

2-2.1 มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานอย่างไร?

- (1) มอเตอร์ไฟฟ้ากินไฟเท่าไร?
- (2) ราคามอเตอร์เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายในการใช้งานเป็นอย่างไร?

2-2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ามีกี่ประเภท?

- (1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
- (2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ
- (3) มอเตอร์ซิงโครนัส

2-2.3 เลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าอย่างไรให้ถูกต้อง?

- (1) โหลดที่มอเตอร์ขับเคลื่อนมีลักษณะอย่างไร?
- (2) จะเลือกมอเตอร์มาใช้งานต้องพิจารณาอะไรบ้าง?
- (3) จะเลือกมอเตอร์ขนาดเท่าไรดี?

2-2.4 เราสามารถอนุรักษ์พลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้าได้อย่างไร?

- (1) การหยุดมอเตอร์ที่ไม่ใช้งาน
- (2) การลดภาระทางกล
- (3) การใช้งานมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระ
- (4) การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์
- (5) การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง
- (6) การใช้สายพานประสิทธิภาพสูง
- (7) การบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้า

2-2.5 การตรวจวินิจฉัย และบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้าทำอย่างไร?

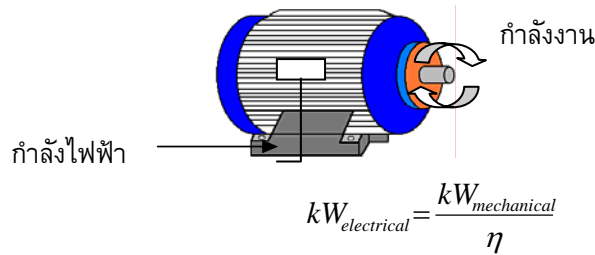
- (1) การตรวจวินิจฉัยมอเตอร์ไฟฟ้าเพื่ออนุรักษ์พลังงานทำอย่างไร?
- (2) การบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้าเพื่ออนุรักษ์พลังงานทำอย่างไร?

2.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้าทำงานอย่างไร

มอเตอร์ไฟฟ้าทำหน้าที่สร้างกำลังกลขับเคลื่อนอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ พัดลม บีบ เครื่องปรับอากาศ เครื่องอัดอากาศ สายพานลำเลียง เป็นต้น นับเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดในโรงงานอุตสาหกรรม และอาคารธุรกิจทุกแห่ง โดยมีสัดส่วนร้อยละ 80-90 จึงเป็นเป้าหมายที่สำคัญในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

(1) มอเตอร์ไฟฟ้ากินไฟเท่าไร ?

มอเตอร์ไฟฟ้ามีหลายขนาดหรือพิคัด ตั้งแต่เล็กๆไม่กี่สิบบวัตต์ จนถึงหลายเมกกะวัตต์ ขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าจะดูกันที่กำลังงานทางกล ที่มอเตอร์ตัวนั้นออกแบบมาให้ทำงานได้สูงสุด เช่น มอเตอร์ขนาด 45 กิโลวัตต์ จะออกแบบมาให้จ่ายกำลังกลได้สูงสุด 45 กิโลวัตต์ มิได้หมายความว่ามอเตอร์กินไฟ 45 กิโลวัตต์



รูปที่ 2-2.1 การใช้พลังงานของมอเตอร์ไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จะขึ้นกับภาระทางกลและประสิทธิภาพของมอเตอร์ ถ้าภาระทางกลมากจะใช้กำลังไฟฟ้าสูง ถ้าต่ำลงก็จะใช้กำลังไฟฟ้าน้อยลง

ดูตัวอย่างเพื่อให้เกิดความเข้าใจ

ในรูปมอเตอร์ขนาด 18.5 กิโลวัตต์ ขับสายพานลำเลียงขณะขนถ่ายวัตถุดิบหนัก 10 กิโลกรัม ใช้กำลังไฟฟ้า 5 กิโลวัตต์ และเมื่อวัตถุดิบมีปริมาณมากขึ้นเป็น 100 กิโลกรัม กำลังไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มเป็น 15 กิโลวัตต์



รูปที่ 2-2.2 กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์

สำหรับพลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้จะขึ้นกับกำลังไฟฟ้า(กิโลวัตต์)ที่มอเตอร์ใช้ และช่วงเวลาที่ทำงานถ้ากำลังไฟฟ้าสูงก็จะใช้พลังงานมาก หรือชั่วโมงการทำงานสูงก็จะใช้พลังงานมากเช่นกัน ดังนี้

- $E = kW \times h$
- และ $C = E \times P_r$
- เมื่อ $E =$ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ชั่วโมง ($kW h$)
- $kW =$ กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ (kW)
- $h =$ ชั่วโมงที่มอเตอร์ทำงาน kW
- $C =$ ค่าไฟฟ้าจากการใช้งานมอเตอร์ (Baht)
- $P_r =$ ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของโรงงาน (Baht / $kW h$)

ดูตัวอย่างเพื่อให้เกิดความเข้าใจ

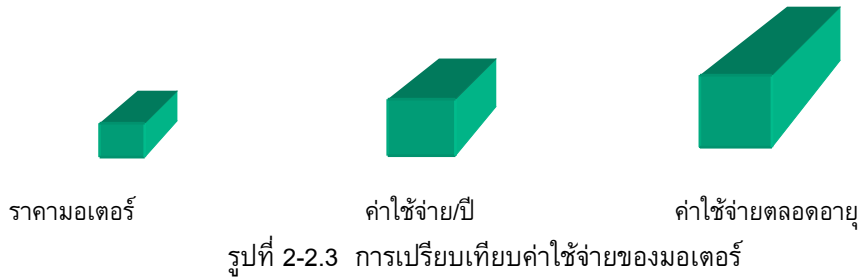
มอเตอร์ขับพัดลมขนาด 55 กิโลวัตต์ วัตต์กำลังไฟฟ้าได้ 20 กิโลวัตต์ พัดลมทำงานวันละ 16 ชั่วโมง และ 300 วันต่อปี ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3 บาทต่อหน่วย จะมีการใช้พลังงานและค่าใช้จ่ายดังนี้

พลังงานไฟฟ้า (E) = $20 kW \times 16 h/d \times 300 d/y = 96,000 kW h / y$
 ค่าไฟฟ้าของมอเตอร์ = $96,000 kW h \times 3 B/kW h = 288,000 B$

(2) ราคามอเตอร์เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่มีค่าใช้จ่ายในการใช้งานสูงมากเมื่อเทียบกับราคามอเตอร์ ดังภาพเปรียบเทียบต่อไปนี้ ปริมาตรของกล่องทางซ้ายแทนราคามอเตอร์ ขณะที่ปริมาตรของกล่องกลางแทนค่าใช้จ่ายต่อปี และกล่องทางขวาเป็น

ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ คือ ค่าไฟฟ้าที่เสียไปกับมอเตอร์ ไม่ใช่ราคามอเตอร์ ดังนั้นประสิทธิภาพของมอเตอร์จึงมีผลต่อค่าใช้จ่าย



ตัวอย่างเพื่อให้เกิดความเข้าใจ

มอเตอร์ขนาด 7.5 กิโลวัตต์ วัตกำลังไฟฟ้าได้ 5 กิโลวัตต์ เดินเครื่องวันละ 16 ชั่วโมง 300 วัน มอเตอร์ราคาประมาณ 20,000 บาท ค่าไฟฟ้า 3 บาทต่อหน่วย อายุการใช้งานมอเตอร์โดยทั่วไปประมาณ 10 ปี

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้} = 5 \text{ kW} \times 16 \text{ h} \times 300 \text{ d/y} = 24,000 \text{ kW h / y}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายพลังงาน} = 24,000 \text{ kW h} \times 3 \text{ Baht} = 72,000 \text{ B / y}$$

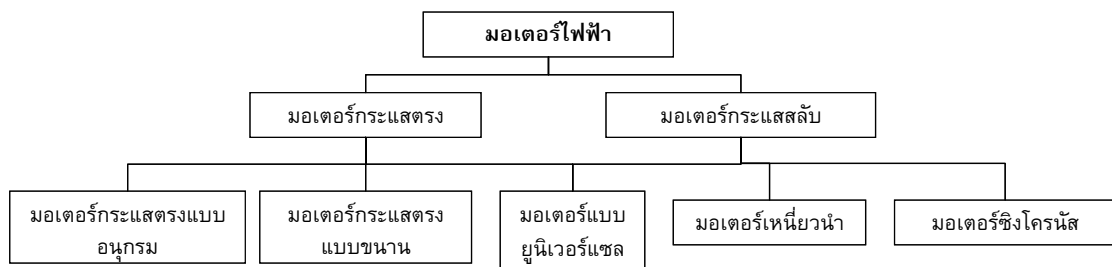
$$\text{ดังนั้น ค่าใช้จ่ายพลังงานตลอดอายุการใช้งาน} = 720,000 \text{ บาท}$$

$$\text{ราคามอเตอร์คิดเป็นร้อยละ} = 27.7 \text{ ของค่าใช้จ่ายต่อปี}$$

$$\text{และคิดเป็นร้อยละ} = 2.77 \text{ ของค่าใช้จ่ายตลอดการใช้งาน}$$

2-2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ามีกี่ประเภท?

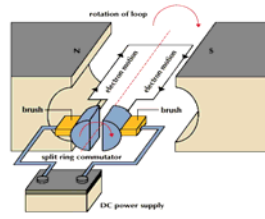
มี 2 ประเภท คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้ากระแสสลับ และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมี 2 ประเภท ที่แพร่หลายที่สุด คือ มอเตอร์เหนี่ยวนำ



รูปที่ 2-2.4 ประเภทของมอเตอร์

(1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เป็นมอเตอร์แบบแรกสร้างขึ้นโดยใช้หลักการจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเข้าทั้งขดลวดที่อยู่กับที่และที่เคลื่อนที่ เพื่อให้เกิดแรงทางแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ปัจจุบันจึงมีใช้งานในอุปกรณ์ที่ต้องการความแม่นยำในการควบคุมความเร็วรอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องจักรขนาดใหญ่ เนื่องจากระบบการส่งจ่ายไฟฟ้าเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับ การใช้งานมอเตอร์กระแสตรงจึงจำเป็นต้องมีชุดสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้มอเตอร์ นอกจากนี้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจำเป็นต้องจ่ายไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดชุดที่อยู่กับแกนหมุน จึงจำเป็นต้องมีแปลงถ่านและคอมมิวเตเตอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์สึกหรอ อันเป็นข้อจำกัดของการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

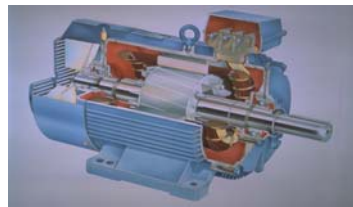


รูปที่ 2-2.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์แบบยูนิเวอร์ซัล เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบอนุกรมที่สามารถรับไฟฟ้ากระแสสลับเฟสเดียวได้ จึงเรียกว่า มอเตอร์แบบยูนิเวอร์ซัล โครงสร้างที่ง่ายจึงใช้งานในเครื่องมือเล็กๆ (จักรเย็บผ้าอุตสาหกรรม)

(2) มอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ

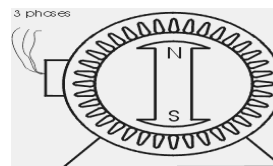
เป็นมอเตอร์ที่ใช้แพร่หลายมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องจากราคาไม่สูง บำรุงรักษาน้อย และไม่จำเป็นต้องมีชุดขับเคลื่อนเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โครงสร้างประกอบด้วยขดลวดชุดที่อยู่กับที่ (stator) และตัวนำอยู่ที่โรเตอร์ สนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์จะเหนี่ยวนำให้กระแสไหลและเกิดสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากตัวนำทั้งสองชุดดึงดูดกันทำให้เกิดการหมุน



รูปที่ 2-2.6 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบเหนี่ยวนำ

(3) มอเตอร์ซิงโครนัส

เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับประเภทหนึ่ง แตกต่างจากมอเตอร์เหนี่ยวนำคือไม่ใช้การเหนี่ยวนำจากสเตเตอร์ไปที่โรเตอร์ แต่มีการสร้างสนามแม่เหล็กทั้งที่สเตเตอร์และโรเตอร์ โรเตอร์มีทั้งแบบที่จ่ายไฟเข้าโดยตรงและแบบที่เป็นแม่เหล็กถาวร สนามแม่เหล็กทั้งสองดึงดูดและหมุนเกาะไปด้วยกัน ความเร็วรอบของมอเตอร์จะคงที่ตามความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ มักใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือใช้ในเครื่องมือเล็กๆ เช่น สว่าน



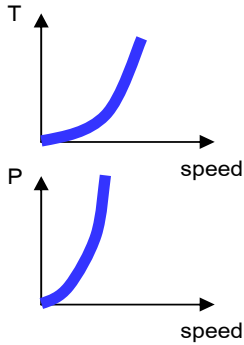
รูปที่ 2-2.7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบบซิงโครนัส

2-2.3 เลือกใช้มอเตอร์ไฟฟ้าอย่างไรให้ถูกต้อง?

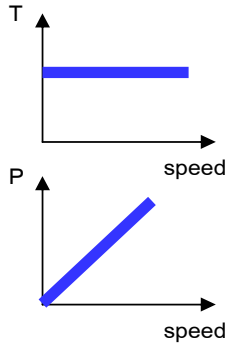
(1) โหลดที่มอเตอร์ขับเคลื่อนมีลักษณะอย่างไร ?

การเลือกและควบคุมมอเตอร์ต้องเข้าใจลักษณะโหลดที่มอเตอร์ขับเคลื่อน ซึ่งแบ่งโหลดได้ 3 แบบ คือ

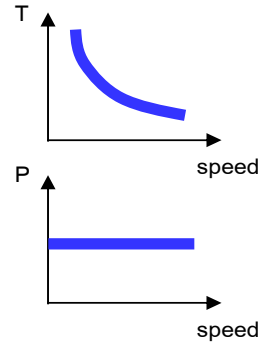
แรงบิดแปรผัน



แรงบิดคงที่



กำลังคงที่



T = แรงบิด (Nm) P = กำลังกลที่ใช้ (kWm)

รูปที่ 2-2.8 ประเภทของโหลด

โหลดประเภทแรงบิดแปรผันตามความเร็ว (Variable Torque) ได้แก่ ปั๊มน้ำหรือพัดลมซึ่งเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น แรงบิดจะตามความเร็วรอบกำลังสอง และกำลังกลที่ใช้ก็จะแปรผันตามความเร็วรอบกำลังสาม

โหลดประเภทแรงบิดคงที่ (Constant Torque) ได้แก่ บันจั้น ลิฟท์ ซึ่งแรงจุดมักจะเป็นน้ำหนักที่จุด แรงบิดจึงคงที่ไม่ขึ้นกับความเร็วรอบ โหลดประเภทนี้ กำลังกลที่ใช้จะแปรผันตามความเร็วรอบ

โหลดประเภทกำลังงานคงที่ (Constant Power) เช่น เครื่องม้วน เครื่องเจาะ สว่าน แรงบิดจะลดลง เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นและกำลังกลที่ใช้จะคงที่ ไม่ขึ้นกับความเร็วรอบดังตาราง 2-2-1

ตารางที่ 2-2.1 ลักษณะโหลดและแรงจุดเริ่มต้นเครื่องของเครื่องจักร

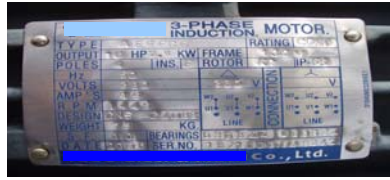
เครื่องจักร	ประเภทโหลด	แรงจุดเริ่มต้นเครื่อง	เครื่องจักร	ประเภทโหลด	แรงจุดเริ่มต้นเครื่อง
พัดลม			ระบบลำเลียง		
-แรงเหวี่ยง	VT	ต่ำ	-สายพาน	CT	ปานกลาง
-สร้างความดัน	CT	ต่ำ	-สกรู	CT	สูง
ปั๊ม			เครื่องย่อย	CT	สูง
-แรงเหวี่ยง	VT	ต่ำ	เครื่องบด	CHP	ปานกลาง
-สร้างความดัน	CT	ปานกลาง	เครื่องรีด (Extruder)	CT	ปานกลาง
-ของหนืด	CT	สูง	เตาเผาปูน	CT	สูง
คอมเพรสเซอร์			เครื่องผสม(mixer)	CT	สูง
-แรงเหวี่ยง	VT	ต่ำ	เครื่องปั๊ม	CT	ปานกลาง
-ลูกสูบ	CT	ปานกลาง	เลื่อย	CT	ปานกลาง
-โรตารี	CT	ปานกลาง	เครื่องม้วน	CHP	ปานกลาง
เครน	CT	ปานกลาง	ลิฟท์	CT	ปานกลาง

VT= แรงบิดผันแปร CT = แรงบิดคงที่ CHP = กำลังกลคงที่

ต่ำ = แรงบิดเริ่มเดินเครื่องน้อยกว่าแรงบิดพิกัด ปานกลาง = แรงบิดเริ่มเดินเครื่อง 100-150%ของแรงบิดพิกัด

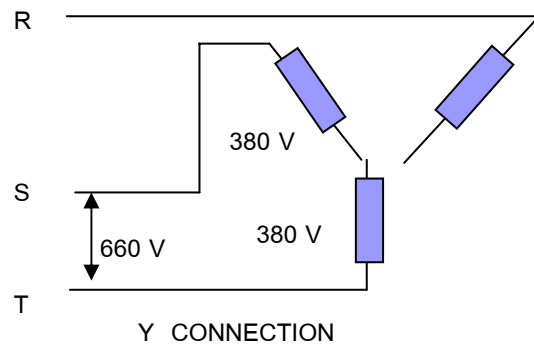
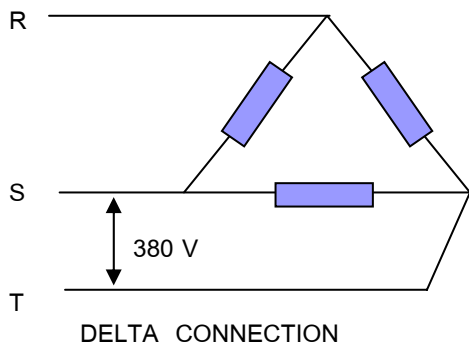
สูง = แรงบิดเริ่มเดินเครื่องเกิน 150%ของแรงบิดพิกัด

(2) จะเลือกมอเตอร์ไฟฟ้ามาใช้งานต้องดูอะไรบ้าง ?



รูปที่ 2-2.9 แผ่นป้ายประจำมอเตอร์

1. แรงดันไฟฟ้าและความถี่ ต้องสอดคล้องกับระบบไฟฟ้าพิกัดภายในโรงงาน เช่น ถ้าแผ่นป้ายระบุ Δ 380 V / Y 660 V หมายถึง ถ้าเข้าสายที่ขั้วมอเตอร์แบบ Δ จะใช้กับแรงดัน 380 V ถ้าเข้าสายแบบ Y จะใช้กับแรงดัน 660 V เป็นต้น



2. การป้องกันน้ำและฝุ่น ต้องเลือกระดับการกันฝุ่นและกันน้ำของมอเตอร์ให้สอดคล้องกับการใช้งาน โดยทั่วไปจะอ้างอิงมาตรฐาน IEC ซึ่งใช้รหัสตัวเลข 2 ตัว แสดงระดับการป้องกันฝุ่นและกันน้ำตามลำดับ (ดังตารางที่ 2-2.2 ตัวอย่าง มอเตอร์ที่ใช้งานในร่มทั่วไปมักจะเลือก IP54 และใช้งานกลางแจ้งจะเป็น IP65 เป็นต้น

ตารางที่ 2-2.2 การป้องกันฝุ่นและกันน้ำตามมาตรฐาน IEC

รหัส	ระดับการป้องกันฝุ่น	รหัส	ระดับการป้องกันน้ำ
0	ไม่มีการป้องกัน	0	ไม่มีการป้องกัน
1	ป้องกันวัตถุขนาดเกิน 50 mm. ได้	1	ป้องกันหยดน้ำลงในแนวดิ่ง
2	ป้องกันวัตถุขนาดเกิน 12 mm. ได้	2	ป้องกันหยดน้ำและน้ำสาดมุมไม่เกิน 15 องศาับแนวดิ่ง
3	ป้องกันวัตถุขนาดเกิน 2.5 mm. ได้	3	ป้องกันหยดน้ำและน้ำสาดมุมไม่เกิน 60 องศาับแนวดิ่ง
4	ป้องกันวัตถุขนาดเกิน 1 mm. ได้	4	ป้องกันน้ำสาดทุกทิศทาง
5	ป้องกันฝุ่น	5	ป้องกันน้ำฉีดทุกทิศทาง
6	ผนึกกันฝุ่น	6	ป้องกันน้ำจากน้ำท่วมได้ชั่วขณะ จมน้ำลึกไม่เกิน 1 เมตร ได้ 30 นาที ใช้งานใต้น้ำได้

3. อุณหภูมิเพิ่มของฉนวนหรือการทนความร้อนของฉนวน ปกติฉนวนจะเป็นตัวกำหนดอายุการใช้งานของมอเตอร์ ในการทนต่ออุณหภูมิของมอเตอร์มักจะกำหนดในรูปอุณหภูมิเพิ่ม คือยอมให้อุณหภูมิเพิ่มจากบรรยากาศได้กี่องศา IEC ได้กำหนดระดับของอุณหภูมิเพิ่มไว้ดังตารางที่ 2-2.3 มอเตอร์ที่ใช้งานทั่วไปมักเลือกระดับฉนวนชั้น B และมอเตอร์ที่ใช้งานกับอินเวอร์เตอร์หรืออาจมีภาระเกินได้มักเลือกฉนวนชั้น F หรือ H

ตารางที่ 2-2.3 อุณหภูมิเพิ่มของฉนวน

อุณหภูมิ (°C)	Class A	Class B	Class F	Class H
อุณหภูมิแวดล้อม	40	40	40	40
อุณหภูมิเพิ่ม	60	80	105	125
เผื่อสำหรับจุดสูงสุด	5	10	10	15
อุณหภูมิสูงสุด	105	130	155	180

4. แรงจุดเริ่มเดินเครื่อง การใช้งานบางแบบใช้แรงจุดเริ่มต้นต่ำ บางแบบใช้แรงจุดเริ่มต้นสูง แต่ขณะทำงานภาระต่ำมาตรฐาน NEMA ได้กำหนดรหัสเกี่ยวกับแรงจุดเริ่มเดินเครื่องของมอเตอร์ โดยกำหนดเป็น Design A ถึง D ดังนี้

ตารางที่ 2-2.4 แรงจุดของมอเตอร์ตามมาตรฐาน NEMA

Design	แรงบิดเริ่มเดินเครื่อง (% Full load)	กระแสเริ่มเดินเครื่อง (% Full load)	แรงบิดสูงสุด (% Full load)
A	ปานกลาง (70-275%)	ไม่จำกัด (600-900%)	สูง (175-300%)
B	ปานกลาง (70-275%)	ปานกลาง (600-700%)	ปานกลาง (5%)
C	สูง (200-250%)	ปานกลาง (600-700%)	ปานกลาง (5%)
D	สูงสุด (275%)	ปานกลาง (600-700%)	สูง (275%)

5. การรับภาระของมอเตอร์ บางลักษณะการใช้งานมอเตอร์ทำงานตลอดเวลา บางลักษณะทำงานเดินช่วงสั้นๆ มักเรียกว่า Duty หรือ Service factor (SF)

6. ประสิทธิภาพของมอเตอร์ ผู้ผลิตมอเตอร์ในยุโรปได้แบ่งประเภทของมอเตอร์ขนาดไม่เกิน 90 กิโลวัตต์ตามประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยใช้รหัส Eff ตามด้วยตัวเลข 1-3 Eff 3 หมายถึงมอเตอร์ธรรมดา Eff 2 และ Eff 1 จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นตามลำดับ

(3) เลือกมอเตอร์ขนาดเท่าไรดี?

ขนาดของมอเตอร์กำหนดที่พิกัดกำลังของมอเตอร์ว่าจ่ายกำลังกลได้กี่กิโลวัตต์หรือกี่แรงม้า มอเตอร์ต้องมีกำลังพอที่จะจุดโหลดได้ทั้งในขณะทำงานปกติและขณะเริ่มเดินเครื่อง หากเลือกมอเตอร์ใหม่ทดแทนมอเตอร์เก่าอาจใช้กำลังไฟฟ้าเครื่องเก่าเป็นแนวทางได้ โดยทั่วไปมอเตอร์ควรรับภาระที่ร้อยละ 70-80 ของพิกัด เนื่องจากมอเตอร์ทำงานที่ภาระต่ำ ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะต่ำลงอย่างมาก เมื่อทราบค่ากำลังกลที่เครื่องต้องการอาจเลือกขนาดมอเตอร์ให้ใหญ่กว่าภาระ 1.2-1.5 เท่า เพื่อให้มอเตอร์รับภาระได้ร้อยละ 70-80 จากนั้นให้ตรวจสอบว่ามอเตอร์มีแรงบิดเริ่มต้นเพียงพอจะขับเคลื่อนจักรหรือไม่ หากไม่เพียงพออาจเลือกมอเตอร์ประเภทที่ให้แรงจุดเริ่มเดินเครื่องสูงหรืออาจเลือกมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ตัวอย่างมอเตอร์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงมีภาระทางกลขณะทำงานปกติ 9 กิโลวัตต์ และแรงจุดขณะเริ่มเดินเครื่อง 150 N.m ความเร็วรอบที่ต้องการ 1460 rpm

มอเตอร์ขนาดต่ำสุดที่เป็นไปได้คือ 11 กิโลวัตต์ จากการตรวจสอบข้อมูลของผู้ผลิตรายหนึ่ง แรงบิดขณะเริ่มเดิน 210 N.m ซึ่งเพียงพอสามารถทำงานได้ แต่หากแรงบิดขณะเริ่มเดินเครื่องของสายพานลำเลียงต้องการ 220 N.m มอเตอร์ขนาด 11 กิโลวัตต์จะไม่เพียงพอ ต้องเลือกมอเตอร์ขนาดใหญ่ขึ้นเป็น 15 กิโลวัตต์ ที่มีแรงบิดเริ่มเดินเครื่อง 265 N.m หรือเลือกมอเตอร์ขนาด 11 กิโลวัตต์ ที่ให้แรงบิดเริ่มเดินเครื่องสูงพิเศษ

2-2.4 เราสามารถอนุรักษ์พลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้าได้อย่างไร

การใช้พลังงานจะขึ้นอยู่กับกำลังทางกลที่ต้องการใช้งาน ประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ประสิทธิภาพของการส่งกำลัง ประสิทธิภาพของมอเตอร์ ประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์(ถ้ามี) และชั่วโมงการใช้งานของมอเตอร์ ดังนั้นถ้าต้องการลดการใช้พลังงานในมอเตอร์จะต้องควบคุมตัวแปรทั้ง 6 ดังตารางที่ 2-2.5

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ (kWh)} = \left(\frac{\text{กำลังงานที่ต้องการ (kW)} \times \text{ชั่วโมงการทำงาน (hr)}}{\eta_L \times \eta_t \times \eta_m \times \eta_e} \right) \times 6$$

ตารางที่ 2-2.5 แนวทางในการลดการใช้พลังงานในมอเตอร์

แนวทางในการประหยัดพลังงาน	มาตรการที่ควรดำเนินการ
ลดกำลังทางกลหรือโหลดทางกลให้ต่ำที่สุด	<ul style="list-style-type: none"> เปลี่ยนใบพัดหอน้ำจากโลหะเป็นไฟเบอร์กลาส ลดอัตราการไหลของน้ำเย็น ซ่อมจุดรั่วไหลของอากาศอัด เลือกขนาดเครื่องจักรให้เหมาะสม ลดโหลดที่ไม่จำเป็นลงโดยการบำรุงรักษา เลือกเดินเครื่องจักรให้มีจำนวนที่เหมาะสมกับโหลดหรือควบคุมความเร็วรอบเพื่อให้เหมาะสมกับโหลดที่มีการเปลี่ยนแปลง
เพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ระบบทางกล	<ul style="list-style-type: none"> เลือกเดินชุดที่มีประสิทธิภาพสูง ติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ ลดขนาดปั๊มและพัดลมให้เหมาะสม ตรวจสอบ/บำรุงรักษาเพื่อลดการสูญเสียทางกลของเครื่องจักร
เพิ่มประสิทธิภาพการส่งกำลัง	<ul style="list-style-type: none"> ปรับความตึงของสายพาน ใช้สายพานประสิทธิภาพสูง เปลี่ยนสายพานที่ชำรุด
เพิ่มประสิทธิภาพมอเตอร์	<ul style="list-style-type: none"> ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ลดขนาดมอเตอร์ให้เหมาะสม ระบายความร้อนของมอเตอร์
เพิ่มประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (ถ้ามี)	<ul style="list-style-type: none"> เลือกอินเวอร์เตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงกำลังสูญเสียต่ำ
ลดเวลาทำงานของมอเตอร์	<ul style="list-style-type: none"> หยุดมอเตอร์ที่เดินตัวเปล่า

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงมาตรการที่เกี่ยวข้องกับมอเตอร์เท่านั้น สำหรับอุปกรณ์ทางกลเช่น ปั๊มน้ำ พัดลม มีรายละเอียดอยู่ในหัวข้อถัดไป

(1) การหยุดมอเตอร์ที่ไม่ใช้งาน

พนักงานมักไม่หยุดเครื่องจักรเนื่องจากเกรงว่าเมื่อเริ่มเดินมอเตอร์อีกครั้งจะใช้พลังงานมากขึ้นหรือทำให้มอเตอร์ชำรุดเร็วขึ้น โดยทั่วไปแล้วการหยุดมอเตอร์จะประหยัดพลังงานสูงกว่าการเดินทิ้งไว้ อย่างไรก็ตามการหยุดและ

เดินติดต่อกันทันที จะทำให้เกิดความร้อนสะสมในมอเตอร์ และการสึกหรอที่แปริ่ง มาตรฐาน NEMA ได้กำหนดความถี่สูงสุดในการเดินหยุด มอเตอร์ Design B ไว้ ดังนี้

ตารางที่ 2.-2.6 จำนวนเดินเครื่องสูงสุดต่อชั่วโมง

ขนาดมอเตอร์ (แอมป์)	จำนวนการเริ่มเดินเครื่องสูงสุดต่อชั่วโมง	ระยะเวลาหยุดน้อยสุด(วินาที)
5	16.3	42
10	12.5	46
25	8.8	58
50	6.8	72
100	5.2	110

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (kWh / Y)} = \text{พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ (kW} \times \text{ชั่วโมงที่สามารถหยุดได้ต่อวัน (hr / d) } \times \text{จำนวนวันต่อปี (d / y)}$$

ดูตัวอย่างเพื่อให้เกิดความเข้าใจ

โรงงาน ECON มีมอเตอร์น้ำระบายความร้อนขนาด 11 กิโลวัตต์ เดิมทำงานวันละ 12 ชั่วโมงต่อวัน และ 300 วันต่อปี ต่อมาพบว่าสามารถหยุดได้ในช่วงพักเที่ยง ซึ่งไม่มีการผลิตวันละ 1 ชั่วโมง (วิธีการคำนวณ 1) ตรวจวัดการใช้พลังงานของมอเตอร์ 2) ประเมินชั่วโมงที่หยุดได้ และ 3) คำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ตามสมการข้างต้น)

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 จำนวนชั่วโมงที่สามารถหยุดมอเตอร์ที่เดินตัวเปล่าต่อวัน	<i>hr</i>	<i>hr / d</i>	1.00	
1.2 จำนวนวันที่โรงงานทำงาน	<i>d</i>	<i>d / y</i>	300.00	
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	<i>CE</i>	<i>B / kWh</i>	2.70	
1.4 เงินลงทุน	<i>C</i>	<i>B</i>	-	
2. ข้อมูลตรวจวัด				
2.1 พลังไฟฟารวมของมอเตอร์ที่สามารถหยุดได้	<i>w</i>	<i>kW</i>	7.00	
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_{save} = P \times hr \times d$	E_{save}	<i>kWh / y</i>	2,100.00	
3.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $B_s = E_{save} \times CE$	B_s	<i>B / y</i>	5,670.00	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / B_s$	<i>PB</i>	<i>y</i>	-	

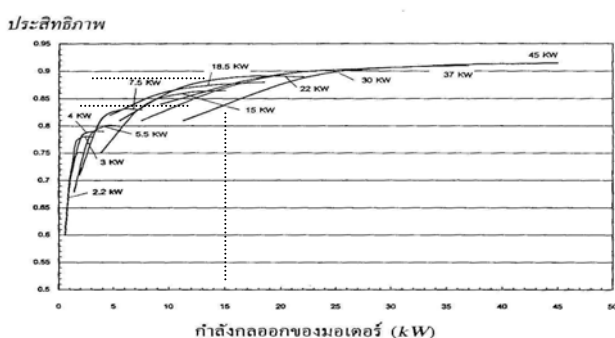
(2) การลดภาระทางกล

กำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ต้องการขึ้นกับภาระทางกลของมอเตอร์ ถ้าภาระทางกลสูงมอเตอร์จะต้องใช้กำลังไฟฟ้ามาก ดังนั้นการลดภาระทางกลของมอเตอร์ให้ต่ำที่สุดจะสามารถประหยัดพลังงานในมอเตอร์ได้อย่างมาก

- การลดความเสียหายในระบบ เช่น การเดินท่อส่งจ่ายที่ใหญ่ขึ้น การเปลี่ยนเบริงให้ความฝืดลดลง
- การซ่อมท่อลมที่มีการรั่วไหล
- การเปลี่ยนชิ้นส่วนที่หมุนให้มีน้ำหนักเบาหรือขนาดเล็กลง เช่น เปลี่ยนใบพัดของหอยฉิ้งน้ำจากโลหะเป็นไฟเบอร์กลาส การปรับปรุงแกนลูกต้ายในโรงงานปั่นทอให้มีน้ำหนักเบา
- การลดอัตราการใช้หรือแรงดันที่สูงเกินความต้องการ

(3) การใช้งานมอเตอร์ที่เหมาะสมกับภาระ

เมื่อภาระของมอเตอร์ลดลง ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะต่ำลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อภาระลดลงต่ำกว่าร้อยละ 40 ของพิกัด เนื่องจากเมื่อภาระลดลง กำลังสูญเสียส่วนหนึ่งยังคงที่ เช่น กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก กำลังสูญเสียจากพัดลมระบายความร้อนท้ายมอเตอร์ ดังนั้นควรเลือกใช้งานมอเตอร์ที่เหมาะสมกับภาระ ร้อยละของภาระเทียบกับพิกัดควรสูงกว่า 60 หากพบว่าภาระต่ำ ควรปรับปรุงให้การใช้งานมอเตอร์เหมาะสมกับโหลดมากขึ้น โดยสับเปลี่ยนมอเตอร์ที่มีอยู่ให้มอเตอร์มีขนาดเล็กลง จะลดกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ต้องการลงได้ ทั้งนี้ควรตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์นานพอสมควร เนื่องจากบางกระบวนการภาระจะเพิ่มขึ้นเป็นบางช่วงเวลา



รูปที่ 2-2.10 ประสิทธิภาพมอเตอร์ที่ภาระต่าง ๆ

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (kWh/Y)} = \text{กำลังไฟฟ้าเดิม (kW)} \times \left(1 - \frac{\text{ประสิทธิภาพมอเตอร์เก่า}}{\text{ประสิทธิภาพมอเตอร์ใหม่}}\right) \times \text{ชั่วโมงการทำงานต่อปี (k/y)}$$

ดูตัวอย่างเพื่อความเข้าใจ

โรงงาน ECON ติดตั้งมอเตอร์ขนาด 45 กิโลวัตต์ วัตพลังไฟฟ้าได้ 15 กิโลวัตต์ จึงนำมอเตอร์ขนาด 22 กิโลวัตต์ มาติดตั้งทดแทน (วิธีการคำนวณ 1) ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 2) ประเมินค่าประสิทธิภาพมอเตอร์ใหม่ที่ภาระทางกล 3) ประเมินค่าประสิทธิภาพมอเตอร์เดิมจากข้อมูลผู้ผลิต 4) คำนวณพลังงานไฟฟ้าประหยัดได้จากสมการข้างต้น 5) คำนวณกำลังไฟฟ้าทางกลของมอเตอร์เดิม)

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงานต่อวัน	hr	hr / d	12.00	
1.2 วันทำงานต่อปี	d	d / y	300.00	
1.3 ขนาดมอเตอร์เดิม	p	kW	45.00	
1.4 ราคารวมค่าติดตั้งของมอเตอร์	C	B	-	

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1.5 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	CE	B/kWh	3.00	
2. ข้อมูลตรวจวัด				
2.1 พลังไฟฟ้าของมอเตอร์เดิม	kW	kW	15.00	
2.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์เดิม ณ จุดใช้งานจากกราฟ	η_2	%	83.00	
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 ขนาดมอเตอร์ตัวใหม่	Q	kW	22.00	
3.2 พลังไฟฟ้าทางกลของมอเตอร์เดิม $P_m = kW \times \eta_1$	P_m	kW	12.45	
3.3 ประสิทธิภาพมอเตอร์ใหม่ ณ จุดใช้งานจากกราฟ	η_1	%	88.00	
3.4 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_{save} = kW \times ((1/\eta_1) - (1/\eta_2)) \times hr \times d$	E_{save}	kWh/y	3,696.60	
3.5 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $B_s = E_{save} \times CE$	B_s	B/y	11,089.81	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / B_s$	PB	y	-	

(4) การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์

โหลดประเภทแรงบิดผันแปร เช่น บี้มหรือพัดลม กำลังไฟฟ้าที่ใช้จะแปรผันตามความเร็วรอบกำลังสาม ดังนั้น หากใช้ความเร็วรอบสูงกว่าความจำเป็นมากจะทำให้ต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้นหรือมีการใช้วาล์วหรือแอดเจอร์หรือเอาไว้ในกรณี เช่นนี้ควรปรับลดความเร็วรอบของเครื่องจักรลงมายังจุดที่เหมาะสม จะสามารถประหยัดพลังงานลงได้ ร้อยละ 15-20 ในการปรับความเร็วรอบเครื่องจักรทำได้ 2 วิธี ตามลักษณะการใช้งานดังนี้

การใช้งานที่ต้องการความเร็วคงที่ ในลักษณะนี้เป็นการปรับแบบตายตัว สามารถใช้วิธีลดขนาดฟูล์ ติดตั้งเกียร์ลดความเร็ว การใช้มอเตอร์ 2 ความเร็วซึ่งใช้เงินลงทุนไม่มาก

การใช้งานที่ความเร็วไม่คงที่ เช่น ปรับความเร็วรอบให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการในกรณีนี้สามารถทำได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ หรืออินเวอร์เตอร์ จ่ายไฟให้มอเตอร์เพื่อให้ทำงานที่ความเร็วรอบที่ต้องการ สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

$$\frac{\text{กำลังงาน}_1}{\text{กำลังงาน}_2} = \left(\frac{\text{ความเร็วรอบ}_1}{\text{ความเร็วรอบ}_2} \right)^3$$

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (kWh/y)} = \sum (\text{กำลังไฟฟ้าเดิม} - \text{กำลังไฟฟ้าที่ปรับความเร็วรอบ}) \times \text{ชั่วโมงการทำงานต่อปี (hr/y)}$$

ตัวอย่างเพื่อความเข้าใจ

โรงงาน ECON มีมอเตอร์ปั๊มขนาด 45 กิโลวัตต์ อัตราการไหล 900 แกลลอนต่อนาที วัดพลังไฟฟ้าได้ 35 กิโลวัตต์ จึงนำอินเวอร์เตอร์มาควบคุมความเร็วรอบ ได้ทดลองเปิดวาล์วออกเต็มที่ วัดอัตราการไหลได้ 1,200 แกลลอนต่อนาที วัดพลังไฟฟ้าได้ 41 กิโลวัตต์ (วิธีการคำนวณ 1) ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ที่อัตราการไหลต่างๆ 2) เปิดอัตราการไหลเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ และวัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 3) คำนวณกำลังไฟฟ้าหลังปรับความเร็วรอบ ที่แต่ละอัตราการไหล โดยสมการของปั๊ม 4) คำนวณพลังงานที่ประหยัดได้ จากผลต่างของกำลังไฟฟ้าเดิมและกำลังไฟฟ้าเมื่อปรับความเร็วรอบ)

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงที่ปั๊มทำงานต่อวัน	hr	hr / d	8	
1.2 วันที่ปั๊มทำงานต่อปี	d	d / y	300	
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	CE	B / kWh	3.00	
1.4 ราคารวมค่าติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ	C	B	110,000	
2. ข้อมูลตรวจวัด				
2.1 ความเร็วรอบหรืออัตราการไหลที่ต้องการ	n_2	RPM	900	
2.2 พลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	P_0	kW	35.00	
2.3 ความเร็วรอบหรืออัตราการไหลเมื่อเปิดวาล์วสุด	n_1	RPM	1,200	
2.4 พลังไฟฟ้าเมื่อเปิดวาล์วสุด	P_1	kW	41.00	
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 พลังไฟฟ้าหลังปรับความเร็วรอบ $P_2 = P_1 \times ((n_2 / n_1)^3)$	P_2	kW	17.30	
3.2 พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $P_{save} = (P_0 - P_2)$	P_{save}	kW	17.70	
3.3 พลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ $E_{save} = P_{save} \times hr \times d$	E_{save}	kWh / y	42,487.50	
3.4 ค่าไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้ $B_s = E_{save} \times CE$	B_s	B / y	127,462.50	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / B_s$	PB	y	0.86	

(5) การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

มอเตอร์ที่รับภาระค่อนข้างมากและทำงาน 24 ชั่วโมง หากประสิทธิภาพไม่ดีจะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามาก เช่น มอเตอร์ที่ชำรุด หรืออายุการใช้งานนานนับ 10 ปี ปัจจุบันมีการพัฒนาให้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยปรับปรุงแกนเหล็กและขดลวดให้กำลังสูญเสียต่ำลง ตารางที่ 2-2.11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา กับมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง โดยเฉลี่ยมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะมีประสิทธิภาพสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดาประมาณ 3% และมีราคาสูงกว่า 25-30% ในกรณีที่เป็นการจัดหามอเตอร์ใหม่หรือมอเตอร์เดิมชำรุด การเลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะคืนทุนภายในระยะเวลา 2 ปี จึงมีความคุ้มค่ามาก

ตารางที่ 2-2.11 ประสิทธิภาพของมอเตอร์ธรรมดา และมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

ขนาดมอเตอร์ (แอมป์)	ประสิทธิภาพมอเตอร์ธรรมดา (%)	ประสิทธิภาพมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (%)
7.5	84.8	89.5
10	85.6	89.5
15	87.4	91
20	88.3	91
30	89.8	92.4
40	90.4	93
50	91	93

หมายเหตุ ค่าประสิทธิภาพทดสอบตามมาตรฐาน IEEE 112B

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (kWh/y)} = \text{กำลังไฟฟ้าเดิมที่วัดได้ (kW)} \times \left(1 - \frac{\text{ประสิทธิภาพมอเตอร์เก่า}}{\text{ประสิทธิภาพมอเตอร์ใหม่}}\right) \times \text{ชั่วโมงการทำงานต่อปี (h/d)}$$

ดูตัวอย่างเพื่อความเข้าใจ

โรงงาน ECON มีมอเตอร์พัดลม 22 กิโลวัตต์ วัดกำลังไฟฟ้าได้ 15 กิโลวัตต์ ใช้งาน 24 ชั่วโมง 300 วัน โรงงานมีความสนใจจะเปลี่ยนเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (วิธีการคำนวณ 1) ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์เดิมใช้ 2) ประเมินค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์เก่าจากข้อมูลผู้ผลิต 3) คำนวณกำลังงานทางกลของมอเตอร์เก่า 4) ประเมินค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ใหม่จากข้อมูลผู้ผลิต 5) แทนค่าในสมการข้างต้น)

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงานต่อวัน	<i>hr</i>	<i>hr/d</i>	24.00	
1.2 วันทำงานต่อปี	<i>d</i>	<i>d/y</i>	300.00	
1.3 ขนาดมอเตอร์เดิม	<i>p</i>	<i>kW</i>	22.00	
1.4 ราคารวมค่าติดตั้งของมอเตอร์	<i>C</i>	<i>B</i>	50,000.00	
1.5 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	<i>CE</i>	<i>B/kWh</i>	3.00	
2. ข้อมูลตรวจวัด				
2.1 พลังไฟฟ้าของมอเตอร์เดิม	<i>kW</i>	<i>kW</i>	15.00	
2.2 ประสิทธิภาพของมอเตอร์เดิม ณ จุดใช้งานจากกราฟ	<i>n₁</i>	%	88.00	
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
3.1 ขนาดมอเตอร์ตัวใหม่	Q	kW	22.00	
3.2 พลังไฟฟ้าทางกลของมอเตอร์เดิม $P_m = kW \times n_1$	P_m	kW	13.20	
3.3 ประสิทธิภาพมอเตอร์ใหม่ ณ จุดใช้งานจากกราฟ	n_2	%	91.00	
3.4 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $E_{save} = kW \times (1 - n_1/n_2) \times hr \times d$	E_{save}	kWh/y	3,560.44	
3.5 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ $B_s = E_{save} \times CE$	B_s	B/y	10,681.32	
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ระยะเวลาคืนทุน $PB = C / E_{save}$	PB	y	4.68	

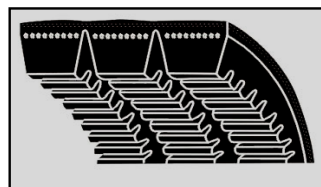
(6) การใช้สายพานประสิทธิภาพสูง



รูปที่ 2-2.11 สายพานตัววี

ในการส่งกำลังจากมอเตอร์ไปยังอุปกรณ์มีหลายวิธี เช่น โดยตรง ผ่านเกียร์ ใช้เฟืองสายพาน การใช้งานเฟืองสายพานคิดเป็นร้อยละ 30 ของวิธีการทั้งหมด เนื่องจากง่ายและค่าใช้จ่ายต่ำ แต่การส่งกำลังด้วยสายพานมีการสูญเสียค่อนข้างสูง เนื่องจากสลิปของสายพานกับเฟือง และความร้อนในตัวสายพาน สายพานตัววี ที่ใช้กันทั่วไปหากมีการบำรุงรักษาปรับความตึงเป็นระยะ จะมีประสิทธิภาพในช่วงร้อยละ 95-98 และหากไม่มีการดูแลประสิทธิภาพจะลดลงถึงร้อยละ 5 ค่าประสิทธิภาพกลางของสายพานที่ใช้งานกันในโรงงานอยู่ที่ร้อยละ 93

ปัจจุบันมีการพัฒนาสายพานส่งกำลังที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เมื่อนำมาใช้งานกับมอเตอร์ขนาดใหญ่ ประสิทธิภาพดีขึ้นร้อยละ 2-3 ทำให้เกิดผลประหยัดพลังงานมาก เช่น โรงงานรีดเหล็กที่มีการใช้ไฟฟ้าในมอเตอร์ขับเคลื่อนถึงร้อยละ 70 ประสิทธิภาพการส่งกำลังที่ดีขึ้นร้อยละ 2-3 จะลดการใช้ไฟฟ้าทั้งโรงงานลงได้ 1-1.5 สายพานส่งกำลังที่มีประสิทธิภาพสูงที่มีในท้องตลาด ได้แก่



ก. สายพานแบบมีร่อง



ข. สายพานแบบซิงโครนัส

รูปที่ 2-2.12 สายพานแบบมีร่อง และ แบบซิงโครนัส

สายพานแบบมีร่อง (Cogged belt) สายพานจะมีร่องตามแนวขวาง ทำให้โค้งงอได้ตามเส้นรอบวง เพลา และลดแรงเสียดทาน สามารถใช้กับพู่เล่เดิม สายพานแบบมีร่องนี้จะทำให้ประสิทธิภาพการส่งกำลังเพิ่มขึ้นร้อยละ 2

สายพานแบบซิงโครนัส (Synchronous belt) เพลาและสายพานมีฟันเป็นซี่คล้ายเกียร์ การส่งกำลังไม่ได้ใช้ความเสียดทานจึงไม่เกิดสลลป ทำให้ประสิทธิภาพสูงถึงร้อยละ 97-99 และไม่ลดลงเมื่อแรงบิดสูงขึ้น บำรุงรักษาน้อย ทำงานได้ในที่ที่ชื้น หรือมีไอน้ำมัน ข้อเสีย คือมีเสียงดังและไม่เหมาะกับโหลดที่กระชาก

สมการที่ใช้ในการวิเคราะห์

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (kWh/y)} = \text{กำลังไฟฟ้าเดิมที่วัดได้ (kW)} \times \left(1 - \frac{\text{ประสิทธิภาพมอเตอร์เก่า}}{\text{ประสิทธิภาพมอเตอร์ใหม่}}\right) \times \text{ชั่วโมงการทำงานต่อปี (h/d)}$$

ตัวอย่างเพื่อความเข้าใจ

โรงงาน ECON มีมอเตอร์พัดลม 22 กิโลวัตต์ วัดกำลังไฟฟ้าได้ 15 กิโลวัตต์ สายพานตัววี อยู่ในสภาพหย่อน วัดความเร็วรอบมอเตอร์และพัดลมได้ค่าประสิทธิภาพร้อยละ 96 ถ้าเปลี่ยนสายพานเป็นแบบมีร่อง (วิธีการคำนวณ 1) ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์เดิมใช้ 2) ประเมินค่าประสิทธิภาพของสายพานเดิมจากการวัดความเร็วรอบโหลด และมอเตอร์ 3) ประเมินค่าประสิทธิภาพของสายพานใหม่ 4) แทนค่าในสมการข้างต้น)

รายการ	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูล	แหล่งที่มาของข้อมูล
1. ข้อมูลเบื้องต้น				
1.1 ชั่วโมงการทำงานต่อวัน	<i>hr</i>	<i>h/d</i>	24.00	
1.2 วันทำงานต่อปี	<i>d</i>	<i>d / y</i>	365.00	
1.3 ขนาดมอเตอร์เดิม	<i>p</i>	<i>kW</i>	22.00	
1.4 ราคารวมค่าติดตั้งหรือปรับปรุง	<i>C</i>	<i>B</i>	30,000.00	
1.5 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	<i>CE</i>	<i>B/kWh</i>	3.00	
2. ข้อมูลตรวจวัด				
2.1 พลังไฟฟ้าของมอเตอร์เดิม	<i>kW</i>	<i>kW</i>	15.00	
2.2 ประสิทธิภาพของสายพานเดิม	<i>hl</i>	%	93.00	
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค				
3.1 ประสิทธิภาพของสายพานใหม่	<i>n₂</i>	%	96.00	
3.2 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	$E_{save} = kW \times (1 - n_1/n_2) \times$	<i>E_{save}</i>	<i>kWh/y</i>	4,106.25
3.3 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	$B_s = E_{save} \times CE$	<i>B_s</i>	<i>B / y</i>	12,318.75
4. การวิเคราะห์การลงทุน				
4.1 ระยะเวลาคืนทุน	$PB = C / E_{save}$	<i>PB</i>	<i>y</i>	2.44

(7) การบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้า

1. การบำรุงรักษาที่สำคัญเพื่อให้มอเตอร์ทำงานได้ดี คือการหล่อลื่น การอัดจาระบีที่ร่องลื่นของมอเตอร์และเกียร์ การอัดจาระบีมากเกินไปหรือน้อยไปจะเพิ่มความเสียดทานและทำให้อายุของลื่นสั้น นอกจากนี้จาระบีที่มากเกินไปจะ

ทำให้เกิดการสะสมของจาระบีและสิ่งสกปรกที่ขดลวด ทำให้มีความร้อนสะสมและเสียหายได้ ดังนั้นควรอัดจาระบี หรือ เปลี่ยนสารหล่อลื่นทุก 6 เดือน

2. มีการระบายความร้อนที่ดี มอเตอร์ทำงานได้ดีเมื่อมีการระบายความร้อนที่ดี เมื่อใช้งานไปฝุ่นละอองสิ่งสกปรกจะมาเกาะมอเตอร์ ทำให้การระบายความร้อนต่ำลง อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ความต้านทานของขดลวดเพิ่มขึ้น และการสูญเสียมากขึ้น อุณหภูมิมอเตอร์ที่สูงขึ้น 25°C หมายถึงการสูญเสียที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 10 จึงควรพิจารณา ตำแหน่งติดตั้งอยู่ในที่ร่ม อากาศถ่ายเท และทำความสะอาดเปลือกนอกของมอเตอร์อย่างน้อยปีละครั้ง

3. การควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้เหมาะสม มอเตอร์แบบเหนี่ยวนำจะทำงานได้ดีมีประสิทธิภาพสูงเมื่อได้รับระดับแรงดันที่ถูกต้อง แรงดันที่สมดุลย์กันทุกเฟส และแรงดันที่ปราศจากฮาร์โมนิกส์ ระดับแรงดันมีผลต่อประสิทธิภาพคือ ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุลย์เกินร้อยละ 2 จะเพิ่มความสูญเสียถึงร้อยละ 25 ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้มอเตอร์ไม่ควรเสียสมดุลเกิน 1% ระดับแรงดันควรมีค่าใกล้เคียงแรงดันพิกัดของมอเตอร์ สำหรับแรงดันที่มีฮาร์โมนิกส์มากจะทำให้มอเตอร์ร้อนขึ้น และแรงบิดของมอเตอร์ลดลงมอเตอร์ที่ร้อนเกินไป จะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

4. การส่งกำลัง มอเตอร์จะมีประสิทธิภาพสูง การส่งกำลังจากมอเตอร์ไปสู่อุปกรณ์ทางกลต้องมีประสิทธิภาพสูง ด้วยการส่งกำลังมิได้หลายลักษณะ เช่น การต่อกับเพลลาโดยตรง ต่อผ่านกระปุกเกียร์ โช้ หรือสายพาน

5. การใช้สายพานจะมีการสูญเสียเกิดขึ้นเสมอ เมื่อใช้ไปจะยืด สึกและหย่อน ทำให้เกิดการไหลเลื่อน (Slip) การสูญเสียตรงนี้อาจสูงถึงร้อยละ 5 แต่มักถูกละเลย จึงจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษา โดยปรับความตึงอย่างสม่ำเสมอ ดังนั้นควรตรวจสอบและปรับแต่งความตึงสายพานส่งกำลังทุกเดือน โดยมาตรฐานระยะกคของสายพานควรไม่เกิน ร้อยละ 1 ของระยะห่างของศูนย์กลางของเพลลาทั้งสอง

2-2.5 การตรวจวินิจฉัย และบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้าอย่างไร

○ การตรวจ วินิจฉัย เครื่องทำน้ำเย็นและอุปกรณ์อื่นในระบบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานอย่างไร ?

แนวทางการตรวจ		แนวทางการวินิจฉัย
รายการตรวจ	ผลการตรวจ	
1. ภาระของมอเตอร์	<input type="checkbox"/> ต่ำกว่า 40 % <input type="checkbox"/> สูงกว่า 40 %	■ มอเตอร์ที่ภาระต่ำกว่าร้อยละ 40 ประสิทธิภาพจะลดลงมากควรสลับ / เปลี่ยนมอเตอร์
2. เวลาที่มอเตอร์เดินตัวเปล่า	<input type="checkbox"/> น้อยกว่า 20 % <input type="checkbox"/> มากกว่า 20 %	■ มอเตอร์ภาระต่ำนานๆ ควรติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมให้หยุดการทำงาน
3. งานที่เครื่องจักรผลิตเกินความต้องการหรือไม่ เช่น อัตราการไหลเกิน แรงดันเกิน	<input type="checkbox"/> ไม่เกิน <input type="checkbox"/> เกิน	■ ควรหาทางลดภาระทางกล ให้ตรงกับความต้องการ
4. เครื่องจักรทำงานต่ำกว่าพิกัด	<input type="checkbox"/> ภาระต่ำกว่า 80 % <input type="checkbox"/> ภาระเกิน 80 %	■ เครื่องจักรที่ทำงานต่ำกว่าร้อยละ 80 ของพิกัด ควรแก้ไข
5. ลดเวลาการทำงาน	<input type="checkbox"/> เป็นไปได้	■ หยุดเครื่องที่ไม่จำเป็น หยุดบางช่วงเวลา
6. เดินชุดที่ประสิทธิภาพสูงกว่า	<input type="checkbox"/> เป็นไปได้	■ ทำตารางการเดินเครื่อง
7. ความตึงของสายพาน	<input type="checkbox"/> เหมาะสม ระยะกคไม่เกิน ร้อยละ 1 ของระยะห่างเพลลา	■ ปรับแต่งความตึงใหม่
8. มีมอเตอร์ที่มีประวัติการชำรุดบ่อยหรือไม่	<input type="checkbox"/> ไม่เคยซ่อม <input type="checkbox"/> เคยซ่อม..... ครั้ง	■ ช่อมอเตอร์ที่ผ่านการซ่อมประสิทธิภาพลดลงควรพิจารณามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

แนวทางการตรวจ		แนวทางการวินิจฉัย
รายการตรวจ	ผลการตรวจ	
9. ในระบบพัดลม หรือปั๊ม มีวาล์วหรือหรือบายพาส	<input type="checkbox"/> มี <input type="checkbox"/> ไม่มี	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ในระบบที่มีการหรือวาล์วหรือบายพาสควรพิจารณาปรับลดความเร็วรอบ ▪ ควรพิจารณาให้มอเตอร์ทำงานแบบปรับความเร็วรอบได้
10. ภาระค่อนข้างแปรเปลี่ยน	<input type="checkbox"/> พบ <input type="checkbox"/> ไม่พบ	<ul style="list-style-type: none"> ▪ เลือกเดินจำนวนเครื่อง

○ การบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อการประหยัดพลังงานอะไรบ้าง?

การดำเนินการ	ระยะเวลาที่เหมาะสม
1. อัดจาระบี หรือเปลี่ยนสารหล่อลื่น เช็คเสียงรบกวน และความสั่นสะเทือน	ทุก 1-6 เดือน
2. ตรวจสอบสภาพชุดเกียร์ส่งกำลัง (ถ้ามี) และปรับแต่งความตึงสายพาน (ถ้ามี)	ทุกเดือน
3. บันทึกค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ รวมทั้งอุณหภูมิผิวมอเตอร์และอุณหภูมิของลมของมอเตอร์ขนาดใหญ่	ทุกวัน
4. วัดค่าความต้านทานของฉนวน	ทุก 6 เดือน
5. ตรวจสอบการเสื่อมสภาพของฉนวน ในมอเตอร์ที่ใช้แรงดันสูง	ทุก 2-5 ปี
6. ซ่อม/ปรับปรุงมอเตอร์ทุกส่วน (overhaul)	ทุก 5 ปี
7. ตรวจสอบความสะอาด แรงกด หน้าสัมผัส และการสึกหรอ ของแปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์ ของมอเตอร์กระแสตรง	ทุก 4 เดือน
8. ตรวจสอบบริง และ เอ็กไซเตอร์ ของมอเตอร์ซิงโครนัส	ทุก 4 เดือน
9. ตรวจสอบสลีปริง ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ	ทุก 4 เดือน
10. ตรวจสอบการทำงานของระบบระบายความร้อนของมอเตอร์(ถ้ามี)	ทุกเดือน
11. ตรวจสอบการทำงานของระบบอัตโนมัติของมอเตอร์ (ถ้ามี)	ทุกเดือน