รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา

The development of electric tricycle for the disabled leg

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วีรยุทธ เติมสวัสดิ์

จักรกฤษณ์ จันทรศิริ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2561)

รายงานการวิจัย

เรื่อง

การพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา

The development of electric tricycle for the disabled leg

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

วีรยุทธ เติมสวัสดิ์

จักรกฤษณ์ จันทรศิริ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ปีงบประมาณ 2561)

บรรณานุกรม

จรัส จุนเด็น. (2555) **เครื่องประจุแบตเตอรี่**. ครุศาสตร์ไฟฟ้า, ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ชวิทย์ ทองเชตุ,บรรพต วงศ์แสวง,สุรพงษ์ หรรษนันท์,อุดม สมบุรณ์. (2551) มอเตอร์ไฟฟ้า. สถาบันวิจัยและพัฒนา, อุตรดิตถ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ดุสิต เครืองาม,ชุมพล อันตรเสน,บรรยง โตประเสริฐพงศ์. (2556) **เซลล์แสงอาทิตย์**. ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทศพล บุญใส. (2559) **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง-การควบคุม.** ภาควิชาไฟฟ้า. ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

นลินี หมู่หมื่นศรี. (2557) **การจำลองความร้อนและการสูญเสียทางไฟฟ้าในมอเตอร์ไฟฟ้า.** วิศวกรรมพลังงาน, วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ประพนธ์ พลหล้า. (2555) **โซ่ส่งกำลัง**. ภาควิชาเครื่องกล. ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต, กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

พรชัย พรหฤทัย. (2557) **แบตเตอรี่เซลล์แสงอาทิตย์**. วิศวกรรมไฟฟ้า, วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

พรภัทธ์ แสงมณี. (2557) **แบตเตอรี่**. สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า. คณะวิศวกรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พิรายุ ดำทน,ธานี ทองโอภาส. (2556) **ชุดสาธิตการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

ภูมิยศ พยัคฆวรรณ. (2557) **การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบปรับตัวอัตโนมัติ.** วิศวกรรมไฟฟ้า. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

มงคล ทองสงคราม. **เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น. วูลเลอร์,บริษัท. (ม.ป.ป.).

ศุภชัย สุรินทร์วงศ์. **เครื่องกลไฟฟ้า 1 ตอน 1 : เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง.** (พิมพ์ครั้งที่ 6) กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ชัด อินทะสี. **วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ.** กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.

ณรงค์ ชอนตะวัน. **มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ.**(พิมพ์ครั้งที่1); สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาคผนวก

การคำนวณหาขนาดมอเตอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การคำนวณหาขนาดมอเตอร์

การคำนวณหาแรง

$F = mg$

F คือแรงที่กระทำ มีหน่วยเป็นนิวตัน = ?

m คือมวล หรือ น้ำหนัก มีหน่วยเป็นกิโลกรัม = 100

g คือแรงโน่มถ่วงของโลก หรือ ความเร่ง = 9.81

จากสูตร $F = mg$

$F = (100 \div 3)$ คือ กิโลกรัมหารด้วยล้อ 3 ล้อ เนื่องจากรถมีสามล้อ

$F = (100 \div 3) \times 9.81$

$F = 327$ นิวตัน

การคำนวณหาค่าทอร์ก

$T = Fr$

T คือเวลา มีหน่วยเป็นจูลต่อวินาที = ?

F คือมวล หรือ น้ำหนัก มีหน่วยเป็นนิวตัน = 327 นิวตัน

r คือ รัสมีของเพลาล้อ มีหน่วยเป็นเมตร = 0.02

จากสูตร $T = Fr$

$T = 327 \times 0.02$

$T = 6.54$

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

การคำนวณหากำลัง

$P = T\omega$

P = คือกำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ = ?

T = คือเวลา มีหน่วยเป็นจูลต่อวินาที = 6.54

ω = คืออัตราเร็วเชิงมุม = $2\pi(361 \div 60)$

จากสูตร $P = T\omega$

$P = 6.54 \times 2\pi(361 \div 60)$

$P = 247.10$ วัตต์

จากการคำนวณหาขนาดกำลังมอเตอร์ที่ได้คือ 247.10 วัตต์ จึงได้เลือกใช้มอเตอร์ที่ขนาดกำลัง 250 วัตต์ 24 โวลต์

การคำนวณหาขนาดของแผงโซล่าเซลล์

ใช้มอเตอร์ที่ขนาดกำลัง 250 วัตต์ 24 โวลต์ เวลาที่ใช้ 4 ชั่วโมงต่อวัน

$$P = \frac{W}{T}$$

ขนาดของแผง = ค่าการใช้พลังงานรวมทั้งหมดหารด้วย 4 ชั่วโมง (ปริมาณแสงอาทิตย์ที่น่าจะได้ใน 1 วัน)

แทนค่า $$P = \frac{250 \times 4}{5}$$

= 200 วัตต์

ดังนั้น ขนาดของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ คือ ขนาด 200 วัตต์ แต่ทางคณะผู้ทำต้องการเพียงแรงดันของแผงโซล่าเซลล์ จึงได้เลือกใช้ขนาด 17.5 โวลต์ 40 วัตต์ จำนวณ 2 แผง นำมาต่ออนุกรมเพื่อเพิ่มแรงดัน

การคำนวณหาแบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่จะทำหน้าที่สำรองไฟฟ้า ในเวลาที่แผงโซล่าเซลล์ไม่สามารถรับแสงได้ (เวลากลางคืน) สูตรคำนวน ขนาดกระแส/ชั่วโมง ของแบตเตอรี่สามารถคำนวณได้จาก

Ah = ค่าพลังงานรวม / [แรงดันไฟฟ้าแบตเตอรี่ X 0.6 (% การใช้งานกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในแบตเตอรี่) X 0.85 (ประสิทธิภาพของ Inverter)]

$$Ah = \frac{250 \times 4}{12\text{v} \times 0.6 \times 0.85}$$

= 42.5 แอมป์

ดังนั้น จึงเลือกใช้แบตเตอรี่ 12 โวลต์ 45 แอมป์ 2 ลูก นำมาต่ออนุกรม เพื่อเพิ่มแรงดันให้สามารถจ่ายแรงดันให้กับมอเตอร์ขนาด 24 โวลต์ 250 วัตต์ ที่เลือกไว้แล้วข้างต้น

การคำนวณหาเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า (Charge Controller)

เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าจะทำหน้าที่ควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าลงในแบตเตอรี่ ซึ่งต้องมีขนาดเท่ากับหรือมากกว่า กระแสไฟฟ้า (Amp) ที่ไหลผ่านจากแผงโซล่าเซลล์สู่แบตเตอรี่

จากสูตร $P = IE$

$$I = \frac{P}{E}$$

$$I = \frac{80}{17.5}$$

$$I = 4.57 \text{ แอมป์}$$

ดังนั้น ขนาดของเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้า คือ 4.57 แอมป์ แต่คณะผู้จัดทำได้เลือกเครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าที่ขนาด 10 แอมป์ เพราะหาซื้อได้ง่ายกว่า

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ประวัตินักวิจัยและผู้ร่วมวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ประวัตินักวิจัยและผู้ร่วมวิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ข้อมูลเบื้องต้น

ชื่อ (ไทย) นายวีรยุทธ สกุล เติมสวัสดิ์

ชื่อ (อังกฤษ) Veerayuth สกุล Termsawad

เกิดวันที่ 15 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2518 สัญชาติ ไทย ศาสนา พุทธ

ที่อยู่ปัจจุบัน 277/2 ถ.ริมคลองสมถวิล ต.ตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สังกัด/หน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่อยู่หน่วยงาน 80 ถ.นครสวรรค์ ต.ตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

2. ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	สาขา	มหาวิทยาลัย	ปีที่จบการศึกษา
ค.อ.บ.	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตขอนแก่น	2541
ค.อ.ม.	ไฟฟ้า	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2551

3. ประวัติการทำงาน

ช่วงปีที่ทำงาน	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
2541-2553	ครูอัตราจ้าง	วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม
2553-2568	อาจารย์	สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2561-ปัจจุบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4. ความเชี่ยวชาญ

1. ด้านการสอน
2. ระบบเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ
3. การออกแบบ และติดตั้งระบบไฟฟ้า

5. ผลงานวิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัย เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากลมระบายความร้อนเครื่องปรับอากาศ ทุนงบประมาณรายได้สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 2553
2. หัวหน้าโครงการวิจัย เครื่องทำน้ำอุ่นจากเครื่องปรับอากาศในบ้านพักอาศัย ทุนงบประมาณรายได้สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 2555
3. หัวหน้าโครงการวิจัย ในชั้นเรียน วิชาไฟฟ้าเบื้องต้น ทุนงบประมาณรายได้สำนักวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 2555

6. รางวัล

7. งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ

1. หัวหน้าโครงการ เครื่องผลิตน้ำร้อน 2 ระบบ ทุนวิจัยภายใน ปีงบประมาณ 2559

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ผู้ร่วมโครงการ

1. ข้อมูลเบื้องต้น

ชื่อ (ไทย) จักรกฤษณ์ สกุล จันทรศิริ

ชื่อ (อังกฤษ) Jakkit สกุล Junsiri

เกิดวันที่ 15 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2513 สัญชาติ ไทย ศาสนา พุทธ

ที่อยู่ปัจจุบัน 1112/180 ถ.ผังเมืองบัญชา ต.ตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า

สังกัด/หน่วยงาน สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ที่อยู่หน่วยงาน สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

80 ถนนนครสวรรค์ ต.ตลาด อ.เมือง จ.มหาสารคาม 44000

2. ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	สาขา	มหาวิทยาลัย	ปีที่จบการศึกษา
วศ.บ.	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2535
วศ.ม.	วิศวกรรมการวัดคุม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2551
ปร.ด.	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	2556

3. ประวัติการทำงาน

ช่วงปีที่ทำงาน	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
2541-2552	อาจารย์	สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
2553-2558	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ช่วงปีที่ทำงาน	ตำแหน่ง	หน่วยงาน
2558-ปัจจุบัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

4. ความเชี่ยวชาญ

1.ไฟฟ้า

2.พลังงานทดแทน

5. ผลงานวิจัย

1. หัวหน้าโครงการ ภาวการณ์ใช้พลังงานไฟฟ้าภายในสถาบันราชภัฏมหาสารคาม 2545
2. หัวหน้าโครงการ การประยุกต์ใช้งานพลังงานแสงอาทิตย์กับไฟส่องพื้นที่ 2546
3. หัวหน้าโครงการ ชุดต้นแบบเครื่องอัดเมล็ดสบู่ดำเพื่อใช้ในครัวเรือน 2549
4. หัวหน้าโครงการ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าพลังงานลมชนิดโรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กยื่น โดยใช้กังหันลมแบบ ทรงกระบอก 2553
5. หัวหน้าโครงการ ความแม่นยำของแบบจำลองแสงสว่างจากท้องฟ้าเพื่อการ ประยุกต์ใช้งานแสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประเทศ ไทย 2558

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

6. รางวัล

7. งานวิจัยที่กำลังดำเนินการ

1.หัวหน้าโครงการ การพัฒนาระบบผลิตกำลังไฟฟ้าโดยใช้เครื่องยนต์สเตอริ่ง ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน 2560

หัวข้อวิจัย การพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา

ผู้ดำเนินการวิจัย วีรยุทธ เติมสวัสดิ์

จักรกฤษณ์ จันทรศิริ

หน่วยงาน สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

ปี พ.ศ. 2562

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา มีลักษณะเป็นรถ 3 ล้อ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน สามารถเพิ่มหรือลดความเร็วได้โดยการใช้มือบิดคันเร่ง ในการประจุแบตเตอรี่มีสองระบบคือ ประจุจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ และการประจุจากเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยชุดคอนโทรล ทดลองหาประสิทธิภาพของรถไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา โดยทำการทดลองความเร็วบน ถนนลาดยาง ถนนคอนกรีต และถนนลูกรัง ใช้ระยะทาง 1,000 เมตร และทดลองหาระยะทางของรถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาต่อการประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของรถ พบว่า ถนนลาดยางรถสามารถวิ่งได้ความเร็วเฉลี่ย 24.28 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และแรงดันเฉลี่ยเท่ากับ 22.83 โวลต์ ถนนคอนกรีตรถสามารถวิ่งได้ความเร็วเฉลี่ย 23.13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และแรงดันเฉลี่ยเท่ากับ 22.15 โวลต์ ถนนลูกรังรถสามารถวิ่งได้ความเร็วเฉลี่ย 19.66 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และแรงดันเฉลี่ยเท่ากับ 21.61 โวลต์ ระยะทางที่รถสามารถวิ่งได้ต่อการประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้งสามารถวิ่งได้เฉลี่ย 20.05 กิโลเมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

Research Title	The development of electric tricycle for the disabled
leg.**Researcher**	Veerayuth Termsawad
	Jakkit Junsiri
Organization	Electrical Technology program, Faculty of Engineering
	Rajabhat Maha Sarakham University
Year	2019

ABSTRACT

This project aims to develop the electric tricycle for the disabled leg. It is a three-wheel vehicle used to drive a DC motor and so on. You can increase or decrease the speed using the hand throttle twist. To charge the battery, there are two systems. 220 Volt AC charging and solar charging. Which is controlled by sets of controls. Experiments to determine the effectiveness of mass transit for the disabled to the leg. The experiment speeds on paved roads, concrete and gravel road distance of 1000 meters and distance experimental electric tricycle for the disabled leg on one battery charge.

Test results showed that the performance of paved roads, the car can run for an average speed of 24.28 kilometers per hour. And a voltage equal to 22.83 volt meter concrete road, the car can run for an average speed of 23.13 kilometers per hour. And voltage of 22.15 volts average gravel road car can run at an average speed 19.66 mph. And voltage of 21.61 volts average distance the car can run on a single battery charge can run an average of 20.05 kilometers.

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม ซึ่งสำเร็จได้ด้วยดี เนื่องด้วยความร่วมมือของหลายฝ่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า ภาคปกติปีการศึกษา 2561 อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า เจ้าหน้าที่ นักวิชาการคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือในการช่วยเก็บข้อมูลเพื่อประกอบการทำวิจัยฉบับนี้อย่างเต็มที่ สำหรับการทำงานวิจัยฉบับนี้ ได้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ร่วมงานวิจัยทุกคนไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้วิจัย

2562

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ช
สารบัญตาราง	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและสิ่งที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาวว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฏีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า	3
2.1.1 ความหมายของมอเตอร์	3
2.1.2 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า	3
2.1.3 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า	3
2.1.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	4
2.1.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส	10
2.1.6 มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด 2 เฟส	11
2.1.7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส	11
2.1.8 การเริ่มเดินและการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	11
2.1.9 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส	13
2.1.10 การเริ่มเดินโดยตรงที่ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเต็มพิกัด	13
2.1.11 การเริ่มเดินด้วยวิธีลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สเตเตอร์	13
2.1.12 การควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่จ่ายเข้ามอเตอร์	18
2.1.13 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Motor)	24

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)	45
2.2.1 การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	45
2.2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน	45
2.2.3 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์	47
2.2.4 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์	48
2.2.5 ขั้นตอนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์	48
2.2.6 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกรวม	49
2.2.7 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน	49
2.2.8 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์	49
2.2.9 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์	49
2.2.10 การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์	51
2.2.11 การต่อแผงโซล่าเซลล์หลายแผงเข้าด้วยกัน	52
2.2.12 คอนโทรลชาร์จโซล่าเซลล์ หรือโซล่าชาร์จเจอร์	54
2.3 แบตเตอรี่ (Battery)	56
2.3.1 ลักษณะของแบตเตอรี่	57
2.3.2 ปัจจุบันนิยมใช้งาน ทั้งแบตเตอรี่แบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ	57
2.3.3 แบตเตอรี่ปฐมภูมิ	58
2.3.4 แบตเตอรี่ทุติยภูมิ	60
2.3.5 การดูแลรักษาแบตเตอรี่	61
2.3.6 ประเภทของแบตเตอรี่	61
2.3.7 พิษภัยและอันตรายจากแบตเตอรี่	62
2.3.8 การป้องกันปัญหามลพิษจากแบตเตอรี่	62
2.4 โซ่ส่งกำลัง	63
2.4.1 ปฏิกิริยาจากหลายเหลี่ยมโซ่	63
2.4.2 ชนิดของโซ่ตามประเภทการใช้งานของโซ่	64
2.4.3 ล้อโซ่	66

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.4 หน้าที่ของโซ่ส่งกำลัง 67
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 68

บทที่ 3 วิธีการการดำเนินงานวิจัย 70
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ 70
3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย 71
3.2.1 ขั้นตอนการสร้าง 71
3.2.2 วิธีการทดลอง 76
3.2.3 วิธีการใช้งาน 76

บทที่ 4 ผลการวิจัย 78
4.1 ผลการวิจัย 78
4.1.1 ทดลองหาความเร็วของรถบนถนนแต่ละประเภท 78
4.1.2 การทดลองหาระยะทางที่รถสามารถวิ่งได้ต่อการประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง 82

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 83
5.1 สรุปผลการวิจัย 83
5.2 ปัญหาและอุปสรรค 83
5.3 ข้อเสนอแนะ 83

บรรณานุกรม 84
ภาคผนวก 85
ภาคผนวก การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์ 85

ประวัติย่อผู้เขียน 89

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 โครงมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 5
ภาพที่ 2.2 แกนเหล็กสเตเตอร์และขดลวดสเตเตอร์ 6
ภาพที่ 2.3 กลุ่มของขดลวด 3 เฟสต่อหนึ่งขั้ว 7
ภาพที่ 2.4 โรเตอร์แบบกรงกระรอก 8
ภาพที่ 2.5 โรเตอร์แบบขดลวดพันหรือแบบวาวนด์ 8
ภาพที่ 2.6 ฝาครอบ 9
ภาพที่ 2.7 สลักเกลียว 10
ภาพที่ 2.8 การเริ่มเดินโดยต่อเข้ากับบางส่วนของขดลวด 14
ภาพที่ 2.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความเร็วรอบและแรงบิดกับความเร็วรอบ 14
ภาพที่ 2.10 การเริ่มเดินมอเตอร์โดยใช้ความต้านทานอนุกรมกับมอเตอร์ 16
ภาพที่ 2.11 การเริ่มเดินมอเตอร์โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต 17
ภาพที่ 2.12 การเริ่มเดินแบบสตาร์–เดลตา 18
ภาพที่ 2.13 การเชื่อมโยงแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงที่ปรับค่าได้ 19
ภาพที่ 2.14 อินเวอร์เตอร์แบบ PWM ที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม 20
ภาพที่ 2.15 การมอดูเลตความกว้างของพัลส์เพื่อกำหนดรูปแบบการสวิตช์อินเวอร์เตอร์แบบ PWM 21
ภาพที่ 2.16 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ CSI 23
ภาพที่ 2.17 โครงมอเตอร์ซึ่งประกอบด้วย ขั้วสนามแม่เหล็ก 4 ขั้ว 25
ภาพที่ 2.18 แสดงเปลือกหรือโครง 26
ภาพที่ 2.19 แสดงขั้วแม่เหล็ก 27
ภาพที่ 2.20 อาร์เมเจอร์และขดลวดที่พันอยู่ในร่องเรียบร้อย 28
ภาพที่ 2.21 ลักษณะของคอมมิวเตเตอร์ 29
ภาพที่ 2.22 แสดงคอมมิวเตเตอร์ 30
ภาพที่ 2.23 แท่งทองแดงที่ตัดเพื่อประกอบเป็นร่องเซกเม้นท์ของคอมมิวเตเตอร์ 31
ภาพที่ 2.24 แสดงแปรงถ่านและซองแปรงถ่าน 32
ภาพที่ 2.25 รูปตัดเห็นส่วนกลมของฝาครอบซึ่งมีช่องกลางสำหรับสอดแบริ่งรองรับเพลา 33

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 2.26 รูปด้านข้างของฝาครอบที่เห็นปลายเพลาของอาร์เมเจอร์และปลอกหรือแบริ่งติดกับแหวนน้ำมัน 34
ภาพที่ 2.27 ขดลวดสนามแม่เหล็ก 35
ภาพที่ 2.28 แสดงขดลวดอาร์เมเจอร์ 35
ภาพที่ 2.29 แสดงรูปตัดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 36
ภาพที่ 2.30 แสดงส่วนต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้งหมด 37
ภาพที่ 2.31 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง 38
ภาพที่ 2.32 การเปรียบเทียบพฤติการณ์ของมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 39
ภาพที่ 2.33 การต่อวงจรของทั้งสองแบบ 40
ภาพที่ 2.34 การพันแบบแลพ วินดิ้ง 42
ภาพที่ 2.35 การพันแบบแลพ วินดิ้ง ด้วยขดลวดหลายๆเส้น 43
ภาพที่ 2.36 การพันแบบเวฟ วินดิ้ง ที่เสร็จสมบูรณ์ 44
ภาพที่ 2.37 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว 46
ภาพที่ 2.38 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน 46
ภาพที่ 2.39 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ 47
ภาพที่ 2.40 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์ 48
ภาพที่ 2.41 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ 50
ภาพที่ 2.42 การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรม 53
ภาพที่ 2.43 การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบขนาน 54
ภาพที่ 2.44 แสดงระบบไฟของคอนโทรลชาร์จเจอร์ 55
ภาพที่ 2.45 แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 56
ภาพที่ 2.46 โซ่และเฟืองโซ่ 64
ภาพที่ 2.47 โซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูช 65
ภาพที่ 2.48 โซ่โบลต์ 65
ภาพที่ 2.49 โซ่ฟัน 66
ภาพที่ 2.50 การจัดให้โซ่ส่งกำลังได้ถูกต้อง 67
ภาพที่ 3.1 ใส่สเตอร์ 71

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 3.2 เชื่อมที่วางแบตเตอรี่ 71
ภาพที่ 3.3 เชื่อมฐานและวางมอเตอร์ 72
ภาพที่ 3.4 ใส่ชุดเซลล์แสงอาทิตย์ 72
ภาพที่ 3.5 ใส่คอนโทรลชาร์จเจอร์ 73
ภาพที่ 3.6 ใส่ล้อเสริมไว้ใช้ภายในบ้าน 73
ภาพที่ 3.7 ตัดคอรถไว้ถอด และนำไปใช้ในบ้าน 74
ภาพที่ 3.8 ใส่ขาตั้งล้อหน้า 74
ภาพที่ 3.9 ถอดชิ้นส่วนและอุปกรณ์ 75
ภาพที่ 3.10 ตัดซี่ล้อนำไปขึ้นใหม่ 75
ภาพที่ 3.11 รถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาแบบสมบูรณ์ 76
ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบรถบนถนนทั้งสามประเภท 81

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองหาความเร็วบนถนนลาดยาง 78
ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองหาความเร็วบนถนนคอนกรีต 79
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองหาความเร็วบนถนนลูกรัง 80
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองหาระยะทางของการประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง 82

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและสิ่งที่มาของปัญหา

คนพิการ หมายความว่า บุคคลซึ่งมีข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันหรือเข้าไปมีส่วนร่วมทางสังคม เนื่องจากมีความบกพร่องทางการเห็น การได้ยิน การเคลื่อนไหว การสื่อสาร จิตใจ อารมณ์ พฤติกรรม สติปัญญาและการเรียนรู้หรือความบกพร่องอื่นใด ประกอบกับมีอุปสรรคในด้านต่างๆ และมีความจำเป็นเป็นพิเศษที่จะต้องได้รับความช่วยเหลือด้านใดด้านหนึ่ง เพื่อให้สามารถปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันหรือเข้าไปมีส่วนร่วมทางสังคมได้อย่างบุคคลทั่วไปได้

ปัญหาของผู้พิการทางขาที่พบเห็นมากที่สุด คือ การเดินทางซึ่งต้องอาศัยเครื่องมือช่วยในการดำเนินชีวิต ไม่ว่าจะเป็นไม้ค้ำ รถเข็นคนพิการ รถสามล้อคนพิการทางขาแบบมีคันโยก และแบบไม่มีคันโยก ในการเดินทางของคนพิการทางขาเมื่อต้องใช้รถสามล้อคนพิการทางขาแบบมีคันโยก และรถเข็นคนพิการ ซึ่งจะต้องอาศัยกำลังงานจาก แขนทั้ง 2 ข้าง และกำลังจากบุคคลในการช่วยเข็นในการเคลื่อนที่ ซึ่งจะก่อให้เกิดความเมื่อยล้าเจ็บปวดแขน และคนเข็นได้ จึงทำให้เกิดความไม่สะดวกเมื่อเวลาผู้พิการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ซึ่งทำให้ผู้วิจัยมองเห็นถึงความสำคัญในจุดนี้จึงเกิดแนวคิดที่จะปรับปรุงและออกแบบรถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา เพื่อใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตได้สะดวกสบายยิ่งขึ้น ซึ่งในการพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาในครั้งนี้ จะเน้นการสร้างรถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาที่ผู้พิการทางขาสามารถใช้ได้โดยการสร้างรถให้มีลักษณะที่มี 3 ล้อสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานเสริม และพลังงานไฟฟ้าจากการประจุแบตเตอรี่สามารถถอดชิ้นส่วนของรถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาได้เพื่อที่จะนำเข้าไปใช้งานภายในบ้าน ทำผู้พิการทางขาสามารถช่วยตัวเองในการทำกิจกรรม และประกอบอาชีพได้สะดวกสบายมากขึ้น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความคิดในการพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา เพื่อที่จะทำให้คนพิการทางขาลดภาระของการใช้แขนในการโยกคันโยกและคนเข็นได้ สามารถควบคุมการใช้งานด้วยประจุไฟฟ้าจากแบตเตอรี่และพลังงานแสงอาทิตย์จากแพงโซล่าเซลล์ คนพิการทางขาสามารถนำรถไปใช้งานจริงได้ในชีวิตประจำวัน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าสำหรับคนพิการทางขา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 รถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา มีความกว้างของรถ 1 เมตร ความยาว 1.80 เมตร และความสูง 1.75 เมตร

1.3.2 การบังคับเลี้ยวสามารถเลี้ยวซ้าย – ขวาได้โดยใช้มือจับบังคับ (แฮนด์รถ)

1.3.3 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ ขนาด 250 วัตต์ เป็นต้นกำลัง

1.3.4 แบตเตอรี่ 12 โวลต์ ขนาด 45 แอมป์ 2 ลูก เป็นแหล่งพลังงาน

1.3.5 ขนาดของล้อมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 เซ็นติเมตร

1.3.6 แผงโซล่าเซลล์ขนาด 40 วัตต์ 18 โวลต์ เป็นแหล่งพลังงานเสริม

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.4.1 คนพิการทางขา หมายถึง บุคคลซึ่งมีข้อจำกัดในการปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวัน เนื่องจากมีความบกพร่องทางการเคลื่อนไหว การเดิน

1.4.2 รถสามล้อไฟฟ้า หมายถึง รถสามล้อที่ใช้สำหรับคนพิการทางขาที่ไม่สามารถเดินได้ และนำไปปรับแต่งเป็นรถสามล้อที่ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ช่วยขับเคลื่อน

1.4.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง หมายถึงเครื่องกลที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงเป็นพลังงานกลในรูปแบบการหมุน

1.4.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระสลับ หมายถึงเครื่องกลที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับเป็นพลังงานกลในรูปแบบการหมุน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 พัฒนารถคนพิการทางขาที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

1.5.2 ช่วยลดภาระของแขนทั้งข้างข้างของคนพิการทางขาที่ใช้เป็นตัวขับเคลื่อนรถ

1.5.3 คนพิการทางขานำไปใช้ในการประกอบอาชีพได้สะดวกสบายยิ่งขึ้น

บทที่ 2
แนวคิด ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้า

2.1.1 ความหมายของมอเตอร์ (MOTOR)

มอเตอร์ไฟฟ้า หมายถึง เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ชนิดหนึ่งที่มีเปลี่ยนแปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล พลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานกลมีทั้งพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับและพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง

2.1.2 การทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้า

การทำงานปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าส่วนใหญ่เกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กในตัวมอเตอร์ และสนามแม่เหล็กที่เกิดจากกระแสในขดลวดทำให้เกิดแรงดูดและแรงผลักของสนามแม่เหล็กทั้งสอง ในการใช้งานตัวอย่างเช่น ในอุตสาหกรรมการขนส่งใช้มอเตอร์ฉุดลาก เป็นต้น นอกจากนั้นแล้ว มอเตอร์ไฟฟ้ายังสามารถทำงานได้ถึงสองแบบ ได้แก่ การสร้างพลังงานกล และ การผลิตพลังงานไฟฟ้าในขณะเบรกมอเตอร์ไฟฟ้าถูกนำไปใช้งานที่หลากหลาย เช่น พัดลมอุตสาหกรรม เครื่องเป่า ปั๊ม เครื่องมือเครื่องใช้ในครัวเรือน และดิสก์ไดรฟ์ มอเตอร์ไฟฟ้าสามารถขับเคลื่อนโดยแหล่งจ่ายของไฟกระแสตรงหรือ (DC) เช่น จากแบตเตอรี่ยานยนต์หรือวงจรเรียงกระแส หรือจากแหล่งจ่ายไฟกระแสสลับหรือ (AC) เช่น จากการบ้าน อินเวอร์เตอร์ หรือ เครื่องปั่นไฟ มอเตอร์ขนาดเล็กอาจจะพบในนาฬิกาไฟฟ้า มอเตอร์ทั่วไปที่มีขนาดและคุณลักษณะมาตรฐานสูงจะให้พลังงานกลที่สะดวกสำหรับใช้ในอุตสาหกรรม มอเตอร์ไฟฟ้าที่ใหญ่ที่สุดใช้สำหรับการใช้งานลากจูงเรือ และ การบีบอัดท่อส่งน้ำมันและปั๊มสูบจัดเก็บน้ำมันซึ่งมีกำลังถึง 100 เมกะวัตต์ มอเตอร์ไฟฟ้าอาจจำแนกตามประเภทของแหล่งที่มาของพลังงานไฟฟ้าหรือตามโครงสร้างภายในหรือตามการใช้งานหรือตามการเคลื่อนไหวของเอาต์พุตและอื่นๆอุปกรณ์เช่นขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าและลำโพงที่แปลงกระแสไฟฟ้าให้เป็นการเคลื่อนไหว แต่ไม่ได้สร้างพลังงานกลที่ใช้งานได้ จะเรียกถูกว่า actuator และ transducer ตามลำดับ คำว่ามอเตอร์ไฟฟ้านั้น ต้องใช้สร้างแรงเชิงเส้น(linear force) หรือแรงบิด(torque) หรือเรียกอีกอย่างว่า หมุน (rotary) เท่านั้น

2.1.3 ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าแบ่งออกตามการใช้ของกระแสไฟฟ้าได้ 2 ชนิดดังนี้

1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating Current Motor) หรือเรียกว่าเอ.ซี มอเตอร์ (A.C. MOTOR) การแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้าสลับแบ่งออกได้ 3 ชนิดดังนี้

1.1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับมีชนิด 1 เฟส หรือเรียกว่า ซิงเกิลเฟสมอเตอร์ (A.C. Sing Phase) สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split-Phase motor) คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor motor)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion-type motor) ยูนิเวอร์แวซลมอเตอร์ (Universal motor) เช็ดเดดโพล มอเตอร์ (Shaded-pole motor)

1.2) มอเตอร์ไฟฟ้าสลับมีชนิด 2 เฟส หรือที่เรียกว่าทูเฟสมอเตอร์ (A.C.Two phas Motor)

1.3) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส หรือเรียกว่า ทีเฟสมอเตอร์ (A.C. Three phase Motor)

2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

2.1) มอเตอร์แบบอนุกรมหรือเรียกว่าซีรีส์มอเตอร์ (Series Motor)

2.2) มอเตอร์แบบอนุขนานหรือเรียกว่าชันท์มอเตอร์ (Shunt Motor)

2.3) มอเตอร์ไฟฟ้าแบบผสมหรือเรียกว่าคอมเปาวด์มอเตอร์ (Compound Motor)

2.1.4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ หมายถึง มอเตอร์ที่ใช้กับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าคือขดลวดในสเตเตอร์และส่วนที่ทำหน้าที่ให้พลังงานกล คือ ตัวหมุนหรือโรเตอร์ ซึ่งเมื่อขดลวดในสเตเตอร์ได้รับพลังงานไฟฟ้าก็จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นมาในตัวที่อยู่กับที่หรือสเตเตอร์ซึ่งสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นนี้จะมีการเคลื่อนที่หรือหมุนไปรอบ ๆ สเตเตอร์เนื่องจากการต่างเฟสของกระแสไฟฟ้าในขดลวดและการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า ในขณะที่สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ไปสนามแม่เหล็กจากขั้วเหนือก็จะพุ่งเข้าหาขั้วใต้ ซึ่งจะไปตัดกับตัวนำที่เป็นวงจรปิดหรือขดลวดกรงกระรอกของตัวหมุนหรือโรเตอร์ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดของโรเตอร์ ซึ่งสนามแม่เหล็กของโรเตอร์นี้จะเคลื่อนที่ตามทิศทางการเคลื่อนที่ของสนามแม่เหล็กที่สเตเตอร์ก็จะทำให้โรเตอร์ของมอเตอร์เกิดจะพลังงานกลสามารถนำไปขับภาระที่ต้องการหมุนได้

1) ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ มอเตอร์อะซิงโครนัสและมอเตอร์ซิงโครนัส ซึ่งจะมีขนาดตั้งแต่เล็กๆ ไปจนถึงขนาดหลายร้อยแรงม้า มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำมีทั้งที่เป็นมอเตอร์ชนิด 1 เฟส และชนิดที่เป็นมอเตอร์ 3 เฟส มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำนั้นส่วนมากแล้วจะหมุนด้วยความเร็วคงที่แต่ก็มีบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วได้ เช่น มอเตอร์สลิปริงหรือมอเตอร์ชนิดขดลวดพัน ซึ่งจะเป็นมอเตอร์ชนิด 3 เฟส มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิดเหนี่ยวนำเป็นเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลนี้ โรเตอร์ไม่ได้รับพลังงานไฟฟ้าโดยตรงแต่จะได้จากการเหนี่ยวนำ ดังนั้นจึงเรียกว่ามอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1) มอเตอร์ชนิดกรงกระรอก ซึ่งมีทั้งที่เป็นมอเตอร์ 1 เฟส และชนิดที่เป็น 3 เฟส

1.2) มอเตอร์ชนิดขดลวดพันหรือชนิดวาวนด์หรือมอเตอร์สลิปริง ซึ่งจะเป็นมอเตอร์ชนิด 3 เฟส

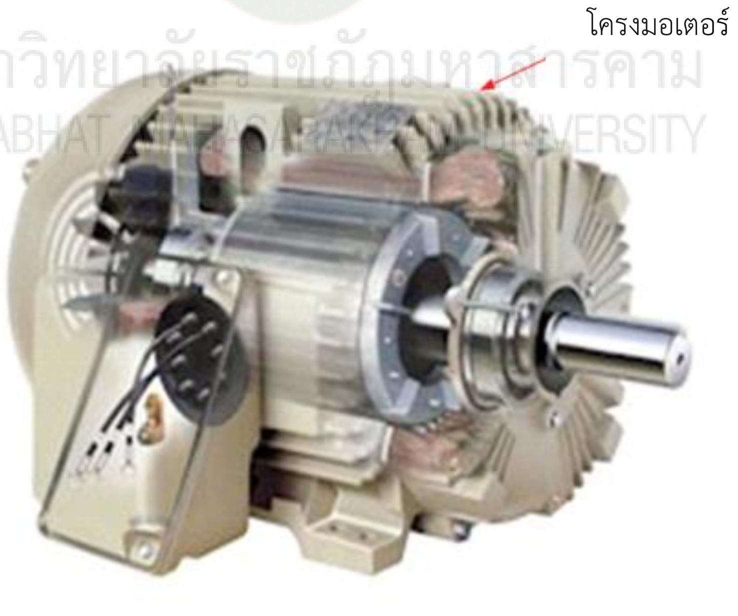
โดยทั่วไปมอเตอร์ทุกประเภทจะมีส่วนประกอบหลัก หรือส่วนประกอบเบื้องต้นคล้ายกันคือ สเตเตอร์หรือตัวที่อยู่กับที่ และโรเตอร์หรือตัวหมุน แต่จะแตกต่างกันในเรื่องของรายละเอียดของส่วนประกอบปลีกย่อยอื่นๆ

2) ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.1) โครงมอเตอร์ (Frame or Yoke)

จะทำด้วยเหล็กหล่อทรงกระบอกกลวง ฐานส่วนล่างจะเป็นขาตั้งมีกล่องสำหรับต่อสายไฟอยู่ด้านบนหรือด้านข้าง โครงจะทำหน้าที่ยึดแกนเหล็กสเตเตอร์ให้แน่นอยู่กับที่ผิวด้านนอกของโครงมอเตอร์จะออกแบบให้มีลักษณะเป็นครีบเพื่อช่วยในการระบายความร้อน ในกรณีที่เป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก ๆ โครงจะทำด้วยเหล็กหล่อแต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดใหญ่โครงจะทำด้วยเหล็กหล่อเหนียวซึ่งจะทำให้มอเตอร์มีขนาดเล็กกะทัดรัดมากขึ้นแต่ถ้าใช้เหล็กหล่อก็จะให้มีขาดใหญ่นำหนักมาก

นอกจากนี้แล้วโครงของมอเตอร์ยังอาจทำด้วยเหล็กหล่อเหนียวม้วนเป็นแผ่นม้วนรูปทรงกระบอกแล้วเชื่อมติดกันให้มีความแข็งแรง แสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2) สเตเตอร์หรือตัวอยู่กับที่ (Stator)

จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ซึ่งจะประกอบด้วยโครงของมอเตอร์แกนเหล็กสเตเตอร์และขดลวด

2.3) แกนเหล็กสเตเตอร์ (Stator Core)

ทำด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ มีลักษณะกลม เจาะตรงกลางและเซาะร่องภายในโดยรอบ แผ่นเหล็กชนิดนี้เรียกว่า ลามิเนท ซึ่งจะถูกเคลือบด้วย ซิลิกอน เหล็กแต่ละแผ่นจะมีความหนาประมาณ 0.025 นิ้ว หลังจากนั้นจึงนำไปอัดเข้าด้วยกันจนมีความหนาที่เหมาะสมเรียกว่าแกนเหล็กสเตเตอร์ แสดงดังภาพที่ 2.2

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.2 แกนเหล็กสเตเตอร์และขดลวดสเตเตอร์

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

2.4) ขดลวด (Stato Winding)

ซึ่งเป็นขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในสลอตของแกนเหล็กสเตเตอร์และเป็นลวดทองแดงที่เคลือบด้วยฉนวนไฟฟ้าอย่างดีเมื่อพันเสร็จแล้วจะอาบด้วยน้ำมันวานิชและอบให้แห้งอีกครั้งหนึ่งมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่สเตเตอร์มีขดลวดพันอยู่ 3 ชุด หรือ 3 เฟส ซึ่งแต่ละเฟสจะทำมุมห่างกัน 120 องศาไฟฟ้าและขดลวดแต่ละเฟสจะต่ออนุกรมกันเหมือนกับขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแต่ละเฟสมีกลุ่มของขดลวดอีก เช่น มอเตอร์ที่มี 36 สลอต (Slot) 4 ขั้วแม่เหล็ก (Pole) 3 เฟส (Phase) แสดงดังภาพที่ 2.3

ภาพที่ 2.3 กลุ่มของขดลวด 3 เฟสต่อหนึ่งขั้ว
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

2.5) โรเตอร์หรือตัวหมุน (Rotor)

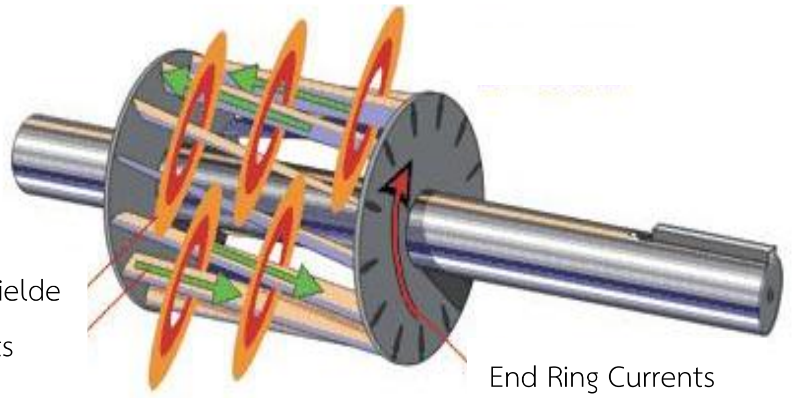
มอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำจะมีโรเตอร์ 2 ชนิด คือ โรเตอร์แบบกรงกระรอกและโรเตอร์แบบขดลวดพันหรือแบบวาวนด์ ซึ่งจะมีส่วนประกอบดังนี้คือแกนเหล็ก โรเตอร์ ขดลวดใบพัด และเพลา ดังจะได้กล่าวรายละเอียดต่อไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1) โรเตอร์แบบกรงกระรอก (Squirrel cage rotor)

จะประกอบด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ ที่เรียกว่าแผ่นเหล็กลามิเนท ซึ่งจะเป็นแผ่นเหล็กชนิดเดียวกันกับสเตเตอร์ มีลักษณะเป็นแผ่นกลม ๆ เซาะร่องผิวภายนอกเป็นร่องโดยรอบ ตรงกลางจะเจาะรูสำหรับสวมเพลา และจะเจาะรูรอบ ๆ รูตรงกลางที่สวมเพลาทั้งนี้เพื่อช่วยให้ในการระบายความร้อน และยังทำให้โรเตอร์มีน้ำหนักเบาลง เมื่อนำแผ่นเหล็กไปสวมเข้ากับแกนเพลาแล้วจะได้เป็นแกนเหล็กโรเตอร์ หลังจากนั้นก็จะใช้แท่งตัวทองแดงหรือแท่งอะลูมิเนียมหล่ออัดเข้าไปในร่องของแกนเหล็กสเตเตอร์เข้าไปวางทั้งสองด้านด้วย วงแหวนตัวนำทั้งนี้เพื่อให้ขดลวดครบวงจรไฟฟ้า หรืออาจจะนำแกนเหล็กสเตเตอร์เข้าไปในแบบพิมพ์แล้วก็ฉีดอะลูมิเนียมเหลวเข้าไปในร่อง ก็จะได้อะลูมิเนียมอัดแน่นอยู่ในร่องจนเต็มและจะได้ขดลวดตัวนำแบบกรงกระรอกฝังอยู่ในแกนเหล็ก

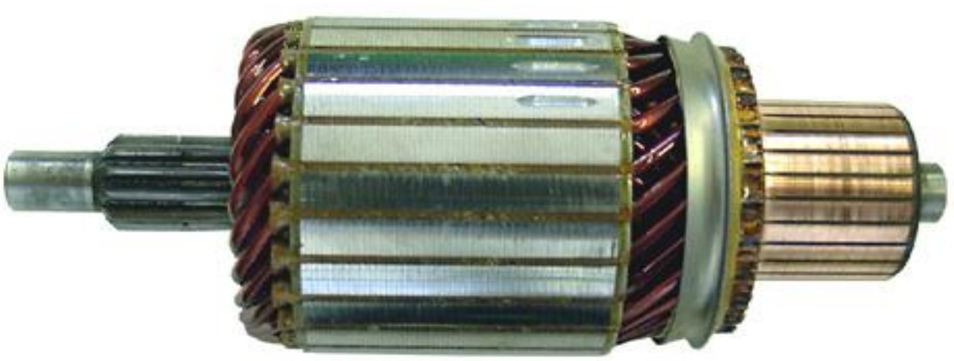
ขดลวดในโรเตอร์นั้นจะเป็นลักษณะของตัวนำที่เป็นแท่งซึ่งอาจใช้ทองแดง หรืออะลูมิเนียมประกอบเข้าด้วยกันเป็นลักษณะคล้ายกรงนกหรือกรงกระรอก แสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 โรเตอร์แบบกรงกระรอก
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

2) โรเตอร์แบบขดลวดพันหรือแบบวาวนด์ (Wound Rotor)

โรเตอร์ชนิดนี้จะมีส่วนประกอบคล้าย ๆ กับโรเตอร์แบบกรงกระรอก คือ มีแกนเหล็กที่เป็นแผ่นลามิเนทอัดเข้าด้วยกันแล้วสวมเข้าที่เพลา แต่จะแตกต่างกันตรงที่ขดลวดจะเป็นเส้นลวดชนิดที่หุ้มด้วยน้ำยาฉนวนอีนาเมลพันลงไปในร่องสล็อตของโรเตอร์จำนวน 3 ชุด ซึ่งจะมีลักษณะเหมือนกับที่พันบนสเตเตอร์ของมอเตอร์ 3 เฟส แล้วต่อวงจรขดลวดเป็นแบบสตาร์โดยนำปลายทั้ง 3 ที่เหลือต่อเข้ากับวงแหวนตัวนำทั้งนี้เพื่อให้สามารถต่อวงจรของขดลวดของโรเตอร์เข้ากับตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ที่อยู่ภายนอกตัวมอเตอร์เพื่อการปรับค่าความต้านทานของโรเตอร์ซึ่งจะสามารถควบคุมความเร็วของโรเตอร์ได้ แสดงดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 โรเตอร์แบบขดลวดพันหรือแบบวาวนด์
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.6) ฝาครอบ (End Plate)

ส่วนมากจะทำด้วยเหล็กหล่อ เจาะรูตรงกลางและคว้านเป็นรูกลมใหญ่เพื่ออัดแบริ่งหรือตลับลูกปืนรองรับแกนเพลาของโรเตอร์ แสดงดังภาพที่ 2.6

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.6 ฝาครอบ
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

2.7) สลักเกลียว (Bolt)

จะทำด้วยเหล็กเหนียวจะมีลักษณะเป็นเกลียวตลอด ถ้าเป็นมอเตอร์ 3 เฟส จะประกอบด้วยสลักเกลียว 8 ตัว ทำหน้าที่ยึดฝาครอบให้ติดกับโครง ถ้าเป็นมอเตอร์ 1 เฟสขนาดเล็ก เช่น มอเตอร์สปลิทเฟส จะเป็นสลักเกลียวยาวตลอดความยาวของตัวมอเตอร์ทำเกลียวเฉพาะด้านปลายและมีน็อตขันยึดดังนั้นจึงมีเพียง 4 ตัว แสดงดังภาพที่ 2.7

ภาพที่ 2.7 สลักเกลียว
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

2.1.5 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส (Single Phase Motor)

1) สปลิทเฟสมอเตอร์ (Split phase motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าสลับชนิดเฟสเดียวแบบสปลิทเฟสมอเตอร์มีขนาดแรงม้าขนาดตั้งแต่ 1/4 แรงม้า,1/3 แรงม้า,1/2 แรงม้า จะมีขนาดไม่เกิน 1 แรงม้าบางทีนิยมเรียกสปลิทเฟสมอเตอร์นี้ว่า อินดักชั่นมอเตอร์ (Induction motor) มอเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้งานมากในตู้เย็น เครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก เครื่องซักผ้า เป็นต้น

2) คาปาซิเตอร์มอเตอร์ (Capacitor Motor)

คาปาซิเตอร์เตอร์เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสที่มีลักษณะคล้ายสปลิทเฟสมอเตอร์มาก ต่างกันตรงที่มีคาปาซิสเตอร์เพิ่มขึ้นมาทำให้มอเตอร์แบบนี้มีคุณสมบัติพิเศษกว่าสปลิทเฟสมอเตอร์ คือมีแรงบิดขณะสตาร์ทสูงใช้กระแสขณะสตาร์ทน้อยมอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดตั้งแต่ 1/20 แรงม้า ถึง 10 แรงม้า มอเตอร์นี้นิยมใช้งานเกี่ยวกับ ปั๊มน้ำ เครื่องอัดลม ตู้แช่ตู้เย็น เป็นต้น

2.1) คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ (Capacitor start motor)

ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของคาปาซิสเตอร์สตาร์ทมอเตอร์เหมือนกับสปลิทเฟสแต่วงจรขดลวดสตาร์ทพันด้วยขดลวดใหญ่ขึ้นกว่าสปลิทเฟสและพันจานวนรอบมากขึ้นกว่าขดลวดชุดรันแล้วต่อตัวคาปาซิเตอร์ (ชนิดอิเล็กโทรไลต์) อนุกรมเข้าในวงจรขดลวดสตาร์ท มีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางตัดตัวคาปาซิสเตอร์และขดสตาร์ทออกจากวงจร

2.2) คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ (Capacitor run motor)

ลักษณะโครงสร้างทั่วไปของคาพาซิสเตอร์รันมอเตอร์เหมือนกับชนิดคาพาซิเตอร์สตาร์ท แต่ไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยง ตัวคาปาซิสเตอร์จะต่ออยู่ในวงจรตลอดเวลา ทำให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ดีขึ้น และโดยที่คาปาซิสเตอร์ต้องต่อถาวรอยู่ขณะทำงานดังนั้นคาปาซิเตอร์ประเภทน้ำมัน หรือกระดาษฉาบโลหะ

2.3) คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ (Capacitor start and run motor)

โครงสร้างของคาปาซิสเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์ชนิดนี้จะมีคาปาซิเตอร์ 2 ตัว คือคาปาซิสเตอร์สตาร์ทกับคาปาซิสเตอร์รัน คาปาซิสเตอร์สตาร์ทต่ออนุกรมอยู่กับสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางหรือเรียกว่าเซ็นติฟูกัลสวิตช์ส่วนคาปาซิสเตอร์รันจะต่ออยู่กับวงจรตลอดเวลา คาปาซิสเตอร์ทั้งสองจะต่อขนานกัน ซึ่งค่าของคาปาซิเตอร์ทั้งสองนั้นมีค่าแตกต่างกัน

3) รีพัลชั่นมอเตอร์ (Repulsion Motor)

เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดโรเตอร์ จะต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์และมีแปรงถ่านเป็นตัวต่อลัดวงจรจึงทำให้ปรับความเร็วและแรงบิดได้โดยการปรับตำแหน่งแปรงถ่าน สเตเตอร์ (Stator) จะมีขดลวดพันอยู่ในร่องเพียงชุดเดียวเหมือนกับขดรันของสปลิทเฟสมอเตอร์ เรียกว่า ขดลวดเมน (Main winding) ต่อกับแหล่งจ่ายไฟโดยตรง แรงบิดเริ่มหมุนสูง ความเร็วคงที่ มีขนาด 0.37-7.5 กิโลวัตต์ (10 แรงม้า) ใช้กับงาน ปั๊มคอมเพลสเซอร์ ปั๊มลม ปั๊มน้ำขนาดใหญ่

4) ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ (Universal Motor)

เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กมีขนาดกำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1/200 แรงม้าถึง 1/30 แรงม้า นำไปใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง และใช้ได้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 1 เฟส มอเตอร์ชนิดนี้มีคุณสมบัติที่โดดเด่น คือให้แรงบิดเริ่มหมุนสูง นำไปปรับความเร็วได้ทั้งปรับความเร็วได้ง่ายทั้งวงจรลดแรงดันและวงจรควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ นิยมนำไปใช้เป็นตัวขับเครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้าน เช่น เครื่องบดและผสมอาหาร มีดโกนหนวดไฟฟ้า เครื่องนวดไฟฟ้า มอเตอร์จักรเย็บผ้า สว่านไฟฟ้า เป็นต้น

5) เช็ดเด็ดโพลมอเตอร์ (Shaded Pole Motor)

เป็นมอเตอร์ขนาดเล็กที่สุดมีแรงบิดเริ่มหมุนต่ำมากนำไปใช้งานได้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็ก ๆเช่น ไดร์เป่าผม พัดลมขนาดเล็ก เป็นต้น

2.1.6 มอเตอร์ไฟฟ้าสลับชนิด 2 เฟสหรือเรียกว่าทูเฟสมอเตอร์ (A.C.Two phas Motor)

2.1.7 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับชนิด 3 เฟส หรือเรียกว่าทีเฟสมอเตอร์ (A.C. Three phase Motor) สามารถแบ่งออกตามโครงสร้างและหลักการทำงานของมอเตอร์ได้ 2 แบบ คือ

1.) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบอินดักชั่น (3 Phase Induction Motor)

2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส แบบซิงโครนัส (3 Phase Synchronous Motor)

2.1.8 การเริ่มเดินและการควบคุมความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เพื่อนำไปใช้งาน ที่มีขนาดต่างๆ กันทั้งมอเตอร์ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ จึงเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต้องออกแบบชุดควบคุมการเริ่มเดินให้มีความเหมาะสมกับขนาดของมอเตอร์ ทำให้เกิดความนุ่มนวลขณะเริ่มเดิน และการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ขนาดไม่เกิน 5.5 กิโลวัตต์ มักจะต่อเข้ากับสายโดยตรง ทั้งๆ ที่กระแสไฟฟ้าเริ่มเดินมากกว่ากระแสไฟฟ้าเต็มพิกัดหลายเท่า แต่กระแสไฟฟ้าดังกล่าวไม่สูงมากจนมีผลกระทบต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าตกของระบบไฟฟ้า การเริ่มเดินวิธีนี้จะช่วยให้มอเตอร์เร่งความเร็วถึงพิกัดได้เร็วกว่าและสามารถขับโหลดหนักๆ ขณะเริ่มเดินได้ ถ้าเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ที่มีขนาดใหญ่ จะต้องเริ่มเดินด้วยวิธีลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายเข้าขดลวดสเตเตอร์ เพื่อเป็นการลดกระแสไฟฟ้าขณะมอเตอร์เริ่มเดิน เช่น การเริ่มเดินมอเตอร์โดยต่อเข้ากับบางส่วนของขดลวด (Part Winding Starting) การเริ่มเดินโดยใช้ความต้านทานต่ออนุกรมกับมอเตอร์ (Primary Resistance Starting) การเริ่มเดินโดยใช้หม้อแปลงออโต (Auto Transformer Starting) และการเริ่มเดินแบบสตาร์ เดลตา (Star – Delta Starting)

สำหรับการเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำชนิด 3 เฟสที่มีโรเตอร์เป็นแบบพันขดลวดหรือมอเตอร์สลิปริงจะต้องใช้ความต้านทานภายนอก (External Resistance) ต่อเข้ากับวงจรของโรเตอร์เพื่อให้ได้แรงบิดขณะเริ่มเดินสูง และปรับแต่งความเร็วรอบของมอเตอร์ได้ในย่านที่ไม่กว้างมากนัก มอเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส ทั้งมอเตอร์เหนี่ยวนำ และซิงโครนัสมอเตอร์ มีหลักการควบคุมความเร็วเหมือนกัน โดยการควบคุมความเร็วซิงโครนัสให้ได้จึงจะสามารถควบคุมความเร็วรอบของโรเตอร์ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

จากสมการ $N_s = \frac{120f}{P}$ และ $N_r = (1-s)\,N_s$ หรือ $N_r = \frac{(1-s)120f}{P}$

RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อพิจารณาจากสมการ พบว่าการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส สามารถควบคุมความเร็วรอบได้ 3 กรณี คือ การเปลี่ยนแปลงจำนวนขั้วแม่เหล็ก การเปลี่ยนแปลงความถี่ที่จ่ายเข้ามอเตอร์ และการเปลี่ยนแปลงค่าสลิปการควบคุมความเร็วรอบโดยการเปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็กที่สเตเตอร์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือการเปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็กโดยใช้ขดลวดสเตเตอร์ชุดเดียว และการเปลี่ยนแปลงจำนวนขั้วแม่เหล็กโดยใช้ขดลวดสเตเตอร์หลายชุด

ส่วนการควบคุมความเร็วรอบโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่จ่ายเข้ามอเตอร์และการควบคุม สลิปที่ใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก จะควบคุมความเร็วรอบโดยการเชื่อมโยงแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงและเชื่อมโยงด้วยกระแสไฟฟ้ากระแสตรง โดยแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ อินเวอร์เตอร์แบบ PAM (Pulse Amplitude Modulation) อินเวอร์เตอร์แบบ PWM (Pulse Width Modulation) และอินเวอร์เตอร์แบบ CSI (Current Source Inverter)

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยใช้หลักการเชื่อมโยงของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้ากระแสตรง จะใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังในการควบคุมการปรับความถี่ที่จ่ายให้กับมอเตอร์และอินเวอร์เตอร์ที่นิยมใช้งานในปัจจุบันโดยทั่วไปจะเป็นแบบ PWM

2.1.9 การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส

การเริ่มเดินมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส เพื่อนำไปใช้งานนั้น จะต้องออกแบบให้ถูกต้องตามหลักวิศวกรรม มีความเหมาะสมกับขนาดของมอเตอร์ต่างๆ กัน เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาและผลกระทบขณะเริ่มเดิน โดยเฉพาะมอเตอร์เหนี่ยวนำขนาดใหญ่ ถ้าใช้วิธีการเริ่มเดินโดยตรงแรงเคลื่อนไฟฟ้าเต็มพิกัดจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตก กระแสไฟฟ้าเริ่มเดินสูง และสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า

2.1.10 การเริ่มเดินโดยตรงที่ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเต็มพิกัด

การเริ่มเดินด้วยวิธีนี้เป็นที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป ใช้กับมอเตอร์ที่มีขนาดเล็กไม่เกิน 5.5 kW ซึ่งเป็นโรเตอร์แบบกรงกระรอกธรรมดา แต่ถ้าเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำที่มีโรเตอร์แบบกรงกระรอกสองชั้นจะใช้กับขนาดไม่เกิน 11 กิโลวัตต์ การเริ่มเดินโดยตรงที่ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเต็มพิกัด จะมีกระแสไฟฟ้าไหล 5–7 เท่าของกระแสไฟฟ้าที่โหลดเต็มพิกัดและมีแรงบิด 1.5–2.5 เท่าของแรงบิดเมื่อโหลดเต็มพิกัด

2.1.11 การเริ่มเดินด้วยวิธีลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่สเตเตอร์

การเริ่มเดินด้วยวิธีนี้เพื่อต้องการลดกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มเดิน มี 4 วิธี คือ

1) การเริ่มเดินโดยต่อกับบางส่วนของขดลวด

2) การเริ่มเดินโดยใช้ความต้านทานต่ออนุกรมกับมอเตอร์

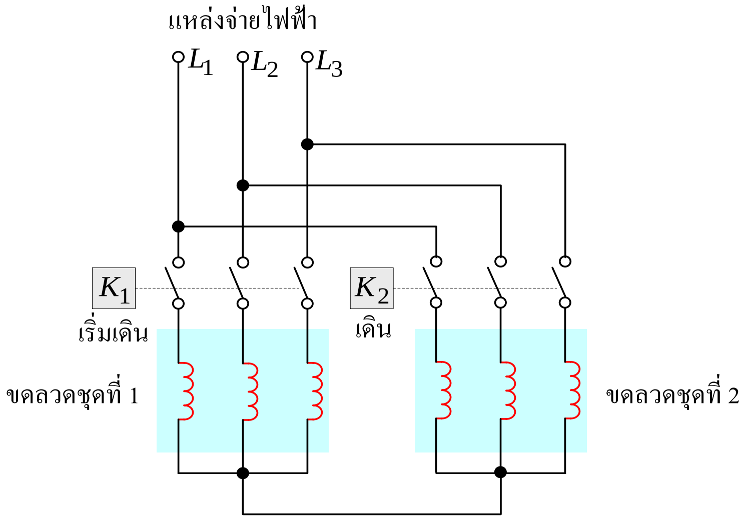
3 การเริ่มเดินโดยใช้หม้อแปลงแบบออโต

4) การเริ่มเดินแบบสตาร์–เดลตา

1.1) การเริ่มเดินโดยต่อกับบางส่วนของขดลวด (Part Winding Starting)

การเริ่มเดินด้วยวิธีนี้ ใช้กับมอเตอร์ที่มีขดลวดสเตเตอร์ 2 ชุด โดยมีปลายสาย 6 หรือ 12 ปลายสาย มีจำนวนรอบและขนาดลวดทองแดงเท่ากันและพันให้มีขั้วแม่เหล็กเท่ากันเพื่อให้เกิดความเร็วของสนามแม่เหล็กหมุนค่าเดียวกัน แสดงดังภาพที่ 2.8 การเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยวิธีนี้ทำได้โดยการจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับขดลวดสเตเตอร์ทั้ง 2 ชุด ไม่พร้อมกัน เริ่มต้นด้วยการป้อนแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับขดลวดสเตเตอร์ชุดแรกก่อน เมื่อมอเตอร์หมุนไปได้ชั่วระยะเวลาหนึ่งประมาณ 3–5 วินาที ให้ป้อนแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้กับขดลวดชุดที่ 2 ขนานเข้าไป

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

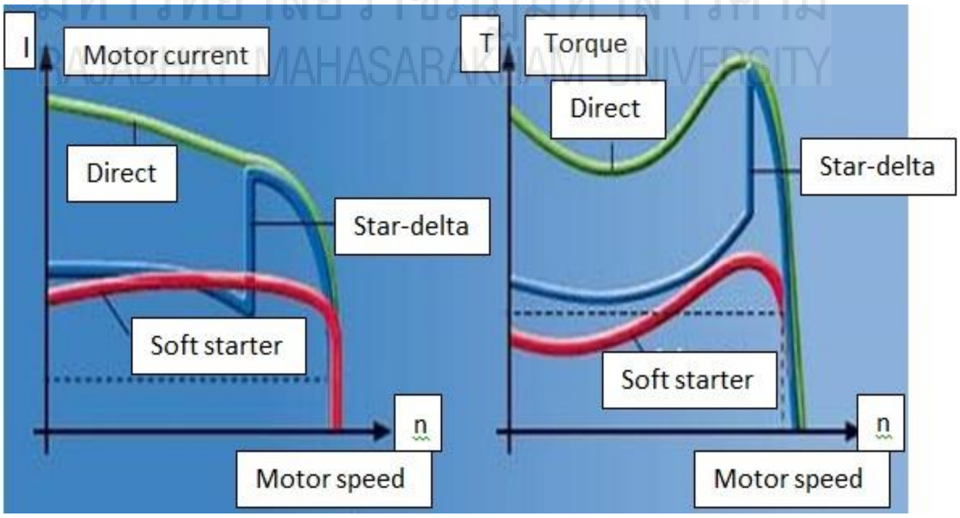


ภาพที่ 2.8 การเริ่มเดินโดยต่อเข้ากับบางส่วนของขดลวด

ที่มา (บรรพต วงศ์แสวง, 2552)

การเริ่มเดินวิธีนี้ สามารถลดกระแสไฟฟ้าขณะเริ่มเดินประมาณ 50 % ของกระแสไฟฟ้าเริ่มเดินเต็มพิกัด และทำให้แรงบิดเริ่มเดินลดลงเหลือประมาณ 50 % เช่นเดียวกัน นิยมใช้กับการเริ่มเดินมอเตอร์ที่ขับโหลดเบาๆ หรือไม่มีโหลด

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความเร็วรอบและแรงบิดกับความเร็วรอบ

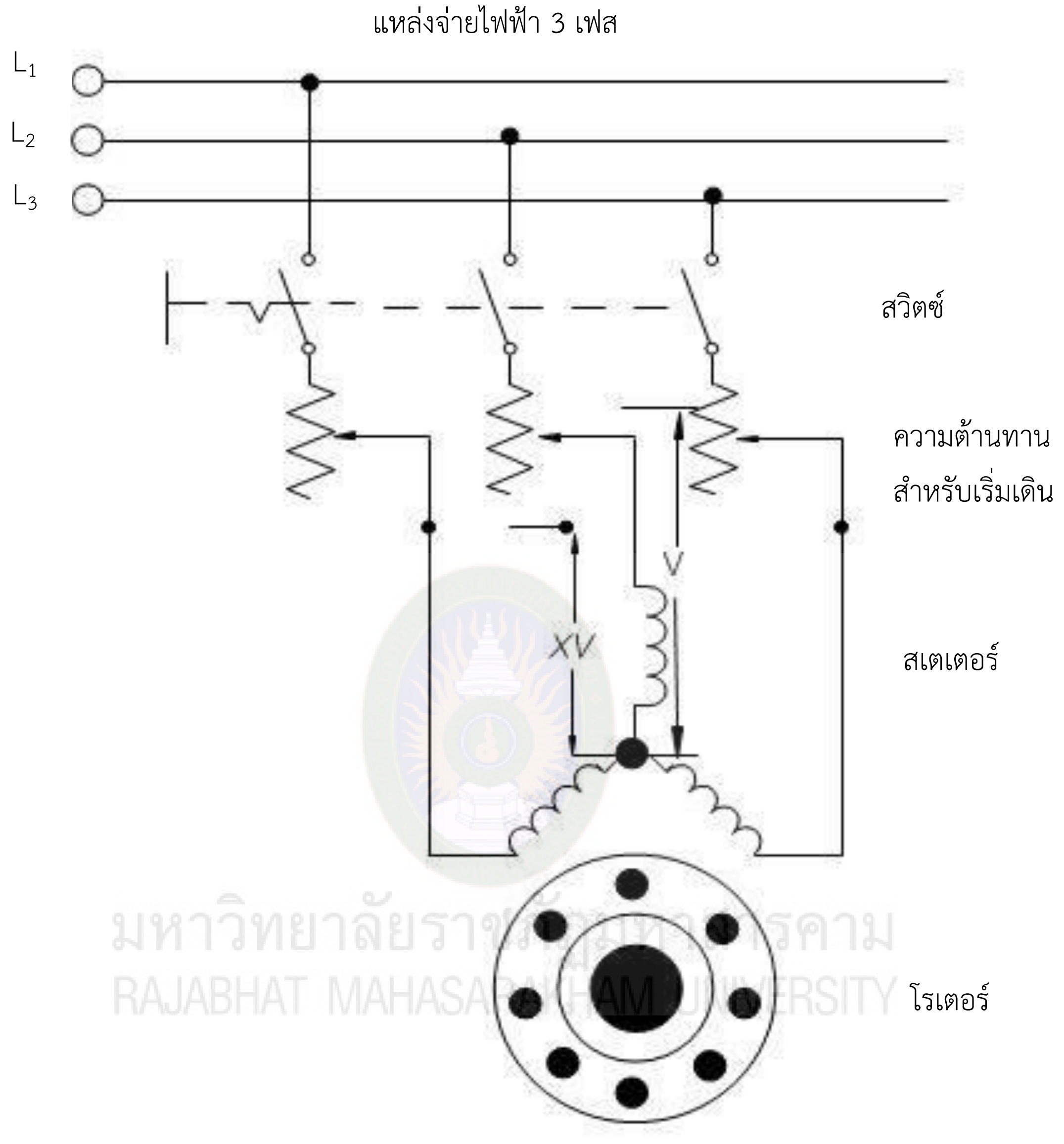
ที่มา (บรรพต วงศ์แสวง, 2552)

1.2) การเริ่มเดินด้วยวิธีการใช้ความต้านทานต่ออนุกรมกับมอเตอร์ (Primary Resistance Starting)

การเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยวิธีนี้ เพื่อต้องการลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในมอเตอร์มีค่าลดลง ซึ่งกระแสไฟฟ้าจะแปรผันโดยตรงกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า และแรงบิดจะแปรผันตาม V^2 คือ เมื่อจ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าลดลงจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็ก (Φ) จะลดลงด้วย เป็นผลทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นที่โรเตอร์ลดลง ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่โรเตอร์ (I_2)จะลดลงเช่นกัน แรงบิดขณะเริ่มเดินจึงขึ้นอยู่กับ Φ และ I_2 $T_S = \left(KV^2R_2\right)/Z_2{}^2$ เมื่อ K คือ ค่าคงที่ ถ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ กระแสขณะเริ่มเดินก็จะลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ด้วย แต่แรงบิดจะลดลงเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ของแรงบิดเมื่อโหลดเต็มพิกัด

การเริ่มเดินมอเตอร์ด้วยวิธีนี้ แรงเคลื่อนไฟฟ้าจ่ายให้กับมอเตอร์ต่อเฟสสามารถลดลง นิยมใช้กับมอเตอร์ขนาดเล็กๆ เพราะจะเริ่มเดินได้เรียบ แสดงดังภาพที่ 2.10

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



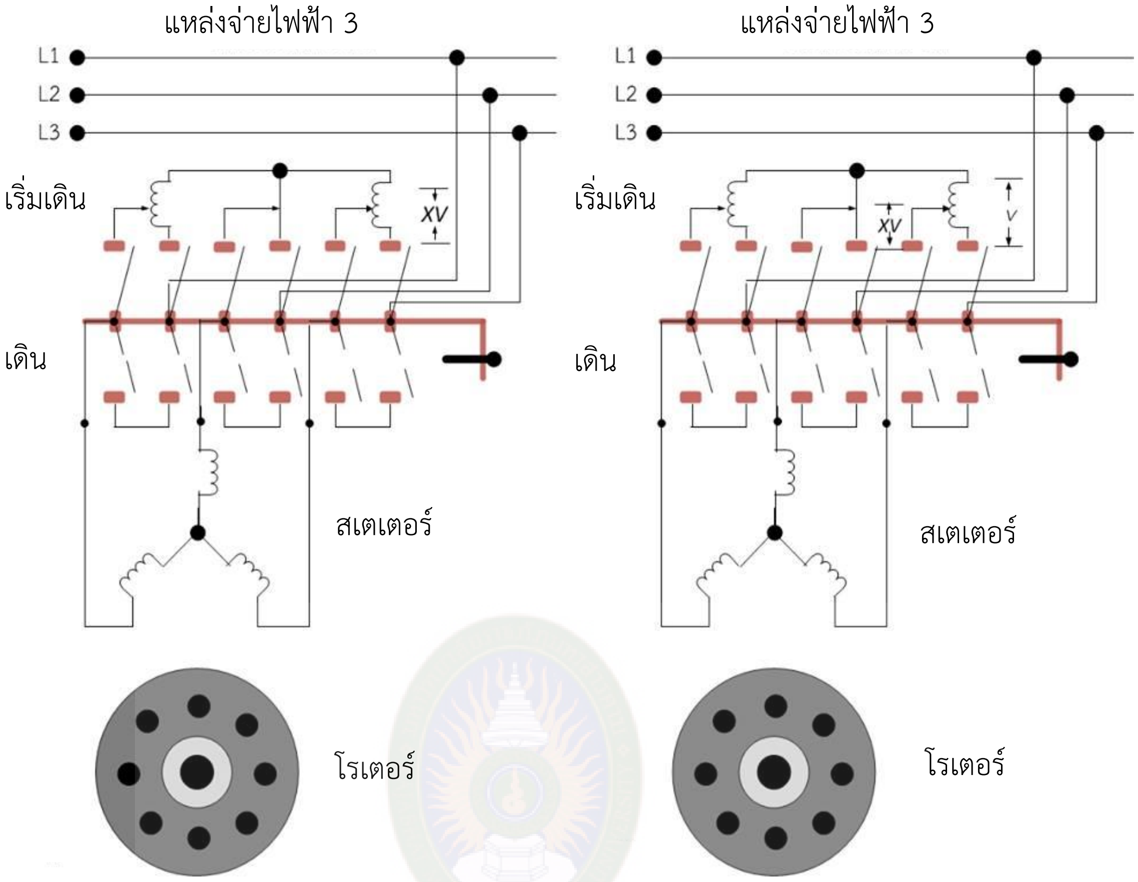
ภาพที่ 2.10 การเริ่มเดินมอเตอร์โดยใช้ความต้านทานอนุกรมกับมอเตอร์

ที่มา (บรรพต วงศ์แสวง, 2552)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.3) การเริ่มเดินโดยการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าออโต (AutoTransformer Starting)

การเริ่มเดินด้วยวิธีนี้มีอุปกรณ์ประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าออโต และสวิตช์ โดยอาจจะใช้หม้อแปลงไฟฟ้าออโต 2 ตัว ต่อแบบเดลตาเปิด (Open Delta) แสดงดังภาพที่ 2.11 ก หรือใช้หม้อแปลงไฟฟ้าออโต 3 ตัวต่อแบบสตาร์หรือเดลตา แสดงดังภาพที่ 2.11 ข



ก ข

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.11 การเริ่มเดินมอเตอร์โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโต

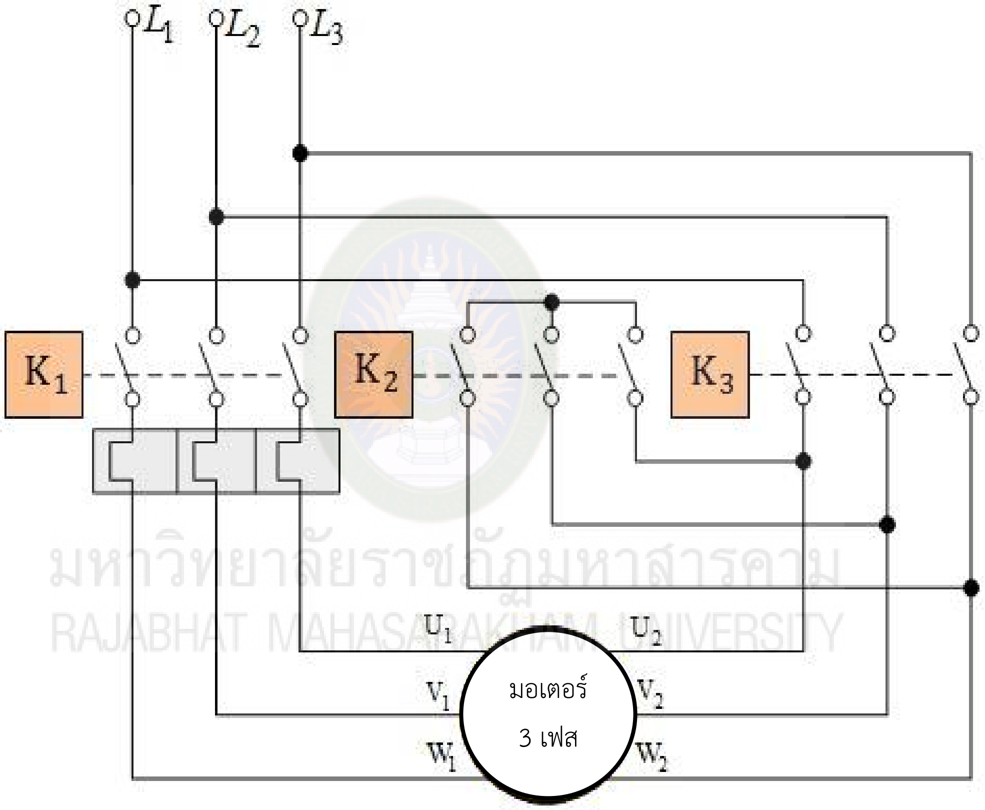
ที่มา (บรรพต วงศ์แสวง, 2552)

การเริ่มเดินมอเตอร์โดยการลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์วิธีนี้ เมื่อมอเตอร์หมุนไปได้ 80 เปอร์เซ็นต์ ของความเร็วปกติแล้ว จึงปรับหม้อแปลงไฟฟ้าแบบออโตออกจากวงจร ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้ามอเตอร์โดยตรง มอเตอร์จึงรับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเต็มที่ สวิตช์สำหรับเปลี่ยนตำแหน่งเริ่มเดินไปตำแหน่งเดิน (Start ไป Run) นั้น อาจจะเป็นแบบแอร์เบรก (Air Break) ที่ใช้กับมอเตอร์เล็กๆ หรือเป็นแบบแช่อยู่ในน้ำมัน (Oil–Immersed) ที่ใช้กับมอเตอร์ขนาดใหญ่ เพื่อลดประกายไฟหรือการสปาร์ค การเริ่มเดินวิธีนี้นิยมปรับแทป Tap 3 ระดับ คือ 80,65 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าระหว่างสาย

1.4) การเริ่มเดินแบบสตาร์–เดลตา (Star–Delta Starting)

มอเตอร์ที่ใช้ในการเริ่มเดินด้วยวิธีนี้ สามารถเดินในสภาวะปกติที่มีการต่อแบบเดลตาได้ โดยอาจจะใช้สวิตช์สองทางหรือแมกเนติกคอนแทกเตอร์ต่อแบบสตาร์ขณะเริ่มเดิน

เพื่อลดแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายเข้าและเปลี่ยนเป็นต่อแบบเดลตาเมื่อหมุนปกติ แสดงดังภาพที่ 2.12 เมื่อต่อเป็นแบบสตาร์แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มอเตอร์ได้รับแต่ละเฟสจะลดลงเท่ากับ $1/\sqrt{3}$ เท่า แรงบิดที่เกิดขึ้นมีค่าเป็น 1/3 เท่าของแรงบิดที่เกิดขึ้นจากการต่อโดยตรงเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ในการต่อแบบเดลตากระแสไฟฟ้าที่สายก็จะลดลง 1/3 และแรงบิดที่เกิดขึ้นมีค่า 1/3 ของการต่อแบบเดลตาโดยตรงเข้ากับแหล่งจ่าย



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.12 การเริ่มเดินแบบสตาร์–เดลตา

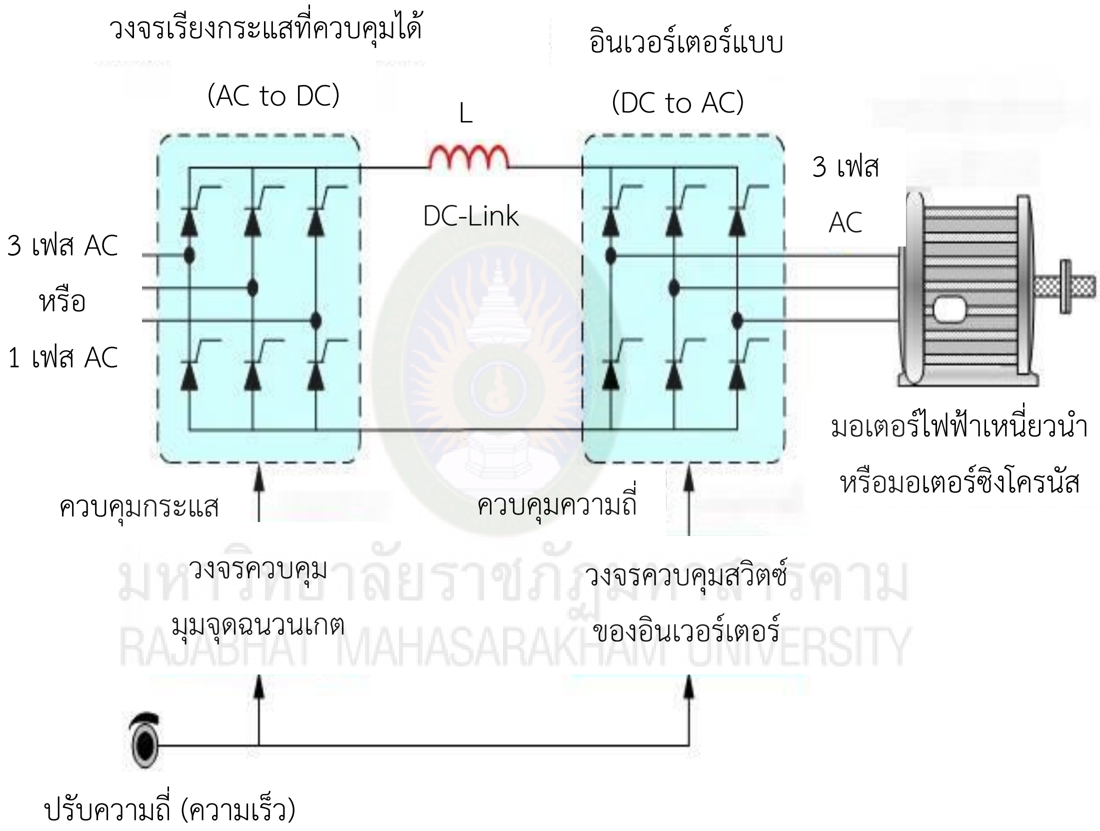
ที่มา (บรรพต วงศ์แสวง, 2552)

2.1.12 การควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่จ่ายเข้ามอเตอร์

การควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ที่จ่ายเข้ามอเตอร์และการควบคุมสลิปที่ใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โรเตอร์แบบกรงกระรอก ควบคุมความเร็วโดยการเชื่อมโยงด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรง และเชื่อมโยงด้วยกระแสไฟฟ้ากระแสตรง แบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

อินเวอร์เตอร์แบบ PAM (Pulse Amplitude Modulation) อินเวอร์เตอร์แบบ PWM (Pulse Width Modulation) และอินเวอร์เตอร์แบบ CSI (Current Source Inverter)

1) อินเวอร์เตอร์แบบ PAM ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ที่ปรับความถี่ได้ แต่ไม่สามารถปรับค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เอาต์พุตได้ ดังนั้นการเชื่อมโยงแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับอินเวอร์เตอร์แบบ PAM จึงต้องใช้วงจรเรียงกระแสที่ควบคุมได้ทำหน้าที่แปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส หรือ 1 เฟส ที่มีค่าแรงเคลื่อนและความถี่อินพุตคงที่ ให้เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงที่ปรับค่าได้ แสดงดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 การเชื่อมโยงแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงที่ปรับค่าได้ ด้วยวงจรเรียงกระแสที่ควบคุมได้
ที่มา (สุรพงษ์ หรรษนันท์, 2553)

2) อินเวอร์เตอร์แบบ PWM ทำหน้าที่แปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าคงที่ให้เป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับที่สามารถปรับค่าความถี่และค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้โดยการปรับรูปแบบการสวิตซ์ที่อินเวอร์เตอร์เพียงอย่างเดียว ด้วยเทคนิคการมอดูเลตความกว้างของพัลส์ เนื่องจากการมอดูเลตความกว้างของพัลส์จะสามารถเปลี่ยนแปลงค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า ทางด้านเอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ได้พร้อมกันกับการปรับเปลี่ยนความถี่ของแรงเคลื่อนดังกล่าว ดังนั้นวิธีนี้จึง

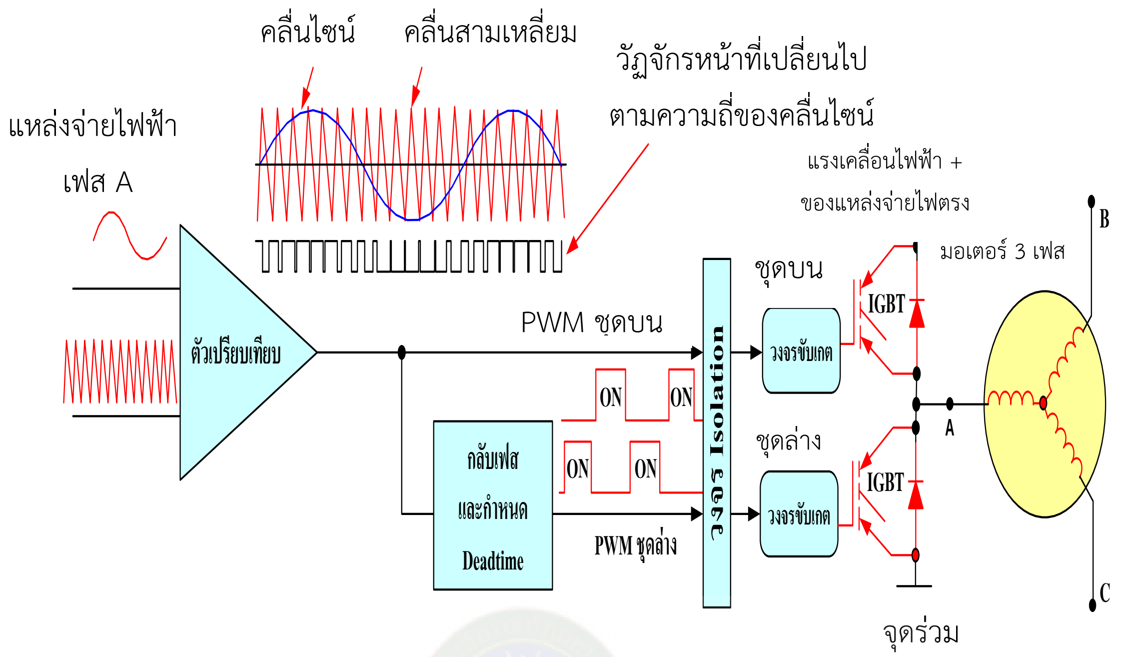
สามารถควบคุมเส้นแรงแม่เหล็กในช่องว่างอากาศของมอเตอร์เหนี่ยวนำให้คงที่ได้ นั่นก็คือการรักษาอัตราส่วนของ V/f ให้คงที่เพื่อผลของการควบคุมค่าแรงบิดของมอเตอร์ให้คงที่ในย่านความเร็วต่างๆ แสดงดังภาพที่ 2.14

ภาพที่ 2.14 อินเวอร์เตอร์แบบ PWM ที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรม

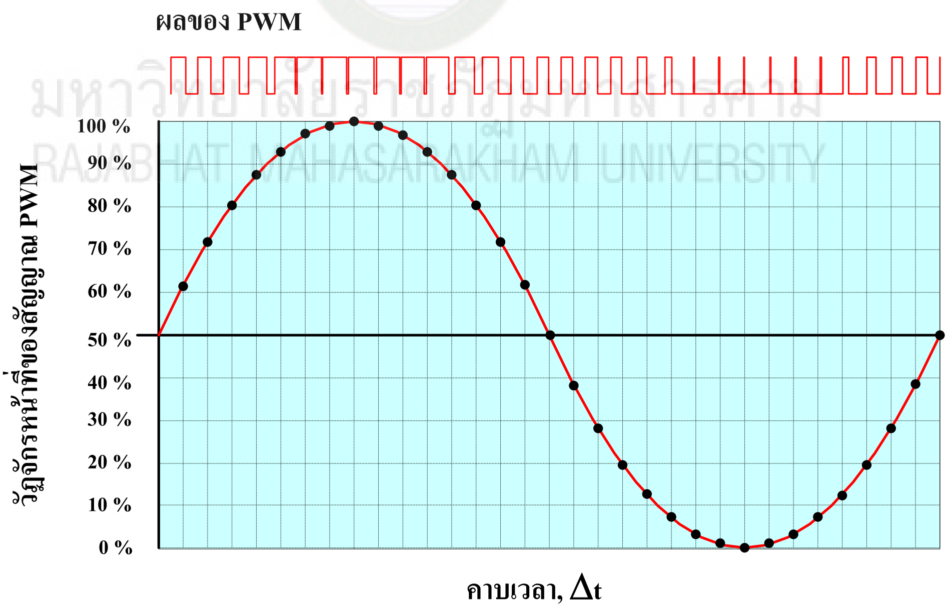
ที่มา (สุรพงษ์ หรรษนันท์, 2553)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สำหรับวิธีการมอดูเลตความกว้างพัลส์ที่จะนำไปกำหนดรูปแบบการสวิตช์ของอินเวอร์เตอร์แบบ PWM ใช้หลักการง่ายๆ คือ นำคลื่นไซน์มาเปรียบเทียบกับคลื่นสามเหลี่ยมผ่านวงจรเปรียบเทียบ ในภาพที่ 2.15 ก เอาต์พุตที่ได้จะเป็นรูปสามเหลี่ยมที่มีความกว้างไม่เท่ากัน เพราะถูกการมอดูเลตแล้ว พัลส์ดังกล่าวจะถูกส่งไปจุดชนวนเกตสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังในตัวอินเวอร์เตอร์ โดยสวิตช์ชุดบนทำงานด้วยสัญญาณ PWM ชุดบน และสวิตช์ชุดล่างทำงานด้วยสัญญาณ PWM ชุดล่างที่มีเฟสตรงกันข้ามกับสัญญาณ PWM ชุดบนในภาพที่ 2.15 ก เป็นตัวอย่างเฉพาะเฟส A เพียงเฟสเดียวผลของการมอดูเลตจะทำให้สวิตช์ทำงานกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับได้ดังภาพที่ 2.15 ข จะเห็นได้ว่ารูปคลื่นไซน์ของกระแสเข้ามอเตอร์เฟส A ที่ได้จากการมอดูเลตความกว้างพัลส์ มีความสมบูรณ์กว่าอินเวอร์เตอร์แบบ PAM



ก. วงจรการมอดูเลตความกว้างของพัลส์สำหรับควบคุมรูปแบบการสวิตช์ของอินเวอร์เตอร์แบบ PWM (เฉพาะเฟส A)



ข. รูปคลื่นไซน์ของกระแสที่ได้จากการมอดูเลตความกว้างพัลส์ของอินเวอร์เตอร์แบบ PWM

ภาพที่ 2.15 การมอดูเลตความกว้างของพัลส์เพื่อกำหนดรูปแบบการสวิตช์อินเวอร์เตอร์แบบ PWM

ที่มา (สุรพงษ์ หรรษนันท์, 2553)

อินเวอร์เตอร์แบบ PWM เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เช่นใช้ในงานอุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ที่ใช้กับพัดลมแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง รถไฟฟ้า และในโรงงานอุตสาหกรรมกระดาษ เป็นอินเวอร์เตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง การควบคุมใช้เทคโนโลยีชั้นสูง มีย่านความถี่ที่ปรับความเร็วของมอเตอร์ในย่านที่กว้างมากที่สุดและมีขนาดเล็ก

3) อินเวอร์เตอร์แบบ CSI (Current Source Inverter) โดยใช้ตัวเหนี่ยวนำขนาดใหญ่

เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างวงจรเรียงกระแสและวงจรอินเวอร์เตอร์ ซึ่งต่างจากวงจรอินเวอร์เตอร์แบบมีแหล่งจ่ายป้อนแรงเคลื่อนซึ่งใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวเชื่อมโยงในวงจรไฟตรง ซึ่งอินเวอร์เตอร์แบบเชื่อมโยงด้วยกระแสจากแหล่งจ่ายกระแสจะมีข้อดี คือ สามารถควบคุมกระแสที่เกิดจากฟอลต์ได้ และกระแสที่จ่ายให้กับมอเตอร์ค่อนข้างคงที่ ไม่แปรผันไปกับพารามิเตอร์ต่างๆ ของมอเตอร์ นั่นคือ แรงบิดจะคงที่ด้วย แต่อย่างไรก็ตามกระแสที่ได้จากอินเวอร์เตอร์แบบ CSI จะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยมจึงเกิดข้อเสียตรงที่จะเกิดการสั่นของแรงบิดมากกว่าอินเวอร์เตอร์แบบป้อนแรงเคลื่อนประมาณ 6 เท่า เนื่องจากอินเวอร์เตอร์แบบ CSI มีข้อดี คือ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์มีค่าคงที่ดังนั้นจึงเหมาะที่จะใช้ขับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส หรือมอเตอร์ซิงโครนัสที่มีโหลดขนาดใหญ่มาก เช่น สายพานลำเลียง เป็นต้น

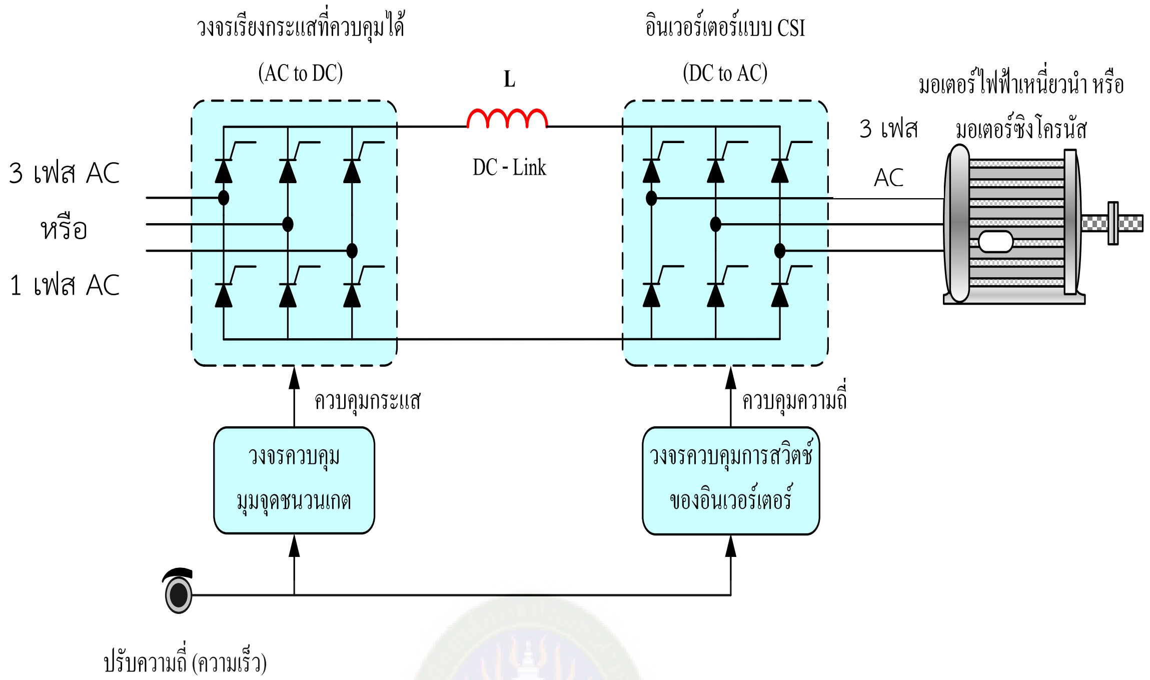
สำหรับอินเวอร์เตอร์แบบ CSI นั้น สามารถใช้วงจรเรียงกระแสด้านอินพุตได้ 2 แบบ คือ

1) ใช้วงจรเรียงกระแสที่ควบคุมได้ 1 เฟส หรือ 3 เฟส ควบคุมกระแสไฟตรงด้านอินพุตของอินเวอร์เตอร์แบบ CSI แสดงดังภาพที่ 2.16 ก

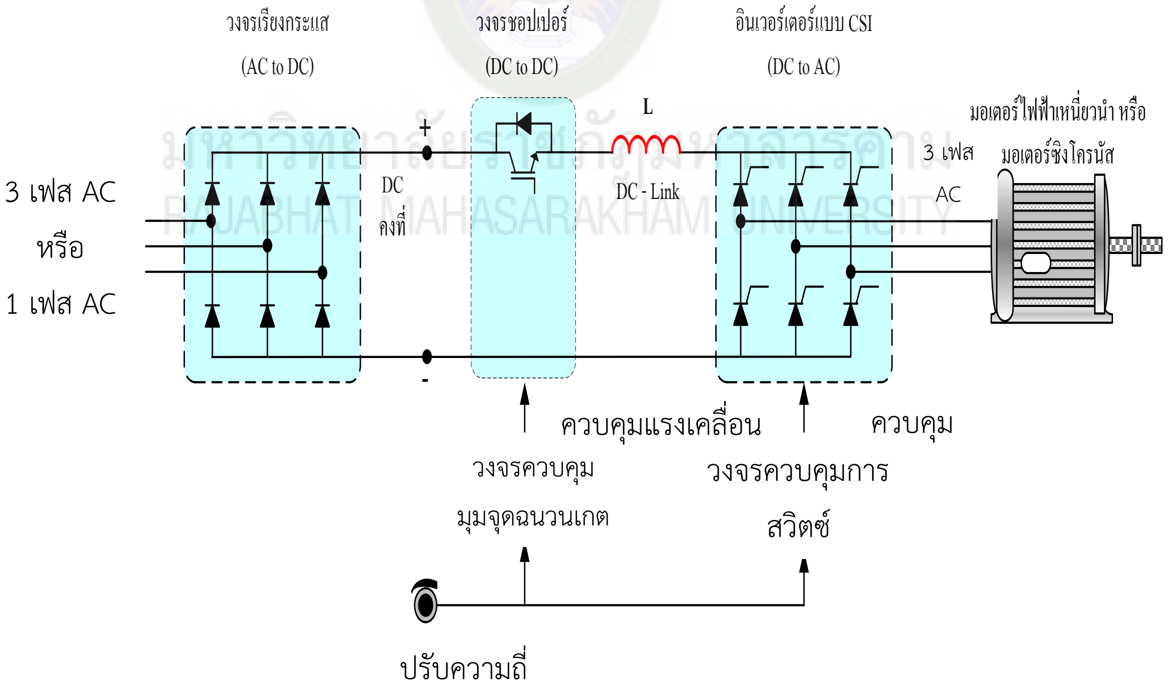
2) ใช้วงจรเรียงกระแส 1 เฟส หรือ 3 เฟส ร่วมกับวงจรชอปเปอร์ โดยวงจรเรียงกระแสแบบควบคุมไม่ได้ และวงจรชอปเปอร์จะทำหน้าที่ควบคุมกระแสไฟตรงที่ป้อนเข้าอินพุตของอินเวอร์เตอร์แบบ CSI แสดงดังภาพที่ 2.16 ข

สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ใช้ในวงจรอินเวอร์เตอร์แบบ CSI จึงเป็นสวิตช์ความถี่ต่ำแต่ทนกระแสได้สูงมากๆ เช่น ไทริสเตอร์ หรือ SCR เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ก. วงจรเรียงกระแสแบบควบคุมได้ควบคุมกระแสไฟตรงด้านอินพุตของอินเวอร์เตอร์



ข. วงจรเรียงกระแสและวงจรชอปเปอร์ควบคุมกระแสไฟฟ้าตรงและควบคุมความถี่ที่อินเวอร์เตอร์

ภาพที่ 2.16 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบ CSI

ที่มา (สุรพงษ์ หรรษนันท์, 2553)

2.1.13 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (D.C. Motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง คือ เครื่องยนต์ไฟฟ้าหรือเครื่องที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล และอาจหมุนแล้วใช้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้

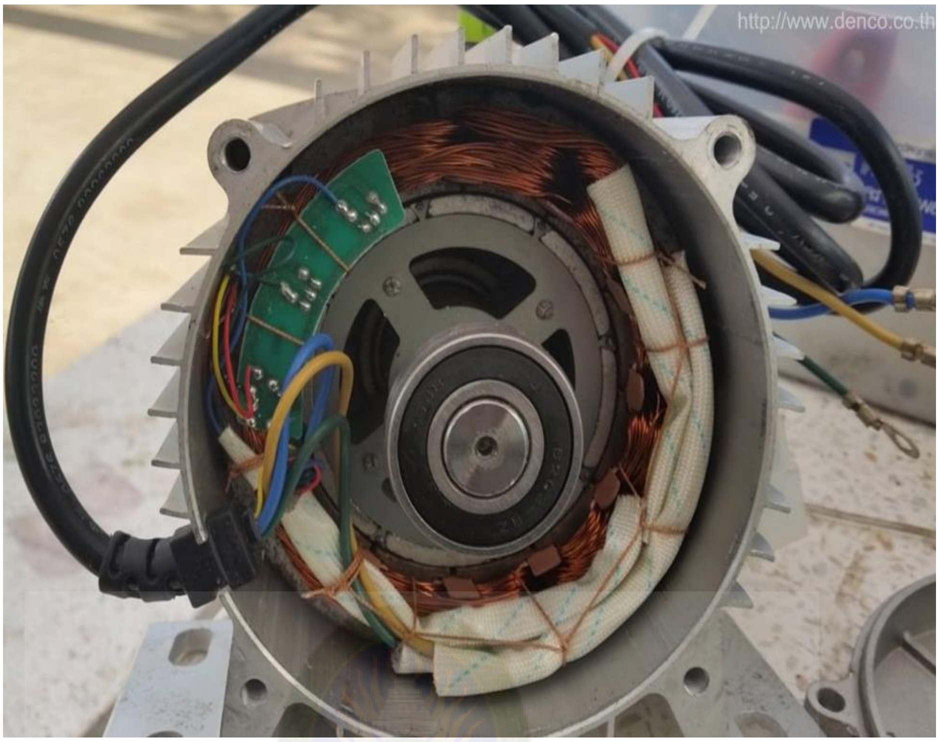
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง มีลักษณะคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงมากเมื่อเปรียบเทียบส่วนที่หมุนได้ที่เรียกว่า อาร์เมเจอร์ รวมทั้งขั้วสนามแม่เหล็กและแปรงถ่าน ซึ่งประสานงานกับคอมมิวเตเตอร์โดยคอมมิวเตเตอร์และแปรงถ่าน จะทำหน้าที่เปลี่ยนทางเดินของกระแสไฟให้เดินเป็นเส้นตรงและทางเดียวกันตลอดเวลา มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ ในแต่ละแบบมีส่วนประกอบที่คล้ายกัน แต่จะต่างตรงลักษณะของการต่อขดลวด และมีขนาดตั้งแต่แรงม้า 110 แรงม้า ถึงหลายพันแรงม้าตามที่ขนาดของเครื่อง และมีหลักการทำงานไม่แตกต่างกันสำหรับขนาดของเครื่อง

1) ส่วนประกอบและโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1.1) โครงหรือกรอบของมอเตอร์ (Frame)

สร้างด้วยเหล็กหล่อ หรือเหล็กเหนียวอย่างดี เป็นโครงหรือส่วนสำหรับยึดขั้วสนามแม่เหล็ก และทำหน้าที่เชื่อมวงจร เพื่อให้อาร์เมเจอร์ทำการหมุนผลักดันเส้นแรงแม่เหล็ก มอเตอร์ส่วนมากนิยมใช้เหล็กแผ่นบางเป็นรูปโครงหรือกรอบ และให้ขั้วสนามแม่เหล็กตรึงแน่นอยู่กับส่วนโค้งภายในสลักเกลียว แต่ก็มีมอเตอร์บางชนิดซึ่งหล่อขั้วสนามแม่เหล็กเป็นเนื้อเหล็กผืนเดียวกันกับโครง มอเตอร์ขนาดใหญ่ที่มีโครงและประกอบด้วยสลักเกลียว แสดงดังภาพที่ 2.17 และภาพที่ 2.18

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.17 โครงมอเตอร์ซึ่งประกอบด้วย ขั้วสนามแม่เหล็ก 4 ขั้ว

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

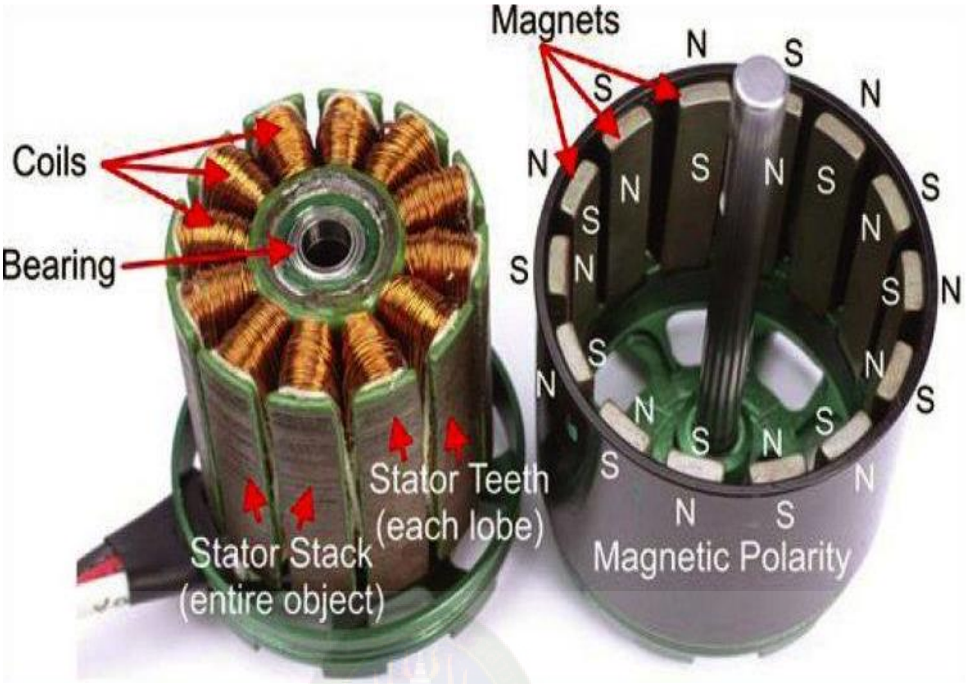
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.18 แสดงเปลือกหรือโครง
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

1.2) ขั้วแม่เหล็ก (Pole Shoes)

ประกอบด้วยเหล็กแผ่นบาง ๆ จากเหล็กหล่อหรือเหล็กอ่อนเหนียวอย่างดี ทำเป็นแผ่นบางขนาดประมาณ 0.025 นิ้ว อบและอาบน้ำยา แล้วนำมาอัดกันหลาย ๆ แผ่นเป็นปึก สร้างเป็นขั้วแม่เหล็กติดอยู่ภายในของโครงเหล็ก ซึ่งแล้วแต่ขนาดของมอเตอร์ ถ้าขนาดเล็กก็อาจมี 2 ขั้ว ถ้าขนาดใหญ่อาจมี 4-6-8 ขั้ว หรือมากกว่านั้น ขั้วสนามแม่เหล็กเป็นตัวที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดที่พันรอบขั้ว จำนวนขดลวดแต่ละคอยล์และขนาดของสายคอยล์นี้เป็นเครื่องบังคับแรงดันซึ่งต้องการให้มีอยู่ในมอเตอร์ หรือหมายถึงอัตรากำลังแรงม้าของมอเตอร์ นั้นด้วยเหล็กแผ่นบางๆ ที่ตัดเป็นรูปแล้วนำมาอัดเป็นปึกนี้ เรียกว่า Laminated sheet steel แสดงดังภาพที่ 2.19

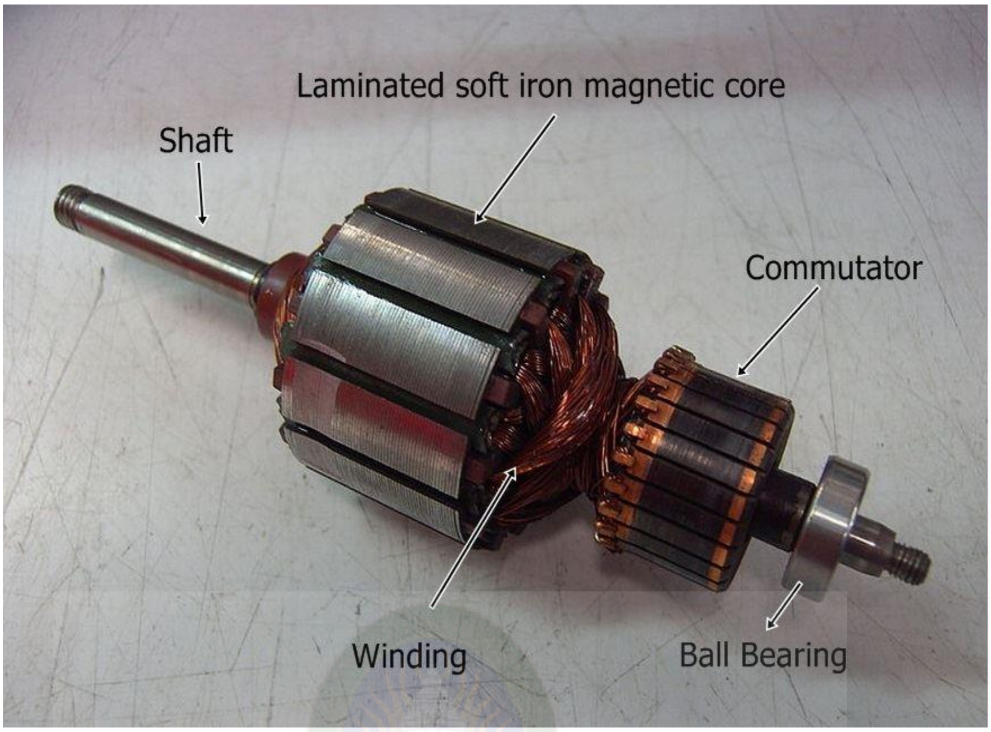


ภาพที่ 2.19 แสดงขั้วแม่เหล็ก
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

1.3) อาร์เมเจอร์ (Armature)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หรือที่เรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า มัดข้าวต้ม ประกอบขึ้นด้วยแผ่นเหล็กบาง ๆ ด้านหนึ่งฉาบด้วยฉนวนอัดซ้อนเข้าด้วยกัน แบบเดียวกับขั้วสนามแม่เหล็กมีความหนาเท่ากับขนาดของขั้วเช่นเดียวกัน ตัดเป็นวงกลมหลาย ๆ แผ่น เจาะรูตรงกลางสวมเข้ากับเพลาหรือท่อนเหล็ก เป็นรูปทรงกระบอกดังภาพข้างล่างรอบ ๆ ตัวอาร์เมเจอร์จะมีร่องสลอท เป็นทางยาวตามรูปขนาดร่องเท่าๆ กัน สำหรับพันขดลวด ขดลวดดังกล่าวนี้เรียกว่า ขดลวดเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า ปลายของขดลวดทุก ๆ ปลายที่พันรอบอาร์เมเจอร์นี้จะต่อไปยังช่องซี่ของคอมมิวเตเตอร์ และที่แกนเหล็กอาร์เมเจอร์นี้จะเจาะรูไว้ด้วย เพื่อช่วยระบายความร้อนเนื่องจากการสูญเสียอาร์เมเจอร์ นับได้ว่าเป็นชิ้นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของมอเตอร์ เพราะในการทดลองแบบสร้างมอเตอร์หรือไดนาโมในขนาดต่าง ๆ ส่วนมากจะต้องออกแบบสร้างอาร์เมเจอร์นี้ขึ้นเสียก่อน และจนกว่าจะคำนวณสัดส่วนของอาร์เมเจอร์ให้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงจะสร้างส่วนอื่นประกอบขึ้นภายหลัง และส่วนที่สำคัญที่สุดของอาร์เมเจอร์ คือ ขนาดของขดลวดที่จะนำมาใช้พันรูปร่าง เพราะต้องจัดให้มีขนาดที่พอเหมาะ สมดุลกับกระแสไฟที่ต้องการรวมทั้งปริมาณของขดลวดหรือหมายถึงจำนวนรอบของแอมแปร์เทินที่กำหนดด้วย แสดงดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 อาร์เมเจอร์และขดลวดที่พันอยู่ในร่องเรียบร้อยแล้วพร้อมด้วยคอมมิวเตเตอร์

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

ขนาดของตัวอาร์เมเจอร์นั้นโดยปกติมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า ขนาดของทุ่นมักจะเท่ากับ 8 x 8 นิ้ว และฟลั๊กซ์ของจำนวน 30,000/1 นิ้ว กระแสไฟ 110โวลต์ หมุน 1,200 รอบ/1 นาที การกำหนดขนาดของอาร์เมเจอร์ มักถือขนาดของกำลังแรงม้าที่มอเตอร์ต้องการเป็นหลัก และประกอบขึ้นด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้คือ

1) เพลา (shaft)

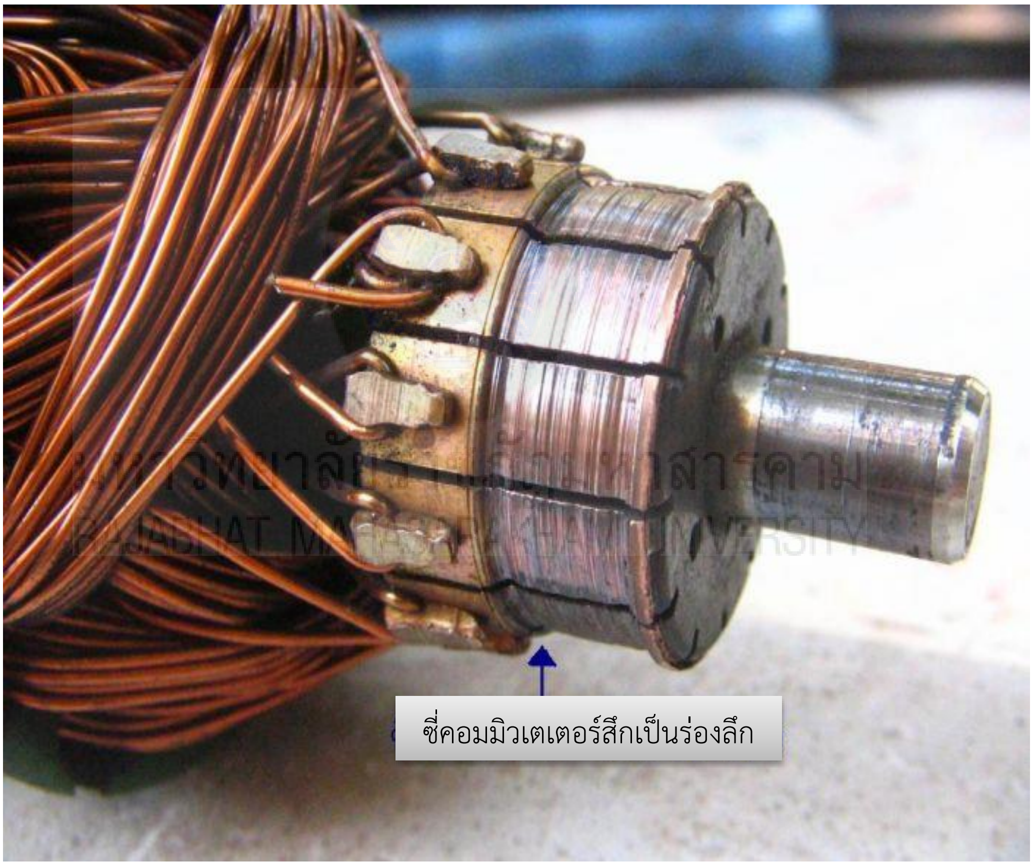
2) แกน (core)

3) ขดลวดที่พันทับเยื้องไปมาบนแกน (spider)

เพลา หมายถึง ท่อนเหล็กกลมยาว ๆ สำหรับสวมแกนอัดด้วยเหล็กแผ่นบาง ๆ เป็นรูปทรงกระบอกเรียงอัดกันอยู่แน่นมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ เรียกว่า แบบจานทึบกับแบบจานโปร่ง การออกแบบทั้งสองแบบจำเป็นต้องคำนวณให้แผ่นเหล็กที่จะอัดเป็นรูปทุ่นหรือแกนนี้มีช่องอากาศถ่ายเทได้ และให้น้ำหนักของตัวทุ่นอาร์เมเจอร์เบาด้วย เพื่อสะดวกในการเคลื่อนหมุน คือ จะเอาเนื้อโลหะบริเวณริมวงในของจาน เป็นช่องตรงกันทุกแผ่น ส่วนริมวงนอกริมวงในของจาน เป็นช่องตรงกันทุกแผ่น ส่วนริมวงนอกก็ตรงกันให้เป็นร่องยาวตามภาพที่แสดงแล้วเคลือบด้วยฟิล์มของอ๊อกไซด์หรือน้ำมันวานิช เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลผ่านที่แผ่นจากแกนของอาร์เมเจอร์

1.4) คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)

หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า หัวคอมมิวเตเตอร์ของอาร์เมเจอร์ ประกอบขึ้นด้วยแท่งทองแดงเรียงรอบเป็นรูปวงแหวน สวมติดอยู่กับปลายเพลาของอาร์เมเจอร์ ระหว่างช่องเรียงของแผ่นทองแดงหรือช่องเซกเม้นท์ ซึ่งประกอบเป็นรูปของคอมมิวเตเตอร์นี้จะมีฉนวนสอดแทรกป้องกันกระแสไฟระหว่างช่องมิให้ผ่านถึงกัน ฉนวนนี้ทำด้วยไมก้า หน้าที่ของคอมมิวเตเตอร์ คือ เป็นตัวนำกระแสเข้าไปยังขดลวดหรือคอยล์ของอาร์เมเจอร์ที่พันรอบแกน และเป็นที่เชื่อมต่อกับปลายขั้วของขดลวดอาร์เมเจอร์ ด้วยการหมุนของทุ่นอาร์เมเจอร์กับคอมมิวเตเตอร์นี้ จะหมุนร่วมกันไป และตัวคอมมิวเตเตอร์จะเป็นที่สัมผัสกับแปรงถ่านหรือแปรงไฟ แสดงดังภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 รูปลักษณะของคอมมิวเตเตอร์เมื่อประกอบขึ้นด้วยแผ่นทองแดง
เรียงอัดเป็นรูปวงแหวนติดกับแกนในแล้ว

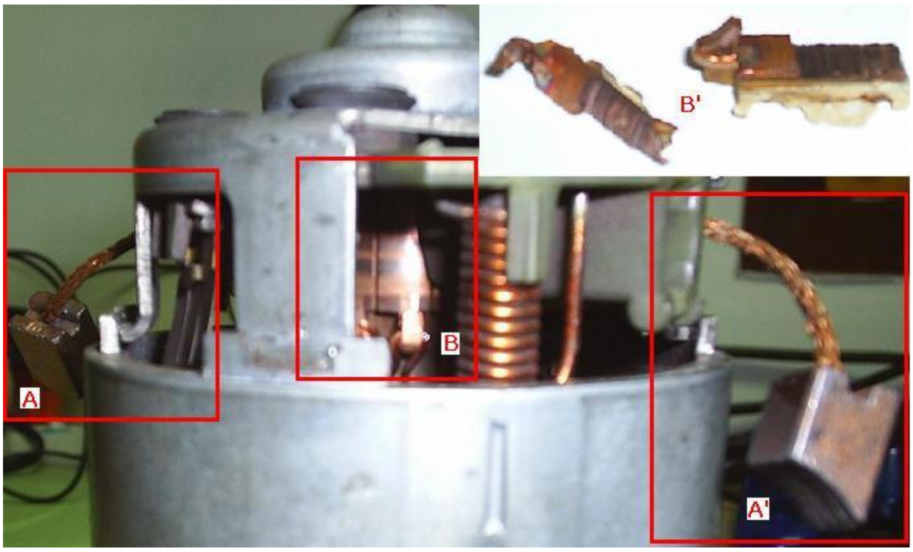
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

ภาพที่ 2.22 แสดงคอมมิวเตเตอร์
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

คอมมิวเตเตอร์ นอกจากจะมีส่วนสัมพันธ์กันอย่างหนาแน่นกับตัวอาร์เมเจอร์แล้ว ยังมีส่วนที่รับสัมผัสสัมพันธ์กับแปรงถ่านอยู่มากเช่นเดียวกัน เพราะในการดำเนินงานของมอเตอร์ ขณะที่ทำการหมุนอยู่นั้น ภาวะปกติที่จำเป็นต้องรักษาให้อยู่ในระดับคงที่ตลอดไป ก็คือ การสัมผัส ของแปรงถ่าน กับ เซกเม้นท์แต่ละช่องของคอมมิวเตเตอร์ หรือส่วนที่เป็นเครื่องแปรงกระแสไฟ ซึ่ง จำต้องมีการระมัดระวังมิให้เกิดการสปาร์คหรือประกายไฟขึ้นที่บริเวณนี้ด้วย

คอมมิวเตเตอร์เปรียบได้กับสวิตช์หมุน ซึ่งคอยกลับกระแสไฟที่ออกจากอาร์ เมเจอร์ ในจังหวะที่สมควร เพื่อให้กระแสไฟเดินเป็นทางเดียวกันได้ตลอด ในวงจรภายนอก หรือ เรียกว่าไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งตามหลักการ ถ้าเราได้จัดทำแปรงถ่านอันหนึ่ง ต่อเข้ากับอีกปลายหนึ่ง ของขดลวดที่หมุนได้ ทั้งสามารถจัดทำให้เปลี่ยนได้ทุกขณะ ในเมื่อกระแสไฟฟ้าในด้านๆ หนึ่งของ ขดลวดย้อนเส้นทาง เราจะได้กระแสไฟฟ้าในภายนอก เดินไปในทางเดียวกันเสมอ สิ่งที่ทำให้เกิดผล ดังกล่าวนี้ ทำได้ด้วยการใช้อุปกรณ์ช่วยประกอบสิ่งหนึ่ง ที่เราเรียกว่า คอมมิวเตเตอร์ นั่นเอง แสดงดัง ภาพที่ 2.23

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.23 แท่งทองแดงที่ตัดเป็นรูปเพื่อประกอบเป็นร่องเซกเม้นท์ของคอมมิวเตเตอร์
ที่มา (ไชยชาญ หิน, 2543)

หลักการใช้ คอมมิวเตเตอร์กับแปรงถ่านสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง จะต้องจัดวางให้ได้รับกระแสจากด้านหนึ่งของขดลวดอยู่ตลอดไป ในขณะเมื่อขดลวดด้านในอยู่ที่ส่วนหนึ่งส่วนใด หรือตรงส่วนใดของสนามแม่เหล็กเมื่อกระแสไฟในด้านหนึ่งของขดลวดไหลกลับทางขดลวดด้านนั้นจะเลื่อนตัวไปยังแปรงอีกแปรงหนึ่ง ในสภาพเช่นนี้กระแสจะเดินไปทางเดียวกันเสมอ ซึ่งเรียกว่ากระแสตรง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เนื่องด้วยเหตุที่แนวทางของกระแส ที่เกิดขึ้นในวงโค้งของสายนั้น มักจะกลับทางเดินเสมอเพราะเหตุที่กระแสตัวนำจะต้องผ่านขั้วแม่เหล็กได้ก่อนแล้วจึงผ่านไปขั้วแม่เหล็กเหนือ เหตุนี้มอเตอร์ที่มีขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้ว กระแสไฟจะกลับทางในคอนดัคเตอร์ทั้ง 2 ครั้งๆหนึ่งรอบหนึ่ง เมื่อต้องการกระแสทางเดียวจึงต้องจัดให้มีคอมมิวเตเตอร์ หรือสวิตช์หมุนสำหรับกลับทางเดินของกระแสดังกล่าว

คอมมิวเตเตอร์ประกอบขึ้นเป็นรูปร่าง ด้วยชั้นแรกอย่างง่ายๆ ก็คือ ครึ่งวงกลมสองครึ่ง มีฉนวนกันไฟคั่นอยู่ ปลายทั้งสองของขดลวดก็นำออกมาต่อกับเซกเม้นท์ของคอมมิวเตเตอร์ ตัวคอมมิวเตเตอร์จะตรึงติดแน่นกับอาร์เมเจอร์ดังภาพที่แสดง เซกเม้นท์แต่ละซีกของคอมมิวเตเตอร์ประกอบด้วยแท่งทองแดงแผ่นบางๆ เรียงอัดรอบวงกลมหรือแกนในทั้ง 2 ครึ่งของคอมมิวเตเตอร์

1.5) แปรงถ่านหรือแปรงไฟ (Brush)

แปรงถ่านเป็นส่วนผสมของถ่านหรือคาร์บอนแกร์ไฟท์ ประกอบอัดเป็นรูปแท่งสี่เหลี่ยม มีสายเกลียวทองแดง ปลายข้างหนึ่งยังอยู่ในเนื้อของแปรงถ่าน ส่วนปลายข้างหนึ่งที่เหลือ

พ้นออกมาจากเนื้อถ่านไม่ยาวนัก มีปลายหรือขั้วเป็นรูปสองขาสำหรับติดต่อกับช่องยึดแปรงถ่าน ปลายหรือสายติดต่อของแปรงถ่านนี้เรียกว่า หางหมู ทำหน้าที่เป็นสะพานไฟจากคอมมิวเตเตอร์ไปยังวงจรภายนอก โดยการที่ทำให้ผิวหน้าของแปรงถ่านสัมผัสกับผิวของคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลา และซองถ่านจะถูกยึดติดกับฝาครอบ ขณะที่อาร์เมเจอร์หมุนไปแปรงถ่านจะต้องกดอยู่ในตำแหน่งที่เลื่อนไปมาไม่ได้ มีแท่นหรือช่องสำหรับยึดเกาะจับ ภายในมีสปริงสำหรับกดบังคับ ให้พื้นที่หน้าของแปรงกดสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลา แปรงถ่านในรูปลักษณะปกติจะเป็นรูปแท่งสี่เหลี่ยม แต่ในการนำมาใช้มักจะต้องฝนหรือลับ ให้ผิวหน้าของแปรงที่ใช้สัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์เป็นร่องโค้งเข้าในเพื่อให้รับสัมผัสกับส่วนโค้งของบาร์คอมมิวเตเตอร์โดยวิธีการใช้กระดาษทรายน้ำอย่างละเอียดขัดถูเป็นร่องกลมกลืนกับผิวหน้าของคอมมิวเตเตอร์

1.6) ช่องยึดจับเกาะของแปรงถ่าน

โดยทั่วไป แปรงถ่านจะต้องมีช่องยึดตัวแปรงหรือสปริงกดบังคับให้แปรงถ่านมีการยึดหยุ่นตัวได้ตามสมควร ในระหว่างที่คอมมิวเตเตอร์หมุนไปพร้อมกับอาร์เมเจอร์ ช่องยึดหรือเครื่องเกาะจับแปรงถ่านดังกล่าว จะต้องไม่มีกำลังน้ำหนักกดหนักเบาพอเหมาะ ไม่มากหรือไม่น้อยเกินไปและจะต้องมีคุณสมบัติประกอบด้วย เป็นเครื่องยึดเกาะได้มั่นคงแน่นหนา ไม่ทำให้แปรงถ่านเลื่อนไปมาได้ ให้น้ำหนักกดพื้นของแปรงถ่านสัมผัสคอมมิวเตเตอร์พอดี ต้องยึดแปรงถ่านให้ได้ระดับหรือมุมฉาก ของการสัมผัสสปริงกดแปรงถ่าน สามารถปรับให้ตึงหรือหย่อนได้ ตามความต้องการ

ทั้งนี้เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงมิให้เกิดการสปาร์คขึ้นที่แปรงถ่านประการหนึ่ง และเพื่อให้ความสึกหรอของแปรงถ่านที่จำเป็นต้องสูญเสียให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ แสดงดังภาพที่ 2.24

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.24 แสดงแปรงถ่าน

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

1.7) ฝาครอบ (End plate)

ประกอบขึ้นด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กเหนียวอย่างเดียว โดยหน้าที่หรือประโยชน์ของฝาครอบ ก็คือการบังคับให้อาร์เมเจอร์หมุนอยู่ตรงกลางในแนวเส้นแรงแม่เหล็ก และให้อยู่ในแนวศูนย์กลางของตัวมอเตอร์ ด้านในของฝาครอบจะมีปลอกทองเหลือง หรือตลับลูกปืนรองรับเพลาของอาร์เมเจอร์ เพื่อให้หมุนอยู่ในแนวบังคับดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 2.25

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.25 รูปตัดเห็นส่วนกลมของฝาครอบซึ่งมีช่องกลางสำหรับสอดแบริ่งรองรับเพลา

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

1.8) แบริ่ง หรือปลอกทองเหลืองที่รองรับเพลาติดกับฝาครอบ (Bearing or Bush)

ด้านในมีแหวนน้ำมันเป็นส่วนประกอบรองอยู่ด้วย ปลอกทองเหลือง หรือแบริ่งของอาร์เมเจอร์นับว่ามีส่วนสัมพันธ์อยู่ไม่น้อย เพราะนอกจากจะทำหน้าที่บังคับอาร์เมเจอร์ให้หมุนในแนวเส้นแรงแม่เหล็ก และแนวศูนย์กลางของมอเตอร์แล้ว ยังช่วยรองรับการเสียดสีมิให้เกิดความร้อนสูงอีกด้วย ในกรณีที่อาร์เมเจอร์ต้องหมุนอยู่ตลอดเวลาในขณะที่ทำงาน ปลอกทองเหลืองหรือตลับลูกปืนแบริ่งนี้ เมื่อเกิดชำรุด เช่นลูกปืนภายในตลับแตก หรือสึกหรอ เป็นต้นเหตุที่ทำให้มอเตอร์ทำงานบกพร่อง และมีเสียงดังผิดปกติ แสดงดังภาพที่ 2.26

ภาพที่ 2.26 แบริ่ง หรือปลอกทองเหลือง
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

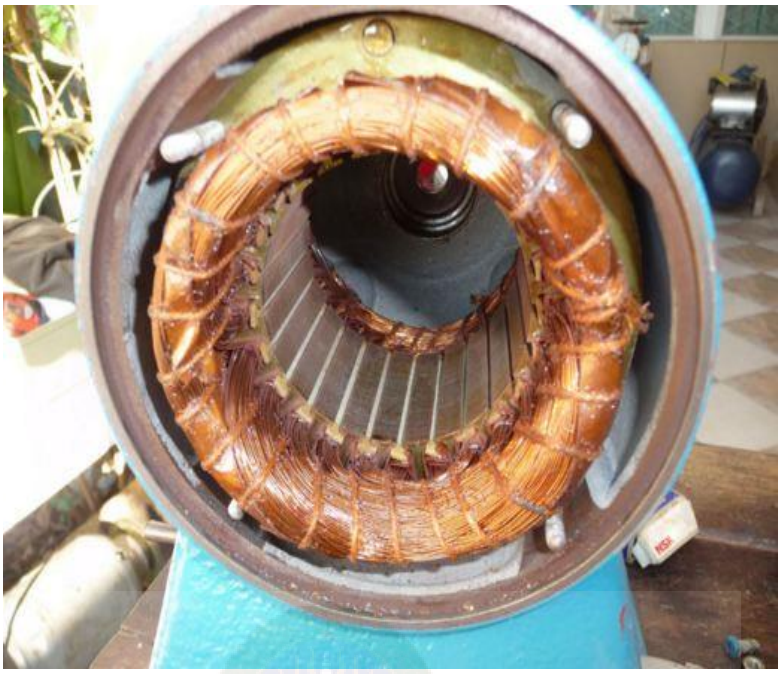
1.9) คอยล์สนามแม่เหล็ก (Field coil)

ประกอบขึ้นด้วยเหล็กแผ่นบาง ๆ เช่นเดียวกับขั้วสนามแม่เหล็ก และถือว่าเป็นส่วนประกอบของขั้วสนามแม่เหล็ก เพราะเหตุที่ประกอบขึ้นแล้วเป็นรูปร่างดังภาพที่แสดง และพันด้วยผ้าดิบบางต่างฉนวนโดยรอบแล้ว จะสวมกับขั้วสนามแม่เหล็กทุกครั้ง ขั้วที่มอเตอร์มีอยู่ หรือเท่ากับจำนวนขั้วของมอเตอร์ ขดลวดสนามแม่เหล็กหรือที่เรียกว่า ขดลวดฟิลด์คอยล์ เป็นลวดตัวนำพันไว้รอบขั้วแม่เหล็ก ทำหน้าที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็ก ขดลวดฟิลด์คอยล์มี 2 ชนิด คือ

1.9.1) ขดลวดชั้นท์ฟิลด์ จะพันด้วยลวดเส้นเล็กความต้านทานจะสูง

1.9.2) ขดลวดซีรีส์ฟิลด์ จะพันด้วยลวดเส้นโตความต้านทานจะต่ำขดลวดทั้ง 2 ชุดจะพันไปในทิศทางเดียวกัน แสดงดังภาพที่ 2.27

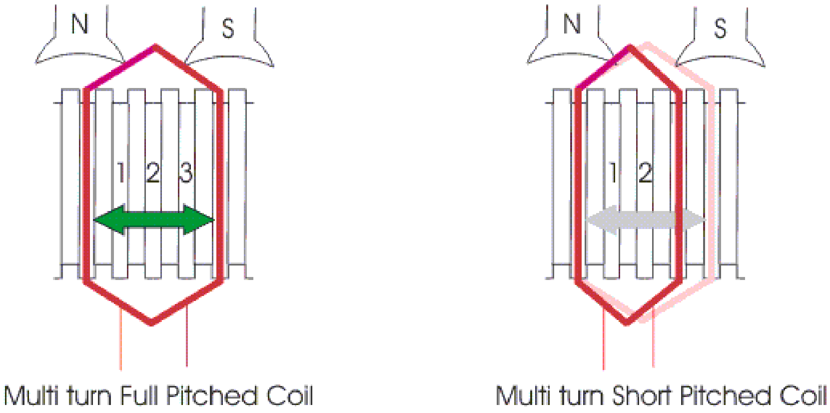
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.27 ขดลวดสนามแม่เหล็ก
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

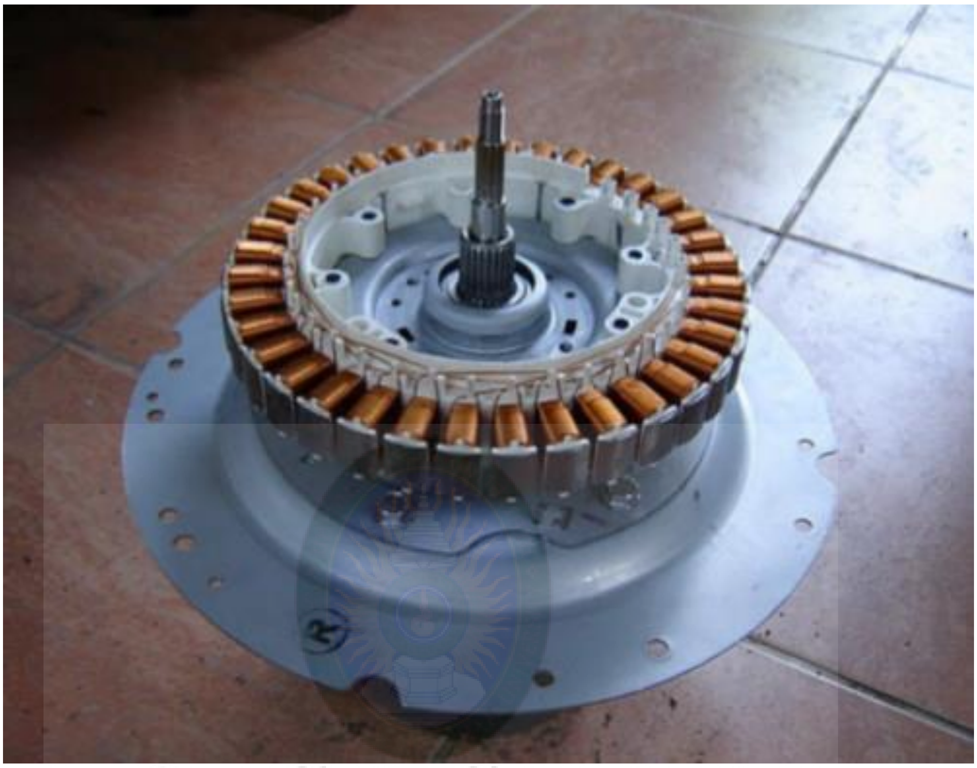
1.10) ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Winding)

คือ ขดลวดที่บรรจุลงในช่องสลอทของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ ซึ่งจะมีการพันแบบแลพ และแบบเวฟ ปลายของขดลวดอาร์เมเจอร์จะถูกนำไปต่อเข้ากับซี่คอมมิวเตเตอร์ แสดงดังภาพที่ 2.28



ภาพที่ 2.28 แสดงขดลวดอาร์เมเจอร์
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

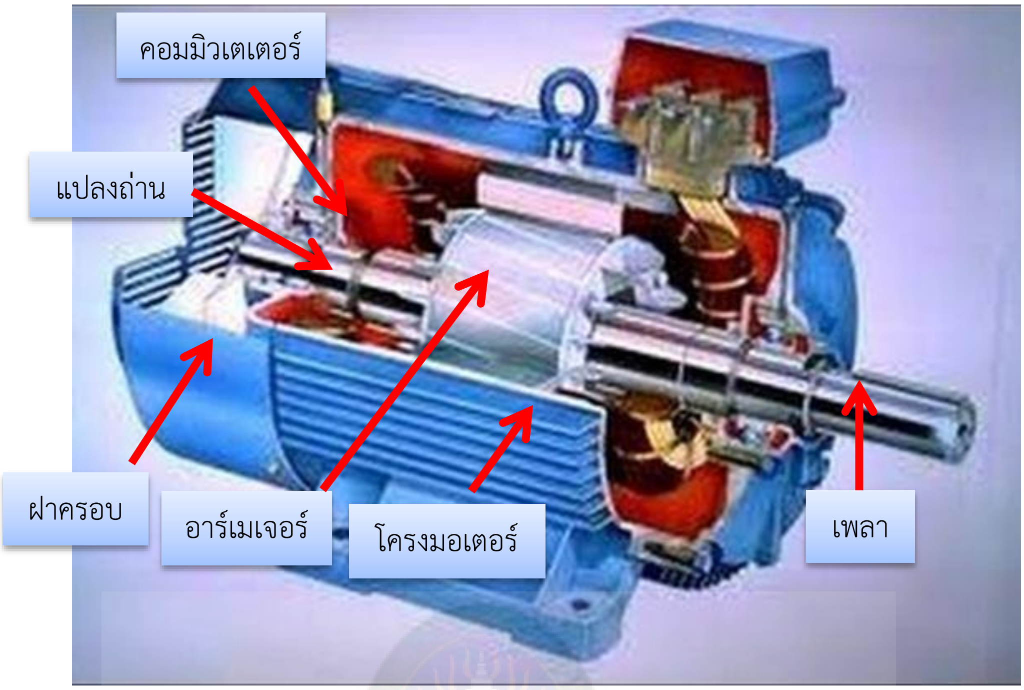
จากโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้งหมด ดังที่กล่าวมาแล้ว สามารถแสดงส่วนต่างๆ ได้ ดังภาพที่ 2.29 และ ภาพที่ 2.30



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.29 แสดงรูปตัดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)



ภาพที่ 2.30 แสดงส่วนต่างๆ ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั้งหมด

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

ในการหมุนวงรอบของอาร์เมเจอร์เมื่อเริ่มต้นการหมุนในครั้งแรก อาร์เมเจอร์กับขั้วแม่เหล็กจะอยู่ในทิศทางตรงกันข้าม คืออยู่ในตำแหน่งจุดศูนย์ตาย ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ไม่มีกระแสแม่เหล็กจะดึงดูดให้อาร์เมเจอร์หมุน ด้วยเหตุนี้ระดับของเส้นแรงแม่เหล็กและอาร์เมเจอร์จึงอยู่ในระดับขนานกัน แต่กำลังแรงเหวี่ยงของอาร์เมเจอร์ เมื่อเริ่มฉุกในครั้งแรกที่เหลืออยู่จะถูกผลักให้เคลื่อนหมุนผ่านศูนย์ตายไป แล้วต่อจากนั้นจึงหมุนต่อไป โดยส่วนที่อยู่ตรงกันข้ามของขั้วแม่เหล็กไฟฟ้าที่เหมือนกัน เมื่ออาร์เมเจอร์หมุนไปได้ครึ่งรอบ ในตำแหน่งนี้กระแสแม่เหล็กไฟฟ้าที่ขั้วอาร์เมเจอร์จะย้อนกลับ โดยการย้อนกลับของกระแส ซึ่งกำลังไหลอยู่ในคอยล์หรือขดลวดที่พันอยู่รอบแกนของอาร์เมเจอร์ ส่งต่อไปยังแปรงถ่านผ่านไปยังช่องเซกเม้นท์ด้านตรงข้ามของคอมมิวเตเตอร์ และเส้นแรงแม่เหล็กจะอยู่ในระดับเส้นขนานที่ 2 ของจุดศูนย์ตาย และจะหมุนต่อไปก็โดยแรงหมุนที่เหลือจากการตัดนี้ ข้ามจุดศูนย์ตายนี้ไปอีก จังหวะในการหมุน 3/4 รอบ ที่อาร์เมเจอร์หมุนอยู่จะคงเป็นวิธีเดียวกับครึ่งรอบ เมื่อครบรอบจะเกิดแรงดันของกระแสภายในขดลวดในทิศทางตรงกันข้ามกับกระแสไฟที่ไหลผ่านเข้าไปยังคอยล์ ไปสู่อาร์เมเจอร์ การจ่ายกระแสให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อกระแสไหลผ่านขั้วทุกขั้วสนามแม่เหล็กและทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้น แล้วไหลเข้าสู่อาร์เมเจอร์ ทำให้ขั้วของแกนอาร์เมเจอร์เป็นบวก ห่างจากจากขั้วลบของสนามแม่เหล็กกำลังผลักและแรงดูดของแม่เหล็กซึ่งเกิดขึ้น เป็นตัวการที่ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนอยู่ในตำแหน่งสมดุลกับแม่เหล็ก ทิศทางการ

หมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยทั่วไปจะหมุนไปทางซ้าย แต่การหมุนของมอเตอร์อาจหมุนกลับทางได้ โดยการกลับทางของกระแสตลอดสนามหรือกระแสที่อยู่ในแกนอาร์เมเจอร์

2) หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

มอเตอร์ไฟฟ้า คือ เครื่องกลซึ่งเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าไปเป็นพลังงานกล โดยอาศัยหลักการดังนี้ เมื่อมีกระแสไหลผ่านขดลวดตัวนำซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะมีแรงเกิดขึ้นที่ตัวนำทำให้ลวดตัวนำเกิดการเคลื่อนที่ แสดงดังภาพที่ 2.31 ขนาดของแรงที่เกิดขึ้นหาได้จากสมการ

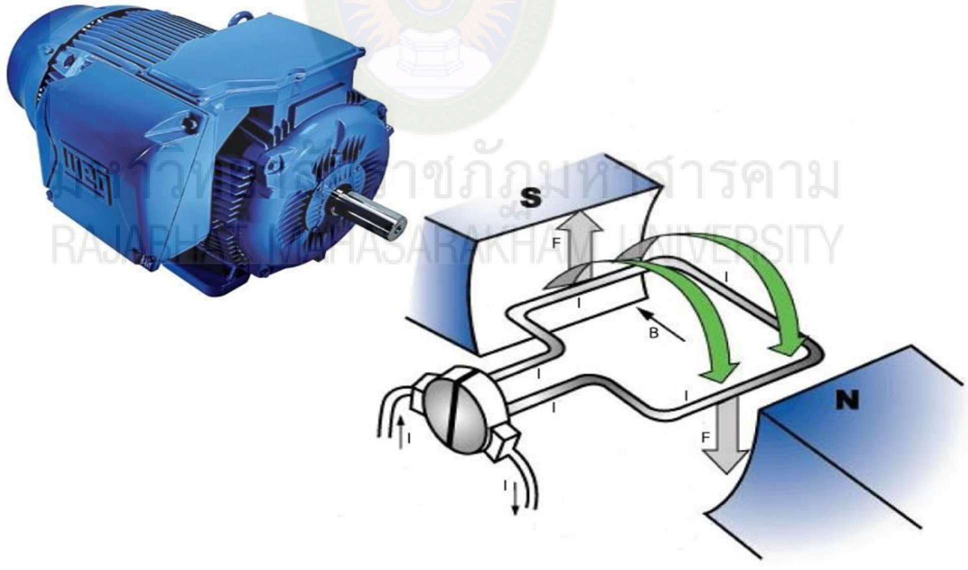
$F = B \times I \times L$ มีหน่วยเป็น นิวตัน (N) .... (1)

เมื่อ F = แรงที่เกิดขึ้นที่ลวดตัวนำ เป็น นิวตัน

B = ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก เป็น เทสลา (เวเบอร์/ตารางเมตร)

I = กระแสที่ไหลผ่านขดลวดตัวนำ เป็น แอมแปร์

L = ความยาวของขดลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก เป็น เมตร



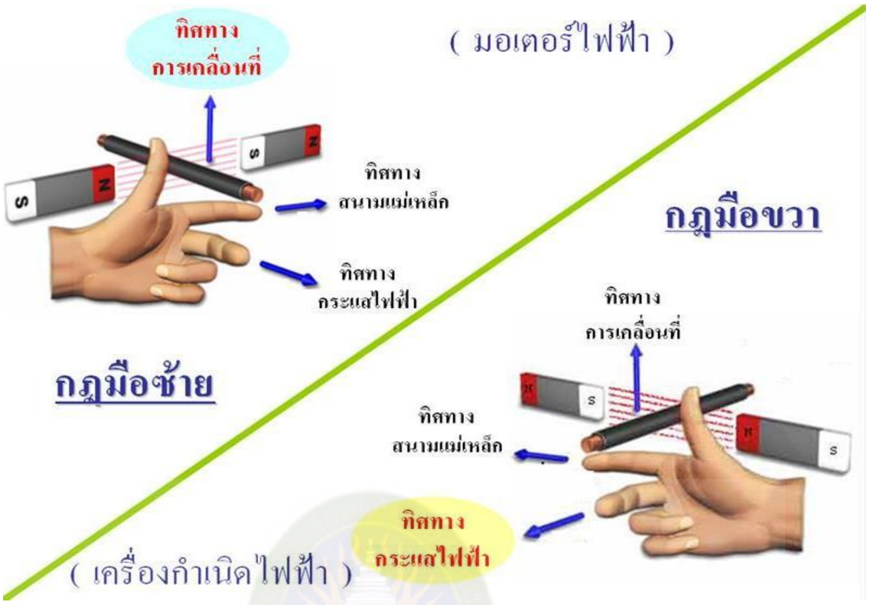
ภาพที่ 2.31 หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

สามารถหาทิศทางของแรง F ที่เกิดขึ้นได้โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง ซึ่งใช้หาทิศทางการหมุนของมอเตอร์นั่นเอง ภาพที่ 2.32 แสดงการใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง หรือกฎมือซ้ายของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

มอเตอร์เพื่อหาทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นขดลวดตัวนำ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กฎมือขวาของ เฟลมมิ่ง หรือกฎมือขวาของเครื่องกำเนิด เพื่อใช้หาทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่อต้านในมอเตอร์



ภาพที่ 2.32 การเปรียบเทียบพฤติการณ์ของมอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมีโครงสร้างและส่วนประกอบเหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงทุกประการ ดังนี้จึงสามารถนำไปใช้งานแทนกันได้ดี ดังนั้นการแบ่งชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจึงคล้ายกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง คือ อาจแบ่งออกได้ 4 แบบ คือ

2.1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกวงจรกระตุ้นสนามแม่เหล็ก (Separately excited D.C. motor)

2.1.1) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชั้นท์ (D.C. shunt motor)

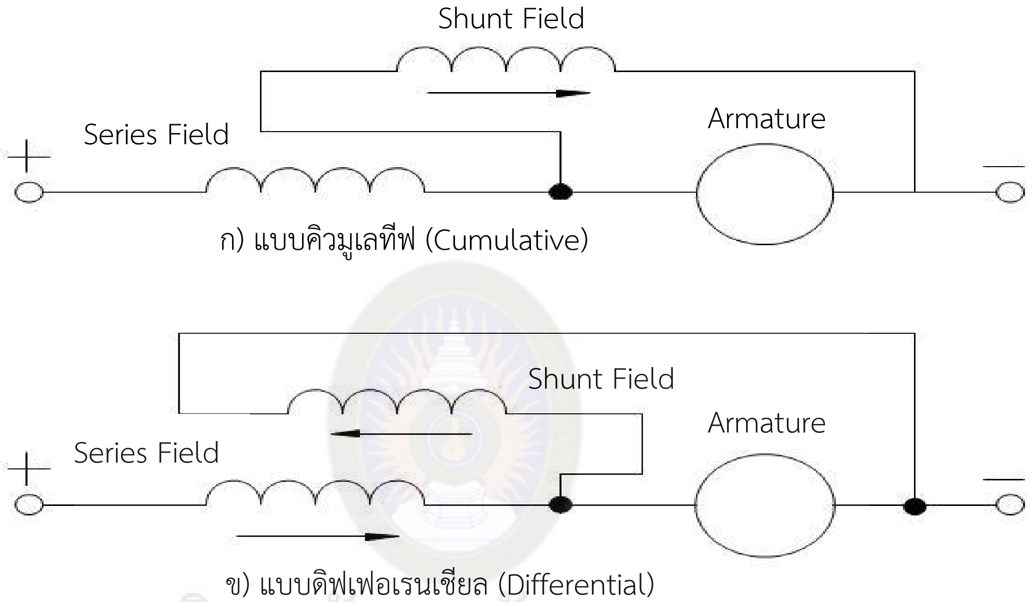
2.1.2) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบซีรีส์ (D.C. series motor)

2.1.3) มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคอมปาวด์ (D.C. compound motor)

มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแยกวงจรกระแสกระตุ้นสนามแม่เหล็กนั้น ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า กระแสตรง 2 ชุด เพื่อจ่ายให้แก่ขดลวดฟิลด์ และขดลวดอาร์เมเจอร์ จึงไม่นิยมใช้กันทั่วไปจะใช้งานในงานเฉพาะอย่างเป็นกรณีพิเศษเท่านั้น แต่มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบชั้นท์ ซีรีส์ และคอมปาวด์นั้นเป็นมอเตอร์ที่ต้องการแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงเพียงชุดเดียว จึงนิยมใช้กันมากกว่าแบบแรก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

อนึ่งการต่อวงจรภายในของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบคอมปาวด์นั้นต่อได้ 2 แบบ คือ ถ้าต่อวงจรให้แอมแปร์เทินส์ของซีรีส์ฟิลด์เสริม หรือต่อต้าน (หักร้าง) กับแอมป์แปร์เทินส์ของชั้นท์ฟิลด์ เรียกการต่อวงจรแบบแรกว่า คิวมูเลทีฟ คอมปาวด์ (cumulative compound) และแบบหลังเรียกว่า ดิฟเฟอเรนเชียล คอมปาวด์ (differential compound) การต่อวงจรของทั้งสองแบบดังกล่าวข้างต้นแสดงไว้ในภาพที่ 3.33ก และภาพที่ 3.33 ข



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.33 การต่อวงจรของทั้งสองแบบ

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

3) สปีดเรกกูเรชั่น (speed regulation)

สปีดเรกกูเรชั่น หมายถึง การเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบจากสภาวะโหลดเต็มพิกัดมาเป็นสภาวะไร้โหลด ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด อัตราการเปลี่ยนแปลงนี้จะอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์ของความเร็วรอบในสภาวะโหลดเต็มพิกัด เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

เปอร์เซ็นต์สปีดเรกกูเรชั่น = $[(N_o - N) \div N] \times 100$ ....(2)

เมื่อ N_o = ความเร็วรอบเมื่อไร้โหลด

N = ความเร็วรอบเมื่อโหลดเต็มพิกัด

4) การพันอาร์เมเจอร์ (Armature Winding)

งานพันขดลวดรอบอาร์เมเจอร์ โดยวิธีการพันแบบต่าง ๆ กันนั้น เป็นงานที่ต้องการความละเอียดประณีต และถูกหลักการพันจริง ๆ ซึ่งนับได้ว่าเป็นงานซ่อมที่ยากที่สุดในบรรดาการซ่อมเครื่องกลไฟฟ้าหรือพลังงานกลด้วยกัน แต่ก็ไม่ยากเกินไปที่จะศึกษา

วิธีการพันตามหลัก มีข้อแตกต่างที่ควรใช้เป็นหลักสังเกต

1) แบบไบโพลาร์ (Bipolar) ขนาดเล็กหรือเป็นแบบที่มีอาร์เมเจอร์ขนาดเล็ก ให้พันด้วยขดลวดขนาดเบอร์ 20 ซึ่งเป็นขดลวดขนาดเส้นเล็กและอาร์เมเจอร์แบบนี้ไม่นิยมการพันด้วยมือ แต่มักจะพันด้วยมืออาจทำให้เหงื่อที่มือผู้พันมีความเค็มของเกลือไปทำลายน้ำยาที่อาบเส้นลวดให้เสื่อมคุณภาพลงไปได้ เพราะอาร์เมเจอร์ขนาดนี้มีร่องพันลวดเล็ก เหมาะพอดีกับเส้นลวดอาบน้ำยาชนิดเปลือย และถ้าใช้ลวดที่มีด้ายหรือผ้าดิบบางๆ พันหุ้มต่างฉนวนอยู่ ขนาดของเส้นลวดจะไม่มีขนาดพอดีกับร่องอาร์เมเจอร์

2) แบบขนาดกลาง (Medium Size) เป็นอาร์เมเจอร์ที่มีขนาดใช้ธรรมดากันทั่วไป ในมอเตอร์งานต่างๆ นิยมใช้พันด้วยขดลวดขนาดเบอร์ 14 อาร์เมเจอร์ขนาดนี้ใช้พันด้วยเครื่องจักร หรือมือก็ได้ และได้ผลไม่ต่างกันเท่าไรนัก

3) แบบไบโพลาร์ขนาดใหญ่ (Bipolar) เป็นอาร์เมเจอร์ที่ใช้กับมอเตอร์ที่มีกำลังแรงม้าตั้งแต่ 1 แรงม้าขึ้นไป แต่ไม่เกิน 3 แรงม้าส่วนมากใช้มือพัน แต่ถ้าเป็นของใหม่ที่ทำมาจากต่างประเทศจะพันด้วยเครื่อง

4) แบบโฟร์โพล (Four poles) หรือแบบอาร์เมเจอร์ที่มีขั้ว 4 ขั้ว ถ้าเป็นอาร์เมเจอร์ขนาดเล็ก มักใช้พันด้วยลวดขนาดเบอร์ 16-18 มีขั้ว 4 ขั้ว และมีวิธีพันที่เป็นหลักใหญ่อยู่ 2 วิธีในหลักการพัน

4.1.1) วิธีพันขดลวดอาร์เมเจอร์ที่หลักใหญ่ 2 วิธี ดังกล่าวนี้ เรียกว่า

1) การพันแบบ Lap Winding

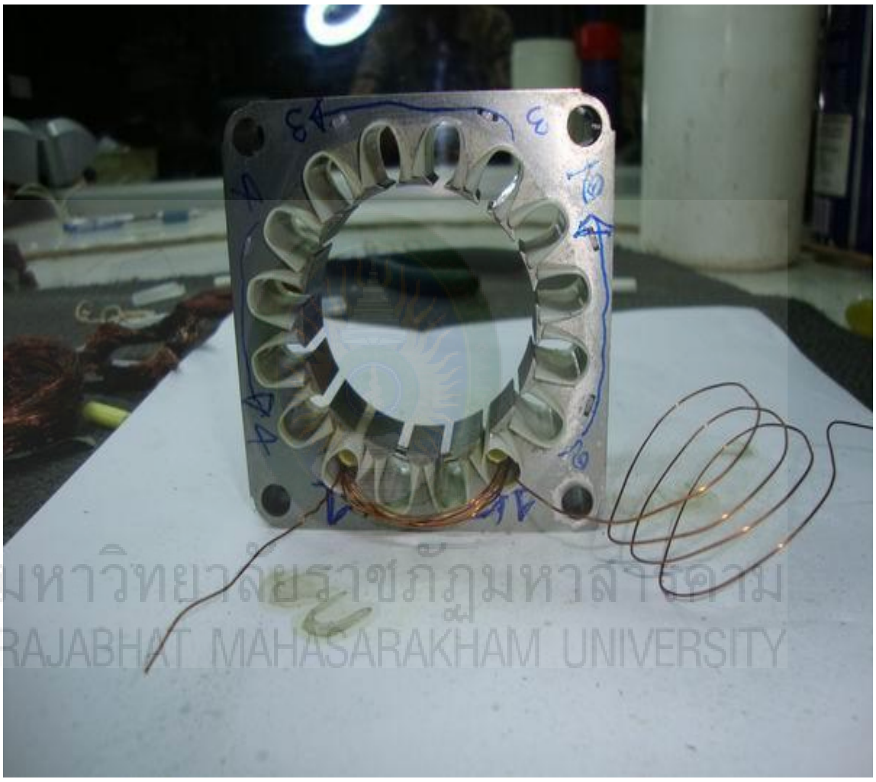
เป็นแบบที่พันด้วยขดลวดโดยรอบ เรียงขนานกันไปตามรูปของอาร์เมเจอร์ ความแตกต่างระหว่างการพันแบบแลพ กับแบบ เวฟ อยู่ที่วิธีการต่อสายไปยังบาร์แต่ละบาร์ของคอมมิวเตเตอร์ การพันแบบแลพนี้ อาจแบ่งแยกออกได้ 3 วิธี คือ

1.1) แบบซิมเพลกซ์ แลพ วินดิ้ง (Simplex Lap Winding)

เป็นแบบเรียบๆ และมีการพันถี่ระหว่างบาร์ต่อบาร์ต่างกว่าทั้ง 2 แบบ คือ เริ่มต้นพันร่องแรกเมื่อครบรอบหนึ่งแล้ว เอาปลายสายของขดลวดต่อเข้ากับบาร์คอมมิวเตเตอร์ ทำดังนี้ เอาปลายสายของขดแรกต่อเข้ากับบาร์คอมมิวเตเตอร์ และให้บาร์นี้เป็นที่เริ่มต้นของสายลวดขดเส้นที่ 2 ไปจนครบรอบแล้วต่อกับบาร์ ให้บาร์ที่ต่อกับขดลวดเส้นที่ 2 นี้เป็นที่เริ่มต้นของขดลวดเส้นที่ 3 ต่อไปพันด้วยวิธีนี้เรื่อยไปจนกว่าจะครบร่องของอาร์เมเจอร์

1.2) แบบดูเพลก แลพ วินดิ้ง (Duplex Lap Winding)

เป็นแบบที่มีการต่อปลายสายขดลวดที่พันครอบอยู่แล้ว ห่างกันระยะ 2 บาร์ของคอมมิวเตเตอร์แล้วจึงเริ่มต้นพันขดลวดต่อไป ทำดังนี้ เอาปลายของสายขดลวดแรกต่อเข้ากับบาร์คอมมิวเตเตอร์ซี่เดียวกับที่ขดลวดขดที่ 3 ตั้งต้นพัน และให้ปลายของขดลวดขดที่ 3 ต่อกับบาร์ ซี่เดียวกับที่ขดลวดขดที่ 5 ตั้งต้นพัน ทำข้ามระยะกัน 2 ช่องบาร์ดังกล่าวเรื่อยไปจนครบร่อง แสดงดังภาพที่ 2.34


มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.34 การพันแบบแลพ วินดิ้ง
ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

1.3) แบบทริพเพลกซ์ แลพ วินดิ้ง (Triplex Lap Winding)

เป็นแบบที่มีการต่อปลายสายของขดลวดห่างระยะ 3 บาร์ จากที่ตั้งต้นของสาย ทำดังนี้ เอาปลายสายของขดลวดขดแรกต่อกับบาร์คอมมิวเตเตอร์ ซึ่งเป็นบาร์เดียวกับขดลวดขดที่ 4 และปลายขดลวดขดที่ 4 นี้ จะเป็นที่เริ่มต้นพันของขดลวดขดที่ 5 ทำดังนี้เรื่อยไปจนครบร่องการพันอาร์เมเจอร์แบบซิมเพลกซ์ แลพ เป็นแบบที่เรียกว่ามีความถี่มากที่สุด และมักจะนำไปใช้กับอาร์เมเจอร์ขนาดเล็ก และขนาดกลางเป็นส่วนมาก ส่วนแบบดูเพลก แลพ กับ ทริพเพลกซ์

แลพ ไม่ค่อยนำไปใช้ในขนาดที่มีขอบเขตมากนัก แต่การพันขดลวดแบบซิมเพลกซ์เป็นแบบที่สามารถจะนะไปต่อเป็นแบบดูเพลกซ์และทริพเพลกซ์ได้ เมื่อต้องการจะทำมอเตอร์ให้หมุนในลักษณะแรงเคลื่อนต่ำ และแปรงชนิดที่ใช้กับอาร์เมเจอร์พันแบบดูเพลกซ์จะต้องสัมผัสกับบาร์ของคอมมิวเตเตอร์อย่างน้อย 2 บาร์ ในขณะที่แปรงซึ่งใช้สำหรับทริพเพลกซ์จะต้องสัมผัสกับบาร์เป็นอย่างน้อย 3 บาร์ แสดงดังภาพที่ 2.35

ภาพที่ 2.35 การพันแบบแลพ วินดิ้ง ด้วยขดลวดหลายๆเส้น ซึ่งเป็นแบบที่ใช้วิธีพันถอยหลังเรื่อยไป

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ในการพันแบบแลพ วินดิ้งอย่างธรรมดานั้น ขดลวดจะเริ่มจากคอมมิวเตเตอร์ที่ซี่หนึ่งซี่ใด ผ่านไปทางด้านหลังของอาร์เมเจอร์ แล้วกลับมาลงคอมมิวเตเตอร์ที่ใกล้เคียงกับซี่แรก และซี่หลังก็เริ่มต้นของขดลวดขดต่อไปใหม่ในลักษณะเดียวกัน ขดลวดหนึ่งๆนั้นอาจพันรอบเดียวกันหลายรอบก็ได้ และอาจพันด้วยผ้าเทปรอบๆ อีกครั้งหนึ่ง เพื่อทำให้รวมกันเป็นขดลวดเพียงขดเดียว

หลักสำคัญในการพันแบบแลพ วินดิ้ง ได้ดังนี้

1) ขาสองข้างของขดลวด (coil side) จะต้องต่างขั้วกันเสมอ

2) การพันต้องผ่านแต่ละ element ครั้งหนึ่ง และครั้งเดียวเท่านั้น

3) การพันต้องพันแบบบรรจบที่เดิม และครบวงจรในตัวของมันเอง

2) การพันแบบ Wave Winding

การพันแบบนี้ถ้าจะเรียกตามลักษณะของคำศัพท์ก็เรียกว่า การพันอาร์เมเจอร์แบบคลื่น วิธีการพันอาจจะแตกต่างกับแบบแลพ อยู่บ้าง แต่ก็แบ่งออกเป็น 3 วิธีด้วยกัน คือ

2.1) ซิมเพลกซ์ เวฟ วินดิ้ง (Simplex Wave Winding)

2.2) ดูเพลกซ์ เวฟ วินดิ้ง (Duplex Wave Winding)

2.3) ทริพเพลกซ์ เวฟ วินดิ้ง (Triplex Wave Winding)

ข้อแตกต่างในการพันแบบแลพกับเวฟ โดยการพันแบบแลพ นั้น เริ่มต้นจากขั้วต้นไปขั้วต่อไป แล้ววนกลับมายังขั้วเดิมแล้วลงสลอทถัดไป 1 สลอท หรือมากกว่านั้น เมื่อเริ่มพันลงในสลอท แรกทางขั้วต้น แล้วข้ามไปลงสลอทที่ถัดไป แล้วแทนที่จะวนกลับมาทางขั้วเดิมกลับพันเลยไปลงสลอท ที่ขั้วต่อไปข้างหนึ่งซึ่งเป็นขั้วเหมือนกับขั้วแรก แสดงดังภาพที่ 2.36

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.36 การพันแบบเวฟ วินดิ้ง ที่เสร็จสมบูรณ์

ที่มา (ทศพล บุญใส, 2559)

4.1.3) สรุป การพันแบบเวฟ วินดิ้งเป็นแบบซึ่งให้เริ่มต้น และปลายสายของขดลวดแต่ละสายต่อกับบาร์ต่างหากกันไป ซึ่งสุดแต่จำนวนของขั้วมอเตอร์และจำนวนของบาร์คอมมิวเตเตอร์ที่มีอยู่ ในการพันขดลวดแบบเวฟ วินดิ้งสำหรับมอเตอร์ที่มี 4 ขั้วนั้นกระแสไฟฟ้าจะไหลเรื่อยตลอดไปยังขดลวดอย่างน้อย 2 ขด ก่อนที่จะถึงบาร์คอมมิวเตเตอร์ซึ่งอยู่ติดกับจุดสตาร์ทหรือเริ่มเดินของมอเตอร์ ถ้าเป็นมอเตอร์แบบ 6 ขั้ว กระแสจะไหลเข้าสู่ขดลวด 3 ขดก่อนจะถึงบาร์ที่ติดกับจุดสตาร์ท การพันแบบเวฟ วินดิ้งนี้ไม่ใช้กับมอเตอร์ ชนิด 2 ขั้ว

2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell)

เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเลคทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โฟตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน

2.2.1 การผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์มีจุดเด่นที่สำคัญ และแตกต่างจากวิธีอื่นมีอยู่หลายประการ ดังต่อไปนี้

1) ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวในขณะใช้งาน จึงทำให้ไม่มีมลภาวะทางเสียง

2) ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะเป็นพิษจากขบวนการผลิตไฟฟ้า

3) มีการบำรุงรักษาน้อยมากและใช้งานแบบอัตโนมัติได้ง่าย

4) ประสิทธิภาพคงที่ไม่ขึ้นกับขนาด

5) สามารถผลิตเป็นแผงขนาดต่างๆ ได้ง่าย ทำให้สามารถผลิตได้ปริมาณมาก

6) ผลิตไฟฟ้าได้แม้มีแสงแดดอ่อนหรือมีเมฆ

7) เป็นการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้มาฟรีและมีไม่สิ้นสุด

8) ผลิตไฟฟ้าได้ทุกมุมโลกแม้บนเกาะเล็กๆ กลางทะเล บนยอดเขาสูง และในอวกาศ

9) ได้พลังงานไฟฟ้าโดยตรงซึ่งเป็นพลังงานที่นำมาใช้ได้สะดวกที่สุด

2.2.2 เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

ชนิดของเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งตามวัสดุที่ใช้เป็น 3 ชนิดหลักๆ คือ

1) เซลล์แสงอาทิตย์ที่จะทำจากซิลิคอน หรือ ชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline Silicon Solar Cell) หรือมีที่รู้จักกันและในชื่อ Monocrystalline Silicon Solar Cell และชนิดผลึกรวม (Polycrystalline Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นแผ่นซิลิคอนแข็งและบางมาก
แสดงดังภาพที่ 2.37

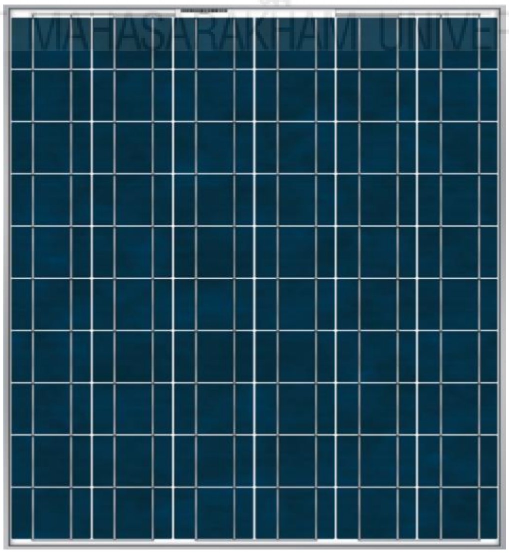
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.37 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอน ชนิดผลึกเดี่ยว

ที่มา (ดุสิต เครืองาม, 2556)

2) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell) ลักษณะเป็นฟิล์มบางเพียง (0.0005 มม.) น้ำหนักเบามาก และประสิทธิภาพเพียง 5-10 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังภาพที่ 2.38

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.38 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน

ที่มา (ดุสิต เครืองาม, 2556)

3) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ เช่น แกลเลี่ยม อาร์เซไนด์, แคดเมียม เทลเลอไรด์ และคอปเปอร์ อินเดียม ไดเซเลไนด์ เป็นต้น มีทั้งชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystalline) และผลึกรวม (Polycrystalline) เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ จะให้ประสิทธิภาพสูงถึง 20-25 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังภาพที่ 2.39

ภาพที่ 2.39 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำอื่นๆ

ที่มา (ดุสิต เครืองาม, 2556)

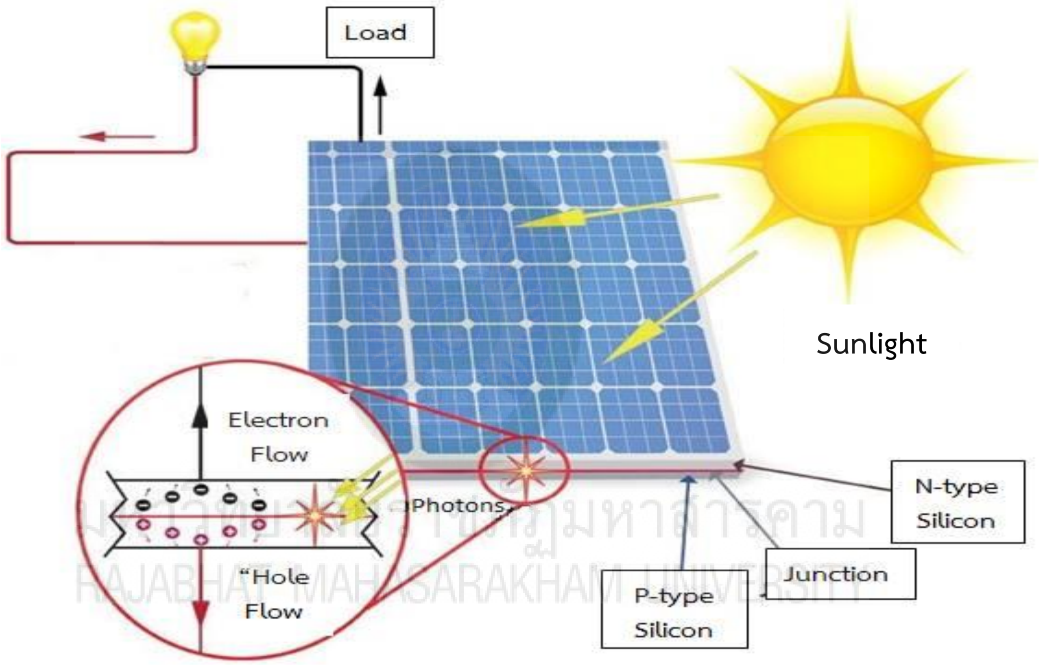
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2.3 โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

โครงสร้างที่นิยมมากที่สุด ได้แก่ รอยต่อพีเอ็นของสารกึ่งตัวนำ สารกึ่งตัวนำที่ราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนโลก คือ ซิลิคอน จึงถูกนำมาสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ โดยนำซิลิคอนมาถลุง และผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ จนกระทั่งทำให้เป็นผลึก จากนั้นนำมาผ่านกระบวนการแพร่ซึมสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น โดยเมื่อเติมสารเจือฟอสฟอรัส จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (เพราะนำไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ) และเมื่อเติมสารเจือโบรอน จะเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดพี (เพราะนำไฟฟ้าด้วยโฮลซึ่งมีประจุบวก) ดังนั้น เมื่อนำสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็นมาต่อกัน จะเกิดรอยต่อพีเอ็นขึ้น โครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดซิลิคอน อาจมีรูปร่างเป็นแผ่นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความหนา 200-400 ไมครอน (0.2-0.4 มิลลิเมตร) ผิวด้านรับแสงจะมีชั้นแพร่ซึมที่มีการนำไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าด้านหน้าที่รับแสงจะมีลักษณะคล้ายก้างปลาเพื่อให้ได้พื้นที่รับแสงมากที่สุด ส่วนขั้วไฟฟ้าด้านหลังเป็นขั้วโลหะเต็มพื้นผิว

2.2.4 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์

เมื่อมีแสงอาทิตย์ตกกระทบเซลล์แสงอาทิตย์ จะเกิดการสร้างพาหะนำไฟฟ้าประจุลบและบวกขึ้น ได้แก่ อิเล็กตรอนและ โฮล โครงสร้างรอยต่อพีเอ็นจะทำหน้าที่สร้างสนามไฟฟ้าภายในเซลล์ เพื่อแยกพาหะนำไฟฟ้าชนิดอิเล็กตรอนไปที่ขั้วลบ และพาหะนำไฟฟ้าชนิดโฮลไปที่ขั้วบวก (ปกติที่ฐานจะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี ขั้วไฟฟ้าด้านหลังจึงเป็นขั้วบวก ส่วนด้านรับแสงใช้สารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ขั้วไฟฟ้าจึงเป็นขั้วลบ) ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง เมื่อต่อให้ครบวงจรไฟฟ้าจะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลขึ้น แสดงดังภาพที่ 2.40



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.40 หลักการทำงานทั่วไปของเซลล์แสงอาทิตย์

ที่มา (ดุสิต เครืองาม, 2556)

2.2.5 ขั้นตอนการผลิตเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว (Single Crystal) หรือ Monocrystalline มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1) นำซิลิคอนที่ถลุงได้มาหลอมเป็นของเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 1400 องศาเซลเซียส แล้วดึงผลึกออกจากของเหลว โดยลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ จนได้แท่งผลึกซิลิคอนเป็นของแข็ง แล้วนำมาตัดเป็นแว่นๆ

2) นำผลึกซิลิคอนที่เป็นแว่น มาแพร่ซึมด้วยสารเจือปนต่างๆ เพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็น ภายในเตาแพร่ซึมที่มีอุณหภูมิประมาณ 900-1000 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำชั้นต้านการสะท้อนแสงด้วยเตาออกซิเดชั่นที่มีอุณหภูมิสูง

3) ทำขั้วไฟฟ้าสองด้านด้วยการฉาบไอโลหะภายใต้สุญญากาศ เมื่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะต้องนำไปทดสอบประสิทธิภาพด้วยแสงอาทิตย์เทียม และวัดหาคุณสมบัติทางไฟฟ้า

2.2.6 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกรวม (Polycrystalline) มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1) นำซิลิคอนที่ถลุงและหลอมละลายเป็นของเหลวแล้วมาเทลงในแบบพิมพ์ เมื่อซิลิคอนแข็งตัว จะได้เป็นแท่งซิลิคอนเป็นแบบผลึกรวม แล้วนำมาตัดเป็นแว่นๆ

2) จากนั้นนำมาแพร่ซึมด้วยสารเจือปนต่างๆ และทำขั้วไฟฟ้าทั้งสองด้านด้วยวิธีการเช่นเดียวกับที่สร้างเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากซิลิคอนชนิดผลึกเดี่ยว

2.2.7 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากที่ทำจากอะมอร์ฟัสซิลิคอน มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

1) ทำการแยกสลายก๊าซไซเลน (Silane Gas) ให้เป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่อง Plasma CVD (Chemical Vapor Deposition) เป็นการผ่านก๊าซไซเลนเข้าไปในครอบแก้วที่มีขั้วไฟฟ้าความถี่สูง จะทำให้ก๊าซแยกสลายเกิดเป็นพลาสมา และอะตอมของซิลิคอนจะตกลงบนฐานหรือสแตนเลสสตีลที่วางอยู่ในครอบแก้ว เกิดเป็นฟิล์มบางขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน (0.001 มม.)

2) ขณะที่แยกสลายก๊าซไซเลน จะผสมก๊าซฟอสฟีนและไดโบเรนเข้าไปเป็นสารเจือปนเพื่อสร้างรอยต่อพีเอ็นสำหรับใช้เป็นโครงสร้างของเซลล์แสงอาทิตย์

3) การทำขั้วไฟฟ้า มักใช้ขั้วไฟฟ้าโปร่งแสงที่ทำจาก ITO (Indium Tin Oxide)

2.2.8 เซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์ มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

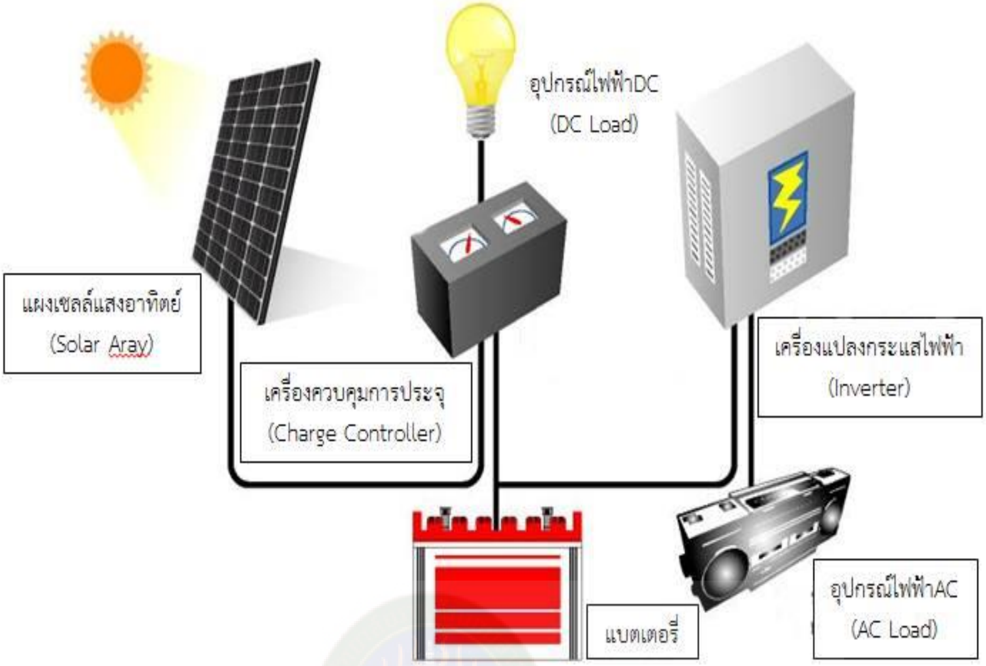
1) ขั้นตอนการปลูกชั้นผลึก ใช้เครื่องมือ คือ เตาปลูกชั้นผลึกจากสถานะของเหลว (LPE; Liquid Phase Epitaxy)

2) ขั้นตอนการปลูกชั้นผลึกที่เป็นรอยต่อเอ็นพี ใช้เครื่องมือ คือ เครื่องปลูกชั้นผลึกด้วยลำโมเลกุล (MBE; Molecular Beam Epitaxy)

2.2.9 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้ากระแสตรง จึงนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ได้เฉพาะกับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้น หากต้องการนำไปใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับหรือเก็บสะสมพลังงานไว้ใช้ต่อไป จะต้องใช้ร่วมกับอุปกรณ์อื่นๆ อีก โดยรวมเข้าเป็นระบบที่ผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์สำคัญๆ มีดังนี้ แสดงดังภาพที่ 2.41

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.41 อุปกรณ์สำคัญของระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์
ที่มา (ดุสิต เครืองาม, 2556)

1) แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรงและมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) มีการนำแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลายๆ เซลล์มาต่อและกันเป็นแถวหรือเป็นชุด (Solar Array) เพื่อให้ได้พลังงานไฟฟ้ามีใช้งานตามที่ต้องการ โดยการต่อกันแบบอนุกรม จะเพิ่มแรงดันไฟฟ้า และการต่อกันแบบขนาน จะเพิ่มพลังงานไฟฟ้า หากสถานที่ตั้งทางภูมิศาสตร์แตกต่างกัน ก็จะมีผลให้ปริมาณของค่าเฉลี่ยพลังงานสูงสุดในหนึ่งวันไม่เท่ากันด้วย รวมถึงอุณหภูมิก็มีผลต่อการผลิตพลังงานไฟฟ้า หากอุณหภูมิสูงขึ้น การผลิตพลังงานไฟฟ้าจะลดลง

2) เครื่องควบคุมการประจุ (Charge Controller) ทำหน้าที่ประจุกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เข้าสู่แบตเตอรี่ และควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าให้มีปริมาณเหมาะสมกับแบตเตอรี่ เพื่อยืดอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ รวมถึงการจ่ายกระแสไฟฟ้าออกจากแบตเตอรี่ด้วย ดังนั้น การทำงานของเครื่องควบคุมการประจุ คือ เมื่อประจุกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แบตเตอรี่จนเต็มแล้ว จะหยุดหรือลดการประจุกระแสไฟฟ้า (และมักจะมีคุณสมบัติในการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า กรณีแรงดันของแบตเตอรี่ลดลงด้วย) ระบบพลังงานแสงอาทิตย์จะใช้เครื่องควบคุมการประจุกระแสไฟฟ้าในกรณีที่มีการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่เท่านั้น

3) แบตเตอรี่ (Battery) ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ใช้เวลาที่ต้องการ เช่น เวลาที่ไม่มีแสงอาทิตย์ เวลากลางคืน หรือนำไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆ แบตเตอรี่มีหลายชนิดและหลายขนาดให้เลือกใช้งานตามความเหมาะสม

4) เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า (Inverter) ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าจากกระแสตรง (DC) ที่ผลิตได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ให้เป็นพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) เพื่อให้การสามารถใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับทุกชนิด และ Modified Sine Wave Inverter ใช้ได้กับอุปกรณ์ไฟฟ้ากระแสสลับที่ไม่มีส่วนประกอบของมอเตอร์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เป็น Electronic ballast

5) ระบบป้องกันฟ้าผ่า (Lightning Protection) ทำหน้าที่ป้องกันความเสียหายที่เกิดกับอุปกรณ์ไฟฟ้าเมื่อฟ้าผ่า หรือเกิดการเหนี่ยวนำทำให้ความต่างศักย์สูง ในระบบทั่วไปมักไม่ใช้อุปกรณ์นี้ จะใช้สำหรับระบบขนาดใหญ่และมีความสำคัญเท่านั้น รวมถึงต้องมีระบบสายดินที่มีประสิทธิภาพด้วย

2.2.10 การผลิตไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

1) การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบอิสระ (PV Stand alone system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบสำหรับใช้งานในพื้นที่ชนบทที่ไม่มีระบบสายส่งไฟฟ้าอุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์ควบคุมการประจุแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับแบบอิสระ

2) การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่อกับระบบจำหน่าย (PV Grid connected system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับผลิตไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ เข้าสู่ระบบสายส่งไฟฟ้าโดยตรง ใช้ผลิตไฟฟ้าในเขตเมืองหรือพื้นที่ที่มีระบบจำหน่ายไฟฟ้าเข้าถึง อุปกรณ์ระบบที่สำคัญประกอบด้วยแผงเซลล์แสงอาทิตย์ อุปกรณ์เปลี่ยนระบบไฟฟ้ากระแสตรงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับชนิดต่อกับระบบจำหน่ายไฟฟ้า

3) การผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบผสมผสาน (PV Hybrid system) เป็นระบบผลิตไฟฟ้าที่ถูกออกแบบสำหรับทำงานร่วมกับอุปกรณ์ผลิตไฟฟ้าอื่นๆ เช่น ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และเครื่องยนต์ดีเซล ระบบเซลล์แสงอาทิตย์กับพลังงานลม และไฟฟ้าพลังน้ำ เป็นต้น โดยรูปแบบระบบจะขึ้นอยู่กับการออกแบบตามวัตถุประสงค์โครงการเป็นกรณีเฉพาะ

คุณสมบัติและตัวแปรที่สำคัญของเซลล์แสงอาทิตย์

ตัวแปรที่สำคัญที่มีส่วนทำให้เซลล์แสงอาทิตย์มีประสิทธิภาพการทำงานในแต่ละพื้นที่ต่างกัน และมีความสำคัญในการพิจารณานำไปใช้ในแต่ละพื้นที่ ตลอดจนการนำไปคำนวณระบบหรือคำนวณจำนวนแผงแสงอาทิตย์ที่ต้องใช้ในแต่ละพื้นที่ มีดังนี้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1) ความเข้มของแสง กระแสไฟ (Current) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง หมายความว่าเมื่อความเข้มของแสงสูง กระแสที่ได้จากเซลล์แสงอาทิตย์ก็จะสูงขึ้น ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์แทบจะไม่แปรไปตามความเข้มของแสงมากนัก ความเข้มของแสงที่ใช้วัดเป็นมาตรฐานคือ ความเข้มของแสงที่วัดบนพื้นโลกในสภาพอากาศปลอดโปร่ง ปราศจากเมฆหมอกและวัดที่ระดับน้ำทะเลในสภาพที่แสงอาทิตย์ตั้งฉากกับพื้นโลก ซึ่งความเข้ม ของแสงจะมีค่าเท่ากับ 100 เมกะวัตต์ต่อตารางเซ็นติเมตร. หรือ 1,000 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับ AM 1.5 (Air Mass 1.5) และถ้าแสงอาทิตย์ทำมุม 60 องศากับพื้นโลกความเข้มของแสง จะมีค่าเท่ากับประมาณ 75 เมะกะวัตต์ต่อตารางเซ็นติเมตร. หรือ 750 วัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งที่มีค่าเท่ากับ AM 2 กรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์นั้นจะใช้ค่า AM 1.5 เป็นมาตรฐานในการวัดประสิทธิภาพของแผง

2) อุณหภูมิ กระแสไฟ จะไม่แปรตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ในขณะที่แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วทุกๆ 1 องศาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้แรงดันไฟฟ้าลดลง 0.5 เปอร์เซ็นต์ และในกรณีของแผงเซลล์แสงอาทิตย์มาตรฐานที่ใช้กำหนดประสิทธิภาพของแผงแสงอาทิตย์คือ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เช่น กำหนดไว้ว่าแผงแสงอาทิตย์มีแรงดันไฟฟ้าที่วงจรเปิด (Open Circuit Voltage) ที่ 21 โวลต์ ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ก็ที่มีจะหมายความว่าแรงดันไฟฟ้าที่จะได้จากแผงแสงอาทิตย์ เมื่อยังไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์ไฟฟ้า ณ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะเท่ากับ 21 โวลต์ ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส เช่น อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะทำให้แรงดันไฟฟ้าของแผงแสงอาทิตย์ลดลง 2.5 เปอร์เซ็นต์ (0.5 เปอร์เซ็นต์ x 5 องศาเซลเซียส) นั่นคือ แรงดันของแผงแสงอาทิตย์ที่มีวงจรเปิดแรงดันจะมีลดลงที่ 0.525 โวลต์หรือ (21 โวลต์ x 2.5 เปอร์เซ็นต์) เหลือเพียง 20.475 โวลต์ (21 โวลต์)

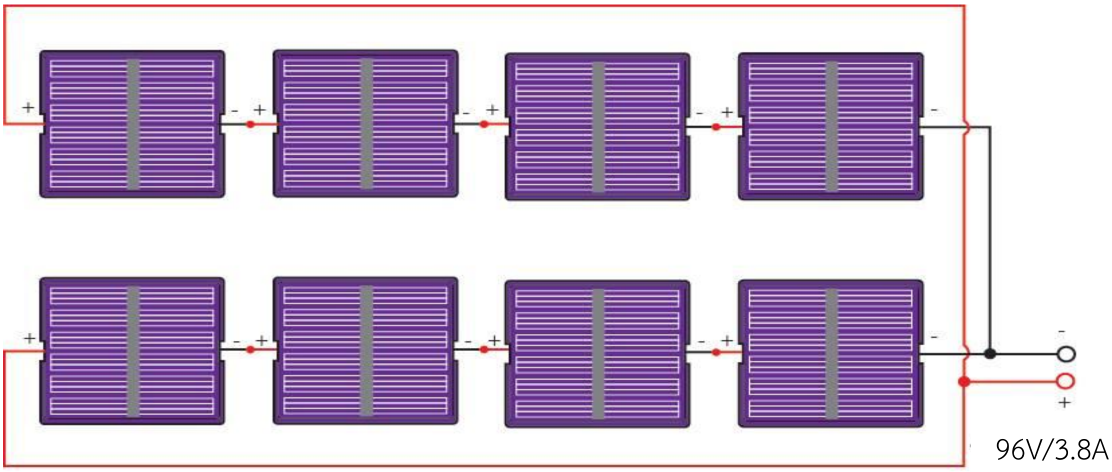
2.2.11 การต่อแผงโซล่าเซลล์หลายแผงเข้าด้วยกัน

โดยปกติแล้วการต่อแผงโซล่าเซลล์เข้าด้วยกันนั้น จะต้องรู้ก่อนว่าขนาดของระบบที่เราออกแบบมาจะใช้งานที่แรงดันไฟฟ้าเท่าไรให้สอดคล้องกับกำลังไฟฟ้าที่จะใช้งาน(แนะนำการเลือกใช้งานแรงดันระบบ) โดยทั่วไปแล้วจะใช้ที่แรงดัน 12, 24, 48 และ 120 โวลต์เป็นหลัก ดังนั้นการต่อแผงโซล่าเซลล์จะต้องเลือก เครื่องควบคุมการชาร์จ แบตเตอรี่ และโหลดให้มีความสอดคล้องร่วมกันด้วย

การต่อแผงโซล่าเซลล์มีอยู่สองแบบด้วยกัน

1) การต่อแบบอนุกรม คือ นำขั้วบวกของโซล่าเซลล์แผงหนึ่งมาต่อกับขั้วลบอีกแผงหนึ่งไปเรื่อยๆ จนได้แรงดันตามระบบที่ออกแบบไว้ การต่อแบบอนุกรมนี้จะทำให้แรงดันไฟฟ้าเพิ่มขึ้นแต่กระแสในระบบจะเท่าเดิม ตัวอย่าง ถ้ามีโซล่าเซลล์แรงดัน 12 โวลต์ กระแส 3.8 แอปม์ 8 แผง มาต่ออนุกรมกันจะได้แรงดันรวมอยู่ที่ 96 โวลต์ และกระแสรวม 3.8 แอมป์ แสดงดังภาพที่ 2.42

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

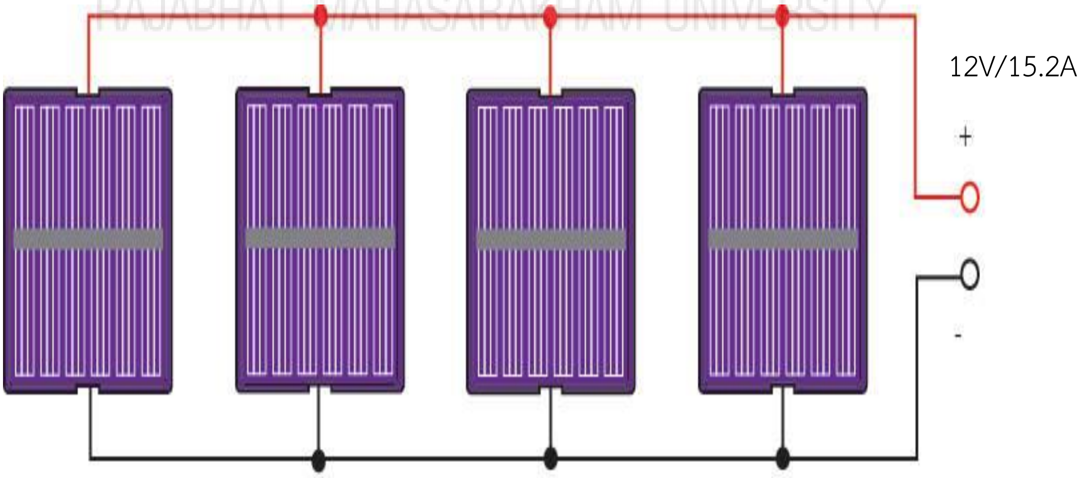


ภาพที่ 2.42 การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรม

ที่มา (ดุสิต เครืองาม, 2556)

2) การต่อแบบขนาน คือ นำขั้วบวกของโซล่าเซลล์แผงหนึ่งไปต่อกับขั้วบวกของโซล่าเซลล์อีกแผงหนึ่ง และนำขั้วลบแผงหนึ่งไปต่อกับขั้วลบอีกแผงหนึ่ง การต่อแบบนี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นแต่แรงดันเท่าเดิม ตัวอย่างถ้ามีแผงโซล่าเซลล์ 12 โวลต์ กระแส 3.8 แอมป์ 4 แผงนำมาต่อแบบขนานจะได้แรงดันรวมของระบบ 12 โวลต์ และกระแสไฟฟ้ารวม 15.2 แอมป์
แสดงดังภาพที่ 2.43

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาพที่ 2.43 การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรม

ที่มา (ดุสิต เครืองาม, 2556)

สังเกตุว่าการต่อแผงโซล่าเซลล์ทั้งสองแบบนี้ จะได้ค่าของกำลังไฟฟ้าออกมาคือ (96 โวลต์ 3.8 แอมป์ เท่ากับ 374.8 วัตต์) และ (12 โวลต์ 15.2 แอมป์ เท่ากับ 120 วัตต์) (ตัวอย่างแผงที่ยกมาโซล่าเซลล์หนึ่งแผงจะมีกำลังไฟฟ้า 30 วัตต์) ตามสูตรพื้นฐานไฟฟ้าง่ายๆ คือ

$$P = VI$$

P = กำลังไฟฟ้า (วัตต์)

V = แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)

I = กระแสไฟฟ้า (แอมป์)

ถ้าระบบที่เราจะนำแผงโซล่าเซลล์ไปต่อเป็นแบบแยกเดี่ยวที่ต่อตรงเข้ากับแบตเตอรี่และโหลดกระแสตรงเลย เราจะต้องต่อแผงโซล่าเซลล์ให้มีแรงดันรวมที่ผลิตออกมาจากแผงมากกว่าแรงดันของแบตเตอรี่จะมีประมาณ 1.4-1.5 เท่า โซล่าเซลล์ถึงจะชาร์จประจุเข้า เช่นแบตเตอรี่มีแรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ จะต้องมีแรงดันจากแผงโซล่าเซลล์ประมาณ 16.8-18 โวลต์

3) ข้อควรระวัง การต่อแผงโซล่าเซลล์แบบอนุกรมควรระวังอย่าให้มีเงามาตกกระทบบดบังแสงที่จะส่งไปยังแผงโซล่าเซลล์ เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพโดยรวมทั้งหมดของระบบลดลงหรือถึงขั้นไฟฟ้าไม่สามารถผลิตขึ้นได้ เปรียบเหมือนกับท่อน้ำที่ถูกตัดระหว่างทางทำให้ไม่สามารถส่งน้ำไปยังปลายทางได้ ทั้งนี้สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการต่อบายพาสไดโอดขนานกับแผงหรือการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์ให้หลีกเลี่ยงเงาที่จะตกกระทบลงบนแผงนอกจากนี้ การต่อแผงโซล่าเซลล์ในระบบเข้าด้วยกันจะต้องเลือกแผงโซล่าเซลล์และอุปกรณ์โดยรวมให้มีขนาดเหมาะสม มิฉะนั้นแล้วจะทำให้อุปกรณ์ระบบเกิดความเสียหายหรือผลิตไฟฟ้าได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายต่างๆเพิ่มเติมตามมาอีกมากมาย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.2.12 คอนโทรลชาร์จโซล่าเซลล์ หรือโซล่าชาร์จเจอร์

โซล่าชาร์จเจอร์ คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณสมบัติเพื่อคอยควบคุมการชาร์จไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลลงสู่แบตเตอรี่เพื่อเก็บกระแสไฟ และนำมาใช้งานตามที่ต้องการ ซึ่งคอนโทรลชาร์จหรือโซล่าชาร์จเจอร์ตามท้องตลาดจะมีระบบจ่ายกระแสไฟเมื่อแรงดันแบตเตอรี่อยู่ในระดับต่ำ และทำการตัดการจ่ายกระแสไฟเพื่อไปประจุยังแบตเตอรี่เมื่อแรงดันของแบตเตอรี่อยู่ในระดับที่สูงตามที่ได้กำหนดไว้เพื่อป้องกันการ Over Charge ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่เกิดความเสียหาย และใช้งานไม่ได้ในที่สุดเร็วกว่าระยะเวลาอันควร และคุณสมบัติของคอนโทรลชาร์จโซล่าเซลล์ โดยทั่วไปในช่วงเวลากลางคืนยังคอยปกป้องไม่ให้ไฟจากแบตเตอรี่ย้อนขึ้นไปยังตัวแผงโซล่าเซลล์ซึ่งอาจก่อให้เกิดความเสียหายได้เช่นกัน แสดงดังภาพที่ 2.44

ภาพที่ 2.44 แสดงระบบไฟแสดงสถานะแผงโซล่าเซลล์

ที่มา (พรชัย พรหฤทัย, 2557)

1) ระบบไฟแสดงสถานะแผงโซล่าเซลล์

1.1) ไฟ SUN ติดค้างเมื่อมีแสงแดดสามารถชาร์จไฟเข้าแบตเตอรี่ได้

1.2) ไฟ SUN กระพริบเมื่อแสงแดดอ่อน แรงดันไฟฟ้ามีน้อย

1.3) ไฟ SUN ดับเมื่อไม่มีแสงแดดหรือมีการถอดสายไฟจากแผงโซล่าเซลล์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2) ระบบไฟแสดงสถานะแบตเตอรี่และการชาร์จ

2.1) ไฟ BAT สีเขียวติดค้าง เมื่อมีการชาร์จไฟจากแผงโซล่าเซลล์เข้าแบตเตอรี่

2.2) ไฟ BAT สีเขียวกระพริบ เมื่อแบตเตอรี่ถูกชาร์จจนเต็ม

2.3) ไฟ BAT สีแดงติดค้าง เมื่อแบตเตอรี่มีประจุเหลือน้อย

2.4) ไฟ BAT สีแดงกระพริบช้าๆ เมื่อแบตเตอรี่ถูกชาร์จด้วยแรงดันไฟฟ้าที่มากเกินไปอุปกรณ์ต่อพ่วงจะถูกตัดการทำงาน

3) ระบบไฟแสดงสถานะอุปกรณ์ต่อพ่วง

3.1) ไฟ LOAD สีส้มติดค้าง อุปกรณ์ต่อพ่วงทำงานปกติ

3.2) ไฟ LOAD ดับเมื่ออุปกรณ์ต่อพ่วงปิดการทำงาน

3.3) ไฟ LOAD กระพริบ เมื่อมีกระแสเกินหรือเกิดการลัดวงจร อุปกรณ์ต่อพ่วงถูกปิดการทำงานทันที กรณีนี้ Solar Charge Controller จะรีสตาร์ทเครื่องเองภายใน 30 วินาที

4) การเชื่อมต่อสายไฟเข้ากับ Solar Charge Controller

4.1) ต่อสายไฟจากช่อง Battery ของเครื่อง Solar Charge Controller ไปยังขั้วของแบตเตอรี่ โปรดระวังการต่อสลับขั้ว ถ้าต่อสายไฟถูกต้องไฟแสดงสถานะแบตเตอรี่จะติด

4.2) ต่อสายไฟจากช่อง Solar Cell ของเครื่อง Solar Charge Controller ไปยังแผงโซล่าเซลล์ โปรดระวังการต่อสลับขั้ว ถ้าต่อสายไฟถูกต้องและมีแสงแดด ไฟแสดงสถานะของแผงโซล่าเซลล์จะติด

4.3) ต่อสายไฟอุปกรณ์ต่อพ่วง DC เข้ากับช่อง Load ของเครื่อง Solar Charge Controller โปรดระวังการต่อสลับขั้ว อาจจะทำให้อุปกรณ์ต่อพ่วงเสียหายได้

2.3 แบตเตอรี่(Battery)

แบตเตอรี่ คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่จัดเก็บพลังงานเพื่อไว้ใช้ต่อไป และถือเป็นอุปกรณ์ที่สามารถแปลงพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรงด้วยการใช้เซลล์กัลวานิก (galvanic cell) ที่จะประกอบด้วยทั้งขั้วบวก และขั้วลบ พร้อมกับสารละลายอิเล็กโตรไลต์ (electrolyte solution) แบตเตอรี่อาจประกอบด้วยเซลล์กัลวานิกเพียง 1 เซลล์หรือมากกว่าก็ได้

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์สำหรับจัดเก็บไฟฟ้าเท่านั้น ไม่ได้ผลิตไฟฟ้า สามารถประจุไฟฟ้าเข้าไปใหม่ (recharge) ได้หลายครั้ง และประสิทธิภาพจะไม่เต็ม 100 เปอร์เซ็นต์ จะอยู่ที่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ เพราะมีการสูญเสียพลังงานบางส่วนไปในรูปความร้อนและปฏิกิริยาเคมีจากการประจุ-จ่ายประจุนั่นเอง แบตเตอรี่จัดเป็นอุปกรณ์ที่มีราคาแพงและเสียหายได้ง่ายหากดูแลรักษาไม่ดีเพียงพอหรือใช้งานผิดวิธี รวมถึงอายุการใช้งานของแบตเตอรี่แต่ละชนิดจะแตกต่างกันไป เนื่องด้วยวิธีการใช้การบำรุงรักษาการประจุ และอุณหภูมิ แสดงดังภาพที่ 2.45

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.45 แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์

ที่มา (พรภัทธ์ แสงมณี, 2557)

2.3.1 แบตเตอรี่ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยน พลังงานเคมีที่เก็บไว้เป็นพลังงานไฟฟ้า ได้มีการค้นพบว่า มีการใช้แบตเตอรี่ตั้งแต่สมัย บาบิโลเนียน เมื่อประมาณ 500 ปีก่อนคริสตศักราช แต่แบตเตอรี่ที่มีใช้ในปัจจุบัน เป็นการค้นคว้าทดลองของนักวิทยาศาสตร์เมื่อ 200 ปีที่แล้ว ซึ่งแบ่งตามลักษณะของการใช้งานได้เป็น 4 ชนิดดังนี้

1) แบตเตอรี่ปฐมภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วไม่สามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือที่มักเรียกกันว่า “ถ่าน” มีอยู่หลายชนิด เช่น ถ่านอัลคาไลน์ ถ่านลิเทียม เป็นต้น แบตเตอรี่แบบนี้มีหลายขนาด ใช้ในวิทยุ นาฬิกา เก็บพลังงานได้สูง อายุการใช้งานสูง แต่เมื่อถูกใช้หมดจะกลายเป็นขยะมลพิษ

2) แบตเตอรี่ทุติยภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วสามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ แบตเตอรี่มือถือ และถ่านรุ่นใหม่ๆ เป็นต้น

3) แบตเตอรี่เชิงกล เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วนำกลับมาชาร์จประจุใหม่ได้ โดยการเปลี่ยนขั้วอิเล็กโทรดขั้วลบของแบตเตอรี่ที่ใช้งานแล้ว ซึ่งทำให้มีการชาร์จประจุอย่างรวดเร็ว เช่น แบตเตอรี่ชนิดอลูมิเนียม-อากาศ

4) แบตเตอรี่ผสม เป็นแบตเตอรี่ที่มีเซลล์ของเชื้อเพลิงผสมอยู่ โดยขั้วอิเล็กโทรดข้างหนึ่งเป็นก๊าซและอีกข้างหนึ่งเป็นขั้วของตัวมันเอง เช่น แบตเตอรี่ชนิดซิงค์-โบรมีน

2.3.2 ปัจจุบันนิยมใช้งาน ทั้งแบตเตอรี่แบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ ซึ่งส่วนใหญ่มีตะกั่วเป็นส่วนประกอบ ที่มีคราบเป็นพิษ และผลเสียต่อสภาพแวดล้อม แบตเตอรี่ที่เข้ามาทดแทนแบตเตอรี่ตะกั่ว ในอนาคตสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม (NiCd) แบตเตอรี่ชนิดนี้มีราคาแพงกว่าแบตเตอรี่ตะกั่ว แต่สามารถชาร์จประจุได้มากครั้งกว่า และอายุการใช้งานยาวนาน

2) แบตเตอรี่ชนิดโซเดียม-ซัลเฟอร์ (NaS) เป็นแบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นของพลังงานต่ำ ราคาแพง สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 350 องศาเซลเซียส

3). แบตเตอรี่ชนิดซิงค์-โบรมีน (ZnBr) เป็นแบตเตอรี่ที่ให้แรงดันไฟฟ้าสูง ราคาถูก อายุการใช้งานที่ยาวนาน เหมาะสำหรับใช้กับรถไฟฟ้า แต่มักมีปัญหาจากการรั่วของประจุที่เก็บ และก๊าซโบรมีนเป็นก๊าซที่อันตราย

4) แบตเตอรี่ชนิดวาเนเดียม-รีด็อก (Vanadium-Redox) แบตเตอรี่แบบนี้สามารถชาร์จประจุได้ทันทีเพียงแค่เปลี่ยนอิเล็กโทรไลต์ มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน อัตราการรั่วของประจุต่ำ มีความหนาแน่นของพลังงานสูง ใช้ง่าย ราคาถูก ถึงแม้ว่าวาเนเดียมจะมีพิษต่อสิ่งมีชีวิต แต่จะปลอดภัยเมื่ออยู่ในภาชนะบรรจุที่ได้มาตรฐาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.3.3 แบตเตอรี่ปฐมภูมิ

แบตเตอรี่ปฐมภูมิ เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วไม่สามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ หรือที่มักเรียกกันว่า “ถ่าน” มีอยู่หลายชนิด เช่น ถ่านอัลคาไลน์ ถ่านลิเทียม เป็นต้น แบตเตอรี่แบบนี้มีหลายขนาด ใช้ในวิทยุ นาฬิกา เก็บพลังงานได้สูง อายุการใช้งานสูง แต่เมื่อถูกใช้หมดจะกลายเป็นขยะมลพิษ ในช่วงเวลาที่ผ่านมา ถ่านไฟฉายแบบอัลคาไลน์ที่ใช้แล้วทิ้งนั้นเป็นที่นิยมกันมากในหมู่นักเดินป่าทั้งหลาย แต่ในระยะหลังนี้ถ่านไฟฉายอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นคือถ่านลิเธียม ซึ่งมีน้ำหนักเบา ให้พลังงานสูง ใช้ได้ดีในที่อากาศเย็นและสามารถเก็บไว้ได้นาน นอกจากนี้ ในปัจจุบันผู้ผลิตยังได้ผลิตถ่านลิเธียมในขนาด AA ออกมาอีกด้วย แต่อย่างไรก็ดี ตลาดถ่านไฟฉายในปัจจุบันไม่ได้แข่งที่ประเภทถ่านอัลคาไลน์หรือลิเธียมเพียงอย่างเดียว แต่จะเป็นการแข่งขันกันระหว่างถ่านไฟฉายแบบที่ใช้แล้วทิ้ง (Throwaways) กับแบบที่สามารถประจุไฟเข้าไปใหม่ได้ (Rechargeables) หรือที่เรียกกันว่าถ่านแบบรีชาร์จ ถ่านไฟฉายในตลาดปัจจุบันที่ใช้กันในการเดินป่า สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

1) ถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสี (Carbon-zinc cells)

ถ่านไฟฉายทั่วๆ ไปจะมีหลักการทำงานคร่าวๆ คือ ใช้คาร์บอนเป็นขั้วบวก หุ้มด้วยแอมโมเนียมคลอไรด์ และเคลือบด้านนอกด้วยสังกะสีซึ่งเป็นขั้วลบ เมื่อมีปฏิกิริยาทางเคมีเกิดขึ้นจะให้อิเล็กตรอนออกมา และเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยตรง แต่ถ้าปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวเกิดการย้อนกลับก็จะทำให้เราสามารถประจุไฟเข้าไปในแบตเตอรี่ใหม่ได้หรือที่เรียกว่าการรีชาร์จนั่นเอง แต่ถ่านคาร์บอนเคลือบสังกะสีในประเภทนี้เป็นถ่านไฟฉายรุ่นแรกๆ ที่ไม่สามารถจะรีชาร์จได้ และในปัจจุบันก็ได้มีถ่านประเภทอื่นๆ ออกมาแทนที่จำนวนมาก แสดงดังภาพที่ 2.44

2) ถ่านอัลคาไลน์แบบใช้แล้วทิ้ง (Disposable alkaline cells)

ถ่านอัลคาไลน์ที่ใช้แล้วทิ้งได้เริ่มมีใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1958 (พ.ศ. 2501) ซึ่งเมื่อแรกเริ่มนั้นเป็นที่นิยมกันมากเพราะสามารถให้พลังงานได้มากกว่าถ่านไฟฉายแบบเก่า แต่ในระยะหลังเริ่มมีคนตระหนักกันถึงปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เนื่องมาจากการใช้ถ่านอัลคาไลน์แบบใช้แล้วทิ้งกันมากขึ้น เนื่องจากไฟฉายประเภทนี้มีสารปรอทเป็นส่วนประกอบและเนื่องจากปริมาณการใช้งานที่นิยมกันมากจนทำให้เกิดปัญหาขยะมีพิษเพิ่มมากขึ้นทั่วโลก ดังนั้นผู้ผลิตจึงได้พยายามมากขึ้นที่จะพัฒนาถ่านอัลคาไลน์ให้ไม่เป็นอันตรายต่อสภาพแวดล้อม ในช่วงปลายทศวรรษที่ 1980 ได้มีผู้ผลิตถ่านอัลคาไลน์แบบที่มีสารปรอทต่ำลงออกมา และในปี 1990 ก็ได้มีถ่านอัลคาไลน์แบบปลอดสารปรอทเกิดขึ้น (เช่นถ่านดูราเซลล์ และอีเนอร์ไจเซอร์ ที่นิยมกันในปัจจุบันนั่นเอง) แต่ถึงอย่างไรก็ตามการที่มีปริมาณการใช้งานถ่านอัลคาไลน์จำนวนมากในปัจจุบันยังก่อให้เกิดปันหาขยะเยอะ

3) ถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จ (Rechargeable alkaline)

ถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จเริ่มมีใช้เมื่อ ค.ศ. 1993 ให้พลังงาน 1.5 โวลต์เท่ากับถ่านอัลคาไลน์แบบใช้แล้วทิ้ง แต่เมื่อมีการชาร์จใหม่เรื่อยๆ ประสิทธิภาพของถ่านจะลดลงตามจำนวนการชาร์จในแต่ละครั้ง ถึงแม้จะมีการดูแลรักษาและชาร์จอย่างดีก็ตาม เมื่อชาร์จไปประมาณสิบครั้งประสิทธิภาพจะลดลงเหลือประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อชาร์จไปสามสิบครั้งประสิทธิภาพจะลดลงเหลือเพียง 40 เปอร์เซ็นต์ และลดลงไปเรื่อยๆ ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จกับถ่านนิแคดจึงเห็นได้ชัดว่าถ่านนิแคดมีอายุการใช้งานนานกว่ากันมาก นอกจากนี้ เพื่อให้ถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จมีอายุการใช้งานยาวนานที่สุด เราควรจะต้องรีชาร์จถ่านอย่างสม่ำเสมอและอย่าปล่อยให้แบตเตอรี่หมดเกลี้ยง และจำเป็นจะต้องใช้เครื่องชาร์จเฉพาะด้วยบริษัทเยอรมนีบริษัทหนึ่งได้ผลิตถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จยี่ห้อ Accucell ขึ้น โดยความสามารถมากขึ้น ซึ่งมีข้อดีที่สำคัญกว่าถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จสมัยก่อนคือสามารถรีชาร์จได้นับร้อยครั้งโดยที่ประสิทธิภาพไม่ตกลงไปมากนัก ทำให้มีคนหันมาให้ความสนใจและเป็นที่นิยมมากขึ้น

4) ถ่านลิเธียม (Lithium cells)

ได้มีการเริ่มใช้ถ่านลิเธียมครั้งแรกกับไฟฉายติดศีรษะที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรม ซึ่งในขณะนั้นมีราคาแพงมากถึง 20 เหรียญสหรัฐ แต่มีอายุการใช้งานยาวนานมากและยังสามารถใช้งานในสภาพอากาศที่หนาวเย็นมากๆ ได้อีกด้วย แต่เนื่องจากมันมีสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นส่วนประกอบ จึงถูกห้ามนำขึ้นเครื่องบินไม่ว่าจะติดตัวขึ้นไปหรือใส่ในกระเป๋าเดินทางที่โหลดไว้ใต้เครื่อง ดังนั้น บริษัทผู้ผลิตจึงได้พัฒนาถ่านลิเธียมประเภทนี้ออกมากลายเป็นลิเธียมธิโอนีลคลอไรด์ซึ่งใช้ได้ดีกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้พลังงานต่ำ เช่น หลอด LED (Light-emitting diode) สามารถนำขึ้นเครื่องบินได้ มีการผลิตออกมาในขนาด AA และยังมีราคาที่ถูกลงอีกด้วย (ประมาณ 9–11 เหรียญสหรัฐ) เมื่อเทียบกับว่าถ่านก้อนหนึ่งสามารถใช้ได้นานหลายเดือน

5) ถ่านนิกเกิลแคดเมียมหรือนิแคด (Nickel-cadmium cells Nicads)

ถ่านนิแคดเป็นถ่านที่สามารถรีชาร์จได้ เริ่มมีใช้ครั้งแรกในช่วงทศวรรษ 1950 และสามารถจะรีชาร์จใหม่ได้นับร้อยครั้ง แต่ในสมัยนั้น นักเดินป่าส่วนใหญ่จะไม่นิยมใช้ถ่านนิแคดเนื่องจากปัญหาสำคัญเกี่ยวกับการชาร์จแบตเตอรี่ นั่นคือเราจำเป็นจะต้องใช้แบตเตอรี่ให้หมดเกลี้ยงก่อนถึงจะชาร์จใหม่ได้ มิฉะนั้นจะทำให้เกิดเมโมรี่เอ็ฟเฟ็กต์ (Memory Effect) ซึ่งหมายถึงการชาร์จแบตเตอรี่ได้เพียงบางส่วน ไม่สามารถชาร์จได้เต็มที่ ซึ่งเกิดจากการชาร์จแบตเตอรี่ในขณะที่แบตเตอรี่เดิมยังไม่หมดดี ทำให้การชาร์จครั้งต่อไปจะใช้เวลาสั้นลงเนื่องจากแบตเตอรี่จะเก็บความจำในการชาร์จที่สั้นที่สุดเอาไว้ และทำให้ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ลดน้อยลง หรือหากเราชาร์จทิ้งเอาไว้นานเกินไปก็จะทำให้แบตเตอรี่ร้อนมากและเสียหายได้อีกเช่นกัน ถ่านนิแคดยังให้พลังงานเพียง 1.2 โวลต์ ซึ่งน้อยกว่าถ่านอัลคาไลน์ที่ให้พลังงาน 1.5 โวลต์อีกด้วย และนอกจากนี้สารแคดเมียมยังเป็นสารพิษที่อันตรายมากอีกด้วย อย่างไรก็ดีในปัจจุบันได้มีการพัฒนาถ่านนิแคดให้มีคุณภาพดีขึ้นมาก สามารถ

รีชาร์จได้ง่ายขึ้น และยังมีองค์กรหรือสมาคม (ในต่างประเทศ) ที่คอยรับเก็บถ่านนิแคดที่ใช้แล้วเพื่อเอาไปรีไซเคิลและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ซึ่งไม่ทำให้เกิดปัญหากับสภาพแวดล้อมอีกด้วย

6) ถ่านนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Nickel-metal hydride, NiMH)

ถ่าน NiMH นี้มีประสิทธิภาพอยู่ตรงกลางระหว่างถ่านนิแคดและถ่านอัลคาไลน์รีชาร์จ ถ่าน NiMH ให้พลังงาน 1.2 โวลต์เหมือนถ่านนิแคดและสามารถชาร์จใหม่ได้หลายร้อยครั้งเช่นกัน แต่การชาร์จถ่าน NiMH จะไม่เกิดเมโมรี่เอ็ฟเฟ็กต์เหมือนถ่านนิแคด ตัวถ่าน NiMH จะสามารถรีชาร์จด้วยตัวเองประมาณ 1-4 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานที่เหลืออยู่ทุกวัน แต่เราไม่สามารถเก็บถ่าน NiMH เอาไว้ได้นานเท่ากับถ่านอื่นๆ

2.3.4 แบตเตอรี่ทุติยภูมิ

เป็นแบตเตอรี่ที่เมื่อผ่านการใช้แล้วสามารถนำกลับมาชาร์จประจุเพื่อกลับมาใช้ใหม่ได้ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ แบตเตอรี่มือถือ และถ่านรุ่นใหม่ๆ เป็นต้น แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้ หรือ เซลล์ทุติยภูมิ สามารถอัดกระแสไฟใหม่ได้หลังจากไฟหมดเนื่องจากสารเคมีที่ใช้ทำแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถทำให้กลับไปอยู่ในสภาพเดิมได้โดยการอัดกระแสไฟเข้าไปใหม่ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อัดไฟนี้เรียกว่า ชาร์เจอร์ หรือ รีชาร์เจอร์ แบตเตอรี่ชนิดอัดกระแสไฟใหม่ได้ที่เก่าแก่ที่สุดซึ่งใช้อยู่จนกระทั่งปัจจุบันคือ "เซลล์เปียก"แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด (lead-acid battery) แบตเตอรี่ชนิดนี้จะบรรจุในภาชนะที่ไม่ได้ปิดผนึก (unsealed container) ซึ่งแบตเตอรี่จะต้องอยู่ในตำแหน่งตั้งตลอดเวลาและต้องเป็นพื้นที่ที่ระบายอากาศได้เป็นอย่างดี เพื่อระบายก๊าซไอโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาและแบตเตอรี่ชนิดจะมีน้ำหนักมากรูปแบบสามัญของแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด คือแบตเตอรี่รถยนต์ ซึ่งสามารถจะให้กระแสไฟฟ้าได้ถึงประมาณ 10,000 วัตต์ ในช่วงเวลาสั้นๆ และมีกระแสตั้งแต่ 450 ถึง 1100 แอมแปร์ สารละลายอิเล็กโตรไลต์ของแบตเตอรี่คือ กรดซัลฟิวริกซึ่งสามารถเป็นอันตรายต่อผิวหนังและตาได้ แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดที่มีราคาแพงมากเรียกว่า แบตเตอรี่เจล (หรือ "เจลเซลล์") ภายในจะบรรจุอิเล็กโตรไลต์ประเภทเซมิ-โซลิด (semi-solid electrolyte) ที่ป้องกันการหกได้ดี และแบตเตอรี่ชนิดอัดไฟใหม่ได้ที่เคลื่อนย้ายได้สะดวกกว่าคือประเภท "เซลล์แห้ง" ที่นิยมใช้กันใน โทรศัพท์มือถือและแลปท๊อป (Notebook) ปัจจุบันนิยมใช้งาน ทั้งแบตเตอรี่แบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ ซึ่งส่วนใหญ่มีตะกั่วเป็นส่วนประกอบ ที่มีคราบเป็นพิษ และผลเสียต่อสภาพแวดล้อม แบตเตอรี่ที่เข้ามาทดแทนแบตเตอรี่ตะกั่ว ในอนาคตสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1) แบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม (NiCd) แบตเตอรี่ชนิดนี้มีราคาแพงกว่าแบตเตอรี่ตะกั่ว แต่สามารถชาร์จประจุได้มากครั้งกว่า และอายุการใช้งานยาวนาน

2) แบตเตอรี่ชนิดโซเดียม-ซัลเฟอร์ (NaS) เป็นแบตเตอรี่ที่มีความหนาแน่นของพลังงานต่ำ ราคาแพง สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 350 องศาเซลเซียส

3) แบตเตอรี่ชนิดซิงค์-โบรมีน (ZnBr) เป็นแบตเตอรี่ที่ให้แรงดันไฟฟ้าสูง ราคาถูก อายุการใช้งานที่ยาวนาน เหมาะสำหรับใช้กับรถไฟฟ้า แต่มักมีปัญหาจากการรั่วของประจุที่เก็บ และก๊าซโบรมีนเป็นก๊าซที่อันตราย

4) แบตเตอรี่ชนิดวาเนเดียม-รีด็อก (Vanadium-Redox) แบตเตอรี่แบบนี้สามารถชาร์จประจุได้ทันทีเพียงแค่เปลี่ยนอิเล็กโทรไลต์ มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน อัตราการรั่วของประจุต่ำ มีความหนาแน่นของพลังงานสูง ใช้ง่าย ราคาถูก ถึงแม้ว่าวาเนเดียมจะมีพิษต่อสิ่งมีชีวิต แต่จะปลอดภัยเมื่ออยู่ในภาชนะบรรจุที่ได้มาตรฐาน

2.3.5 การดูแลรักษาแบตเตอรี่

1) เก็บรักษาในที่อุณหภูมิไม่สูงเกินไป ไม่ควรนำไปตากแดด

2) หลีกเลี่ยงการเก็บในที่เปียกชื้น

3) ควรทำการชาร์ตไฟตามระยะที่บอกไว้ในคู่มือใช้งาน เช่น การใช้งานครั้งแรกควรชาร์ตไฟไว้นาน 10 ชั่วโมงหรือมากกว่าเป็นต้น

4) ไม่ควรนำแบตเตอรี่เก็บไว้ในตัวอุปกรณ์ หากยังไม่ได้ใช้งาน

2.3.6 ประเภทของแบตเตอรี่

1) ถ่านไฟฉายทั่วไป ถ่านประเภทนี้เป็นถ่ายแบบเก่า ประเภทใช้แล้วทิ้ง ไม่สามารถอัดประจุใหม่ได้ มีส่วนประกอบที่สำคัญคือแมงกานีสออกไซด์รวมทั้งตัวกลางที่ช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาทางไฟฟ้า-เคมีอื่น ๆ เช่น เกลือแอมโมเนีย ถ่านไฟฉายประเภทนี้นับเป็นอันตรายอย่างหนึ่งซึ่งไม่สามารถทิ้งรวมกับขยะทั่วไปอื่น ๆ ได้

2) ถ่านอัลคาไลน์ถ่านประเภทนี้ไม่สามารถนำกลับมาอัดไฟใช้ได้อีกแต่จำเป็นต้องทิ้งไปเมื่อเสื่อมหรือหมดอายุ ขนาดที่ใช้โดยทั่วไปมีตั้งแต่ขนาด AAA, AA, A, C, D และ 9 โวลต์ ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่นำไปใช้ เช่น ของเด็กเล่น ไฟฉายหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือนโดยทั่วไป ปัจจุบันจึงนิยมนำมาใช้แทนถ่านไฟฉายแบบเก่ามากขึ้น

3) ถ่านกระดุมถ่านประเภทนี้มักใช้ทั่วไปกับนาฬิกาข้อมือ เครื่องคิดเลข เครื่องช่วยฟัง กล้องถ่ายรูปและเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดเล็กอื่น ๆ ส่วนประกอบที่สำคัญของถ่านประเภทนี้คือ ปรอท ซิลเวอร์ออกไซด์ แคดเมี่ยม หรือลิเธียม การจำแนกชนิดจึงมักเรียกตามเซลล์ที่เป็นส่วนประกอบซึ่งดูได้จากหีบห่อที่บรรจุ เช่น ชนิดปรอท สังกะสี ชนิดคาร์บอน สังกะสี ชนิดซิลเวอร์ออกไซด์ และสังกะสีอากาศ เป็นต้น ถ่านประเภทนี้เมื่อหมดอายุต้องแยกทิ้งหรือรวบรวมขายคืนให้กับบริษัทผู้ผลิต โดยสามารถดูรายละเอียดได้จากหีบห่อที่บรรจุ

4) แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดเป็นแบตเตอรี่ซึ่งใช้ในรถยนต์และรถมอเตอร์ไซด์ โดยมีปริมาณตะกั่วบรรจุไว้ตามกำหนด และมีกรดกำมะถันเป็นตัวช่วยในการเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี ส่วน

ใหญ่แบตเตอรี่ประเภทนี้สามารถนำมาอัดประจุไฟไหม้ได้ แต่เมื่อหมดอายุควรนำกากแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วไปรีไซเคิล

5) แบตเตอรี่ชนิดนิเกล-แคดเมียม เป็นแบตเตอรี่ที่นำมาอัดไฟใช้ใหม่ได้ซ้ำแล้วซ้ำอีก โดยมากใช้กับวิทยุมือถือ โทรศัพท์มือถือ อุปกรณ์ไฟฟ้า และของเล่นเด็ก ถ่านประเภทนี้จะมีแคดเมียมและนิเกลเป็นส่วนประกอบที่สำคัญซึ่งถือว่าเป็นวัตถุอันตรายที่ต้องกำจัดหรือทิ้งอย่างถูกวิธี โดยทั่วไปแล้วบริษัทผู้รับซื้อกลับคืนเพื่อนำไปกำจัดให้ถูกต้อง

2.3.7 พิษภัยและอันตรายจากแบตเตอรี่

พิษภัยและอันตรายจากแบตเตอรี่มาจากสารที่ใช้ในการทำแบตเตอรี่ที่สำคัญคอสาร ตะกั่ว สารแมงกานีส สารแคดเมียม สารนิเกิล สารปรอท และสารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เช่น กรดซัลฟูริก เป็นต้น สารพิษต่าง ๆ เหล่านี้หากไม่ได้รับการจัดการอย่างถูกวิธีโอกาสที่จะเกิดการปนเปื้อนต่อแหล่งน้ำ ผิวดิน พื้นดิน และบรรยากาศแล้วแพร่ไปสู่คน พืช และสัตว์ก็มีสูง ลักษณะของผลกระทบที่เกิดขึ้นมีดังนี้

1) ทำให้เกิดการเจ็บป่วยอย่างเฉียบพลัน หรืออย่างเรื้อรัง สืบเนื่องมาจากการสัมผัสกับสารพิษหรือกากแบตเตอรี่ใช้แล้วที่มีสารพิษเป็นส่วนประกอบอยู่ ซึ่งมักพบในคนงานที่ประกอบการในโรงงานทำไฟฉายและแบตเตอรี่ หรือคนงานเก็บขยะมูลฝอยและชาวบ้านที่มาขุดคุ้ยขยะ โดยสารพิษเหล่านี้สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจเอาฝุ่นและไอระเหยเข้าไปและโดยการกินอาหารที่มีสารดังกล่าวปนเปื้อน นอกจากนี้ยังคงดูดซึมผ่านทางผิวหนังได้อีกด้วย

2) ทำให้เกิดการปนเปื้อนต่อดิน น้ำใต้ดิน และแหล่งน้ำผิวดินใกล้เคียงที่ใช้เป็นแหล่งน้ำอุปโภคริโภคในครัวเรือน ส่วนใหญ่มาจากการทิ้งแบตเตอรี่ที่เหลือใช้แล้ว ทำให้สารพิษดังกล่าวปนเปื้อนลงในดินน้ำก็จะชะสารพิษที่ปนเปื้อนแล้วซึมผ่านชั้นดินและแหล่งน้ำส่งผ่านต่อมายังพืช และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ต่อไป

3) ทำให้เกิดภาวะมลพิษทางอากาศจากการแพร่กระจายของไอสารเคมี หรือฝุ่นละอองจากการเผาขยะมูลฝอยที่มีกากแบตเตอรี่ทิ้งปะปนอยู่ มลพิษทางอากาศอาจถูกสูดหายใจเข้าสู่ร่างกายโดยเฉพาะคนงานที่เก็บขยะมูลฝอย ชาวบ้านที่มาขุดคุ้ยแยกขยะมูลฝอยและประชาชนที่อาศัยอยู่รอบ ๆ สถานที่กำจัดขยะ

2.3.8 การป้องกันปัญหามลพิษจากแบตเตอรี่

1) ไม่ควรนำกากแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้อีกโดยเด็ดขาด

2) ไม่ทิ้งกากแบตเตอรี่รวมทั้งถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วลงสู่แหล่งน้ำ ท่อระบายน้ำ ฯลฯ

3) ห้ามนำกากแบตเตอรี่รวมทั้งถ่านไฟฉายไปเผาโดยเด็ดขาด

4) หลีกเลี่ยงการสัมผัสกับกากแบตเตอรี่ที่ใช้แล้วโดยตรงรวมทั้งถ่านไฟฉายใช้แล้วที่แตกรั่ว ควรสวมถุงมือป้องกัน

2.4 โซ่ส่งกำลัง

โซ่สามารถส่งกำลังให้ได้โมเมนต์แรงบิด (หมุน) สูงมาก โดยที่ใช้เป็นชุดส่งกำลังที่มีขนาดเล็กได้ เป็นลักษณะการส่งกำลังด้วยรูปร่าง และเพลาจะรับภาระน้อยมากไม่มีการลื่นไถลในขณะส่งกำลัง ข้อต่อโซ่ จะรับภาระความเสียดทานลื่น จึงต้องมีการหล่อลื่นที่เพียงพอ โซ่ส่งกำลังจะมีการใช้งานในที่ที่รับภาระแรงดึงมากๆ และในที่ที่รับอุณหภูมิสูง เช่น โรงงานเคมี, ไอน้ำมัน, ความชื้นเป็นที่ส่งสายพาน ไม่สามารถนำไปใช้งานได้

ข้อดีเมื่อเทียบกับสายพานร่อง

1) ส่งถ่ายกำลังได้สูงโดยที่ไม่มีการลื่นที่ระยะห่างระหว่างเพลาน้อยและให้ อัตราทดสูง

2) เปลืองเนื้อที่น้อย

3) ไม่ต้องมีการตึงให้แน่นมาก,และรองเพลารับภาระน้อย

ข้อเสียเมื่อเทียบกับสายพานร่อง

1) มีอัตราทดที่เบี่ยงเบนเนื่องจากมุมข้อต่อของโซ่

2) รับภาระกระแทกและการสั่นสะเทือนได้น้อย

3) มีราคาสูง

4) ต้องเสียค่าใช่จ่ายบำรุงรักษามากกว่า (การหล่อลื่น)

2.4.1 ปฏิกิริยาจากหลายเหลี่ยมโซ่จะร้อนอยู่บนเฟืองโซ่ที่เป็นรูปหลายเหลี่ยม โซ่ที่สวมอยู่

ทุกจุดทุกข้อของโซ่จะมีการเบี่ยงเบนของระยะแขนข้อต่อโซ่นั่นคือ ทุกจุดที่ข้อต่อโซ่หมุนไปแรงตามแนววงกลมพิตช์ของเฟืองโซ่ระหว่างระยะรัศมี rmin และ rmax จะทำให้เกิดความเร็วขอบเป็น vmin และ vmax ด้วย เช่นกันปฏิกิริยาจากหลายเหลี่ยมนี้จะเกิดขึ้นมากหากระยะพิตช์ของเฟืองโซ่โตมากเกินขึ้นหรือจำนวนฟันของเฟืองน้อยลง ผลของปฏิกิริยาจากหลายเหลี่ยมก็คือ จะทำให้โซ่เกิดการสั่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความเร็วสูง แต่การประกบตรึงโซ่หรือรางเลื่อนจะช่วยระงับการสั่นนี้ได้นอกจากนี้อุปกรณ์ตรึงโซ่ยังใช้ทำหน้าที่ช่วยให้เกิดการสมดุลในระหว่างทำงาน แสดงดังภาพที่ 2.46

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

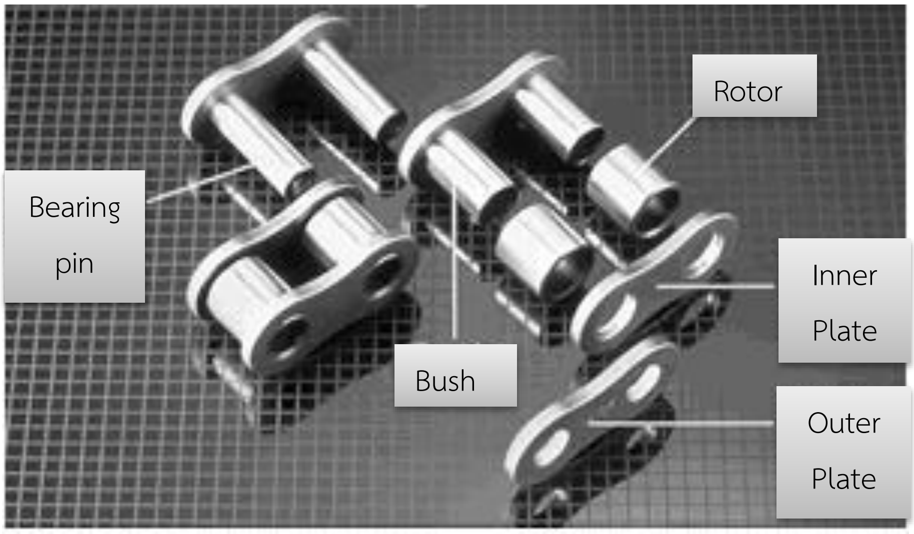
ภาพที่ 2.46 โซ่และเฟืองโซ่
ที่มา (ประพนธ์ พลหล้า, 2555)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2.4.2 ชนิดของโซ่ตามประเภทการใช้งานของโซ่

การใช้งานของโซ่ เช่น นำโซ่มาใช้ในการส่งกำลัง ลำเลียง ใช้ขับ ใช้ยก และส่งน้ำหนักลงข้างล่าง ส่งแรง และโมเมนต์บิดโซ่จึงแบ่งตามลักษณะรูปร่างได้ดังนี้

1) โซ่ลูกกลิ้ง และโซ่บูชจะประกอบไปด้วยแผ่นปิดข้างโซ่ด้านนอก และด้านในที่ยึดด้วยบูช ลูกกลิ้งนี้จะช่วยลดความเสียดทาน และการสึกหรอของด้านข้างของเฟืองโซ่ในขณะที่ล้อเฟืองขับโซ่ และมีเสียงดังน้อยเมื่อความเร็วโซ่สูงในการใช้งานให้รับโมเมนต์หมุนมากๆ จะใช้โซ่ลูกกลิ้ง และโซ่บูชแบบชุดหลายเส้น โซ่ลูกกลิ้งตามมาตรฐานจะนำมาใช้งานได้ถึงความเร็ว 30 เมตรต่อวินาที ในการส่งกำลังในเครื่องมือกลโดยปกติโซ่บูชจะทนการสึกหรอมากกว่าโซ่โบลต์ โซ่บูชหมุนได้ ส่วนโซ่โบลต์จะยึดแน่นกับแผ่นปิด นอกแผ่นปิดส่วนใหญ่จะทำจาก st 60 ส่วนโซ่โบลต์จะทำจากเหล็กกล้าอาบคาร์บอน c15 แสดงดังภาพที่ 2.47



ภาพที่ 2.47 โซ่ลูกกลิ้งและโซ่บูช
ที่มา (ประพนธ์ พลหล้า, 2555)

2) โซ่โบลตจ์ะมีรูปร่างของแผ่นปิดของโซ่ทั้งด้านใน และด้านนอกเหมือนกัน โดยร้อยเข้ากับโบลต์ การใช้แผ่นปิดข้างโซ่หลายแผ่นติดกัน จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแรงดึงที่โซ่ได้รับ เมื่อ เปรียบเทียบกับโซ่ลูกกลิ้ง และโซ่บูชแล้วโซ่โบลต์ จะมีแรงเสียดทานระหว่างโบลต์และแผ่นปิดข้างโซ่ มากกว่า ด้วยเหตุนี้จึงนำโซ่โบลต์มาใช้งานที่มีความเร็วต่ำโซ่โบลต์เป็นโซ่มีความมั่นคงมากจึงนิยมนำ มาใช้งานเป็นโซ่ยกของ และในระบบลำเลียง แสดงดังภาพที่ 2.48

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 2.48 โซ่โบลต์
ที่มา (ประพนธ์ พลหล้า, 2555)

3) โซ่ฟันจะมีรูปร่างฟันแต่ละข้อชัดเจน ฟันของโซ่จะจับลงในร่องฟันของล้อโซ่พอดี โซ่ฟันที่ใช้งานรับกำลังงานสูงๆแผ่นฟันที่ข้อต่อจะไม่ยึดด้วยโบลต์แต่จะยึดด้วยข้อต่อลูกกลิ้งที่มีความเสียดทานน้อย และทนต่อการสึกหรอได้ดี โซ่ฟันใช้รับกำลังงานได้สูง และเกือบจะไม่มีเสียงดังในขณะมีความเร็วโซ่ถึง 40 เมตรต่อวินาที โซ่ฟันจะมีใช้งานในเครื่องมือกลเครื่องจักรทอผ้าหรือเครื่องจักรทำงานกับไม้และในระบบส่งกำลังของรถยนต์ แสดงดังภาพที่ 2.49

ภาพที่ 2.49 โซ่ฟัน

ที่มา (ประพนธ์ พลหล้า, 2555)

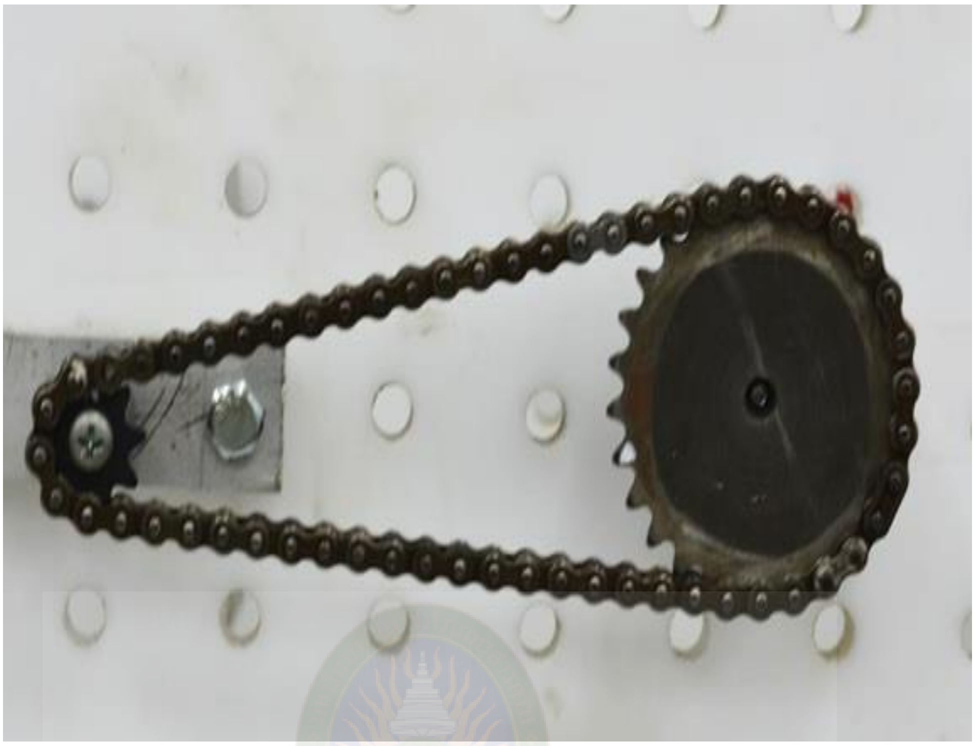
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

4) โซ่ลำเลียง เป็นโซ่แบบข้อต่อชนิดหนึ่งที่ทำหน้าที่นำพาชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์โดยจะออกแบบรูปร่างแผ่นปิดด้านข้างให้มีรูปร่างต่างๆกัน เพื่อให้สามารถนำพาผลิตภัณฑ์ตามรูปร่างที่ต้องการได้ โซ่ลำเลียงส่วนใหญ่จะนำมาใช้งานให้รับภาระไม่มากนัก และมีความเร็วโซ่ต่ำ

5) โซ่ห่วงกลมสามารถแบ่งตามมาตรฐาน ได้เป็นโซ่ชนิดสั้น ชนิดกึ่งยาว และชนิดยาว นำยมนำมาใช้งานเหมืองแร่ และงานสร้างรถยนต์โซ่เหล่านี้ทำจากเหล็กกล้า St 35 K ที่ปลายห่วงโซ่แต่ละห่วงจะนิยม เชื่อมต่อด้วยไฟฟ้า

2.4.3 ล้อโซ่

ตามปกติล้อโซ่จะทำจากเหล็กหล่อ, เหล็กกล้าหล่อ หรือเหล็กกล้าส่วนการจัดให้ขับส่งกำลงด้วยโซ่ที่ถูกต้อง แสดงดังภาพที่ 2.50



ภาพที่ 2.50 การจัดให้โซ่ส่งกำลังได้ถูกต้อง
ที่มา (ประพนธ์ พลหล้า, 2555)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ลักษณะรูปร่างของล้อโซ่ ล้อโซ่จะมีขนาดเล็ก และโตแตกต่างกัน โดยจะสัมพันธ์กับภาระที่ใช้งาน ดังนั้นล้อโซ่จึงสามารถผลิตจากวัสดุ และวิธีการต่างกัน เช่น ล้อโซ่ขนาดเล็กจะผลิตโดยการกลึงเหล็กกล้าขึ้นรูป ส่วนล้อโซ่ขนาดโตๆจะนิยมทำการยึดระหว่างดุมล้อกับแผ่น ล้อด้วยสกรูหรือการเชื่อม ประสาน สำหลับล้อโซ่ที่มีขนาดโตมากๆ จะขึ้นรูปด้วยการหล่อขึ้นรูป

2.4.4 หน้าที่ของโซ่ส่งกำลัง

โซ่ส่งกำลังจะต่างจากการส่งกำลังด้วยสายพาน การจะเลือกใช้ระบบส่งกำลังโดยโซ่นั้นจะเลือกใช้ก็ต่อเมื่อการทำงานไม่เหมาะสมกับการที่จะต้องใช้สายพานในการส่งกำลัง เช่น การส่งกำลังของรถจักรยาน เนื่องจากระยะห่างของเพลานั้นน้อย ซึ่งไม่เหมาะกับการใช้สายพานขับแต่สามารถใช้โซ่ขับได้ โซ่ที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ โซ่แบบลูกกลิ้ง (Roller Chains) และโซ่แบบบูช (Bush Chains) โซ่จะประกอบด้วยชุดของลูกกลิ้งทรงกระบอกสั้นที่ยึดเชื่อมโยงต่อเข้าด้วยกัน โซ่จะถูกขับเคลื่อนด้วยล้อฟันที่เรียกว่า สเตอร์ (Sprocket) มีขนาดร่องฟันเท่ากับซี่ฟันบนสเตอร์ และจะล็อคเข้าไปในซี่ฟันบนของสเตอร์ โซ่จะมีอัตราทดเหมือนกับชุดเฟืองขับ และอาจมีเสียงดังขณะทำงาน แต่สามารถใช้งานส่งกำลังสำหรับแรงบิดสูงๆ ได้ดี และมีประสิทธิภาพในการส่งกำลังงานสูง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พินิจ เนื่องภิรมย์ และคณะ(2554). ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนารถไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อคนพิการทางขา วัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงรถคนพิการทางขาที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น จากการวิจัยสามารถสรุปการทำงานของรถพลังงานเซลล์แสงอาทิตย์ได้ดังนี้ เซลล์แสอาทิตย์สามารถประจุประจุให้แบตอรี่เต็มใช้เวลา 5 ชั่วโมงที่ความเข้มแสง 118,000 ลักซ์ กระแส 2.47 แอมป์ แรงดัน 24 โวลต์ เมื่อแบตเตอรี่1ชุด (2ลูก) สามารถทำให้รถวิ่งได้ 8 กิโลเมตร ชุดควบคุมความเร็วสามารถเร่งความเร็วและลดความเร็วได้ มีมาตรวัดระดับแรงดันของแบตเตอรี่แสดงผลเป็นไดโอดเปล่งแสง มอเตอร์สามารถรับน้ำหนักได้ 65 กิโลกรัมได้สามารถทำความเร็วได้สูงสุด20 กิโลเมตรต่อชั่วโมงเมื่อแบตเตอรี่ครบทั้งหมดรถสามารถวิ่งได้ถึง 16 กิโลเมตรต่อการประจุไฟเพียง 1 ครั้งเพราะสามารถประจุไฟได้ทุกที่ที่มีแสงแดดและสามารถประจุไฟบ้านได้อีกด้วยจากการเปรียบเทียบรถไฟฟ้าที่มีอยู่เดิมวิ่งได้เพียง 5 กิโลเมตรแสดงให้เห็นว่ารถพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อคนพิการทางขาที่ได้พัฒนาขึ้นวิ่งได้ไกลกว่าถึง 11 กิโลเมตร และนำไปทดลองใช้กับผู้พิการทางขาใช้งานจริงเห็นได้ว่าผู้พิการได้รับความสะดวกสบายในการใช้ชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้นจากที่นั่งบนรถเข็นแบบเดิมทำให้ผู้พิการเดินทางได้ในระยะทางที่ไกลขึ้น

สกล กันยะ และคณะ (2555). ได้ทำการวิจัย เรื่องการศึกษาและสร้างรถสามล้อไฟฟ้าอเนกประสงค์ วัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและทดลองศึกษาหลักการทางานของรถสามล้อไฟฟ้าอเนกประสงค์ ผลการศึกษาหลักการทางานของรถสามล้อไฟฟ้าอเนกประสงค์ โดยกระบวนการทางานของรถสามล้อไฟฟ้าอเนกประสงค์ เริ่มจากมอเตอร์ขนาด 48 โวลต์ ความเร็วรอบ 700 รอบต่อนาที ส่งกาลังผ่านเฟืองโซ่ ไปยังชุดเกียร์ ผ่านอัตราทดส่งไปยังเพลาเพื่อขับล้อให้เคลื่อนที่ สามารถขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูงสุดได้ที่ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ผลการสร้างระบบโครงรถสามล้อไฟฟ้าอเนกประสงค์ จานวน 1 คัน ขนาดความยาวของรถเท่ากับ 250 เซนติเมตร ความกว้างของรถ เท่ากับ 92 เซนติเมตร ความสูงของตัวรถเท่ากับ 110 เซนติเมตร รองรับน้าหนักบรรทุกได้ 200 กิโลกรัมผลการทดลองสมรรถนะของรถสามล้อไฟฟ้าอเนกประสงค์พบว่า รถสามล้อไฟฟ้าอเนกประสงค์ สามารถบรรทุกน้าหนักสูงสุดเท่ากับ 250 กิโลกรัม สปริงของโช๊กอัพมีการยุบตัว 10 มิลลิเมตร มีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1.25

ดนัย วงค์นาง (2556). ได้ทำการวิจัย เรื่องรถสามล้อพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผู้สูงอายุ วัตถุประสงค์เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพรถสามล้อพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผู้สูงอายุ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของรถ พบว่า สามารถทาความเร็วสูงสุดได้ 31.7 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และ 30.5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ที่น้าหนัก 50 กิโลกรัม และ 80 กิโลเมตร ตามลำดับ ความเร็วต่ำ สุดได้ 2.2 กิโลเมตรต่อชั่วโมง สามารถวิ่งได้ 11กิโลเมตรต่อแบตเตอร์รี่ 1 ชุด ที่น้ำ หนัก 65 กิโลกรัม การนำไปใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่าง 1 คน ผลการประเมินความพึงพอใจ พบว่า มีคะแนนค่าเฉลี่ย

ประสิทธิภาพอยู่ในระดับมาก (X = 4.09) และผลการประเมินคุณภาพของรถพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผู้สูงอายุที่สร้างขึ้นโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่า ตัวเครื่องมีประสิทธิภาพอยู่ในระดับ (X = 3.89) จึงสรุปได้ว่ารถพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อผู้สูงอายุที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถนำไปใช้งานได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 รถสามล้อคนพิการ	1	คัน
3.1.2 มอเตอร์กระแสตรง ขนาด 24 โวลต์ 250 วัตต์	1	ตัว
3.1.3 ชุดควบคุมมอเตอร์กระแสตรง	1	ชุด
3.1.4 เซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 17.5 โวลต์ 40 วัตต์	2	แผง
3.1.5 แบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ 45 แอมป์	2	ลูก
3.1.6 คอนโทรลชาร์จเจอร์ ขนาด 24 โวลต์ 10 แอมป์	1	ชุด
3.1.7 โซ่และสเตอร์ยี่ห้อ DICTA 16 ฟัน	1	ชุด
3.1.8 คันเร่งบิด	1	ชุด
3.1.9 ชุดเบรกมือ	1	ชุด
3.1.10 มาตรวัดระดับแรงดันแบตเตอรี่แบบอนาล็อก	1	ชุด
3.1.11 ล้อเสริมเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 4.00 เซ็นติเมตร.	2	ล้อ
3.1.12 เหล็กฉาก ขนาด 2.00 x 100 เซ็นติเมตร	2	เส้น
3.1.13 เหล็กกล่อง ขนาด 4.00 x 150 เซ็นติเมตร	2	เส้น
3.1.14 เหล็กกลมโปร่งเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 1.5 เซ็นติเมตร	2	เส้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 ขั้นตอนการสร้างรถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา

1) เชื่อมสเตอร์ให้ติดกับเพลาล้อหลังของรถ แล้วใส่โซ่เพื่อเป็นตัวส่งกำลังในการขับคลื่น รถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา ดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 ใส่สเตอร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2) ทำฐานที่วางแบตเตอรี่ให้อยู่ในระดับที่สมดุลของรถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทาง ตามแบบที่กำหนด ดังภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 เชื่อมที่วางแบตเตอรี่

3) วางมอเตอร์โดยให้เฟืองของมอเตอร์ตรงกันกับสเตอของเพลาล้อ แล้วคล้องโซ่ และทำการขันน็อตยึดฐานของมอเตอร์ ดังภาพที่ 3.3

ภาพที่ 3.3 เชื่อมฐานและวางมอเตอร์

4) ใส่เซลล์แสงอาทิตย์ เพื่อเป็นพลังงานเสริมในการประจุแบตเตอรี่ เวลามีแสงแดด ดังภาพที่ 3.4

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 3.4 ใส่ชุดเซลล์แสงอาทิตย์

5) ประกอบคอนโทรลชาร์จเจอร์เข้ากับแผ่นโซล่าเซลล์ เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการประจุมากยิ่งขึ้น ดังภาพที่ 3.5

ภาพที่ 3.5 ใส่คอนโทรลชาร์จเจอร์

6) ใส่ล้อเสริม เพื่อคล้ำให้สามารถถอดชิ้นส่วนได้ง่ายขึ้น ดังภาพที่ 3.6

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 3.6 ใส่ล้อเสริมไว้ใช้ภายในบ้าน

7) ตัดคอรถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา เพื่อให้สามารถถอดชิ้นส่วนของรถและนำเข้าไปใช้งานในบ้านได้ ดังภาพที่ 3.7

ภาพที่ 3.7 ตัดคอรถไว้ถอด และนำไปใช้ในบ้าน

8) ใส่ขาตั้งไว้บริเวณคอรถไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา เพื่อเวลาที่จะประกอบผู้พิการสามารถช่วยเหลือตนเองได้ ดังภาพที่ 3.8

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 3.8 ใส่ขาตั้งล้อหน้า

9) ถอดชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของรถออกทั้งหมด เพื่อทำการพ่นสีและตกแต่งให้สวยงาม ดังภาพที่ 3.9

ภาพที่ 3.9 ถอดชิ้นส่วนและอุปกรณ์

10) ตัดซี่ล้อรถของเดิมออก เพื่อนำไปขึ้นซี่ล้อใหม่และขนาดใหญ่กว่าเก่า ดังภาพที่ 3.10

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ภาพที่ 3.10 ตัดซี่ล้อนำไปขึ้นใหม่

11) พัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาเสร็จสมบูรณ์ ดังภาพที่ 3.11

ภาพที่ 3.11 รถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาแบบสมบูรณ์

3.2.2 วิธีการทดลอง

1) การทดลองหาความเร็วของรถไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาบนถนนแต่ละประเภท

1.1) ทดลองความเร็วในระยะทาง 1,000 เมตร โดยใช้ผู้ขับขี่น้ำหนัก 70 กิโลกรัม

1.2) วิ่งบนถนน 3 ประเภท คือ ถนนลาดยาง,ถนนคอนกรีต,ถนนลูกรัง ตามลำดับในแต่ละถนน ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

1.3) บันทึกผลการทดลอง

2) การทดลองหาระยะทางที่รถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาสามารถวิ่งได้ต่อการประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง

2.1) ทดลองบนถนนทางลาดยาง ใช้ความเร็วสูงสุด โดยการใช้ผู้ขับขี่ที่น้ำหนัก 70 กิโลกรัม ทำการทดลองซ้ำ 10 ครั้ง

2.2) บันทึกผลการทดลอง

3.2.3 วิธีการใช้งาน

1) วิธีการใช้งานภายนอกบ้าน

1.1) นำส่วนที่เป็นวีลแชร์มาประกอบเข้ากับคอรถแล้วล็อคให้แน่น

1.2) ต่อสายคันเร่งและสายสวิตซ์กุญแจพร้อมสไลค์เซลล์แสงอาทิตย์ขึ้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

1.3) ปรับล้อหน้าของวีลแชร์ให้ไปข้างหลัง

1.4) เปิดสวิตช์กุญแจ แล้วบิดคันเร่ง

2) วิธีการใช้งานภายในบ้าน

2.1) หมุนขาตั้งล้อหน้าลง แล้วสไลค์เซลล์แสงอาทิตย์ลง

2.2) ปรับล้อหน้าของวีลแชร์ให้มาข้างหน้า

2.3) ปลดล็อคที่แผงคอออก

2.4) ใช้มือหมุนล้อไปมา แล้วประจุแบตเตอรี่

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัย

การทดลอง รถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา ทำการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการใช้งานของรถ โดยหาจากความเร็ว แรงดันไฟฟ้า และค่าเวลาที่ใช้ในการเพิ่มความเร็ว

4.1.1 ทดลองหาความเร็วของรถไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาบนถนนแต่ละประเภท ดังนี้

1) ทดลองหาความเร็วบนถนนลาดยาง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองความเร็วในระยะทาง 1,000 เมตร ใช้ผู้ขับขี่น้ำหนัก 70 กิโลกรัม

ครั้งที่	เวลา (นาที)	ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
1	4.14	24.15	24.99
2	4.12	24.27	24.51
3	4.11	24.33	24.03
4	4.11	24.33	23.55
5	4.12	24.27	23.07
6	4.12	24.27	22.59
7	4.11	24.33	22.11
8	4.12	24.27	21.63
9	4.11	24.33	21.16
10	4.11	24.33	20.68
ค่าเฉลี่ย	**41.17**	**24.28**	**22.83**

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าความเร็วเฉลี่ยของรถไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา เมื่อวิ่งบนถนนลาดยางมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 24.28 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการวิ่งเฉลี่ยเท่ากับ 41.17 นาที

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

2) ทดลองหาความเร็วบนถนนคอนกรีต

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองความเร็วในระยะทาง 1,000 เมตร ใช้ผู้ขับขี่น้ำหนัก 70 กิโลกรัม

ครั้งที่	**เวลา (นาที)**	**ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)**	**แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)**
1	4.32	23.14	24.88
2	4.33	23.09	24.25
3	4.33	23.09	23.62
4	4.32	23.14	23.00
5	4.31	23.20	22.47
6	4.33	23.09	21.84
7	4.31	23.20	21.31
8	4.32	23.14	20.69
9	4.32	23.14	20.07
10	4.33	23.09	19.44
ค่าเฉลี่ย	**43.22**	**23.13**	**22.15**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าความเร็วเฉลี่ยของรถไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาเมื่อวิ่งบนถนนคอนกรีตมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 23.13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการวิ่งเฉลี่ยเท่ากับ 43.22 นาที

3) ทดลองหาความเร็วบนถนนลูกรัง

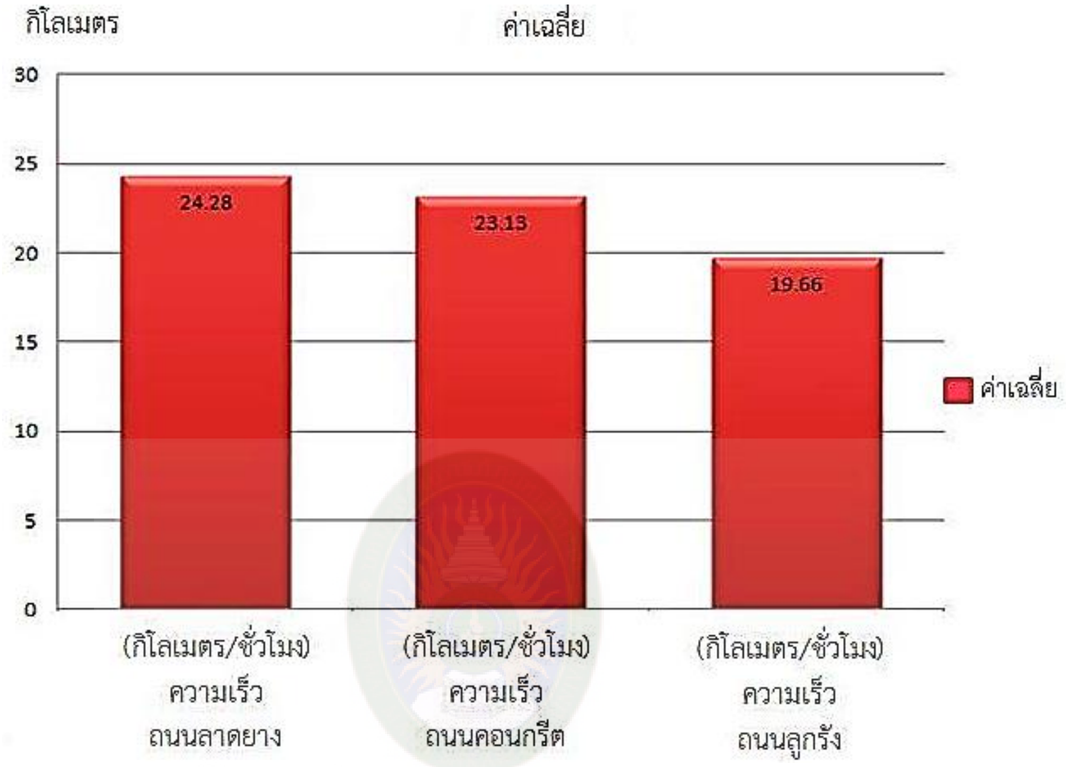
ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองความเร็วในระยะทาง 1,000 เมตร ใช้ผู้ขับขี่น้ำหนัก 70 กิโลกรัม

ครั้งที่	เวลา (นาที)	ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
1	5.10	19.60	24.79
2	5.00	20.00	24.09
3	5.00	20.00	23.39
4	5.12	19.53	22.68
5	5.10	19.60	21.97
6	5.11	19.56	21.26
7	5.10	19.60	20.55
8	5.11	19.56	19.84
9	5.11	19.56	19.13
10	5.10	19.60	18.42
ค่าเฉลี่ย	**50.85**	**19.66**	**21.61**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าความเร็วเฉลี่ยของรถไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาเมื่อวิ่งบนถนนลูกรังมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 19.66 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ใช้เวลาในการวิ่งเฉลี่ยเท่ากับ 50.85 นาที

4) กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบรถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาบนถนนแต่ละประเภท



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการทดสอบรถบนถนนทั้งสามประเภท

จากผลการทดลองรถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาบนถนนทั้งสามประเภท สรุปได้ว่า การทดลองบนถนนลาดยางและการทดลองบนถนนคอนกรีต มีความต้านทานสิ่งกีดขวางน้อย จึงทำให้ได้ระยะทางที่ไกลกว่าบนถนนลูกรัง ซึ่งมีอุปสรรคและความต้านทานสิ่งกีดขวางมากกว่า ทำให้ได้ระยะทางที่น้อยกว่า

4.1.2 การทดลองหาระยะทางที่รถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาที่สามารถวิ่งได้ต่อการประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองหาระยะทางต่อการประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้งโดยใช้ถนนลาดยาง

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	**ค่าเฉลี่ย**
ระยะทาง (กิโลเมตร)	19.0	19.8	20.1	19.8	20.1	20.4	20.3	20.3	20.4	20.3	**20.05**

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่ารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาเมื่อได้ทำการประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้งรถสามารถวิ่งได้ระยะทางเฉลี่ยประมาณ 20.05 กิโลเมตร

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ ได้เป็นการนำเสนอผลงาน การพัฒนารถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา มีการทดลองรถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขา โดยทดลองการใช้งานของรถ เพื่อหาประสิทธิภาพการใช้งานของรถโดยหาได้จากความเร็วของถนนแต่ละประเภท เพื่อหาค่าเฉลี่ย

5.1.1 ทดลองหาความเร็วของรถไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาบนถนนแต่ละประเภท

1) ทดลองหาความเร็วบนถนนลาดยาง ได้ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 24.28 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้เวลาในการวิ่งเฉลี่ยเท่ากับ 41.17 นาที

2) ทดลองหาความเร็วบนถนนคอนกรีต ได้ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 23.13 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้เวลาในการวิ่งเฉลี่ยเท่ากับ 43.22 นาที

3) ทดลองหาความเร็วบนถนนลูกรัง ได้ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 19.66 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และใช้เวลาในการวิ่งเฉลี่ยเท่ากับ 50.85 นาที

5.1.2 การทดลองหาระยะทางที่รถสามล้อไฟฟ้าเพื่อคนพิการทางขาสามารถวิ่งได้ต่อการประจุแบตเตอรี่หนึ่งครั้ง ทดลองบนถนนทางลาดยาง ได้ระยะทางเฉลี่ยเท่ากับ 20.05 กิโลเมตร

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

5.2.1 เซลล์แสงอาทิตย์เป็นรุ่นเก่ามีน้ำหนักเยอะเกินไปทำให้ต้องใช้อุปกรณ์เสริมมากขึ้น

5.2.2 ล้อรับน้ำหนักเป็นล้อจักรยานทำให้รับน้ำหนักได้ไม่ดีพอต่อความต้องการ

5.2.3 มอเตอร์มีกำลังวัตต์ต่ำทำให้ไม่มีแรงบิดเวลาขึ้นทางลาดชัน

5.2.4 เครื่องชาร์จที่มากับชุดมอเตอร์ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพในการประจุแบตเตอรี่ไม่เต็มที่

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรเลือกใช้เซลล์แสงอาทิตย์รุ่นใหม่ที่มีขนาดเบาและประสิทธิภาพสูง

5.3.2 ควรเลือกใช้ล้อรับน้ำหนักที่แข็งแรง เช่น ล้อจักรยานยนต์

5.3.3 ควรเพิ่มขนาดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ จากเดิม 250 วัตต์ เป็น 500 วัตต์ หรือมากว่า

5.3.4 ควรใช้ตู้ชาร์จที่มีคุณสมบัติการชาร์จโดยตรงเพื่อการประจุแบตเตอรี่ได้เต็มที่ และมีประสิทธิภาพในการใช้งาน