

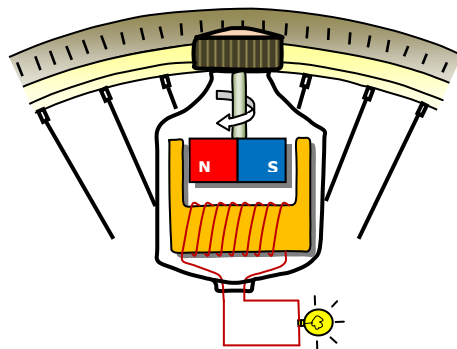
โรงเรียน ดีดี



ที่พึ่งทางการศึกษา ช่วยไขปัญหาให้ทุกคน SchoolDD.com

บทที่ 17

ไฟฟ้าและแม่เหล็ก 2



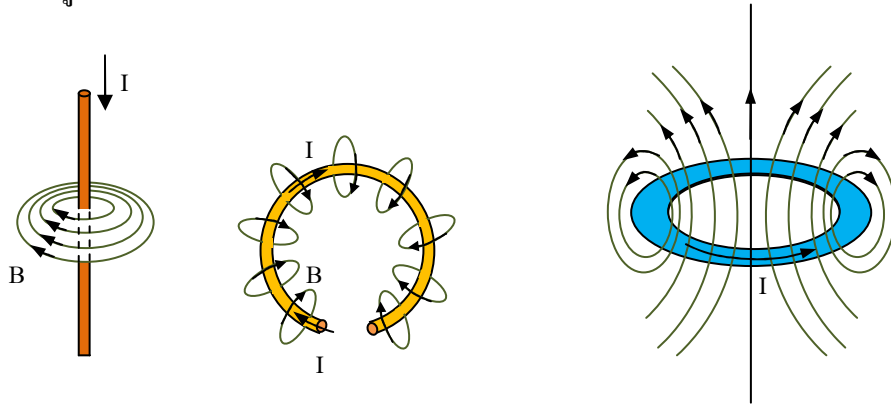


บทที่ 17

ไฟฟ้าและแม่เหล็ก 2

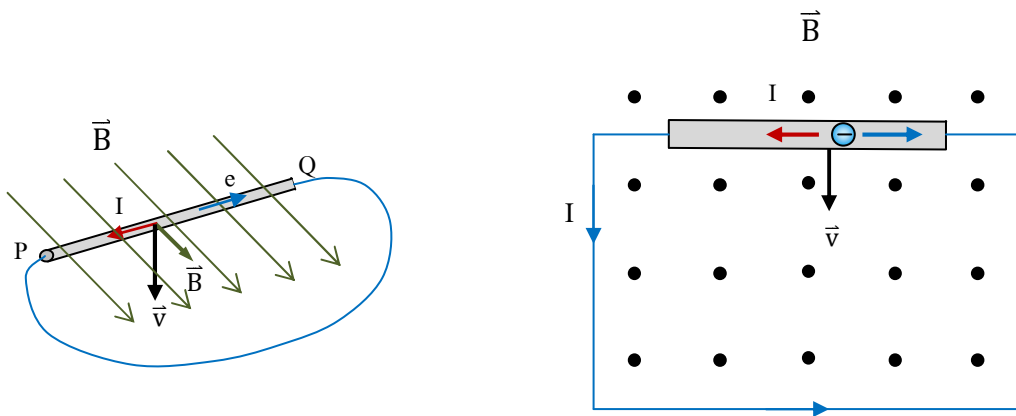
17.1 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จากความรู้บทที่ 16 เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านขดลวดตัวนำ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก หรือฟลักซ์แม่เหล็กรอบตัวนำนั้น ดังแสดงในรูป



ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ค้นพบว่า ถ้าฟลักซ์แม่เหล็ก ณ บริเวณใด มีการไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง จะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในตัวนำ ที่วางอยู่ในบริเวณนั้น เรียกกระแสไฟฟ้านี้ว่า กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และเรียกการทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าลักษณะนี้ว่า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

17.1.1 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ บนเส้นลวดตัวนำที่เคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก



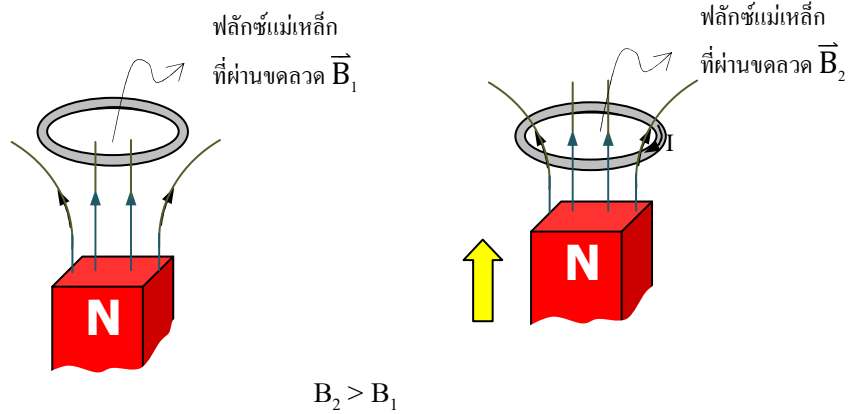
ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านเส้นลวดตัวนำมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในเส้นลวดตัวนำ

จากรูปเมื่อให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ในแนวตั้งฉาก กับสนามแม่เหล็ก B จะทำให้อิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ภายในลวดตัวนำเคลื่อนที่ด้วย ดังนั้นจะมีแรงแม่เหล็กกระทำต่ออิเล็กตรอนอิสระ ให้เคลื่อนที่จากปลาย P ไปปลาย Q (ตามกฎมือขวา) ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในเส้นลวดตัวนำในทิศทางจาก Q ไป P

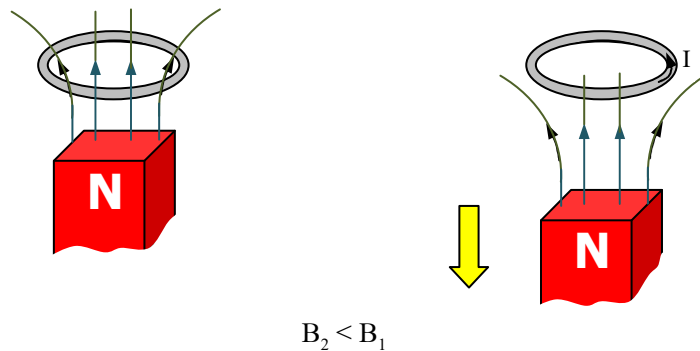
การเกิดกระแสไฟฟ้าจาก Q ไป P จึงเสมือนกับ มีความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลาย P กับ Q ถ้าต่อลวดตัวนำนี้ให้ครบวงจร ปลายทั้งสองของเส้นลวดตัวนำ จะทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้ เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ



17.1.2 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำ ที่อยู่ ณ บริเวณฟลักซ์แม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลง

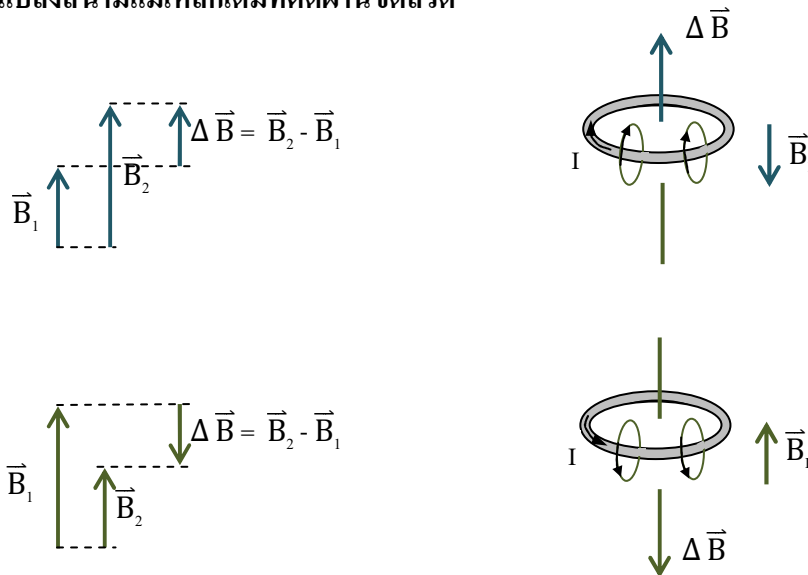


รูป ก. เมื่อเคลื่อนแท่งแม่เหล็กเข้าหาขดลวด ฟลักซ์แม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเพิ่มขึ้น $\Delta \vec{B} = \vec{B}_2 - \vec{B}_1$ เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ I ในขดลวด



รูป ข. เมื่อเคลื่อนแท่งแม่เหล็กออกจากขดลวด ฟลักซ์แม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะลดลง $\Delta \vec{B} = \vec{B}_2 - \vec{B}_1$ เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ I ในขดลวด

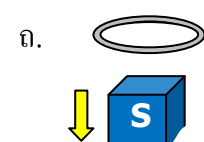
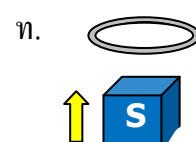
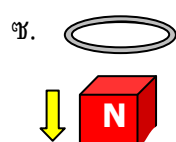
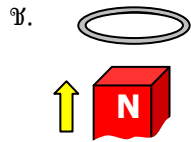
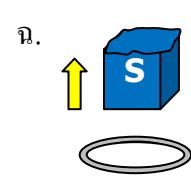
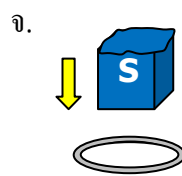
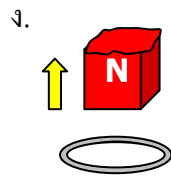
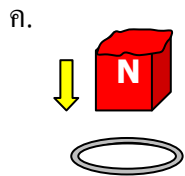
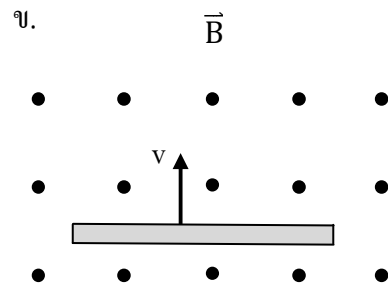
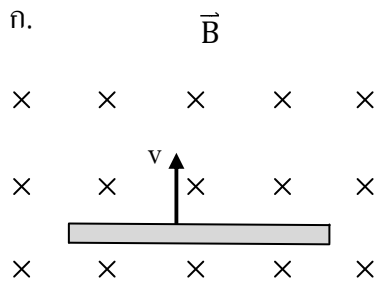
เมื่อนำขดลวดตัวนำไปวางไว้ในบริเวณสนามแม่เหล็กที่มีการเปลี่ยนแปลง จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดเช่นเดียวกัน การหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดตัวนำ หาได้จากกฎของเลนซ์ ซึ่งสรุปได้ว่า “กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น จะไหลในทิศทางที่สร้างสนามแม่เหล็กต่อต้านการเปลี่ยนแปลงสนามแม่เหล็กเดิมที่ตัดผ่านขดลวด”



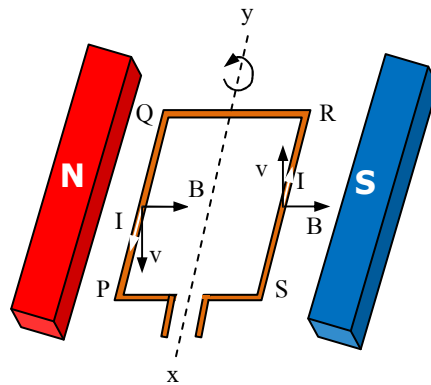


ตัวอย่างที่ 1

จากรูป จงหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลวดตัวนำ



17.1.3 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดที่หมุนอยู่ในสนามแม่เหล็กคงที่

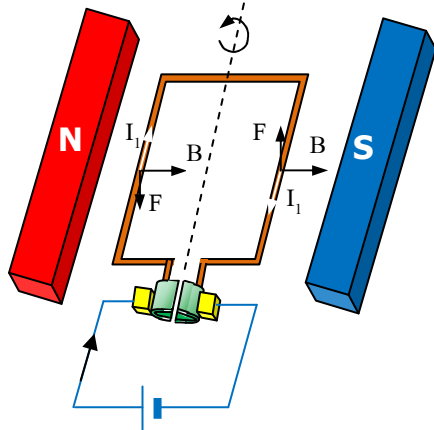


จากรูปขดลวดรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า PQRS วางอยู่ในสนามแม่เหล็กคงที่ เมื่อออกแรงภายนอก หมุนขดลวดรอบแกน xy ดังรูป ด้วยอัตราเร็ว v ตัดกับสนามแม่เหล็ก B จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ขึ้นในเส้นลวดด้าน PQ และ RS ตามหลักการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ส่วนด้าน PS และ QR ไม่เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เพราะระนาบของการหมุนอยู่ในแนวเดียวกันกับทิศทางของสนามแม่เหล็ก

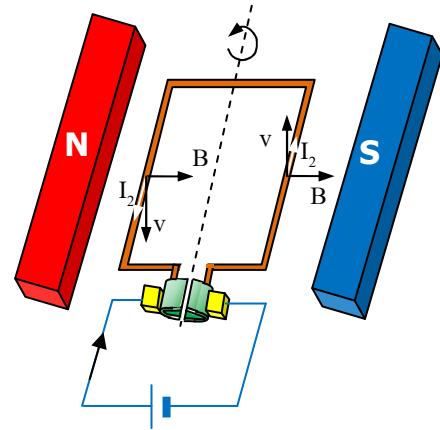


17.1.4 แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับในมอเตอร์กระแสตรง

จากหลักการทำงานของมอเตอร์ ในบทที่ 16 เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้า I_1 เข้าไปในขดลวดที่วางอยู่ในสนามแม่เหล็ก B จะเกิดแรงกระทำที่ขดลวด F ทำให้ขดลวดหมุนดังรูป ก.



รูป ก. แสดงการทำงานของมอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง



รูป ข. แสดงการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จากหลักการเกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดที่หมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก ทิศทางของกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ I_2 จะมีทิศดังรูป ข. ซึ่งจะมีทิศตรงข้ามกับทิศของกระแสไฟฟ้าที่ใส่เข้าไป I_1 จึงเรียกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในมอเตอร์นี้ว่า กระแสไฟฟ้าต้านกลับ และเรียกแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำนี้ว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ หรือต้านกลับ (Back emf)

ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์

1. ขณะมอเตอร์เริ่มหมุน อัตราเร็วของการหมุน $v = 0$ ทำให้ไม่เกิดกระแสไฟฟ้าต้านกลับ $I_2 = 0$ กระแสไฟฟ้าในขดลวดของมอเตอร์จะมีค่ามากที่สุดเท่ากับ $I_1 - I_2 = I_1$ หรือเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป
2. ขณะมอเตอร์กำลังหมุน จะเกิดกระแสไฟฟ้าต้านกลับ I_2 มีทิศต้านกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าไป I_1 ทำให้กระแสไฟฟ้าในขดลวดของมอเตอร์มีค่าลดลงเป็น $I = I_1 - I_2$ ถ้ามอเตอร์หมุนเร็วที่สุด (v คงที่) ค่า I_2 จะมากที่สุด ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดจะมีค่าน้อยที่สุด (I_{min})
3. เมื่อมอเตอร์หมุนช้าลงเนื่องจากเกิดความฝืด หรือความเสียดทานตามจุดหมุน กระแสไฟฟ้าต้านกลับ I_2 จะมีค่าน้อยลง ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ผ่านขดลวดในขณะนั้นมีค่ามาก และกระแสไฟฟ้าที่มีค่ามาก เมื่อผ่านขดลวดเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้ขดลวดร้อนจนไหม้ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องติดตั้งสวิทช์วงจรจอร์จ โนมดี เพื่อตัดการทำงานของมอเตอร์ เป็นการชั่วคราวทุกครั้งที่มีมอเตอร์ไม่หมุนหรือแรงเคลื่อนไฟฟ้าตก

ตัวอย่างที่ 2

มอเตอร์เครื่องหนึ่งใช้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 โวลต์ ขณะมอเตอร์ทำงานจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับ 10 โวลต์ และมีกระแสไฟฟ้าผ่านมอเตอร์ 8 แอมแปร์ ขดลวดมอเตอร์มีความต้านทานเท่าใด



กระแสไฟฟ้าที่ผ่านมอเตอร์ $I = I_1 - I_2$

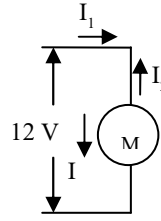
$$= \frac{V_1}{R} - \frac{V_2}{R}$$

$$8 = \frac{12}{R} - \frac{10}{R}$$

$$8 = \frac{2}{R}$$

$$R = \frac{1}{4}$$

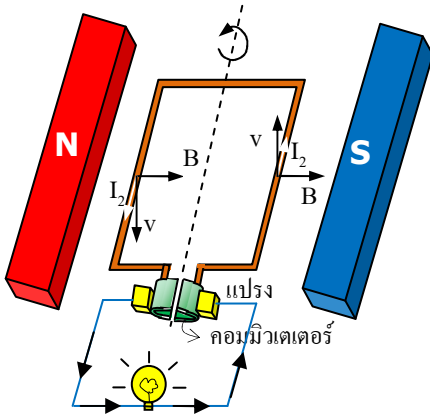
$\therefore R = 0.25 \Omega$ **Ans**



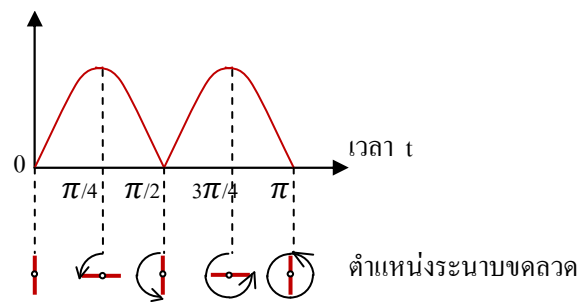
17.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือ ไดนาโม เป็นเครื่องมือที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนพลังงานกล ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีส่วนประกอบเหมือนมอเตอร์ มี 2 ชนิด คือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

17.2.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง



กระแสไฟฟ้า I

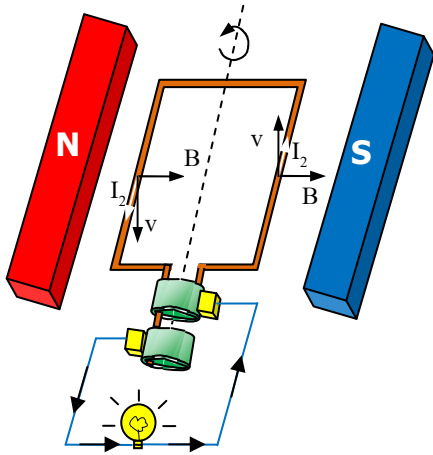


หลักการ เมื่อออกแรงภายนอกหมุนขดลวด ให้เคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวด มีการเปลี่ยนแปลง จึงมีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้น ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า นำมาประยุกต์ใช้งานได้

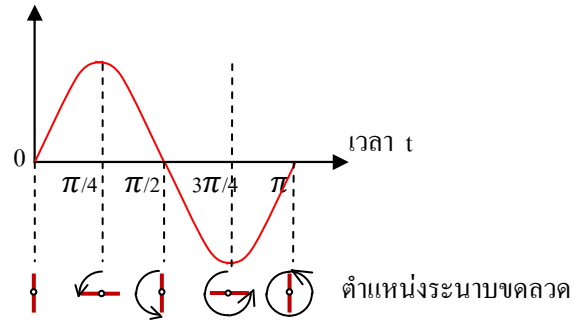
พิจารณาจากรูป ขณะทีระนาบขดลวดตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก ทิศของความเร็วของขดลวด อยู่ในแนวเดียวกับสนามแม่เหล็ก จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ในเวลาต่อมา ทิศของความเร็ว เริ่มทำมุมกับสนามแม่เหล็ก จึงมีกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น และมีค่ามากที่สุด เมื่อทิศของความเร็วตั้งฉาก กับทิศของสนามแม่เหล็ก ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ระนาบขดลวด อยู่ในแนวเดียวกันกับสนามแม่เหล็ก เมื่อขดลวดหมุนต่อไปอีก กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ก็จะมีค่าลดลง และเป็นศูนย์อีกครั้ง เนื่องจากมีคอมมิวเตเตอร์ แบบผ่าซีก และแปรง จึงทำให้ ทิศของกระแสไฟฟ้า มีเพียงทิศเดียวดังกราฟระหว่าง I และ t เรียกกระแสไฟฟ้าที่ได้ จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าลักษณะนี้ว่า **ไฟฟ้ากระแสตรง** (Direct Current “ D.C ”)



17.2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ



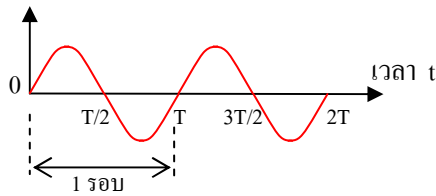
กระแสไฟฟ้า I



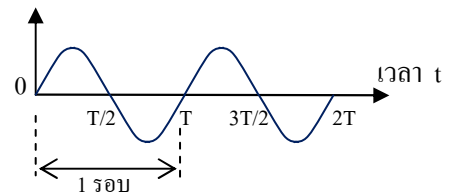
ใช้หลักการเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จะแตกต่างกันที่คอมมิวเตเตอร์ มีลักษณะเป็นแหวนคลื่น 2 อันแยกจากกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ช่วงครึ่งรอบแรก และครึ่งรอบหลังมีทิศทางตรงข้ามกันดังกราฟ เรียกกระแสไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟาลักษณะนี้ว่า **ไฟฟ้ากระแสสลับ** (Alternating Current “ A.C. ”)

ถ้าต่อตัวต้านทาน กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ กราฟระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานกับเวลา และความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของตัวต้านทานกับเวลา จะมีลักษณะเหมือนกันดังนี้

กระแสไฟฟ้า I

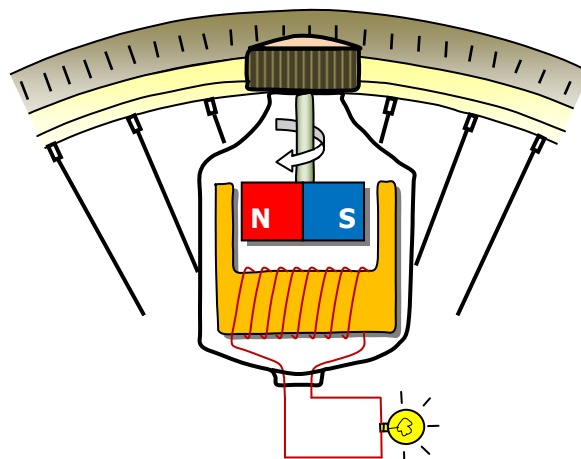


ความต่างศักย์ V



เมื่อ T คือคาบ หรือเวลาที่ขดลวดหมุนครบ 1 รอบ ส่วนความถี่ f เป็นส่วนกลับของคาบ หมายถึงจำนวนรอบการหมุนของขดลวดใน 1 วินาที ในประเทศไทย ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับมีค่า 50 รอบต่อวินาที (หรือ 50 Hz) แสดงว่าขดลวดหมุน 50 รอบ ใน 1 วินาที และความต่างศักย์เป็น 220 โวลต์

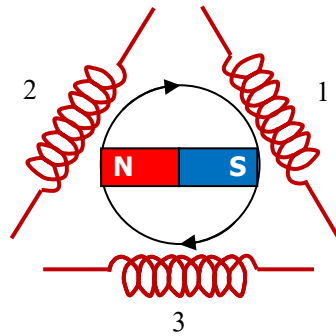
ไดนาโมของรถจักรยาน



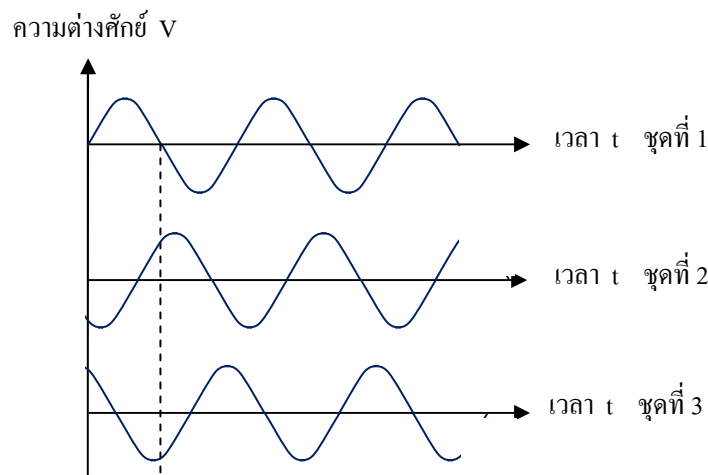


เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ใช้วิธีหมุนแท่งแม่เหล็กให้ฟลักซ์แม่เหล็กตัดขดลวดตัวนำ กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นภายในขดลวดตัวนำ สามารถผ่านสายไฟออกไปได้ทันที ไม่ต้องมีวงแหวนลื่น และแปรปรมาประกอบ

17.2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส

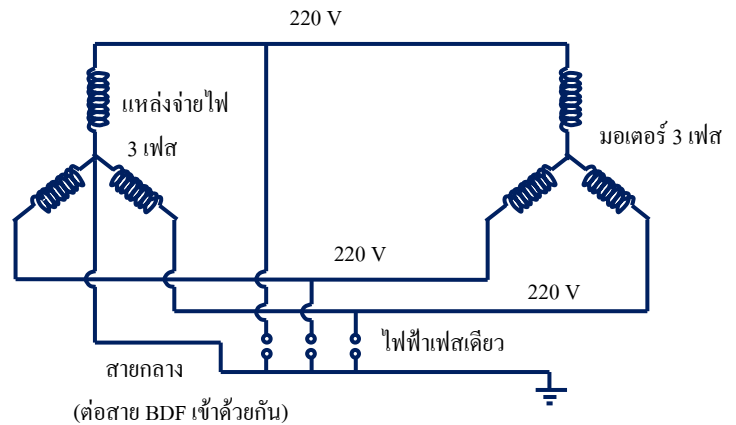
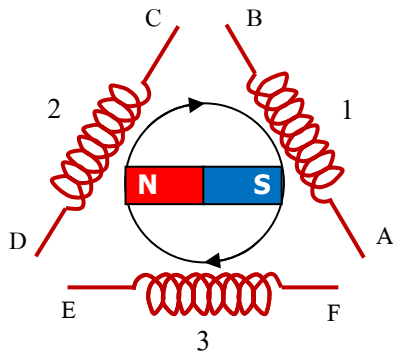


เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ใช้ในโรงไฟฟ้า ประกอบด้วย ขดลวดตัวนำ ลักษณะเหมือนกัน 3 ชุด วางทำมุม 120° ซึ่งกันและกัน โดยตรงกลางมีแท่งแม่เหล็กถาวรอยู่ การเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก เนื่องจากการหมุนแท่งแม่เหล็ก ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดทั้งสาม แต่จะมีเฟสต่างกัน 120° ตามมุมระหว่างระนาบขดลวดทั้งสาม จึงทำให้ค่าสูงสุดของความต่างศักย์ของขดลวดแต่ละชุด เกิดขึ้นไม่พร้อมกัน ซึ่งสามารถเขียนกราฟระหว่างความต่างศักย์ กับเวลาของขดลวด แต่ละชุด ได้ดังรูป





การส่งพลังงานไฟฟ้า



เครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3 เฟส จะมีสายต่อออกจากขดลวดทั้งสามชุด ทั้งหมด 6 เส้น ในการใช้งานจะนำสายหนึ่งของขดลวดแต่ละชุด ต่อเข้าด้วยกันแล้วต่อลงดิน จึงมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ เมื่อเทียบกับดิน เรียกว่าสายกลาง (N) ส่วนสายที่เหลือของแต่ละชุดอีก 3 เส้น จะเป็นสายที่มีศักย์ไฟฟ้าแตกต่างกับดิน เรียกว่า สายมีไฟฟ้า (L)

การผลิต และส่งพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้า นิยมส่งแบบไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 4 สาย (L 3 สาย + N 1 สาย) สำหรับไฟฟ้าที่ใช้ตามบ้านเรือนนั้น เป็นไฟฟ้าเฟสเดียวที่ได้จากการต่อสายมีไฟ สายใดสายหนึ่ง ของไฟฟ้า 3 เฟส กับสายกลาง ไฟฟ้าเฟสเดียนี้ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต้องการกำลังไม่มากนัก เช่น พัดลม ตู้เย็น ที่ใช้ตามบ้านเรือน ถ้าเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาดใหญ่ที่ใช้ตาม โรงงาน มักใช้ไฟฟ้า 3 เฟส ซึ่งกรณีนี้จะต่อสายทั้ง 3 สาย ของไฟฟ้า 3 เฟส ที่มีความต่างศักย์ เหมาะสมกับมอเตอร์ฟ้ากระแสสลับโดยตรง

ข้อดีของการผลิต และการส่งไฟฟ้า 3 เฟส คือการส่งกำลังไฟฟ้า จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ทำให้ไม่ต้องใช้สายไฟใหญ่มาก เป็นการประหยัดและลดการสูญเสียได้มาก นอกจากนี้ชุมชนต่างๆ ที่ใช้ไฟฟ้ากันคนละเฟส เมื่อเกิดไฟฟ้าดับในเฟสใดเฟสหนึ่ง ชุมชนที่ใช้ไฟฟ้าเฟสอื่น ยังมีไฟฟ้าใช้ตามปกติ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นเครื่องมือที่ เปลี่ยนพลังงานกล ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า พลังงานกลที่ใช้ผลิตไฟฟ้า ได้มาจากการเปลี่ยนพลังงานความร้อน ซึ่งได้จากการเผาไหม้ของน้ำมันเตา ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ ซึ่งถูกใช้ในการต้มน้ำให้กลายเป็นไอน้ำที่มีความดันสูง ไปหมุนกังหันที่ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อเครื่องทำงานก็จะได้พลังงานไฟฟ้าออกมา นอกจากนี้ ยังได้พลังงานกลมาจากพลังศักย์ ไน้มถ่วงของน้ำ เช่นการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเขื่อนต่างๆ

พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปจากการส่งไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียไปจากการส่งกำลังไฟฟ้า มักสูญเสียไปในรูปพลังงานความร้อน ในสายไฟ และหาได้จากพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นในสายไฟ เมื่อมีกระแสไหลผ่านในช่วงเวลาที่กำหนด



จากสมการ $W = QV$

$$W = ItV \quad (I = Q/t)$$

$$W = I^2Rt$$

และ $P = \frac{W}{t}$

$$P = \frac{ItV}{t}$$

$$P = IV$$

ตัวอย่างที่ 3

โรงงานไฟฟ้าแห่งหนึ่ง สามารถส่งกำลังไฟฟ้าได้ 110 กิโลวัตต์ จงหาพลังงานความร้อนที่สูญเสียไปภายในสายไฟ ถ้าส่งกำลังไฟฟ้าผ่านสายที่ยาว 100 เมตร ความต้านทาน 0.20 โอห์ม นาน 10 วินาที ด้วยความต่างศักย์

ก. 220 โวลต์ ข. 220,000 โวลต์

โจทย์กำหนด $P = 110 \times 10^3 \text{ W}$, $R = 0.20 \Omega$, $t = 10 \text{ s}$

ก. $V = 220 \text{ V}$, $W = ?$

$$\text{จาก } W = I^2Rt \text{ ---①}$$

รู้ R, t หา I จาก $P = IV$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{110 \times 10^3}{220} = 500 \text{ A}$$

แทนค่า I ใน ①, $W = (500)^2 \times 0.2 \times 10$

$$\therefore W = 500,000 \text{ J } \text{ Ans}$$

ข. $V = 220,000$, $W = ?$

$$\text{จาก } W = I^2Rt \text{ ---①}$$

รู้ R, t หา I จาก $P = IV$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{110 \times 10^3}{220,000} = 0.5 \text{ A}$$

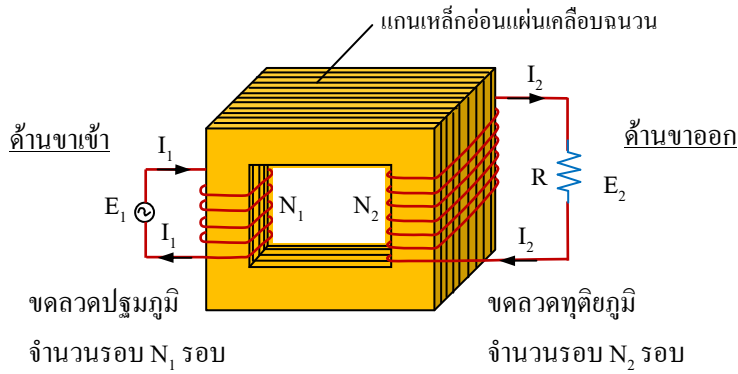
แทนค่า I ใน ①, $W = (0.5)^2 \times 0.2 \times 10$

$$\therefore W = 0.5 \text{ J } \text{ Ans}$$

- จากตัวอย่างแสดงว่า การส่งกำลังไฟฟ้าที่มีค่ามากไประยะทางไกลๆ ควรใช้ความต่างศักย์สูงมาก เพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อน และถ้าความต่างศักย์สูงมากเกินไป อาจเกิดการลัดวงจร ระหว่างสายไฟของไฟฟ้า 3 เฟสได้ เนื่องจากอากาศรอบๆสายไฟ จะถูกสนามไฟฟ้าจากสายไฟทำให้กลายเป็นตัวนำได้ นอกจากนี้เวลาฝนตก อาจทำให้มีไฟฟ้ารั่ว ลงมาตามเสาไฟที่เป็นโลหะได้ ดังนั้นค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสม สำหรับการส่งกำลังไฟฟ้า คือ 230,000 โวลต์ แล้วจะมีการลดความต่างศักย์ ลงที่สถานีไฟฟ้าย่อย เหลือ 69,000 โวลต์ แล้วส่งไปตามชุมชนต่างๆ ซึ่งจะลดความต่างศักย์ลงเหลือ 220 โวลต์ สำหรับใช้ตามบ้านเรือน โดยใช้อุปกรณ์ ที่เรียกว่า หม้อแปลงไฟฟ้า



17.3 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)



ส่วนประกอบของหม้อแปลง

หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับ เปลี่ยนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับให้สูงขึ้นหรือต่ำลง โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า มีส่วนประกอบดังรูป

หลักการทํางานของหม้อแปลง

เมื่อต่อไฟฟ้ากระแสสลับ I_1 ซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า E_1 เข้าทางขดลวด ปฐมภูมิ จะทำให้เกิด การเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก (เนื่องจากกระแสสลับ I_1 ที่ป้อนเข้าไป) ฟลักซ์แม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงนี้จะผ่านไป ในแกนเหล็กอ่อนไปถึงขดลวดทุติยภูมิ และจะเหนี่ยวนำทำให้เกิด แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ E_2 และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ I_2 ในขดลวดทุติยภูมิ สามารถหาความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้า กับจำนวนรอบของขดลวดได้ดังนี้

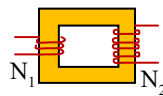
$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

หรือ $\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$

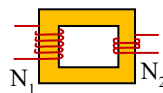
เมื่อ V_1 และ V_2 เป็นความต่างศักย์ ระหว่างปลายของขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิ ตามลำดับ

หม้อแปลงไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ

1. หม้อแปลงขึ้น ($N_2 > N_1$ ทำให้ $E_2 > E_1$)



2. หม้อแปลงลง ($N_2 < N_1$ ทำให้ $E_2 < E_1$)



หม้อแปลงทำหน้าที่ถ่ายโอนพลังงานไฟฟ้าจากขดลวดปฐมภูมิมายังขดลวดทุติยภูมิ และจะเปลี่ยนเฉพาะความต่างศักย์เท่านั้น

ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงานระหว่างการถ่ายโอน

$$\text{พลังงานไฟฟ้าของขดลวดปฐมภูมิ } W_1 = \text{พลังงานไฟฟ้าของขดลวดทุติยภูมิ } W_2$$



ดังนั้น

$$P_1 = P_2$$

หรือ $I_1V_1 = I_2V_2$

เมื่อ $P_1 =$ กำลังไฟฟ้าขาเข้า

$P_2 =$ กำลังไฟฟ้าขาออก

กระแสวน (Eddy current)

กระแสวน เป็นกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในแกนเหล็ก เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงฟลักซ์แม่เหล็ก ที่ผ่านจากขดลวดปฐมภูมิ ไปยังขดลวดทุติยภูมิ เป็นผลทำให้เกิดความร้อนในแกนเหล็กนั้น ทำให้มีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า จึงทำให้กำลังไฟฟ้าที่ได้จากขดลวดทุติยภูมิน้อยกว่ากำลังไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ ($P_2 < P_1$)

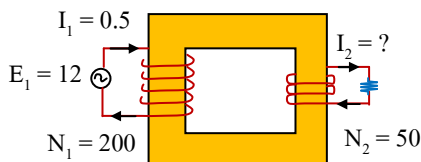
เพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อนในแกนเหล็กอันเนื่องมาจากกระแสวน จึงต้องออกแบบแกนเหล็กให้มีกระแสวนน้อยที่สุด โดยการใช้แผ่นเหล็กอ่อน หลาย ๆ แผ่น ซ้อนกัน โดยมีฉนวนบาง ๆ กั้นไว้ระหว่างแผ่นแทนการใช้แกนเหล็กทั้งแท่ง

สรุปหลักการของหม้อแปลงไฟฟ้า

1. หม้อแปลงไฟฟ้า ใช้ได้กับไฟกระแสสลับ
2. ถ้าต้องการใช้กับไฟกระแสตรง ต้องสับสวิทช์ปิด-เปิด ปั่นจังหวะเพื่อให้ กระแสไหลไม่สม่ำเสมอ
3. $\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$
4. หม้อแปลงขึ้น $N_2 > N_1$, $E_2 > E_1$
หม้อแปลงลง $N_2 < N_1$, $E_2 < E_1$
5. $P_1 = P_2$

ตัวอย่างที่ 4

หม้อแปลงเครื่องหนึ่งมีขดลวดปฐมภูมิ จำนวน 200 รอบ และขดลวดทุติยภูมิ จำนวน 50 รอบ ใช้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 โวลต์ โดยมีกระแสไฟฟ้าผ่าน ขดลวดปฐมภูมิ 0.5 แอมแปร์ ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงานเลย กระแสไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิ จะมีค่าเท่าไร



$$\begin{aligned}
 \text{จาก } \frac{E_1}{E_2} &= \frac{N_1}{N_2} \\
 E_2 &= E_1 \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \\
 &= 12 \left(\frac{50}{200} \right)
 \end{aligned}$$



$$\therefore E_2 = 3 \text{ V} = V_2$$

$$\text{จาก } P_1 = P_2$$

$$I_1 V_1 = I_2 V_2$$

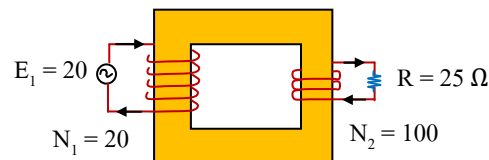
$$V_1 = E_1, V_2 = E_2$$

$$\text{แทนค่าจะได้ } 0.5 \times 12 = I_2 \times 2$$

$$\therefore I_2 = 2 \text{ A} \quad \text{Ans}$$

ตัวอย่างที่ 5

หม้อแปลงเครื่องหนึ่งมีขดลวดปฐมภูมิ จำนวน 20 รอบ และขดลวดทุติยภูมิ จำนวน 100 รอบ ซึ่งต่ออยู่กับตัวต้านทาน 25 โอห์ม ถ้าให้พลังงานไฟฟ้าแก่ขดลวดปฐมภูมิ 20 จูลต่อคูลอมบ์ จะมีกระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทาน 25 โอห์ม เท่าใด



พลังงานไฟฟ้าที่ให้แก่ขดลวดปฐมภูมิ 25 จูลต่อคูลอมบ์ จะเห็นว่ามีหน่วย เป็นจูลต่อคูลอมบ์ ซึ่งเป็นหน่วยของพลังงานต่อประจุ (W/Q) นั่นก็คือหน่วยโวลต์นั่นเอง

$$\text{จาก } W = QV$$

$$\therefore V = \frac{W}{Q}$$

$$\text{และ } E_1 = V_1 = 20 \text{ V}$$

$$\text{จาก } \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$E_2 = E_1 \left(\frac{N_1}{N_2} \right)$$

$$= 20 \left(\frac{100}{20} \right)$$

$$\therefore E_2 = 100 \text{ V}$$

$$\text{จาก } V = IR$$

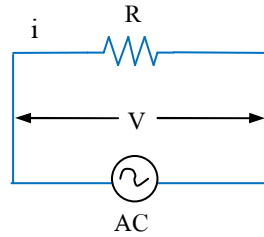
$$I_2 = \frac{V_2}{R}$$

$$= \frac{100}{25}$$

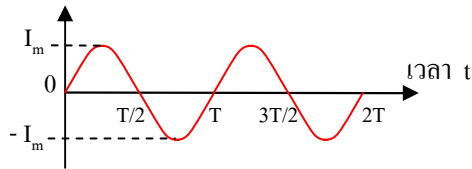
$$\therefore I_2 = 4 \text{ A} \quad \text{Ans}$$



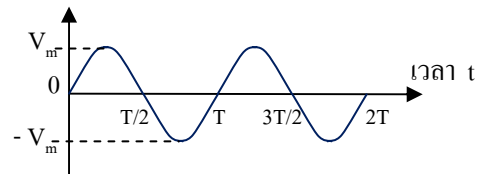
17.4 ไฟฟ้ากระแสสลับ และความต่างศักย์ไฟฟ้า



กระแสไฟฟ้า i



ความต่างศักย์ v



เมื่อนำตัวต้านทาน R ต่อกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ AC (สัญลักษณ์ Ⓢ) จะมีกระแสสลับ (i) ผ่านตัวต้านทาน และมีความต่างศักย์ (v) ระหว่างปลายทั้งสองของตัวต้านทาน โดยค่าของปริมาณทั้งสองเปลี่ยนแปลงตามเวลา ดังกราฟ ซึ่งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันไซน์ และเป็นไปตามสมการ

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$v = V_m \sin \omega t$$

$\omega =$ อัตราเร็วเชิงมุมของการหมุนขดลวด

$$= \frac{\theta}{t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

โดยที่ i และ v เป็นกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ที่เวลา t ใดๆ

I_m และ V_m เป็นกระแสไฟฟ้าสูงสุด และความต่างศักย์สูงสุด

กฎของโอห์มกับกระแสสลับ

สามารถใช้กฎของโอห์ม กับไฟฟ้า กระแสสลับ ได้เช่นเดียวกับไฟฟ้ากระแสตรง

$$v = i R$$

$$V_m = I_m R$$

กำลังไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับ

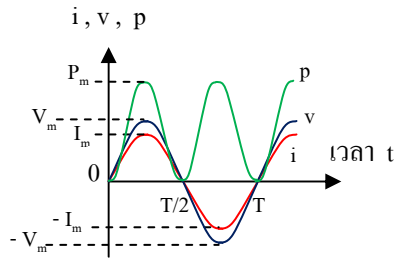
ทำนองเดียวกันกับไฟฟ้ากระแสตรง สามารถหาลำดับกำลังไฟฟ้า (p) ของไฟฟ้ากระแสสลับได้จากสมการ



$$p = i v$$

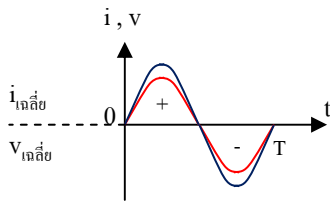
$$P_m = I_m V_m$$

พิจารณากราฟระหว่างกระแสสลับ i , ความต่างศักย์ v , กำลังไฟฟ้า p กับเวลา t ของไฟฟ้ากระแสสลับ



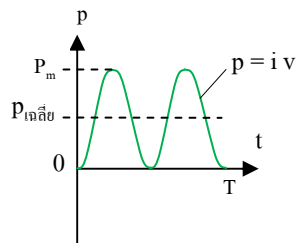
p, P_m เป็นบวกเสมอ เพราะ i กับ v มีเฟสตรงกัน

จะเห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ใน 1 คาบ มีค่าเป็นศูนย์ และค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้ามีค่าเป็นบวก



$$i_{เฉลี่ย} = \frac{i_{เหนือกราฟ} + i_{ใต้กราฟ}}{2} = 0 \quad (\text{คิดเครื่องหมาย } +, -)$$

$$v_{เฉลี่ย} = \frac{v_{เหนือกราฟ} + v_{ใต้กราฟ}}{2} = 0$$



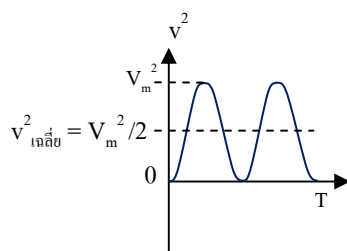
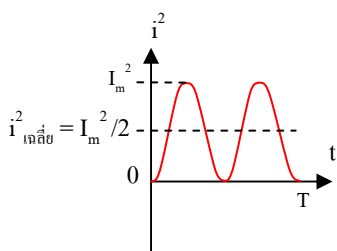
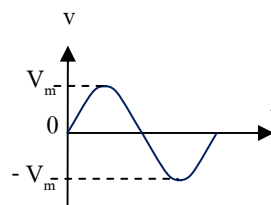
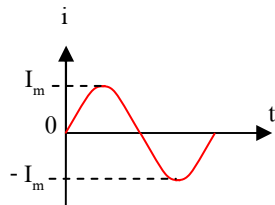
$$p_{เฉลี่ย} = \frac{P_m}{2}$$

$$= \frac{1}{2} I_m V_m$$

$$= \frac{1}{2} I_m (I_m R) = \frac{1}{2} \left(\frac{V_m}{R}\right) V_m$$

$$p_{เฉลี่ย} = \frac{1}{2} I_m^2 R = \frac{1}{2} \frac{V_m^2}{R}$$

พิจารณากราฟ





จากกราฟจะได้ว่า

$$(i^2)_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{1}{2} I_m^2 \quad \text{และ} \quad (v^2)_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{1}{2} V_m^2$$

ถ้าให้ $I_{\text{rms}} = \sqrt{(i^2)_{\text{เฉลี่ย}}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$ เป็นค่ารากที่สอง ของกำลังสองเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า
 $V_{\text{rms}} = \sqrt{(v^2)_{\text{เฉลี่ย}}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$ เป็นค่ารากที่สอง ของกำลังสองเฉลี่ยของความต่างศักย์

สามารถหาค่าเฉลี่ยของกำลังไฟฟ้าได้จากสมการ

$$P_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{P_m}{2} = \frac{1}{2} I_m V_m = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \times \frac{V_m}{\sqrt{2}} = I_{\text{rms}} V_{\text{rms}}$$

ค่า I_{rms} และ V_{rms} นี้เรียกว่าค่ายังผล หรือค่ามีเตอร์ ซึ่งเป็นค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้า หรือความต่างศักย์ ของไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ตามบ้านเรือนทั่วไป และเปรียบเทียบได้กับค่า I และ V ของไฟฟ้ากระแสตรง

สรุป กระแสไฟฟ้า, ความต่างศักย์ และกำลังไฟฟ้า ของไฟฟ้ากระแสสลับ

1. กระแสสลับ $i = I_m \sin \omega t$ (I_m = กระแสสลับสูงสุด)

ความต่างศักย์ $v = V_m \sin \omega t$ (V_m = ความต่างศักย์สูงสุด)

2. ใช้กฎของโอห์มได้เช่นเดียวกับกระแสตรง ($V = IR$)

$$v = iR$$

$$V_m = I_m R$$

3. หากำลังไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับกำลังไฟฟ้ากระแสตรง ($P = IV$)

$$p = iv$$

$$P_m = I_m V_m$$

$$P_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{P_m}{2} = \frac{I_m V_m}{2} = I_{\text{rms}} V_{\text{rms}}$$

4. ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย

$$I_{\text{rms}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

ตัวอย่างที่ 6

ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีกระแสไฟฟ้า i และเวลา t ตามสมการ $i = 2 \sin (314t)$ จงหา

ก. กระแสไฟฟ้าสูงสุด

ข. ความถี่

ค. ค่า I_{rms}

จากสมการกระแสสลับ $i = I_m \sin \omega t$

จากโจทย์ $i = 2 \sin (314t)$



เปรียบเทียบ 2 สมการจะได้

กระแสไฟฟ้าสูงสุด $I_m = 2 \text{ A}$ **Ans**

อัตราเร็วเชิงมุม $\omega = 314$

$$2\pi f = 314$$

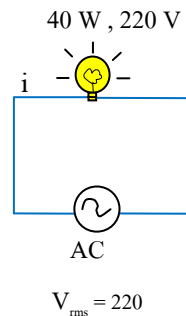
$$f = \frac{314}{2 \times 3.14} = 50 \text{ Hz} \quad \text{Ans}$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = \frac{2}{\sqrt{2}} = \sqrt{2} \text{ A} \quad \text{Ans}$$

ตัวอย่างที่ 7

หลอดไฟขนาด 40 วัตต์, 220 โวลต์ ต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ จงหา

- ความต้านทานของหลอดไฟ
- กระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ผ่านหลอดไฟ
- กำลังไฟฟ้าสูงสุด
- กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย



ก. หาคความต้านทานของหลอดไฟ R

พิจารณาที่หลอดไฟ $p_{\text{เฉลี่ย}} = 40 \text{ W}$, $V_{\text{rms}} = 220 \text{ V}$

$$\begin{aligned} \text{จาก } P &= IV = \left(\frac{V}{R}\right)V \\ &= \frac{V^2}{R} \\ R &= \frac{V_{\text{rms}}^2}{p_{\text{เฉลี่ย}}} = \frac{220^2}{40} \end{aligned}$$

$$\therefore R = 1210 \ \Omega \quad \text{Ans}$$

ข. หากระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ผ่านหลอดไฟ I_m

$$\begin{aligned} \text{จาก } I_{\text{rms}} &= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \\ I_m &= \sqrt{2} I_{\text{rms}} \\ &= \sqrt{2} I_{\text{rms}} \\ &= \sqrt{2} \left(\frac{V_{\text{rms}}}{R}\right) \\ &= \sqrt{2} \left(\frac{220}{1210}\right) \end{aligned}$$

$$\therefore I_m = 0.26 \text{ A} \quad \text{Ans}$$



ค. หากำลังไฟฟ้าสูงสุด P_m

$$\begin{aligned} \text{จาก } P_m &= I_m V_m \\ &= I_m(\sqrt{2} V_{rms}) \\ &= 0.26(\sqrt{2} \times 220) \\ \therefore P_m &= 80 \text{ W } \quad \underline{\text{Ans}} \end{aligned}$$

ง. หากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย $p_{เฉลี่ย}$

$$\begin{aligned} \text{จาก } p_{เฉลี่ย} &= \frac{P_m}{2} \\ &= \frac{80}{2} \\ \therefore p_{เฉลี่ย} &= 40 \text{ W } \quad \underline{\text{Ans}} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 8

ไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ตามบ้านเรือน เมื่อวัดด้วยโวลต์มิเตอร์ อ่านค่าได้ 220 โวลต์ และเมื่อใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสอ่านค่าได้ 10 มิลลิแอมแปร์ จงหา ความต่างศักย์สูงสุด และกระแสไฟฟ้าสูงสุด

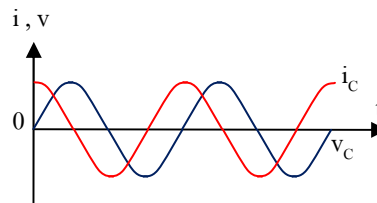
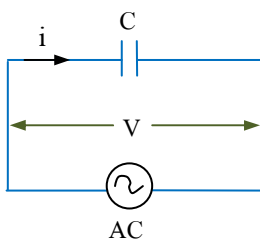
จากโจทย์ $V_{rms} = 220 \text{ V}$ และ $I_{rms} = 10 \text{ mA}$

$$\begin{aligned} \text{หา } V_m \text{ จาก } V_{rms} &= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \\ V_m &= \sqrt{2} V_{rms} = \sqrt{2} \times 220 \\ \therefore V_m &= 311 \text{ V } \quad \underline{\text{Ans}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หา } I_m \text{ จาก } I_{rms} &= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \\ I_m &= \sqrt{2} I_{rms} = \sqrt{2} \times 10 \\ \therefore I_m &= 14 \text{ mA } \quad \underline{\text{Ans}} \end{aligned}$$

17.5 วงจรตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ

วงจรตัวเก็บประจุ



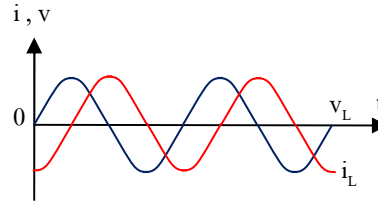
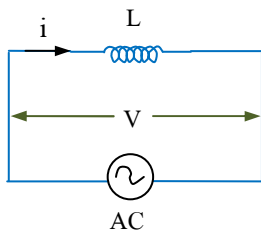
i_c มีเฟสนำ v_c อยู่ 90°

รูป ก. แสดงวงจรตัวเก็บประจุและกราฟระหว่าง i, v กับ t

เมื่อต่อตัวเก็บประจุ C เข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ พบว่ากระแสไฟฟ้า ที่ผ่านตัวเก็บประจุ i_c จะมีเฟสนำหน้าความต่างศักย์ของตัวเก็บประจุ v_c อยู่ 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$ ดังรูป ก

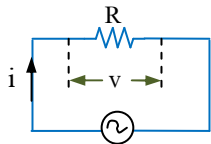


วงจรตัวเหนี่ยวนำ



เมื่อต่อตัวเหนี่ยวนำ L เข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ พบว่าความต่างศักย์ของตัวเหนี่ยวนำ v_L มีเฟสนำหน้ากระแสที่ผ่านตัวเหนี่ยวนำ i_L อยู่ 90° หรือ $\frac{\pi}{2}$ ดังรูป ข.

สรุป การหากระแสสลับที่ผ่าน R, L, C



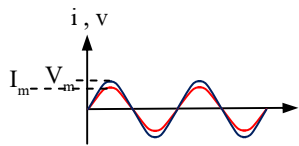
$$v = V_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin \omega t$$

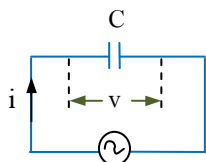
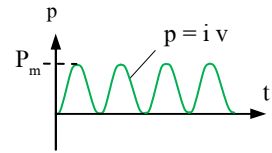
$$p = iv$$

$$P_m = I_m V_m$$

$$p_{เฉลี่ย} = P_m/2$$



i และ v มีเฟสตรงกัน



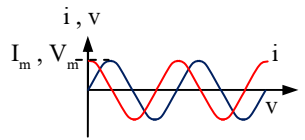
$$v = V_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin (\omega t + \pi/2)$$

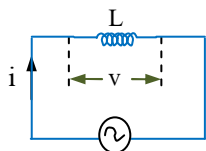
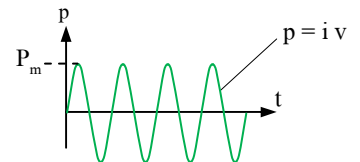
$$p = iv$$

$$P_m = I_m V_m/2$$

$$p_{เฉลี่ย} = 0$$



i มีเฟสนำ v อยู่ $\frac{\pi}{2}$



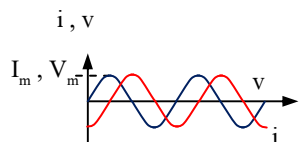
$$v = V_m \sin \omega t$$

$$i = I_m \sin (\omega t - \pi/2)$$

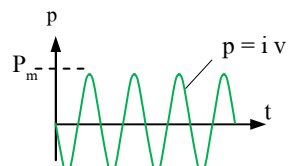
$$p = iv$$

$$P_m = I_m V_m/2$$

$$p_{เฉลี่ย} = 0$$



v มีเฟสนำ i อยู่ $\frac{\pi}{2}$





ความต้านทานของตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ

ความต้านทานของตัวเก็บประจุ (X_C) หรือความต้านทานจินตภาพของความจุ และความต้านทานของตัวเหนี่ยวนำ (X_L) หรือความต้านทานจินตภาพของความเหนี่ยวนำ มีหน่วยเป็น โอห์ม หาได้จากกฎของโอห์ม เช่นกัน

$$\text{กฎของโอห์ม} \quad R = \frac{V}{I}$$

$$X_C = \frac{V_{\text{rms}}}{I_{\text{rms}}}$$

$$\text{และ} \quad X_L = \frac{V_{\text{rms}}}{I_{\text{rms}}}$$

นอกจากนี้ยังสามารถหาค่า X_C และ X_L ได้อีกวิธีหนึ่ง หากรู้ค่าความถี่ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ f ค่าความจุ C และค่าความเหนี่ยวนำ L ได้จากสมการ

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

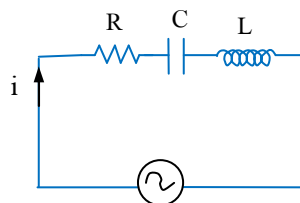
โดยที่ f = ความถี่ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า (เฮิรตซ์)

C = ขนาดความจุของตัวเก็บประจุ (ฟารัด)

L = ขนาดความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำ (เฮนรี)

ตัวอย่างที่ 9

วงจรไฟฟ้ากระแสสลับประกอบด้วย ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำดังรูป ถ้าใช้แอมมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าได้ 10 มิลลิแอมแปร์ และใช้โวลต์มิเตอร์วัดความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำได้ 8.0 , 12.0 และ 6.0 โวลต์ตามลำดับ จงหาความต้านทาน ความต้านทานจินตภาพของความจุ และความต้านทานจินตภาพของความเหนี่ยวนำ ของวงจร



เนื่องจาก R , C , L ต่อกันแบบอนุกรม ดังนั้นจะมีกระแสผ่านเท่ากันคือ 10 mA ซึ่งวัดโดยแอมมิเตอร์ $\therefore I_{\text{rms}} = 10$ mA

พิจารณาตัวต้านทาน $V_{\text{rms}} = 8 \text{ V}$



$$\text{หา } R \text{ จาก } R = \frac{V_{\text{rms}}}{I_{\text{rms}}} = \frac{8}{10 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore R = 800 \ \Omega \quad \underline{\text{Ans}}$$

พิจารณาตัวเก็บประจุ $V_{\text{rms}} = 12 \text{ V}$

$$\text{หา } X_C \text{ จาก } X_C = \frac{V_{\text{rms}}}{I_{\text{rms}}} = \frac{12}{10 \times 10^{-3}}$$

$$\therefore X_C = 1200 \ \Omega \quad \underline{\text{Ans}}$$

พิจารณาตัวเหนี่ยวนำ $V_{\text{rms}} = 6 \text{ V}$

$$\text{หา } X_L \text{ จาก } X_L = \frac{V_{\text{rms}}}{I_{\text{rms}}} = \frac{6}{10 \times 10^{-3}}$$

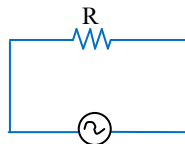
$$\therefore X_L = 600 \ \Omega \quad \underline{\text{Ans}}$$

ตัวอย่างที่ 10

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่ 50 เฮิรตซ์ ให้ค่า rms ของแรงเคลื่อนไฟฟ้า 12 โวลต์ จงหาค่า rms ของกระแสไฟฟ้าในวงจร เมื่อต่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้านี้กับ

- ตัวต้านทานที่มีความต้านทาน 10 โอห์ม
- ตัวเก็บประจุที่มีความจุ 33 ไมโครฟารัด
- ตัวเหนี่ยวนำที่มีความเหนี่ยวนำ 20 มิลลิเฮนรี

ก.



$$f = 50 \text{ Hz}$$

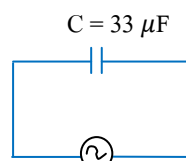
$$V_{\text{rms}} = 12 \text{ V}$$

$$\text{จาก } V = IR \text{ หรือ } I = \frac{V}{R}$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{R} = \frac{12}{10}$$

$$\therefore I_{\text{rms}} = 1.2 \text{ A} \quad \underline{\text{Ans}}$$

ข.



$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$V_{\text{rms}} = 12 \text{ V}$$



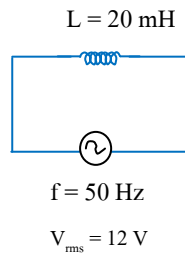
$$\text{หา } X_C \text{ จาก } X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 33 \times 10^{-6}}$$

$$X_C = 96.5 \Omega$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{X_C} = \frac{12}{96.5}$$

$$\therefore I_{\text{rms}} = 0.12 \text{ A } \underline{\text{Ans}}$$

ก.



$$\text{หา } X_L \text{ จาก } X_L = \omega L = 2\pi f L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 20 \times 10^{-3}$$

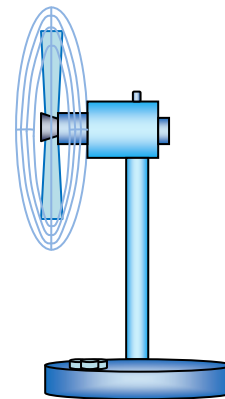
$$X_L = 6.28 \Omega$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{X_L} = \frac{12}{6.28}$$

$$\therefore I_{\text{rms}} = 1.91 \text{ A } \underline{\text{Ans}}$$

17.6 การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน

PHILIPS	
พัดลมตั้งโต๊ะ	
รุ่น	HR 3312
ขนาด	BLADE SIZE 300 mm (12")
แรงดันไฟฟ้า	VOLTAGE 220 V 50 Hz
กำลังไฟฟ้า	POWER 45 W
กระแสไฟฟ้า	AMPERE 0.25 A
ค่าประสิทธิภาพ	0.83 m ³ /min/W



เครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไปจะมีตัวเลขระบุความต่างศักย์ กระแส และกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยค่าความต่างศักย์ และกระแส เป็นค่า rms ส่วนกำลังไฟฟ้าจะเป็นกำลังไฟฟ้าเฉลี่ย ($p_{\text{เฉลี่ย}}$) ที่เครื่องใช้ไฟฟ้าได้รับ และสามารถคำนวณหาค่าได้จากสมการ

$$p_{\text{เฉลี่ย}} = I_{\text{rms}} V_{\text{rms}} \cos \theta$$

เมื่อ θ คือ ความแตกต่างเฟสของกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้า

และ $\cos \theta$ คือตัวประกอบกำลังของเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยปกติมีค่าเท่ากับ 1 ($\theta = 0^\circ$)



- ถ้า i และ v มีเฟสตรงกัน $\theta = 0^\circ \rightarrow \cos \theta = 1$

ถ้า i และ v มีเฟสต่างกัน $\theta \neq 0^\circ \rightarrow \cos \theta < 1$

ดังนั้นสามารถคำนวณหาพลังงานไฟฟ้า W จูลในเวลา t วินาที ได้จากสมการ

$$p_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{W}{t}$$

$$W = p_{\text{เฉลี่ย}} t$$

การคิดค่าไฟฟ้า

เมื่อใช้ไฟต้องเสียค่าไฟ ซึ่งคิดจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป (W) โดยใช้หน่วยพลังงานไฟฟ้าสำหรับคำนวณค่าไฟเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง ที่มักเรียกทั่วไปว่า หน่วย (UNIT) โดยที่

$$1 \text{ หน่วย} = 1 \text{ กิโลวัตต์ชั่วโมง}$$

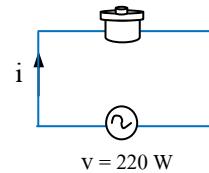
ดังนั้นเมื่อต้องการหาพลังงานไฟฟ้า เพื่อคิดค่าไฟ ต้องแปลงหน่วยจาก วัตต์วินาที (หรือจูล) เป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง จึงจะทราบว่าใช้ไฟไปกี่หน่วย

- $p_{\text{เฉลี่ย}}$ ของวงจรเครื่องใช้ไฟฟ้า จะเท่ากับ $p_{\text{เฉลี่ย}}$ ที่ตัวต้านทานเท่านั้น เพราะ $p_{\text{เฉลี่ย}}$ ของตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำมีค่าเป็นศูนย์

ตัวอย่างที่ 11

เมื่อต่อหม้อหุงข้าวไฟฟ้าขนาด 485 วัตต์ กับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า 220 โวลต์ จงหา

- กระแสไฟฟ้าที่ผ่านหม้อหุงข้าว
- ความต้านทานของหม้อหุงข้าว
- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หุงข้าวเป็นเวลานาน 0.5 ชั่วโมง
- จากข้อ ค. ต้องเสียค่าไฟฟ้าเท่าใดจากการใช้ไฟ ถ้าอัตราค่าไฟเป็น 3 บาทต่อหน่วย



จากโจทย์ $p_{\text{เฉลี่ย}} = 485 \text{ W}$, $V_{\text{rms}} = 220 \text{ V}$, $t = 0.5 \times 60 \times 60 = 1800 \text{ s}$ และ ตัวประกอบกำลัง $\cos \theta = 1.0$

ก. $I_{\text{rms}} = ?$

$$\text{จาก } p_{\text{เฉลี่ย}} = I_{\text{rms}} V_{\text{rms}} \cos \theta$$

$$I_{\text{rms}} = \frac{p_{\text{เฉลี่ย}}}{V_{\text{rms}}} = \frac{485}{220} \quad (\cos \theta = 1.0)$$

$$\therefore I_{\text{rms}} = 2.2 \text{ A} \quad \text{Ans}$$

ข. $R = ?$

$$\text{จาก } R = \frac{V_{\text{rms}}}{I_{\text{rms}}} = \frac{220}{2.2}$$

$$\therefore R = 100 \ \Omega \quad \text{Ans}$$



ค. $W = ?$

$$\text{จาก } p_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{W}{t}$$

$$W = p_{\text{เฉลี่ย}} t = 485 \times 1800$$

$$\therefore W = 8.73 \times 10^5 \text{ J } \underline{\text{Ans}}$$

ง. หาค่าไฟฟ้า

$$\text{จากข้อ ค. } W = 8.73 \times 10^5 \text{ J (= วัตต์วินาที)}$$

แปลงหน่วยให้เป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง (= 1 หน่วย)

$$W = \frac{8.73 \times 10^5}{10^3 \times 60 \times 60}$$

$$W = 0.24 \text{ กิโลวัตต์ชั่วโมง} = 0.24 \text{ หน่วย}$$

$$\therefore \text{ต้องเสียดค่าไฟ } 3 \times 0.24 = 0.72 \text{ บาท } \underline{\text{Ans}}$$

ตัวอย่างที่ 12

ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ที่มีกระแสไฟฟ้า i เป็น $i = 5 \sin(\omega t - 40^\circ)$ และมีความต่างศักย์เป็น $v = 15 \sin(\omega t + 20^\circ)$ จงหา

ก. ตัวประกอบกำลัง

ข. กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยที่จ่ายให้แก่วงจร

จากโจทย์ $i = 5 \sin(\omega t - 40^\circ)$ และ $v = 15 \sin(\omega t + 20^\circ)$ จะสรุปได้ว่า v มีเฟสนำ i อยู่ $20 - (-40) = 60^\circ$ และ $I_m = 5 \text{ A}$, $V_m = 15$ (จาก $i = I_m \sin \omega t$ และ $v = V_m \sin \omega t$)

ก. ตัวประกอบกำลัง $\cos \theta = ?$, $\theta = 60^\circ$

$$\cos \theta = \cos 60^\circ$$

$$\therefore \cos \theta = \frac{1}{2} = 0.5 \quad \underline{\text{Ans}}$$

ข. $p_{\text{เฉลี่ย}} = ?$

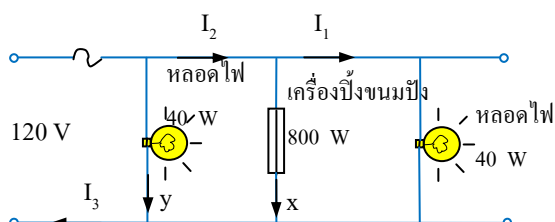
$$\text{จาก } p_{\text{เฉลี่ย}} = I_{\text{rms}} V_{\text{rms}} \cos \theta$$

$$= \frac{I_m}{\sqrt{2}} \times \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \cos 60 = \frac{5}{\sqrt{2}} \times \frac{15}{\sqrt{2}} \times \frac{1}{2} = \frac{75}{4}$$

$$\therefore p_{\text{เฉลี่ย}} = 18.75 \text{ W } \underline{\text{Ans}}$$

ตัวอย่าง 13

จงหากระแสไฟฟ้า I_1 , I_2 และ I_3 ในวงจรไฟฟ้าของบ้านหลังหนึ่งดังรูป เมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดกำลังทำงาน





จากรูป เครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมดต่อกันแบบขนาน มีความต่างศักย์ระหว่างปลายเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละอันเท่ากันคือ

$$V_{\text{rms}} = 120 \text{ V}$$

หาค่ากระแสที่ผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละอันได้จาก $p_{\text{เฉลี่ย}} = I_{\text{rms}} V_{\text{rms}}$

$$I_{\text{rms}} = \frac{p_{\text{เฉลี่ย}}}{V_{\text{rms}}}$$

$$y = \frac{40}{120} = \frac{1}{3} \text{ A}$$

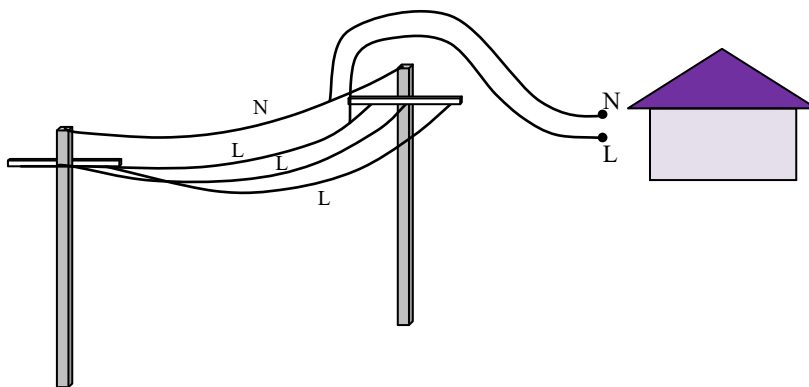
$$x = \frac{800}{120} = \frac{20}{3} \text{ A}$$

$$I_1 = \frac{40}{120} = \frac{1}{3} \text{ A} \quad \text{Ans}$$

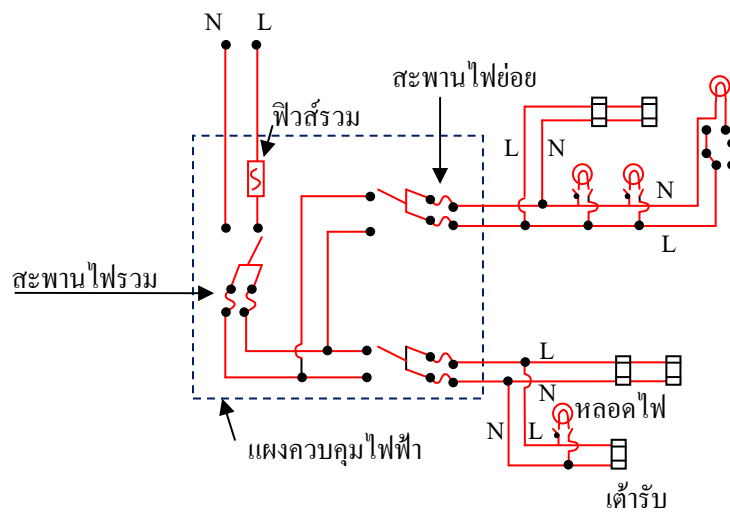
$$I_2 = x + I_1 = \frac{20}{3} + \frac{1}{3} = 7 \text{ A} \quad \text{Ans}$$

$$I_3 = y + x + I_1 = \frac{1}{3} + \frac{20}{3} + \frac{1}{3} = 7.33 \text{ A} \quad \text{Ans}$$

17.7 วงจรไฟฟ้าในบ้าน



สายส่งไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย



ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าในบ้าน



เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน มีการต่อแบบขนาน เพื่อสะดวกในการใช้งาน หากเครื่องหนึ่งขัดข้องจะไม่มีผลกระทบต่อเครื่องอื่น ๆ เมื่อต้องการต่อไฟเข้าบ้านก็ทำได้โดยการต่อสายไฟสายหนึ่งของไฟฟ้า 3 เฟส ซึ่งเรียกว่าสายมีศักย์ (สาย L) กับสายกลาง (สาย N) ซึ่งมีศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์ สาย L และ N จะถูกต่อเข้ากับแผงควบคุมไฟฟ้า ซึ่งเป็นที่ควบคุมการจ่ายพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในบ้าน จากนั้นจึงมีสายไฟไปยังส่วนต่าง ๆ ของบ้าน

ส่วนประกอบหลักของแผงควบคุมไฟฟ้า

1. **สะพานไฟ หรือ คัทเอาท์ (cut-out)** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้าในสายไฟทั้งสองเส้น โดยปกติจะมีตัวเลขบอกค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุด และความต่างศักย์สูงสุด ถ้ากระแสผ่านมากกว่าค่าที่กำหนดไว้ สะพานไฟจะร้อนจนไหม้ได้ หรือถ้าใช้สะพานไฟกับความต่างศักย์ที่สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ จะทำให้กระแสไฟฟ้ารั่วระหว่างขั้วของสะพานไฟได้ เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าในบ้านสูงมากเกินไป จึงมีการติดตั้งไว้ที่สะพานไฟ และที่แผงควบคุม

- การมีสะพานไฟอยู่ในแผงควบคุม ก็เพื่อเอาไว้แยก และควบคุม การส่งพลังงานไฟฟ้าไปยังวงจรไฟฟ้าย่อยตามส่วนต่าง ๆ ของบ้าน เช่น วงจรชั้นล่าง วงจรชั้นบน หรือวงจรในครัว หรือแยกควบคุมตามชนิดเครื่องใช้ไฟฟ้า ทั้งนี้ก็เพื่อให้การใช้ไฟฟ้าแต่ละส่วนเป็นอิสระต่อกัน สะดวกต่อการซ่อมส่วนหนึ่งส่วนใด โดยไม่ต้องตัดวงจรไฟฟ้าในบ้านทั้งหมด

2. **ฟิวส์** เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านวงจรมากเกินไป ฟิวส์ทำด้วยโลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น โลหะผสมดีบุกกับตะกั่ว เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านฟิวส์มากเกินไป ฟิวส์จะร้อนและหลอมละลายจนขาดจากกัน ทำให้เกิดการตัดวงจรไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ ขนาดของฟิวส์ กำหนดเป็นค่าของกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่สามารถผ่านฟิวส์ได้โดยฟิวส์ไม่ขาด

ตัวอย่างที่ 14

บ้านหลังหนึ่งใช้ไฟฟ้าซึ่งมีความต่างศักย์ 220 โวลต์ ถ้าใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าดังต่อไปนี้ หม้อหุงข้าว 600 วัตต์ เตารีด 750 วัตต์ ตู้เย็น 100 วัตต์ โทรทัศน์ 150 วัตต์ หลอดไฟ 40 วัตต์ 3 ดวง และหลอดไฟ 20 วัตต์ 5 ดวง ควรใช้ฟิวส์รวม ขนาดเท่าใด

ขนาดของฟิวส์ หมายถึงค่ากระแสไฟฟ้ารวมของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั้งหมด

เนื่องจากเครื่องใช้ไฟฟ้าต่อกันแบบขนาน $\therefore V_{rms}$ เท่ากัน เท่ากับ 220 V

$$\text{หา } I_{rms} \text{ ที่ผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าแต่ละตัว จาก } p_{เฉลี่ย} = I_{rms} V_{rms}$$

$$I_{rms} = \frac{p_{เฉลี่ย}}{V_{rms}}$$

หม้อหุงข้าว	$I_{rms1} = \frac{600}{220}$
เตารีด	$I_{rms2} = \frac{750}{220}$
ตู้เย็น	$I_{rms3} = \frac{100}{220}$
โทรทัศน์	$I_{rms4} = \frac{150}{220}$
หลอดไฟ	$I_{rms5} = \frac{40 \times 3}{220}$



$$\text{หลอดไฟ } I_{\text{rms6}} = \frac{20 \times 5}{220}$$

$$\therefore \text{ขนาดของฟิวส์ } I_{\text{rms1}} + I_{\text{rms2}} + I_{\text{rms3}} + I_{\text{rms4}} + I_{\text{rms5}} + I_{\text{rms6}} = \frac{600 + 750 + 100 + 150 + 120 + 100}{220} = 8.27 \text{ A}$$

$$\begin{aligned} \text{หรือ หาจาก } p_{\text{เฉลี่ยรวม}} &= 600 + 750 + 100 + 150 + (40 \times 3) + (20 \times 5) \\ &= 1820 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\text{และ } V_{\text{rms}} = 220 \text{ V}$$

$$\therefore I_{\text{rms}} = \frac{1820}{220} = 8.27 \text{ A}$$

ฟิวส์รวมขนาดประมาณ 9 A เนื่องจากฟิวส์ที่มีขายทั่วไปเป็นขนาด 10 A จึงต้องใช้ฟิวส์ขนาด 10 A **Ans**

- ในกรณีเครื่องใช้ไฟฟ้ามีตัวประกอบกำลังน้อยกว่า 1 I_{rms} จะมีค่ามากกว่าที่คำนวณได้ จึงต้องใช้ฟิวส์ขนาดเกินค่าที่คำนวณได้ และควรเกินให้มากพอที่จะไม่ทำให้ฟิวส์ขาดเวลาใช้งานตามปกติ

ตัวอย่างที่ 15

ใช้หลอดไฟ 100 วัตต์ 5 ดวง และเครื่องทำความเย็น 200 วัตต์ 5 เครื่อง ต่อกันอย่างขนาน แล้วต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้า 200 โวลต์ ควรใช้ฟิวส์ขนาดเท่าใด

อุปกรณ์ทั้งหมดต่อกันแบบขนาน ดังนั้น V_{rms} เท่ากัน เท่ากับ 200 V

หา I_{rms} ที่ผ่านอุปกรณ์แต่ละตัว จาก $p_{\text{เฉลี่ย}} = I_{\text{rms}} V_{\text{rms}}$

$$I_{\text{rms}} = \frac{P_{\text{เฉลี่ย}}}{V_{\text{rms}}}$$

$$\text{หลอดไฟ } I_{\text{rms}} = \frac{100}{200} = 0.5 \text{ A}$$

$$\text{เครื่องทำความเย็น } I_{\text{rms}} = \frac{200}{200} = 1.0 \text{ A}$$

$$\therefore \text{ขนาดของฟิวส์} = 0.5 \times 5 + 1.0 \times 5 = 7.5 \text{ A}$$

ใช้ฟิวส์ ขนาด 8 A **Ans**

☺ ชัยชนะเป็นของคนที่มีความเพียรพยายาม อดทน และไม่ยอมแพ้
ง่าย ๆ เท่านั้น... หมั่นทบทวน และฝึกทำโจทย์ให้เยอะ ๆ ะครับ ☺