

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 กลศาสตร์ของไหล [1]

กลศาสตร์ของไหลเป็นเรื่องราวเกี่ยวกับการนำของไหลซึ่งเป็นสารทำงานมาใช้ประโยชน์ในทางกล ประโยชน์เพื่อความสะดวกในการทำงานของชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ต่างๆ เช่น ระบบท่อส่ง ในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะของไหลที่อัดตัวไม่ได้ ก็คือน้ำซึ่งจะเป็นการนำพลังงาน ที่ได้จากการไหลของน้ำมาใช้ประโยชน์

2.1.1 คุณสมบัติของน้ำ

ความหนาแน่น (Density) “ ρ ” เป็นคุณสมบัติที่ได้จากการเปรียบเทียบมวลต่อปริมาตรของของไหลนั้น

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg/m}^3) \quad (2.1)$$

โดยที่ ρ = ความหนาแน่น (kg/m^3)
 m = มวล (kg)
 V = ปริมาตร (m^3)

กรณีของไหลคือน้ำ 1 m^3 จะมีน้ำหนัก $1,000 \text{ kg}$ แต่จริงๆแล้วความหนาแน่นของน้ำจะเป็น Function กับอุณหภูมิ $\rho = 1,000 \text{ kg/m}^3$ น้ำหนักจำเพาะ (Specific Weight) “ γ ” หมายถึง ค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบน้ำหนัก ต่อปริมาตรของไหล

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (\text{N/m}^3) \quad (2.2)$$

โดยที่ γ = น้ำหนักจำเพาะ (N/m^3)
 W = น้ำหนัก (N)

2.1.2 ความดัน (Pressure)

ขณะของไหลอยู่ในสภาวะนิ่งเฉยความดันภายในของไหลจะมีค่าเท่ากับแรงกระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ความดันของของไหล ในทางปฏิบัติแบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1. ความดันเกจบวก คือ ค่าความดันของไหลที่มีค่ามากกว่าความดันบรรยากาศ
2. ความดันเกจลบ หรือ ความดันสุญญากาศ คือ ค่าความดันของของไหลที่มีค่าต่ำกว่าความดันบรรยากาศ

$$P = \frac{F}{A} \quad (\text{N/m}^2) \quad (2.3)$$

โดยที่ $P =$ ความดัน (N/m^2)

$F =$ แรงกระทำ (N)

$A =$ พื้นที่ (m^2)

2.1.3 สมการการไหลต่อเนื่อง (Continuity Equation)

ของไหลขณะไหลในท่อกรณีที่เป็นแบบ Steady Flow หรือไหลอย่างสม่ำเสมอวัดค่าการไหลได้ 3 ลักษณะ

1. อัตราการไหลโดยปริมาตร (Volume Flow Rate)

$$Q = Av \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2.4)$$

โดยที่ $Q =$ อัตราการไหล (m^3/s)

$v =$ ความเร็วของการไหล (s)

2. อัตราการไหลโดยมวล (Mass Flow Rate)

$$\frac{dm}{dt} = \rho Q \quad (\text{kg/s}) \quad (2.5)$$

โดยที่ $\frac{dm}{dt} =$ อัตราการไหลโดยมวล (kg/s)

3. อัตราการไหลโดยน้ำหนัก (Weight Flow Rate)

$$\frac{dW}{dt} \quad (\text{N/s}) \quad (2.6)$$

โดยที่ $\frac{dW}{dt} =$ อัตราการไหลโดยน้ำหนัก (N/s)

สมการการไหลต่อเนื่องกรณีที่มีความหนาแน่นและอุณหภูมิคงที่ไหลผ่านท่อจะได้ว่ามวลที่ไหลเข้าระบบ หรืออุปกรณ์ที่รองรับการไหลของของไหลจะมีค่าเท่ากับมวลที่ไหลออกจากระบบ

2.1.4 พลังงานที่เกี่ยวข้องกับการไหล

สมการพลังงานเป็นสมการที่เกิดขึ้นกับของไหลที่เคลื่อนที่ประกอบด้วยพลังงานจากความดัน ความเร็ว และความแตกต่างของตำแหน่งดังนี้

- พลังงานจากความดัน คือ ความดันของของไหลในแนวตั้ง

$$P \gamma h \quad (2.7)$$

โดยที่ $h =$ ความสูงของผิวน้ำ (m)

- พลังงานจลน์ คือพลังงานอันเนื่องมาจากความเร็วขณะไหล

$$KE = \frac{v^2}{2g} \quad (\text{m}) \quad (2.8)$$

โดยที่ $KE =$ พลังงานจลน์ (m)

$g =$ ความเร่งในแนวตั้ง (m/s)

- พลังงานศักย์ คือพลังงานที่เกิดจากน้ำหนักของของไหลที่ระดับอ้างอิง

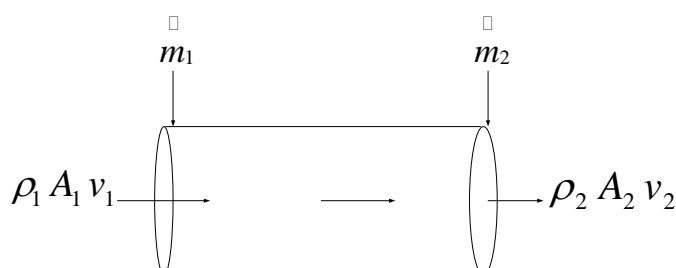
$$PE = WZ \quad (m) \quad (2.9)$$

โดยที่ PE = พลังงานศักย์ (m)

Z = เป็นระยะที่วัดจากระดับอ้างอิง (m)

กรณีที่การไหลคงที่ไม่มีมีความเสียดทานสมการพลังงานของของไหลจากตำแหน่งที่ 1 ไปยังตำแหน่งที่ 2 จะใช้สมการของเบอร์นูลลีในการคำนวณ

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (2.10)$$



ภาพที่ 2.1 การไหลผ่านท่อของน้ำ

2.1.5 ความดันสูญเสีย

เมื่อของไหลเคลื่อนที่ในท่อกลมจะเกิดค่าความดันสูญเสียแบ่งออกได้สองลักษณะคือ ความสูญเสียหลัก เป็นความสูญเสียที่เกิดจากความเสียดทานระหว่างของไหลที่ไหลในท่อและผนังท่อ ความสูญเสียรอง เป็นความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นในขณะที่ของไหล ๆ ผ่านข้อต่อ วาล์ว อุปกรณ์อื่น ๆ รวมทั้งการไหลผ่านท่อที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัด การสูญเสียหลักขณะที่ของไหล ๆ ผ่านท่อสามารถหาค่าได้ดังนี้

$$h_L = f \frac{L v^2}{D 2g} \quad (m) \quad (2.11)$$

โดยที่ h_L = ความดันสูญเสีย (m)
 f = ตัวประกอบความเสียดทาน
 L = ความยาวท่อ (m)
 D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (m)

2.1.6 การไหลผ่านเทอร์ไบน์ของน้ำ

การไหลของน้ำผ่านท่อไปยังเทอร์ไบน์ โดยตัวเทอร์ไบน์จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานจลน์ที่เกิดจากการไหลของน้ำให้เป็นพลังงานกลตามสมการของเบอร์นูลลี สามารถคำนวณค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

$$h_2 = h_1 - h_r \quad (2.12)$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 - h_r = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + Z_2 \quad (2.13)$$

$$P_w = \gamma Q h_r \quad (2.14)$$

$$\eta_r = \frac{P_w}{\gamma \cdot Q \cdot h_r} \times 100\% \quad (2.15)$$

โดยที่ h_r = ความสูงของตัวเทอร์ไบน์

2.2 คุณสมบัติของกังหัน [2]

กังหันน้ำเป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาจากวงล้อน้ำซึ่งเดิมใช้สำหรับการท่น้ำและโมแป็ง ในปี ค.ศ. 1832 วิศวกรชาวฝรั่งเศสชื่อเบนอยต์ ฟูเนรอนซ์ (Benoit Fourneyron) ประสบความสำเร็จในการพัฒนากังหันน้ำที่มีประสิทธิภาพสูงในการเปลี่ยนพลังงานน้ำไปเป็นพลังงานกล โดยเรียกชื่อว่า กังหันน้ำของฟูเนรอนซ์ (Fourneyron's turbine) หลังจากท่วงล้อน้ำไม่เคยมีการพัฒนาหรือเปลี่ยนแปลงมากกว่า 2,000 ปีก่อนหน้านี้ (Boyle, 1996 : 194) จุดนี้นับเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนากังหันน้ำ ในปัจจุบันกังหันน้ำได้ถูกพัฒนาให้มีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันมากมาย และมีประสิทธิภาพสูง กังหันน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำเพราะจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานจลน์ของน้ำไปเป็นพลังงานกล โดยการทำให้ใบพัดของกังหันน้ำเกิดการหมุนส่งผลให้แกนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่เชื่อมต่ออยู่หมุนตาม และสามารถผลิตไฟฟ้าออกมาได้ โดยทั่วไปกังหันน้ำแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทคือ

2.2.1 กังหันน้ำประเภทหัวฉีด

กังหันน้ำประเภทหัวฉีด (impulse turbine) หรือกังหันน้ำแบบแรงกระแทก กังหันน้ำแบบนี้มักใช้กับเขื่อนหรืออ่างเก็บน้ำที่มีหัวน้ำสูง เพราะต้องอาศัยแรงฉีดหรือแรงกระแทกของน้ำที่ไหลมาจากท่อส่งน้ำที่รับน้ำมาจากเขื่อน น้ำที่ไหลลงมาตามท่อส่งน้ำจะถูกลดขนาดมายังหัวฉีดก่อนจะถูกฉีดเข้าไปที่ตัวของกังหันน้ำ ลำน้ำที่พุ่งผ่านหัวฉีดจะมีแรงและความเร็วสูง ดังนั้นเมื่อกระแทกเข้าใบพัดหรือวงล้อของกังหันน้ำจะทำให้กังหันน้ำเกิดการหมุนได้ การควบคุมการหมุนของกังหันน้ำสามารถทำได้โดยการปรับขนาดของหัวฉีด ซึ่งเสมือนเป็นการปรับปริมาณน้ำให้มากหรือน้อยได้ตามต้องการ กังหันน้ำประเภทนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

- กังหันน้ำแบงกี (banki turbine) กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำต่ำ (low head) และต้องการกำลังการผลิตค่อนข้างน้อย ซึ่งปัจจุบันไม่ค่อยนิยมใช้แล้ว

- กังหันน้ำเพลตัน (pelton turbine) กังหันน้ำชนิดนี้ได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1880 โดยเลสเตอร์ เพลตัน (Lester Pelton) รูปแบบของกังหันน้ำนี้ ถูกออกแบบโดยใช้ถ้วยรับน้ำซึ่งติดอยู่ในวงล้อภายในตัวกังหันเป็นแบบถ้วยคู่ ดังแสดงในภาพที่ 2.2 และสามารถใช้กับลำน้ำที่ผ่านหัวฉีดมากกว่า 1 ช่อง โดยอาจมีจำนวนถึง 4 ช่องก็ได้ ซึ่งจะทำให้ได้รับกำลังเพิ่มขึ้นในขณะที่ขนาดของกังหันน้ำเท่าเดิม โดยทั่วไปกังหันน้ำนี้เหมาะสำหรับการผลิตไฟฟ้าจากแหล่งน้ำที่มีระดับของหัวน้ำสูง (high head) ซึ่งสูงกว่า 250 เมตร หรืออาจน้อยกว่าก็ได้ในกรณีที่เป็ระบบเล็ก การทำให้กังหันน้ำชนิดนี้หมุนอาจใช้ความเร็วของลำน้ำที่ผ่านหัวฉีดที่ไม่ต้องมีความเร็วสูงนัก โดย

ประสิทธิภาพของกังหันน้ำชนิดนี้จะดีที่สุด เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของการหมุนของวงล้อด้วยเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วของลำน้ำที่ฉีดเข้าไป (Boyle. 1996 : 205-206)

- กังหันน้ำเทอร์โก (turgo turbine) เป็นกังหันน้ำที่ถูกพัฒนาขึ้นจากกังหันน้ำแบบเพลตัน เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1920 โดยภายในตัวกังหันน้ำนี้จะใช้ถ้วยรับน้ำแบบเดี่ยวและค่อนข้างตั้งแทนถ้วยรับน้ำแบบคู่ในกังหันน้ำแบบเพลตัน ดังแสดงในภาพที่ 2.3 กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำที่มีระดับความสูงปานกลาง (medium head) เพราะสามารถใช้กับลำน้ำที่ผ่านหัวฉีดซึ่งมีความเร็วไม่มากนักและมีความสามารถในการรับปริมาณน้ำได้มากกว่ากังหันน้ำเพลตัน โดยประสิทธิภาพของกังหันน้ำจะดีที่สุดเมื่อความเร็วของการหมุนของวงล้อด้วยเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วของลำน้ำที่ฉีดเข้าไปเหมือนกับกรณีของกังหันน้ำแบบเพลตัน (Boyle. 1996 : 207)



ภาพที่ 2.2 แสดงตัวอย่างของกังหันน้ำเพลตัน



ภาพที่ 2.3 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำเทอร์โก

2.2.2 กังหันน้ำประเภทแรงปฏิกิริยา

กังหันน้ำประเภทแรงปฏิกิริยา (reaction turbine) เป็นกังหันน้ำที่ต้องอาศัยแรงดันของน้ำ ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของระดับน้ำที่อยู่ด้านหน้าและด้านหลังของกังหันน้ำมาทำให้ใบพัดของกังหันเกิดการหมุน น้ำที่เข้าไปในตัวกังหันจะแทรกเข้าไปในช่องระหว่างใบพัดเต็ม ทุกช่องพร้อมกันทำให้ตัวกังหันน้ำทั้งหมดจะจมอยู่ในน้ำ กังหันน้ำประเภทนี้เหมาะสำหรับการใช้กับแหล่งน้ำที่มีหัวน้ำต่ำถึงปานกลาง โดยทั่วไปที่นิยมใช้จะแบ่งออกเป็น 3 ชนิดได้แก่

- **กังหันน้ำฟรานซิส (francis turbine)** กังหันน้ำชนิดนี้เป็นกังหันน้ำที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะสามารถใช้กับแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของหัวน้ำตั้งแต่ 2 ถึงกว่า 300 เมตร (Boyle, 2004 : 164) หลักการทำงานของกังหันน้ำแบบฟรานซิสคือ น้ำที่ถูกส่งเข้ามาจากท่อส่งน้ำจะไหลเข้าสู่ท่อกันหอยที่ประกอบอยู่รอบๆ ตัวกังหัน ท่อกันหอยจะมีขนาดของพื้นที่หน้าตัดเล็กลงตามความยาวของท่อเพื่อต้องการทำให้น้ำมีแรงดันและความเร็วในการไหลมากขึ้น ภายในท่อกันหอยจะมีน้ำเต็มอยู่ตลอดเวลา น้ำที่ไหลในท่อกันหอยจะแทรกตัวผ่านลิ่มนำน้ำเข้า (guide vane) เพื่อเข้าสู่ตัวกังหันน้ำทำให้วงล้อของกังหันน้ำเกิดการหมุนได้ ลิ่มนำน้ำเข้าสามารถปรับแต่งมุมให้ปิดหรือเปิดได้มากน้อยตามความต้องการ ทำหน้าที่คล้ายหัวฉีดของกังหันน้ำแบบเพลตัน น้ำซึ่งถ่ายพลังงานจนทำให้กับใบพัดกังหันน้ำแล้วจะไหลลงสู่ท่อรับน้ำที่อยู่ด้านล่างต่อไป กังหันน้ำแบบฟรานซิสมีทั้งแบบแกนตั้งและแกนนอน ซึ่งการเลือกใช้จะขึ้นอยู่กับการออกแบบและขนาดของโรงไฟฟ้าแต่โดยทั่วไปจะนิยมใช้แบบแกนตั้งมากกว่า ลักษณะของกังหันน้ำฟรานซิสดังแสดงในภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำฟรานซิส

- **กังหันน้ำเคปแลน (kaplan turbine)** เป็นกังหันน้ำที่มีลักษณะเหมือนใบพัดดังแสดงในภาพที่ 2.5 เหมาะกับแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของหัวน้ำต่ำตั้งแต่ 1 ถึง 70 เมตร (วัฒนา ถาวร. 2543 : 43) และมีหลักการทำงานโดยให้น้ำจะไหลผ่านใบพัดในทิศทางขนานกับแกนของกังหันน้ำ โดยใบพัดของกังหันน้ำเคปแลนสามารถปรับมุมเพื่อรับแรงอัดหรือแรงเฉื่อยของน้ำโดยอัตโนมัติซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมความเร็วในการหมุนของกังหันน้ำได้



ภาพที่ 2.5 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำเคปแลน

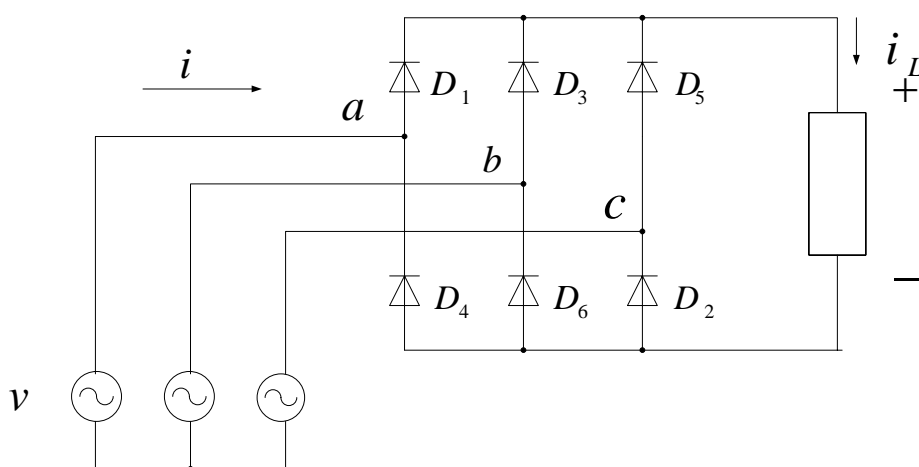
- **กังหันน้ำเดเรียซ (deriaz turbine)** เป็นกังหันน้ำที่มีลักษณะทั่วไปคล้ายกับกังหันน้ำเคปแลนแต่ต่างกันในส่วนของคุณสมบัติของใบพัด ซึ่งคล้ายกับใบพัดของกังหันน้ำฟรานซิส กังหันน้ำชนิดนี้จะใช้แรงดันน้ำที่เกิดจากการไหลของน้ำในทิศทางทแยงมุมกับแกนของกังหันน้ำ และการประยุกต์ใช้จะเหมาะกับแหล่งน้ำที่มีระดับความสูงของหัวน้ำสูงๆ เพราะต้องใช้แรงดันน้ำที่มีแรงดันสูง ลักษณะของกังหันน้ำแบบเดเรียซแสดงไว้ในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แสดงตัวอย่างกังหันน้ำเดเรียซ

2.3 วงจรเรียงกระแสสามเฟสแบบไดโอด [3]

วงจรเรียงกระแสมีวัตถุประสงค์เพื่อแปลงกำลังไฟฟ้า จากไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรง วงจรเรียงกระแสสามเฟสแบบสมมูลและมีการจัดเรียงลำดับเฟสเป็น เอ-บี-ซี โดยสมมติให้แหล่งจ่ายและไดโอดเป็นอุดมคติเพื่อให้ง่ายแก่การวิเคราะห์



ภาพที่ 2.7 วงจรเรียงกระแสสามเฟสแบบไดโอด

2.3.1 การวิเคราะห์หาแรงดันไฟฟ้าด้านออก

จากกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ รอบเส้นทางใดๆ จะพบว่ามิไดโอดของวงจรบริดจ์ ซึ่กบนเพียงตัวเดียวที่นำกระแสไฟฟ้าในเวลาหนึ่ง ๆ (D_1, D_3 หรือ D_5) โดยไดโอดที่นำกระแสไฟฟ้า จะมีด้านแอโนดต่ออยู่กับแรงดันไฟฟ้าเฟสซึ่งมีค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดในเวลาหนึ่ง ๆ กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ยังแสดงว่า รอบเส้นทางใด ๆ จะพบว่ามิไดโอดของวงจร บริดจ์ซึ่ก ล่างเพียงตัวเดียวที่นำกระแสไฟฟ้าในเวลาหนึ่งๆ (D_2, D_4 หรือ D_6) ไดโอดที่นำกระแสไฟฟ้าจะมี ด้านแคโทดที่ต่ออยู่กับแรงดันไฟฟ้าเฟส ซึ่งมีค่าแรงดันไฟฟ้าในเวลาหนึ่งๆต่ำสุด จากที่กล่าวมาจะ เห็นว่าไดโอด D_1 กับ D_4 ไม่สามารถนำกระแสไฟฟ้าพร้อมกันได้ เช่นเดียวกับ D_3 กับ D_6 รวมทั้ง D_5 กับ D_2 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโพลคือแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟส ของแหล่งจ่ายเช่น เมื่อ D_1 กับ D_2 นำกระแสไฟฟ้า ในช่วงเวลานี้แรงดันไฟฟ้าด้านออกคือ V_{ac} และมีข้อสังเกตคือ ไดโอดคู่ใดนำ กระแสไฟฟ้าก็จะเป็นไดโอดที่ต่อระหว่างแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสมีค่าสูงสุดในเวลาขณะนั้น เช่น A_{ac} แรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสมีค่าสูงสุด แรงดันไฟฟ้าด้านออกก็คือ V_{ac} โดยไดโอด D_1 กับ D_2 นำ

กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสมีความเป็นไปได้อยู่ 6 รูปแบบ ช่วงแรงดันไฟฟ้าสูงสุดระหว่างเฟสจะเป็นช่วง 60 องศา ดังนั้นจึงเรียกวงจรนี้ว่าวงจรเรียงกระแสแบบหกพัลส์ ซึ่งนับจากจำนวนครั้งการเปลี่ยนค่าสูงสุดในหนึ่งคาบ ความถี่หลักมูลของแรงดันไฟฟ้าด้านออกเป็นหกเท่าของความถี่ของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ไดโอดแต่ละตัวจะนำกระแสไฟฟ้าเพียงหนึ่งในสามของคาบเวลา ดังนั้นจะได้

$$I_{D,av} = \frac{1}{3} I_{o,av} \quad (A) \quad (2.16)$$

$$I_{D,rms} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{o,rms} \quad (A) \quad (2.17)$$

$$I_{S,rms} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_{o,rms} \quad (A) \quad (2.18)$$

โดยที่ $I_{D,av}$ = กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยของไดโอด
 $I_{D,rms}$ = กระแส R.M.S. ของไดโอด
 $I_{S,rms}$ = กระแส R.M.S.
 $I_{o,rms}$ = กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยที่โหลด
 $I_{o,rms}$ = กระแส R.M.S. ของโหลด

ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยทางด้านออกของวงจรเรียงกระแสสามเฟสหาได้จาก

$$V_0 = 0.955 \times V_{m,L-L} \quad (V) \quad (2.19)$$

โดยที่ V_0 = แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยด้านออก
 $V_{m,L-L}$ = ค่าแรงดันไฟฟ้ายอดระหว่างสายซึ่งจะมีค่าเท่ากับ $\sqrt{2} \cdot V_{L-L,rms}$

2.4 แบตเตอรี่และการประจุแบตเตอรี่ [4]

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแบตเตอรี่ แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอย่างหนึ่งทางด้านไฟฟ้า ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้า จ่ายออกมาให้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ แบตเตอรี่บางชนิดสามารถอัดไฟฟ้าเข้าไปเพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานเคมีแล้วค่อย ๆ ปล่อยพลังงานออกมาให้เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ

2.4.1 โครงสร้างของแบตเตอรี่

เซลล์ของแบตเตอรี่ประกอบด้วยแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ และสารละลายที่เป็นของธาตุบวกและแผ่นลบวางอยู่คู่กัน ในเซลล์แบตเตอรี่ลูกหนึ่ง ๆ อาจมีแผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบหลาย ๆ ชุดวางขนานกันเป็นคู่ ๆ เพื่อให้ได้ขนาดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาสูงขึ้นปริมาณขนาดกระแสไฟฟ้าที่ได้จากแบตเตอรี่จะขึ้นอยู่กับพื้นที่ของแผ่นธาตุบวกและแผ่นและแผ่นธาตุลบ ระยะห่างระหว่างแผ่นความเข้มข้นของสารละลายความจุของแบตเตอรี่มักวัดได้เป็นแอมแปร์/ชั่วโมง (Ampere-Hour, Ah) การวัดความจุโดยให้เวลาคงที่แล้ววัดกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกมาในช่วงเวลาดังกล่าว เช่น แบตเตอรี่ลูกหนึ่งจ่ายกระแสไฟฟ้า 20 A ในเวลา 8 ชั่วโมง จะมีความจุ 160 Ah เป็นต้น

2.4.2 การประจุแบตเตอรี่ตะกั่ว-กรด

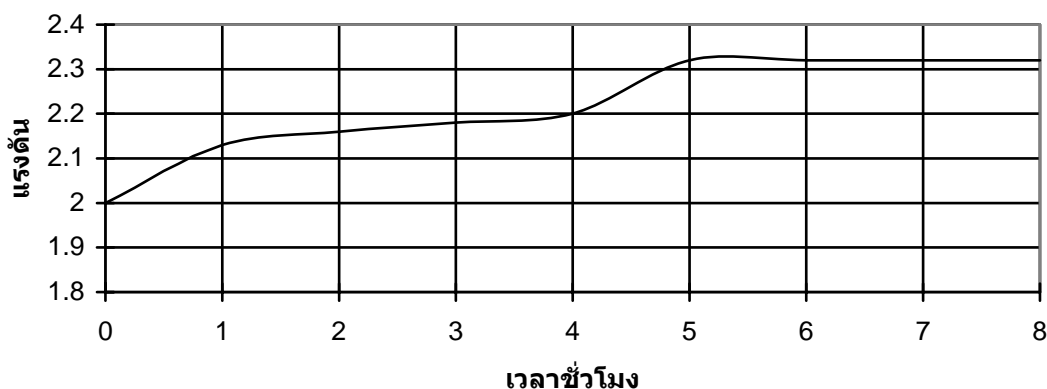
การประจุประจุแบตเตอรี่ คือ การนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากแหล่งจ่ายภายนอก เช่น เครื่องดีซีเจเนอเรเตอร์ เป็นต้น มาจ่ายกำลังงานไฟฟ้าให้กับแบตเตอรี่ การประจุประจุแบตเตอรี่มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด ด้วยกัน คือ

2.4.3 การประจุแบบกระแสคงที่ (Constant Current Charge)

การประจุแบบกระแสคงที่นับว่าเป็นการประจุที่มีประสิทธิภาพกว่าแบบแรงดันคงที่ แต่การประจุแบบกระแสคงที่นี้จะใช้ระยะเวลาในการประจุนานกว่าการประจุแบบแรงดันคงที่ ทั้งนี้ เพราะการประจุแบบกระแสคงที่นี้จะถูกจำกัดปริมาณการประจุจากเครื่องประจุเข้าวงจรแบตเตอรี่เป็นจำนวนแอมป์ต่อชั่วโมง ดังนั้นแบตเตอรี่จะได้รับกระแสในการประจุเป็นไปตามที่กำหนด เมื่อเป็นเช่นนี้ บางท่านอาจจะตั้งปัญหาถามว่า ทำไมไม่ตั้งกระแสในการประจุให้สูงขึ้น ถึงแม้แบตเตอรี่จะได้รับกระแสมากก็จริงอยู่ แต่ผลเสียหลายจะเกิดขึ้นกับแบตเตอรี่ในทันที ซึ่งความเสียหายนั้น คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเซลล์แบตเตอรี่จะสูงขึ้นตามปริมาณของกระแสที่ทำการประจุ และใน

ที่สุดแผ่นเพลทของแบตเตอรี่ที่เป็น Active Material ของเซลล์แบตเตอรี่จะเกิดการคอง แตก หรือ รอยร้าวอันเนื่องมาจากความร้อนในเซลล์สูงกว่าที่กำหนด จะทำให้เซลล์แบตเตอรี่นั้นๆ เกิดการระเบิดขึ้นได้ ส่วนการประจุกระแสคงที่มีข้อดีที่เกิดขึ้นกับแบตเตอรี่คือ ทำให้เซลล์ทุก ๆ เซลล์ในชุดแบตเตอรี่ได้รับ การประจุกระแสที่มีสัดส่วนเท่ากันทุก ๆ เซลล์ ทว่าทั้งชุดแบตเตอรี่ ซึ่งในการประจูด้วยกระแสคงที่นี้ทำให้การคำนวณหาค่าความจุของแบตเตอรี่ได้ง่ายและสะดวกเช่น เรานำแบตเตอรี่ที่มีค่าความจุขนาด 34 แอมแปร์ หากเราจะใช้ระยะเวลาในการประจุ 5 ชั่วโมงเต็ม เราต้องใช้กระแสในการประจุแบตเตอรี่ เท่ากับ 6.5 แอมแปร์ต่อชั่วโมง ดังนั้นค่าความจุของแบตเตอรี่ เท่ากับ 5 คูณ ด้วย 6.8 เท่ากับ 34 แอมแปร์ ดังนั้นเราจึงพอที่จะสรุปได้ว่า เหตุผลที่ทำให้การประจุแบบกระแสคงที่ใช้เวลานานหรือช้าด้วยเหตุผลคือ ค่าความจุหรือขนาดของแบตเตอรี่ที่นำมาทำการประจุ ปริมาณของกระแสที่ทำการประจุและ ขึ้นอยู่กับสภาพของแบตเตอรี่ก่อนที่จะทำการประจุ

จากการประจุแบบกระแสคงที่ เราไม่ได้กล่าวถึงแรงดันที่ประจุแบตเตอรี่เลย อย่างไรก็ตาม ในขณะที่เราทำการประจุแบตเตอรี่อยู่นั้น ระดับแรงดันที่เซลล์ของแบตเตอรี่จะเริ่มจาก 2.00 โวลต์ต่อเซลล์ จนถึง 2.33 โวลต์ต่อเซลล์ ดังนั้นแรงดันในการประจุแบตเตอรี่ แสดงได้ตามภาพที่ 2.4

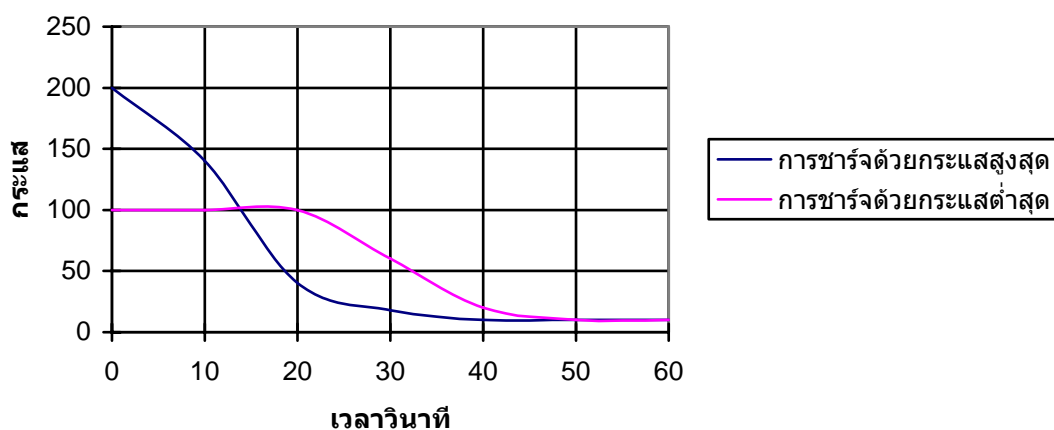


ภาพที่ 2.8 การเปลี่ยนแปลงของแรงดันในการประจุแบบกระแสคงที่

ดังนั้นการประจุกระแสคงที่พอที่จะสรุปได้ดังนี้ การประจุจะทำอย่างรวดเร็วไม่ได้เพราะจะต้องถูกจำกัดปริมาณของกระแสในการประจุที่ตายตัว ตามที่หนังสือคู่มือของแบตเตอรี่ชนิดนั้น กำหนดขึ้นมา และอีกประการหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึงความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของแบตเตอรี่ตลอดจนค่าความจุของแบตเตอรี่

2.4.4 การประจุแบบแรงดันคงที่

จากที่เราได้ทราบมาแล้วว่า การประจุแบบกระแสคงที่ที่เราจะทำการประจุอย่างรวดเร็วไม่ได้ ต่อไปนี้เราจะได้ศึกษาถึงการประจุแบบแรงดันคงที่ ในการประจุแบบนี้จะใช้ระยะเวลาในการประจุน้อยกว่าการประจุในแบบแรกหรือทำการประจุได้อย่างรวดเร็วกว่านั่นเอง ระยะเวลาในการประจจะเร็วเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องประจุจะต้องจ่ายกระแสออกมาได้ 50% ของแบตเตอรี่มาทำการประจุเช่นแบตเตอรี่ขนาด 100 แอมแปร์ต่อชั่วโมงจะใช้เวลาในการประจุเท่ากับ 2 ชั่วโมง



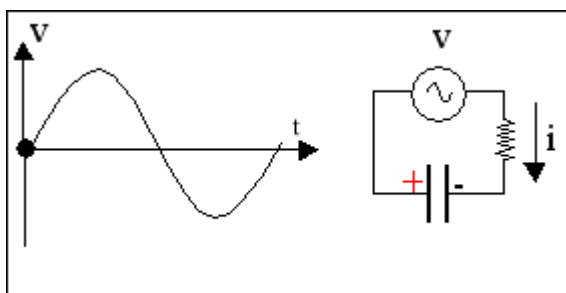
ภาพที่ 2.9 การเปลี่ยนแปลงระหว่างกระแสกับเวลาในการประจุแบตเตอรี่แบบแรงดันคงที่

การประจุแบตเตอรี่เกิดจากการนำแบตเตอรี่ที่ถูกนำเอาพลังงานออกไปใช้จนประจุลดลง จึงต้องมีการประจุไฟให้แบตเตอรี่จนมีประจุเต็มดังเดิม การประจุแบตเตอรี่โดยระบบแรงดันคงที่ทำได้โดยการใช้เครื่องประจุหรือเจนเนอเรเตอร์เป็นตัวกำเนิดแรงดันขึ้นมาแล้วป้อนเข้าแบตเตอรี่ แต่การกำเนิดแรงดันจากเครื่องประจุหรือเจนเนอเรเตอร์ อาจจะมีแรงดันที่ไม่คงที่ และนับว่าเป็นวงจรที่สำคัญยิ่งสำหรับการประจุ ซึ่งตัวนี้เราเรียกกันทั่วไปว่า วงจรเร็กกูเลเตอร์ (Voltage Regulator) ดังนั้นวงจรเร็กกูเลเตอร์จะทำหน้าที่ให้แบตเตอรี่ได้รับการประจุที่คงที่ และนับว่าเป็นวงจรที่สำคัญยิ่งสำหรับการประจุแบบแรงดันคงที่ และในทำนองเดียวกัน ถ้าหากวงจรเร็กกูเลเตอร์นี้เสียจะทำให้แบตเตอรี่ได้รับระดับแรงดันในการประจุที่ไม่ถูกต้อง ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่ได้รับแรงดันในการประจุมากหรือน้อยเกินไป โดยระดับแรงดันทั้งสองที่กล่าวมานี้จะทำให้แบตเตอรี่เกิดการเสียหาย ซึ่งได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อของระดับแรงดันในการประจุโดยทั่ว ๆ ไป นั่น การตั้งแรงดันเร็กกูเลเตอร์จะมีค่าแรงดันเท่าไรนั้น ให้ดูคู่มือของแบตเตอรี่นั้น ๆ เป็นหลักในกรณีที่ไม่มีหนังสือคู่มือให้ใช้

หลักการดังนี้ ให้ใช้จำนวนแรงดันในการประจู่ต่อเซลล์คูณด้วยจำนวนแรงดันในการประจู่ต่อเซลล์คูณด้วยจำนวนเซลล์ของแบตเตอรี่ที่ทำการประจู่ เช่น แบตเตอรี่ 24 เซลล์จะปรับแต่งแรงดันของเครื่องประจู่เท่ากับ 2.15 คูณด้วย 24 เท่ากับ 51.6

2.4.5 หลักการอัดประจู่ไฟฟ้าแบตเตอรี่

เครื่องอัดประจู่แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง ซึ่งจะให้ระดับแรงดัน สูงกว่าระดับแรงดันของแบตเตอรี่ ในขณะที่มีการอัดประจู่เต็มในการอัดประจู่แบตเตอรี่จะให้ขั้วบวกของเครื่องอัดประจู่แบตเตอรี่ต่อเข้ากับขั้วบวกของแบตเตอรี่ โดยที่กระแสที่ทำการประจู่แบตเตอรี่จะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของกระแสที่แบตเตอรี่จ่ายออกมามีแสดงในภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.10 ทิศทางในการไหลของกระแสอัดประจู่

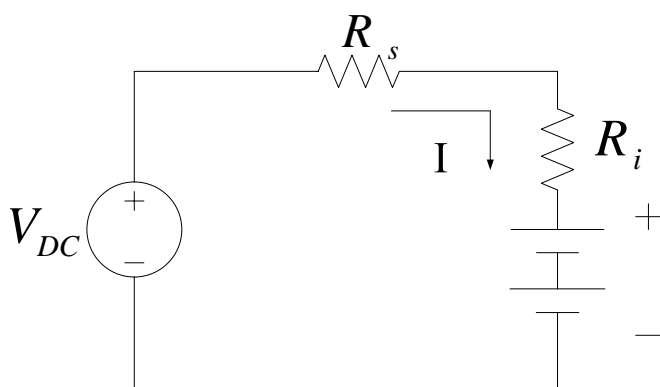
โดยที่ E = แรงดันที่ทำการอัดประจู่
 E_c = แรงดันที่ขั้วของแบตเตอรี่
 R_i = ความต้านทานภายในของแบตเตอรี่
 I = กระแสที่ใช้ในการอัดประจู่แบตเตอรี่

สมการที่ได้จากภาพที่ 2.6 คือ

$$E = E_c + IR_i \quad (V) \quad (2.20)$$

$$I = \frac{(E - E_c)}{R_i} \quad (A) \quad (2.21)$$

เมื่อแรงดันที่แบตเตอรี่ (E_c) มีค่าเท่ากับแรงดันที่อัดประจุ (E) จะไม่มีกระแส (I) ไหลในวงจรถ้าแรงดัน (E_c) ต่ำกว่าแรงดัน (E) จะทำให้มีกระแสไหลเพื่อเข้าไปอัดให้กับแบตเตอรี่ แต่ถ้าให้แรงดัน (E_c) สูงกว่าแรงดัน (E) กระแสจะถูกคิสประจุออกจากแบตเตอรี่ค่าความต้านทานภายใน (R_i) ของแบตเตอรี่ส่วนมากจะมีค่าน้อยซึ่งมีหน่วยเป็น โอห์ม โดยจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงไปในขณะที่มีการอัดประจุปริมาณที่แบตเตอรี่จะทนได้อาจจะทำให้แบตเตอรี่ชำรุดได้ การจะลดปริมาณกระแสการอัดประจุแบตเตอรี่ให้ต่ำลง ทำได้โดยเอาความต้านทานต่ออนุกรมเข้าไปเพื่อจำกัดปริมาณกระแสที่ไหลได้ตามต้องการซึ่งวงจรจะมีลักษณะดังภาพ 2.7



ภาพที่ 2.11 การต่อค่า R_s ในวงจร

$$I = \frac{(E - E_c)}{(R_s + R_i)} \quad (\text{A}) \quad (2.22)$$

$$R_s = \frac{(E - E_c)}{I} - R_i \quad (2.23)$$

แบตเตอรี่แบบทุติยภูมิ อัตราการอัดประจุหรือคายประจุ จะขึ้นอยู่กับความจุของแบตเตอรี่ พิกัดของกระแสอัดประจุจะบอกให้เป็นชั่วโมง ฉะนั้นค่าของกระแสจะหาได้จากค่าความจุ ซึ่งมีหน่วยเป็น แอมแปร์ - ชั่วโมง แต่ทั้งนี้และทั้งนั้น ค่าความสัมพันธ์ของกระแสและชั่วโมงในการคายประจุนี้จะไม่แปรผันตามกันตลอด เช่น แบตเตอรี่ 100 Ah คายประจุกระแส 5 แอมป์ ในเวลา 20 ชั่วโมง แต่ถ้าคายประจุกระแส 10 แอมป์ อาจจะคายประจุได้ในเวลาเพียง 7 ชั่วโมง หรืออาจจะคายประจุกระแส 20 แอมป์ ได้ในเวลาเพียง 3 ชั่วโมง เป็นต้น จะเห็นว่าถ้าจ่ายกระแสในปริมาณมาก ค่าพิกัดแอมป์-ชั่วโมง (Ah) ของแบตเตอรี่อาจมีค่าน้อยลง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอัตราการคายประจุของแบตเตอรี่

(Rate of Discharge) ซึ่งราคาของแบตเตอรี่ก็จะต่างกันไปด้วย อีกสิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงว่าค่าของกระแส ในการประจุแบตเตอรี่ควรมีค่าเท่าใด นั่นคือค่ากำลังสูญเสียในแบตเตอรี่ซึ่งอาจเขียนในรูปของสมการคือ

$$P = I^2 R_i \quad (W) \quad (2.24)$$

โดยที่ P = กำลังสูญเสียในแบตเตอรี่

I = กระแสในการอัดประจุ

R_i = ค่าความต้านทานภายในของแบตเตอรี่

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าเมื่อค่ากระแสในการอัดประจุมีค่าสูง จะทำให้มีค่าสูญเสียมาก ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดความร้อนขึ้นในแบตเตอรี่ ถ้ามีค่าสูงมากจะทำให้แบตเตอรี่มีอายุการใช้งานน้อยลงหรืออาจทำให้เสียหายได้ ฉะนั้นในการอัดประจุแบตเตอรี่ ต้องพิจารณาข้อจำกัดดังกล่าวนี้ด้วย ประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ก็เป็นสิ่งจำเป็น

2.5 สมบัติทางแม่เหล็กของวัสดุ (Properties Magnet of Materials) [5]

สมบัติทางแม่เหล็กของวัสดุ ขึ้นอยู่กับ โครงสร้างของอะตอม และลักษณะการจับตัวของอะตอมของธาตุที่ประกอบกันขึ้นเป็นวัสดุ และวัตถุกั้นที่ผลการตอบสนองของวัสดุต่อสนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำวัสดุ วัสดุอาจถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามค่าเฟอร์มีบิลิตีสัมพัทธ์

- กลุ่มไดอามกเนติก (Diamagnetic) ได้แก่ วัสดุที่มีเฟอร์มีบิลิตีสัมพัทธ์น้อยกว่า 1
- กลุ่มพาราแมกเนติก (Paramagnetic) ได้แก่ วัสดุที่มีเฟอร์มีบิลิตีสัมพัทธ์มากกว่า 1 เล็กน้อย
- กลุ่มเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic) ได้แก่ วัสดุที่มีเฟอร์มีบิลิตีสัมพัทธ์มากกว่า 1 มาก ๆ

เมื่อถูกเหนี่ยวนำด้วยสนามแม่เหล็ก เฟอร์โรแมกเนติกก็จะแสดงอำนาจแม่เหล็กขึ้นมา ทั้งนี้ธาตุที่เป็นเฟอร์โรแมกเนติก ได้แก่ เหล็ก นิกเกิล โคบอลต์ แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnets) แม่เหล็กถาวร คือ เฟอร์โรแมกเนติกที่สามารถรักษาสภาพความเป็นแม่เหล็กไว้ได้ภายหลังจากที่สนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำ ได้หมดไปแล้ว แม่เหล็กถาวรมีทั้งพวกที่เป็น โลหะผสมและพวกที่เป็นเซรามิก พวกหลังนี้มีชื่อว่า แม่เหล็กเซรามิก (Ceramic magnets) แม่เหล็กอ่อน (Soft Magnets) แม่เหล็กอ่อน ได้แก่ เฟอร์โรแมกเนติกที่ไม่สามารถรักษาสภาพความเป็นแม่เหล็กไว้ได้ภายหลังจากที่สนามแม่เหล็กที่มาเหนี่ยวนำหมดไป ตัวอย่างแม่เหล็กอ่อนที่สำคัญ ได้แก่ เหล็กกล้าผสมซิลิคอน

เหล็กกล้าผสมนิกเกิลหรือที่เรียก เป็นชื่อทางการค้าว่า เพอร์มาลลอย (Permalloy) แม่เหล็กทุกชนิดมีสนามแม่เหล็กรอบๆ แท่ง และมีแรงแม่เหล็กกระทำกันระหว่างแม่เหล็ก 2 แท่งเนื่องจากแรงปฏิกิริยาภายในสนามแม่เหล็กวัตถุใดๆ ที่ถูกทำให้เป็นแม่เหล็กได้ก็จะกลายเป็นแม่เหล็ก และจะกลายเป็นแม่เหล็กเมื่อวางไว้ในสนามแม่เหล็ก การเคลื่อนที่ของประจุ (ปกติคืออิเล็กตรอน) ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กเช่นเดียวกัน

2.5.1 Pole

ขั้วแม่เหล็ก เป็นจุดบนแท่งแม่เหล็ก ซึ่งแรงแม่เหล็กจะปรากฏอย่างเข้มข้น แม่เหล็กมี 2 ขั้ว ขั้วเหนือและขั้วใต้ (ระบุได้โดยให้แท่งแม่เหล็กวางตัว ในสนามแม่เหล็กโลก) แท่งแม่เหล็กทั้งหมดมีขั้วแต่ละชนิดเท่ากัน กฎข้อแรกของแม่เหล็กกล่าวไว้ว่า ขั้วต่างกันดูดกันและขั้วเหมือนกันผลักกัน

2.5.2 Magnetic axis

แกนแม่เหล็กเป็น เส้นที่ลากผ่านขั้วเหนือและขั้วใต้ ของแท่งแม่เหล็กแบ่งให้ เห็นความสมดุลของสนามแม่เหล็ก

2.5.3 Ferromagnetic

สารแม่เหล็กหมายถึงวัตถุที่เป็นแม่เหล็กอย่างแรง (ทำให้เป็นแม่เหล็กได้ง่าย) ได้แก่ เหล็ก นิกเกิล โคบอลต์ และสารประกอบของโลหะ เหล่านี้แบ่งเป็นสารแม่เหล็กถาวร และสารแม่เหล็กชั่วคราว แม่เหล็กผสมทำด้วยสารแม่เหล็กหลายชนิดดังกล่าว ทำให้เป็นของแข็งด้วยความร้อนและความกดดันจึงสามารถทำให้เป็นสารแม่เหล็กถาวรมากขึ้น หรือสารแม่เหล็กชั่วคราว โดยการเปลี่ยนส่วนผสมของสารที่ใช้

2.5.4 Hard

สารแม่เหล็กถาวร เป็นสารแม่เหล็กที่ไม่เสียอำนาจแม่เหล็กง่าย หลังจากถูกทำให้เป็นแม่เหล็กแล้ว เช่น เหล็กกล้า แม่เหล็กที่ทำด้วยสารเหล่านี้เรียกว่า แม่เหล็กถาวร

2.5.5 Soft

สารแม่เหล็กชั่วคราว เป็นสารแม่เหล็กที่ไม่สามารถรักษาอำนาจแม่เหล็กได้นานหลังจาก ถูกทำเป็นแม่เหล็กแล้ว เช่น เหล็กธรรมดา แม่เหล็กที่ทำด้วยสารแม่เหล็กประเภทนี้เรียกว่า แม่เหล็กชั่วคราว สภาพแม่เหล็กที่หลงเหลือในสารแม่เหล็กชั่วคราวเรียกว่า แม่เหล็กตกค้าง

2.6 ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

การแบ่งชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตามคุณสมบัติต่างเพื่อความเหมาะสมในการที่จะ เลือกใช้ให้ตรงตามความต้องการนั้นสามารถแบ่งได้ดังนี้

2.6.1 แบ่งตามลักษณะของสนามแม่เหล็ก

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับชนิดหนึ่งเฟส สนามแม่เหล็กจะเป็นชนิดอยู่กับที่ จะยึดติดอยู่กับโครงเหล็กเพราะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาดต่ำ แต่ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดกำลังเอาต์พุตสูง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับสามเฟส จะออกแบบให้ขดลวดสนามแม่เหล็กเป็นส่วนที่เคลื่อนที่

2.6.2 แบ่งตามลักษณะของเอ็กไซเตอร์

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับต้องการแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงสำหรับป้อนกระแสให้กับขดลวดสนามแม่เหล็ก แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ป้อนกระแสให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับนี้เรียกว่า เอ็กไซเตอร์ ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดกำลังเอาต์พุตสูงจะมีเอ็กไซเตอร์เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบแฟลตคอมเปานด์ โดยเพลลาของเอ็กไซเตอร์จะต่ออยู่กับแกนเดียวกัน ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นอกจากนี้แล้วยังมีเอ็กไซเตอร์อีกแบบหนึ่งที่ไม่มีส่วนที่เคลื่อนที่ได้เหมือนในกรณีแรก เอ็กไซเตอร์แบบนี้จะประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า ตัวเรียงกระแสและตัวกรองกระแส เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้เอ็กไซเตอร์แบบนี้จะต้องใช้แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มาช่วยป้อนกระแสให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กในครั้งแรกก่อนเสมอ เมื่อเครื่องกำเนิดผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้แล้ว จึงสามารถปลดแหล่งจ่ายไฟตรงออกไปได้

2.6.3 แบ่งตามลักษณะการจ่ายแรงดันไฟฟ้า

จะมีอยู่สองชนิดด้วยกันคือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับชนิดหนึ่งเฟส เครื่องกำเนิดชนิดนี้จะมีขนาดกำลังเอาต์พุตต่ำ และเป็นแบบเซลล์เอ็กไซต์ หมายความว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ถูก

เหนี่ยวนำขึ้นนั้น ส่วนหนึ่งจะจ่ายให้กับโหลด และอีกส่วนหนึ่งจะถูกแปลงให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง และป้อนกลับไปเลี้ยงขดลวดสนามแม่เหล็กตลอดเวลาที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าอยู่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับชนิดสามเฟส เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้จะมีขดลวดสนามแม่เหล็กเป็นส่วนที่เคลื่อนที่ และมีขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นส่วนที่อยู่กับที่ซึ่งมี 3 ชุดด้วยกัน เรียกแต่ละชุดว่าขด หรือ เฟส ดังนั้นจึงมีขดลวดอยู่ 3 คู่หรือ 6 เส้น ซึ่งปลายทั้ง 3 คู่นี้สามารถนำมาต่อเข้าด้วยกันเพื่อให้วงจรขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นแบบสตาร์ หรือแบบเดลต์ได้อย่างใดอย่างหนึ่งได้ ถ้าต่อขดลวดอาร์เมเจอร์เป็นแบบสตาร์ จะมีสายไฟที่ต่อไปหาโหลด 4 เส้นด้วยกัน สายไฟที่ต่อออกจากแต่ละเฟสเรียกว่า เฟสหรือไลน์ ส่วนสายไฟที่ต่อออกจากจุดต่อร่วมของทั้งสามเฟสเรียกว่า สายศูนย์หรือสายนิวทรัล แต่ถ้าต่อขดลวดเป็นแบบเดลต้า สายไฟที่ต่อไปหาโหลดจะมีเพียง 3 เส้น และสายไฟแต่ละเส้นจะเรียกว่า เฟสหรือไลน์ แรงดันระหว่างสายไฟแต่ละคู่จะมีค่าเท่ากันหมด

2.6.4 แบ่งตามชนิดของต้นกำลังขับ

ต้นกำลังที่ใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับมีหลายชนิดด้วยกันจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งานและสถานที่

- เครื่องยนต์
- กังหันก๊าซ
- กังหันน้ำ
- กังหันไอน้ำ

2.7 ส่วนประกอบหลักของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ [6]

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ทำหน้าที่ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นมา จะมีส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับดังนี้

2.7.1 ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator)

ในกรณีที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นได้จะต่ำ ส่วนอยู่กับที่จะเป็นขดลวดขั้วแม่เหล็กที่ยึดติดกับโครงเหล็ก ถ้าเป็นกรณีของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูง ๆ ส่วนที่อยู่กับที่จะเป็นขดลวดที่ผลิตแรงเคลื่อนไฟฟ้า หรือที่เรียกว่าขดลวดอาร์เมเจอร์ จะพันอยู่ในสล้อทของสเตเตอร์ที่ยึดติดแน่นอยู่กับโครงเหล็ก(Frame) สำหรับ

ลักษณะสล๊อตที่พันด้วยลวดจะมี 2 แบบคือ แบบเปิดเป็นแบบที่ใช้กับเครื่องกำเนิดทั่วไป อีกแบบหนึ่ง คือ แบบกึ่งปิดแบบนี้ใช้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

2.7.2 ส่วนที่เคลื่อนที่ (Rotor)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดกำลังเอาต์พุตต่ำ โรเตอร์ที่เป็นส่วนที่เคลื่อนที่หมุนได้นั้น จะเป็นขดลวดอาร์เมเจอร์ กระแสไฟฟ้าที่ถูกผลิตขึ้นมาป้อนให้กับโหลด จะถูกนำออกไปโดยผ่านสล๊อปริง แต่ถ้าเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับขนาดกำลังเอาต์พุตสูง ๆ แล้วโรเตอร์จะเป็นขดลวดสนามแม่เหล็กซึ่งมีสองแบบด้วยกันคือ แบบขั้วยื่น (Salient Pole) และแบบทรงกระบอก (Cylindrical Pole)

- โรเตอร์แบบขั้วยื่น โรเตอร์แบบนี้จะมีขั้วแม่เหล็กสูงยื่นออกไปจากแกนของโรเตอร์เหมาะสำหรับเครื่องกำเนิดที่มีความเร็วต่ำ
- โรเตอร์แบบทรงกระบอกโรเตอร์แบบนี้ขั้วแม่เหล็กจะเรียบติดกับแกนของโรเตอร์ไม่ยื่น โผล่ออกไปเหมาะสำหรับเครื่องกำเนิดที่มีความเร็วสูงๆ ดังนั้นจำนวนขั้วแม่เหล็กของโรเตอร์แบบนี้จึงน้อยตรงกลางขั้วแม่เหล็กจะไม่เซาะสล๊อตและเรียกบริเวณนี้ว่าพื้นที่ขั้วแม่เหล็ก

2.8 การพันขดลวดอาร์เมเจอร์และหลักการทำงานของขดลวดอาร์เมเจอร์

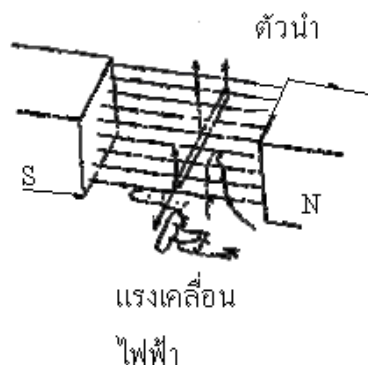
2.8.1 ขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามเฟสชนิดแบบพิชเต็ม

ในการพันแบบนี้จะมีขดลวดจำนวนสามชุดในสล๊อตภายใต้ขั้วแม่เหล็กหนึ่งขั้ว ขดลวดแต่ละชุดจะพันลงในสล๊อตห่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้าข้อสังเกตก็คือ ต้นของขดลวดเฟส A จะเริ่มที่กึ่งกลางขั้วแม่เหล็ก N และปลายของขดลวดเฟส A จะพันลงในสล๊อตกึ่งกลางขั้วแม่เหล็ก S ที่อยู่ถัดไปทางขวามือ เรียกว่าเป็นขดลวดฟูลพิช (Full Pitch) แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นกับขดลวดแต่ละเฟส คือเมื่อต้นของเฟส A อยู่ภายใต้ของขั้วแม่เหล็ก N แล้ว ปลายของเฟส A ก็จะอยู่ภายใต้ของขั้วแม่เหล็ก S แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ต้นและปลายของขดลวดเฟส A จึงเกิดขึ้นพร้อมกันและมีทิศทางตามกัน และต้นกับปลายของขดลวดทางเฟส A ต่ออันดับอยู่กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำรวมของขดลวดเฟส A จึงมีค่าเท่ากับผลรวมแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นของแต่ละคอยล์ (แรงเคลื่อนไฟฟ้าของต้นและปลายขดลวดรวมกัน)

2.8.2 ขดลวดอาร์เมเจอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามเฟสแบบพิชเศษส่วน

คือการพันขดลวดที่มีระยะระหว่างต้นและปลายของคอยล์เดียวกันที่พันลงไปในสล๊อตของอาร์เมเจอร์มีค่าน้อยกว่า 180 องศาทางไฟฟ้า ข้อดีก็คือ เป็นการทำให้ประหยัขดลวดทองแดงลง ผลตามมาก็คือ อินดักแตนซ์ของขดลวดแต่ละเฟสลดลง เนื่องจากมีขดลวดอินดักแตนซ์ระหว่างคอยล์น้อย และทำให้เว็บบฟอร์มของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำดีขึ้นเป็นการลดฮาร์โมนิกส์ลงได้เนื่องจาก

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นน้อยกว่าในกรณีพิชเต็ม เมื่อส่วนประกอบอื่นๆเหมือนกันนั่นก็คือ ถ้าต้นของขดลวดเฟส A อยู่กึ่งกลางขั้วแม่เหล็ก N แล้วปลายของขดลวดเฟส A เดียวกันนี้จะเคลื่อนพันตำแหน่งกึ่งกลางของขั้วแม่เหล็ก S ไปแล้วและแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำของขดลวดเฟสเดียวกันจะเกิดขึ้นสูงสุดไม่พร้อมกัน



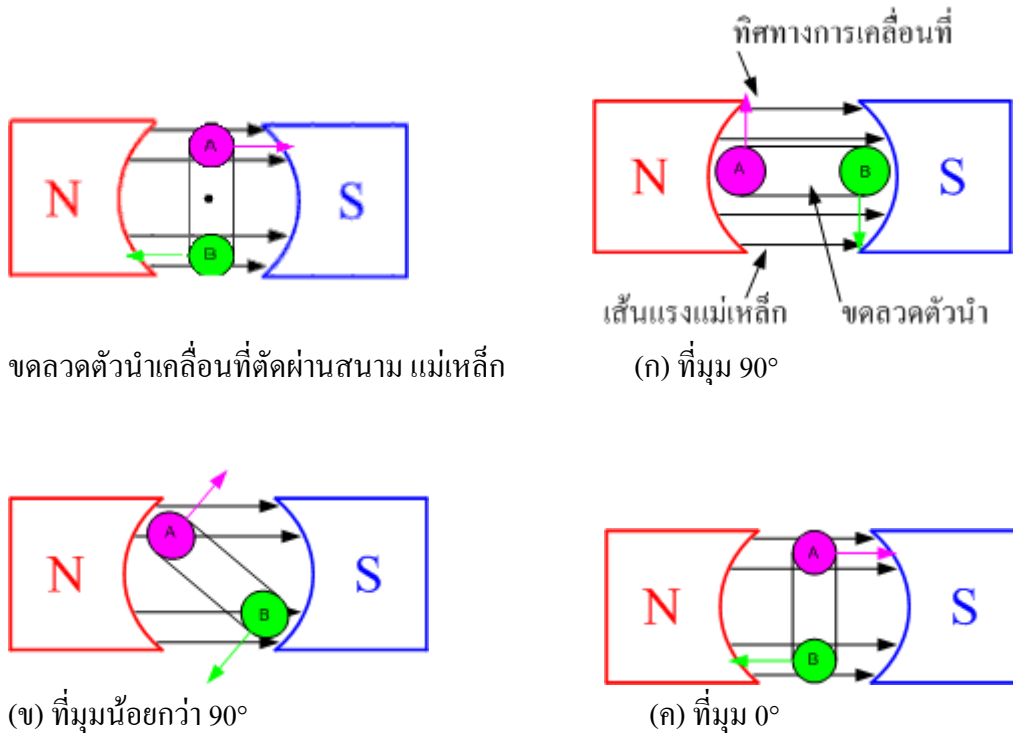
ภาพที่ 2.12 กฎของฟาราเดย์

จากภาพที่ 2.8 หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ในที่นี้อาศัยหลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้าของ ฟาราเดย์ ซึ่งได้สรุปไว้เป็นกฎของฟาราเดย์ (Faraday's Law) ดังนี้ คือ เมื่อสนามแม่เหล็กซึ่งตัดกับขดลวดตัวนำ จะทำให้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวดตัวนำนั้น หรือกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าถ้าเส้นลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็กจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวดตัวนำนั้น จึงสรุปได้ว่าการเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้น ทำได้ 2 วิธี คือ

- โดยให้ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็กหลักการนี้นำไปใช้ในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบอาร์เมเจอร์หมุน
- โดยให้สนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวดตัวนำ หลักการนี้ นำไปใช้ในการออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบขั้วแม่เหล็กหมุน ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในโรงงาน

2.8.3 การเกิดรูปคลื่นไซน์

การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เกิดจากการวางขดลวดตัวนำให้เคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ส่งผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ปลายทั้งสองของลวดตัวนำนั้น ค่าของแรงดันและกระแสที่ได้รับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับค่าของฟังก์ชันไซน์ ที่มุมของขดลวดตัวนำหมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก แสดงดังรูปที่ 2.13



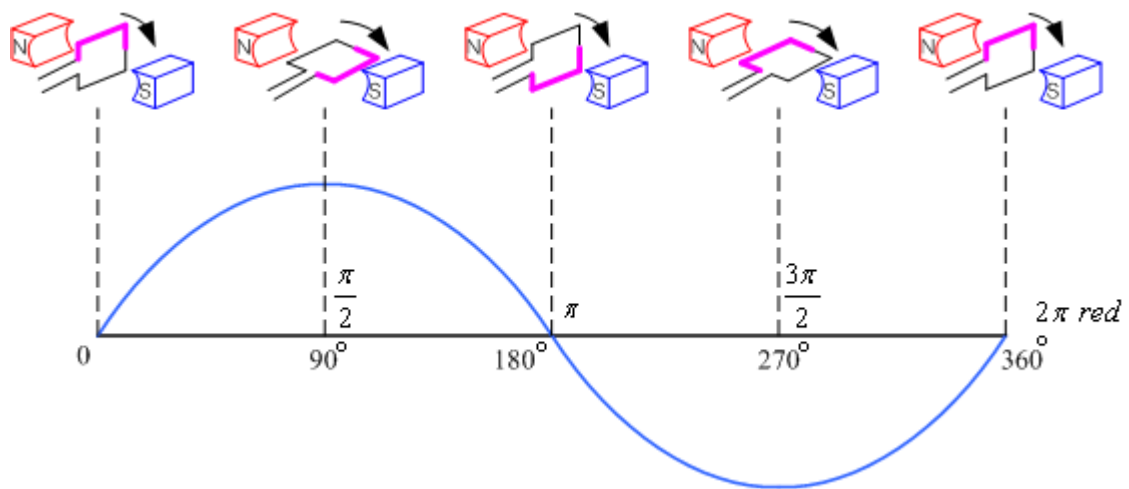
ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านสนาม แม่เหล็ก

รูปที่ 2.13 ทิศทางการเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำตัดผ่านสนามแม่เหล็ก

รูปที่ 2.13(ก) ทิศทางการเคลื่อนที่ตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็ก เป็นตำแหน่งที่เกิดแรงดันสูงสุดของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

(ข) ทิศทางการเคลื่อนที่มีมุมทำกับเส้นแรงแม่เหล็กน้อยกว่า 90° เป็นตำแหน่งที่เกิดแรงดันลดน้อยลง มุมที่กระทำกันยิ่งน้อยลง แรงดันก็ยิ่งเกิดน้อยลงตามไปด้วย

(ค) ทิศทางการเคลื่อนที่อยู่ในแนวขนานกับเส้นแรงแม่เหล็ก เป็นตำแหน่งที่ไม่เกิดแรงดันในขดลวดตัวนำ ลักษณะการเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำในสนามแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นมาแสดงดังรูปที่ 2.14

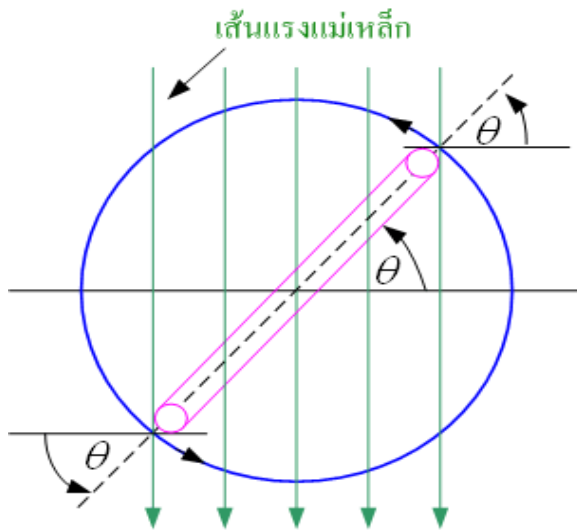


รูปที่ 2.14 การเกิดคลื่นไซน์ของไฟฟ้ากระแสสลับครบ 1 รอบคลื่น

การหมุนของขดลวดตัวนำรอบตัวเองครบ 1 รอบหรือครบ 360° ทำให้ได้คลื่นสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับในลักษณะคลื่นไซน์ออกมา 1 รอบคลื่น ถ้าการหมุนมีความเร็วคงที่และสนามแม่เหล็กที่ขดลวดตัวนำตัดผ่านมีความเข้มของสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ จะได้คลื่นไซน์ที่มีแรงดันและความถี่คงที่ออกมา

ความเร็วเชิงมุมและความถี่เชิงมุม

การหมุนของขดลวดตัวนำจะค่อย ๆ เคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก มีมุมเปลี่ยนแปลงไปเป็นองศา (Degree) มุมแต่ละองศาที่เปลี่ยนแปลงไปของขดลวดตัวนำขณะตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก ทำให้การเกิดแรงดันมีขนาดเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย การที่ขดลวดตัวนำหมุน จัดเป็นการเคลื่อนที่เชิงมุม เกิดระยะทางเชิงมุมระหว่างตัวนำกับเส้นแรงแม่เหล็ก แสดงได้ดังรูปที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 การเคลื่อนที่ตัวของขดลวดตัวนำตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก

การหมุนแต่ละรอบจะครอบคลุมมุมไป 360° หรือ 2π เรเดียน ซึ่งความสัมพันธ์ทั้งหมดสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\theta = \omega t \quad (2.25)$$

เมื่อ θ = มุมที่ขดลวดเคลื่อนที่ไป หน่วย เรเดียน (rad) หรือองศา ($^\circ$)

ω = ความเร็วเชิงมุม หน่วย เรเดียน/วินาที (rad/s)

t = เวลาในการเคลื่อนที่ หน่วย วินาที (s)

$$\text{หรือ } \omega = \frac{\theta}{t}$$

ถ้าคิดการเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำใน 1 รอบ $\theta = 2\pi$ จะได้

$$\omega = \frac{2\pi}{t} \quad (2.26)$$

$$\text{และ } t = \frac{1}{f}$$

เมื่อ f = ความถี่เชิงมุม หน่วย รอบ/วินาที (Cycle/Sec) หรือ เฮิรตซ์(Hertz)
แทนค่าลงในสมการ (2.27)

$$\omega = 2\pi f \quad (2.27)$$

ค่าแรงดันและกระแสของคลื่นไซน์

เมื่อลวดตัวนำหมุนตัดผ่านสนามแม่เหล็ก วัตมูมการเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำออกมาเป็น
องศา สามารถหาค่าแรงดันชั่วขณะของคลื่น ไซน์ที่เกิดขึ้นได้ในรูปของสมการดังนี้

$$e = E_m \sin \theta \quad (2.28)$$

เมื่อ e = แรงดันเกิดขึ้นชั่วขณะที่ตำแหน่งใด ๆ ของขดลวดตัวนำ หน่วย V
 E_m = แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่จุดสูงสุด หน่วย V
 θ = มุมที่ตำแหน่งใด ๆ ของขดลวดตัวนำวางตัดกับสนามแม่เหล็ก หน่วย °
 และเมื่อ $\theta = \omega t$
 $e = E_m \sin \omega t$

จากสมการที่ (2.29) เป็นสมการหาค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับชั่วขณะของคลื่น
 ไซน์ สมการดังกล่าว สามารถนำมาปรับเปลี่ยนเขียนให้อยู่ในรูปของสมการกระแสไฟฟ้าสลับ
 ชั่วขณะได้เช่นเดียวกัน ดังนี้

$$i = I_m \sin \theta \quad (2.29)$$

หรือ $i = I_m \sin \omega t$

เมื่อ i = กระแสเกิดขึ้นชั่วขณะที่ตำแหน่งใด ๆ ของขดลวดตัวนำ หน่วย A
 I_m = กระแสไฟฟ้าสลับที่จุดสูงสุด หน่วย A