้อมูล ในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 26 ได้เป็น



รูปที่ 2.32 แผนภูมิการกระจายแสดงปริมาณการใช้ไฟฟ้าเทียบกับปริมาณการผลิต

จากสมการของปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยสามารถนำมาคำนวณหาผลรวมสะสมของค่าความแตกต่าง เพื่อจัดทำแผนภูมิ CUSUM ดังต่อไปนี้

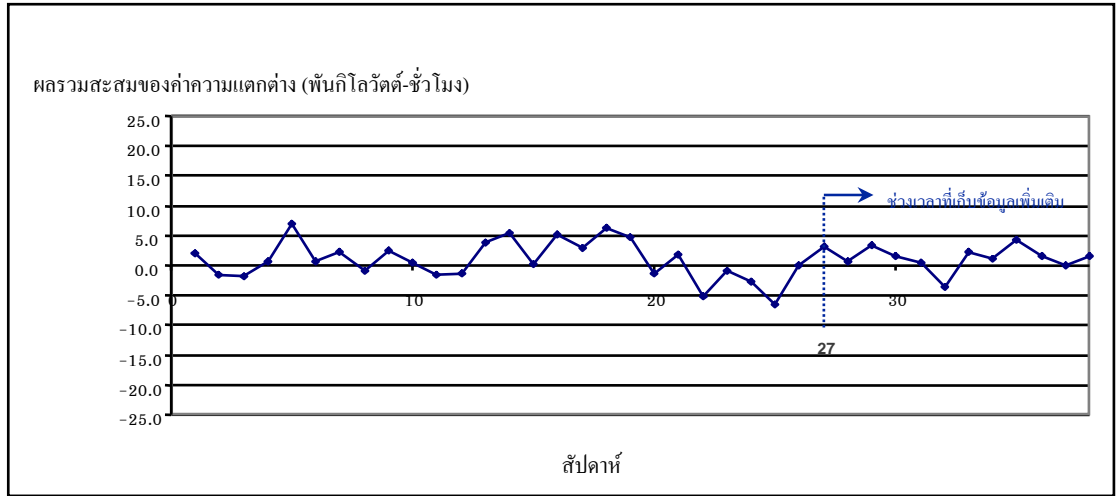
ลำดับ	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (พันกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย (พันกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ค่าความแตกต่าง	ผลรวมสะสมของค่าความแตกต่าง
1.	1,300	301	299.1	1.9	1.9
2.	1,150	280	283.4	-3.4	-1.5
3.	1,350	304	304.3	-0.3	-1.8
4.	1,400	312	309.5	2.5	0.7
5.	1,305	306	299.6	6.4	7.1
6.	1,265	289	295.4	-6.4	0.6
7.	1,360	307	305.3	1.7	2.3
8.	1,252	291	294.1	-3.1	-0.8
9.	1,181	290	286.7	3.3	2.5
10.	1,300	297	299.1	-2.1	0.5
11.	1,080	274	276.1	-2.1	-1.7
12.	1,163	285	284.8	0.2	-1.4
13.	1,201	294	288.8	5.2	3.8
14.	1,610	333	331.4	1.	5.4
15.	1,090	272	277.2	-5.2	0.2
16.	1,520	327	322.0	5.0	5.2
17.	1,397	307	309.2	-2.2	2.9
18.	1,105	282	278.7	3.3	6.2
19.	1,410	309	310.6	-1.6	4.6
20.	1,576	322	327.9	-5.9	-1.2
21.	1,289	301	297.9	3.1	1.8
22.	1,443	307	314.0	-7.0	-5.2
23.	1,134	286	281.8	4.2	-0.9
24.	1,555	324	325.7	-1.7	-2.6
25.	1,106	275	278.8	-3.8	-6.5
26.	1,400	316	309.5	6.5	0.0



รูปที่ 2.33 แผนภูมิ CUSUM ของปริมาณการใช้ไฟฟ้า สัปดาห์ที่ 1-26

ในกรณีที่มีข้อมูลการใช้พลังงานเพิ่มเติม ก็สามารถใช้แผนภูมิ CUSUM ในการตรวจติดตามการใช้พลังงานได้จากข้อมูลตัวอย่างที่ผ่านมา โรงงานเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมในสัปดาห์ที่ 27 ถึง 38 ซึ่งนำมาคำนวณและจัดทำแผนภูมิ CUSUM เพิ่มเติมได้ ดังต่อไปนี้

สัปดาห์	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (พันกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย (พันกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ค่าความแตกต่าง	ผลรวมสะสมของค่าความแตกต่าง
27.	1,250	297	293.9	3.1	3.1
28.	1,255	292	294.4	-2.4	0.7
29.	1,034	274	271.3	2.7	3.4
30.	991	265	266.8	-1.8	1.6
31.	1,060	273	274.0	-1.0	0.6
32.	880	251	255.2	-4.2	-3.7
33.	1,050	279	273.0	6.0	2.3
34.	995	266	267.3	-1.3	1.1
35.	1,250	297	293.9	3.1	4.2
36.	1,170	283	285.5	-2.5	1.7
37.	1,258	293	294.7	-1.7	0.0
38.	1,274	298	296.4	1.6	1.6

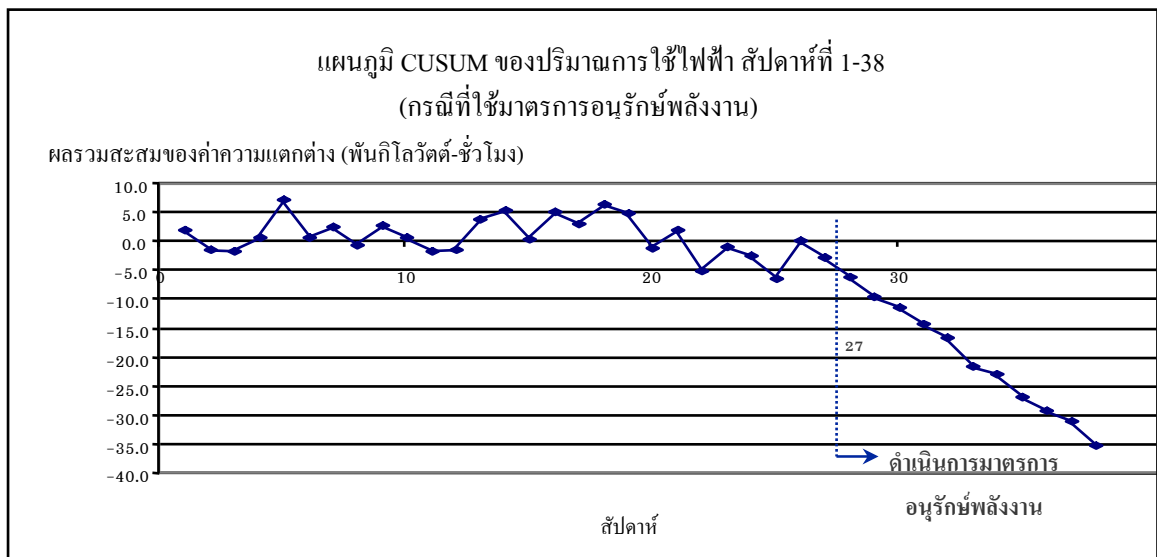


รูปที่ 2.34 แผนภูมิ CUSUM ของปริมาณการใช้ไฟฟ้า สัปดาห์ที่ 1-38

แผนภูมิ CUSUM จากชุดข้อมูลตัวอย่างนี้ แสดงให้เห็นถึงผลรวมสะสมของค่าความแตกต่างของปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริง และปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ย ที่มีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอยู่ในช่วงใกล้ๆ ศูนย์ ตลอดช่วงเวลา ซึ่งแสดงถึงการผลิตที่เป็นปกติ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือความผิดปกติที่ชัดเจนเกิดขึ้นในกระบวนการ ในกรณีที่การเปลี่ยนแปลงในกระบวนการผลิตหรือการทำงานเกิดขึ้นซึ่งทำให้ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานเปลี่ยนแปลงไปจากช่วงเวลา ที่มีการผลิตหรือการทำงานตามปกติ ที่ใช้ในการหาเส้นตรงปริมาณการใช้พลังงานโดยเฉลี่ย แผนภูมิ CUSUM จะแสดงให้เห็นถึงค่าผลรวมสะสมของค่าความแตกต่างที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างชัดเจน จากข้อมูลตัวอย่าง ถ้าในสัปดาห์ที่ 27 โรงงานมีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิต ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ดีขึ้น ดังข้อมูลที่แสดงในตาราง

ตอนที่ 3 บทที่ 2 การตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า

สัปดาห์	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณ การใช้ไฟฟ้า (พันกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณ การใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย (พันกิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ค่า ความแตกต่าง	ผลรวม สะสมของ ค่าความ แตกต่าง
27.	1,250	291	293.9	-2.9	-2.9
28.	1,255	291	294.4	-3.4	-6.3
29.	1,034	268	271.3	-3.3	-9.6
30.	991	265	266.8	-1.8	-11.4
31.	1,060	271	274.0	-3.0	-14.4
32.	880	253	255.2	-2.2	-16.7
33.	1,050	268	273.0	-5.0	-21.7
34.	995	266	267.3	-1.3	-22.9
35.	1,250	290	293.9	-3.9	-26.8
36.	1,170	283	285.5	-2.5	-29.3
37.	1,258	293	294.7	-1.7	-31.0
38.	1,274	292	296.4	-4.4	-35.4



รูปที่ 2.35 แผนภูมิ CUSUM ของปริมาณการใช้ไฟฟ้า สัปดาห์ที่ 1-38

แผนภูมิ CUSUM แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 27 ซึ่งเริ่มมีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานเป็นต้นไป ผลรวมสะสมของค่าความแตกต่างของปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งแสดงว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 27 เป็นต้นไป ที่ปริมาณการผลิตเท่ากับปริมาณการใช้ไฟฟ้าจริงมีค่าน้อยกว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยในช่วงเวลาปกติ

นอกจากการตรวจติดตามการใช้พลังงานแล้ว แผนภูมิ CUSUM ยังแสดงถึงปริมาณการใช้พลังงานที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้นจากปริมาณการใช้ไฟฟ้าตามปกติ

จากตัวอย่าง แผนภูมิ CUSUM แสดงค่าผลรวมสะสมของค่าความแตกต่างของปริมาณการใช้ไฟฟ้า ณ สัปดาห์ที่ 38 เท่ากับ 35,400 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ซึ่งหมายความว่า หลังจากดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานมาเป็นระยะเวลา 11 สัปดาห์ (สัปดาห์ที่ 27-38) สามารถลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าจากปกติ (สัปดาห์ที่ 1-26) ได้เท่ากับ 35,400 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ในทางกลับกัน ถ้าในสัปดาห์ที่ 27 โรงงานมีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตทำให้เกิดการสูญเสียพลังงาน แผนภูมิ CUSUM ก็จะแสดงค่าผลรวมสะสมของค่าความแตกต่างของปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ เพิ่มขึ้นจากช่วงเวลาปกติ



รูปที่ 2.36 แผนภูมิ CUSUM ของปริมาณการใช้ไฟฟ้า สัปดาห์ที่ 1-38

กรณีที่เกิดความผิดปกติในกระบวนการผลิต

แผนภูมิการกระจายและแผนภูมิ CUSUM เป็นเทคนิคที่มีประโยชน์ ในการตรวจติดตามการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่องของโรงงานหรืออาคาร แต่มีสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณา คือ

1. ชุดข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานโดยเฉลี่ย จะต้องมีจำนวนมากเพียงพอและทันสมัย เพื่อให้สามารถใช้เป็นตัวแทนของลักษณะการใช้พลังงานของโรงงานหรืออาคาร ตามช่วงเวลาปกติได้

2. ในกรณีที่โรงงานหรืออาคารมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือลักษณะการทำงาน หรือการใช้งานที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการใช้พลังงาน จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานที่สะท้อนถึงการใช้พลังงานของโรงงานหรืออาคาร หลังจากที่มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงแล้ว เพื่อที่จะได้นำมาปรับการคำนวณหาปริมาณการใช้พลังงานโดยเฉลี่ย สำหรับการตรวจติดตามการใช้พลังงานในอนาคตต่อไป

3. การทำแผนภูมิการกระจาย และแผนภูมิ CUSUM แยกสำหรับพลังงานที่ใช้แต่ละประเภท จะทำให้สามารถตรวจติดตามการใช้พลังงานได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

การตรวจติดตามการใช้พลังงาน จะนำไปสู่การตรวจสอบถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อปริมาณการใช้พลังงาน ปัจจัยเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้พลังงานและการผลิต และควรจะนำมาพิจารณาในการวิเคราะห์ความเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพพลังงาน ตัวอย่างของปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่

ไฟฟ้า

- ปริมาณที่ผลิตได้ (น้ำหนัก, ปริมาตร, จำนวน)
- ชั่วโมงการใช้งาน/การทำงาน
- ภูมิอากาศ

เชื้อเพลิง (ก๊าซ, น้ำมัน, ถ่านหิน, อื่น ๆ)

- ปริมาณที่ผลิตได้ (น้ำหนัก, ปริมาตร, จำนวน)
- ภูมิอากาศ
- ไอน้ำที่ผลิตได้

ประเด็นสำคัญที่ต้องพิจารณาในกระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

- ใบเสร็จค่าพลังงานรายเดือนบางประเภทจะมีข้อมูลที่ไม่ละเอียดพอที่จะนำไปใช้ในการจัดการพลังงาน
- การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยคน จะเป็นทางเลือกที่ราคาถูก แม้ว่าความแม่นยำไม่สม่ำเสมอนัก
- การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยคน และใช้ตัวเก็บบันทึกข้อมูลจะให้ความแม่นยำที่สูงขึ้น และสามารถถ่ายข้อมูลที่บันทึกไว้ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง
- การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยอัตโนมัติทั้งหมดจะมีข้อดี คือ ความถี่ของการอ่านค่ามิเตอร์ที่เพิ่มขึ้น ความผิดพลาดของค่าและเวลาการอ่านลดลง แต่มีข้อเสียคือมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งสูง

2. ความถี่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- จะต้องรักษาความสมดุลระหว่างการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มากเกินไป ซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายสูงและการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ไม่เพียงพอ ซึ่งทำให้ไม่สามารถตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายพลังงาน ในบางช่วงเวลาได้

การเสียค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมข้อมูลมากกว่ามูลค่าที่ประหยัดได้จากการใช้ข้อมูล เป็นสิ่งที่ไม่ควรกระทำ

สิ่งที่ต้องคำนึงระหว่างการตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงาน

ในระหว่างการตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงาน ที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงาน จะพยายามชี้ให้เห็น โอกาสในการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอุปกรณ์และบริเวณต่างๆ รายการอุปกรณ์หรือบริเวณที่มีศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานมีดังนี้

- 1) มอเตอร์และชุดขับ
 - มีการบำรุงรักษาที่เหมาะสมหรือไม่
 - มอเตอร์ที่ใช้มีขนาดใหญ่เกินไปหรือไม่
 - มีการเปิดมอเตอร์ทิ้งไว้ โดยไม่มีภาระ (Load) เป็นเวลานานหรือไม่
 - มีโอกาสที่จะติดตั้งตัวปรับความเร็วมอเตอร์
 - หรือใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงหรือไม่
- 2) เครื่องทำน้ำเย็น
 - อุปกรณ์มีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอหรือไม่
 - การหุ้มฉนวนเหมาะสมตามมาตรฐานหรือไม่
 - ระดับภาระการทำความเย็นต่ำสุดแล้วหรือไม่
 - มีโอกาสปรับปรุงระบบควบคุมหรือไม่
 - การทำงานของอุปกรณ์เป็นไปตามข้อกำหนด และใช้งานในสภาวะที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุดหรือไม่
- 3) ระบบปรับอากาศ
 - มีการบำรุงรักษาตามข้อกำหนดของผู้ผลิตหรือไม่
 - มีการรั่วของอากาศหรือไม่
 - ระบบควบคุมเหมาะสมหรือไม่
 - มีส่วนของระบบจ่ายลมที่ติดตั้งเกินความต้องการหรือไม่ ถ้ามีสามารถรี้ออกได้หรือไม่

- 4) ห้องเย็น
 - ลดช่วงการละลายน้ำแข็งให้ต่ำสุดได้หรือไม่
 - การหุ้มฉนวนเหมาะสมหรือไม่
 - มีการติดตั้งอุปกรณ์ปิดประตูอัตโนมัติที่ประตูหรือไม่
- 5) ระบบแสงสว่าง
 - สามารถที่จะปิดไฟซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้งานได้บ้างหรือไม่
 - สามารถเปลี่ยนใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูงแทนหลอดปัจจุบันได้หรือไม่
 - สามารถเปลี่ยนใช้แผ่นสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูง สำหรับโคมไฟในบริเวณที่เหมาะสมได้หรือไม่
 - สามารถใช้ระบบควบคุมสำหรับระบบแสงสว่างได้หรือไม่
 - สามารถใช้แสงสว่างจากภายนอกให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้อย่างไร
- 6) กรอบอาคาร
 - ประเมินสภาพคุณสมบัติฉนวนของหลังคา ผนัง และพื้น
 - มีการใช้ระบบปิดประตูอัตโนมัติในบริเวณที่มีการใช้ระบบปรับอากาศหรือไม่
 - มีรอยรั่วของอาคารซึ่งจะทำให้ภาระการทำความเย็นเพิ่มขึ้นหรือไม่
- 7) ระบบปรับอากาศ
 - มีการปรับปริมาณลมที่เหมาะสมกับความต้องการในบริเวณต่างๆ หรือไม่
 - สามารถลดชั่วโมงการทำงานลงได้หรือไม่
 - การใช้งานระบบสอดคล้องกับปริมาณผู้อยู่อาศัยหรือไม่
 - มีการบำรุงรักษาระบบตามข้อกำหนดของผู้ผลิตหรือไม่

2.7 การวิเคราะห์ด้านไฟฟ้า

ครอบคลุมการประเมินในเรื่องดังต่อไปนี้

- 1) ภาระของหม้อแปลงไฟฟ้า
 - มีโอกาสที่จะตัดไฟจ่ายหม้อแปลงในช่วงที่ไม่มีการใช้งานได้หรือไม่
 - พิจารณาว่าสามารถถอดหม้อแปลงบางลูกที่ไม่ได้ใช้งานออกจากระบบได้หรือไม่
- 2) ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
 - เพื่อลดความสูญเสียขณะมีภาระของหม้อแปลงไฟฟ้า
 - เพื่อลดความสูญเสียในระบบจ่าย
- 3) ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
 - เพื่อเสนอแนะทางเลือกในการลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดโดยการจัดการทำงานของเครื่องจักรให้เหมาะสม

- เพื่อพิจารณาการใช้อุปกรณ์ควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด
- 4) ศักยภาพในการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงเพื่อลดแรงดันไฟฟ้าที่สูงเกินไปพิจารณาโอกาสในการลดขนาดของมอเตอร์ลงตามความเหมาะสม
- 5) ระบบแสงสว่าง โดยพิจารณาดังนี้
 - เปลี่ยนไปใช้หลอดประสิทธิภาพสูง
 - นำแสงสว่างจากภายนอกเข้ามาใช้งานในบริเวณที่เหมาะสม
- 6) เครื่องปรับอากาศ
 - คำนวณค่าใช้จ่ายที่เสียไปจากการรั่ว
 - ตรวจสอบขนาดถึงความดันให้เหมาะสมกับความต้องการ
- 7) ระบบปรับอากาศ
 - สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ลมกลับและอากาศจากภายนอกได้หรือไม่?
 - มีแนวทางในการใช้ระบบปรับปริมาณลมหรือไม่
(Variable Air Flow System)
 - ความเหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบเข้ากับปั้มน้ำหล่อเย็น
 - สามารถเปลี่ยนใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงกับเครื่องทำน้ำเย็นได้หรือไม่?

2.8 การกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน (Identification of energy conservation measures)

ในการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานควรพิจารณาสิ่งต่างๆดังต่อไปนี้

2.8.1 ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโรงงานทั่วไป มีดังนี้

- 1) จำนวนคนงาน
- 2) พื้นที่ส่วนการผลิต
- 3) พื้นที่ผนังและหน้าต่าง
- 4) โครงสร้างของหลังคา
- 5) ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ
- 6) ประสิทธิภาพของระบบแสงสว่าง
- 7) ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ
- 8) ระบบผลิตและจ่ายไอน้ำ
- 9) ระบบทำความเย็น
- 10) อุปกรณ์ในกระบวนการผลิต
- 11) อื่น ๆ

สำหรับอาคารและโรงงานลักษณะเฉพาะอื่น ๆ อาจมีตัวแปรอื่นๆ ที่มีความสำคัญเพิ่ม

เติมด้วย

2.8.2 มาตรฐานการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร :

1) การใช้ไฟฟ้าส่องสว่าง

กฎกระทรวง (พ.ศ.2538) หมวด 3 ข้อ 4 กำหนดว่าความส่องสว่างในอาคารจะต้องมีระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอ

อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคาร โดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ จะต้องใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกินค่าดังต่อไปนี้

ประเภทของอาคาร	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน)
(ก) สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษาและโรงพยาบาล/สถานพักฟื้น	16
(ข) ร้านขายของ ซูเปอร์มาร์เก็ต หรือ ศูนย์การค้า (2)	23

(1) อาคารที่มีการใช้งานหลายลักษณะให้ใช้ค่าในตารางตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน

(2) รวมถึงไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปที่ใช้ในการโฆษณาเผยแพร่ สินค้า ยกเว้นที่ใช้ในตู้กระจกแสดงสินค้า

2) ระบบปรับอากาศ

กฎกระทรวง (พ.ศ.2538) หมวด 3 ข้อ 5 กำหนดมาตรฐานการปรับอากาศในอาคารควบคุมไว้แบ่งเป็น 2 ส่วนดังนี้

- เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ
- เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารจะต้องมีกำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ภาระเต็มพิกัด (Full Load) หรือที่ภาระใช้งานจริง (Actual Load) ไม่เกินกว่าค่าตามตารางดังต่อไปนี้

- เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	อาคารเก่า (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)
ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)		
ขนาดไม่เกิน 250 ตันความเย็น	0.75	0.90
ขนาดเกินกว่า 250 ตันความเย็น ถึง 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. เครื่องทำน้ำเย็นแบบเป็นชุด (Package Unit)	0.88	1.06
ง. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (Screw Chiller)	0.70	0.84

- เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	อาคารเก่า (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)
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. เครื่องทำน้ำเย็นแบบเป็นชุด (Package Unit)	1.37	1.58
ง. เครื่องทำความเย็นแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน (Window/Split Type)	1.40	1.61

2.8.3 มาตรฐานการใช้พลังงานในโรงงาน : ระบบปรับอากาศ (ร่างกฎกระทรวง)

ค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นที่ภาระเต็มพิกัดของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ ต้องมีค่าไม่เกินที่กำหนดในตาราง

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	โรงงานใหม่ (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	โรงงานเก่า (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)
ก. เครื่องทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)		
ขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 250 ตันความเย็น	0.75	0.90
ขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 251 ตันความเย็น ถึง 500 ตันความเย็น	0.70	0.84
ขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 501 ตันความเย็นขึ้นไป	0.67	0.80
ข. เครื่องทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)		
ขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 35 ตันความเย็น	0.98	1.18
ขนาดมากกว่า 35 ตันความเย็น	0.91	1.10
ค. เครื่องแบบเป็นชุด (Package Unit)	0.88	1.06
ง. เครื่องทำน้ำเย็นแบบสกรู (Screw Chiller)	0.70	0.84

ค่าพลังไฟฟ้าต่อต้านความเย็นที่ภาระเต็มพิกัดของเครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ ต้องมีค่าไม่เกินที่กำหนดในตาราง

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	โรงงานใหม่ (กิโลวัตต์ต่อต้านความเย็น)	โรงงานเก่า (กิโลวัตต์ต่อต้านความเย็น)
ก. เครื่องทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Chiller)		
ขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 250 ตันความเย็น	1.40	1.61
ขนาดมากกว่าหรือเท่ากับ 251 ตันความเย็น	1.20	1.38
ข. เครื่องทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Chiller)		
ขนาดน้อยกว่าหรือเท่ากับ 50 ตันความเย็น	1.30	1.50
ขนาดมากกว่า 51 ตันความเย็น	1.25	1.44
ค. เครื่องแบบเป็นชุด (Package Unit)	1.37	1.58
ง. เครื่องแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน (Window/Split Type)	1.40	1.61

2.8.4 รูปแบบการทำงานในการตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบและตรวจวัดควรมีการจัดทำเป็นฐานข้อมูลหรืออย่างน้อยควรมีการจดบันทึก ซึ่งจะเป็นส่วนช่วยให้สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้รูปแบบการทำงานควรมีองค์ประกอบดังนี้

- 1) ครอบคลุมเทคโนโลยีการใช้พลังงานทั้งหมดในโรงงาน
- 2) สะท้อนการทำงานภายในโรงงานวันต่อวันได้อย่างแท้จริง (หรืออย่างน้อยที่สุดคือเป็นสัปดาห์ต่อสัปดาห์)
- 3) ควรจะสามารถคาดการณ์การใช้พลังงานของโรงงานในสถานการณ์ปกติได้
- 4) ควรเน้นให้เห็นถึงแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพในการปรับปรุงและแสดงให้เห็นผลกระทบต่อการใช้พลังงานโดยรวมด้วย

2.8.5 การดำเนินการภายหลังการตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงาน

ภายหลังการตรวจสอบและตรวจวัดการใช้พลังงาน และศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานที่ผ่านมาเสร็จสิ้นแล้ว ที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานที่มีประสบการณ์จะสามารถระบุ

- 1) ข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตหรือในโรงงานได้
- 2) เทคนิคการดำเนินการที่ควรปรับปรุง
- 3) การจัดขั้นตอนและการจัดการทำงานที่ด้อยประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานจะสามารถตรวจสอบการบันทึกข้อมูลของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานในรูปแบบฟอร์มต่างๆ ได้

สำหรับอาคาร

- บพอ. 1 (กฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2538) หมวด 1 ข้อ 2) และ บพอ. 2 (กฎกระทรวงฉบับที่ 2 (พ.ศ. 2538) หมวด 2 ข้อ 4) โดยเป็นการตรวจสอบความถูกต้องในการกรอกข้อมูล

สำหรับโรงงาน

- บพร.1 (กฎกระทรวงฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2540) หมวด 1 ข้อ 2) และ บพร. 2 (กฎกระทรวงฉบับที่ 5 (พ.ศ. 2540) หมวด 2 ข้อ 4) โดยเป็นการตรวจสอบความถูกต้องในการกรอกข้อมูล

2.8.6 ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

โอกาสในการอนุรักษ์พลังงานมีดังนี้

อาคาร

- 1) ปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศ
- 2) ลดความร้อนจากแสงอาทิตย์
- 3) ปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบแสงสว่าง
- 4) ปรับตั้งการทำงานของอุปกรณ์ให้เหมาะสม
- 5) เลือกใช้วัสดุก่อสร้างที่ช่วยอนุรักษ์พลังงาน
- 6) การจัดให้มีการบำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างเหมาะสม
- 7) อื่นๆ

โรงงาน

- 1) การนำความร้อนกลับมาใช้ใหม่
- 2) ปรับปรุงระบบควบคุม
- 3) ปรับปรุงประสิทธิภาพของมอเตอร์
- 4) การหุ้มฉนวนสำหรับอุปกรณ์ด้านความร้อน
- 5) การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้
- 6) การจัดให้มีการบำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างเหมาะสม
- 7) อื่นๆ

ตัวอย่างที่ 2.5 : การตรวจวัดข้อมูลก่อนการลงทุน

ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานของศูนย์การค้าขนาดใหญ่แห่งหนึ่งได้ดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานของระบบปรับอากาศของศูนย์การค้าอย่างละเอียด

โดยมีข้อมูลทั่วไปดังต่อไปนี้

- เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำมีขนาด 300 ตันความเย็น
- หอผึ่งน้ำและปั้มน้ำมีขนาดตามเครื่องทำน้ำเย็น
- ระบบปรับอากาศจะทำงานระหว่าง 09:30-20:00 น.
- เงินลงทุนในการทำความสะอาดคอนเดนเซอร์เท่ากับ 60,000 บาท

การวิเคราะห์ข้อมูลที่วัดอย่างละเอียดจากเครื่องทำน้ำเย็นแสดงให้เห็น

จุดการวัด	ตัวแปรที่วัด	เครื่องทำน้ำเย็น	
		ค่าจากการตรวจวัด	ตามข้อกำหนดรายละเอียด
น้ำเย็น	อุณหภูมิเข้า (องศาเซลเซียส)	12.1	12.0
	อุณหภูมิออก (องศาเซลเซียส)	8.2	7.0
	อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)	48.3	45.4
น้ำหล่อเย็น	อุณหภูมิเข้า (องศาเซลเซียส)	31.3	32.5
	อุณหภูมิออก (องศาเซลเซียส)	36.1	38.0
	อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)	47.4	57.0
สารทำความเย็น	อุณหภูมิอีแวปโปเรเตอร์ (องศาเซลเซียส)	4.1	-
	อุณหภูมิคอนเดนเซอร์ (องศาเซลเซียส)	40.5	-
	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	171.0	177.0
ภาระการทำความเย็น (ตันความเย็น)		222.9	300.0
สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น (กิโวลต์/ตันความเย็น)		0.7	0.5

หมายเหตุ : ตามข้อกำหนดรายละเอียดของอุปกรณ์ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิ ระหว่างสารทำความเย็นของคอนเดนเซอร์และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น ด้านนอกมีค่าประมาณ 1.5 องศาเซลเซียส

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจะเห็นว่า สมรรถนะการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็นจะไม่เป็นไปตามที่ระบุไว้ในข้อกำหนดรายละเอียดของเครื่อง ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างน้ำเย็นขาออกและสารทำความเย็นที่อีแวปโปเรเตอร์มีค่าเท่ากับ 4.05 องศาเซลเซียส ค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างสารทำความเย็นและน้ำหล่อเย็นขาออกที่คอนเดนเซอร์มีค่าเท่ากับ 4.45 องศาเซลเซียส จากข้อกำหนดรายละเอียดของเครื่องทำน้ำเย็น คอนเดนเซอร์ควรที่จะมีค่าความแตกต่างอุณหภูมิระหว่างสารทำความเย็นและน้ำขาออกประมาณ 1.5 องศาเซลเซียส ค่าความแตกต่างอุณหภูมิที่สูงขึ้นแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนที่ต่ำลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากการอุดตันของคอนเดนเซอร์ภายในเครื่องทำน้ำเย็น จากประสบการณ์ที่ผ่านมา ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานพบว่า การทำความสะอาดคอนเดนเซอร์จะสามารถปรับปรุงสมรรถนะของเครื่อง ทำน้ำเย็นชุดนี้ได้จนมีค่าประมาณ 0.70 กิโลวัตต์/ตันความเย็น

จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามารถคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อปีของระบบปรับอากาศ (สมมติให้ค่าไฟฟ้า ต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง = 2.75 บาท)

- พลังงานไฟฟ้าต่อปี
- = สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น x ภาระการทำความเย็น x ชั่วโมงทำงานต่อปี
- = 0.77 กิโลวัตต์/ตันความเย็น x 222.95 ตันความเย็น x 10.5 ชม./วัน x 365 วัน/ปี
- = 657,931 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
- ค่าไฟฟ้าต่อปี
- = พลังงานไฟฟ้าต่อปี x ค่าไฟฟ้า
- = 657,931 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี x 2.75 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
- = 1,809,310.25 บาท/ปี

หลังจากการล้างสิ่งอุดตันที่คอนเดนเซอร์

$$\begin{aligned}
 &= 0.70 \text{ กิโลวัตต์/ตันความเย็น} \times 222.95 \text{ ตันความเย็น} \times 10.5 \text{ ชม./วัน} \times 365 \text{ วัน/ปี} \\
 &= 598,119 \text{ กิโลวัตต์-ชม./ปี} \\
 &= 598,119 \text{ กิโลวัตต์-ชม./ปี} \times 2.75 \text{ บาท/ กิโลวัตต์-ชม.} \\
 &= 1,644,827.25 \text{ บาท/ปี}
 \end{aligned}$$

ผลการประหยัดต่อปี

- พลังงานไฟฟ้า = 657,931 - 598,119
= 59,812 กิโลวัตต์-ชม./ปี
- ค่าไฟฟ้า = 1,809,310.25 - 1,644,827.25
= 164,483 บาท/ปี

การลงทุน

- ค่าลงทุนทั้งหมด 60,000 บาท
- การคืนทุน = ค่าลงทุน/ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดต่อปี
- การคืนทุน = 60,000 / 164,483
- ระยะเวลาคืนทุน = 0.36 ปี

จากการตรวจวัดระบบปรับอากาศของศูนย์การค้าแห่งนี้ ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามารถที่จะหาศักยภาพในการประหยัดพลังงานที่สำคัญได้ โดยการเสียค่าใช้จ่าย 60,000 บาท ในการทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นปีละหนึ่งครั้ง จะทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้ 125,605 บาท/ปี ซึ่งจะสามารถคืนทุนได้ภายในเวลาครึ่งปี และลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้เกือบ 6 หมื่นกิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

ตัวอย่างที่ 2.6 : ผลกระทบของข้อมูลที่ตรวจวัดกับการประมาณการประหยัด

โรงงานทอผ้าแห่งหนึ่ง ซึ่งมีค่าไฟฟ้าต่อปี 1.5 ล้านบาท ติดตั้งระบบทำให้แห้งใหม่โดยใช้อินฟราเรด ซึ่งผู้ผลิตอ้างว่าจะประหยัดได้ 30% เมื่อเทียบกับระบบอบแห้งเดิม ค่าลงทุนของระบบคือ 1.35 ล้านบาท

ระยะเวลาคืนทุนโดยประมาณ สามารถหาได้โดย

- 1,500,000 บาท x (30/100) = 450,000 บาท/ปี
- 1,350,000 / 450,000 = 3 ปี

จากข้อมูลข้างต้น เจ้าของโรงงานคาดว่าจะประหยัดค่าพลังงานได้ 450,000 บาท/ปี โดยใช้ระยะเวลาคืนทุน 3 ปี

ในการติดตั้งระบบอินฟราเรดนี้ ผู้จำหน่ายอุปกรณ์จะต้องติดตั้งมิเตอร์วัดไฟฟ้าด้วย

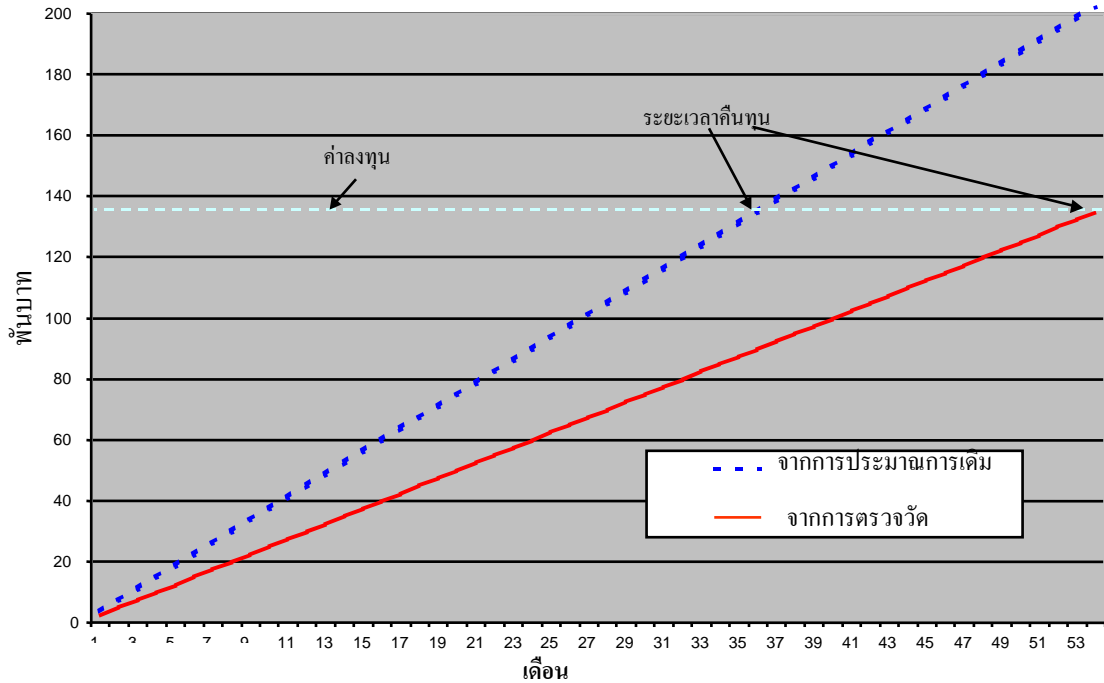
มิเตอร์ได้บันทึกและให้ผลการประหยัดเพียง 20% จากระบบเดิม มูลค่าการประหยัดที่ลดลงนี้ทำให้ระยะเวลาคืนทุนยาวขึ้นเป็น

- 1,500,000 บาท x (20/100) = 300,000 บาท/ปี
- 1,350,000 บาท / 300,000 บาท/ปี = 4.5 ปี

ถ้าไม่มีมิเตอร์ที่จะอ่านค่าก็คงจะไม่สามารถที่จะตรวจพบปัญหานี้ได้ จะเห็นได้ว่าระยะเวลาคืนทุนได้ยืดออกเป็น 4.5 ปี ซึ่งแสดงดังกราฟ

ผู้ผลิตเครื่องทำให้แห้งได้ถูกสั่งให้ดำเนินการตรวจสอบและปรับปรุงระบบให้เป็นไปตามที่อ้างไว้ในตอนต้น

จากกราฟข้างล่างนี้ จะเห็นได้ว่าการประมาณเดิมน่าจะมีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่าความเป็นจริงมาก



จากกราฟ จะเห็นได้ว่าการประมาณเดิมน่าจะมีระยะเวลาคืนทุนสั้นกว่าความเป็นจริงมาก

อย่างไรก็ตาม นอกจากความแม่นยำถูกต้องของเครื่องมือวัดแล้ว การใช้งานที่ถูกต้อง และการนำค่าที่ได้จากการตรวจวัดไปใช้อย่างเหมาะสม ก็เป็นสิ่งสำคัญในการที่จะทำให้เกิดการจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ตัวอย่าง 2.7 โรงงานทอผ้าแห่งหนึ่งตระหนักถึงค่าไฟฟ้าที่มีค่าสูงเกินไป ดังนั้น จึงได้มอบหมายให้ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานหาสาเหตุ โดยพิจารณาว่า การใช้พลังงานในโรงงานแต่ละส่วนเป็นอย่างไร สองสัปดาห์ผ่านไป ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานได้ทำการตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือวัดอย่างง่ายพร้อมกับทำการศึกษาถึงค่าใช้จ่ายจากใบเสร็จค่าไฟฟ้า

ผู้จัดการได้ขอให้พนักงานทุกคน ทำการจดบันทึกการเปิด-ปิดเครื่องจักร รวมถึงเวลาการพักช่วงขณะในกระบวนการผลิตด้วย ค่าไฟฟ้ารวมของโรงงานที่ปรากฏในใบเรียกเก็บค่าไฟ คือ 530,000 บาทต่อเดือน

ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานพบว่า มีการเปิดเครื่องจักรทิ้งไว้ในช่วงเวลาที่รวมทั้งในเวลา กลางคืนที่ไม่มีการผลิต แต่ยังมีการใช้พลังงาน คิดเป็น 20% ของช่วงเวลากลางวันที่มีการผลิต

ดังนั้น ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานจึงได้แนะนำผู้จัดการฝ่ายผลิต ให้กำชับพนักงานแต่ละส่วนให้ปิดเครื่องจักรที่ไม่ได้ใช้งานพร้อม กับติดตั้งอุปกรณ์ตั้งเวลาในบางเครื่องจักร ให้เปิด-ปิดตามเวลา

ที่ต้องการ ราคาของอุปกรณ์ตั้งเวลาเท่ากับ 80,000 บาท เมื่อผ่านไป 1 เดือนหลังจากที่พนักงานทุกคนได้ร่วมมือกันปฏิบัติตามที่มีการณรงค์และทำการติดตั้งอุปกรณ์ตั้งเวลาในบางเครื่องจักรแล้ว ค่าไฟฟ้าได้ลดลงเป็น 410,000 บาทต่อเดือน จากผลการปฏิบัตินี้ เจ้าของโรงงานสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ถึง 120,000 บาท ซึ่งเป็นการลงทุนที่ให้ผลตอบแทนโดยมีระยะเวลาคืนทุนเพียง 24 วันเท่านั้น

ตัวอย่าง 2.8 การเปลี่ยนแปลงครั้งนี้ เจ้าของกิจการมีความมั่นใจว่าจะสามารถประหยัดเงินได้ถึง

1.9 ล้านบาทต่อปี การติดตั้งเตาหลอมใหม่นี้ไม่เพียงแต่เป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าเท่านั้น แต่ยังเป็น การปรับปรุงในเรื่องของกระบวนการผลิต ปรับปรุงสิ่งแวดล้อมและยังได้ผลิตภัณฑ์คุณภาพที่ดีขึ้น รวมทั้ง ลดปริมาณของเสียได้ด้วย จากการประหยัดในครั้งนี้ โรงงานได้เงินลงทุนคืนมาภายในระยะเวลา 2.5 ปี

ตัวอย่างของปัญหาซับซ้อน

ตัวอย่าง 2.9 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานของโรงงานแห่งหนึ่ง ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์การใช้ พลังงาน โดยละเอียดของระบบปรับอากาศและภาระการทำความร้อน ข้อมูลทั่วไปจากการศึกษามี ดังต่อไปนี้ :

- เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ มีความสามารถในการทำความเย็น 300 ตันทำความเย็น
- หอระบายความร้อนและปั๊มน้ำมีขนาดที่สอดคล้องกับเครื่องทำน้ำเย็น
- ระบบปรับอากาศ มีการทำงาน 24 ชั่วโมง
- ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานยังได้ระบุว่าภาระการทำความร้อนจะลดลงครึ่งหนึ่ง ระหว่างเวลา 12:00-13:00 น. และระหว่าง 20:00-08:00 น. วันจันทร์ถึงวันอาทิตย์

รายละเอียดการวิเคราะห์ แสดงถึง สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น ได้ดังนี้

จุดตรวจวัด	ค่าตรวจวัด	เครื่องทำน้ำเย็นหมายเลข			
		CH-1	CH-2	CH-3	พิกัด
น้ำเย็น	อุณหภูมิน้ำเข้า (องศาเซลเซียส)	12.10	11.98	12.22	12.22
	อุณหภูมิน้ำออก (องศาเซลเซียส)	8.22	8.17	8.78	6.67
	อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)	48.30	49.50	51.60	45.40
น้ำระบายความร้อน	อุณหภูมิน้ำเข้า (องศาเซลเซียส)	31.37	31.78	31.00	32.22
	อุณหภูมิน้ำออก (องศาเซลเซียส)	36.11	36.39	35.67	37.78
	อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)	47.40	48.30	45.20	56.78
สารทำความเย็น (134a)	อุณหภูมิไอแวกโปรเตอร์ (องศาเซลเซียส)	4.17	4.17	4.44	-
	อุณหภูมิกอนเดนเซอร์ (องศาเซลเซียส)	40.56	40.83	40.28	-
กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	171.00	168.00	161.00	177.00
ภาระการทำความร้อน (ตันทำความเย็น)		222.95	224.60	211.31	300.00
สมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็น (กิโลวัตต์/ตันทำความเย็น)		0.77	0.7	0.76	0.59

ค่ากิโลวัตต์/ตันความเย็น มีค่าสูงเกินกว่าค่าพิกัด ซึ่งเหตุผลหลักเกิดจากการมีตะไคร่และตะกรันติดอยู่ภายในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน อุณหภูมิแตกต่างกันเล็กน้อยสำหรับด้านทำความเย็นเท่ากับ 4.13 องศาเซลเซียส (ค่าเฉลี่ยจากความแตกต่างอุณหภูมิน้ำเย็นออกกับอุณหภูมิ อีแวปโปเรเตอร์) และเท่ากับ 4.5 องศาเซลเซียส (ค่าเฉลี่ยจากความแตกต่างอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนออกกับอุณหภูมิคอนเดนเซอร์) สำหรับด้านหล่อเย็น เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชุดใหม่จะมีค่าอุณหภูมิแตกต่างประมาณ 1.5 องศาเซลเซียส

อัตราการไหลของลม : อากาศจากภายนอกที่ถูกดูดเข้ามาในระบบมีสภาพดังนี้

- อัตราการไหล 24,000 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาทีโดยประมาณ
- อุณหภูมิ 26.5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 60% โดยประมาณ
- อุณหภูมิภายในพื้นที่ปรับอากาศ 24.5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 50% โดยประมาณ

จากสภาพการทำงานภายในโรงงานทำให้ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน คำนวณได้ว่าภาวะปรับอากาศสามารถลดลงได้ครั้งหนึ่ง ระหว่างเวลา 12:00 – 13:00 น. และ ระหว่าง 20:00-08:00 น. วันจันทร์ถึงวันอาทิตย์

จากข้อมูลเหล่านี้ ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานคำนวณได้ว่า สามารถลดอัตราการไหลของลมลงได้ถึงครั้งหนึ่งในช่วงเวลาดังกล่าว

การปรับปรุงสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น : กรณีศึกษา

การปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องทำน้ำเย็นทำได้โดยการกำจัดตะไคร่และตะกรันออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประมาณไว้ว่าการปรับปรุงจะเพิ่มสมรรถนะได้ประมาณ 10%

การวิเคราะห์การปรับปรุงสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น

รายละเอียด	เครื่องทำน้ำเย็น		
	CH-1	CH-2	CH-3
ภาระการทำน้ำเย็น (ตันความเย็น)	222.95	224.60	211.31
สมรรถนะก่อนการล้างทำความสะอาด (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	0.77	0.75	0.76
สมรรถนะหลังการล้างทำความสะอาด (กิโลวัตต์/ตันความเย็น)	0.65	0.65	0.65
กำลังไฟฟ้าลดลง (กิโลวัตต์)	26.75	22.4	23.24
พลังงานไฟฟ้าลดลง (กิโลวัตต์/ตันความเย็น) (24 ชั่วโมงต่อวัน, 350 วันต่อปี, เปอร์เซนต์การทำงาน)	134,820	113,198.4	117,129.6

การใช้กำลังไฟฟ้าลดลงทั้งสิ้น = 72.45 กิโลวัตต์

การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงทั้งสิ้น = 365,148 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

คิดเป็นผลการประหยัดทั้งสิ้น = 1,004,157 บาท/ปี

(ใช้ค่าพลังงานไฟฟ้า 2.75 บาท/กิโลวัตต์- ชั่วโมง)

การวิเคราะห์การลงทุนสำหรับเครื่องทำน้ำเย็น

ค่าล้างทำความสะอาด	=	70,000 บาท/ชุด
รวมค่าใช้จ่าย 3 ชุด	=	210,000 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	เงินลงทุน/ผลประหยัดต่อปี
	=	210,000 / 1,004,157
	=	0.209 ปี

การปรับปรุงอัตราการไหลของลม : กรณีศึกษา

การวิเคราะห์การปรับปรุงอัตราการไหลของลม โดยการปรับปริมาณอัตราการไหลของลมให้เหมาะสมกับภาระความต้องการโดยใช้ระบบปรับปริมาณลม (Variable air volume) จะลดการใช้พลังงานลงได้ ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีแผนที่จะลดอัตราการไหลของลมลง 50% ในช่วงเวลา 12:00-13:00 น. และช่วงเวลา 20:00 - 08:00 น. วันจันทร์ถึงวันอาทิตย์ โดยการคำนวณแสดงได้ดังนี้

- การลดลงของปริมาณลมหมุนเวียน (Fa)	=	12,000	ลบ.ฟุตต่อนาที
- เอนทาลปีของอากาศจากภายนอก (ho)	=	38.6	บีทียู/ปอนด์
- เอนทาลปีของอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ (hi)	=	28.8	บีทียู/ปอนด์
- ภาระการปรับอากาศลดลง	=	$4.45 \times Fa \times (ho - hi) / 12,000$	ตันความเย็น
	=	$4.45 \times 12,000 \times (38.6 - 28.8) / 12,000$	
	=	43.61	ตันความเย็น
• ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น	=	0.65	กิโลวัตต์/ตันความเย็น
• กำลังไฟฟ้าลดลง (0.65×43.61)	=	28.35	กิโลวัตต์
• ชั่วโมงการใช้งานลดลง	=	13×350	
	=	4,550	ชั่วโมง
• พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	$128,992$	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
• มูลค่าการประหยัด	=	$354,728$	บาท/ปี

การวิเคราะห์ผลการลงทุนสำหรับการปรับปรุงอัตราการไหลของลม

ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบปรับปริมาณลม	=	200,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	เงินลงทุน/ผลที่ประหยัดได้ต่อปี	
	=	$200,000 / 354,728$	
	=	0.56	ปี

การวิเคราะห์เพิ่มเติม : กรณีศึกษา

ผลการลงทุนจากการวิเคราะห์ทางการเงิน สามารถแสดงได้ดังนี้

- การลงทุนสำหรับการปรับปรุงสมรรถนะเครื่องทำน้ำเย็น
 - ค่าใช้จ่าย 210,000 บาท
 - ระยะเวลาคืนทุน 0.59 ปี

- การลงทุนสำหรับการปรับปรุงอัตราการใช้ของลม

- ค่าใช้จ่าย 200,000 บาท
- ระยะเวลาคืนทุน 0.56 ปี

ก่อนที่จะนำเสนอมาตรการ ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานจะต้องคำนึงถึงเรื่องอื่นๆ ดังนี้ :

- การปรับเปลี่ยนอัตราการใช้ของลมมีผลต่อกระบวนการผลิตหรือไม่
- ผู้รับเหมาจะสามารถรับประกันระยะเวลาแล้วเสร็จของงานได้หรือไม่
- ความเชื่อถือได้ (Reliability) ของอุปกรณ์เป็นอย่างไร
- จะมีการเปลี่ยนแปลงภาระความเย็นของระบบปรับอากาศอีกหรือไม่

ในระหว่างการดำเนินการปรับปรุง

การเปลี่ยนแปลงในระบบปรับอากาศในช่วงการผลิตปกติ ย่อมส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตแน่นอน ผลกระทบจากคุณภาพของระบบปรับอากาศที่ลดลงในช่วงปรับปรุง ไม่สามารถประเมินได้โดยง่าย ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามารถใช้ข้อมูลที่ผ่านมาในอดีต สำหรับกรณีที่ไม่สามารถจ่ายระบบปรับอากาศได้ตามต้องการว่า เคยมีผลกระทบต่อปริมาณการผลิตอย่างไร และใช้ข้อมูลดังกล่าวในการประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้

ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานจะต้องติดต่อประสานงานกับผู้จัดการแผนกต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อที่จะได้ทราบข้อมูลที่แน่ชัด

2.9 การจัดทำรายงาน (Report preparation)

ภายหลังจากดำเนินการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานแล้วเสร็จ ที่ปรึกษาด้านการอนุรักษ์พลังงานจะต้องจัดทำรายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น ตามแบบที่พลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานประกาศกำหนด เพื่อให้เจ้าของกิจการจัดส่งให้แก่กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงานต่อไป

ในรายงานจะประกอบไปด้วยข้อมูลหลักที่ได้จากการตรวจสอบและตรวจวัดดังนี้

- 1) ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานหรืออาคาร
- 2) รายละเอียดการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์
- 3) การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรการต่าง ๆ
- 4) การประเมินปัญหาอุปสรรคและความถูกต้องในการกรอกแบบ ส่งข้อมูลฯ (บพร. 1 และ บพอ. 1) และแบบบันทึกข้อมูล(บพร. 2 และ บพอ. 2)
- 5) การประเมินผลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ผลการลงทุนตลอดจนปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานที่ผ่านมา
- 6) การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการบริหารการอนุรักษ์พลังงาน
- 7) สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลจากรายงานนี้ ผู้บริหารควรจะทำกรวางแผนการปฏิบัติเพื่อขยายผลจากสิ่งที่ตรวจสอบได้

โดยทั่วไปการดำเนินการตามผลจากรายงานนี้จะเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการดำเนินการพื้นฐาน หรือการจัดซื้ออุปกรณ์ที่มีการลงทุนต่ำ เช่น การเปลี่ยนมาใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น

ปณิธานของฝ่ายบริหาร

ปณิธานของฝ่ายบริหารเป็นปัจจัยสำคัญที่จะทำให้มั่นใจได้ว่าแผนงานจะดำเนินการไปได้จริง การนำเสนอข้อมูลที่เป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินการตามแผนงาน เช่น ผลประโยชน์ด้านการเงินให้กับผู้เกี่ยวข้องทราบเป็นเรื่องที่สำคัญเช่นเดียวกัน เหตุผลต่างๆ ในการนำเสนอควรเข้าใจได้ง่ายและชัดเจน รวมทั้งต้องชี้แจงผล ที่จะเกิดขึ้นภายหลังการดำเนินการต่างๆ ให้ชัดเจน เช่น ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การประหยัดพลังงาน ผู้ทำงาน คุณภาพของผลิตภัณฑ์ พยายามหา “ผู้สนับสนุนด้านพลังงาน” ภายในองค์กรที่อยู่ในระดับผู้จัดการอาวุโสหรือคณะกรรมการบริษัทผู้ซึ่งมีความสนใจเป็นพิเศษในด้านพลังงานและหรือสิ่งแวดล้อม โดยจะเป็นผู้ที่คอยสนับสนุนรวมถึงชักชวนให้ผู้บริหารท่านอื่นยอมรับในการนำเสนอแผนงานของท่าน

แบบแผนในการดำเนินโครงการ

แบบแผนในการดำเนินโครงการที่เป็นที่ยอมรับของผู้เกี่ยวข้อง จะเกิดขึ้นจากการมีแผนการทำงานรวมถึงการสนับสนุนจากฝ่ายบริหาร

แบบแผนในการดำเนินโครงการนี้จะรวมถึงวิธีการปรับปรุงระบบการตรวจสอบที่มีอยู่ในปัจจุบันและมีการตั้งเป้าหมายด้วย

แผนงานควรแสดงตารางการทำงานที่สามารถปฏิบัติได้จริงในทางปฏิบัติและเป้าหมายของแต่ละขั้นตอนซึ่งจะทำให้สามารถประเมินผลความก้าวหน้าของงานได้

สรุป

การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน ทำให้ทราบถึงปริมาณการใช้พลังงานและบริเวณหรืออุปกรณ์ที่มีการสูญเสียพลังงานเพื่อที่จะกำหนดหลักเกณฑ์สำหรับการวางแผนอนุรักษ์พลังงาน ทำให้เห็นความคุ้มค่าในการลงทุนเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้งานพร้อมค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ ดังนั้นการเลือกเครื่องมือวัดควรเลือกให้เหมาะสมกับค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้น ในกรณีที่ ไม่สามารถซื้อหรือไม่คุ้มค่าที่จะติดตั้งมิเตอร์ย่อยอาจใช้เครื่องวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าเพียงเครื่องเดียว ในการตรวจวัดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ต่างๆ เครื่องเก็บบันทึกข้อมูล (Data Logger) จะวัดค่าของไฟฟ้า อุณหภูมิ ก๊าซ ไอน้ำ และอื่นๆ โดยอัตโนมัติและเก็บบันทึกไว้สำหรับประมวลผล เพื่อให้ทราบรายละเอียดของการใช้งานตามช่วงเวลาต่างๆ โดยปกติการวัดพลังงานไฟฟ้าจะใช้หน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง

การใช้กราฟช่วยในการวิเคราะห์แนวโน้มประสิทธิภาพพลังงาน จะเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วในการประเมินผลจากข้อมูล วิธีการต่างๆ สามารถใช้ในการให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพพลังงานต่อเวลา และสามารถใช้ในการคาดการณ์แนวโน้มของการใช้ พลังงานในอนาคตได้ แผนภูมิบางประเภทยังสามารถที่จะใช้หาค่าดัชนีการใช้พลังงานได้ สามารถนำมาใช้ในการตรวจติดตามการใช้พลังงานและประเมินปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้ หรือปริมาณพลังงานที่สูญเสียไปได้ ที่นิยมและง่ายในการนำไปใช้งานได้แก่แผนภูมิ CUSUM แผนภูมิ CUSUM จะใช้การคำนวณหาผลรวมสะสมของค่าความแตกต่าง (The Cumulative Sum of Differences) ระหว่างปริมาณพลังงานที่ใช้จริง และปริมาณพลังงานที่ใช้โดยเฉลี่ย ซึ่งได้จากแผนภูมิการกระจาย แล้วนำมาพลอต กับช่วงเวลาการผลิตหรือการทำงานของโรงงานหรืออาคาร

2.10 กิจกรรม (Activity)

1. จงบอกชื่อเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าหรือวัดระบบไฟฟ้า และวิธีการวัดอย่างน้อย 3 ชนิด
2. จงบอกมาตรการและวิธีการเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ในโรงงานหรืออาคารอย่างน้อย 3 เรื่อง

เฉลยกิจกรรม

1. จงบอกชื่อเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าหรือวัดระบบไฟฟ้าและวิธีการวัดอย่างน้อย 5 ชนิด

ตอบ

1. แอมมิเตอร์แบบคล่องวัด ใช้ในการตรวจวัดกระแสไฟฟ้า (แอมแปร์) ซึ่งไหลเข้าสู่อุปกรณ์ โดยปกติจะใช้สำหรับสายไฟฟ้าเดี่ยว ดังนั้น ค่าที่ได้จะเป็นค่ากระแสเข้าแต่ละเฟส การใช้งานแอมป์มิเตอร์แบบคล่องวัดทำได้โดยเปิดแกนเฟอร์ไรต์คล่องกับตัวนำไฟฟ้า หลังจากนั้นเลือกย่านการตรวจวัดที่เหมาะสมอ่านค่าแอมแปร์ที่แสดง
2. เครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ใช้ในการคิดค่าไฟฟ้า จะใช้ในการตรวจวัดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาและจะแสดงในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง
3. มิเตอร์วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า จะใช้ในการตรวจวัดค่ากิโลวาร์เฉลี่ยในช่วง 15 นาที ที่สูงสุด และจะแสดงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าและกิโลวาร์
4. เครื่องวิเคราะห์กำลังไฟฟ้า ที่ปรึกษาด้านพลังงานจะนิยมใช้เครื่องวิเคราะห์กำลังไฟฟ้ามากที่สุด ในการอ่านค่ากำลังไฟฟ้า(วัตต์หรือกิโลวัตต์ หรือ กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ที่เข้าสู่อุปกรณ์ เครื่องวิเคราะห์กำลังไฟฟ้าโดยทั่วไปจะประกอบด้วยแอมป์มิเตอร์แบบคล่องวัดและโวลต์มิเตอร์ เพื่อแสดงค่ากำลังไฟฟ้าโดยตรงและอาจจะมีสวิตซ์สำหรับเลือกย่านการวัดด้วย

5. มิเตอร์วัดความส่องสว่าง มิเตอร์วัดความส่องสว่างใช้ในการตรวจวัดปริมาณแสง หรือค่าความส่องสว่าง โดยแสดงในหน่วยลักซ์ (Lux) (ลูเมน/ตารางเมตร)

2. จงบอกมาตรการและวิธีการเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานหรืออาคารมาอย่างน้อย 3 เรื่อง

ตอบ

ภาระของหม้อแปลงไฟฟ้า

- มีโอกาสที่จะตัดไฟจ่ายหม้อแปลงในช่วงที่ไม่มีการใช้งานได้หรือไม่
- พิจารณาว่าสามารถถอดหม้อแปลงบางลูกที่ไม่ได้ใช้งานออกจากระบบได้หรือไม่

ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

- เพื่อลดความสูญเสียขณะมีภาระของหม้อแปลงไฟฟ้า
- เพื่อลดความสูญเสียในระบบจ่าย

ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

- เพื่อเสนอแนะทางเลือกในการลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด โดยการจัดการทำงานของเครื่องจักรให้เหมาะสม

- เพื่อพิจารณาการใช้อุปกรณ์ควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด

ศักยภาพในการปรับระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงเพื่อลดแรงดันไฟฟ้าที่สูงเกินไป

พิจารณาโอกาสในการลดขนาดของมอเตอร์ลงตามความเหมาะสม

ระบบแสงสว่าง โดยพิจารณาดังนี้

- เปลี่ยนไปใช้หลอดประสิทธิภาพสูง
- นำแสงสว่างจากภายนอกเข้ามาใช้งานในบริเวณที่เหมาะสม

เครื่องอัดอากาศ

- คำนวณค่าใช้จ่ายที่เสียไปจากการรั่ว
- ตรวจสอบขนาดถังความดันให้เหมาะสมกับความต้องการ

ระบบปรับอากาศ

- สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ลมกลับและอากาศจากภายนอกได้หรือไม่?
- มีแนวทางในการใช้ระบบปรับปริมาณลมหรือไม่ (Variable Air Flow System)
- ความเหมาะสมในการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบเข้ากับปั้มน้ำหล่อเย็น
- สามารถเปลี่ยนใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงกับเครื่องทำน้ำเย็นได้หรือไม่?

เอกสารอ้างอิง

- [1] วัชร มั่งวิฑิตกุล, กระบวนและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงาน สำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม, ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย
- [2] การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคาร, เอกสารเผยแพร่, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน
- [3] โอกาสการดำเนินทางธุรกิจด้านการจัดการพลังงานของโรงงานควบคุม (TB1- F3- Thai), ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน , กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- [3] การตรวจติดตามประสิทธิภาพพลังงาน (TB1- G8- Thai), ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน , กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- [4] การตรวจวัดการใช้พลังงาน (TB1- G9- Thai), ศูนย์ทรัพยากรฝึกอบรมเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน , กองฝึกอบรม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
- [5] เอกสารการอนุรักษ์พลังงานของญี่ปุ่น