รายงานการเข้าร่วมโครงการเอพีโอ

14-IN-94-GE-WSP-B

Practice-oriented Workshop on Energy Audits and Energy Efficiency

ระหว่างวันที่ 2-11 มิถุนายน พ.ศ. 2557

ณ เมืองเจนไน ประเทศอินเดีย

จัดทำโดย นายวิศทิกร นิ่มนวล

วิศวกรชำนาญการพิเศษ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

วันที่ 9 เมษายน 2558

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของโครงการ

1.1 รหัสและชื่อโครงการ

รหัส 14-IN-94-GE-WSP-B

ชื่อโครงการ Practice-oriented Workshop on Energy Audits and Energy Efficiency

1.2 ระยะเวลา

ตั้งแต่วันที่ 2-11 มิถุนายน พ.ศ. 2557

1.3 สถานที่จัด (เมือง ประเทศ)

เมืองเจนไน ประเทศอินเดีย

1.4 ชื่อเจ้าหน้าที่เอพีโอประจำโครงการ

Mr. K.D. Bharadwaj

1.5 จำนวนและรายชื่อวิทยากรบรรยาย

จำนวนวิทยากร 5 ท่าน ดังมีรายชื่อต่อไปนี้

1. Mr. P. Dharmalingam, Director & Head (AIP)

2. Mr. J. Nagesh Kumar, Director (Energy Management)

3. Mr. R. Suryanarayanan, Sr. Deputy Director (Energy Management)

4. Ms. P. Chitra, Asst. Director (Energy Management)

5. Mr. V. Velayutham, Asst. Director (Energy Management)

1.6 จำนวนผู้เข้าร่วมโครงการและประเทศที่เข้าร่วมโครงการ

จำนวนผู้เข้าร่วมโครงการ 24 ท่าน

จำนวนประเทศที่เข้าร่วมโครงการ 14 ประเทศ ประกอบด้วย ประเทศบังคลาเทศ ไต้หวัน ฟิจิ อิหร่าน อินเดีย อินโดนิเซีย ลาว มาเลเซีย มองโกเลีย เนปาล ฟิลิปปินส์ ศรีลังกา เวียดนาม และประเทศไทย

พิธีเปิด

บรรยากาศภายในห้องอบรม

ส่วนที่ 2 เนื้อหา / องค์ความรู้จากการเข้าร่วมโครงการ

2.1 ที่มาหรือวัตถุประสงค์ของโครงการโดยย่อ

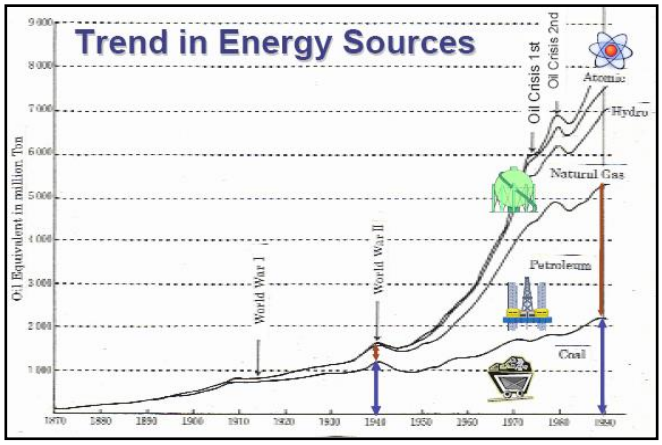
เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้บริหารและผู้เชี่ยวชาญด้านโรงงานอุตสาหกรรม ได้เข้าใจถึงการปฏิบัติและส่วนประกอบที่สำคัญในการตรวจสอบการอนุรักษ์พลังงานในสถานประกอบการ และช่วยให้การดำเนินการลดการใช้พลังงานปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของสถานประกอบการได้

2.2 เนื้อหา / องค์ความรู้ที่ได้จากการฟังบรรยาย พร้อมแสดงความคิดเห็นหรือยกตัวอย่างประเด็นที่สามารถนำมาปรับใช้ในองค์กรหรือประเทศไทย (จำแนกตามหัวข้อและระบุชื่อวิทยากรบรรยาย)

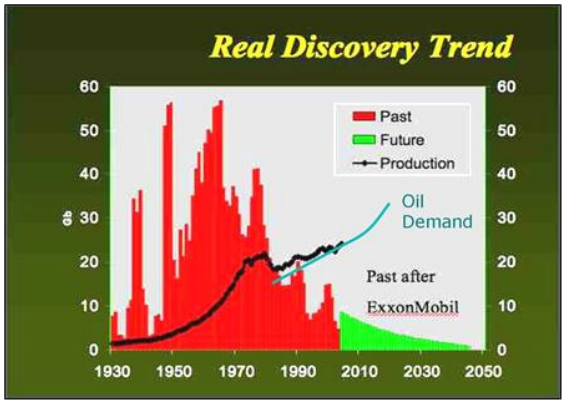
2.2.1 **สถานการณ์พลังงานของโลก บรรยายโดย** Mr. P. Dharmalingam

จากการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับการพัฒนาทางด้านวิทยาการและเทคโนโลยี ตลอดจนการขยายตัวทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมต่างๆ ตั้งแต่อดีตมาจนถึงปัจจุบัน ทำให้ความต้องการใช้พลังงานของมนุษย์เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจากรูปที่ 1.1 จะเห็นได้ว่า แนวโน้มของการใช้พลังงานจะเพิ่มสูงขึ้นตลอดเวลา เพียงแต่ประเภทและชนิดของพลังงานที่นำมาใช้เท่านั้นที่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้ไปตามยุคสมัย

ผลกระทบที่เกิดจากการใช้พลังงานของมนุษย์ตั้งแต่อดีตเป็นต้นมา คือ สภาพอากาศและสภาวะแวดล้อม (Environmental impacts) ที่เปลี่ยนแปลงไป จนทำให้ปัจจุบันมนุษย์ต้องเผชิญกับผลกระทบดังกล่าวอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ปัญหาภาวะโลกร้อน (Global warming) จึงเป็นปัญหาที่ควบคู่กับการใช้พลังงานของมนุษย์มาโดยตลอด อย่างไรก็ตาม การใช้พลังงานก็ยังมีอยู่อย่างต่อเนื่องในทุกพื้นที่ทั่วโลก ในรูปที่ 1.2 แสดงให้เห็นถึงความต้องการน้ำมัน (Fossil fuel) ที่เพิ่มขึ้นของมนุษย์ ในขณะที่ความสามารถในการผลิตกลับมีน้อยลง เนื่องจากปริมาณสำรอง (Reserve) ที่ลดน้อยลง

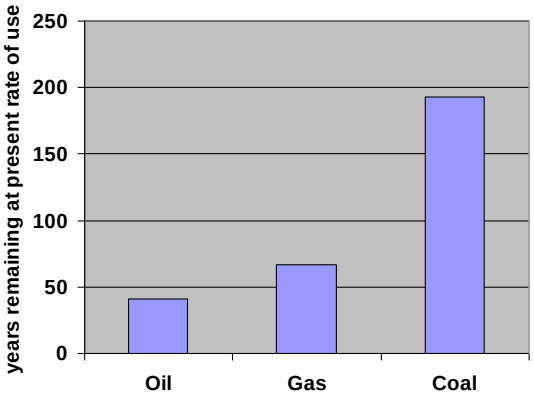


รูปที่ 1.1 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานแต่ละประเภท



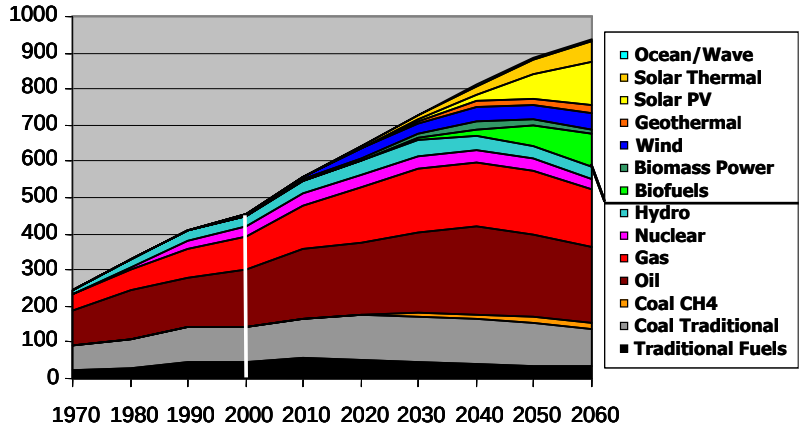
รูปที่ 1.2 แนวโน้มความต้องการน้ำมันเปรียบเทียบกับความสามารถในการผลิตของโลก

สำหรับปริมาณสำรองของเชื้อเพลิงฟอสซิลดังกล่าวนั้น มีการประมาณการว่าจะสามารถใช้ได้อีกในระยะเวลาที่ค่อนข้างจำกัด ดังแสดงในรูปที่ 1.3 ที่แสดงถึงระยะเวลาที่ปริมาณสำรองของเชื้อเพลิงฟอสซิลดังกล่าว โดยเฉพาะเชื้อเพลิงฟอสซิล 3 ประเภท ได้แก่ 1) น้ำมัน 2) ก๊าซธรรมชาติ และ 3) ถ่านหิน ที่จะสามารถนำมาใช้ได้ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบัน



รูปที่ 1.3 ระยะเวลาที่ปริมาณสำรองของเชื้อเพลิงฟอสซิลที่ใช้ประโยชน์ได้

ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปริมาณสำรองของน้ำมัน จะมีระยะเวลาสั้นที่สุด คือ ไม่ถึง 50 ปี รองลงมา คือ ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ที่มีปริมาณสำรองไม่เกิน 100 ปี และ 200 ปี ตามลำดับ ดังนั้น การสำรวจหาปริมาณสำรองของเชื้อเพลิงฟอสซิลเพิ่มเติมจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่แต่ละภูมิภาคของโลกต้องกระทำอย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกันการหาพลังงานทางเลือกอื่นๆ (Alternative energy) ก็เป็นสิ่งที่ต้องกระทำควบคู่กันไป เพื่อนำมาทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลได้ต่อไปในอนาคต



Shell Long Term Energy Scenario

รูปที่ 1.4 Energy scenarios of the world

จากรูปที่ 1.4 แสดงถึงแนวโน้มของการใช้พลังงานหมุนเวียนของโลกที่เพิ่มขึ้น ซึ่งพลังงานหมุนเวียนถือเป็นพลังงานที่สะอาด ส่งผลกระทบสภาพแวดล้อมน้อยกว่าเชื้อเพลิงฟอสซิล ในขณะที่การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลจะลดลงด้วยปริมาณสำรองที่จะลดลงไปเรื่อยๆ โดยจะเห็นว่า ในปี 2060 การใช้พลังงานทดแทนทั้งหมดของโลก จะมีค่าเท่ากับการใช้พลังงานทั้งหมดของโลกในปี 2000

2.2.2 **แนวคิดและการแนะนำในการตรวจสอบพลังงาน บรรยายโดย** Mr. J. Nagesh Kumar

หลักการพื้นฐาน

การวัดพลังงานเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของระบบการจัดการพลังงาน การวิเคราะห์พลังงานไม่สามารถกระทำได้ถ้าไม่มีการวัดพลังงานอย่างถูกต้องเหมาะสม โดยทั่วไประบบการวัดพลังงานควรที่จะครอบคลุมการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานต่างๆ เครื่องมือที่นำมาใช้วัดจะสามารถวัดค่าต่างๆ ในกระบวนการ เช่น อัตราการไหล ระดับของของเหลว ความดัน อุณหภูมิและอื่นๆ ปริมาณทางกายภาพเหล่านี้จะถูกนำไปเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าหรือลม เพื่อส่งไปยังตัวประมวลผลต่อไป ชนิดของเครื่องมือที่นำมาใช้วัดพลังงาน คือ มิเตอร์วัดการไหล เครื่องมือวัดระดับของเหลว เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เครื่องมือวัดความดัน

ประเภทของการใช้งาน

การนำเครื่องมือวัดพลังงานมาใช้งานจะขึ้นอยู่กับอุตสาหกรรมแต่ละชนิด เมื่อได้ค่าจากการวัดแล้วจะต้องนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ประเมินผล เพื่อนำระบบการจัดการพลังงานมาใช้ในการลดการใช้พลังงาน ซึ่งจะได้ผลดีเมื่อมีการวัดค่าพลังงานที่ถูกต้อง

ประโยชน์ของเทคโนโลยี

1. เป็นการนำข้อมูลจริงมาใช้ประโยชน์
2. ค่าจากการวัดจะเป็นข้อมูลพื้นฐานของการทำระบบการจัดการพลังงาน
3. เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการลดการใช้พลังงาน

ข้อพิจารณาในการนำมาใช้

1. เลือกใช้เครื่องมือให้ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัด
2. จุดที่ทำการวัดควรจะเป็นจุดที่เกิดการสูญเสียพลังงานหรือมีการใช้พลังงานเป็นจำนวนมาก
3. อ่านค่าที่ได้จากเครื่องมืออย่างละเอียดเพื่อลดความผิดพลาด
4. ความแม่นยำเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดที่เหมาะสมกับการใช้งาน

2.2.3 **การอนุรักษ์พลังงานในระบบเครื่องอัดอากาศ บรรยายโดย** Mr. R. Suryanarayanan

หลักการทำงานของระบบอัดอากาศ

การทำงานของเครื่องอัดอากาศเริ่มจากดูดอากาศเข้าทางท่อลมเข้า (Air Intake) เพื่อส่งเข้าไปยังเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) บริเวณทางเข้าเครื่องอัดอากาศจะติดตั้งเครื่องกรองอากาศ (Filter) กรองสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น ฝุ่นละออง เศษใบไม้ที่อาจลอยมากับอากาศ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับเครื่องอัดอากาศ อากาศที่ผ่านเครื่องอัดอากาศแล้วจะเก็บไว้ในถังเก็บอากาศ ซึ่งมีความดันสูงและมีอุณหภูมิสูง แต่อุณหภูมิจะลดต่ำลงด้วยอุปกรณ์ระบายความร้อนหลังจากอัด (After cooler) ก่อนนำไปใช้งานต่อไป อากาศที่มีความดันสูงจะถูกส่งผ่านจากท่อจ่ายอากาศหลัก (Supply Line) และแยกไป

ใช้งานตามจุดต่างๆ ผ่านท่อแยก (Branch) แต่ก่อนที่อากาศจะเข้าไปยังเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่างๆ เช่น กระบอกสูบ หรือพู่กันลม ต้องมีการดักและกรองสิ่งที่ปนมากับอากาศ ซึ่งได้แก่ ฝุ่นละออง สิ่งสกปรกจากภายในท่อ และน้ำมันหล่อลื่นเสียก่อน โดยใช้อุปกรณ์กรองละอองน้ำและฝุ่น (Filter)

อากาศอัดถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท เนื่องจาก

- การผลิตและส่งจ่ายอากาศทำได้ง่าย สามารถสะสมพลังงานได้ในถังเก็บ
- การรั่วไหลของอากาศอัดไม่เป็นอันตราย และไม่ก่อให้เกิดมลพิษ
- ให้กำลังสูงแต่มีน้ำหนักเบา
- ปริมาณอากาศที่ใช้อัดมีอยู่ทุกหนทุกแห่ง ไม่จำกัดปริมาณ

ระบบอากาศอัดจะประกอบไปด้วย

1. เครื่องอัดอากาศ
2. ระบบระบายความร้อน
3. ระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศอัด
4. อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

ชนิดของเครื่องอัดอากาศ

1. เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) ทำงานเหมือนกับเครื่องยนต์ โดยอากาศจะถูกดูดเข้ากระบอกสูบ ผ่านวาล์วแล้วลูกสูบจะอัดอากาศและดันออกไป

2. เครื่องอัดอากาศแบบโรตารี่เวน (Rotary Vane Compressor) จะใช้ตัวโรเตอร์ซึ่งมีสไลดิ้งเวนติดอยู่ โดยที่แกนหมุนของตัวโรเตอร์จะไม่อยู่ที่จุดศูนย์กลาง ดังนั้น เมื่อแกนหมุนไป สไลดิ้งเวนจะยืดออกและหดเข้าเมื่อการหมุนครบรอบ อากาศจะถูกดูดเข้าแล้วถูกอัดและส่งออกไป

3. เครื่องอัดอากาศแบบโรตารี่สกรู (Rotary Screw Compressor) ใช้ตัวโรเตอร์แบบเกลียว 2 ตัวขบกันแล้วหมุนเข้าหากัน เมื่อโรเตอร์หมุน ช่องว่างรอบโรเตอร์จะเล็กลงซึ่งจะอัดอากาศที่อยู่ระหว่างโรเตอร์

เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศแต่ละชนิด

ชนิดเครื่องอัดอากาศ	**ไฟฟ้าที่ต้องการ**	
	ภาวะไร้โหลด (คิดเป็น % ของภาระโหลดเต็ม)	**ภาวะโหลดเต็มที่ (กิโลวัตต์/ลบ.ม./นาที)**
แบบลูกสูบ	10 – 25 %	หนึ่งขั้น : 6.33 – 7.17 สองขั้น : 5.00 – 5.83
แบบโรตารี่เวน	30 – 40 %	6.67 – 7.50
แบบโรตารี่สกรู	25 – 60 %	5.83 – 6.67
แบบแรงเหวี่ยง	20 – 30 %	5.00 – 5.83

หลักการในการประหยัดพลังงานของระบบอากาศอัด

การปรับลดระดับความดันลง

- ตั้งระดับความดันสูงเท่าที่จำเป็นจริงๆ
- ระดับความดันที่ลดลงทุกๆ 50 kPa (จากระดับ 700 kPa) จะทำให้ประหยัดพลังงานไปได้ 4%

การลดอุณหภูมิของอากาศเข้า

- อากาศเข้าที่เย็นลงจะมีความดันสูงกว่าและจะให้ปริมาตรของอากาศอัดได้มากกว่า
- การลดอุณหภูมิทุกๆ 3 องศาเซลเซียส จะทำให้ประหยัดพลังงานได้ 1%

การทำความสะอาดเครื่องกรอง

- ตรวจสอบดูว่าเครื่องกรองอากาศเข้าสกปรกหรือเสียหายหรือไม่ เครื่องกรองอากาศที่สกปรกจะทำให้ค่าความดันตกคร่อมมากขึ้นซึ่งจะทำให้เครื่องอัดอากาศทำงานหนักขึ้น และใช้พลังงานมากขึ้น
- ถังเก็บอากาศ ใช้ถังเก็บอากาศที่มีขนาดเหมาะสมซึ่งจะทำให้เครื่องอัดอากาศไม่ทำงานบ่อยเกินไป

การลดปริมาณลมรั่ว

1. หลีกเลี่ยงการใช้ท่อที่ยาวเกินจำเป็น
2. ใช้ท่อที่มีขนาดใหญ่ ถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยงการใช้ท่อเล็ก เพื่อลดค่าความดันสูญเสีย
3. ตรวจสอบระบบท่อว่ามีสนิม หรือน้ำตกค้างหรือไม่
4. การใช้งานอากาศอัด ควรใช้อากาศอัดที่มีความดันต่ำเท่าที่เป็นไปได้เพื่อประหยัดพลังงาน
5. การใช้อุปกรณ์ปรับความดัน เพื่อรักษาความดันของอากาศอัดให้อยู่ในระดับเหมาะสมแก่อุปกรณ์
6. การใช้อุปกรณ์จ่ายน้ำมัน ใช้อุปกรณ์จ่ายเพื่อจ่ายน้ำมันให้แก่ชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในระบบเพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
7. การใช้อุปกรณ์แยกอากาศ และอุปกรณ์ทำให้อากาศแห้ง เพื่อกำจัดความชื้นของอากาศ
8. การใช้เครื่องอัดประสิทธิภาพสูงเพื่อลดพลังงานสูญเสีย

การใช้ระบบควบคุมที่ดี

1. ติดตั้งตัวตั้งเวลาการทำงาน เพื่อปิดเครื่องอัดอากาศอัตโนมัติหลังการใช้งาน
2. จัดการใช้งานเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับปริมาณอากาศอัดที่ต้องการ
3. ควรใช้งานเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดก่อน
4. นำเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น ระบบควบคุมเครื่องอัดอากาศแบบปรับความเร็วรอบได้มาใช้

มักมีความเข้าใจผิดอยู่ว่า ความดันของอากาศอัดจะต้องเพิ่มขึ้นหากต้องการให้อากาศอัดไหลมากขึ้น แต่ความจริงนั้นกลับกันคือ เมื่อความดันเพิ่มขึ้น ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้กลับจะน้อยลง

ความดันที่อ่านจากมาตรวัด ความดันบรรยากาศ และ ความดันสมบูรณ์ คำนิยามต่างๆ เหล่านี้เป็นคำที่ใช้กันทั่วไปในวงการอุตสาหกรรม

ความดันบรรยากาศ

ความดันของบรรยากาศที่ระดับน้ำทะเล (เรียกวา 1 บรรยากาศ)

ความดันสมบูรณ์

ความดันที่สัมพันธ์กับสูญญากาศ (ซึ่งมีความดัน 0 กิโลปาสคาล)

ความดันที่อ่านจากมาตรวัด

ความดันที่สัมพันธ์กับความดันบรรยากาศ (หรือ 101.325 กิโลปาสคาล)

ความดันที่อ่านจากมาตรวัดเป็น 0 = ความดันบรรยากาศ

ดังนั้น ความสัมพันธ์ของความดันสมบูรณ์ = ความดันที่อ่านได้จากมาตรวัด + ความดันบรรยากาศ

2.2.4 การทดลองสาธิตการอนุรักษ์พลังงานในระบบเครื่องอัดอากาศ ดำเนินการโดย Ms. P. Chitra

1. การสาธิตวิธีการตรวจสอบปริมาณการรั่วไหลของอากาศอัด ขณะมีโหลดและไม่มีโหลด

เป็นการทดลองหารอยรั่วของระบบ โดยวิธีการปิดอุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัดและเดินเครื่องอัดอากาศ เพื่อจับเวลาในช่วงการทำงานและหยุดทำงานของเครื่องอัดอากาศ แล้วนำผลการตรวจวัดที่ได้มาวิเคราะห์อัตราการรั่วไหลของอากาศในระบบว่ามีมากน้อยอย่างไร ทำการทดลองในระดับแรงดันที่แตกต่างกัน เพื่อนำผลมาวิเคราะห์ด้านพลังงานที่จะต้องเสียไป

2. การใช้อินเวอร์เตอร์มาควบคุมการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

จากการใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ (Variable speed control) เป็นวิธีควบคุมเครื่องอัดอากาศ วิธีใหม่ซึ่งจะทำให้ขอบเขตการควบคุมกว้างขึ้น (ลดลงได้ถึง 20 % ของกำลังการผลิต) สามารถผลิตอากาศอัด ได้สอดคล้องกับความต้องการ เป็นวิธีที่เหมาะกับเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ แบบโรตารี่เวน และสกรูในกรณีที่มีการนำอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมาติดตั้งหลายเครื่องควรพิจารณาถึงตำแหน่งที่สำคัญๆ ของการควบคุมเครื่องก่อนและหลังสุด อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบจะทำให้ควบคุมระบบอัดอากาศได้ดีขึ้นและความดันมีค่าเฉลี่ยต่ำลง ตัวอย่างเช่น ถ้าความดันลดลง 0.5 บาร์ จะทำให้ประหยัดได้ 3% ของการใช้พลังงาน การใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบจะเหมาะกับเครื่องอัดอากาศที่มีโหลดบางส่วนที่มีช่วงระยะเวลานานๆ แต่จะไม่เหมาะกับเครื่องอัดอากาศที่มีโหลดเต็มพิกัด เพราะไม่มีผลต่อการประหยัดพลังงาน ซึ่งการควบคุมความเร็วรอบของเครื่องอัดอากาศในขณะนี้ จะนิยมนำมาใช้กับเครื่องอัดอากาศแบบสกรู (เป็นอุปกรณ์ Standard Measure ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน) อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องอัดอากาศ จะสามารถ

นำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งกับมอเตอร์ไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ (Ac Induction Motor) และมอเตอร์ความต้านทานแม่เหล็ก (Reluctance Motor)

3. การสูญเสียความดัน เมื่อท่อมีขนาดที่แตกต่างกัน

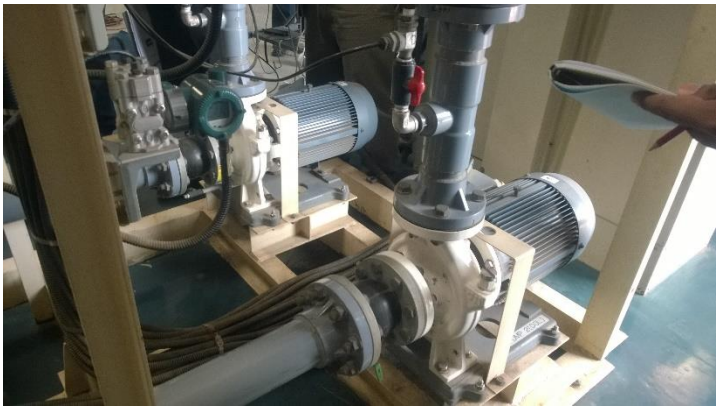
ท่อเมนจะต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะไม่ให้ความเร็วของอากาศภายในสูงเกินไป ลักษณะการต่อท่อเมนในระบบใหญ่นิยมต่อเป็นวงแหวน สำหรับระบบขนาดเล็กต่อเป็นแนวตรงก็ใช้ได้ ระบบท่อเมนต้องดูแลให้มีการรั่วของอากาศไม่เกิน 5 %

จากการทดลองและนำผลมาวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่า การที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อมีขนาดใหญ่ จะช่วยให้แรงดัน (Pressure drop) ต้นทางกับปลายทางมีความแตกต่างกันน้อยกว่าท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า

4. การรั่วไหลของอากาศอัด ที่ขนาดรูรั่วแตกต่างกัน

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า ขนาดของรูรั่วจะมีผลต่อการสูญเสียพลังงานมากน้อยตามขนาดของรูรั่วนั้น ถ้ารูรั่วมีขนาดใหญ่ การสูญเสียพลังงานในการผลิตอากาศเข้ามาเพิ่มให้เพียงพอกัยความต้องการ จะยิ่งมากขึ้นตามไปด้วย

2.2.5 การอนุรักษ์พลังงานในระบบปั๊มน้ำ บรรยายโดย Mr. J. Nagesh Kumar



หลักการพื้นฐานของปั๊มน้ำ

ปั๊มเป็นอุปกรณ์สำคัญมีการใช้งานมาอย่างยาวนาน การทำงานจะอาศัยพลังงานจากมอเตอร์ไฟฟ้าหรือพลังงานในรูปอื่น เช่น กังหันไอน้ำ การเคลื่อนที่ของส่วนประกอบภายในของปั๊ม จะทำให้เกิดความดันแก่ของเหลวทำให้ของเหลวเกิดการไหลขึ้น ความดันตรงปากทางเข้าของปั๊ม เรียกว่า Suction Pressure หรือ Suction Head ในขณะที่ความดันตรงปากทางออกจะเรียกว่า Discharge Pressure หรือ Discharge Head ความแตกต่างของแรงดัน 2 ส่วนนี้ เกิดขึ้นจากการที่ของเหลวได้รับพลังงานจากปั๊มที่เรียกว่า Total Dynamic Head (TDH) ของปั๊ม ซึ่งมีหน่วยเป็นเมตรน้ำ

ตารางแสดงลักษณะและประเภทของปั๊มน้ำแบบต่างๆ

ลักษณะ	ประเภท
ปั๊มน้ำแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Pumps)	Volute Pump, Diffuser Pump, Regenerative Turbine Pump, Vertical Turbine Pump, Mixed Flow Pump, Axial Flow (Propeller) Pump

ปั๊มน้ำแบบโรตารี่ (Rotary Pumps)	Gear Pump, Vane Pump, Com and Piston Pump, Screw Pump, Lope Pump
ปั๊มน้ำแบบเลื่อนชัก (Reciprocating Pumps)	Direct Acting Pump, Diaphragm Pump, Rotary Piston Pump, Power Pump
ปั๊มน้ำแบบพิเศษ (Specialized Pumps)	Canned Pump, Magnetic Drive Pump, Intermediate Temperature Pump, Turbo Pump, Cantilevered Pump, Trash Pump, Vertical Turbine Pump

ประเภทของการใช้งาน

การนำปั๊มประสิทธิภาพสูงมาใช้งานมีรายละเอียด ดังนี้

1. การปั๊มของเหลวในโรงงานอุตสาหกรรม
2. ทดแทนปั๊มเก่าที่ชำรุดเสียหาย
3. นำมาใช้ให้พอเหมาะในการขับโหลด

ข้อพิจารณาในการนำมาใช้

1. ต้องเลือกขนาดปั๊มให้พอเหมาะกับโหลด
2. ใช้ร่วมกับมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของปั๊ม
3. มีระยะเวลาในการคืนทุนสั้น

การควบคุมปั๊มน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

ค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับการสูบน้ำ เพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมจัดว่าเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานที่ค่อนข้างสูง ดังนั้น การเลือกการควบคุมปั๊มน้ำอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยให้ประหยัดพลังงานได้

- การควบคุมแบบทั่วไป

การควบคุมแบบทั่วไปโดยส่วนใหญ่ มักจะคำนึงถึงการส่งจ่ายน้ำไปยังกระบวนการผลิตเพียงอย่างเดียว โดยใช้การควบคุมแบบทั่วไป เช่น การปรับหรี่วาล์วหรือการเดินวงจร Bypass ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ปั๊ม

- การควบคุมแบบมีประสิทธิภาพ

การควบคุมแบบมีประสิทธิภาพ จะคำนึงถึงภาระโหลดที่เกิดขึ้นจริง เพื่อส่งจ่ายน้ำไปยังกระบวนการผลิตตามภาระนั้นๆ ทำให้มอเตอร์ของปั๊มน้ำไม่ต้องทำงานเต็มที่ตลอดเวลา

อุปกรณ์ปรับความเร็วมอเตอร์ (Variable Speed Drive: VSD) เป็นอุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งปรับความเร็วรอบมอเตอร์ไฟฟ้าให้เปลี่ยนไปตามภาระการใช้งาน เหมาะสำหรับการติดตั้งกับมอเตอร์ที่มีภาระการใช้งานเปลี่ยนแปลง เช่น มอเตอร์ปั๊มน้ำ หรือมอเตอร์พัดลม ทำให้สามารถปรับลดความเร็วรอบของมอเตอร์และการใช้พลังงานของมอเตอร์ในช่วงที่มีภาระต่ำๆ ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้มาก

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของปั๊มน้ำ

ประสิทธิภาพพลังงานของปั๊มน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ประเภทและคุณภาพของปั๊มน้ำ การออกแบบและการติดตั้ง สภาวะการใช้งาน และการบำรุงรักษา

สภาวะการใช้งานปั๊มน้ำมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของปั๊มน้ำ โดยทางทฤษฎีแล้ว ประสิทธิภาพของปั๊มน้ำจะขึ้นอยู่กับตัวแปรสำคัญ ได้แก่ ความเร็วรอบ อัตราการไหล และเฮด (Head) หรือระดับความสูงของการปั๊มไปยังปลายทาง

2.2.6 **การทดลองสาธิตการอนุรักษ์พลังงานในระบบปั๊มน้ำ ดำเนินการโดย** Mr. V. Velayuttham

1. การทดลองหาคุณลักษณะของปั๊มน้ำ เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนแปลง

เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนแปลง จะเกิดข้อแตกต่างนี้อยู่เสมอเมื่อใช้เครื่องยนต์เป็นต้นกำลัง ทั้งนี้ เพราะตลอดช่วงเวลาการทำงานของเครื่องยนต์นั้น รอบความเร็วอาจแตกต่างกันได้มาก การเปลี่ยนแปลงชนิดของมอเตอร์หรือการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ก็สามารถทำให้รอบความเร็วเปลี่ยนไปได้เช่นเดียวกัน

การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบของปั๊มน้ำ จะมีผลต่อประสิทธิภาพของปั๊มน้ำซึ่งจะยังคงสูงอยู่ เมื่อมีอัตราการไหลระหว่าง 60-100% ของอัตราการไหลที่ออกแบบไว้ และเมื่ออัตราการไหลลดต่ำลง ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งการลดลงนี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของปั๊มน้ำ เมื่อปั๊มน้ำมีขนาดใหญ่ขึ้น อัตราการไหลและประสิทธิภาพก็จะลดลงเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงการทำงานของปั๊มน้ำเนื่องจากการปรับความเร็วรอบจะอธิบายได้โดยกฎของพัดลมและปั๊มน้ำ (Affinity Laws) ซึ่งกล่าวไว้ดังนี้

อัตราการไหลจะผันแปรตามความเร็ว (Flow α Speed)

เฮดจะผันแปรตามความเร็วยกกำลังสอง (Head α Speed^2)

กำลังขับเคลื่อนที่ใช้ผันแปรตามความเร็วยกกำลังสาม (Power Absorbed α Speed^3)

ดังนั้น ถ้าปั๊มน้ำมีความเร็วรอบ 50%จะทำให้เฮด (Head) เท่ากับ 25% และจะใช้กำลังขับเพียง 12.5% สำหรับระบบที่ไม่มีความดันสถิต (Static Head) ซึ่งสามารถนำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาใช้ประเมินผลประหยัดจากการลดความเร็วรอบได้โดยตรง

2. การทดลองควบคุมอัตราการไหลของน้ำด้วยวิธี Throttling Control และ VSD Control

อินเวอร์เตอร์แบบ PWM (Pulse Width Modulated) เป็นอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบที่ใช้กับระบบปั๊มน้ำที่พบมากที่สุด แม้จะมีอินเวอร์เตอร์แบบอื่นๆ ด้วย อินเวอร์เตอร์แบบ PWM มีประสิทธิภาพและกำลังสูญเสียในอุปกรณ์ต่ำ และกรณีที่ปั๊มน้ำขับเคลื่อนด้วยความเร็วคงที่ (กรณีนั้นอาจไม่จำเป็นต้องใช้อินเวอร์เตอร์) ศักยภาพของการประหยัดจากการใช้อินเวอร์เตอร์จะสูงเมื่อการขับเคลื่อนที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มีประสิทธิภาพ การควบคุม VSD อาจทำได้โดยปรับด้วยคนหรือแบบอัตโนมัติขึ้นอยู่กับสัญญาณควบคุมอุปกรณ์เครื่องวัดในระบบ เช่น อุปกรณ์วัดอัตราการไหล อุปกรณ์วัดความดัน และบางกรณีอาจจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์แปลงสัญญาณ (Interfacing) ถ้าสัญญาณที่ส่งมาไม่ได้มาตรฐานในระบบที่มีปั๊มน้ำหลายเครื่องทำงานขนานกัน เครื่องสูบน้ำมักจะทำงานที่ความเร็วรอบเท่ากัน เพื่อให้มีจุดทำงานเดียวกัน ในกรณีนี้สามารถใช้อินเวอร์เตอร์แยกสำหรับปั๊มน้ำแต่ละเครื่องและใช้สัญญาณควบคุมเดียวกันหรือใช้กับปั๊มน้ำบางเครื่อง ในขณะที่เครื่องที่เหลือทำงานที่ความเร็วคงที่ แม้ว่าช่วงของการควบคุมความเร็วจะจำกัดก็ตาม (ขึ้นอยู่กับความต้านทานของระบบ) VSD จะมีราคาค่อนข้างสูงแต่ก็มีการปรับราคาลดลงมาบ้างแล้ว ยิ่งไปกว่านั้นผลที่ได้จากการประหยัดค่าใช้จ่ายจะให้ผลตอบแทนกลับมาในระยะสั้น

เป็นที่น่าสังเกตว่าถ้าปั๊มน้ำเดินเครื่องด้วยอัตราการไหลที่น้อยกว่า 100% อยู่เสมอ แสดงว่าปั๊มน้ำมีขนาดใหญ่เกินไป ดังนั้น การเลือกเครื่องสูบที่มีขนาดเล็กลงหรือปรับแต่งใบพัดให้มีขนาดเล็กลงอาจจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่าการใช้ VSD โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ามีความต้องการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก

2.2.7 **การอนุรักษ์พลังงานในระบบพัดลม บรรยายโดย** Mr. R. Suryanarayanan

หลักการพื้นฐานของพัดลม

พัดลม คืออุปกรณ์ที่ใช้ขับเคลื่อนให้อากาศเคลื่อนที่ด้วยความดันต่ำ โดยทั่วไปในงานวิศวกรรมมักใช้สำหรับการอบแห้ง การปรับอากาศ การระบายอากาศ และการลำเลียง เป็นต้น

ประเภทของพัดลม

พัดลม สามารถจำแนกตามลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ ได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ ดังนี้

1. พัดลมแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal Fan) ทำงานโดยการดึงอากาศเข้าทางด้านข้างและเหวี่ยงออกในแนวรัศมี ส่งผลให้อากาศมีความเร็วสูงขึ้น แล้วบังคับให้อากาศผ่านหน้าตัดที่ขยายขึ้นในลักษณะก้นหอย มีเสียงค่อนข้างเงียบ มี 2 ลักษณะ คือ แบบใบพัดโค้งหน้า (Forward Curve) และแบบใบพัดโค้งหลัง (Backward Curve)

แบบใบพัดโค้งหน้า (Forward Curve) ลักษณะใบพัดโค้งไปทางด้านหน้าตามทิศทางการหมุน (ลักษณะคล้ายกรงกระรอก) จำนวน 20-60 ใบ

ข้อดี เสียงเงียบที่สุด ให้ความดัน และอัตราการไหลสูงสุด

ข้อเสีย มอเตอร์มีโอกาสทำงานเกินกำลัง และมีช่วงการทำงานที่ไม่เสถียร ดังนั้น ไม่ควรใช้สำหรับงานที่มีอัตราการไหลของอากาศแปรเปลี่ยนตลอดเวลา

แบบใบพัดโค้งหลัง (Forward Curve) ลักษณะใบพัดโค้งไปทางด้านหลัง ตรงข้ามกับทิศทางการหมุน จำนวน 10-50 ใบ

ข้อดี มอเตอร์ไม่มีโอกาสทำงานเกินกำลัง มีเสถียรภาพในทุกๆ ช่วงการทำงาน ควบคุมความดัน และปริมาณอากาศได้ง่าย

ข้อเสีย ราคาสูงกว่าพัดลมชนิดอื่นที่มีขนาดเท่ากัน

2. พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Fan) พัดลมชนิดนี้ไม่นิยมใช้ในอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศ เพราะมีเสียงดังและประสิทธิภาพการใช้งานต่ำ ทำงานโดยการดูดลมเข้าทางด้านหลังใบพัด และส่งลมผ่านใบพัดออกไปตามแนวแกน

การลดปริมาณการไหล

สามารถทำได้โดย 2 วิธีดังนี้

วิธีแรก คือ การจำกัดการไหลบางส่วนโดยปิดกั้นลมในระบบ เช่น การหรี่วาล์ว การทำเช่นนั้น จะทำให้เกิดเส้นโค้งของระบบเส้นใหม่ขึ้น ทำให้ปริมาณการไหลลดลง และจุดทำงานก็เปลี่ยนไปด้วยเช่นกัน ทำให้แรงดันในระบบเพิ่มขึ้นด้วย

วิธีที่สองก็คือ การลดการไหลของอากาศโดยลดความเร็วของพัดลม ซึ่งจะทำให้เส้นกราฟของพัดลมเปลี่ยนไปและจุดทำงานก็เปลี่ยนไปด้วยเช่นกันโดยจะทำให้อัตราการไหลลดลงพร้อมกับแรงดันในระบบก็ลดลงด้วย การลดความเร็วพัดลม จึงเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีแรก เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานน้อยกว่า

ประสิทธิภาพของพัดลม

ประสิทธิภาพของพัดลม หมายถึง ร้อยละของกำลังผลิตที่ได้ ซึ่งหมายถึงกำลังลม เทียบกับกำลังขับพัดลม ซึ่งเป็นกำลังที่พัดลมรับมาจากต้นกำลังผ่านเพลาขับ

$$\eta_F = \frac{Pout}{Pin} \times 100\%$$

เมื่อ P_{out} = กำลังที่พัดลมผลิตได้ ซึ่งหมายถึงกำลังลม (kW หรือแรงม้า)

P_{in} = กำลังขับที่เพลาของพัดลม (kW หรือแรงม้า)

2.2.8 **การทดลองสาธิตการอนุรักษ์พลังงานในระบบพัดลม ดำเนินการโดย** Ms. P. Chitra and Mr. R. Velayuttham

1. การทดลองโดยใช้อินเวอร์เตอร์ปรับความเร็วของมอเตอร์พัดลม

เป็นการเปรียบเทียบสมรรถนะของพัดลม เมื่อควบคุมด้วยอินเวอร์เตอร์ เพื่อศึกษาผลในการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งวิธีนี้จะช่วยลดการใช้พลังงานได้มากกว่าการควบคุมแบบแดมเปอร์

2. การทดลองวิเคราะห์หาแรงดันสูญเสียในท่อขนาดต่างๆ และที่วาล์ว

เป็นการเปรียบเทียบการสูญเสียความดันในท่อขนาดต่างๆ และการสูญเสียที่วาล์วชนิดต่างๆ เพื่อให้เข้าใจการใช้ท่อและวาล์วในกระบวนการผลิตเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม

ด้วยพัดลมเป็นอุปกรณ์ที่ขับเคลื่อนการไหลของลมในท่อ อากาศซึ่งถูกขับจากใบพัดของพัดลมจะทำให้อากาศมีค่าความกดดันสูงขึ้น เมื่อถูกส่งเข้าสู่ระบบท่อจะพบกับความต้านทานต่อการไหลของอากาศ ซึ่งเรียกว่าการลดลงของความดัน (Pressure Drop) ซึ่งเป็นผลจากการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากความเสียดทานภายในของระบบท่อและอื่นๆ ดังนั้น พัดลมจึงต้องสร้างความแตกต่างของความดันรวม ทั้งทางด้านดูดและด้านจ่ายของระบบท่อ เพื่อทำให้อากาศไหลเข้าสู่ระบบท่อได้ตามปริมาณที่ต้องการและมีอัตราการไหลอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น ประสิทธิภาพพลังงานของพัดลมจึงขึ้นอยู่กับการสูญเสียพลังงาน ซึ่งจะประกอบด้วยการสูญเสียเนื่องจากความฝืดในท่อลม และเฮดสูญเสียเนื่องจากการไหลผ่านอุปกรณ์

2.2.9 **การอนุรักษ์พลังงานในระบบส่องสว่าง บรรยายโดย** Mr. V. Velayuttham

พื้นฐานของระบบส่องสว่าง

การส่องสว่างด้วยไฟฟ้า นอกจากจะเป็นภาระไฟฟ้าที่สูงในอาคารหนึ่งๆ แล้ว ยังส่งผลกระทบต่อภาระไฟฟ้ารวมของอาคาร โดยไปเพิ่มภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศอีกด้วย ดังนั้น จึงควรออกแบบและเลือกระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ให้ประสิทธิผลในการส่องสว่าง ก่อให้เกิดความสบายแก่สายตา มีความยืดหยุ่น และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายในการใช้พื้นที่ ในขณะเดียวกันก็ต้องมีประสิทธิภาพดีในเชิงพลังงาน

คำศัพท์พื้นฐานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ความส่องสว่าง (Illuminance) คือ ปริมาณแสงทั้งหมดที่ตกกระทบบนพื้นผิว 1 ตารางเมตร มีหน่วยเป็นลูเมนต่อตารางเมตร หรือลักซ์ (Lux) ในการออกแบบและการเลือกใช้อุปกรณ์ระบบแสงสว่าง จะต้องพิจารณาให้ค่าความส่องสว่างมีความเหมาะสมกับการใช้งานของพื้นที่ โดยพื้นที่ที่มีการทำงานในลักษณะที่ละเอียดต้องการความชัดเจน จะต้องการความส่องสว่างมากกว่าพื้นที่ที่ใช้งานทั่วไป

ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous flux) คือ ปริมาณแสงสว่างทั้งหมดที่ได้จากหลอดไฟ มีหน่วยเป็นลูเมน (Lumen (lm)) ดังนั้น หลอดไฟที่มีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง (ลูเมน) สูง จะเป็นหลอดไฟที่ให้แสงสว่างมากนั่นเอง

แสงบาดตา (Glare) คือ แสงจ้าบาดตาที่เข้ามารบกวนสายตา ทำให้เกิดความไม่สบายตาหรือเกิดความยากลำบากในการมองเห็น ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญในการเลือกประเภทและตำแหน่งติดตั้งโคมไฟที่จะไม่ทำให้สายตาได้รับแสงจ้าหรือแสงสะท้อนโดยตรงจากหลอดไฟ

ประสิทธิผลการส่องสว่าง (Luminous Efficacy) คือ ค่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานของหลอดไฟ ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์การส่องสว่างต่อกำลังไฟฟ้าของหลอด มีหน่วยเป็นลูเมนต่อวัตต์ หลอดไฟที่มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างสูง จะเป็นหลอดที่ให้แสงสว่างมากกว่าหลอดที่มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างต่ำ เมื่อเทียบที่กำลังไฟฟ้าเท่ากัน

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานของโคมไฟ (Coefficient of Utilization) เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่ตกกระทบที่พื้นที่ใช้งานเทียบกับปริมาณแสงทั้งหมดที่ได้จากหลอดไฟ โดยเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของโคมที่ทดสอบและระบุโดยผู้ผลิตโคม ซึ่งรวมผลของความสูงและการสะท้อนของผนังและเพดาน

กราฟการกระจายแสงของโคม (Light Distribution Curve) กราฟการกระจายแสงของโคม เป็นกราฟที่แสดงลักษณะทิศทางการกระจายแสงของโคม ซึ่งใช้ประกอบในการเลือกประเภทโคมไฟ กำหนดตำแหน่งและจำนวนโคมไฟ เพื่อให้ความสว่างแก่พื้นที่ใช้งาน

อุณหภูมิสีของแสง (Color Temperature) อุณหภูมิสีเป็นค่าบ่งบอกถึงสีของแสงที่ได้จากหลอดไฟ มีหน่วยเป็นเคลวิน (Kelvin: K) หลอดไฟที่มีอุณหภูมิสีสูง เช่น หลอดเดย์ไลท์ ที่มีอุณหภูมิสีมากกว่า 5,000 เคลวิน จะให้แสงโทนขาวปนฟ้าและให้ความรู้สึกเย็น เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความชัดเจนของวัตถุ

ดัชนีการเปล่งสี (Color Rendering Index (CRI)) เป็นค่าระหว่าง 0 ถึง 100 เพื่อใช้เปรียบเทียบการเปล่งสีของวัตถุภายใต้แสงของหลอดไฟว่ามีค่าใกล้เคียงกับสีของวัตถุนั้นภายใต้แสงมาตรฐาน เช่น แสงธรรมชาติ มากน้อยเพียงใด หลอดไฟที่มีค่าดัชนีการเปล่งแสงสีสูง เช่น หลอดไส้ ซึ่งมีค่าดัชนีการเปล่งสีเท่ากับ 100 จะให้สีของวัตถุที่เป็นจริงใกล้เคียงกับสีที่มองเห็นภายใต้แสงธรรมชาติ โดยหลอดที่มีดัชนีการเปล่งสีต่ำ ก็จะมีความเพี้ยนของสีมาก

ประเภทของหลอดไฟในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

1. หลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือหลอดไส้ อาศัยหลักการผ่านของพลังงานไฟฟ้าเข้าไปยังไส้หลอดที่ทำด้วยทังสเตน
2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า หลอดคายประจุความดันต่ำ ให้แสงสว่างโดยอาศัยการจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับหลอดไฟ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ปลายขั้วทั้ง 2 ข้าง จะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนเกิดปฏิกิริยา และได้แสงสว่าง
3. หลอดคายประจุความดันสูง มีหลักการกำเนิดแสงคล้ายกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ แต่มีข้อแตกต่างในหลักการคือภายในหลอดเผาไหม้ในขณะที่ใช้งาน หลอดจะมีความดันภายในที่สูง ซึ่งทำให้แสงที่เปล่งออกมามีพลังงานแสงที่หนาแน่นและให้แสงสว่างที่เจิดจ้า

หลักการในการส่องสว่าง

ระบบแสงสว่างต้องได้รับการออกแบบและติดตั้ง เพื่อให้การประกอบกิจกรรมต่างๆ ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและทำให้สภาพแวดล้อมทั่วๆ ไปของการมองเห็นมีความปลอดภัยและน่ารื่นรมย์ วิธีการให้แสงสว่างที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญของการออกแบบระบบแสงสว่างซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

1. การให้แสงสว่างแบบมีความสว่างเกือบเท่ากันตลอดพื้นที่ เป็นการให้ความสว่างจากโคมไฟแสงสว่างที่ติดตั้งกระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่เพดาน

2. การให้แสงสว่างเฉพาะที่ โดยอาศัยหลักการที่แต่ละพื้นที่ต้องการความสว่างไม่เท่ากันแล้วแต่ประเภทของกิจกรรม

3. การให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่ง เป็นการให้แสงสว่างเสริมสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูง

แนวทางการประหยัดพลังงานของระบบแสงสว่าง

1. เลือกใช้หลอดไฟประสิทธิภาพสูง คือ ให้ปริมาณแสงสว่างมากแต่ใช้กำลังไฟฟ้าต่ำ
2. ติดตั้งวงจรควบคุมแสงสว่างเพิ่มขึ้นจะทำให้สามารถปิด - เปิดวงจรไฟฟ้าแสงสว่างในแต่ละพื้นที่ได้สะดวก
3. ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อให้มีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ
4. โคมไฟทุกชนิดควรมีแผ่นสะท้อนแสงที่ดีมีผิวสะอาด มัน เป็นเงาและต้องมีมุมสะท้อนที่ถูกต้อง
5. ใช้ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมระบบแสงสว่างในอาคารจะสามารถประหยัดพลังงานได้

2.2.10 **การทดลองสาธิตการอนุรักษ์พลังงานในระบบส่องสว่าง ดำเนินการโดย** Mr. V. Velayuttham and Ms. P. Chitra

1. การวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดไฟแต่ละชนิด และการวัดค่าการส่องสว่างของหลอด

การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดชนิดต่างๆ

ชนิดหลอด	**กำลังไฟฟ้า** (W)	**ฟลักซ์การส่องสว่าง** (lm)	**ประสิทธิผลการส่องสว่าง** (lm/W)	**อายุการใช้งานเฉลี่ย** (h)
อินแคนเดสเซนต์	15 – 500	120 - 8,400	8 – 17	1,000
ฮาโลเจนแรงดันปกติ	75 – 2,000	975 – 50,000	13 – 25	2,000
ฟูลออเรสเซนต์ ชนิดฟลักซ์การส่องสว่างสูง	18 – 36	1,300 – 3,350	72 – 93	12,000
ฟูลออเรสเซนต์ ชนิดฟลักซ์การส่องสว่างสูง ประสิทธิภาพสูง	14 – 35	1,350 – 3,650	93 – 104	20,000
คอมแพคฟูลออเรสเซนต์ บัลลาสต์แยกภายนอก	8 – 18	360 – 1,000	45 – 56	8,000
คอมแพคฟูลออเรสเซนต์ บัลลาสต์ในตัว	8 – 23	420 – 1,350	53 – 64	8,000

ชนิดหลอด	กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (h)
โซเดียมความดันต่ำ (ประสิทธิผลการส่องสว่างสูง)	18 – 180	1,800 – 32,500	100 – 181	14,000
โซเดียมความดันสูง (ประสิทธิผลการส่องสว่างสูง)	100 – 400	10,000 – 56,000	100 – 140	18,000
เมทัลฮาไลด์ (ขั้วเดี่ยว)	70 – 2,000	5,100 – 189,000	73 – 95	20,000
เมทัลฮาไลด์ (สองขั้ว)	70 – 2,000	5,500 – 220,000	79 – 80	9,000
แอลอีดี (ขั้ว E27)	5	300	60	50,000
แอลอีดี (ขั้ว E 40)	28 – 180	2,100 – 13,800	75 – 77	50,000

การพิจารณาเลือกใช้หลอดไฟ

การเลือกหลอดไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน อาจพิจารณาได้จากค่าประสิทธิผลการส่องสว่าง โดยหลอดที่มีประสิทธิภาพพลังงานที่สูง หมายถึง หลอดไฟฟ้านั้นมีค่าประสิทธิผลการส่องสว่าง ซึ่งประหยัดพลังงานมากกว่าหลอดไฟฟ้าที่มีค่าประสิทธิภาพพลังงานที่ต่ำ อย่างไรก็ตาม หลอดแต่ละประเภทมีความแตกต่างด้านการนำไปใช้งาน ดังนั้น จึงไม่ควรพิจารณาเฉพาะค่าประสิทธิผลการส่องสว่างเพียงอย่างเดียว ยังต้องมีปัจจัยอื่นประกอบอีกมากมาย เช่น ฟลักซ์การส่องสว่าง กำลังไฟฟ้า อุปกรณ์ประกอบ อายุการใช้งาน ความถูกต้องของสี ราคาหลอดไฟ ประเภทกิจกรรม และข้อเปรียบเทียบด้านการใช้งานในที่ต่างๆ เป็นต้น

2.2.11 **การอนุรักษ์พลังงานในระบบเตาเผา บรรยายโดย** Mr. R. Suryanarayanan

หลักการเผาไหม้ของเตาเชื้อเพลิง

การเผาไหม้ของเตาเชื้อเพลิง เพื่อทำให้เกิดความร้อนจะต้องใช้การสันดาปเชื้อเพลิง ซึ่งจะต้องให้ปริมาณอากาศและเชื้อเพลิงที่ป้อนเข้าห้องเผาไหม้มีสัดส่วนเหมาะสม ทำให้อนุภาคเชื้อเพลิงซึ่งมีโมเลกุลของไฮโดรเจนและคาร์บอน รวมทั้งโมเลกุลของออกซิเจนในอากาศ เผาไหม้กันอย่างสมบูรณ์

เตาเผาเชื้อเพลิงเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ถูกใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อใช้ในการผลิตความร้อนตั้งแต่ช่วง 150 - 250 องศาเซลเซียส ไปจนถึงอุณภูมิ 1,500 องศาเซลเซียส เตาเผาเชื้อเพลิงผลิตความร้อนได้จากการเผาไหม้หรือการสันดาประหว่างเชื้อเพลิงและอากาศ โดยความร้อนที่เกิดขึ้นจะถูกถ่ายเทไปยังผลิตภัณฑ์ โดยการพาและการแผ่รังสีความร้อนเป็นหลัก ในการพาความร้อนจะส่งความร้อนผ่านไปยังผลิตภัณฑ์ผ่านก๊าซร้อนที่หมุนเวียนอยู่ภายในเตา ขณะที่ การแผ่รังสีจะเกิดจากการแผ่รังสีความร้อนโดยตรงจากเปลวไฟไปยังผลิตภัณฑ์ที่รับความร้อน

- กรณีไม่มีระบบควบคุมการเผาไหม้อัตโนมัติ

การควบคุมการเผาไหม้โดยทั่วไปจะควบคุมให้ปริมาณเชื้อเพลิงและอากาศผสมกันในสัดส่วนที่พอเหมาะ สำหรับการเผาไหม้ที่สภาวะต่างๆ แต่ในทางปฏิบัติเพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์จริงๆ จึงมักปรับตั้งให้มีอากาศส่วนเกินเข้าห้องเผาไหม้ ทำให้บางสภาวะอากาศส่วนเกินมากเกินไป จะก่อให้เกิดการสูญเสียความร้อนทางปล่องสูง

- กรณีมีระบบควบคุมการเผาไหม้อัตโนมัติ

ในการควบคุมการเผาไหม้เชื้อเพลิงให้มีประสิทธิภาพ สามารถใช้ระบบควบคุมการเผาไหม้แบบอัตโนมัติ ซึ่งทำงานโดยอาศัยสัญญาณจากโพรปวัดอุณหภูมิและปริมาณออกซิเจนที่เหลืออยู่ในก๊าซเสีย นำมาปรับสัดส่วนของปริมาณอากาศและเชื้อเพลิงที่พอเหมาะ ทำให้มีออกซิเจนในอากาศที่เผาไหม้กับโมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนของเชื้อเพลิงได้อย่างพอดี

ประเภทของการใช้งาน

การประยุกต์ใช้งาน การให้ความร้อนโดยเตาเชื้อเพลิงกับงานอุตสาหกรรม ได้แก่ เตาเผาอิฐ เตาเผาเครื่องแก้ว เตาอบขนมปัง เตาอบลดความชื้นของอาหาร หม้อไอน้ำ Gas retorts

ข้อพิจารณาในการนำมาใช้

1. การเลือกใช้เชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่นำมาใช้ต้องสามารถหาได้ง่าย ราคาถูก การเผาไหม้ดี ค่าใช้จ่ายเริ่มต้นของอุปกรณ์ถูก ค่าบำรุงรักษาต่ำ เป็นเชื้อเพลิงที่ให้ประสิทธิภาพการทำงานสูง

2. การนำความร้อนจากไอเสียมาใช้ใหม่ ก๊าซไอเสียจากการเผาไหม้เมื่อปล่อยสู่บรรยากาศจะทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนจากเตาเผาเป็นจำนวนมาก ซึ่งความร้อนเหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้

3. สมรรถนะของหัวเผา หน้าที่ของหัวเผา คือ เป็นส่วนที่เชื้อเพลิงและอากาศผสมกันเกิดติดไฟ สมรรถนะของหัวเผาเป็นส่วนหนึ่งของประสิทธิภาพเตา การออกแบบให้หัวเผาประหยัดพลังงานจะทำให้ประสิทธิภาพของเตาดีขึ้น

4. การใช้งานและการควบคุม เตาเผาเชื้อเพลิงจะต้องมีการปรับปรุงตั้งหัวเผาการควบคุมปริมาณสันดาปอย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงสุด ลดการสูญเสียความร้อนและเขม่าจากไอเสีย นอกจากนี้ จะต้องมีการบำรุงรักษาซ่อมแซมการั่วไหลของเชื้อเพลิง รอยแตกร้าวของผนังเตาและการรั่วซึมของวัสดุโครงสร้าง วัสดุฉนวนความร้อนและทำความสะอาดอุปกรณ์ ได้แก่ หัวเผา อย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดการสูญเสียพลังงาน และเพิ่มประสิทธิภาพความร้อนของเตา

2.2.12 การทดลองสาธิตการอนุรักษ์พลังงานในระบบเตาเผา ดำเนินการโดย

Mr. V. Velayuttham and Ms. P. Chitra

1. การวิเคราะห์สังเกตลักษณะเปลวไฟ

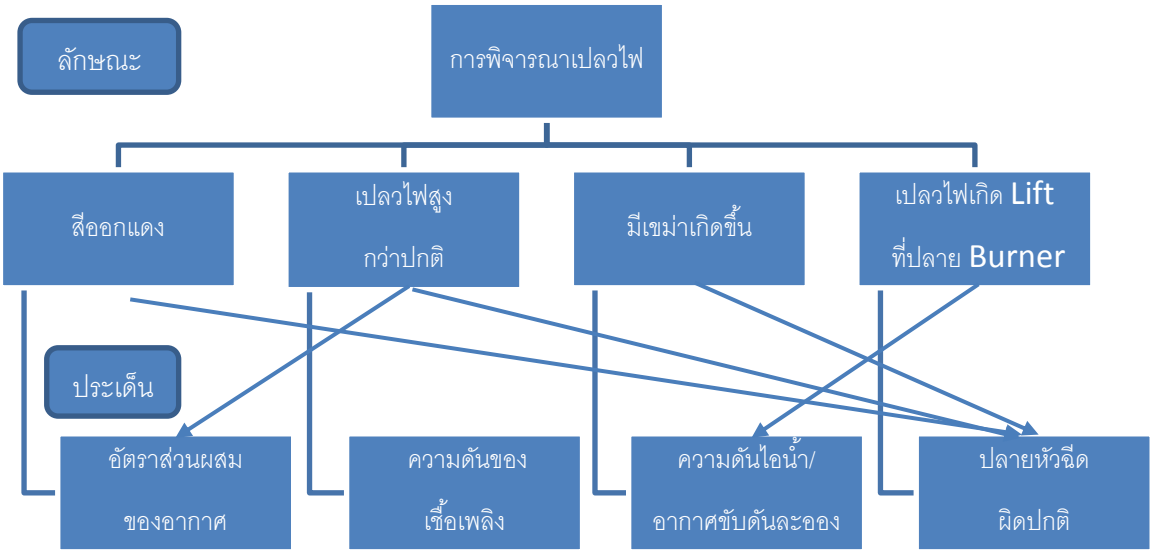
การสังเกตเปลวไฟ

สภาวะการเผาไหม้ของเปลวไฟจะขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อเพลิง ชนิดของหัวเผา องค์ประกอบของเชื้อเพลิง และสภาวะการเผาไหม้

เปลวไฟที่ดีต้องสอดคล้องกับเงื่อนไข คือ สภาวะการเผาไหม้ที่ดี และรูปร่างเปลวไฟที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การให้ความร้อน

ประเด็นสำคัญในการสังเกตเปลวไฟ ได้แก่ เสียงการเผาไหม้ รูปร่างเปลวไฟ ลักษณะเปลวไฟ สีของเปลวไฟ ลักษณะเปลวไฟที่ปลายหัวเผา และอื่นๆ

วิธีตัดสินการเผาไหม้ที่ดี



โดยทั่วไปแล้วจะมีวิธีสังเกตการเผาไหม้ได้โดยดูสีควันไอเสียและลักษณะเปลวไฟดังนี้

ปริมาณอากาศ	**สีและรูปร่างของเปลวไฟ**	**สีของควันจากปล่องไอเสีย**
พอดี	สีแสด รูปร่างเปลวสั้นคงที่	เทาอ่อนหรือไม่มีสี
มากเกินไป	สีขาวสว่างจ้า เปลวไฟยาวเคลื่อนไหวรุนแรง	ขาวหรือไม่มีสี
ไม่พอ	สีแดงคล้ำ เปลวไฟมีเขม่า	ดำ

2. การปรับอัตราส่วนของอากาศ

การเผาไหม้หรือที่เรียกกันในทางวิชาการว่า การสันดาปของเชื้อเพลิง เป็นการทำปฏิกิริยาทางเคมีระหว่างองค์ประกอบของเชื้อเพลิงและออกซิเจนอย่างรวดเร็วและรุนแรง โดยการเผาไหม้จะทำให้เกิดความร้อนและแสงสว่างที่รุนแรงจำนวนมาก บางครั้งทำให้เกิดเสียงดัง จุดประสงค์ของการเผาไหม้ คือ ต้องการใช้พลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ให้เป็นประโยชน์ เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่มีเสถียรภาพ และต่อเนื่องจำเป็นต้องมีองค์ประกอบดังนี้ คือ เชื้อเพลิง ปริมาณอากาศที่เหมาะสม (ออกซิเจน) และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี การเผาไหม้ที่สมบูรณ์จำเป็นต้องใช้ปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอ และหัวเผาซึ่งจะช่วยผสมกันได้อย่างสมบูรณ์ระหว่างเชื้อเพลิงกับออกซิเจน ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น

ช่วงอัตราเผาไหม้ต่ำ วัดปริมาณออกซิเจนในไอเสียได้ 9% สูงเกินไป สูญเสียความร้อนทางปล่องมาก

ช่วงอัตราเผาไหม้สูง วัดปริมาณออกซิเจนในไอเสียได้ 6% สูงเกินไป สูญเสียความร้อนทางปล่องมาก

ผลการวิเคราะห์ไอเสียมีอุณหภูมิ 250°C และมีออกซิเจน 4% อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม คิดเป็นการสูญเสียความร้อนทางปล่อง 15.3% ประสิทธิภาพการเผาไหม้ประมาณ 85% ดังนั้น การควบคุมสัดส่วนของเชื้อเพลิงและอากาศอย่างเหมาะสม มีปริมาณออกซิเจนในไอเสียอยู่ในช่วง 4 – 5% ถือว่าใช้การได้ดีแล้ว ลดการสูญเสียทางปล่อง

2.2.13 การทดลองสาธิตการอนุรักษ์พลังงานในมอเตอร์เหนี่ยวนำ ดำเนินการโดย Ms. P. Chitra

1. การทดลองปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) ให้มอเตอร์

หน้าที่หลักของคาปาซิเตอร์ คือ ช่วยปรับปรุงค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เช่น มอเตอร์ เครื่องทำความร้อน เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เป็นต้น ดังนั้น เมื่อต่อตัวคาปาซิเตอร์เข้ากับตัวมอเตอร์ กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟที่จ่ายจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าหรือจากการไฟฟ้าจะลดลง หรือหมดไปขึ้นอยู่กับปริมาณกำลังไฟฟ้าที่จ่ายโดยคาปาซิเตอร์หรือขนาดความจุของคาปาซิเตอร์นั้น

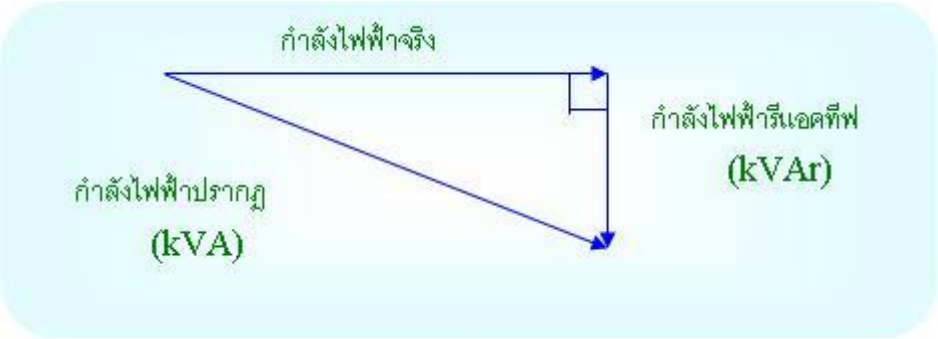
การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor : PF) สามารถลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียและเพิ่มความสามารถในการรับโหลดของอุปกรณ์ต่างๆ ได้เพิ่มขึ้นทั้งของผู้ใช้ไฟฟ้าระบบจำหน่าย ระบบส่งไฟฟ้าและเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งจะเป็นการประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้ไฟฟ้าและของประเทศชาติโดยรวมอันจะก่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าได้

การจ่ายกำลังไฟฟ้าตามปกติประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

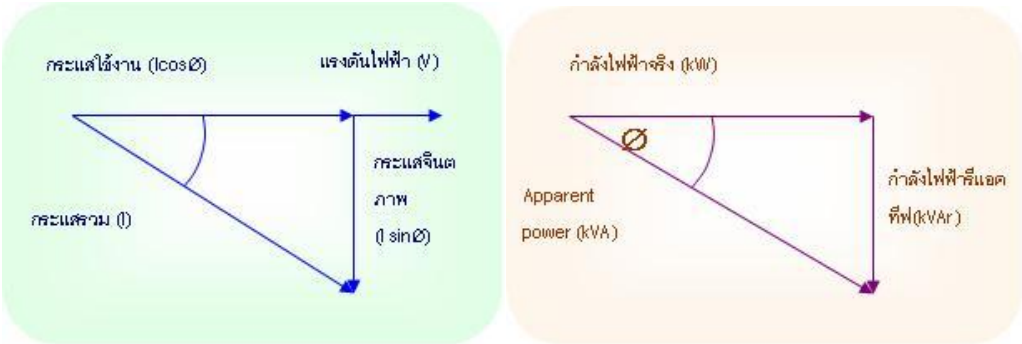
1. กำลังไฟฟ้าจริง (กิโลวัตต์) หรืออาจเรียกเป็นกำลังไฟฟ้าหรือพลังไฟฟ้าใช้งานก็ได้ เป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ประโยชน์ในการทำงานของเครื่องจักร เช่น งานที่ได้จากมอเตอร์หรือจากแสงสว่าง เป็นต้น

2. กำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (kVAR) เป็นกำลังไฟฟ้าที่จ่ายเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กให้แก่อุปกรณ์และเครื่องใช้ทางไฟฟ้า เช่น สนามแม่เหล็กในมอเตอร์ บัลลาสต์ของหลอดไฟแสงสว่าง เป็นต้น

ทั้งนี้ ค่ากำลังไฟฟ้าทั้งสองส่วนดังกล่าวจะมีทิศทางตั้งฉากซึ่งกันและกัน เราสามารถนำมาเขียนแสดงความสัมพันธ์ได้เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก หรือ phasor diagram ดังแสดงในรูปที่ 1 ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าสามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าจริง และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ



∅ คือมุมระหว่างแรงดันและกระแสไฟฟ้า

รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง กำลังไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้า

การที่ค่าตัวประกอบกำลังต่ำเกินไป นอกจากจะทำให้ต้องเสียค่าปรับให้กับการไฟฟ้าแล้ว ยังจะทำให้เกิดการสูญเสียในระบบเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากในสภาวะการทำงานที่เหมือนกันหากค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ายิ่งน้อยจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลในสายไฟมากขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดความสูญเสียมากตามไปด้วย ซึ่งสามารถคิดเป็นร้อยละของการสูญเสียเทียบกับกรณีตัวประกอบกำลังเป็น 1 ได้ดังตาราง

ตัวประกอบกำลัง	ร้อยละกระแสไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นเทียบกับกรณีตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1	ร้อยละของพลังงานสูญเสียที่เพิ่มขึ้นเทียบกับกรณีตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1
1.00	0	0
0.90	11	23
0.80	25	56
0.70	43	104
0.60	67	179
0.50	100	300
0.40	150	525

ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า คือ อัตราส่วนของพลังไฟฟ้าจริง(kW)ต่อพลังไฟฟ้าปรากฏ (kVA)

PF = กำลังไฟฟ้าจริง (kW) / กำลังไฟฟ้าปรากฏ (kVA) = cos Ø

2. การทดลองใช้ VFD ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เพื่อการประหยัดพลังงาน

ดูว่าจะกลายเป็นมาตรฐานไปแล้วว่า อะไรที่ปรับความเร็วรอบได้ ผู้ผลิตเป็นต้องติดอินเวอร์เตอร์มาด้วย ซึ่งส่วนหนึ่งเป็นเพราะปรับความเร็วรอบจะสามารถลดภาระทางกลของปั๊มน้ำ หรือพัดลมได้มาก ส่วนใหญ่จะคืนทุนในระยะเวลาไม่เกิน 2 ปี ต้องเข้าใจว่าการประหยัดเกิดจากการลดความเร็วรอบไม่ใช่จากตัวอินเวอร์เตอร์ การปรับลดความเร็วรอบมอเตอร์ ยังทำได้อีกหลายวิธี เช่น การเปลี่ยนพู่เล่สายพาน การใช้มอเตอร์ 2 ระดับความเร็ว เป็นต้น ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับการใช้งานว่าเหมาะสมกับวิธีการไหน

การควบคุมความเร็วรอบโดยควบคุมความถี่ไฟฟ้าของแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Variable Voltage Variable Frequency – VVVF) ซึ่งการควบคุมความเร็วรอบวิธีนี้ จะใช้อินเวอร์เตอร์ VVVF หรือใช้ไซโคลคอนเวอร์เตอร์ (Cyclo – converter) เพื่อทำการปรับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ไฟฟ้าที่เหมาะสมให้กับมอเตอร์ การปรับความเร็ววิธีนี้จะมีประสิทธิภาพสูงและมีความเหมาะสมในการนำมาใช้งานที่โหลดแฟกเตอร์ต่ำกว่า 80% ซึ่งปกติแล้วมอเตอร์ที่มีขนาดตั้งแต่ 15 แรงม้า จะใช้การควบคุมเป็นชนิดไทริเตอร์ ส่วนในมอเตอร์ขนาดเล็กจะใช้ชนิดทรานซิสเตอร์

หลักการทำงานของอินเวอร์เตอร์ (Inverter)

การแปลงไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ นิยมเรียกกันว่าอินเวอร์เตอร์ (Inverters) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงหรือควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับได้ อินเวอร์เตอร์ได้นำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้ เช่น

1. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับสำรอง เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้องขึ้น ที่เรียกกันว่า Stand-by Power supplies หรือ Uninterruptible Power Supplies โดยเรียกย่อๆ ว่า UPS ใช้เป็นระบบไฟฟ้าสำรองสำหรับอุปกรณ์ที่สำคัญๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลักเกิดขัดข้อง Transfer Switch ซึ่งทำงานด้วยความเร็วถึง 1/1000 วินาที จะต่ออุปกรณ์เข้ากับอินเวอร์เตอร์จ่ายไฟกระแสสลับให้แทน โดยแปลงจากแบตเตอรี่ซึ่งประจุไว้ ขณะที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับหลัก

2. ใช้ควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสสลับ โดยการเปลี่ยนความถี่ เมื่อความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลง ความเร็วของมอเตอร์จะเปลี่ยนแปลงตามสมการ N=120f/N โดยที่ N = ความเร็วรอบต่อนาที f = ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่อวินาที และ P = จำนวนขั้วของมอเตอร์ ในการควบคุมนี้ถ้าต้องการแรงบิดคงที่ จะต้องรักษาให้อัตราส่วนของแรงดันต่อความถี่ที่จ่ายเข้ามอเตอร์คงที่ด้วย

3. ใช้แปลงไฟฟ้าจากระบบส่งกำลังไฟฟ้าแรงสูงชนิดกระแสตรง ให้เป็นชนิดกระแสสลับ เพื่อจ่ายให้กับผู้ใช้

4. ใช้ในเตาถลุงเหล็กที่ใช้ความถี่สูง ซึ่งใช้หลักการเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็กทำให้ร้อน (Induction Heating)

3. การควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์ โดยใช้วงจรสตาร์-เดลต้า เพื่อประหยัดพลังงาน

การควบคุมมอเตอร์ มีจุดประสงค์ที่จะทำให้เกิดความปลอดภัย เกิดการประหยัดพลังงานและมอเตอร์สามารถใช้งานได้สมบูรณ์

การสตาร์ทโดยการต่อตรงเข้ากับสายไฟฟ้าเมน วิธีนี้นิยมใช้กับมอเตอร์ที่มีขนาดไม่เกิน 7.5 แรงม้า

การสตาร์ทโดยจำกัดกระแสสตาร์ท วิธีนี้นิยมใช้กับมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่า 7.5 แรงม้า ซึ่งแยกย่อยได้อีกหลายวิธี คือ

- สตาร์ทโดยต่อแบบวายและเดินแบบเดลต้า
- สตาร์ทโดยใช้ตัวต้านทาน
- สตาร์ทโดยจำกัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าด้วยหม้อแปลงออโต
- สตาร์ทโดยใช้ตัวหน่วงรีแอกเตอร์ เป็นต้น

การสตาร์ทแบบสตาร์-เดลตา (Star-Delta Starter)

การสตาร์ทแบบสตาร์-เดลตานี้เป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากออกแบบง่าย และเหมาะสำหรับการสตาร์ทมอเตอร์สามเฟสแบบเหนี่ยวนำ ใช้สำหรับมอเตอร์ที่มีการต่อขดลวดภายในที่มีปลายสายต่อออกมาข้างนอก 6 ปลาย และมอเตอร์จะต้องมีพิกัดแรงดันสำหรับการต่อแบบเดลตาที่สามารถต่อเข้ากับแรงดันสายจ่ายได้อย่างปลอดภัย ปกติพิกัดที่ตัวมอเตอร์สำหรับระบบแรงดัน 3 เฟส 380 V จะระบุเป็น 380/660 V ในขณะที่ สตาร์ทมอเตอร์จะทำการต่อแบบสตาร์ (Star หรือ Y) ซึ่งสามารถลดแรงดันขณะสตาร์ทได้ และเมื่อมอเตอร์หมุนไปได้สักระยะหนึ่งมอเตอร์จะทำการต่อแบบ

เดลตา (Delta หรือ D) การเปลี่ยนการต่อจากสตาร์เป็นเดลตา กระแสขณะสตาร์ทจะลดลงประมาณ 30% ของกระแสขณะสตาร์ทโดยตรง และค่าแรงบิดจะลดลงประมาณ 25% ของแรงบิดที่เกิดขึ้นจากการสตาร์ทโดยตรง จากคุณสมบัติดังกล่าวพบว่าค่ากระแสขณะตอนสตาร์ทจะลดลงได้ในระดับหนึ่งในช่วงการต่อขดลวดให้มอเตอร์เป็นแบบสตาร์ ซึ่งแรงดันที่ขั้วจะลดลงเท่ากับประมาณ 60% ของแรงดันพิกัดซึ่งเป็นผลทำให้ค่ากระแสกระชากลดลงไปได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อถึงเวลาเปลี่ยนการทำงานของมอเตอร์โดยเปลี่ยนการต่อขดลวดเป็นแบบเดลตา ทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วจะเพิ่มขึ้นมาเท่ากับ 100% ของพิกัดซึ่งเป็นเหตุให้เกิดการกระชากของกระแสขณะสตาร์ทซึ่งจะอยู่ที่ประมาณ 4-5 เท่าของค่ากระแสพิกัด

2.3 เนื้อหา / องค์ความรู้ที่ได้จากกรณีศึกษาของประเทศสมาชิก (Country Paper) (ถ้ามี) พร้อมแสดงความคิดเห็นหรือยกตัวอย่างประเด็นเชิงเปรียบเทียบกับบริบทประเทศไทยและ / หรือประเด็นที่สามารถนำกลับมาปรับใช้ในองค์กรหรือประเทศไทย (จำแนกตามรายชื่อประเทศ)

ไม่มีกรณีศึกษาของประเทศสมาชิกที่เข้าร่วม

2.4 เนื้อหา / องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษาดูงานแต่ละแห่ง (ถ้ามี) พร้อมแนบภาพประกอบ

ไม่มีการศึกษาดูงาน เนื่องจากเป็นการอบรมเชิงปฏิบัติการ

2.5 เนื้อหา / องค์ความรู้ที่ได้จากการเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม (Group Discussion)

เป็นการนำเสนอมาตรการการอนุรักษ์พลังงานในอุปกรณ์ไฟฟ้าและความร้อน ที่ได้อบรมเชิงปฏิบัติการมาทั้งหมด ว่าแต่ละท่านที่เข้าร่วมสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานที่แต่ละท่านรับผิดชอบในหน่วยงานต้นสังกัดหรือกับประเทศได้อย่างไร รวมทั้งข้อเสนอแนะในการดำเนินโครงการนี้ต่อไป

ส่วนที่ 3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการเข้าร่วมโครงการ

3.1 ประโยชน์ต่อตนเอง

3.1.1 มีความรู้และเกิดทักษะในการใช้เครื่องมือวัดด้านไฟฟ้าและความร้อน เพื่อตรวจวัดการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ ในโรงงานหรืออาคาร

3.1.2 เกิดความเข้าใจและสามารถอธิบายผลการทดสอบหรือวิเคราะห์การใช้พลังงานของอุปกรณ์เครื่องจักรต่างๆ ที่ใช้พลังงานมาก

3.1.3 สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์การใช้พลังงาน เพื่อกำหนดเป็นมาตรการการอนุรักษ์พลังงาน

3.2 ประโยชน์ต่อหน่วยงานต้นสังกัด

3.2.1 สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานการเข้าตรวจสอบการดำเนินงานของที่ปรึกษาด้านอนุรักษ์พลังงานที่กรมฯ ได้ว่าจ้างเข้าดำเนินการในโรงงาน ในเรื่องการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ

3.2.2 นำผลวิเคราะห์การใช้พลังงานของอุปกรณ์เครื่องจักรกลต่างๆ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการวางแผนดำเนินการอนุรักษ์พลังงานในอนาคต

3.2.3 สามารถนำประสบการณ์ ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้รับมาถ่ายทอดให้สมาชิกในกลุ่มงานได้รับรู้ถึงมาตรการต่างๆ ที่ได้รับมา เพื่อปรับใช้กับงานในปัจจุบัน

3.3 ประโยชน์ต่อสายงานหรือวงการในหัวข้อนั้นๆ

สามารถให้คำแนะนำเรื่องการอนุรักษ์พลังงานในอุปกรณ์ เครื่องจักรกลต่างๆ ในโรงงาน แก่ผู้ประกอบการและผู้เกี่ยวข้อง ได้นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

3.4 กิจกรรมการขยายผลที่ได้ดำเนินการภายในระยะเวลา 60 วันนับจากวันสุดท้ายของโครงการ (กิจกรรม เช่น การฝึกอบรมภายในหน่วยงาน การบรรยายให้กับทีมงาน บทความที่ลงจดหมายข่าวในหน่วยงาน เป็นต้น โดยสรุปรายละเอียดกิจกรรม พร้อมภาพประกอบ และใบลงชื่อผู้ร่วมกิจกรรม)

3.5 กิจกรรมการขยายผลที่จะดำเนินการภายใน 6 เดือนหลังเข้าร่วมโครงการ (กิจกรรมขยายผล เช่น แผนงานกิจกรรมที่จะดำเนินการ เป็นต้น โดยส่งเอกสารสรุปรายละเอียดกิจกรรม พร้อมภาพประกอบ เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมให้ส่วนวิเทศสัมพันธ์)

ส่วนที่ 4 เอกสารแนบ

4.1 กำหนดการฉบับล่าสุด (Program)

4.2 เอกสารประกอบการประชุม/สัมมนา (Training Materials)

4.3 ประวัติโดยสังเขปของวิทยากรบรรยาย (CV)

4.4 รายงานก่อนการเดินทาง (Country Paper-Thailand)

4.5 เอกสารนำเสนอผลงานหลังจากเข้าร่วมกิจกรรมกลุ่ม (Group Presentation)