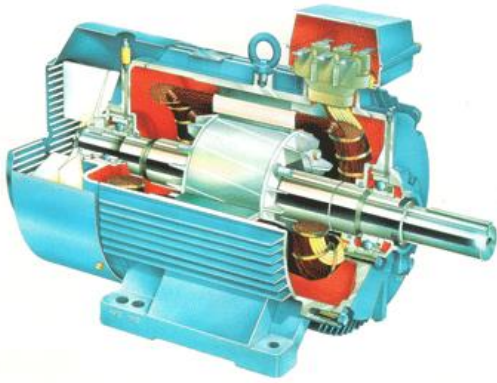




บทที่ 4

การอนุรักษ์พลังงานสำหรับมอเตอร์ (Energy conservation for motor)

ความสำคัญ

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับค่าของการสูญเสียที่เกิดขึ้นในตัวมอเตอร์ มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงจะต้องการกำลังไฟฟ้าป้อนเข้าน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพต่ำที่ให้กำลังงานขาออกเท่ากัน หลายปีที่ผ่านมาทางผู้ผลิตมอเตอร์ได้วิจัย และพัฒนาเพื่อผลิตมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงออกสู่ตลาด สามารถลดการสูญเสียพลังงานได้ประมาณ 25-30 % ของการสูญเสียเดิม นอกจากประหยัดพลังงานแล้ว มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงยังมีข้อดีอื่น ๆ อีก คือเกิดความร้อนจากการทำงานน้อยกว่า อายุการใช้งานของฉนวนและลูกปืนยาวนานขึ้น การสั่นสะเทือนน้อยกว่า มีเสียงรบกวนน้อย และค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ดีขึ้น การติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบในเครื่องปั๊มน้ำ พัดลม เครื่องอัดอากาศ (Air compressor) เป็นที่ยอมรับมานานแล้วว่า สามารถประหยัดพลังงานได้มาก การลดความเร็วรอบของปั๊มน้ำลง 50 % จะทำให้อัตราการไหลลดลง 50 % ในขณะที่ความดันลดลง 75 % และแรงม้าของต้นกำลัง (Break Horsepower, BHp) ลดลงมากถึง 87.5 % ตามทฤษฎีของ Affinity Laws

วัตถุประสงค์

1. บอกชนิด และหลักการทำงานของมอเตอร์ประเภทต่าง ๆ ได้
2. อธิบายเรื่องประสิทธิภาพของมอเตอร์ไฟฟ้าได้
3. บอกความแตกต่างของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงกับมอเตอร์มาตรฐานทั่วไปได้
4. เลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง และอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานได้
5. บอกแนวทางในการอนุรักษ์พลังงานในมอเตอร์ได้

4.1 บทนำ

มอเตอร์ไฟฟ้า (Motor) หมายถึงเป็นเครื่องกลไฟฟ้าชนิดหนึ่ง que เปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกลมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ต้นกำลัง และเป็นอุปกรณ์ควบคุมเครื่องจักรกลต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบต่าง ๆ ในโรงงาน และอาคาร

4.2 ชนิดและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถแบ่งประเภทของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดคือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหรือเรียกว่า ดี.ซี. มอเตอร์ อาจแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

- มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีย์มอเตอร์ (Series Motor)
- มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันทมอเตอร์ (Shunt Motor)
- มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

ส่วนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเรียกว่า เอ.ซี. มอเตอร์ สามารถแบ่งออกตามจำนวนเฟสของกระแสไฟฟ้าได้ดังนี้

- มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่า ซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (A.C. Single phase motor) ซึ่งสามารถจำแนกย่อยได้เป็น 5 ประเภท ได้แก่
 - สปลิตเฟสมอเตอร์ (Split-phase motor) หรืออินดักชันมอเตอร์ (Induction motor) มอเตอร์ ชนิดนี้นิยมใช้งานมากในตู้เย็น เครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก เครื่องซักผ้า เป็นต้น มีขนาดแรงม้าขนาดตั้งแต่ 1/4 แรงม้า, 1/3 แรงม้า, 1/2 แรงม้า จะมีขนาดไม่เกิน 1 แรงม้า
 - คาปาซิเตอร์ มอเตอร์ (Capacitor motor)
 - รีพัลชันมอเตอร์ (Repulsion motor)
 - ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal motor)
 - เซดเดดโพล มอเตอร์ (Shaded-pole motor)
- มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด 3 เฟสหรือเรียกว่า ทรีเฟสมอเตอร์ (A.C. Three phase motor)

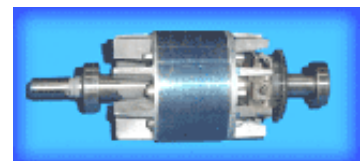
4.3 ส่วนประกอบและหลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า

4.3.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

4.3.1.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับสปลิตเฟสมอเตอร์ (Split-phase motor)

- โรเตอร์ (Rotor)

โรเตอร์ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ (Laminated) อัดซ้อนกันเป็นแกน และมีเพลาร้อยทะลุเหล็กบางๆเพื่อยึดให้แน่นรอบโรเตอร์นี้ จะมีร่องไปตามทางยาวในร่องนี้จะมีทองแดงหรืออลูมิเนียมเส้นโต ๆ ฝังอยู่ โดยรอบปลายของทองแดงหรืออลูมิเนียมนี้จะเชื่อมติดอยู่กับวงแหวนทองแดงหรืออลูมิเนียม ซึ่งมีลักษณะคล้ายกรงกระรอกจึงเรียกชื่อว่าโรเตอร์กรงกระรอก (Squirrel cage rotor)



- สเตเตอร์ (Stator)

สเตเตอร์ (Stator) หรือเรียกว่าโครงสร้างสนามแม่เหล็กซึ่งประกอบด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ อัดแน่น มีร่องสำเร็จไว้ใส่ขดลวด เรียกว่าช่องสลอต (slot) อัดเป็นปึกแผ่น อยู่ภายในกรอบโครง (Frame) ซึ่งเฟรมนั้นจะทำมาจากเหล็กหล่อ (Cast iron) หรือเหล็กเหนียว (Steel) ที่สเตเตอร์ของสปลิตเฟสมอเตอร์จะมีขดลวดพันอยู่ 2 ชุด คือขดรีนหรือขดเมน (Running Winding หรือ Main Winding) พันด้วยลวดเส้นใหญ่จำนวน รอบมากขดลวดรีนนี้



จะมีไฟฟ้าไหลผ่านอยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะเป็นการเริ่มสตาร์ทหรือทำงานปกติ ขดลวดชุดที่สอง สำหรับเริ่มหมุนหรือขดสตาร์ท (Starting winding) พันด้วยลวดเส้นเล็ก และจำนวนรอบน้อยกว่าขดรีนขดลวดสตาร์ทจะต่ออนุกรมอยู่กับสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางแล้วจึงนำไปต่อขนานกับ ขดรีน

- **ฝาครอบ**

ฝาครอบของมอเตอร์ทั้งสองข้างส่วนใหญ่ทำมาจากเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียว ทั้งสองข้างจะถูกยึดด้วยสลักเกลียวให้แน่น และยังมีแบริ่งแบบตลับลูกปืน (Ball bearing) สำหรับรองเพลลาในการหมุนของโรเตอร์ให้ตรงแนวศูนย์กลางไม่เกิดการเสียดสีกับสเตเตอร์ และที่ฝาปิดอีกด้านหนึ่งจะมีส่วนประกอบของสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางอยู่ในส่วนที่เป็นหน้าสัมผัสที่อยู่กับที่



ฝาครอบปิดหัว-ท้ายของมอเตอร์

- **สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal switch)**

สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางนี้ทำหน้าที่ตัดวงจรสตาร์ทหรือบางที่เรียกว่าสวิตช์ตัดวงจรสตาร์ทสวิตช์แรงเหวี่ยงนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนดังนี้ คือส่วนที่อยู่กับที่ (Stationary part) จะประกอบติดอยู่กับฝาปิดหัวท้ายของมอเตอร์ซึ่งเป็นส่วนของหน้าสัมผัสหรือหน้าทองขาวอยู่ 2 อันและส่วนที่หมุน (Rotating part) ส่วนที่ติดอยู่กับเพลลาของโรเตอร์ การทำงานของสวิตช์หนีศูนย์กลางเมื่อความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ 75 เปอร์เซ็นต์ ของความเร็วรอบสูงสุดของมอเตอร์จะทำให้ส่วนที่ติดอยู่กับแกนเพลลาของโรเตอร์ผลักดันส่วนที่ติดตั้งอยู่กับฝาของมอเตอร์ทำให้หน้าสัมผัสแยกออกจากกันตัดวงจรขดสตาร์ท ทอย่างอัตโนมัติ



สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางส่วนเคลื่อนที่ได้



สวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางส่วนอยู่กับที่

การทำงานอาศัยหลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า โดยที่ขดรีน และขดสตาร์ทที่วางทำมุมกัน 90 องศา ทางไฟฟ้า เพื่อทำให้เกิดสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating magnetic field) ไปเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไหลในขดลวดกรงกระรอก (Squirrel cage winding) กระแสส่วนนี้จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นไปผลักกับสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์เกิดเป็นแรงบิดที่โรเตอร์ให้หมุนไป เมื่อโรเตอร์หมุนด้วยความเร็ว 75 เปอร์เซ็นต์ ของความเร็วสูงสุดสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะตัดขดลวดสตาร์ทออก จากวงจรขดลวดสตาร์ทจะทำงาน

เฉพาะตอนสตาร์ทเท่านั้น ส่วนขดลวดจะทำงานตลอดตั้งแต่เริ่มเดินมอเตอร์จนหยุดหมุนเมื่อนำมอเตอร์นี้ไปใช้งานต้องให้หมุนตัวเปล่าก่อนแล้วจึงจะต่อโหลด

4.3.1.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับคาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)

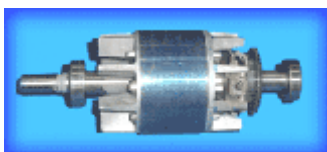
คาปาซิเตอร์มอเตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสที่มีลักษณะคล้ายสปลิตเฟส มอเตอร์ต่างกันตรงที่มีคาปาซิเตอร์เพิ่มขึ้นมาทำให้มอเตอร์แบบนี้มีคุณสมบัติพิเศษกว่าสปลิตเฟสมอเตอร์ คือมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อยมอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้า ถึง 10 แรงม้า มอเตอร์นี้นิยมใช้งานเกี่ยวกับ ปั๊มน้ำ เครื่องอัดลม ตู้แช่ ตู้เย็น

โครงสร้างของคาปาซิเตอร์มอเตอร์ มีส่วนประกอบส่วนใหญ่เหมือนกับแบบสปลิตเฟสเกือบทุกอย่าง คือ

- โรเตอร์เป็นแบบกรงกระรอก
- สเตเตอร์ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ชุดสตาร์ทและชุดรัน
- ฝาปิดหัวท้ายประกอบด้วย ปลอกทองเหลือง (Bush) หรือตลับลูกปืน (Ball bearing) สำหรับรองรับเพลลา

• คาปาซิเตอร์หรือคอนเดนเซอร์ (Capacitor or Condenser) โดยทั่วไปมี 3 ชนิด คือ 1. แบบกระดาษหรือ Paper capacitor 2. แบบเติมน้ำมันหรือ Oil -filled capacitor 3. แบบน้ำยาไฟฟ้าหรือ Electrolytic capacitor

•



โรเตอร์แบบกรงกระรอก



ฝาปิดหัวท้าย



สเตเตอร์ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ชุดสตาร์ท และชุดรัน



คาปาซิเตอร์หรือคอนเดนเซอร์

4.3.1.3 รีพัลชันมอเตอร์ (Repulsion motor)

โครงสร้างที่สำคัญของรีพัลชันมอเตอร์ประกอบไปด้วย 5 ส่วนสำคัญคือ

1. สเตเตอร์ (Stator)
2. โรเตอร์ (Rotor)
3. แปรงถ่านและช่องแปรงถ่าน (Brush and Brush Holder)
4. ฝาปิดหัวท้าย (End Plate)
5. อุปกรณ์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Device)



สเตเตอร์ของรีฟลักซ์มอเตอร์จะมีขดลวดพันอยู่เพียงชุดเดียวเหมือนกับขดรีนของสปลิตเฟสมอเตอร์



โรเตอร์ คือตัวหมุนของรีฟลักซ์มอเตอร์ มีขดลวดพันอยู่ในร่อง (Slots) และปลายของขดลวดจะไปต่อตรงที่ขั้วคอมมิวเตเตอร์



แปรงถ่านและช่องแปรงถ่าน แปรงถ่านทำจากแท่งคาร์บอนมีสองอันต่อด้วยสายตัวนำถึงกันวางอยู่บนช่องแปรงถ่านและมีสลีปริงกดเหมือนกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

การทำงานของมอเตอร์อาศัยสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น และอุปกรณ์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะทำให้หน้าที่ยกดวงแหวนตัวนำ (Neck Lace) ให้ติดกับซี่คอมมิวเตเตอร์เหมือนกับลัดวงจรคอมมิวเตเตอร์ การลัดซี่คอมมิวเตเตอร์นั้น เพื่อให้ขณะที่มอเตอร์สตาร์ทไปแล้วที่ความเร็วประมาณ 75% ของความเร็วพิกัดของมอเตอร์ อุปกรณ์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางนี้จะทำงานโดยยกดวงแหวนตัวนำลัดซี่คอมมิวเตเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนต่อไปแบบอินดักชันเพราะขณะนี้โรเตอร์จะมีคุณสมบัติเหมือนโรเตอร์แบบกรงกระรอก รีฟลักซ์มอเตอร์บางชนิดจะมีตัวยกแปรงถ่านออกจากคอมมิวเตเตอร์ ในขณะที่อุปกรณ์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางทำงานอีกด้วย

4.3.1.4 ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์

เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กมีขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1/200 แรงม้าถึง 1/30 แรงม้า นำไปใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง และใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส มอเตอร์ชนิดนี้มีคุณสมบัติที่โดดเด่น คือให้แรงบิดเริ่มหมุนสูงนำไปปรับความเร็วได้ ทั้งปรับความเร็วได้ง่ายทั้งวงจรลดแรงดันและวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ นิยมนำไปใช้เป็นตัวขับเคลื่อนใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น เครื่องบด และผสมอาหาร มีดโกนหนวดไฟฟ้า เครื่องนวดไฟฟ้า มอเตอร์จักรเย็บผ้า สว่านไฟฟ้า เป็นต้น

การทำงานของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์จะอาศัยการที่ขดอาร์เมเจอร์และขดลวดสนามแม่เหล็กที่ต่ออนุกรมกัน เมื่อจ่ายไฟฟ้าเข้าจะเกิดขั้วแม่เหล็กขึ้นที่ตัวอาร์เมเจอร์ และที่ขั้วสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงผลักกันทำให้มอเตอร์หมุนไปได้

4.3.1.5 เซดเดดโพลมอเตอร์ (Shaded pole motor)

เซดเดดโพลมอเตอร์เป็นมอเตอร์กระแสสลับ 1 เฟส มีขนาดเล็กที่สุดมีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำมากนำไปใช้งานได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก ๆ เช่น ไดร์เป่าผม พัดลมขนาดเล็ก โครงสร้างของมอเตอร์ประกอบด้วย

1. ขดลวดสนามแม่เหล็ก จะพันอยู่รอบ ๆ แกนของตัวสเตเตอร์
2. โรเตอร์ (ตัวหมุน) มีลักษณะเป็นโรเตอร์ แบบกรงกระรอก
3. สเตเตอร์ เป็นแผ่นเหล็กบางวางอัดซ้อนกัน บริเวณขั้วสนามแม่เหล็กแต่ละด้านแบ่ง 2 ส่วน ส่วนที่เล็กกว่าจะมีวงแหวนทองแดงพันอยู่รอบ ๆ
4. วงแหวนทองแดง (Shaded Coil)

การทำงานของเซดเดดโพลมอเตอร์จะอาศัยขดลวดช่วยหมุนคือขดลวดทองแดงเส้นใหญ่ที่พันอยู่กับขั้วสนามแม่เหล็กเรียกว่าเซดเดด (Shaded Coil) หรือขดลวดช่วยหมุน (Auxiliary Winding) เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเข้าขดลวดสเตเตอร์ของมอเตอร์จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ผ่านโรเตอร์ของมอเตอร์และมีสนามแม่เหล็กส่วนหนึ่งที่ผ่าน ขดลวดเซดเดดทำให้เกิดแรงแม่เหล็กบิดเบี้ยวไป การบิดเบี้ยวไปนี้ทำให้เกิดแรงบิดหมุนขนาดเล็กทำให้มอเตอร์หมุนได้

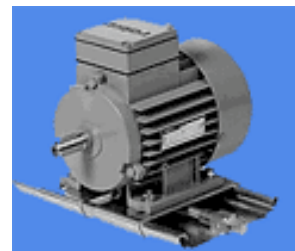
4.3.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส สามารถแบ่งออกตามโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ได้ 2 แบบ คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชัน (3 Phase Induction Motor)
2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบซิงโครนัส (3 Phase Synchronous Motor)

4.3.2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชัน

มอเตอร์ไฟสลับ 3 ที่มีคุณสมบัติที่ดี คือมีความเร็วรอบคงที่เนื่องจากความเร็วรอบอินดักชันมอเตอร์ขึ้นอยู่กับความถี่ (Frequency) ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมีราคาถูกโครงสร้างไม่ซับซ้อน สะดวกในการบำรุงรักษาเพราะไม่มีคอมมิวเตเตอร์ และแปรงถ่านเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเมื่อใช้ร่วมกับเครื่องควบคุมความเร็วแบบอินเวอร์เตอร์ (Inverter) สามารถควบคุมความเร็ว (Speed) ได้ตั้งแต่ศูนย์จนถึงความเร็วตามพิกัดของมอเตอร์นิยมใช้กันมาก เป็นต้นกำลังในโรงงานอุตสาหกรรม ขับเคลื่อนลิฟท์ ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง ขับเคลื่อนเครื่องจักรไฟฟ้า เช่น เครื่องไส เครื่องกลึงมอเตอร์อินดักชันมี 2 แบบ แบ่งตามลักษณะตัวหมุนคือ



- อินดักชันมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel Cage Induction Motor) อินดักชันมอเตอร์แบบนี้ ตัวโรเตอร์จะมีโครงสร้างแบบกรงกระรอกเหมือนกับโรเตอร์ของสปลิตเฟสมอเตอร์

- อินดักชันมอเตอร์ที่มีโรเตอร์แบบขดลวด (Wound Rotor Induction Motors) อินดักชันมอเตอร์ชนิดนี้ตัวโรเตอร์จะทำจากเหล็กแผ่นบาง ๆ อัดซ้อนกันเป็นตัวหุ้नคล้าย ๆ อาร์เมเจอร์ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีร่องสำหรับวางขดลวดของตัวโรเตอร์เป็นขดลวด 3 ชุด สำหรับสร้างขั้วแม่เหล็ก 3 เฟส เช่นกัน ปลายของขดลวดทั้ง 3 ชุด ต่อกับสลิปริง (Slip Ring) จำนวน 3 อัน สำหรับเป็นทางให้กระแสไฟฟ้าครบวงจรทั้ง 3 เฟส การทำงานของอินดักชันมอเตอร์เมื่อจ่ายไฟฟ้าสลับ 3 เฟส ให้ที่ขดลวดทั้ง 3 ของตัวสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนรอบ ๆ ตัวสเตเตอร์ทำให้ตัวหมุน (โรเตอร์) ได้รับการเหนี่ยวนำทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่ตัวโรเตอร์ และขั้วแม่เหล็กนี้จะพยายามดึงดูดกับสนามแม่เหล็กที่หมุนอยู่รอบ ๆ ทำให้มอเตอร์ของอินดักชันมอเตอร์หมุนไปได้ความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนที่ตัวสเตเตอร์นี้จะคงที่ตามความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ ดังนั้น โรเตอร์ของอินดักชันของมอเตอร์จึงหมุนตามสนามหมุนดังกล่าวไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุน

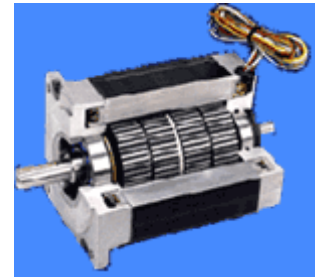
4.3.2.2 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสแบบซิงโครนัส

ซิงโครนสมอเตอร์เป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่ที่สุด ที่ขนาดพิกัดของกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 150 kW (200 hp) จนถึง 15 MW (20,000 hp) มีความเร็วตั้งแต่ 150 ถึง 1,800 RPM โครงสร้างของซิงโครนสมอเตอร์ ที่สำคัญมี 2 ส่วนคือ



1. สเตเตอร์ (Stator) มีร่องสำหรับพันขดลวดจำนวน 3 ชุด เฟสละ 1 ชุด เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้กับสเตเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นเมื่อสนามแม่เหล็กหมุนอินดักชันมอเตอร์

2. โรเตอร์ (Rotor) เป็นแบบขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient Poles) และมีขดลวดพันข้าง ๆ ขั้วแม่เหล็กยื่นเหล่านั้นขดลวดสนามแม่เหล็กที่พันรอบขั้วแม่เหล็กยื่นต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงภายนอก เพื่อสร้างขั้วแม่เหล็กขึ้นที่ตัวโรเตอร์



การทำงานของซิงโครนสมอเตอร์เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ให้กับสเตเตอร์ของซิงโครนสมอเตอร์จะเกิดสนามแม่เหล็กหมุนเนื่องจากตัวหมุน (โรเตอร์) ของซิงโครนสมอเตอร์เป็นแบบขั้วแม่เหล็กยื่น และมีขดลวดสนามแม่เหล็กพันอยู่รอบ ๆ โดยใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงภายนอก เมื่อจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับโรเตอร์จะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กที่โรเตอร์ขึ้น ขั้วแม่เหล็กนี้จะเกาะตามการหมุนของสนามหมุนของสเตเตอร์ ทำให้มอเตอร์หมุนไปด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์

4.4 ประสิทธิภาพมอเตอร์ไฟฟ้า

ประสิทธิภาพของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับค่าของการสูญเสียที่เกิดขึ้นในตัวมอเตอร์ โดยทั่ว ๆ ไปแล้วการสูญเสียในมอเตอร์จะมาจากการสูญเสียที่มีค่าคงที่ และการสูญเสียที่เปลี่ยนแปลงตามโหลดของมอเตอร์ ได้ดังนี้

- ก. การสูญเสียที่แกนเหล็ก (Core losses) เกิดจากพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ไหลอยู่ในแกนเหล็ก (Hysteresis losses) รวมทั้งการสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลวนในแกนเหล็ก (Eddy current losses)
- ข. การสูญเสียจากแรงลมที่ต้านทานการหมุนและแรงเสียดทาน (Windage and friction losses) เกิดจากแรงเสียดทานในตลับลูกปืน และแรงต้านของครีบบระบายอากาศที่ตัวมอเตอร์ โดยรวมแล้วการสูญเสียที่แกนเหล็ก การสูญเสียจากแรงลม และแรงเสียดทาน เป็นค่าการสูญเสียที่คงที่และไม่ขึ้นกับโหลดของมอเตอร์เรียกโดยรวมว่า “ค่าการสูญเสียขณะที่มอเตอร์ไม่มีโหลด” (No-Load losses)
- ค. การสูญเสียที่สเตเตอร์ (Stator losses) จะอยู่ในรูปของความร้อนเกิดจากกระแสที่ไหลผ่านขดลวดที่มีความต้านทานอยู่ภายใน
- ง. การสูญเสียที่โรเตอร์ (Rotor losses) อยู่ในรูปความร้อนเช่นเดียวกับสเตเตอร์ แต่เกิดที่ตัวนำในโรเตอร์
- จ. การสูญเสียจากภาระการใช้งาน (Stray losses) เป็นผลจากค่าการสูญเสียที่เกิดจากความถี่ในแกนเหล็กที่โรเตอร์ ค่ากระแสไหลวนในขดลวดที่สเตเตอร์ ค่าการสูญเสียจากค่ากระแสฮาร์มอนิกในตัวนำของโรเตอร์ขณะที่มีโหลดค่าสนามแม่เหล็กรั่วไหลที่เกิดจากกระแสโหลด ซึ่งการสูญเสียที่สเตเตอร์โรเตอร์ และจากภาระการใช้งาน จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของโหลดเรียกโดยรวมว่า “ค่าความสูญเสียขณะมีโหลด” (Load losses)

ค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์หาได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ประสิทธิภาพ , \%} &= \frac{746 \times \text{แรงม้าขาออก (HP)}}{\text{กำลังไฟฟ้าป้อนเข้า (วัตต์)}} \times 100 \\ &= \frac{\text{กำลังงานขาออก (วัตต์)}}{\text{กำลังไฟฟ้าป้อนเข้า (วัตต์)}} \times 100 \end{aligned}$$

ค่าประสิทธิภาพอาจเขียนอยู่ในรูปที่แสดงค่ากำลังงานสูญเสียของมอเตอร์ด้วยก็ได้ ดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพ, \%} = \frac{\text{กำลังงานขาออก(วัตต์)}}{\text{กำลังงานขาออก(วัตต์) + กำลังงานสูญเสีย(วัตต์)}} \times 100$$

หรือ

$$\text{ประสิทธิภาพ, \%} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าป้อนเข้า(วัตต์) - กำลังงานสูญเสีย(วัตต์)}}{\text{กำลังงานขาออก(วัตต์)}} \times 100$$

ปริมาณของกำลังไฟฟ้าป้อนเข้าที่ใช้ผลิตแรงม้าตามพิกัดนั้น จะต่างกันสำหรับมอเตอร์แต่ละตัว มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าจะต้องการกำลังงานป้อนเข้าที่น้อย เมื่อเปรียบเทียบกับมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ให้ขาออกเท่ากัน

4.5 ความแตกต่างระหว่างมอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงและมอเตอร์ไฟฟ้ามาตรฐานทั่วไป

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาทางผู้ผลิตมอเตอร์ได้วิจัย และพัฒนาเพื่อผลิตมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงออกสู่ตลาด โดยพยายามให้มีราคาสูงขึ้นไม่มากมอเตอร์รุ่นใหม่มีส่วนประกอบ และลักษณะการทำงานเหมือนมอเตอร์แบบเดิมแต่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า เนื่องจากเปลี่ยนแปลงรายละเอียดในการออกแบบใช้วัสดุที่ดีขึ้น และพิถีพิถันในกระบวนการผลิตมากขึ้นทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์สูงขึ้นประมาณ 2-4 % หรือสามารถลดการสูญเสียพลังงานได้ประมาณ 25-30 % จากการสูญเสีย นอกจากประหยัดพลังงานแล้วมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงยังมีข้อดีอื่น ๆ อีกคือ เกิดความร้อนจากการทำงานน้อยกว่าอายุการใช้งานของฉนวน และลูกปืนยาวนานขึ้นการสิ้นเปลืองน้อยกว่ามีเสียงรบกวนน้อย และค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ดีขึ้น

นับตั้งแต่วิกฤตการณ์พลังงานในทศวรรษที่ 70 บรรดาผู้ผลิตมอเตอร์ได้พัฒนามอเตอร์ประสิทธิภาพสูงโดยการนำเทคโนโลยีเพื่อการปรับปรุงชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่าง ๆ ในมอเตอร์ดังนี้

1. ปรับปรุงคุณภาพของแกนเหล็ก มอเตอร์ทั่ว ๆ ไปใช้เหล็กแผ่นที่มีองค์ประกอบของคาร์บอนต่ำ (Low-carbon laminated steel) สำหรับทำตัวแกนเหล็กที่สเตเตอร์และโรเตอร์ ซึ่งแกนเหล็กดังกล่าวมีค่าการสูญเสียทางไฟฟ้าเทียบกับน้ำหนักประมาณ 6.6 วัตต์ต่อเหล็ก 1 กิโลกรัม ซึ่งมอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงจะใช้แผ่นเหล็กซิลิกอนคุณภาพสูง (High grade silicon steel) ซึ่งจะมีค่าการสูญเสียทางไฟฟ้าลดลงถึงครึ่งหนึ่งคือเหลือเพียงประมาณ 3.3 วัตต์ต่อเหล็ก 1 กิโลกรัม

2. แผ่นเหล็กที่บางขึ้น การลดความหนาของแผ่นเหล็กที่ใช้ทำแกนเหล็ก ทั้งในสเตเตอร์และโรเตอร์ จะช่วยลดการสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลวนซึ่งเมื่อรวมกับการปรับปรุงฉนวนระหว่างแผ่นเหล็กแล้วจะช่วยลดค่าการสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลวนได้มากยิ่งขึ้น

3. เพิ่มปริมาณของตัวนำ มอเตอร์รุ่นเก่า ๆ จะใช้ลวดทองแดง หรือลวดอะลูมิเนียมที่มีขนาดพอดีกับกระแสสูงสุดที่เกิดจากโหลดของมอเตอร์ แต่มอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงจะใช้ลวดทองแดงขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อลดค่าความต้านทานในขดลวดโดยขนาดของตัวนำจะใหญ่กว่าประมาณ 35 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์

4. ปรับปรุงการออกแบบร่องสลิต เพื่อที่จะรองรับกับขนาดขดลวดที่ใหญ่ขึ้นทำให้ต้องมีการปรับปรุงและออกแบบร่องสลิตใหม่ รวมทั้งเพิ่มความยาวของแกนเหล็กที่สเตเตอร์ซึ่งแกนเหล็กที่ยาวขึ้นจะเป็นผลต่อค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่ดีขึ้นด้วย

5. ลดช่องว่างระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์ การลดช่องว่างที่เป็นทางเดินของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำให้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากสเตเตอร์ที่วิ่งผ่านไปยังโรเตอร์มีค่าเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นมอเตอร์จะใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงเพื่อที่จะสร้างแรงบิดเท่าเดิม นอกจากนี้การเพิ่มความยาวของแกนเหล็กยังเป็นการเพิ่มปริมาณสนามแม่เหล็ก ที่จะเกิดผลทำให้เกิดผลแบบเดียวกันกับการลดช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์

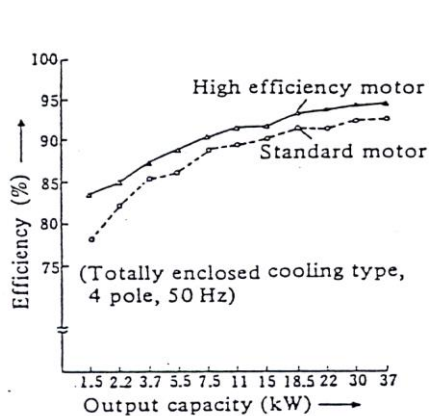
6. ปรับปรุงฉนวนที่โรเตอร์ในมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงร่องสลิตที่โรเตอร์จะได้รับการตรวจสอบเป็นอย่างดีและเคลือบด้วยฉนวนที่สามารถทนความร้อนได้สูงซึ่งจะลดค่าการสูญเสียจากตัวนำที่ไม่เรียบร้อยที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตขณะที่ฝังตัวนำเข้าไปในโรเตอร์ ซึ่งโดยปกติแล้วตัวนำที่อยู่ในโรเตอร์จะถูกออกแบบไว้ในลักษณะเฉียงกับแนวแกนของโรเตอร์ เพื่อที่จะลดเสียงรบกวนและแรงบิดที่ไม่สม่ำเสมอในมอเตอร์ขนาดเล็ก

7. ออกแบบพัดลมใหม่เนื่องจากมอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงมีอุณหภูมิในขณะทำงานต่ำกว่ามอเตอร์ธรรมดาเป็นผลให้พัดลมที่ใช้ระบายความร้อนมีขนาดเล็กลงซึ่งเป็นการลดการสูญเสียจากแรงลมรวมถึงระดับเสียงของพัดลมในขณะทำงานด้วยมอเตอร์ที่ผลิตได้มาตรฐาน จะต้องได้รับการทดสอบเพื่อรับรองมาตรฐาน ซึ่งปัจจุบันหลายประเทศได้พัฒนามาตรฐานการทดสอบที่สากลยอมรับ อาทิ มาตรฐาน CSA ของประเทศแคนาดา มาตรฐาน NEMA ของประเทศสหรัฐอเมริกา มาตรฐาน IEC ของยุโรป และมาตรฐาน JEC ของประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งแต่ละมาตรฐานดังกล่าวนี้ อาจมีรายละเอียดในการทดสอบแตกต่างกัน ลักษณะของกราฟแสดงประสิทธิภาพของมอเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 4-1 และ 4-2

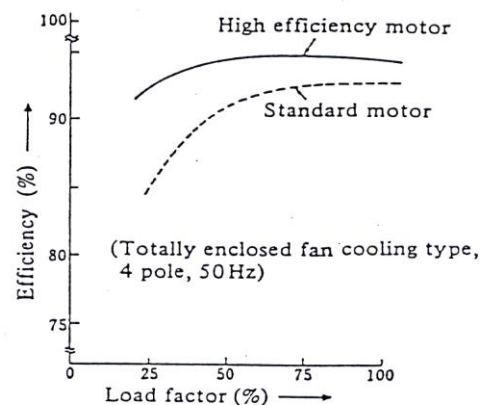
วิธีการทดสอบตามมาตรฐานจะสามารถแสดงประสิทธิภาพของมอเตอร์ ซึ่งค่าประสิทธิภาพนั้นมี 2 ลักษณะ คือ ค่าเฉลี่ยมาตรฐาน (Nominal) หรือค่ารับประกันต่ำสุด (Guaranteed Minimum) ซึ่งมีความแตกต่างกัน ดังนี้

- **ค่าประสิทธิภาพมาตรฐาน** เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้จากมอเตอร์แบบเดียวกันจำนวนมากจากผู้ผลิตมอเตอร์แต่ละตัวอาจมีค่าประสิทธิภาพที่ต่างจากค่าเฉลี่ยนี้มาก
- **ค่าประสิทธิภาพรับประกันต่ำสุด** เป็นค่าที่ผู้ผลิตรับประกันว่ามอเตอร์ขนาดนั้น ๆ จะมีค่าประสิทธิภาพไม่น้อยกว่านั้นมาตรฐานระดับชาติส่วนใหญ่จะมีขีดกำหนดความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย และค่ารับประกันต่ำสุดเอาไว้

ตารางที่ 4-1 แสดงความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพมาตรฐาน และค่าประสิทธิภาพรับประกันต่ำสุดของมอเตอร์ที่มีพิกัดต่างกัน



รูปที่ 4-1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับพิกัดมอเตอร์ของมอเตอร์อินดักชันชนิด 3 เฟส แบบกรงกระรอก



รูปที่ 4-2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเปอร์เซ็นต์การใช้งานมอเตอร์ของมอเตอร์อินดักชัน กรงกระรอก ชนิด 3 เฟส

ที่มา : Energy Conservation of Electrical Equipment

ตารางที่ 4-1 เปรียบเทียบประสิทธิภาพมอเตอร์มาตรฐานกับมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

ขนาดพิกัด (แรงม้า)	2 ขั้ว (3,000 รอบ/นาที)		4 ขั้ว (1,500 รอบ/นาที)	
	มอเตอร์ มาตรฐาน	มอเตอร์ ประสิทธิภาพสูง	มอเตอร์ มาตรฐาน	มอเตอร์ ประสิทธิภาพสูง
3	80.0	84.0	81.5	86.5
5	82.5	86.5	82.5	86.5
7.5	82.5	87.5	85.5	88.5
10	85.5	88.5	85.5	88.5
15	85.5	89.5	86.5	90.2
20	86.5	89.5	88.5	90.2
25	87.5	90.2	89.5	91.7
30	87.5	90.2	89.5	91.7
40	88.5	91.0	90.2	92.4
50	88.5	91.7	91.0	92.4
60	90.2	92.4	91.7	93.0
75	91.0	92.4	91.7	93.6
100	91.7	93.0	92.4	94.1
125	91.7	94.1	92.4	94.1
150	91.7	94.1	93.0	94.5
200	93.0	94.5	93.6	94.5
250	93.5	95.0	93.8	95.0
300	93.5	95.0	93.8	95.0
400	93.5	95.0	93.8	95.0
500	93.5	95.0	94.0	95.4

ที่มา : “กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงาน” ศูนย์อนุรักษ์พลังงานแห่งประเทศไทย

4.6 การอนุรักษ์พลังงานที่เกิดจากการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

ในปัจจุบันมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะมีราคาสูงกว่ามอเตอร์มาตรฐานประมาณ 20% ราคาที่เพิ่มขึ้นนี้จะกลับคืนมาในรูปของการประหยัดค่าพลังงาน จากการที่ประสิทธิภาพของมอเตอร์นั้นสูงขึ้น การประหยัดค่าพลังงานสามารถคำนวณได้ดังนี้ :-

ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ = ค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ย x กิโลวัตต์ชั่วโมงที่ประหยัดได้

เมื่อ:

กิโลวัตต์ชั่วโมงที่ประหยัด = กิโลวัตต์ที่ลดลง x ชั่วโมงการทำงานตลอดปี

$$\text{กิโลวัตต์ที่ลดลง} = \text{ภาระกิโลวัตต์} \times \left(\frac{100}{\text{ประสิทธิภาพมอเตอร์มาตรฐาน}} - \frac{100}{\text{ประสิทธิภาพมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง}} \right)$$

การคำนวณความคุ้มค่าการลงทุนใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงโดยทั่วไปจะดูจากระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น หากเป็นการซื้อมอเตอร์ใหม่ ระยะคืนทุนเบื้องต้น คือ อัตราส่วนระหว่างราคาที่เพิ่มขึ้นของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงกับค่าพลังงานที่ประหยัดได้

$$\begin{aligned}\text{ระยะคืนทุนเบื้องต้น} &= \frac{\text{ราคาที่เพิ่มขึ้น*}}{\text{ค่าพลังงานที่ประหยัดได้}} \\ &= \frac{\text{ราคาของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง} - \text{ราคามอเตอร์มาตรฐาน}}{\text{ค่าพลังงานที่ประหยัดได้}}\end{aligned}$$

ที่มา : Energy Conservation of Electrical Equipment

หมายเหตุ : * ใช้เมื่อซื้อมอเตอร์ใหม่เท่านั้น

ตัวอย่างที่ 4.1 ข้อมูลมอเตอร์มาตรฐานและมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแสดงโดยสังเขป ดังต่อไปนี้

ข้อมูล : ขนาดมอเตอร์	=	45	กิโลวัตต์
ค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์มาตรฐาน	=	91.5%	(ที่ 75% ของภาระเต็มกำลัง)
ค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	=	93.9%	(ที่ 75% ของภาระเต็มกำลัง)
ราคาที่สูงกว่าของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง	=	10,000	บาท
ชั่วโมงการใช้งาน	=	2,000	ชั่วโมงต่อปี
ค่าไฟฟ้าโดยเฉลี่ย	=	1.1	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง

จึงคำนวณผลการประหยัดพลังงานและระยะเวลาในการคืนทุนอย่างง่าย เมื่อซื้อมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงเครื่องใหม่มาใช้แทนมอเตอร์มาตรฐาน ถ้าหากขนาดของมอเตอร์ที่ต้องใช้นั้นเท่ากับ 45 กิโลวัตต์

การคำนวณ :

$$\begin{aligned}\text{กิโลวัตต์ที่ลดลง} &= 45 \text{ กิโลวัตต์} \times (100/91.5 - 100/93.9) \times 0.75 \\ &= 0.95 \text{ กิโลวัตต์} \\ \text{กิโลวัตต์ที่ประหยัดได้} &= 0.95 \text{ กิโลวัตต์} \times 2000 \text{ ชั่วโมง} \\ &= 1,900 \text{ กิโลวัตต์ชั่วโมง} \\ \text{ค่าพลังงานที่ประหยัดได้} &= 1,900 \text{ กิโลวัตต์ชั่วโมง} \times 1.1 \text{ บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง} \\ &= 2,090 \text{ บาท} \\ \text{ค่าพลังงานที่ประหยัดได้ตลอดอายุการใช้งาน} &= 41,800 \text{ บาท ในเวลา 20 ปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ระยะเวลาคืนทุนแบบเชิงเดียว} &= \frac{10,000 \text{ บาท}}{2,090 \text{ บาท}} \\ &= 5 \text{ ปี}\end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 4.2 พิจารณาถึงประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น 1 % เช่นจาก 94 % เป็น 95 % ของมอเตอร์ขนาด 500 แรงม้า ทำงานที่ 80 % ของพิกัดกำลังจะทำให้มอเตอร์กินกำลังไฟฟ้าลดลงเท่าใด

การคำนวณ :

กำลังไฟฟ้า ที่มอเตอร์ประสิทธิภาพ 94 % ต้องการ

$$\begin{aligned} &= 0.746 \times 500 \times \frac{0.8}{0.94} \\ &= 317.45 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

กำลังไฟฟ้า ที่มอเตอร์ประสิทธิภาพ 95 % ต้องการ

$$\begin{aligned} &= 0.746 \times 500 \times \frac{0.8}{0.95} \\ &= 314.11 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

โดยกำหนดให้ 746 W เท่ากับ 1 แรงม้า

ดังนั้นมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ 95% จะกินกำลังไฟฟ้าน้อยกว่ามอเตอร์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ 94% เป็นจำนวนเท่ากับ

$$317.45 - 314.11 = 3.34 \quad \text{kW}$$

ถ้ามอเตอร์ทำงานในลักษณะที่ต่อเนื่องทุกวัน ๆ ละ 24 ชั่วโมง ตลอดปีประมาณ $365 \times 24 = 8,760$ ชั่วโมง แต่ถ้ามอเตอร์ทำงานในลักษณะที่ต่อเนื่องเป็นช่วง ๆ ซึ่งชั่วโมงการทำงานจะลดลง เช่น ประมาณ 6,000 ชั่วโมงใน 1 ปี และคิดค่าไฟฟ้าที่ 3 บาท ต่อ kWh ก็จะสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้จากค่าประสิทธิภาพที่เพิ่มขึ้น 1 % ได้เท่ากับ

$$\begin{aligned} &= 3.34 \times 6,000 \times 3 \\ &= 60,120 \quad \text{บาทต่อปี} \end{aligned}$$

ซึ่งในการใช้งานจริง ๆ นั้น นอกจากค่ากำลังไฟฟ้าที่ผู้ประกอบการต้องชำระแล้ว ผู้ประกอบการยังต้องชำระ ค่าพลังไฟฟ้า (Demand) ให้กับทางกรไฟฟ้าด้วย ดังนั้นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ จะมีค่ามากกว่าตัวเลขที่คำนวณได้

ต้นทุนจากการบำรุงรักษาโดยทั่วไปแล้ว มาจากความเสียหายของมอเตอร์ที่เกิดขึ้นที่มีสาเหตุมาจากตลับลูกปืน แม้ว่าในปัจจุบันนี้ จะมีเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบ วิเคราะห์และทำนายสภาพของตลับลูกปืน เพื่อที่จะได้ทำการบำรุงรักษาก่อนที่มอเตอร์จะเกิดความเสียหายที่รุนแรงขึ้น แต่การใช้อุปกรณ์เหล่านั้น ไม่ใช่ว่าการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุของความเสียหาย

สาเหตุของความเสียหายของตลับลูกปืน ไม่ได้เกิดจากการขาดการบำรุงรักษาเท่านั้น อุณหภูมิของมอเตอร์ในขณะที่ทำงาน ก็เป็นองค์ประกอบอีกอันหนึ่ง ที่ทำให้อายุการใช้งานของตลับลูกปืนลดลง อุณหภูมิของมอเตอร์ในขณะที่ทำงาน เป็นผลมาจากอุณหภูมิภายนอก และอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในตัวมอเตอร์เองซึ่งโดยปกติแล้วจะไม่ควบคุมอุณหภูมิภายนอกของมอเตอร์ แต่จะเลือกใช้มอเตอร์ที่มีอุณหภูมิขณะทำงานต่ำแทน

มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงเองมีอุณหภูมิของมอเตอร์ในขณะที่ทำงานที่ต่ำเมื่อเทียบกับมอเตอร์ธรรมดาทั่วไปในการรับโหลดขนาดต่าง ๆ กัน และมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงยังใช้ตลับลูกปืนที่มีคุณภาพสูงอีกด้วย ดังนั้นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงโดยทั่วไปจะมีค่าใช้จ่ายจากการบำรุงรักษาที่ต่ำ เนื่องจากอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า และประสิทธิภาพสูงกว่า

เทคโนโลยีใหม่ของมอเตอร์นี้ ทำให้ได้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น และอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่าเดิมโดยมีข้อมูลจากบริษัทผู้ผลิตยืนยันว่ามอเตอร์ที่เสียหายในช่วงระยะเวลาการรับประกันลดลง เนื่องจากค่าการสูญเสียทางไฟฟ้าที่ลดลงทำให้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงสามารถทนความร้อนได้ดีกว่ามอเตอร์ธรรมดา

มีรายงานผลการตรวจสอบการใช้มอเตอร์ว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของตลับลูกปืนของมอเตอร์ เหนียวน้ำมันแบบกรงกระรอก ชนิดระบายความร้อนด้วยตัวเอง (Total enclosed fan cool motor) จะเพิ่มขึ้นประมาณ 50 % ถึง 75 % ของอุณหภูมิที่ขดลวด และการออกแบบของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง จะเพิ่มอายุการใช้งานของสารหล่อลื่นในตลับลูกปืนขึ้นอีกถึง 200% เทียบกับมอเตอร์ธรรมดาทั่ว ๆ ไป อายุการใช้งานของสารหล่อลื่นที่ยาวนานขึ้นจะเป็น ผลให้ความทนทานของตลับลูกปืนและมอเตอร์เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

จากข้อมูลดังกล่าวมา สรุปได้ว่า อุณหภูมิของขดลวด เป็นตัวแปรสำคัญสำหรับอายุการใช้งานของตลับลูกปืน การลดอุณหภูมิของขดลวดเท่ากับเป็นการเพิ่มอายุการใช้งานของตลับลูกปืนและมอเตอร์

แม้ว่าตลับลูกปืนจะเป็นสาเหตุหลักของความเสียหายของมอเตอร์ แต่องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น ความเสียหายทางกล (Mechanical damage) สภาพแวดล้อมที่มอเตอร์ติดตั้งอยู่ และการติดตั้ง (Alignment) ยังคงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ทำให้มอเตอร์เสียหายได้ ดังนั้นเมื่อพิจารณาถึงอายุการใช้งานของมอเตอร์จะต้องนำเอาตัวแปรอื่น ๆ มาวิเคราะห์ด้วย

มอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง ถึงแม้ว่าจะมีราคาที่สูงกว่ามอเตอร์ธรรมดา แต่อย่างไรก็ดี ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเมื่อใช้มอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงจะต่ำกว่าเมื่อใช้มอเตอร์ทั่ว ๆ ไป เพื่อให้มองเห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้นจึงขอยกตัวอย่างให้เห็น ได้ดังนี้

การตัดสินใจที่แตกต่างกันในการซื้อรถยนต์และมอเตอร์ไฟฟ้า ความแตกต่างระหว่างการซื้อรถยนต์ และมอเตอร์ไฟฟ้า จะสามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างขององค์ประกอบที่ใช้ในการตัดสินใจซื้อได้ โดยส่วนใหญ่แล้ว ในการซื้อรถยนต์ผู้ซื้อมักจะคิดค่าใช้จ่ายในการใช้งานและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และนำไปเป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจซื้อด้วยเสมอ และในบางครั้งองค์ประกอบเหล่านี้ คือตัวแปรสำคัญที่ผู้ซื้อตัดสินใจเลือกซื้อรถยนต์ยี่ห้อใดยี่ห้อหนึ่ง ในทางกลับกันผู้ประกอบการส่วนใหญ่เวลาเลือกซื้อมอเตอร์ มักจะตัดสินใจจากราคาของมอเตอร์มากกว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้งานของมอเตอร์

พิจารณาด้านทุนการดำเนินงาน เนื่องจากมูลค่าที่สูงของค่าไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาของมอเตอร์ ผู้ประกอบการหรือผู้ซื้อจึงควรที่จะใช้ค่าใช้จ่ายเหล่านี้เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจซื้อมอเตอร์ด้วยราคาที่สูงกว่าของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงเมื่อเทียบกับมอเตอร์ธรรมดาทั่วไปจะชัดเจนได้จากค่าไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่ต่ำกว่า ดังนั้นการพิจารณาด้านทุนการดำเนินงานทั้งหมด จะช่วยให้ผู้ประกอบการมีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำลง

ความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์จากการออกแบบที่ดีกว่า และการใช้วัสดุคุณภาพสูง ทำให้มอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงมีราคาสูงกว่ามอเตอร์ธรรมดาทั่วไปประมาณ 15 ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปแล้ว ราคาซื้อที่เพิ่มขึ้นจะถูกชดเชย และคืนทุนในระยะเวลาที่สั้นซึ่งมาจากค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ การคิดความคุ้มค่าในการลงทุนในทางเศรษฐศาสตร์ สามารถประเมินได้จากการประหยัดไฟฟ้าใน 1 ปี เทียบกับมูลค่าของมอเตอร์ที่สูงขึ้น

หลังจากระยะของการคืนทุนแล้วจำนวนเงินที่ประหยัดได้ในแต่ละปีจะเป็นผลให้ต้นทุนในการผลิตของผู้ประกอบการลดลง ดังนั้นการเปลี่ยนมอเตอร์ที่หมดอายุ ด้วยมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง หรือใช้ต้นทุนในการดำเนินงานเป็นตัวแปรร่วมในการตัดสินใจในการซื้อมอเตอร์ จะทำให้ผู้ประกอบการมีความพร้อมต่อสถานะตลาดที่ผู้ บริโภคได้ตื่นตัวเป็นอย่างมากเกี่ยวกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ซึ่งจากการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงของผู้ประกอบการเป็นผลกระทบจากการผลิตไฟฟ้าต่อสิ่งแวดล้อม หรือมลภาวะที่เกิดจากปฏิกิริยาเผาไหม้

เชื้อเพลิงชีวภาพในกระบวนการผลิตไฟฟ้าลดลงด้วย ดังนั้นผู้ประกอบการที่รักษาสภาพแวดล้อมย่อมเข้าไปอยู่ในใจของผู้บริโภคได้ดีกว่า ซึ่งเป็นผลพลอยได้ของผู้ประกอบการนอกเหนือจากการประหยัดค่าไฟฟ้า

4.7 หลักการพิจารณาใช้มอเตอร์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูงและอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ

(1) การพิจารณาเลือกซื้อมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

การเลือกซื้อหรือเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่ให้เป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ควรพิจารณาเมื่อเครื่องที่ใช้อยู่เดิมชำรุด ซึ่งพิจารณาได้ดังนี้

- หากมอเตอร์ที่มีอาการเสียที่มีขนาดต่ำกว่า 10 kW ให้เปลี่ยนได้เลย
- หากมอเตอร์ที่มีอาการเสียที่มีขนาดมากกว่า 10 kW สามารถไปพันขดลวดได้ใหม่ ประมาณ 1 – 2 ครั้งเพราะหากเกินกว่านี้ราคาค่าซ่อมจะสูงกว่าการซื้อเครื่องใหม่
- ให้เลือกเปลี่ยนจากมอเตอร์ที่มีขนาดเล็กและมีชั่วโมงการทำงานสูง
- มอเตอร์ที่มีอายุการใช้งานเกินกว่า 15 ปี ให้เปลี่ยนได้ทันที

(2) เมื่อไรจึงจะใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

ควรพิจารณาการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงในสถานการณ์ดังต่อไปนี้ :

- ควรซื้อมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงสำหรับโรงงานใหม่
 - เมื่อมีการซื้อมอเตอร์ใหม่ มักจะมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น (ซึ่งเรียกว่า Price Premium) : ราคามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง - ราคามอเตอร์มาตรฐาน ถึงแม้ว่าจะมีค่าใช้จ่ายดังกล่าวเพิ่มเติม แต่การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงยังคงเป็นที่น่าสนใจในการลงทุน
- ควรซื้อมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแทนการนำมอเตอร์มาตรฐานมาพันขดลวดใหม่
 - มอเตอร์ที่นำมาพันขดลวดใหม่ (ส่วนใหญ่จะเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่กว่า 10 กิโลวัตต์) ประสิทธิภาพจะลดลงถึง 2%
 - ในกรณีนี้ ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นทั้งหมดจะเท่ากับผลรวมของประสิทธิภาพที่ลดลงเนื่องจากจากการพันขดลวดใหม่ (มากถึง 2%) กับ ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นจากประสิทธิภาพของมอเตอร์มาตรฐาน
 - สำหรับกรณีนี้ ราคาที่สูงขึ้นคือราคาของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงลบด้วยค่าพันขดลวดใหม่
- ควรซื้อมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง เพื่อนำมาใช้เป็นมอเตอร์สำรอง
 - เมื่อจำเป็นต้องซื้อมอเตอร์สำหรับเป็นมอเตอร์สำรองเพื่อใช้แทนมอเตอร์ที่ไหม้จะเป็นโอกาสที่เหมาะสม และเป็นการคุ้มค่าที่จะเปลี่ยนมาใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแทนมอเตอร์มาตรฐาน

ในแต่ละกรณีที่กล่าวมาข้างต้น ควรมีการคำนวณระยะคืนทุนเชิงเดียว (ดังตัวอย่างในหน้าที่แล้ว) เพื่อช่วยในการตัดสินใจว่าสมควรติดตั้งมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงหรือไม่

(3) แนวทางการอนุรักษ์พลังงาน

- เลือกขนาดของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับงานนั้น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าบริเวณนั้นมีค่าต่ำ
- เลือกประสิทธิภาพของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับสภาวะการดำเนินงาน ซึ่งควรอยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์การลงทุน โดยพิจารณาถึงราคาซื้อ, ชั่วโมงการทำงาน, ประสิทธิภาพของมอเตอร์ และค่าไฟฟ้า

- ปิดมอเตอร์ทุกครั้งเมื่อไม่มีการใช้ เนื่องจากการเดินเครื่องทิ้งไว้โดยไม่มีการใช้งานจะใช้พลังงานประมาณ 10-20% ของพลังงานที่ใช้ขณะที่มอเตอร์ทำงานเต็มกำลัง (Rated Load)
- ควรมีการตรวจสอบการใช้งานมอเตอร์เพื่อพิจารณาใช้ตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์
- ควรมีการตรวจสอบว่ามีอุณหภูมิที่สูงผิดปกติของทั้งมอเตอร์และระบบจ่ายไฟฟ้าหรือไม่ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจะแสดงถึงการสูญเสียกำลังของมอเตอร์ และทำให้ประสิทธิภาพที่ลดลง
- ควรใช้การขับเคลื่อนโดยตรงเมื่อมีโอกาส เนื่องจากการขับเคลื่อนทางอ้อม (เช่น ขับเคลื่อนด้วยสายพาน) จะเกิดการสูญเสียพลังงานเป็นจำนวนมาก
- ถ้าความต่างศักย์ (Voltage) ของสายแต่ละเส้นของมอเตอร์ 3 เฟส ไม่สมดุล อาจมีการสูญเสียพลังงานจำนวนมากได้ จึงควรมีการตรวจสอบความสมดุลของความต่างศักย์อยู่เป็นประจำ

4.8 การพิจารณาใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบเพื่อประหยัดพลังงานในมอเตอร์ กำลังขาออกของมอเตอร์ จะมีความสัมพันธ์กับแรงบิดของโหลด ดังนี้

$$P = \frac{nT}{9550}$$

โดยที่ P คือ กำลังขาออกที่เพลามอเตอร์ (kW)

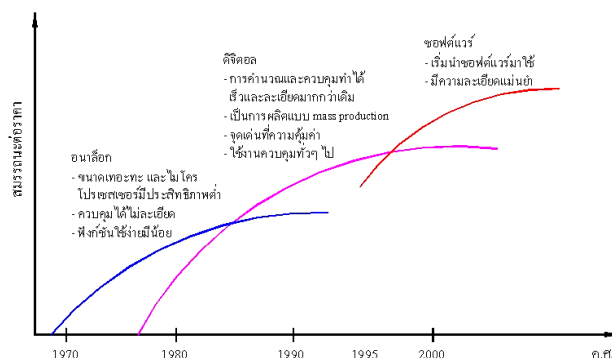
n คือ ความเร็วรอบ (rpm)

T คือ แรงบิดของโหลดของมอเตอร์ (N-m)

เพราะฉะนั้นถ้าความเร็วรอบลดลง กำลังขาออกที่เพลามอเตอร์ก็จะน้อยลงด้วยในปัจจุบัน เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ ได้มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในงานอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าวันจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

4.8.1 งานที่ใช้เครื่องควบคุมความเร็วรอบ

ในช่วงต้นปี ค.ศ. 1980 ค่าใช้จ่ายสำหรับพลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ได้ใช้เทคโนโลยีการผลิตแบบ Mass Production ทั้งยังได้นำเทคโนโลยีทางด้านไมโครโปรเซสเซอร์ มาใช้ในการออกแบบระบบควบคุมของเครื่อง ขนาดของเครื่อง และราคาต่ำลง ทำให้โอกาสในการนำมาใช้ในงานอนุรักษ์พลังงานเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากระยะเวลาคืนทุนสั้นลงอยู่ในช่วง 1 ถึง 2 ปี ดังรูปที่ 4-3



รูปที่ 4-3 วิวัฒนาการทางเทคโนโลยีของเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์

การติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบในเครื่องปั้มน้ำ พัดลม เครื่องอัดอากาศ (Air compressor) เป็นที่ยอมรับกันมานานแล้วว่า สามารถประหยัดพลังงานได้มาก โดยการลดความเร็วรอบของปั้มน้ำลง 50 % จะทำให้อัตราการไหลลดลง 50 % ในขณะที่ความดันลดลง 75 % และแรงม้าของต้นกำลัง (Break Horsepower, BHp) ลดลงมากถึง 87.5 % ตามทฤษฎีของ Affinity laws

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ผู้ผลิตเครื่องปั้มน้ำ และเครื่องอัดอากาศ ได้พยายามใช้ประโยชน์จากความสัมพันธ์ของความเร็วรอบที่ลดลงกับการประหยัดพลังงานของอุปกรณ์ต้นกำลัง ซึ่งเดิมต้องใช้อุปกรณ์เชิงกลเข้ามาช่วยจำนวนมากเช่น อุปกรณ์ส่งถ่ายกำลังด้วยของเหลว (Fluid coupling) และอุปกรณ์ส่งถ่ายกำลังด้วยคลัตช์ไฟฟ้า ซึ่งต้องออกแบบมอเตอร์ขับเคลื่อนให้เหมาะสมกับลักษณะของโหลดตามค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงระบบสูง

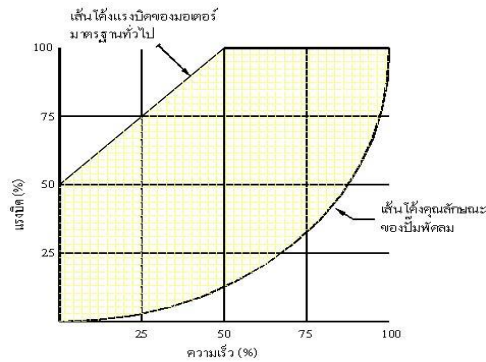
การใช้เครื่องควบคุมความเร็วรอบ เพื่อปรับเปลี่ยนความถี่และแรงดัน (Voltage/Frequency Control, V/f) สำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า เพื่อควบคุมความเร็วรอบให้สัมพันธ์กับความต้องการของระบบ (Load demand) แม้ว่าจะเกิดการสูญเสียพลังงานบางส่วน หรือเกิดความร้อนเพิ่มขึ้นในระบบ เมื่อใช้เครื่องควบคุมความเร็วรอบร่วมกับมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการส่งพลังงานสูงสุด ซึ่งในปัจจุบันทำได้สูงถึง 97% เพื่อเป็นการให้ความมั่นใจว่า ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มสูงขึ้นนั้น เมื่อมีการใช้เครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์เข้าช่วย โดยควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับลักษณะของโหลดตามกระบวนการผลิตในแต่ละอุตสาหกรรมแล้ว จะทำให้ระบบสามารถใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดพลังงานได้สูงสุด สำหรับอุปกรณ์เครื่องปั้มน้ำ พัดลม และเครื่องอัดอากาศ จะมีจุดทำงานที่เหมาะสมและให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ความเร็วรอบประมาณ 70 % ของความเร็วรอบสูงสุด

ผู้ผลิตมอเตอร์อุตสาหกรรมในปัจจุบัน ได้พยายามพัฒนามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง โดยการออกแบบให้ลดการสูญเสียทางไฟฟ้า และปรับปรุงโครงสร้างเชิงกล เพื่อให้ประสิทธิภาพรวมสูงสุด เนื่องจากมอเตอร์เป็นอุปกรณ์หนึ่งในระบบไฟฟ้าซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ดังนั้นการพัฒนามอเตอร์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพรวมของระบบ

มอเตอร์ที่ออกแบบสำหรับใช้งานร่วมกับเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (Inverter Duty Motors) ในปัจจุบันจะแตกต่างจากเมื่อ 10 ปีที่ผ่านมา ในระยะแรกการออกแบบมอเตอร์สำหรับใช้งานร่วมกับเครื่องควบคุมความเร็วรอบ จะเน้นที่การออกแบบเพื่อรองรับการขับโหลดในลักษณะที่ให้แรงบิดคงที่ เช่น สายพานลำเลียง เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบ และปั้มน้ำแบบโรตารี หรือแบบเพิ่มปริมาตรของของเหลว (Positive displacement) โดยให้มอเตอร์ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ ขณะที่รักษาแรงบิดให้คงที่ โดยมีพัดลม (Air blower) ช่วยระบายความร้อนออกจากมอเตอร์

ในปัจจุบัน นอกจากการใช้พัดลมช่วยแล้ว ยังได้ปรับปรุงในส่วนของฉนวน และการจัดเรียงขดลวดภายใน เพื่อให้สามารถรองรับแรงดันสไปค์ (Spike voltage) ซึ่งเกิดการทำงานของวงจร Pulse-Width Modulation (PWM) ในเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ นอกจากนี้ ยังได้ใช้เทคนิคในการพัฒนามอเตอร์ประสิทธิภาพสูงร่วมกับการปรับปรุงฉนวน และการจัดเรียงขดลวด (Spike resistance /Inverter wire) ทำให้ได้ประสิทธิภาพสูง สำหรับใช้กับเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ (High Efficiency Inverter Duty Motors)

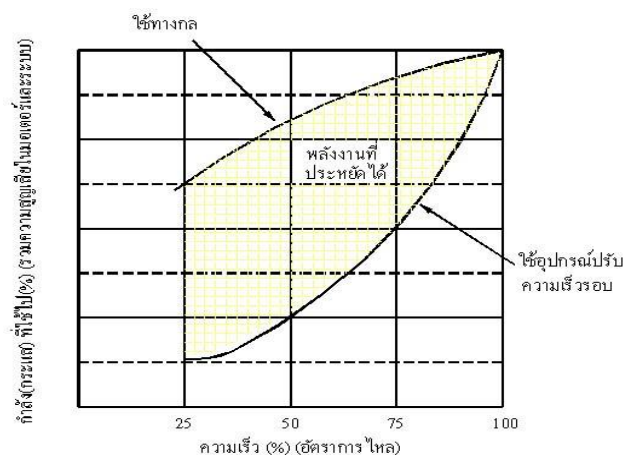
มอเตอร์ไฟฟ้ามาตรฐาน หรือมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง โดยทั่วไปสามารถใช้ขับโหลดแบบแรงบิดคงที่ได้ที่ความเร็วรอบ 50 % ของความเร็วรอบสูงสุดโดยไม่เกิดความเสียหายที่มอเตอร์ ซึ่งในกรณีที่ขับโหลดแบบแรงบิดไม่คงที่ สำหรับมอเตอร์ขนาดเดียวกัน ก็ไม่จำเป็นต้องลดขนาดมอเตอร์ หรือเพิ่มพัดลมระบายความร้อนให้แก่มอเตอร์ ดังรูปที่ 4-4



รูปที่ 4-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงบิดที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ของมอเตอร์มาตรฐาน ในการขับโหลดแบบแรงบิดไม่คงที่

การประยุกต์ใช้เครื่องควบคุมความเร็วรอบเพื่อการอนุรักษ์พลังงานในโหลดแบบแรงบิดไม่คงที่ โดยเฉพาะเครื่องปั๊มน้ำ จำแนกได้เป็นสี่ประเภท

1. แบบรักษาแรงดันคงที่ เช่น สถานีส่งจ่ายน้ำประปา, ระบบน้ำเย็น (Chilled water system) ระบบปั๊มสำหรับหม้อไอน้ำ ระบบชลประทาน ระบบซีลด้วยน้ำ (Water seal systems) ระบบน้ำร้อน และน้ำหล่อเย็น เป็นต้น
2. แบบรักษาระดับคงที่ เช่น สถานีสูบน้ำเย็น ระบบปั๊มน้ำเสียในอุตสาหกรรม ระบบบำบัดน้ำเสีย ระบบบรรจุของเหลว และระบบ Condensate return เป็นต้น
3. แบบรักษาอุณหภูมิคงที่ เช่น ระบบน้ำหล่อเย็นในเตาอบ และเตาเผา ระบบแลกเปลี่ยน ความร้อน การหล่อเย็นต้กลั่น และระบบหมุนเวียนน้ำหล่อเย็น
4. แบบรักษาอัตราการไหลคงที่ เช่น การหมุนเวียนตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสีย และการหมุนเวียนของของเหลวในกระบวนการผลิต เป็นต้น ดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการประหยัดพลังงานของมอเตอร์ที่ค่าความเร็วรอบ และอัตราการไหลต่าง ๆ

สรุปแนวทางการอนุรักษ์พลังงานมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามาก การใช้มอเตอร์ให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้ามีข้อปฏิบัติดังนี้

- เลือกขนาดของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับงานนั้น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าบริเวณนั้นมีค่าต่ำ ขนาดของมอเตอร์ต้องเหมาะสมกับภาระจึงจะทำให้การสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยไม่จำเป็นนั้นลดน้อยลง
- เลือกประสิทธิภาพของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับสภาวะการดำเนินงานซึ่งควรอยู่บนพื้นฐานของการวิเคราะห์การลงทุนโดยพิจารณาถึงราคาซื้อ ชั่วโมงการทำงาน ประสิทธิภาพของมอเตอร์ และค่าไฟฟ้า
- ปิดมอเตอร์ทุกครั้งเมื่อไม่มีการใช้ เนื่องจากการเดินเครื่องทิ้งไว้โดยไม่มีการะงานจะใช้พลังงานประมาณ 10-20% ของพลังงานที่ใช้ขณะที่มอเตอร์ทำงานที่ภาระเต็มกำลัง
- ควรมีการตรวจสอบการใช้งานมอเตอร์เพื่อพิจารณาใช้ตัวควบคุมความเร็วของมอเตอร์
- ควรมีการตรวจสอบดูว่ามีอุณหภูมิที่สูงผิดปกติของทั้งมอเตอร์ และระบบจ่ายไฟฟ้าหรือไม่ เนื่องจากความร้อนที่เกิดขึ้นจะแสดงถึงการสูญเสียกำลังของมอเตอร์และทำให้ประสิทธิภาพลดลง
- ควรใช้การขับเคลื่อนโดยตรงเมื่อมีโอกาส เนื่องจากการขับเคลื่อนทางอ้อม (เช่น ขับเคลื่อนด้วยสายพาน) จะเกิดการสูญเสียพลังงานเป็นจำนวนมาก
- ถ้าแรงดันไฟฟ้าของมอเตอร์ 3 เฟสไม่สมดุลอาจมีการสูญเสียพลังงานจำนวนมากได้ จึงควรมีการตรวจสอบความสมดุลของแรงดันไฟฟ้าเป็นประจำ
- เลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแทนมอเตอร์แบบมาตรฐานเมื่อเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่
- หลีกเลี่ยงการเริ่มเดินเครื่องและกลับทิศทางการทำงานของมอเตอร์ขนาดใหญ่ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
- ปรับปรุงและบำรุงรักษาระบบทางกลของมอเตอร์อยู่เสมอ เช่น ตรวจสอบความตึงของสายพาน อัตราการบีบ และหยอดน้ำมันหล่อลื่นตามกำหนด เพื่อลดกำลังงานสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานหรือความฝืด
- ควรติดตั้งมอเตอร์ในบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี เพราะการใช้งานมอเตอร์ในที่ ๆ มีอุณหภูมิสูงจะทำให้กำลังงานสูญเสียของมอเตอร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากความร้อนของขดลวดมีค่าเพิ่มขึ้น
- ตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ ถ้าหากแรงดันไฟฟ้าสูงเกินกว่าพิกัดที่บอกไว้บนป้ายเครื่อง จะทำให้เกิดกำลังสูญเสียในแกนเหล็กมากขึ้นกว่าพิกัด ทำให้สมรรถนะการทำงานของมอเตอร์เปลี่ยนไป และมีผลต่ออายุการใช้งานมอเตอร์
- การใช้งานมอเตอร์อย่างถูกต้อง จะใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงทำให้ต้นทุนลดลง ช่วยเพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางการตลาดได้ ทำให้เกิดความมั่นคงแก่อุตสาหกรรมมากขึ้น และสิ่งสำคัญนอกเหนือจากนี้ก็คือ เป็นการช่วยประหยัดพลังงานโดยรวมของประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศิริพรรณ ธงชัย. การใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนอย่างมีประสิทธิภาพ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
- [2] กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, การประยุกต์ใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน. มาตรการประหยัดพลังงานมาตรฐาน มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง. พฤษภาคม, 2543
- [3] MOTOKI MAYSUO. เทคนิคการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุตสาหกรรม. แปลโดย ดร.บัณฑิต ไรจน์ อารยานนท์ และคณะ. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2543