

## สารบัญ

### หน้า

|                     |   |
|---------------------|---|
| บทคัดย่อภาษาไทย     | ข |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ  | ค |
| กิตติกรรมประกาศ     | ง |
| สารบัญ              | จ |
| รายการตาราง         | ช |
| รายการรูปประกอบ     | ซ |
| รายการสัญลักษณ์     | ฉ |
| ประมวลศัพท์และคำย่อ | ฎ |

### บทที่

|                                                          |          |
|----------------------------------------------------------|----------|
| <b>1. บทนำ</b>                                           | <b>1</b> |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย                         | 1        |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย                              | 2        |
| 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                            | 2        |
| 1.4 ขอบเขตของการวิจัย                                    | 2        |
| 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ                                      | 2        |
| <b>2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>                  | <b>4</b> |
| 2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า                                         | 4        |
| 2.2 หลักการเบื้องต้นของมอเตอร์เหนี่ยวนำ                  | 5        |
| 2.3 มอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์ (Capacitor type motor)         | 5        |
| 2.4 สนามแม่เหล็กหมุน (The rotating field)                | 17       |
| 2.5 สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ | 21       |
| 2.6 มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงและมอเตอร์มาตรฐาน               | 24       |
| 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                                | 25       |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                                                                                                | หน้า      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>3. วิธีการทดลองและระเบียบวิธีวิจัย</b>                                                                                                                      | <b>27</b> |
| 3.1 ขั้นตอนศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับมอเตอร์และจัดเตรียมเครื่องมือในการทดลอง<br>คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ ที่ทำการเปลี่ยนแปลงขนาดของคาปาซิเตอร์        | 27        |
| 3.2 ขั้นตอนการทดสอบคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ โดยลดและเพิ่มค่าคาปาซิเตอร์รัน                                                                               | 28        |
| 3.3 ขั้นตอนการทดสอบคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ต้นแบบที่มาจาก<br>โรงงานผู้ผลิต                                                                               | 30        |
| 3.4 ขั้นตอนการทดสอบคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ โดยลดและ<br>เพิ่มค่าคาปาซิเตอร์สตาร์ท                                                                        | 31        |
| 3.5 ขั้นตอนการทดสอบคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ โดยลดและเพิ่ม<br>ค่าคาปาซิเตอร์รันและค่าคาปาซิเตอร์สตาร์ท                                                    | 33        |
| 3.6 ขั้นการทดสอบประสิทธิภาพของคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์จาก<br>การทดสอบมอเตอร์ด้วยค่าคาปาซิเตอร์เท่าเดิม กับการทดสอบมอเตอร์มีเปลี่ยนแปลง<br>ค่าคาปาซิเตอร์ | 34        |
| <b>4. ผลการทดลองและวิจัย</b>                                                                                                                                   | <b>36</b> |
| 4.1 ผลการทดสอบคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ กระแสขณะสตาร์ทและ<br>แรงบิดตรงโรเตอร์ขณะสตาร์ท โดยลดและเพิ่มค่าคาปาซิเตอร์สตาร์ท                                  | 36        |
| 4.2 ผลการทดสอบคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ โดยลดและเพิ่มค่าคาปาซิเตอร์รัน                                                                                    | 37        |
| 4.3 ผลการทดสอบคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ โดยลดและเพิ่มค่า<br>คาปาซิเตอร์สตาร์ท                                                                             | 39        |
| <b>5. สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะการวิจัย</b>                                                                                                                  | <b>42</b> |
| 5.1 สรุปและอภิปรายผล                                                                                                                                           | 42        |
| 5.2 ข้อเสนอแนะการวิจัย                                                                                                                                         | 43        |
| <b>เอกสารอ้างอิง</b>                                                                                                                                           | <b>44</b> |
| <b>ประวัติผู้วิจัย</b>                                                                                                                                         | <b>45</b> |

## รายการตาราง

| ตาราง                                                          | หน้า |
|----------------------------------------------------------------|------|
| 2.1 ตารางแสดงค่าการเก็บประจุด้วยรหัสสี                         | 17   |
| 3.1 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของคุณลักษณะพิเศษของคาปาซิเตอร์มอเตอร์ | 28   |
| 3.2 จำนวนค่าคาปาซิเตอร์รันให้เพิ่มขึ้นและลดลง 15% และ 30%      | 29   |
| 3.3 จำนวนค่าคาปาซิเตอร์สตาร์ทให้เพิ่มขึ้นและลดลง 15% และ 30%   | 32   |

## รายการรูปประกอบ

| รูป  | หน้า                                                                                                                                             |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1  | วงจรของมอเตอร์แบบคาปาซิเตอร์สตาร์ท6                                                                                                              |
| 2.2  | วงจรต่อคาปาซิเตอร์อนุกรมกับขดสตาร์ท ก) ลักษณะการต่อ ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรม 6                                                                        |
| 2.3  | แสดงคุณลักษณะแรงบิดกับเปอร์เซ็นต์ความเร็วของคาปาซิเตอร์มอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ท 7                                                            |
| 2.4  | แสดงลักษณะภายนอกของคาปาซิเตอร์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นคาปาซิเตอร์ที่มีค่าความจุสูงต่อใช้งานได้ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ 7                          |
| 2.5  | แสดงคุณลักษณะแรงบิดกับเปอร์เซ็นต์ความเร็วของคาปาซิเตอร์มอเตอร์ชนิดคาปาซิเตอร์สตาร์ทขนาดพิกัด 1/3 แรงม้า 1760 รอบ ต่อนาที 115 โวลท์ 60 เฮิร์ตซ์ 8 |
| 2.6  | วงจรของมอเตอร์แบบเปอร์มานেন্ট-สปลิต คาปาซิเตอร์ 9                                                                                                |
| 2.7  | แสดงลักษณะภายนอกของคาปาซิเตอร์ชนิดบรรจุน้ำมัน ซึ่งเป็นคาปาซิเตอร์ที่มีค่าความจุต่ำต่อใช้งานในวงจรได้เป็นระยะเวลานานๆ 9                           |
| 2.8  | แสดงวงจรของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิด 2 ค่า 10                                                                                                    |
| 2.9  | แสดงรูปลักษณะ (ก) สัญลักษณ์ (ข) และส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ (ค) 11                                                                              |
| 2.10 | แสดงการเก็บประจุของตัวเก็บประจุ 12                                                                                                               |
| 2.11 | แสดงการคายประจุของตัวเก็บประจุ 13                                                                                                                |
| 2.12 | แสดงทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า 13                                                                                                                 |
| 2.13 | แสดงค่าการเก็บประจุ 1 ฟารัด 14                                                                                                                   |
| 2.14 | แสดงตัวเก็บประจุชนิดค่าคงที่ 15                                                                                                                  |
| 2.15 | แสดงตัวเก็บประจุชนิดปรับค่าได้ 15                                                                                                                |
| 2.16 | แสดงค่าการเก็บประจุด้วยตัวเลขหรือตัวอักษร 16                                                                                                     |
| 2.17 | แสดง ขดลวด 3 ชุด (3 เฟส) ซึ่งพันอยู่รอบขั้วแม่เหล็กในสเตเตอร์มีปลายสายของขดลวด AB และ C ต่อกับระบบไฟฟ้า 17                                       |
| 2.18 | แสดงค่าของกระแสชั่วขณะและตำแหน่งของเส้นแรงแม่เหล็กในสเตเตอร์ของมอเตอร์สามเฟส 18                                                                  |
| 2.19 | แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นภายในสเตเตอร์ ก) ตำแหน่งที่ 1 ของกระแสชั่วขณะ ข) ตำแหน่งที่ 2 ของกระแสชั่วขณะ 18                             |

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

| รูป                                                                                                                                                                                      | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.20 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นภายในสเตเตอร์ ก) ณ ตำแหน่งที่ 3 ของกระแสขั้วขณะ<br>ข) ณ ตำแหน่งที่ 4 ของกระแสขั้วขณะ ค) ณ ตำแหน่งที่ 5 ของกระแสขั้วขณะ<br>ง) ณ ตำแหน่ง ที่ 6 ของกระแสขั้วขณะ | 19   |
| 2.21 แสดงการสลับปลายสายสองในสามสายของขดลวดสเตเตอร์ ทำให้ลำดับเฟสของ<br>กระแสในขดลวดสเตเตอร์และทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุนเปลี่ยนแปลงไป                                                     | 19   |
| 2.22 แสดงทิศทางของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นภายในสเตเตอร์ หลังจากสลับปลายสายสองใน<br>สามสายของขดลวดสเตเตอร์ ก) ตำแหน่งที่ 1 ของกระแสขั้วขณะ ข) ตำแหน่งที่ 2<br>ของกระแสขั้วขณะ              | 20   |
| 2.23 แสดงกลุ่มคอยล์ทั้ง 4 ชุดของเฟส A สร้างขั้วแม่เหล็กขึ้น 4 ขั้ว                                                                                                                       | 20   |
| 3.1 แสดงการต่อชุดโหลดเข้ากับคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์<br>โดยค่าคาปาซิเตอร์รันเปลี่ยนไป                                                                                              | 30   |
| 3.2 แสดงการต่อชุดโหลดเข้ากับคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์                                                                                                                               | 31   |
| 3.3 แสดงการต่อชุดโหลดเข้ากับคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์<br>โดยค่าคาปาซิเตอร์สตาร์ทเปลี่ยนไป                                                                                           | 33   |
| 3.4 แสดงการต่อชุดโหลดเข้ากับคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์<br>โดยค่าคาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันเปลี่ยนไป                                                                                     | 34   |
| 4.1 แสดงกราฟกระแสขณะสตาร์ท โดยทำการเปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์สตาร์ทให้เพิ่มขึ้น<br>และลดลง                                                                                                    | 36   |
| 4.2 แสดงกราฟของความเร็วรอบมอเตอร์ โดยทำการเปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์รันให้เพิ่มขึ้น<br>และลดลง                                                                                                | 37   |
| 4.3 แสดงกราฟของกำลังเอาต์พุตมอเตอร์ โดยทำการเปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์รันให้เพิ่มขึ้น<br>และลดลง                                                                                              | 38   |
| 4.4 แสดงกราฟของประสิทธิภาพมอเตอร์ โดยทำการเปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์รันให้เพิ่มขึ้น<br>และลดลง                                                                                                | 38   |
| 4.5 แสดงกราฟของกระแสมอเตอร์ในสภาวะ ไม่มีโหลดและสภาวะแรงตึงโรเตอร์<br>โดยทำการเปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์สตาร์ทให้เพิ่มขึ้นและลดลง                                                              | 39   |
| 4.6 แสดงกราฟของกำลังอินพุตมอเตอร์ในสภาวะไม่มีโหลดและสภาวะแรงตึงโรเตอร์<br>โดยที่ การเปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์สตาร์ทให้เพิ่มขึ้นและลดลง                                                       | 40   |

## รายการรูปประกอบ (ต่อ)

| รูป |                                                                                         | หน้า |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 4.7 | แสดงกราฟของความเร็วรอบมอเตอร์ โดยทำการเปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์สตาร์ทให้เพิ่มขึ้นและลดลง    | 40   |
| 4.8 | แสดงกราฟของกำลังเอาต์พุตมอเตอร์ โดยทำการเปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์สตาร์ทให้เพิ่มขึ้น และลดลง | 41   |
| 4.9 | แสดงกราฟของประสิทธิภาพมอเตอร์ โดยทำการเปลี่ยนค่าคาปาซิเตอร์สตาร์ทให้เพิ่มขึ้น และลดลง   | 41   |

### รายการสัญลักษณ์

|               |   |                                  |
|---------------|---|----------------------------------|
| $\alpha$      | = | มุมต่างเฟสระหว่างกระแส IS และ IM |
| $\cos \theta$ | = | เพาเวอร์แฟกเตอร์ของมอเตอร์       |
| $\mu_F$       | = | ไมโครฟารัด                       |
| $p_F$         | = | พิโกฟารัด                        |

# ประมวลศัพท์และคำย่อ

|            |   |                                           |
|------------|---|-------------------------------------------|
| $C$        | = | ค่าการเก็บประจุ                           |
| $f$        | = | ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า                  |
| $F$        | = | ฟารัด                                     |
| $f_2$      | = | ความถี่โรเตอร์                            |
| $I_M$      | = | กระแสของขดรีน                             |
| $I_S$      | = | กระแสของขดสตาร์ท                          |
| $N_r$      | = | ความเร็วโรเตอร์                           |
| $N_r$      | = | ความเร็วโรเตอร์                           |
| $N_s$      | = | ความเร็วเชิงโคโรนัส                       |
| $P$        | = | จำนวนขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์              |
| $P_c$      | = | การสูญเสียในขดลวดโรเตอร์                  |
| $P_{CS}$   | = | ผลบวกระหว่างการสูญเสียในขดลวดสเตเตอร์     |
| $P_f \& w$ | = | การสูญเสียเนื่องจากความฝืดและแรงต้านจากลม |
| $P_{in}$   | = | กำลังไฟฟ้าด้านออก                         |
| $P_{is}$   | = | การสูญเสียในแกนเหล็กสเตเตอร์              |
| $P_m$      | = | กำลังทางกลของโรเตอร์                      |
| $P_{out}$  | = | กำลังเอาต์พุตของมอเตอร์                   |
| $P_{si}$   | = | การสูญเสียที่สเตเตอร์                     |
| $Q$        | = | ประจุไฟฟ้า                                |
| $S$        | = | เปอร์เซ็นต์สลิป                           |
| $V$        | = | แรงดันไฟฟ้า                               |