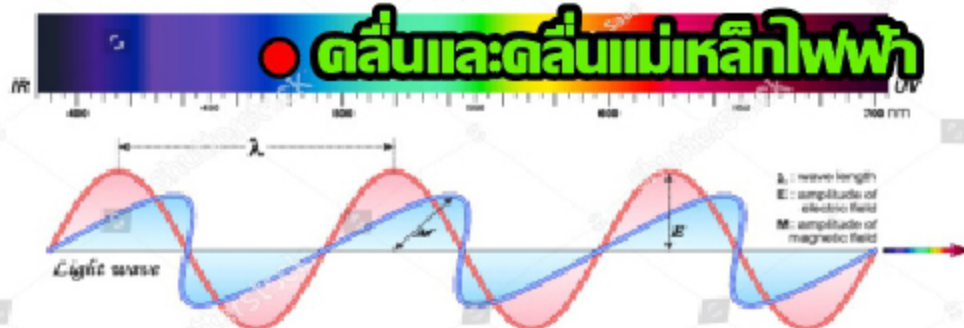




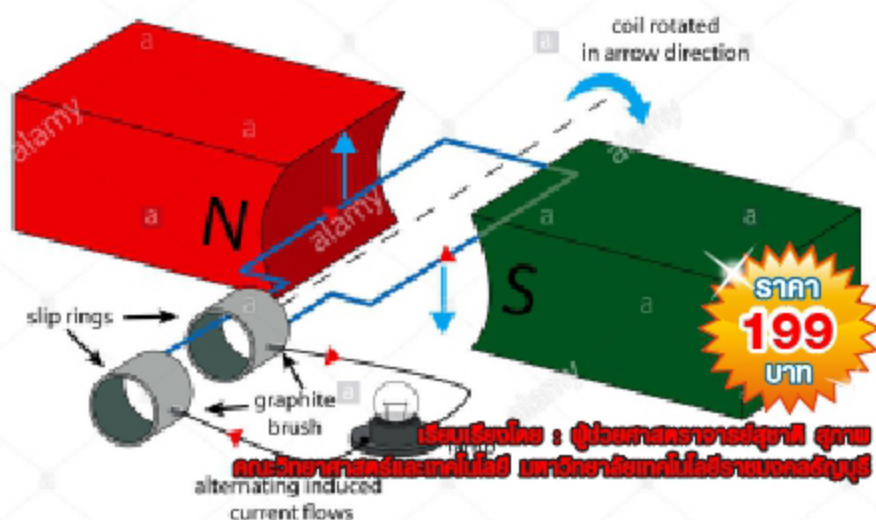
วิทยาศาสตร์ ช่าง

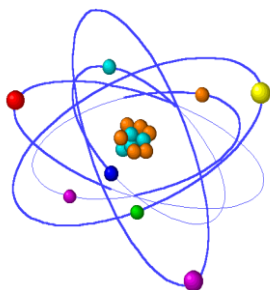
● ไฟฟ้ากระแสสลับ

● ดลื่นและดลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



Simple a.c. Generator





ไฟฟ้ากระแสลับ

คลื่นและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ผศ.สุชาติ สุภาพ

พิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

สุชาติ สุภาพ

250/1 หมู่ 1 ต.บ้านแพ้ว อ.เมืองบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร 74120

E - mail suchart11111@hotmail.com

พิมพ์ที่ จก. SPS ม.เพชรอนันต์ เขตคันนาวา กรุงเทพฯ ๑ 10230 โทร 086-341-1410

ข้อมูลทางบรรณานุกรม

สุชาติ สุภาพ

ไฟฟ้ากระแสลับ คลื่นและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

530

ISBN 978-616-485-191-7

คำนำ

หนังสือเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ เรียบเรียงขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน วิชาฟิสิกส์ของนักศึกษาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ราคาของหนังสืออาจจะแพงไปบ้าง เนื่องจากการจัดทำแบบปรี้นท์หวังว่าผู้อ่านคงจะเข้าใจและให้การสนับสนุน

หนังสือนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์โผนา เกษณะมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา รองศาสตราจารย์ระ รอดสัมพันธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธวัช บุนนาคธรรมมา (ครูวิทยาศาสตร์ดีเด่นระดับอุดมศึกษา) ที่ได้ให้คำแนะนำที่มีประโยชน์

นอกจากนั้นยังได้รับความช่วยเหลือจากผู้บริหารมหาวิทยาลัยฯ ทุกระดับชั้น ที่สนับสนุนส่งเสริมการทำผลงานวิชาการ และส่งเสริมการให้บริการทางวิชาการแก่ชุมชน และสังคม จึงขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

สำหรับท่านที่สนใจหนังสือของกระผมแต่หาซื้อไม่ได้ สามารถสั่งซื้อได้ทางไลน์หรือเฟสบุ๊คสุชาติ สุภาพ

สุชาติ สุภาพ

โทรศัพท์ 083-920-3825



ID LINE

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	5
1.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ และแผนภาพเฟสเซอร์	5
1.2 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแต่ตัวต้านทาน เพื่อบอค่าเฉลี่ย	9
1.3 พลังงานจากไฟฟ้ากระแสสลับ และกระแสตรง เมื่อแรงดันเฉลี่ยเท่ากัน	10
1.4 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแต่ตัวเหนี่ยวนำ เพื่อบอค่าเฉลี่ย	13
1.5 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีแต่ตัวเก็บประจุ เพื่อบอค่าเฉลี่ย	17
1.6 วงจร RLC ที่ต่อกันแบบอนุกรม	27
1.7 การกำหนดในวงจร RLC ที่ต่อกันแบบอนุกรม	41
1.8 วงจร RLC ที่ต่อกันแบบขนาน	46
1.9 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	50
1.10 หม้อแปลงไฟฟ้า และการส่งกำลังงาน	56
บทที่ 15 คลื่นกล	59
2.1 การจำแนกประเภทของคลื่น	61
2.2 การซ้อนทับกันและการแทรกสอดของคลื่น	74
2.3 อัตราเร็วของคลื่นในเส้นเชือก	77
2.4 การสะท้อนและการถ่ายโอนพลังงานของคลื่น	80
2.5 การวิเคราะห์คลื่นในเส้นเชือก	87
2.6 อัตราการถ่ายโอนพลังงานของคลื่นไซน์ในเส้นเชือก	88
2.7 สมการคลื่น	92

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 16 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	94
3.1 ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์และการทดลองของเฮิรตซ์	97
3.2 การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากอากาศ	100
3.3 สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	109
3.3.1 คลื่นวิทยุ	110
3.3.2 คลื่นไมโครเวฟ	128
3.3.3 รังสีอินฟราเรด	136
3.3.4 แสง	145
3.3.5 รังสีอัลตราไวโอเลต	152
3.3.6 รังสีเอกซ์	158
3.3.7 รังสีแกมมา	167

บทที่ 1 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

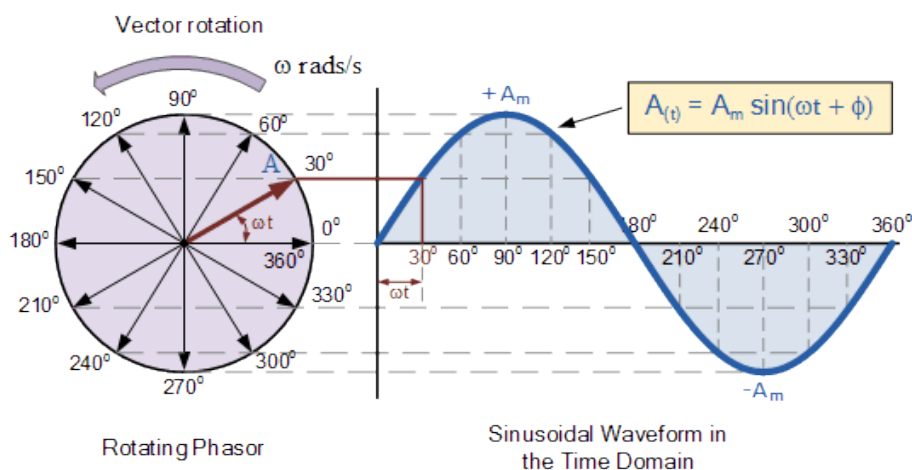
ในบทนี้จะศึกษาเกี่ยวกับกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ไหลผ่านหรือตกคร่อมตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ หรือตัวเก็บประจุไฟฟ้า เมื่อสิ่งประดิษฐ์เหล่านี้ต่อกันแบบอนุกรม ในวงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งกำเนิดแรงดันแบบคลื่นไซน์ จากการศึกษาค้นคว้าจะพบว่า กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ไหลผ่านหรือตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ หรือตัวเก็บประจุไฟฟ้า จะมีลักษณะเป็นกราฟรูปไซน์ที่มีเฟสไม่ตรงกัน ส่วนกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ไหลผ่านหรือตกคร่อมตัวต้านทานจะมีลักษณะเป็นกราฟรูปไซน์ที่มีเฟสตรงกัน ทำให้จึงเป็นเช่นนี้ สาเหตุผลได้จากเนื้อหาต่อไปนี้

1.1 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ และแผนภาพเฟสเซอร์

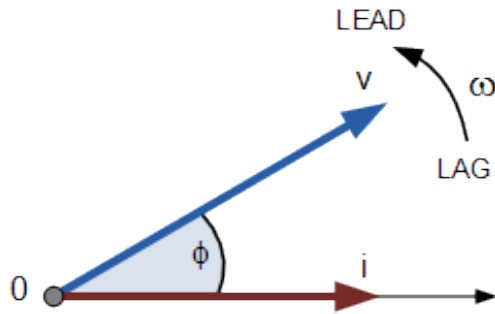
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า คืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่แปลงพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อขดลวดเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก ก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสลับ ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญสองส่วน คือ ส่วนที่สร้างสนามแม่เหล็ก และส่วนที่สร้างแรงดันไฟฟ้าเรียกว่าอาร์เมเจอร์

แผนภาพเฟสเซอร์ (Phasors Diagram)

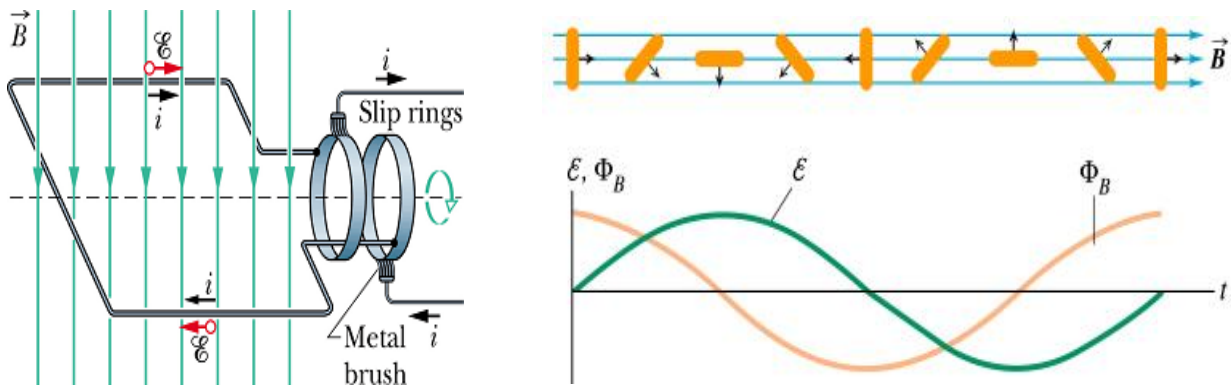
แผนภาพเฟสเซอร์ เป็นการใช้วิธีการของเวกเตอร์ เพื่อใช้แทนสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ ที่มีแอมพลิจูดไม่คงที่ แต่มีความเร็วเชิงมุมคงที่ ความยาวของลูกศรแทนความแรงของปริมาณไฟฟ้า การเคลื่อนที่ของเส้นเฟสเซอร์เคลื่อนที่ไปทางทวนเข็มนาฬิกา เทียบกับเฟสเซอร์อ้างอิง



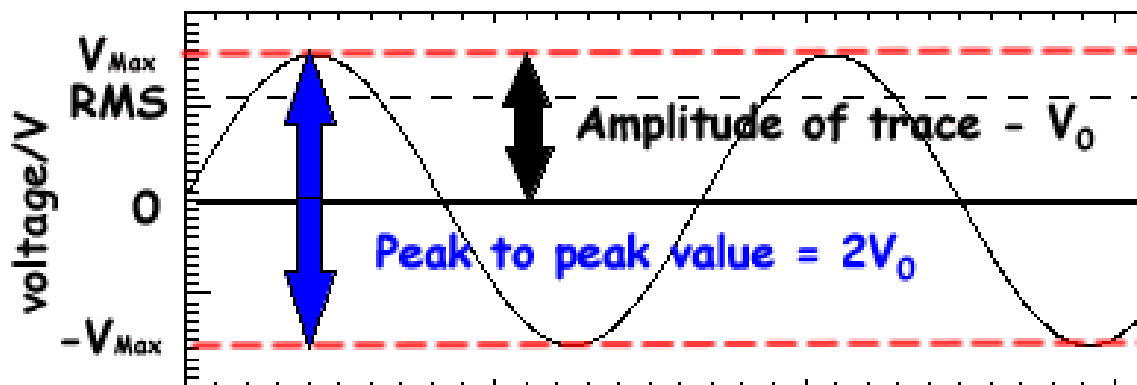
รูป 1.1 แผนภาพเฟสเซอร์ กับขนาดของกระแสไฟฟ้าที่เวลาต่าง ๆ



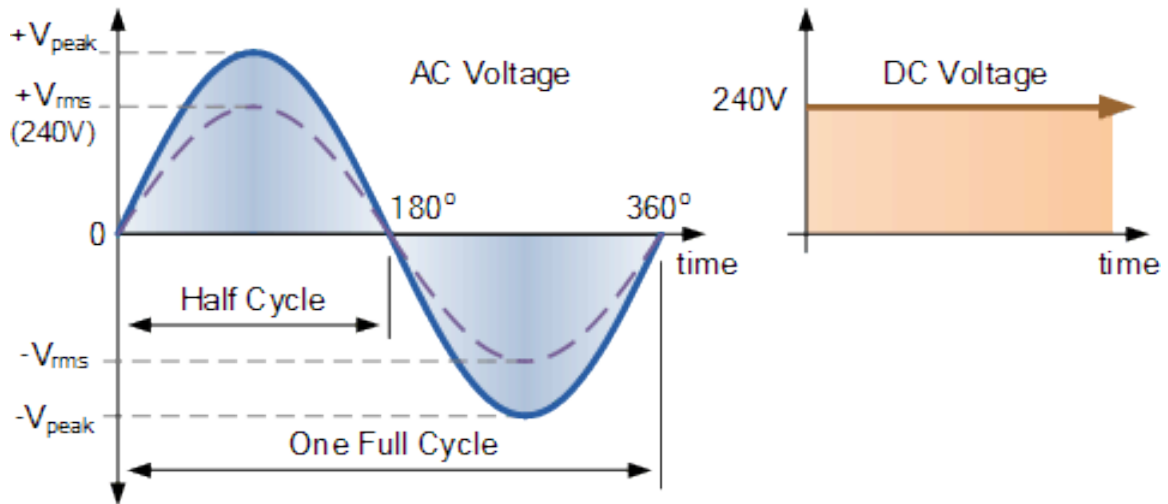
รูป 1.2 แผนภาพเฟลเซอร์ของ v นำหน้า i เป็นมุมเท่ากับ ϕ



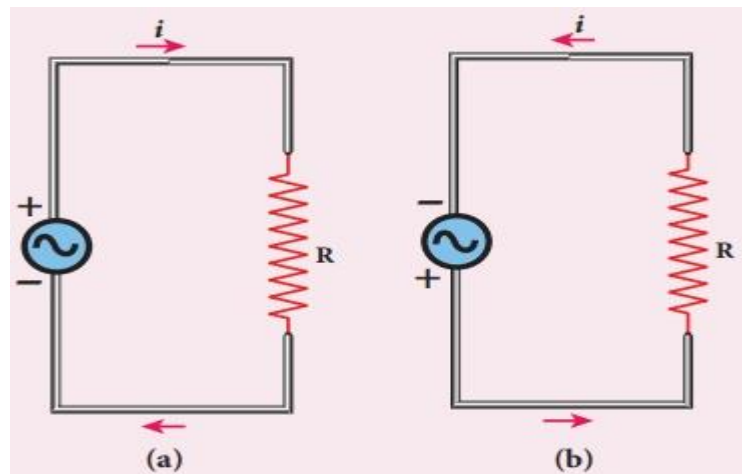
รูป 1.3 แรงเคลื่อนไฟฟ้าในขดลวด ที่เวลาต่าง ๆ



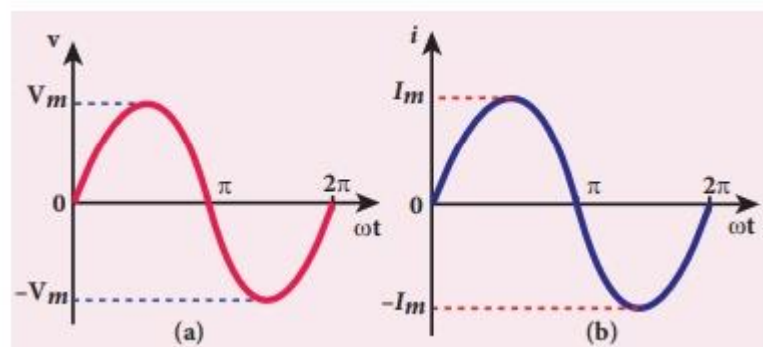
สัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับ



ค่าเฉลี่ยของไฟฟ้ากระแสสลับมีค่าเท่ากับไฟฟ้ากระแสตรงที่มีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ย
ของไฟฟ้ากระแสสลับ

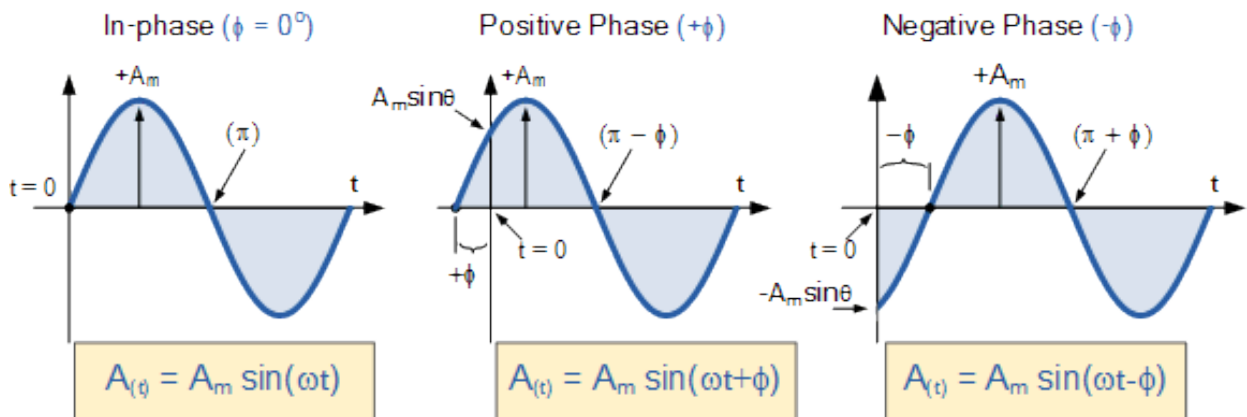


ไฟฟ้ากระแสสลับจะมีการไหลกลับทิศกลับไปสลับมาตลอดไป



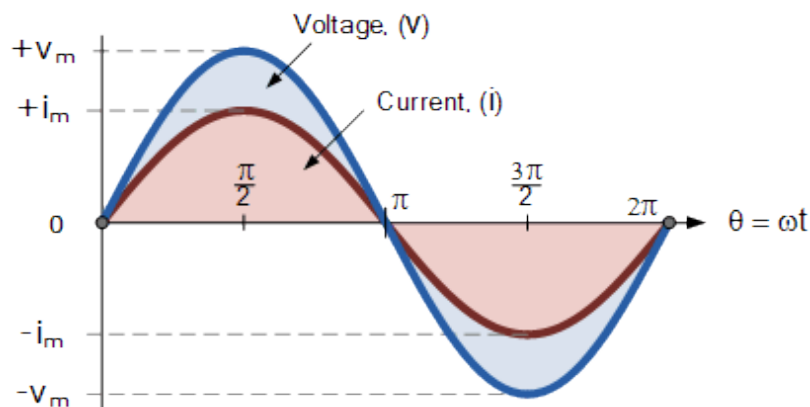
ในวงจรไฟฟ้าที่มีตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าจะมี
เฟสตรงกัน

ความสัมพันธ์เฟสของของคลื่นไซน์



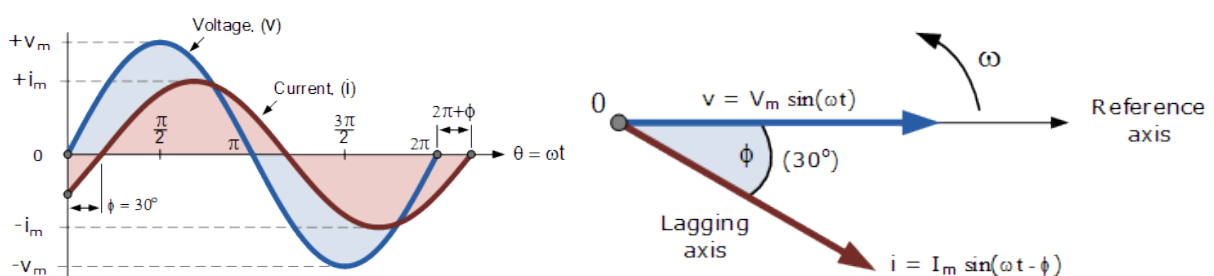
ความสัมพันธ์เฟสของของคลื่นไซน์

เฟสตรงกัน (in-phase)



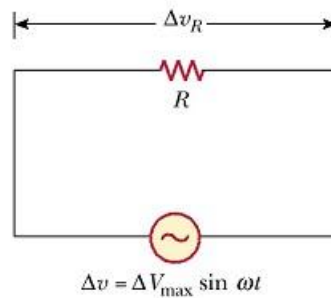
เฟสตรงกัน

เฟสต่างกัน 30 องศา (V นำหน้า i 30 องศา)



เฟสต่างกัน 30 องศา (V นำหน้า i 30 องศา)

1.2 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวต้านทาน เพื่อบอค่าเฉลี่ย



รูป 1.4 วงจรไฟฟ้าที่มีตัวต้านทานเพื่อบอค่าเฉลี่ย

วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีตัวต้านทาน เพื่อบอค่าเฉลี่ย เมื่อขดลวดหมุนด้วยอัตราเร็วเชิงมุม ω แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามเวลา เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$v = V_m \sin \omega t \quad (1-1)$$

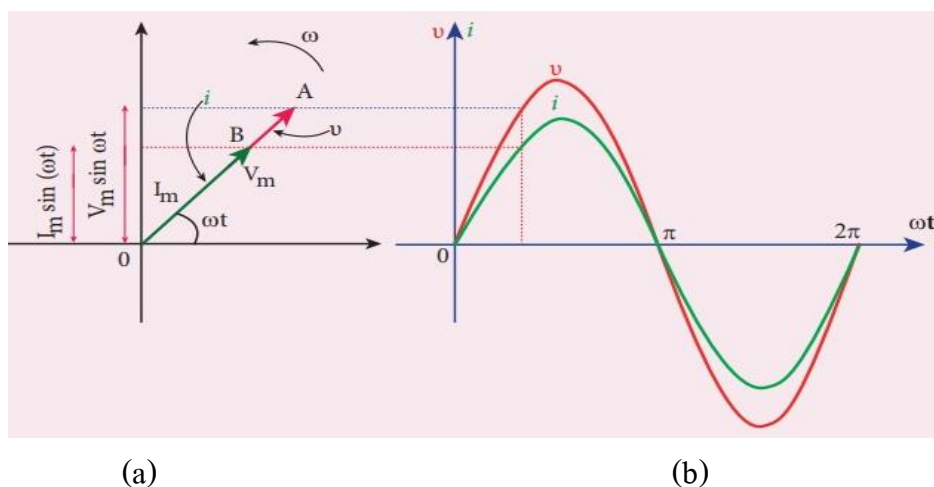
ดังนั้นเราจะหากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรได้จาก กฎของโอห์ม คือ

$$\begin{aligned} i_R &= \frac{v}{R} \\ i &= \frac{V_m \sin \omega t}{R} \\ i_R &= I_m \sin \omega t \end{aligned} \quad (1-2)$$

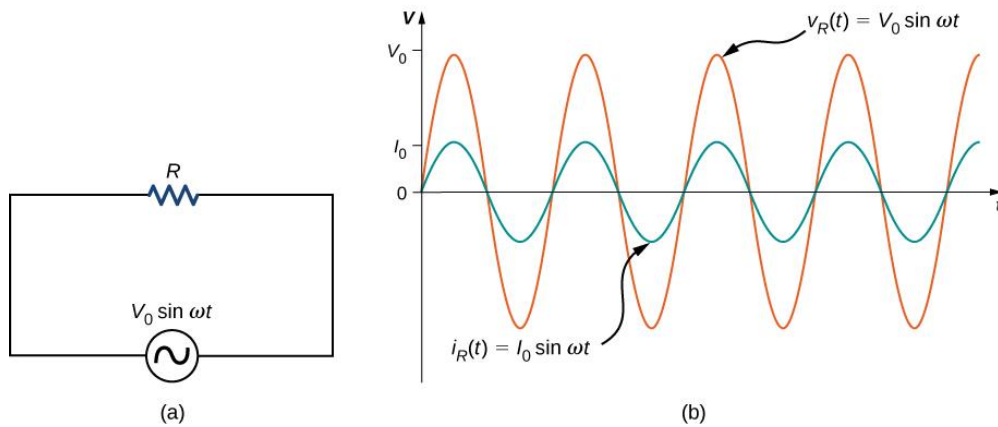
ความต่างศักย์คร่อมตัวต้านทาน $V_R = iR$

$$V_R = I_m R \sin \omega t \quad (1-3)$$

จากสมการ (1-2) และ (1-3) จะเห็นว่า i_R และ V_R มีเฟสตรงกัน หรือเขียนกราฟของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าได้ ดังรูป



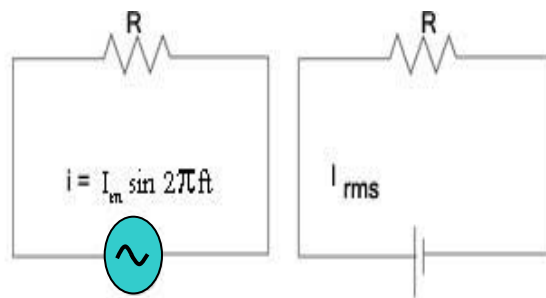
รูป 1.5 (a) แผนภาพเฟส (b) กราฟกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลา



ในวงจรที่มีตัวต้านทานเพียงอย่างเดียว กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์มีเฟสตรงกัน

1.3 พลังงานจากไฟฟ้ากระแสสลับ และกระแสตรง เมื่อแรงดันเฉลี่ยเท่ากัน

ไฟฟ้าของบ้านเราเป็นไฟฟ้า 220 โวลต์ 50 Hz แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์นี้เป็นแรงดันเฉลี่ย แรงดันสูงสุดประมาณ 310 โวลต์ ไฟฟ้านี้จะให้พลังงานเท่ากับพลังงานเท่ากับพลังงานจากไฟฟ้ากระแสตรง 220 โวลต์



รูป 1.6 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ และวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

ต่อไปจะทำการหาค่าพลังงานไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับ และไฟฟ้ากระแสตรง 220 โวลต์ เพื่อการเปรียบเทียบค่าสูงสุดกับค่าเฉลี่ย

กำลังไฟฟ้ากระแสสลับ

$$\begin{aligned}
 P &= i^2 R \\
 \frac{dW}{dt} &= i^2 R \\
 \frac{dW}{dt} &= i^2 R \\
 dW &= i^2 R dt \\
 dW &= (I_m \sin \omega t)^2 R dt
 \end{aligned}$$

ต้องการหางานที่ได้จากกระแสไฟฟ้าสลับไหล 1 รอบ ซึ่งใช้เวลา $T = 2\pi/\omega$

$$W = R \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt$$

อาศัยสูตรตรีโกณมิติ

$$\sin^2 x = \frac{(1 - \cos 2x)}{2}$$

$$W = \frac{I_m^2 R}{2} \int_0^T (1 - \cos 2\omega t) dt$$

$$W = \frac{I_m^2 R}{2} \left[\int_0^t dt - \int_0^t \cos 2\omega t dt \right]$$

$$W = \frac{I_m^2 R}{2} [t - 0]_0^T$$

$$W = \frac{I_m^2 R}{2} T$$

$$\text{ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าใน 1 วินาที } W_{1\text{sec}} = \frac{I_m^2 R}{2} \quad (1-4)$$

กำลังไฟฟ้ากระแสตรง

$$\text{พลังงานไฟฟ้ากระแสตรง หาได้จาก } W = I_{\text{eff}}^2 R t$$

$$\text{พลังงานไฟฟ้าใน 1 วินาที } W_{1\text{sec}} = I_{\text{eff}}^2 R \quad (1-5)$$

$$\text{พลังงานไฟฟ้าจากสมการ (1-5) = พลังงานไฟฟ้าจากสมการ(1-4)}$$

$$I_{\text{eff}}^2 R = \frac{I_m^2 R}{2}$$

$$I_{\text{eff}}^2 = \frac{I_m^2}{2}$$

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

$$I_{\text{eff}} = 0.707 I_m \quad (1-6)$$

ในทำนองเดียวกัน สามารถแสดงให้เห็นได้ว่า

$$V_{\text{eff}} = 0.707 V_m \quad (11-7)$$

ค่าที่อ่านได้จากแอมป์มิเตอร์และโวลต์มิเตอร์ มีชื่อเรียกว่าค่าเฉลี่ยกำลัง (เช่น ค่ามิเตอร์ ค่าขั้วผล หรือค่าเฉลี่ยกำลังสอง (root mean square) หรือค่า rms