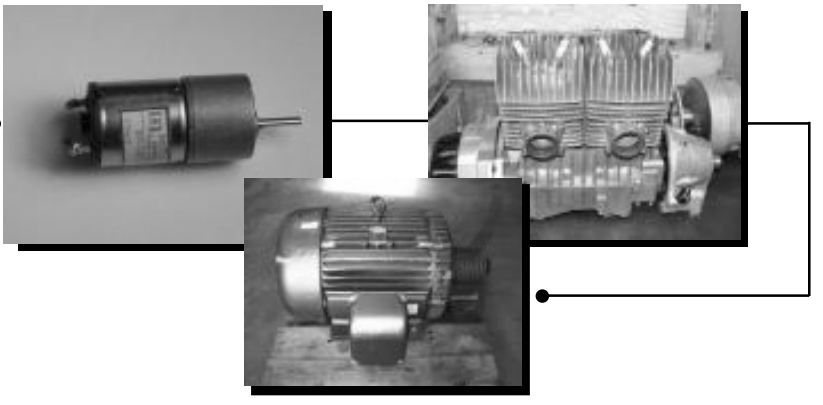
มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

สำเร็จ อายุพงศ์

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา นิคมอุตสาหกรรมบางปู

ซอย 1 ถนนสุขุมวิท อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280



เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วในปัจจุบันนี้เกี่ยวกับมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (high efficiency motor HEM) ว่าเป็นมอเตอร์ที่ได้รับการปรับปรุงขึ้นมาจากมอเตอร์ธรรมดาแบบเดิมๆ หรือที่เรียกโดยทั่วไปว่ามอเตอร์แบบมาตรฐาน (standard-efficiency motor) ให้ทำงานเท่ากันได้โดยใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่ามอเตอร์มาตรฐาน หรืออีกนัยหนึ่งมอเตอร์ที่มีค่าประสิทธิภาพสูงกว่าจะให้ค่ากำลังขาออก (output) สูงกว่าเมื่อใช้กำลังขาเข้า (input) ของพลังงานไฟฟ้าที่เท่ากัน

โดยปกติแล้วมอเตอร์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านกำลังต่อไป แต่ในขั้นตอนการเปลี่ยนรูปพลังงาน จะมีค่าความสูญเสียของพลังงานต่างๆ อันเกิดจากโครงสร้างทางไฟฟ้าและทางกล รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางแม่เหล็กไฟฟ้าของตัวมอเตอร์ แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ความสูญเสียคงที่ (constant or no-load losses) ถึงแม้มอเตอร์ไม่ได้รับภาระการใช้งานหรือไม่มีโหลด แต่ก็จะยังคงมีค่าความสูญเสียเกิดขึ้นตลอดเวลาเมื่อมอเตอร์ทำงาน แบ่งเป็น

- ความสูญเสียทางกล (mechanical losses) เช่น ความสูญเสียเกิดจากความเสียดทานในตลับลูกปืนของมอเตอร์ และแรงต้านของครีบระบายอากาศของตัวมอเตอร์ (friction & windage losses)

- ความสูญเสียทางแม่เหล็กไฟฟ้า (magnetic losses) เช่น ความสูญเสียที่แกนเหล็ก (core losses) ซึ่งประกอบด้วยความสูญเสียเนื่องจากการเปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็กในแกนเหล็ก (hysteresis losses) และการสูญเสียจากกระแสไหลวน (eddy current losses) ในวงจรแม่เหล็กของมอเตอร์

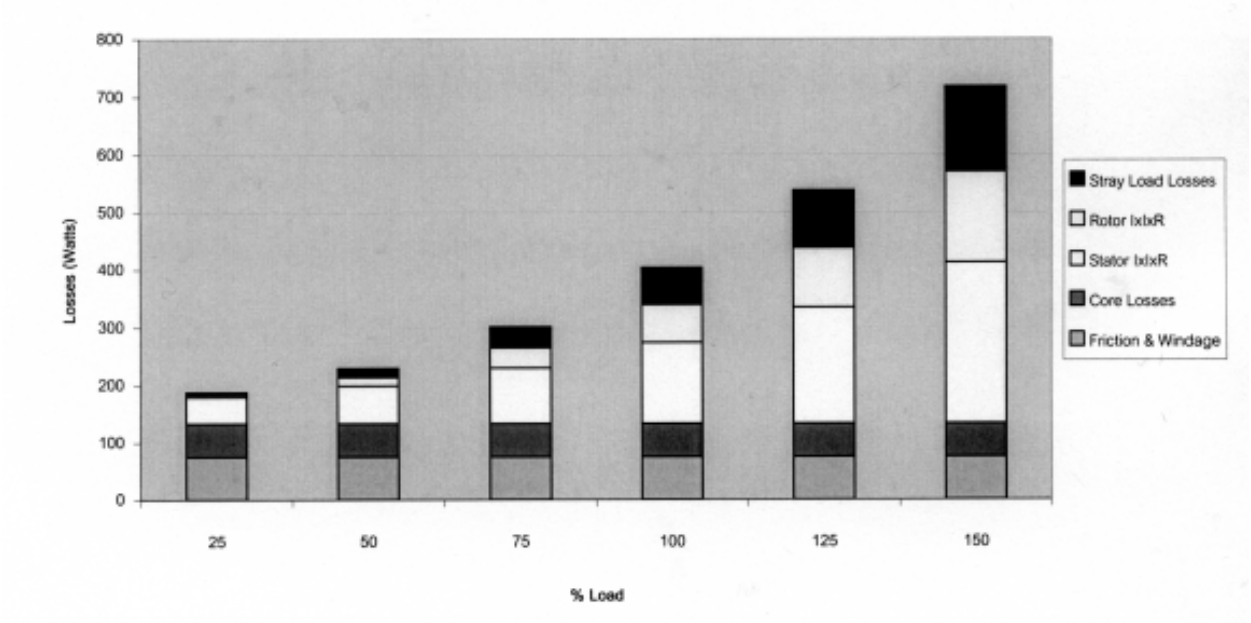
การสูญเสียเมื่อมอเตอร์ไม่มีโหลดจะมีค่าประมาณ 30% ของค่าความสูญเสียรวม (ในอัตราที่มอเตอร์ทำงานเต็มพิกัด) และเกิดขึ้นไม่ว่ามอเตอร์จะหมุนตัวเปล่าหรือใช้งานอยู่ก็ตาม

2. ความสูญเสียเมื่อมอเตอร์ต้องรับภาระหรือโหลดที่เกิดขึ้น (variable or load losses)

- ความสูญเสียทางไฟฟ้า (electrical losses) คือ การสูญเสียในรูปความร้อนที่สเตเตอร์ (stator) และโรเตอร์ (rotor) เป็นผลของความต้านทานของวัสดุที่ใช้เป็นตัวนำที่สเตเตอร์และตัวนำที่โรเตอร์ ซึ่งเราสามารถควบคุมค่าความสูญเสียนี้ได้ด้วยการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม

- การสูญเสียจากภาระการใช้งาน (stray load losses) เป็นผลที่เกิดจากกระแสฮาร์มอนิก (harmonic current) ในตัวนำของโรเตอร์ขณะที่มอเตอร์มีโหลด และการสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลวนในขดลวดสเตเตอร์

ตัวอย่างสัดส่วนค่าความสูญเสียที่ภาระงานต่าง ๆ กันของมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า

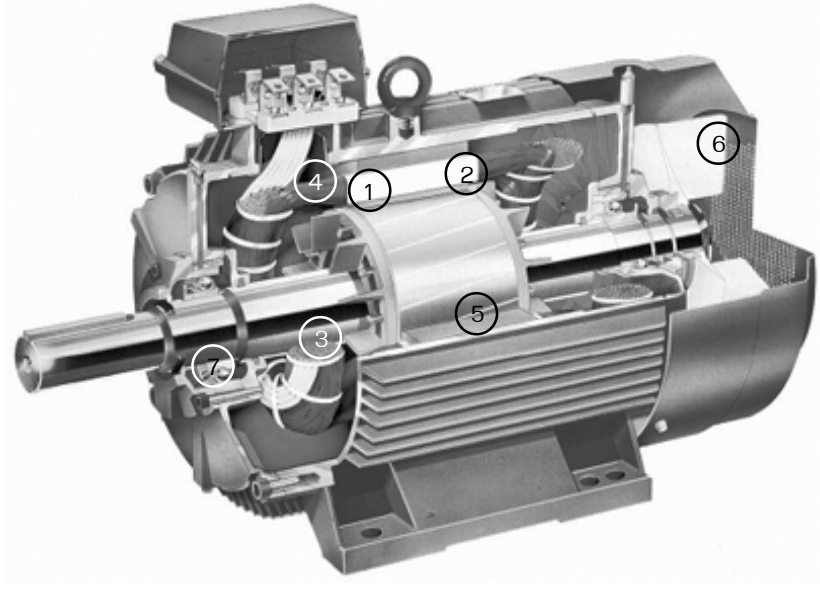


ค่าความสูญเสียต่างๆ เหล่านี้จะมีผลโดยตรงต่อค่าประสิทธิภาพ (efficiency) ของมอเตอร์ โดยที่ประสิทธิภาพมอเตอร์นั้นถูกกำหนดค่าโดย

$$\text{efficiency} = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

$$\text{หรือ efficiency} = \frac{\text{Input} - \text{All Losses}}{\text{input}}$$

ดังนั้นการปรับปรุงมอเตอร์มาตรฐานให้มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ทำได้โดยการออกแบบให้มอเตอร์มีค่าความสูญเสียดังที่กล่าวข้างต้นน้อยที่สุด ซึ่งจะมีการปรับปรุงโครงสร้างหลักดังต่อไปนี้



1. ปรับปรุงคุณสมบัติของแกนเหล็ก มอเตอร์ธรรมดาจะใช้เหล็กเคลือบผิวคาร์บอนต่ำ (low-carbon laminated steel) สำหรับทำแกนเหล็กที่โรเตอร์และสเตเตอร์ เหล็กแบบดังกล่าวจะมีการสูญเสียกำลังของไฟฟ้า 6.6 วัตต์ ต่อน้ำหนักเหล็ก 1 กิโลกรัม ส่วนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะใช้เหล็กซิลิคอนเกรดสูง (high-grade silicon steel) ซึ่งจะลดการสูญเสียกำลังของกระแสไหลวนไปได้ครึ่งหนึ่งเหลือเพียงประมาณ 3.3 วัตต์ต่อน้ำหนักเหล็ก 1 กิโลกรัม

2. ใช้เหล็กเคลือบผิวที่บางกว่า การลดความหนาของแผ่นเหล็กที่ทำแกนของโรเตอร์และสเตเตอร์ก็เป็นการลดความสูญเสียจากกระแสไหลวนให้ต่ำลงนอกจากนี้การปรับปรุงฉนวนระหว่างแผ่นเหล็กก็จะช่วยลดการสูญเสียเหล่านี้ได้ดียิ่งขึ้น

3. เพิ่มปริมาณตัวนำทองแดง มอเตอร์ธรรมดา ไม่ว่าจะใช้สายตัวนำเป็นอะลูมิเนียมหรือทองแดงก็จะมีขนาดพอดีกับค่ากระแสสูงสุดของมอเตอร์ แต่มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะใช้ตัวนำที่เป็นทองแดงเพื่อให้ความต้านทานของชุดขดลวดต่ำลงด้วยตัวนำขนาดใหญ่กว่าปกติประมาณ 35-40%

4. ปรับเปลี่ยนการออกแบบของร่องสล็อต เพื่อที่จะจัดให้มีเนื้อที่สำหรับขดลวดทองแดงที่มีปริมาณมากขึ้น และฉนวนที่มีเพิ่มขึ้นตามความจำเป็น พื้นที่ภาคตัดขวางของร่องสล็อตต้องขยายขนาดออกไป และเพื่อชดเชยกับพื้นที่ภาคตัดขวางของช่องที่กว้างขึ้นจึงต้องขยายแกนของสเตเตอร์ให้ยาวออกไปอีก แกนที่ยาวขึ้นยังผลให้รูปแบบของตัวประกอบกำลัง (powerfactor) ของมอเตอร์ดีขึ้นด้วย

5. ลดช่องว่าง เมื่อช่องว่าง (airgap)ระหว่างสเตเตอร์และโรเตอร์แคบลงจะเป็นการเพิ่มความหนาแน่นของกระแสแม่เหล็กนั่นคือเป็นการเพิ่มความสามารถของมอเตอร์ที่จะให้แรงบิดได้เท่าเดิมโดยใช้กำลังที่ลดลง และดังที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ผ่านมาการเพิ่มความยาวของสเตเตอร์และโรเตอร์จะเป็นการเพิ่มกระแสแม่เหล็กรวมในช่องว่างนี้ด้วยเช่นกัน

6. การออกแบบพัดลมที่มีประสิทธิภาพมากกว่า เป็นการง่ายขึ้นเนื่องจากมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงจะทำงานโดยมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าแบบธรรมดา ทำให้มีพัดลมระบายความร้อนที่เล็กกว่า ลดทอนการสูญเสียกำลังจากแรงลม และมีผลทำให้มีเสียงรบกวนน้อยกว่า

7. ปรับปรุงตลับลูกปืน (ball bearings) ให้มีคุณภาพดีขึ้นทั้งด้านความทนทานและแรงเสียดทานที่น้อยลง

8. ปรับปรุงฉนวนของโรเตอร์ การสูญเสียกำลังบางส่วนจะเกิดขึ้นโดยไม่เจตนาจากกระบวนการผลิตมอเตอร์ที่ทำให้เกิดทางเดินกระแสไฟฟ้าที่ไม่ต้องการตัวนำที่โรเตอร์ ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นเมื่อตัวนำที่โรเตอร์ถูกทำให้อยู่ในแนวเฉียง ซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติในการออกแบบตามปกติเพื่อลดเสียงรบกวนและแรงบิดที่ไม่สม่ำเสมอในมอเตอร์ขนาดเล็ก ในการผลิตมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงนั้นที่ขอบของช่องโรเตอร์จะใช้ฉนวนทนอุณหภูมิสูงเพื่อลดทอนการสูญเสียเหล่านี้

จากการปรับปรุงโครงสร้างของมอเตอร์เพื่อลดค่าความสูญเสียของพลังงานในทุกๆ จุดที่เป็นไปได้ดังที่กล่าวมาข้างบนนี้ นอกจากจะมีผลให้มอเตอร์มีค่าประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ประหยัดพลังงานในการทำงานแล้วผลดีที่ตามมาอีกก็คือ มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงยังได้รวมเอาลักษณะของโครงสร้างที่แข็งแรง ทนทาน และไม่ร้อน มีอุณหภูมิขณะทำงานต่ำ ซึ่งยังผลให้สามารถใช้พัดลมระบายความร้อนที่เล็กกว่า ทำงานเงียบ นอกจากนี้ปัจจัยของโครงสร้างที่แข็งแรง รวมทั้งการมีอุณหภูมิต่ำขณะที่ทำงานนั้น จะทำให้มอเตอร์ชนิดนี้มีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่ามอเตอร์แบบมาตรฐานอีกด้วย

จะเห็นได้ว่า มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงที่เราอาจจะเคยได้ยินใครหลายๆ คนกำลังกล่าวถึงกันนั้นก็คือ มอเตอร์ที่มีลักษณะการทำงานปกติเหมือนมอเตอร์ธรรมดาทั่วไปทุกประการ เพียงแต่ได้รับการปรับปรุงให้มีโครงสร้างพิเศษ ลดค่าความสูญเสียของพลังงาน เป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงที่นอกจากจะช่วย

ให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานแล้ว ยังจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงและยืดระยะเวลาของการเปลี่ยนมอเตอร์ตัวใหม่ในอนาคตออกไปได้อีกนาน

จากข้อดีของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงดังที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ จึงไม่ใช่เรื่องน่าแปลกใจที่เราจะเห็นประเทศที่พัฒนาแล้วอย่าง สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น รวมทั้งหลายๆ ประเทศในทวีปยุโรป มีการผลิตขายและใช้เฉพาะมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงเท่านั้น สำหรับในประเทศไทยมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงยังเป็นของใหม่ที่กำลังได้รับการแนะนำและสนับสนุนจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องทั้งทางภาครัฐและเอกชน ให้เข้ามาแทนที่มอเตอร์มาตรฐานแบบธรรมดาที่ใช้กันอยู่ เพื่อประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้าในการดำเนินงานกิจการ และอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ ซึ่งจะเป็นการร่วมอนุรักษ์พลังงานของชาติในระยะยาวต่อไป

เรียบเรียงจาก

High Efficiency Motor

High Efficiency Motor Handbook

คู่มือมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง โดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และ Copper Development Centre