

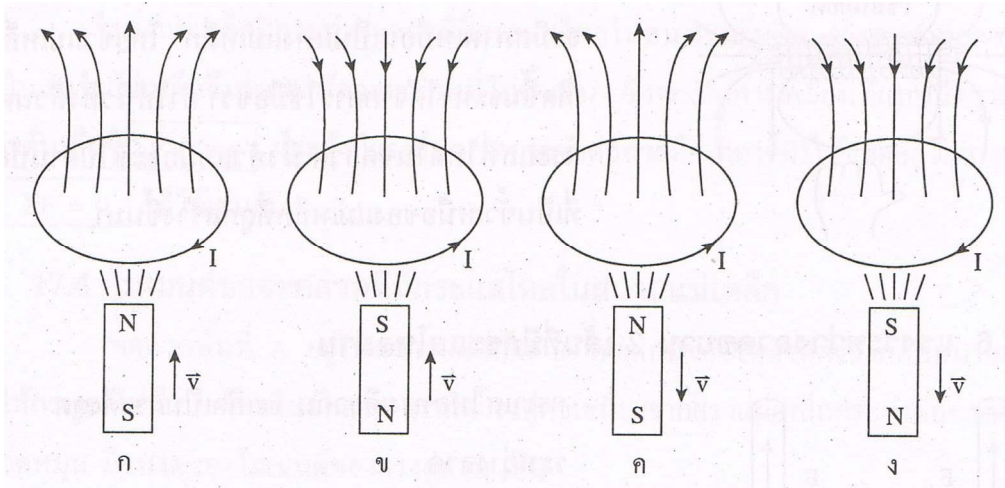
บทที่ 17 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก 2

17.1 กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำและแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำ (Electric Current)

เมื่อนำฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดตัวนำที่มีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในขดลวด กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นจะก่อให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กใหม่ที่จะมีทิศต่อต้านกับการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กแรก ที่ทำใหมันเกิดขึ้นมาเสมอ

ในกรณีการเคลื่อนขดลวดเข้าหาแท่งแม่เหล็ก (หรือเคลื่อนแท่งแม่เหล็กเข้าหาขดลวด) กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดจะไหลในทิศที่จะสร้างขั้วแม่เหล็กชนิดเดียวกัน (ทางด้านที่เลื่อนเข้าหากันนั้น) เพื่อให้เกิดแรงผลักระหว่างการเคลื่อนเข้ามา

ในขณะที่ถ้าเคลื่อนขดลวดออกจากแท่งแม่เหล็ก (หรือเคลื่อนแท่งแม่เหล็กออกจากขดลวด) กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในขดลวดจะไหลในทิศที่จะสร้างขั้วแม่เหล็กชนิดตรงข้าม (ทางด้านที่เลื่อนห่างจากกัน) เพื่อให้เกิดแรงดูดต้านการเคลื่อนออกห่าง



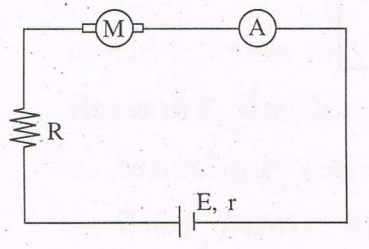
รูป ก , ข แสดงกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อเคลื่อนแม่เหล็กเข้าหาขดลวด

รูป ค , ง แสดงกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อเคลื่อนแม่เหล็กออกจากขดลวด

17.2 มอเตอร์และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับมอเตอร์ไฟฟ้า จะทำให้ออเตอร์เกิดการหมุน ขณะเดียวกันการหมุนของมอเตอร์ จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำในทิศย้อนทางกับกระแสที่ให้แก่มอเตอร์เสมอ นั่นคือ เมื่อมอเตอร์หมุนเป็นปกติ มอเตอร์จะทำหน้าที่เป็นเซลล์ไฟฟ้าที่มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าต้านกลับกับแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าในวงจรเสมอ โดยถ้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าย้อนกลับของมอเตอร์เป็น E_0 จะทำให้กระแสไฟฟ้าในวงจรในขณะนั้นเป็นตามสูตร

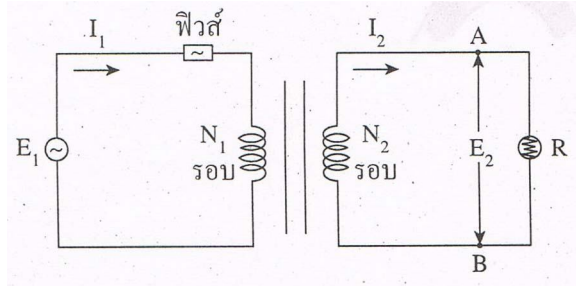
$$I = \frac{E - E_0}{R + r}$$



17.3 หม้อแปลง

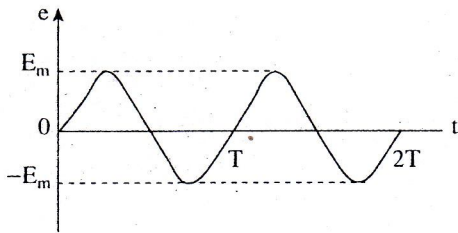
เป็นอุปกรณ์สำหรับแปลงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยเมื่อต่อความต่างศักย์ V_1 (หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า E_1) เข้ากับขดลวดปฐมภูมิซึ่งมีจำนวนรอบของขดลวด N_1 จะทำให้เกิดความต่างศักย์ V_2 (หรือแรงเคลื่อนไฟฟ้า E_2) ทางขดลวดทุติยภูมิซึ่งจำนวนรอบของขดลวดเป็น N_2 ตามสูตร

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



17.4 ค่าของปริมาณที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้ากระแสสลับ

ไฟฟ้ากระแสสลับ คือ เหตุการณ์ที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้า ให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้า (e) ไม่คงที่มีค่าแปรผันตามเวลาแบบฟังก์ชัน sine คือ



$$e = E_m \sin \omega t$$

เมื่อ E_m คือค่าสูงสุดของแรงเคลื่อนไฟฟ้า

ω คืออัตราเร็วเชิงมุม

โดย
$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

T คือ คาบเวลา

f คือ ความถี่

ทำให้ค่ากระแสไฟฟ้า (i) และความต่างศักย์ (v) ในวงจรแปรผันตามเวลาแบบเดียวกันคือ

$$i = I_m \sin (\omega t + \phi_1)$$

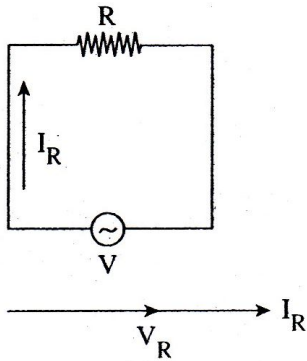
$$v = V_m \sin (\omega t + \phi_2)$$

เนื่องจากปริมาณไฟสลับเป็นค่าไม่คงที่ จึงต้องหาค่าที่จะใช้เป็นตัวแทน ซึ่งหาโดยวิธียกกำลังสองก่อนแล้วหาค่าเฉลี่ยแล้วจึงถอดรากที่สอง เรียกว่า ค่ารากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย (root mean square หรือค่า rms ของปริมาณนั้น) ซึ่งค่าตัวแทนนี้จะเป็ค่าที่จะวัดได้เมื่อใช้มิเตอร์วัดจึงเรียกชื่อว่า ค่ามิเตอร์ และเมื่อใช้คำนวณกำลังไฟฟ้า(เฉลี่ย) ก็จะต้องใช้ค่านี้คำนวณจึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าค่ายังผล

$\text{ค่า rms} = \text{ค่ามิเตอร์} = \text{ค่ายังผล} = \frac{\text{ค่าสูงสุดของปริมาณนั้น}}{\sqrt{2}}$
$E_{\text{rms}} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} ; I_{\text{rms}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} ; V_{\text{rms}} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

17.5 ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ก. วงจรลวดความต้านทาน(R) ค่าความต้านทาน R จะไม่ขึ้นกับความถี่ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าสลับ



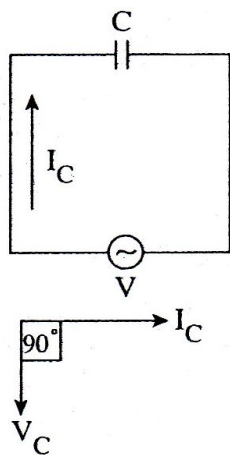
(R เป็นค่าคงที่ของลวด ตามสูตร $R = \rho \frac{l}{A}$) กระแสในวงจรจะเป็นไปตามกฎของโอห์ม

$$I_R = \frac{V_R}{R}$$

โดยกระแส I_R จะมีเฟสเดียวกันกับเฟสของ V_R

ข. วงจรของตัวเก็บประจุ(C) ค่าความต้านทานเชิงความจุ X_C จะขึ้นกับความถี่ของแหล่งกำเนิดที่ต่ออยู่

ตามสูตร



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

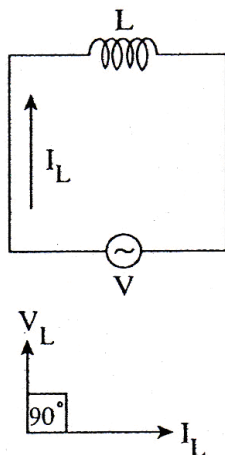
กระแสจะเป็นไปตามกฎของโอห์ม

$$I_C = \frac{V_C}{X_C}$$

โดยกระแส I_C จะมีเฟสหน้าเฟสของ V_C อยู่ 90°

ค. วงจรขดลวดเหนี่ยวนำ(L) ค่าความต้านทานเชิงเหนี่ยวนำ X_L จะขึ้นกับความถี่ของแหล่งกำเนิด

ที่ต่ออยู่ ตามสูตร



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

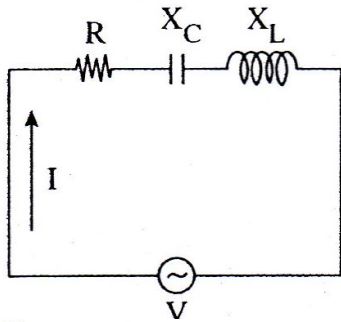
กระแสจะเป็นไปตามกฎของโอห์ม

$$I_L = \frac{V_L}{X_L}$$

โดยกระแส I_L จะมีเฟสตามหลังเฟสของ V_L อยู่ 90°

การต่อวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

1. การต่ออนุกรมทั้งหมด จะมีกระแสเท่ากันทุกๆ ส่วน (จึงใช้เฟสของ I อ้างอิงในการรวม V)



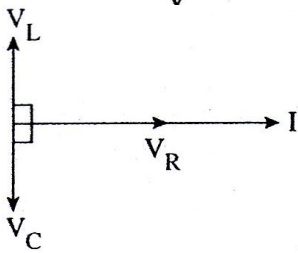
$$I = I_R = I_C = I_L$$

และ

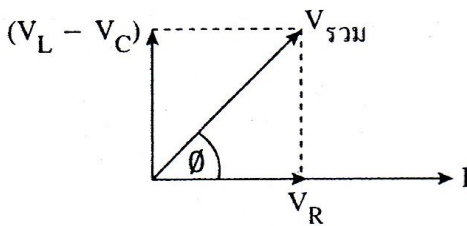
$$\bar{V} = \bar{V}_R + \bar{V}_C + \bar{V}_L$$

โดยการรวมความต่างศักย์ V จะเป็นการรวมโดยพิจารณาเฟสของแต่ละตัว โดยเทียบกับ I ซึ่งเป็นตัวร่วม (เสมือนกับการคิดรวมแบบเวกเตอร์) ซึ่งจะได้ว่า

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$



และวงจรจะมีความต้านทานเชิงซ้อน z (เสมือนเป็นความต้านทานรวมของวงจร)



$$z = \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

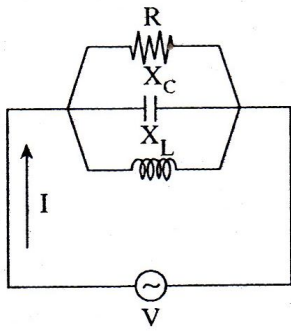
โดยมุมเฟสระหว่าง V กับ I คือ

$$\phi = \tan^{-1} \left[\frac{|V_L - V_C|}{V_R} \right] = \tan^{-1} \left[\frac{|X_L - X_C|}{R} \right]$$

ความถี่เรโซแนนซ์ คือ ความถี่ของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่จะทำให้กระแสในวงจรมีค่าสูงสุดคือ

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

2. การต่อขนานทั้งหมด จะมีความต่างศักย์เท่ากันทุกส่วน (จึงใช้เฟสของ V อ้างอิงในการรวม I)



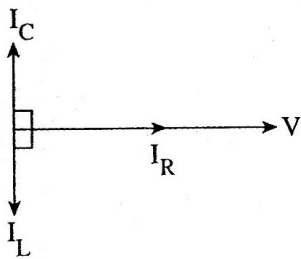
$$V = V_R = V_C = V_L$$

และ

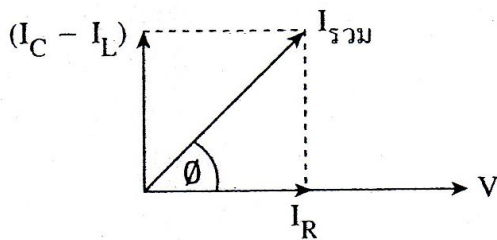
$$\bar{I} = \bar{I}_R + \bar{I}_C + \bar{I}_L$$

โดยการรวมกระแส I จะเป็นการรวมโดยพิจารณาเฟสของแต่ละตัว เทียบกับ V ซึ่งเป็นตัวร่วม ซึ่งจะได้ว่า

$$I = \sqrt{I_R^2 + (I_C + I_L)^2}$$



และวงจรจะมีความต้านทานเชิงซ้อน z (เสมือนเป็นความต้านทานรวมของวงจร)



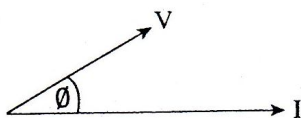
$$\frac{1}{z} = \frac{I}{V} = \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right)^2}$$

โดยมีมุมเฟสระหว่าง I กับ V คือ

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{|I_C - I_L|}{I_R}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{\left|\frac{1}{X_C} - \frac{1}{X_L}\right|}{\frac{1}{R}}\right)$$

17.6 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย มีค่าเท่ากับผลคูณของกระแส I และความต่างศักย์ V ที่มีเฟสตรงกัน โดยค่า I และ V จะต้องเป็นค่า rms (ค่ามีเตอร์ หรือค่ายังผลนั่นเอง)



$$P = VI \cos \phi$$

เมื่อ ϕ คือ มุมเฟสระหว่าง V กับ I

โดย $\cos \phi$ จะเรียกว่า ตัวประกอบกำลัง (Power factor)

แต่ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เฟสของ V และ I ตรงกันเฉพาะที่ตัวต้านทาน R ขณะที่เฟสของ V และ I จะต่างกัน 90° ที่ตัวเก็บประจุ และตัวขดลวดเหนี่ยวนำ กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับจึงเกิดขึ้นเฉพาะที่ตัว R ขณะที่กำลังที่ตัวเก็บประจุและขดลวดเหนี่ยวนำจะมีค่าเป็นศูนย์

ดังนั้น การหาค่ากำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ จึงสามารถคิดเฉพาะที่ตัวต้านทาน R ได้เลย (ซึ่งทำให้ไม่ต้องคิดมุมเฟส)

$$P = VI \cos \phi = P \text{ ที่ตัวต้านทาน } R$$

$$\therefore P = VI \cos \phi = V_R I_R = I_R^2 R = \frac{V_R^2}{R}$$

17.7 พลังงานและกำลังไฟฟ้า

จากสูตรไฟฟ้าสถิต งานไฟฟ้า $W = QV$ (1)

จากสูตรกระแสไฟฟ้าในตัวนำ $Q = It$ (2)

แทน (2) ใน (1) จะได้ $W = ItV$ (3)

แทนค่า $V = IR$ และ $I = \frac{V}{R}$ ในสูตร (3) จะได้

$$\text{งานไฟฟ้า } W = ItV = I^2 R t = \frac{V^2 t}{R}$$

กำลังไฟฟ้า คือ พลังงานไฟฟ้าในหนึ่งหน่วยเวลา

$$\text{กำลังไฟฟ้า } P = \frac{W}{t} = IV = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

กำหนดให้ I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A) W คือ งานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น จูล (J)

R คือ ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω) t คือ เวลา มีหน่วยเป็น วินาที (s)

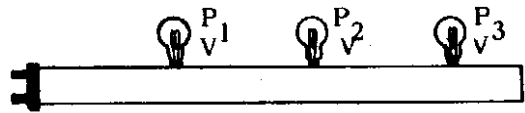
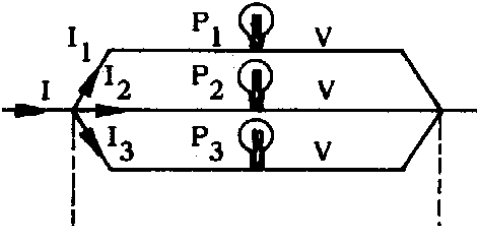
V คือ ความต่างศักย์ มีหน่วยเป็น โวลต์ (V) P คือ กำลัง มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

เมื่อพลังงานจากไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน จะได้ว่า

$$W = \Delta Q$$

$$W = mc\Delta T$$

การต่อหลอดไฟ

การต่อหลอดไฟแบบอนุกรม	การต่อหลอดไฟแบบขนาน
	
<ol style="list-style-type: none"> $R_{\text{รวม}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$ $\frac{V^2}{P_{\text{รวม}}} = \frac{V^2}{P_1} + \frac{V^2}{P_2} + \frac{V^2}{P_3}$ $\frac{1}{P_{\text{รวม}}} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + \frac{1}{P_3}$ เมื่อ V เท่ากัน 	<ol style="list-style-type: none"> $I_{\text{รวม}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$ $\frac{P_{\text{รวม}}}{V} = \frac{P_1}{V} + \frac{P_2}{V} + \frac{P_3}{V}$ $P_{\text{รวม}} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$ เมื่อ V เท่ากัน

การคิดค่าไฟฟ้า

$$\text{สูตร จำนวน Unit} = \frac{\text{จำนวน WATT} \times \text{ชั่วโมง}}{1000}$$

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \text{จำนวนยูนิต} \times \text{ราคาต่อยูนิต}$$

แบบฝึกหัด

- บ้านหลังหนึ่งใช้ไฟฟ้าความต่างศักย์ 220 โวลต์ ถ้าใช้เครื่องไฟฟ้าดังต่อไปนี้ หม้อหุงข้าวขนาด 600 วัตต์ ตู้เย็นขนาด 100 วัตต์ และหลอดเรืองแสงขนาด 40 วัตต์ 5 ดวง ควรใช้ฟิวส์ขนาดเท่าใดและถ้าใช้เครื่องไฟฟ้าเหล่านี้พร้อมๆ กัน 10 ชั่วโมงและต้องใช้ปริมาณไฟฟ้ากี่หน่วย
- ครอบครัวหนึ่งใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าเท่ากันทุกวัน โดยมีรายการดังต่อไปนี้
ใช้หม้อหุงข้าวขนาด 1,000 วัตต์ วันละ 1 ชั่วโมง ใช้หลอดไฟ 40 วัตต์ 5 ดวง วันละ 4 ชั่วโมง
ใช้โทรทัศน์ขนาด 150 วัตต์ วันละ 4 ชั่วโมง ใช้เตารีดไฟฟ้าขนาด 750 วัตต์ วันละ 1 ชั่วโมง
ถ้าไฟฟ้าที่ใช้มีความต่างศักย์ 220 โวลต์ และเสี่ยค่าไฟยูนิตละ 1.50 บาท ในช่วงเวลา 1 เดือน
จะต้องเสี่ยค่าไฟฟ้าเท่าใด
- บ้านหลังหนึ่งใช้ไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ต่อขนานกันดังนี้ ตู้เย็น 400W , 220V
วันละ 20 ชั่วโมง หลอดไฟ 40 W, 220 V 10หลอดวันละ 5 ชั่วโมง เตารีด 1000W, 220V วันละ 1
ชั่วโมง โทรทัศน์ 200 W , 220 V วันละ 10 ชั่วโมง จงหา
 - บ้านหลังนี้ควรใช้ฟิวส์ขนาดเท่าใด
 - ถ้าค่าไฟฟ้ายูนิตละ 2 บาทในเดือนเมษายนบ้านหลังนี้จะเสี่ยค่าไฟฟ้าเท่าใด