

สารบัญ

ตอนที่ 2 การอนุรักษ์พลังงานภาคไฟฟ้า

บทที่ 1 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า (Electrical measurement)

1.1 บทนำ	1-1
1.2 ชนิดของเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าและวิธีการใช้	1-1
1.2.1 พื้นฐานการวัดทางไฟฟ้า	1-1
1.2.2 หน่วยวัดทางไฟฟ้า	1-2
1.2.3 เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าพื้นฐานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	1-2
1.3 หลักการเลือกใช้เครื่องมือวัด	1-5
1.4 ข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือวัด	1-5
1.5 การเลือกเครื่องมือวัดเพื่อตรวจวัดระบบที่ใช้พลังงาน	1-6

บทที่ 2 ระบบไฟฟ้ากำลัง (Electric Power System)

2.1 บทนำ	2-1
2.2 การอนุรักษ์พลังงานคืออะไร	2-6
2.3 พื้นฐานวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ควรทราบ	2-7
2.3.1 แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ	2-7
2.3.2 การนำข้อมูลแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมาใช้งาน	2-7
2.3.3 โหลดในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	2-8
2.3.4 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	2-11
2.4 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor Correction)	2-13
2.4.1 การติดตั้งตัวเก็บประจุ (การติดตั้ง CAPACITOR Bank)	2-19
2.4.2 ข้อดีและข้อเสียของการใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้า	2-20
2.4.3 ข้อควรระวังในการใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้า	2-21
2.4.4 สมการใช้งานที่เกี่ยวข้อง	2-21
2.4.5 ตัวอย่างการคำนวณเพื่อหาค่า kVar ของ C จากข้อมูลที่ตรวจวัด	2-22
2.4.6 ตัวอย่างการคำนวณการลดความสูญเสียในสายไฟฟ้า	2-22
2.4.7 การเรียกเก็บค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของการไฟฟ้า	2-23
2.5 การลดความสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า	2-28
2.6 การลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และการบริหารพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้า	2-33
2.7 การพิจารณาเพื่อคัดเลือกกิจกรรมที่เหมาะสม	2-37
2.8 กรณีศึกษา	2-39

บทที่ 3 การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

3.1 บทนำ	3-1
3.2 แหล่งกำเนิดแสง	3-2
3.2.1 แหล่งกำเนิดแสงจากธรรมชาติ	3-2
3.2.2 แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์	3-2

สารบัญ

3.3	นิยามศัพท์ที่สำคัญเกี่ยวกับปริมาณแสง	3-2
3.4	อุปกรณ์สำคัญในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	3-3
3.4.1	หลอดไฟฟ้า	3-3
3.4.1.1	หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp)	3-3
3.4.1.2	หลอดไส้แบบธรรมดา	3-3
3.4.1.3	หลอดทังสเตนฮาโลเจน	3-5
3.4.1.4	หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)	3-7
3.4.1.5	หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปทรงกระบอก (Tubular Fluorescent)	3-8
3.4.1.6	หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent)	3-9
3.4.1.7	หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำ (Induction Fluorescent)	3-10
3.4.1.8	หลอดโซเดียมความดันต่ำ (Low Pressure Sodium)	3-11
3.4.1.9	หลอดไอปรอทความดันสูง (High Pressure Mercury) หรือหลอดแสงจันทร์	3-12
3.4.1.10	หลอดโซเดียมความดันสูง (High Pressure Sodium)	3-13
3.4.1.11	หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide)	3-15
3.4.1.12	หลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode , LED)	3-16
3.5	การพิจารณาเลือกใช้หลอดไฟ	3-18
3.6	อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับหลอดไฟฟ้าที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงาน	3-19
3.6.1	บัลลาสต์	3-19
3.6.1.1	บัลลาสต์แกนเหล็ก (Electromagnetic Ballast)	3-20
3.6.1.1.1	บัลลาสต์แกนเหล็กทั่วไป (Conventional ballast)	3-20
3.6.1.1.2	บัลลาสต์แกนเหล็กแบบกำลังสูญเสียต่ำ (low loss ballast)	3-20
3.6.1.2	บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic ballast)	3-21
3.6.1.3	การเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย และพลังงานที่ใช้ของบัลลาสต์	3-22
3.6.2	โคมไฟส่องสว่าง (Luminaries)	3-23
3.6.2.1	พิจารณาตามลักษณะประเภทและการติดตั้งดวงโคม	3-23
3.6.2.1.1	ดวงโคมสำหรับติดตั้งแบบห้อย หรือแขวนจากเพดานหรือคานลงมา	3-23
3.6.2.1.2	ดวงโคมสำหรับยึดติดกับเพดาน	3-23
3.6.2.1.3	ดวงโคมสำหรับยึดติดเข้าไปในเพดานหรือฝ้า	3-24
3.6.2.2	พิจารณาตามลักษณะของการนำไปใช้งาน	3-24
3.6.2.3	พิจารณาตามลักษณะของหลอดไฟ	3-24
3.6.2.4	พิจารณาตามลักษณะการกระจายแสงสว่างของดวงโคม	3-25
3.6.2.4.1	การกระจายกำลังการส่องสว่างของแสงสว่างของดวงโคม	3-25
3.6.2.4.2	ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมประเภทต่าง ๆ	3-26
3.6.2.4.3	ประสิทธิภาพในการกระจายของแสงโคมไฟ	3-29

สารบัญ

3.7	มาตรฐานระดับความส่องสว่าง	3-34
3.8	วิธีการวัดค่าความส่องสว่างของพื้นที่ทำงาน	3-35
3.9	การคำนวณความส่องสว่างแบบลูเมน (Lumen Method)	3-36
3.10	การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	3-38
3.10.1	ข้อกำหนดเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารควบคุม ตามกฎหมายกระทรวงว่าด้วยการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	3-38
3.10.2	ข้อแนะนำของการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารตามมาตรฐาน IES	3-38
3.11	กรณีศึกษา	3-39

บทที่ 4 การอนุรักษ์พลังงานสำหรับมอเตอร์ (Energy conservation for motor)

4.1	บทนำ	4-1
4.2	ชนิดและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า	4-2
4.3	ส่วนประกอบและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า	4-2
4.3.1	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	4-2
4.3.1.1	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสปลิตเฟสมอเตอร์ (Split-phase motor)	4-2
4.3.1.2	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับคาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)	4-4
4.3.1.3	รีพัลชันมอเตอร์ (Repulsion motor)	4-4
4.3.1.4	ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์	4-5
4.3.1.5	เซดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded pole motor)	4-5
4.3.2	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส	4-6
4.3.2.1	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชัน	4-6
4.3.2.2	มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบซิงโครนัส	4-6
4.4	ประสิทธิภาพมอเตอร์ไฟฟ้า	4-7
4.5	ความแตกต่างระหว่างมอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงและมอเตอร์ไฟฟ้ามาตรฐานทั่วไป	4-8
4.6	การอนุรักษ์พลังงานที่เกิดจากการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	4-10
4.7	หลักการพิจารณาใช้มอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงและอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ	4-14
4.8	การพิจารณาใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบเพื่อประหยัดพลังงานในมอเตอร์	4-15
4.8.1	งานที่ใช้เครื่องควบคุมความเร็วรอบ	4-15

บทที่ 5 การอนุรักษ์พลังงานสำหรับเครื่องสูบน้ำ (Energy conservation of water pump)

5.1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องสูบน้ำ	5-1
5.2	ประเภทของเครื่องสูบน้ำ	5-2
5.2.1	แยกตามลักษณะการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว	5-2
5.2.2	แยกตามลักษณะการขับเคลื่อนของเหลวในปั๊ม	5-2
5.3	เฮด	5-6
5.3.1	เฮดความดัน (Pressure Head, H_p)	5-6
5.3.2	เฮดความเร็ว (Velocity Head, H_v)	5-6

สารบัญ

5.3.3	เฮดสถิตย (Potential Head, Z)	5-6
5.3.4	เฮดการสูญเสียรวม (Total Head, H_L)	5-7
5.3.5	กราฟเฮดของระบบ (System Head Curve)	5-12
5.3.6	กราฟเฮดของปั๊ม	5-13
5.4	ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของปั๊มน้ำ	5-14
5.5	การตรวจสอบการทำงานและประสิทธิภาพพลังงานของปั๊มน้ำ	5-15
5.5.1	ข้อมูลที่สำคัญที่ควรตรวจวัด	5-15
5.5.1.1	การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของปั๊ม	5-15
5.5.1.2	การสำรวจระบบสูบน้ำและการเปิดใช้งานจริง	5-15
5.5.1.3	การตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า	5-15
5.5.1.4	การตรวจวัดค่าอัตราการไหล	5-16
5.5.1.5	การตรวจวัดค่าเฮด	5-16
5.5.2	อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจวัด	5-16
5.5.2.1	ประเภทและชนิดเครื่องมือวัดที่ใช้	5-16
5.5.2.1.1	ประเภทเครื่องมือวัดด้านไฟฟ้าทั่วไป	5-16
5.5.2.1.2	ประเภทเครื่องมือวัดด้านความร้อน	5-18
5.6	การวิเคราะห์การใช้พลังงานระบบปั๊มน้ำ	5-21
5.6.1	กำลังไฮดรอลิก	5-21
5.6.2	ประสิทธิภาพของปั๊ม	5-21
5.6.3	การคำนวณขนาดต้นกำลังขับปั๊ม	5-22
5.6.4	สมรรถนะการทำงานของปั๊ม	5-24
5.6.5	กฎความคล้ายของปั๊ม	5-24
5.6.5.1	เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดมีค่าคงที่แต่มีการเปลี่ยนแปลงรอบความเร็ว	5-27
5.6.5.2	เมื่อรอบความเร็วมีค่าคงที่ แต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดเปลี่ยนไป	5-28
5.7	แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในระบบปั๊มน้ำ	5-29
5.7.1	การปรับความเร็วรอบของปั๊มน้ำ	5-29
5.7.2	การบำรุงรักษา	5-32
5.7.3	การปรับปรุงอุปกรณ์	5-33
5.7.4	การจัดการตรวจสอบ	5-34
5.8	กรณีศึกษา	5-35
5.8.1	กรณีศึกษาตัวอย่างการใช้งานปั๊มน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	5-35
5.8.2	มาตรการซ่อมแซมการรั่วไหลน้ำหล่อเย็น	5-38
5.8.3	มาตรการปรับปรุงระบบปั๊มน้ำ	5-41
5.8.4	มาตรการเปลี่ยนท่อเฟล็กของปั๊มน้ำ	5-43
5.8.5	มาตรการการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมมอเตอร์ปั๊ม	5-44

สารบัญ

5.8.6	มาตรการลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใบพัดปั้มน้ำขนาด 19.8 ซม.เป็น 18.5 ซม.	5-47
5.8.7	มาตรการติดตั้งระบบ VSD ให้ปั้มน้ำจ่ายน้ำอ่อนและปั้มน้ำ RO	5-49
5.8.8	มาตรการติดตั้งระบบ Step Control ให้ปั้มน้ำจ่ายน้ำให้กับเครื่องจักรใน กระบวนการผลิต	5-54

บทที่ 6 การอนุรักษ์พลังงานสำหรับพัดลม (Energy conservation for fan)

6.1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพัดลม	6-1
6.2	ประเภทของพัดลม	6-2
6.2.1	พัดลมแบบหมุนเหวี่ยง (Centrifugal Flow Fan)	6-2
6.2.2	พัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fan)	6-3
6.3	การสูญเสียพลังงานการไหลในท่อลม	6-4
6.3.1	เสดความฝืดในท่อลม	6-4
6.3.2	การสูญเสียเสดเนื่องจากการไหลผ่านอุปกรณ์	6-9
6.4	ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม	6-10
6.5	การตรวจสอบการทำงานและประสิทธิภาพพลังงานของพัดลม	6-11
6.5.1	ข้อมูลที่สำคัญที่ควรตรวจวัด	6-11
6.5.1.1	การสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของพัดลม	6-11
6.5.1.2	การสำรวจระบบและการเปิดใช้งานจริง	6-11
6.5.1.3	การตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า	6-11
6.5.1.4	การตรวจวัดค่าความดันของอากาศ	6-11
6.5.1.5	การตรวจวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	6-11
6.5.2	อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการตรวจวัด	6-12
6.5.2.1	ประเภทและชนิดเครื่องมือวัดที่ใช้	6-12
6.5.2.1.1	ประเภทเครื่องมือวัดด้านไฟฟ้าทั่วไป	6-12
6.5.2.1.2	ประเภทเครื่องมือวัดด้านความร้อน	6-12
6.5.2.1.3	ประเภทเครื่องมือวัดด้านอื่น ๆ	6-12
6.6	การวิเคราะห์การใช้พลังงานของพัดลม	6-16
6.6.1	กำลังลม	6-16
6.6.2	ประสิทธิภาพของพัดลม	6-18
6.6.3	การคำนวณขนาดต้นกำลังขับพัดลม	6-19
6.6.4	คุณลักษณะและสมรรถนะการทำงานของพัดลม	6-20
6.6.4.1	กราฟสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดโค้งไปข้างหน้า	6-20
6.6.4.2	กราฟสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดโค้งไปข้างหลัง	6-21
6.6.4.3	กราฟสมรรถนะของพัดลมแบบหมุนเหวี่ยงชนิดใบพัดตรง	6-21
6.6.4.4	กราฟสมรรถนะของพัดลมแบบอากาศไหลตามแนวแกน (Axial Flow Fans)	6-22
6.7	กฎความคล้ายของพัดลม	6-22

สารบัญ

6.7.1	เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดมีค่าคงที่แต่มีการเปลี่ยนแปลงรอบความเร็ว	6-23
6.7.2	เมื่อรอบความเร็วมีค่าคงที่ แต่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดเปลี่ยนไป	6-24
6.8	แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในพัดลม	6-25
6.8.1	การควบคุมการเปิด-ปิดพัดลม	6-25
6.8.2	การลดปริมาณลม-ความดัน ให้เหมาะสมกับที่ภาระต้องการ	6-25
6.8.3	การตรวจสอบและบำรุงรักษาพัดลม	6-28
6.9	กรณีศึกษา	6-29
6.9.1	มาตรการลดความเร็วรอบพัดลมโดยเปลี่ยนขนาด Pulley	6-29
6.9.2	มาตรการลดขนาดใบพัดของพัดลม	6-31
6.9.3	มาตรการติดตั้ง Timer ลดเวลาการใช้พัดลมเป่าอย่างระบายนความร้อน	6-33

ภาคผนวก

- ก. เทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงานด้านไฟฟ้า
 - ก.1 ข้อมูลเทคโนโลยีเชิงลึก เครื่องทำน้ำเย็นชนิดปรับความเร็วรอบของคอมเพรสเซอร์ (VSD Chiller)
 - ก.2 ข้อมูลเทคโนโลยีเชิงลึก ชุดควบคุมการละลายน้ำแข็งตามภาระการทำงาน (Smart Defrost Control)
 - ก.3 ข้อมูลเทคโนโลยีเชิงลึก ปั๊มไดอะแฟรมประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Double Diaphragm Pump)
- ข. เทคโนโลยี Smart Building
- ค. กรณีศึกษาการตรวจวัดและพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน มาตรการทางด้านไฟฟ้า