จุดประสงค์และหัวข้อในการสอน

11 การเกิดสัญญาณไฟฟ้า

111ชนิดของสัญญาณไฟฟ้า

112 การเกิดสัญญาณไฟฟ้ารูปไซน์

12 สัญญาณไฟฟ้าและเฟสเซอร์ไดอะแกรม

121 การหาค่าชั่วขณะ ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่ายังผล

122 การเขียนเฟสเซอร์ไดอะแกรมจากสัญญาณไซน์

1

บทที่ 1

ความรู้เบื้องต้นในวงจรไฟฟ้า

1.1 สัญญาณไฟฟ้าและเฟสเซอร์ไดอะแกรม

แรงดัน กระแส หรือ กำลังไฟฟ้าของไฟฟ้ากระแสสลับเป็นปริมาณที่เปลี่ยนไปตามเวลา โดยค่าหรือขนาดของมันจะเปลี่ยนไปเป็นฟังก์ชั่นกับเวลาเสมอ

ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ค่าหรือขนาดของปริมาณแรงดัน, กระแส, หรือ กำลังไฟฟ้า (ชั่วขณะใดๆ) ย่อมจะมีความสัมพันธ์ต่อกันและกัน

ส่วนในเรื่องของวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนั้น ค่าหรือขนาดแรงดัน กระแส หรือ กำลังไฟฟ้า ไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปในขณะที่เวลาเปลี่ยนแปรไป

2

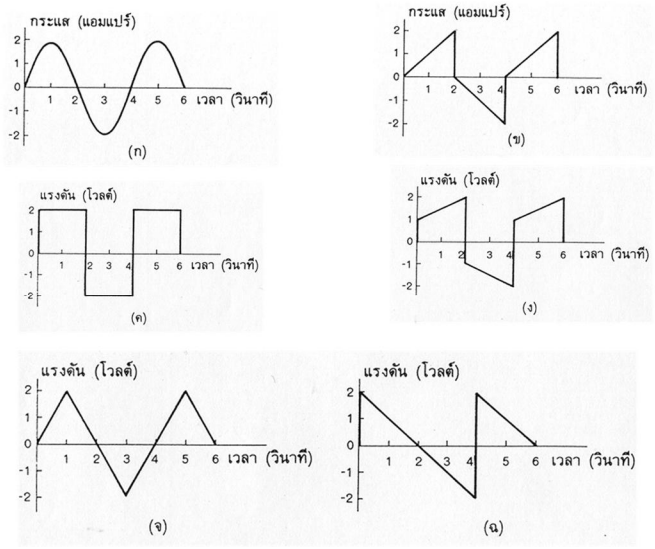
1.1.1 ชนิดของสัญญาณไฟฟ้า

ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current: AC) หมายถึง ชนิดของไฟฟ้าที่มีกระแสไฟฟ้าไหลมีทิศกลับไปกลับมา

การเปลี่ยนขั้วกลับไปกลับมาของไฟฟ้ากระแสสลับนั้นอาจจะเปลี่ยนไปมาอย่างไม่แน่นอน หรือ มีรูปคลื่นซ้ำเก่า หรือ มีรูปคลื่นแน่นอนก็ได้ ในที่นี้จะกล่าวถึงไฟสลับที่มีรูปคลื่นแน่นอน หรือ มีความถี่คงที่ เนื่องจากสามารถใช้คณิตศาสตร์วิเคราะห์และทำนายผลได้ ซึ่งคลื่นต่างๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาตินั้นจะเป็นรูปคลื่นที่มีรูปคลื่นแน่นอนมีความถี่คงที่ เช่น เป็นคลื่นรูปไซน์ (sinusoidal หรือ sine wave) หรือคลื่นรูปเหลี่ยมชนิดต่างๆ

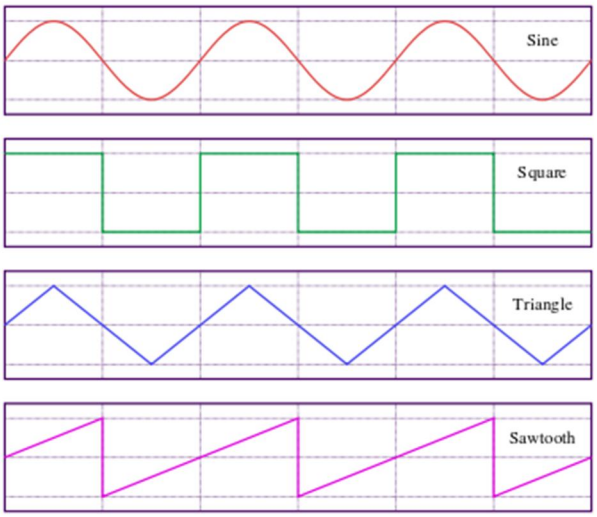
1 วินาที สลับไปสลับมา 50 ครั้ง = ความถี่ 50 Hz

3



รูปที่1.1 ลักษณะรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับแบบต่างๆ

4



5

1.1.2 การเกิดสัญญาณไฟฟ้ารูปไซน์

แรงเคลื่อนไฟฟ้า จะเกิดการเหนี่ยวนำได้นั้นต้องประกอบด้วยความสัมพันธ์กัน 3 อย่าง คือ

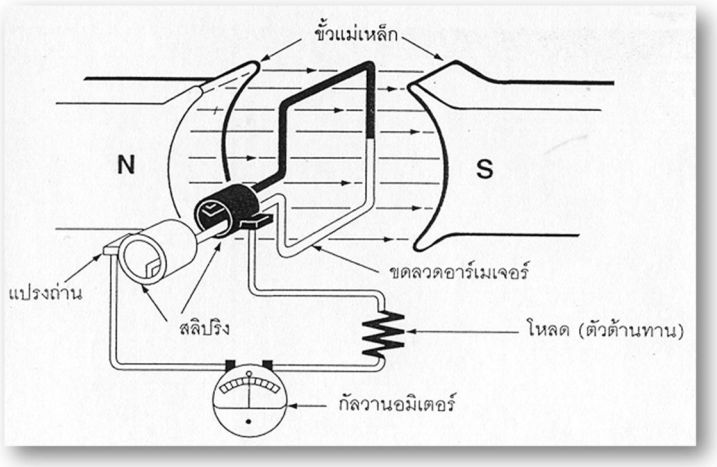
ก. ฟลั๊กแม่เหล็ก (Magnetic flux)

ข. ขดลวดตัวนำ (Conductor)

ค. การหมุนหรือการเคลื่อนที่ของตัวนำ (Rotation)

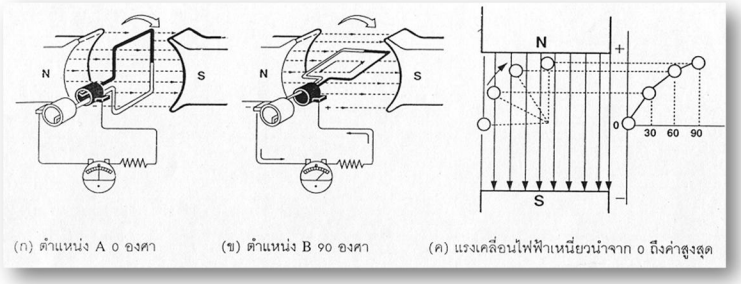
ถ้าให้ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับฟลั๊กแม่เหล็ก ซึ่งขดลวดตัวนำนี้มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยอะตอมจำนวนมากมาย ในแต่ละอะตอมก็จะมีอิเล็กตรอนอิสระ (Free Electron) อยู่ด้วย ดังนั้น ถ้าให้ขดลวดตัวนำตัดกับฟลั๊กแม่เหล็ก จึงทำให้อิเล็กตรอนอิสระ (Free Electron) หลุดออกจากวงโคจร ผลทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นที่ปลายทั้งสองของขดลวดตัวนำนั้น เราเรียกแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ถูกเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นว่า “แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ” (Induced Voltage)

6

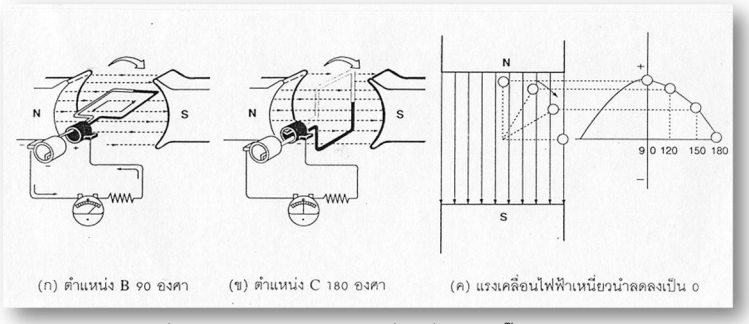


รูปที่ 1.2 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเบื้องต้น

7

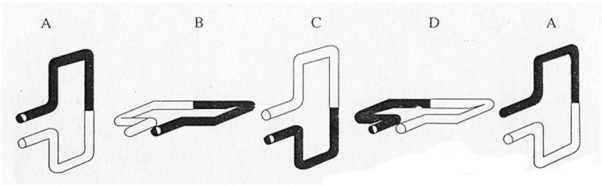


รูปที่ 1.3 แสดงขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับฟลั๊กแม่เหล็ก

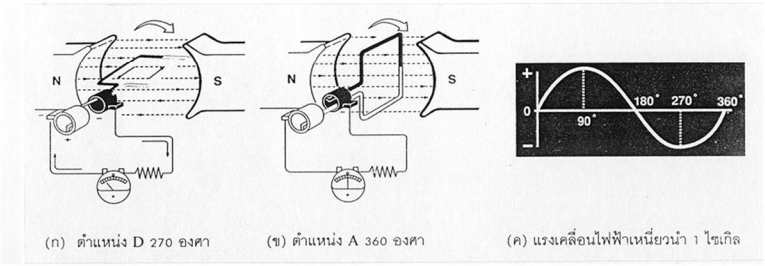


8

รูปที่ 1.4 แสดงขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับฟลั๊กแม่เหล็ก



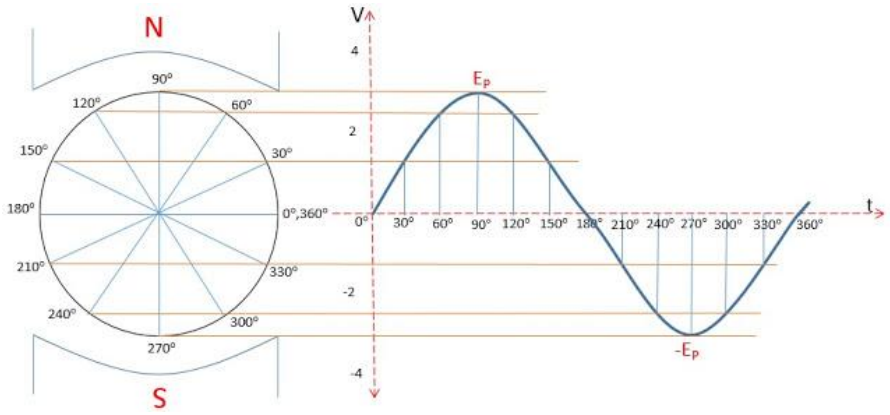
รูปที่ 1.5 แสดงขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในตำแหน่งต่างๆ



รูปที่ 1.6 แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากตำแหน่ง A ไปตำแหน่ง D

∴ **รูปคลื่นไซน์ (Sine wave)** คือคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับที่เปลี่ยนแปลงตามค่าของมุมไซน์

9



10

1.1.3 ค่าต่างๆ ใน รูปคลื่นไซน์ (Sine wave)

1. <u>ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าชั่วขณะ</u> (Instantaneous Value)

คือ ค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์ที่เราวัดได้ในแต่ละมุมของการหมุนของขดลวดตัวนำในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า โดยมุมของการเคลื่อนที่นี้วัดเป็นองศา (Degrees) ซึ่งค่าของแรงดันชั่วขณะสามารถหาได้จากสมการ

$$e = E_m \cdot Sin\theta \qquad (V)$$

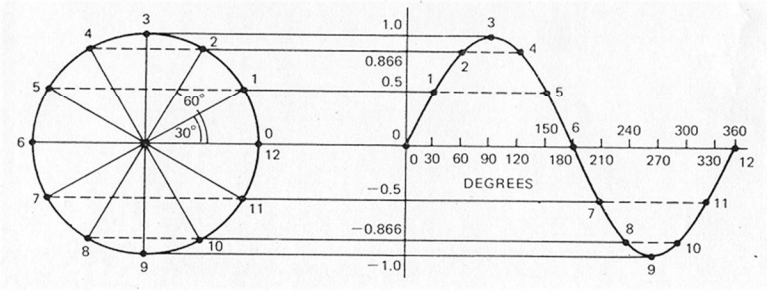
เมื่อ e = ค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นชั่วขณะ ณ. มุมที่ตำแหน่งใดๆของขดลวดตัวนำ (V)

E_m = คือค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จุดสูงสุด (Maximum value) (V)

θ = มุมที่ตำแหน่งใดๆของขดลวดตัวนำที่วางตัดกับฟลั๊กแม่เหล็ก (องศา)

11

เมื่อแบ่งการหมุนของขดลวดตัวนำใน 1 รอบ (360°)เพื่อคำนวณค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าชั่วขณะที่เกิดขึ้น ณ. มุมต่างๆตั้งแต่ตำแหน่ง 0 (0 องศา) ตำแหน่ง 1 (30 องศา) และตำแหน่ง 2,3,4 จนถึงตำแหน่งที่ 12 โดยเพิ่มค่ามุมทีละ 30° เราจะได้รูปคลื่นไซน์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าสลับที่เกิดขึ้นมีขนาดดังแสดงในรูปที่ 1.7

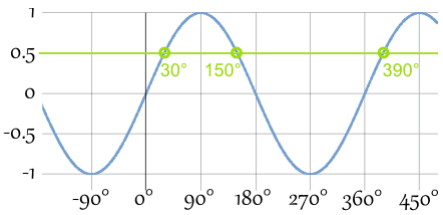


รูปที่ 1.7 แสดงค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับชั่วขณะที่เกิดขึ้นกับรูปคลื่นไซน์ตามมุมการเคลื่อนที่ต่างๆ ใน 1 รอบของการหมุน

12

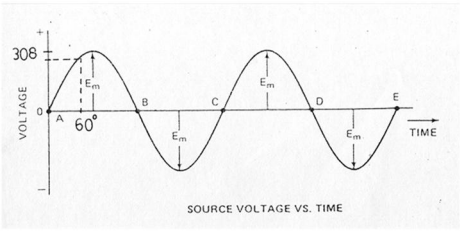
ค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้าชั่วขณะ

ตำแหน่ง	
0	Sin 0°= 0
1	Sin 30°= 0.5
2	Sin 60°= 0.866
3	Sin 90°= 1.0
4	Sin 120°= 0.866
5	Sin 150°= 0.5
6	Sin 180°= 0
7	Sin 210°= -0.5
8	Sin 240°= -0.866
9	Sin 270°= -1.0
10	Sin 300°= -0.866
11	Sin 330°= -0.5
12	Sin 360°= 0



13

ตัวอย่างที่ 1.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเครื่องหนึ่งให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 308 V. ดังรูป จงคำนวณหาค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขณะที่ขดลวดหมุนตัดกับฟลั๊กแม่เหล็กเป็นมุม 60°



วิธีทำ จากสมการ $e = E_m \cdot \sin\theta$

$e = 308V(\sin 60°) = 308V \times (0.87) = 267.96\ V$ Ans

ในทำนองเดียวกัน ค่ากระแสไฟฟ้าชั่วขณะที่ไหลในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับก็สามารถหาได้จากสมการ $i = I_m \cdot Sin\theta$ (A)

เมื่อ i = ค่ากระแสไฟฟ้าสลับชั่วขณะที่มุม θ ใดๆ (A)

I_m = ค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (A)

14

2. **ความถี่และคาบเวลา** (Frequency and Time period)

ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับ (Frequency: *f*) หมายถึงจำนวนรอบของการเกิดรูปคลื่นไซน์ต่อเวลา 1 วินาที ดังสมการ

$$\text{ความถี่} \quad (f) = \frac{\text{จำนวนรอบ (cycle)}}{\text{เวลา (second)}} \qquad \text{(Hz)}$$

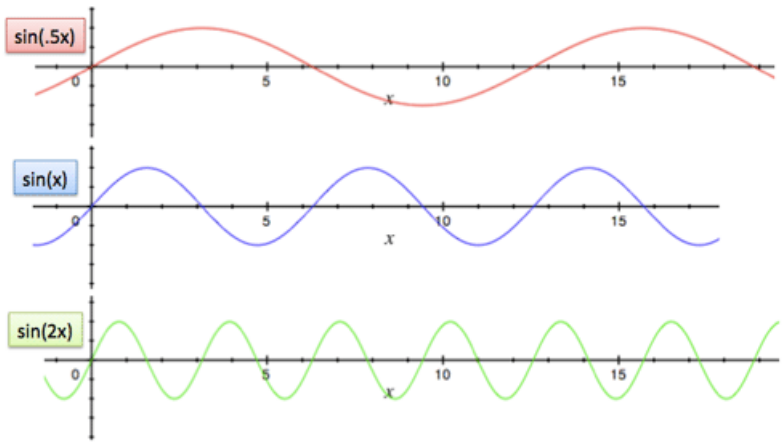
ตัวอย่างที่ 1.2 ค่าความถี่ของรูปคลื่นไซน์ที่เกิดขึ้น 50 ไซเกิลในเวลา 1วินาที มีค่าเท่าไร

วิธีทำ

$$f = \frac{50\text{cycle}}{1\text{sec.}}$$

$$= 50 \text{ Hz} \qquad \text{Ans}$$

15



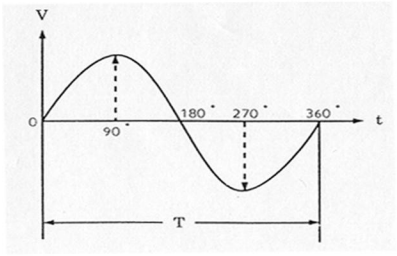
16

คาบเวลา (Time Period: T) หมายถึง ระยะเวลาเป็นวินาทีที่ทำให้รูปคลื่นไซน์เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ 1 ไซเกิล

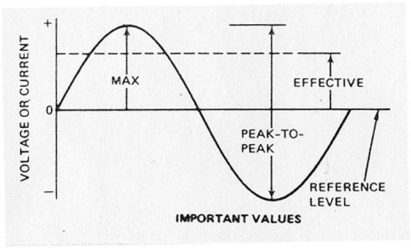
$$\text{คาบเวลา (T)} = \frac{\text{เวลา (second)}}{\text{จำนวนรอบ (cycle)}}$$

เมื่อพิจารณาสมการ T และ f มีความสัมพันธ์กัน กล่าวคือ

$$T = \frac{1}{f} \qquad \text{หรือ} \qquad f = \frac{1}{T}$$

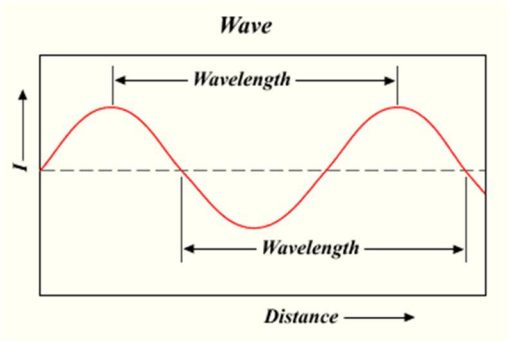


รูปที่ 1.8 คาบเวลา



รูปที่ 1.9 แสดงค่าที่สำคัญของรูปคลื่นไซน์

17



18

3. **องศาทางกล** (Mechanical Degree)

คือ มุมองศาของขดลวดที่เคลื่อนที่ตัดกับฟลั๊กแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งหมุนไป 1 รอบ จะทำมุม 360 องศา ดังนั้น 360 องศานี้ เรียกว่า องศาทางกล เขียนย่อเป็น 360°M

4. **องศาทางไฟฟ้า** (Electrical Degree)

คือ จำนวนองศาของรูปคลื่นไซน์ใน 1 ไซเกิลของไฟฟ้ากระแสสลับ ซึ่งใน 1 ไซเกิล มีมุมกำกับอยู่ 360 องศา ถ้า 2 ไซเกิล มีมุม 360 x 2 = 720 องศา องศานี้เรียกว่า องศาทางไฟฟ้า ซึ่งถือเอา 1 ไซเกิล มี 360 องศาไฟฟ้าเป็นหลัก องศาทางไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไปตามองศาทางกลและจำนวนคู่ของขั้วแม่เหล็ก

องศาทางไฟฟ้า = องศาทางกล X จำนวนคู่ของขั้วแม่เหล็ก

จำนวนไซเกิล = องศาทางไฟฟ้า / 360°

19

5. **ความเร็วเชิงมุม** (Angular Velocity หรือ ω (โอเมก้า)) หมายถึง จำนวนมุม (ในหน่วย เรเดียน) ที่รัศมีของวงกลมหมุนผ่านไปต่อ 1 วินาที ดังสมการ

ความเร็วเชิงมุม (ω) = จำนวนมุมที่วัด (เรเดียน) / เวลา (วินาที)

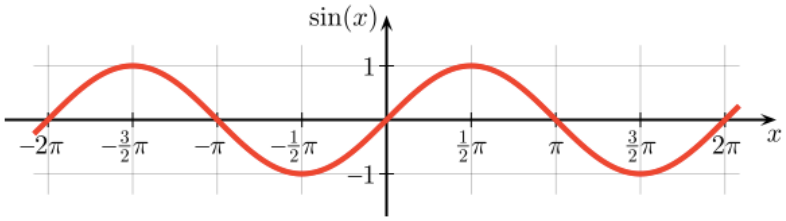
หรือ $\omega = \frac{\theta}{t}$

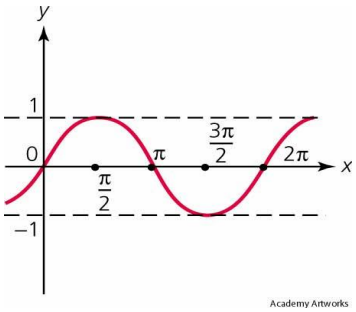
ความเร็วเชิงมุมสำหรับรูปคลื่นไซน์ 1 รอบ จะได้จำนวนมุม θ เท่ากับ 2π เรเดียน ดังนั้น

$\omega = \frac{2\pi}{t}$

แต่ $t = 1/f$ ดังนั้น $\omega = 2\pi f$ เรเดียน / วินาที (Rad / Sec)

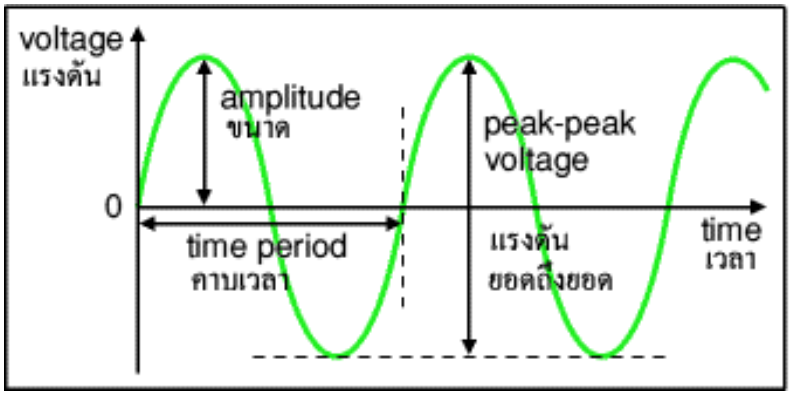
20





Academy Artworks

21



22

ตัวอย่างที่1.3 กำหนดให้สมการชั่วขณะของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ $e = 300 \sin 314t$ V
จงคำนวณหาค่า ก. ความถี่ไฟฟ้ากระสลับ
ข. ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าชั่วขณะที่เวลา $t = 0.001$ วินาที

วิธีทำ ก) จากสูตร $\omega = 2\pi f$, เมื่อ $\omega = 314$

$$\therefore f = \frac{314}{2\pi} = 50\ Hz$$

ข) จากสมการ $e = 300 \sin 314t$ V แทนค่าเวลา $t = 0.001$ sec. จะได้

$e = 300 \sin(314 \times 0.001) = 300 \times 0.31$ V

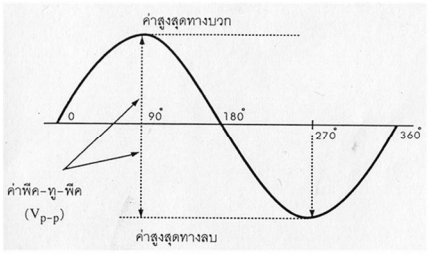
$e = 93$ V

6. ค่าสูงสุด (Maximum Values)

คือขนาดสูงสุดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเมื่อวัดจากระดับอ้างอิงจนถึงจุดยอดของรูปคลื่น ใช้สัญลักษณ์ตัวอักษร E_m และ I_m เมื่อพิจารณาจากสมการแรงดันชั่วขณะคือ

$$e = E_m \cdot \mathrm{Sin}\theta \quad (V)$$

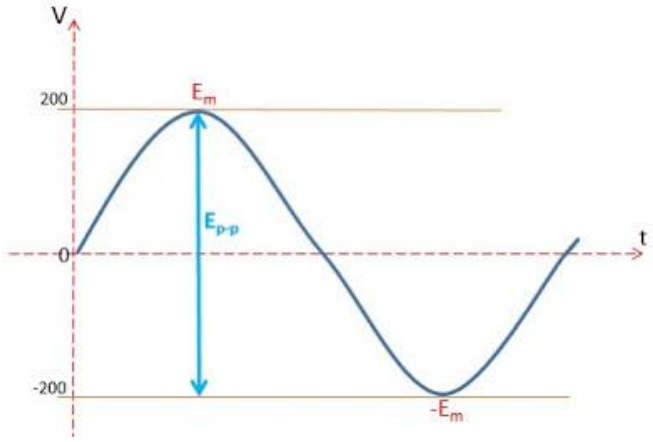
จะเห็นได้ว่าค่าสูงสุดจะเกิดขึ้นได้เมื่อขดลวดตัวนำทำมุม $\theta = 90°$ กับฟลั๊กแม่เหล็ก



รูปที่ 1.10 แสดงค่าสูงสุด และ ค่าพีค-ทู-พีค

7. ค่ายอดถึงยอด (Peak to Peak Values)

คือค่าที่วัดจากจุดยอดของรูปคลื่นไซน์ด้านบวกจนถึงจุดยอดของรูปคลื่นไซน์ด้านลบ นั่นคือค่ายอดถึงยอดจะเท่ากับ 2 เท่าของค่าสูงสุด



25

8. <u>ค่าเฉลี่ย</u> (Average Values)

คือค่าเฉลี่ยของแรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของพื้นที่รูปคลื่นไซน์เพียงครึ่งไซเกิลเพราะถ้าคิดทั้งไซเกิลจะหักล้างกันหมดมีค่าเป็น 0 ใช้ตัวย่อดังนี้คือ

V_{av} = ค่าเฉลี่ยของแรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

I_{av} = ค่าเฉลี่ยของกระแสไฟฟ้า (A)

ความหมายของค่าเฉลี่ยที่ใช้กับคลื่นสัญญาณนี้ก็มีความหมายเช่นเดียวกันกับการหาค่าเฉลี่ยที่ใช้กับสิ่งต่าง ๆ ทั่วไป ซึ่งมักเรียกอีกอย่างว่า ค่าระหว่างกลาง (mean value) โดยหาได้จากสมการ

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_n}{n} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i}{n}$$

26

จากสมการ $\bar{x}$ เป็นค่าระหว่างกลางของตัวแปร X สมมติว่ามี X อยู่ n ตัว ดังนั้น ค่าของ $\bar{x}$ จึงหาได้จากการเอาค่าของ X ทั้งหมดรวมกันแล้วหารด้วย n โดยหาได้จากสมการ

$$F_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T f(t)dt$$

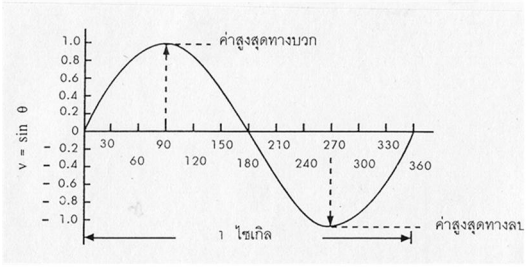
โดยที่ F_{av} คือ ค่าเฉลี่ยของ F (F คือค่าของตัวแปรขณะใด ๆ)

T คือ คาบเวลาของคลื่นสัญญาณ

f(t) คือ F ที่เป็นฟังก์ชันของเวลาหรือเป็นสัญญาณรายคาบ

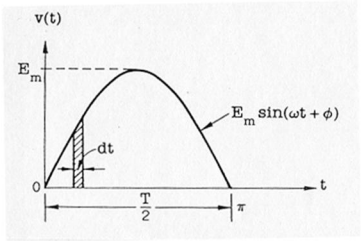
การอินทิเกรตตั้งแต่ที่ t = 0 จนถึง t = T หมายความว่าเป็นการอินทิเกรตครบหนึ่งคลื่นหรือหนึ่งรอบ ดังนั้น จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของคลื่นรูปไซน์นั้นเป็นศูนย์เนื่องจากเมื่ออินทิเกรตฟังก์ชันไซน์ครบหนึ่งรอบ จะได้ผลลัพธ์เป็นศูนย์ ดังนั้น ไฟสลับที่มีรูปคลื่นไซน์อย่างสมบูรณ์ จะได้แรงดันเฉลี่ยและกระแสเฉลี่ยเป็นศูนย์ เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับรูปคลื่นรูปไซน์แล้ว จะเห็นได้ชัดว่าคลื่นรูปไซน์นั้นเป็นคลื่นที่สมมาตร มีทั้งซีกบวกและซีกลบเหมือนกัน จึงมีขนาดพื้นที่ใต้กราฟเท่ากันเมื่อนำมาเฉลี่ยกันในความยาวหนึ่งคลื่นค่าบวกและค่าลบจะหักล้างกันหมดไป

27



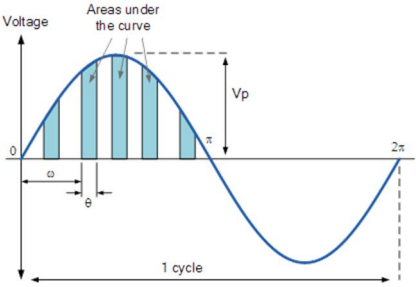
รูปที่ 1.11 แสดงซีกบวกและลบของรูปคลื่นไซน์

การหาค่าเฉลี่ยของแรงเคลื่อนไฟฟ้าคลื่นรูปไซน์เพียงครึ่งคลื่น

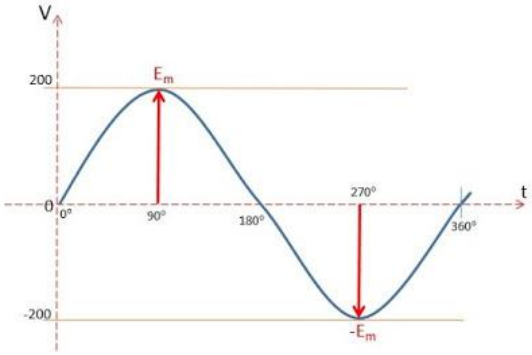


รูปที่ 1.12 แสดงค่าเฉลี่ย

28



แคลคูลัสเชิงปริพันธ์ (Integral Calculus) เป็นทฤษฎีที่ได้แรงบันดาลใจจากการคำนวณหาพื้นที่หรือปริมาตรของรูปทรงทางเรขาคณิตต่าง ๆ. ทฤษฎีนี้ใช้กราฟของฟังก์ชันแทนรูปทรงทางเรขาคณิต และใช้ทฤษฎีปริพันธ์ (หรืออินทิเกรต) เป็นหลักในการคำนวณหาพื้นที่และปริมาตร



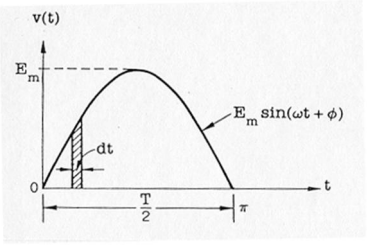
29

พื้นที่ใต้กราฟทั้งหมดหาได้จากการอินทิเกรตพื้นที่เล็ก ๆ ที่แรงเงาตามรูปที่ 1.12

$$V_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T y(t)dt \qquad \text{เมื่อคิดใน 1 คาบ(cycle)}$$

เนื่องจากแรงดันเฉลี่ยก็คือพื้นที่ใต้กราฟเฉลี่ยในเวลา ตั้งแต่ 0 - π นั่นเอง

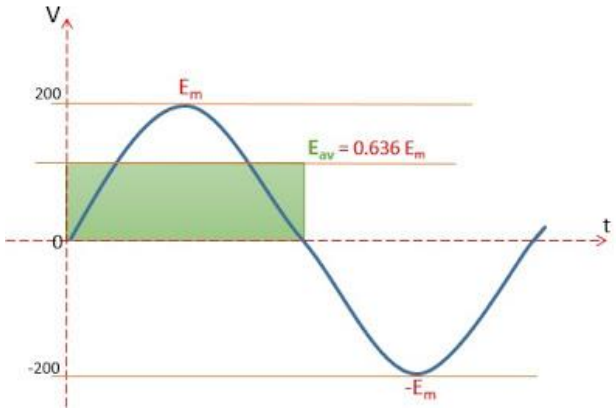
$$= \frac{V_m}{\pi}\int_0^{\pi} \sin\omega t d\omega t$$
$$= -\frac{V_m}{\pi}(\cos\omega t)_0^{\pi}$$
$$= -\frac{V_m}{\pi}(\cos\pi - \cos 0)$$
$$= -\frac{V_m}{\pi}(-1-1)$$
$$= \frac{2}{\pi}V_m$$
$$= 0.636V_m$$
$$\therefore V_{av} = 0.636V_m$$



ในทำนองเดียวกันค่ากระแสเฉลี่ยก็หาได้ด้วยวิธีเดียวกัน

$$\therefore I_{av} = 0.636I_m$$

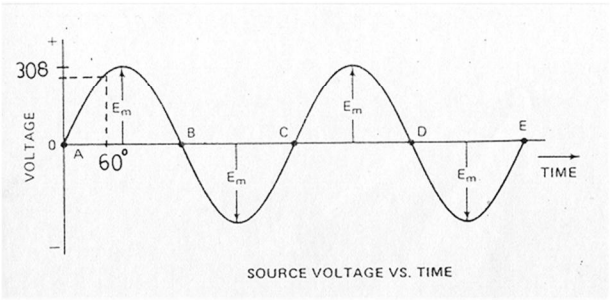
30



31

9. ค่าประสิทธิผล (Effective Value ; (eff) or Root-Mean-Square Value : (rms))

คือ ค่าที่วัดได้หรือค่าที่ใช้งาน หมายถึง ค่ากระแสไฟฟ้าหรือค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่วัดได้จากแอมมิเตอร์หรือโวลท์มิเตอร์ซึ่งเป็นค่าที่ใช้งานหรือเรียกอีกค่าหนึ่งว่าค่ารูท-มีน-สแควร์ (Root- Mean-Square) เพราะเป็นค่ารากที่ 2 ของค่าเฉลี่ยยกกำลังสอง



รูปที่ 1.13 แสดงค่าที่วัดได้หรือค่าที่ใช้งาน

32

ค่าที่วัดได้จากมิเตอร์หรือค่าใช้งานนี้เทียบได้จากค่าของไฟฟ้ากระแสสลับที่ไหลเข้าไปในวงจรมีผลทำให้เกิดกำลังไฟฟ้า หรือทำให้เกิดการกระจายความร้อนขึ้น เท่ากับการไหลผ่านของไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งไหลผ่านตัวต้านทานตัวเดียวกันในเวลาเดียวกัน เช่น ไฟฟ้ากระแสสลับที่วัดได้ 1 แอมป์แปร์ มีผลทำให้เกิดความร้อนที่ความต้านทานตัวหนึ่งในอัตราเดียวกันกับความร้อนที่เกิดขึ้นในความต้านทานตัวเดียวกันนั้นจากไฟฟ้ากระแสตรง 1 แอมป์แปร์ในเวลาเดียวกัน เพราะฉะนั้น ค่า r. m. s. ของกระแสสลับใด ๆ ก็คือ ค่ากระแสตรงซึ่งเมื่อให้ไหลผ่านตัวต้านทานใด ๆ แล้ว จะจ่ายกำลังให้แก่ความต้านทานตัวนั้นเท่ากับกำลังที่ได้จากกระแสสลับบนตัวต้านทานเดียวกัน ในการวิเคราะห์นั้นถ้าพลังงานเท่ากันแสดงว่ากำลังต้องเท่ากันด้วย ดังนั้นจะได้กำลังจากกระแสค่าประสิทธิผล (I_{eff}) หรือกระแส r. m. s. ($I_{r.m.s.}$) ตามสมการ

$$P = I^2_{eff} R = I^2_{r.m.s.} R$$

ในกรณีที่คิดกำลังของกระแสสลับรูปไซน์จะได้

$$P = i^2 R = (I_m \sin \omega t)^2 R = I^2_m R \sin^2 \omega t$$

แทนค่า $\sin^2 \omega t = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\omega t)$

จะได้ $p = \frac{I^2_m R}{2}(1 - \cos 2\omega t)$

เนื่องจากค่าของกำลังมีแต่ค่าบวก แสดงว่า $-\cos 2\omega t = 0$ จะได้

33

$$p = \frac{I^2_m R}{2}$$

ดังนั้นจะได้ $I^2_{eff} R = I^2_{r.m.s.} R = \frac{I^2_m R}{2}$

หรือ $I_{eff} = I_{r.m.s.} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707 I_m$

ทำนองเดียวกันจะได้

$$V_{eff} = V_{r.m.s.} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707 V_m$$

จากสมการ $P = I^2_{r.m.s.} R$ แทนค่า $I^2_{r.m.s.} = \frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)dt$ จะได้

$$I^2_{r.m.s.} R = \frac{R}{T}\int_0^T i^2(t)dt$$

จะได้ $I_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)dt}$

ทำนองเดียวกันจะได้

$$V_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)dt}$$

34

; $V_{av} = \frac{1}{T}\int_0^T y(t)dt$

จะเห็นได้ว่าเทอมขวามือของสมการข้างนั้นอยู่ในเครื่องหมายรากที่สอง ค่าในราก (root) ที่สอง เป็นค่าเฉลี่ย (mean) ของกำลังสอง (square) จึงเรียกรวมกันว่า **รากของกำลังสองเฉลี่ย** (root mean square) หรือ ค่า r. m. s. ซึ่งเป็นชื่อเรียกตามความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ค่ากระแส และแรงดันที่วัดได้จากเครื่องมือวัดในทางปฏิบัตินั้นเป็นค่า r. m. s.

$$V_{r.m.s.} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T v^2(t)dt}$$

$$V^2_{r.m.s.} = \frac{V_m^2}{\pi}\int_0^{\pi}\sin^2\omega t\, d\omega t$$

$$= \frac{V_m^2}{\pi}\int_0^{\pi}(\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\cos 2\omega t)d\omega t$$

$$= \frac{V_m^2}{\pi}\left[\int_0^{\pi}\frac{d\omega t}{2}-\frac{1}{2}\int_0^{\pi}\cos 2\omega t d\omega t\right]$$

$$= \frac{V_m^2}{\pi}\left[\left(\frac{d\omega t}{2}\right)_0^{\pi}-\frac{1}{2}x\frac{1}{2}\int_0^{\pi}\cos 2\omega t d2\omega t\right]$$

$$= \frac{V_m^2}{\pi}\left[\left(\frac{\pi}{2}\right)-\left(\frac{1}{4}\sin 2\omega t\right)_0^{\pi}\right]$$

$$= \frac{V_m^2}{\pi}\left[\left(\frac{\pi}{2}\right)-\left(\frac{1}{4}\sin 2\pi-\frac{1}{4}\sin 0\right)\right]$$

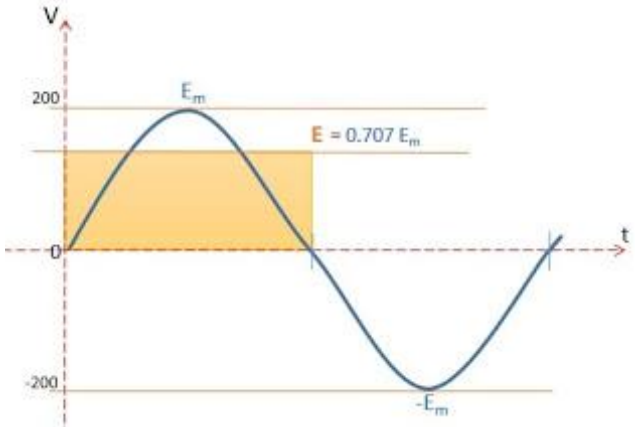
$$= \frac{V_m^2}{2}$$

$$\therefore V_{r.m.s} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707\,V_m$$

ในทำนองเดียวกัน

$$\therefore I_{r.m.s} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707\,I_m$$

35



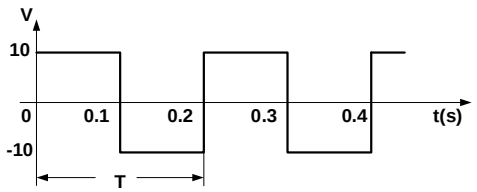
36

ตัวอย่าง 1.4 รูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) ของแรงเคลื่อนไฟฟ้า V(t) มีค่าคาบเวลา T = 0.2 sec. จงหาค่า ก. แรงเคลื่อนไฟฟ้าเฉลี่ย ($E_{average}$)

ข. แรงเคลื่อนไฟฟ้าแอฟแฟคทีฟ (E effective or E rms)

ค. ฟอร์มแฟคเตอร์ (Form Factor , FF.)

วิธีทำ



เนื่องจากรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าอยู่ในลักษณะสมมาตร (Symmetry) เพราะฉะนั้นการหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นจะพิจารณาเฉพาะครึ่งรูปคลื่นนั่นคือ

37

ที่ $0 < t < 0.1$ s , V = 10 V

ที่ $0.1 < t < 0.2$ s , V = 10 V

$$Vav. = \frac{1}{0.1}\int_0^{0.1} 10\,dt = \frac{10}{0.1}\int_0^{0.1} (t)_0^{0.1} = 100\int_0^{0.1} dt = 100(t)_0^{0.1}$$

$$Vav. = 100\{(0.1)-(0)\} = 100(0.1) = 10 \text{ V}$$

$$V^2rms = \frac{1}{0.2}\left\{\int_0^{0.1}(10)^2 dt + \int_{0.1}^{0.2}(-10)^2 dt\right\}$$

$$V^2rms = \frac{100}{0.2}\left\{[t]_0^{0.1} + [t]_{0.1}^{0.2}\right\}$$

$$V^2rms = 500\left\{\left[(0.1)-(0)\right] + \left[(0.2)-(0.1)\right]\right\}$$

$$V^2rms = 500\{(0.1)+(0.1)\} = 500\times 0.2 = 100 \text{ V}$$

$$V_{rms} = \sqrt{100} = 10 \text{ V}$$

$$\text{Form Factor (FF.)} = \frac{V_{rms}}{V_{av.}} = \frac{10\,V}{10\,V} = 1$$

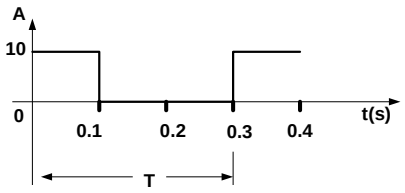
38

ตัวอย่าง1.5 รูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave) ของแรงดันไฟฟ้า V(t) มีค่าคาบเวลา T = 0.3 sec.
จงหาค่า ก.แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย ($E_{average}$)

ข. แรงดันไฟฟ้าแอฟแฟคทีฟ (E effective or E rms)

ค. ฟอร์มแฟคเตอร์ (Form Factor , FF.)

วิธีทำ



39

ที่ $0 < t < 0.1$ s , i = 10 A

ที่ $0.1 < t < 0.3$ s , i = 0 A

$$I_{av.} = \frac{1}{0.3}\left\{\left(\int_0^{0.1}(10)\,dt\right)+\left(\int_{0.1}^{0.3}(0)\,dt\right)\right\} = \frac{10}{0.3}\left\{[t]_0^{0.1}+0\right\}$$

$$I_{av.} = \frac{10}{0.3}[(0.1)-(0)] = \frac{10}{0.3}[(0.1)] = 3.33 \text{ A}$$

$$I^2rms = \frac{1}{0.3}\left\{\int_0^{0.1}(10)^2\,dt+\int_{0.1}^{0.3}(0)^2\,dt\right\} = \frac{100}{0.3}\left\{[t]_0^{0.1}+0\right\}$$

$$I^2rms = \frac{100}{0.3}\Big[(0.1)-(0)\Big] = \frac{100}{0.3}\Big[(0.1)\Big] = 33.33 \text{ A}$$

$$I_{rms} = \sqrt{33.33} = 5.773 \text{ A}$$

$$\text{Form Factor} = \frac{I_{rms}}{I_{av.}} = \frac{5.773}{3.33} = 1.73$$

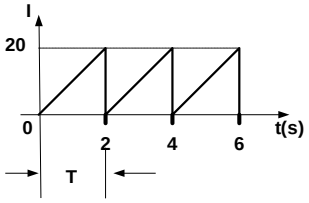
40

ตัวอย่าง1.6 รูปคลื่นฟันเลื่อย (Saw tooth Wave) ของแรงดันไฟฟ้า V(t) มีค่าคาบเวลา T = 2 sec.
จงหาค่า ก.แรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย ($E_{average}$)

ข. แรงดันไฟฟ้าแอฟแฟคทีฟ (E effective or E rms)

ค. ฟอร์มแฟคเตอร์ (Form Factor , FF.)

วิธีทำ



41

ที่ $0 < t < 2\ s$, $i = 10t\ A$

$$I_{av.} = \frac{1}{2}\left\{\left(\int_0^2 (10t)\,dt\right)\right\} = \frac{10}{2}\left\{[t]_0^2 dt\right\} = \frac{10}{2\times 2}\left[t^2\right]_0^2$$

$$I_{av.} = 2.5\left[(2)^2 - (0)^2\right] = 2.5(4) = 10\ A$$

$$I^2 rms = \frac{1}{2}\left\{\int_0^2 (10t)^2\,dt\right\} = \frac{100}{2}\left\{\int_0^2 (t)^2\,dt\right\} = \frac{100}{2\times 3}\left[t^3\right]_0^2$$

$$I^2 rms = \frac{100}{6}\left[(2)^3 + (0)^3\right] = \frac{100}{6}(8) = 133.33$$

$$Irms = \sqrt{133.33} = 11.547\ A$$

$$\text{Form Factor} = \frac{I_{rms}}{I_{av.}} = \frac{11.547}{10} = 1.15$$

42

1.1.4 เฟสเซอร์ไดอะแกรมจากสัญญาณไซน์

1. **<u>ปริมาณเวคเตอร์</u>** (Vector Quantiry)

ปริมาณทั่ว ๆ ไป มีอยู่ 2 ชนิด คือ ปริมาณสเกลล่า (Scalar Quantity) และปริมาณเวคเตอร์ (Vector Quantity)

ปริมาณสเกลล่า

เป็นปริมาณที่บอกเฉพาะขนาดเพียงอย่างเดียว เช่น น้ำหนัก ความยาว ความหนาแน่น อุณหภูมิ ฯลฯ ซึ่งปริมาณเหล่านี้สามารถนำมารวมเข้ากันได้โดยวิธีพีชคณิตโดยตรง เช่น ข้าวหนัก 8 กิโลกรัม รวมกับ ข้าวหนัก 6 กิโลกรัม จะเท่ากับข้าวหนัก 14 กิโลกรัม

ปริมาณเวคเตอร์

เป็นปริมาณที่บอกทั้งขนาดและทิศทาง เช่น แรง ความเร็ว ความเร่ง กระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก เป็นต้น ซึ่งปริมาณเวคเตอร์นี้จะรวมเข้าด้วยกันตามวิธีที่จะทำให้ได้ทั้งขนาดและทิศทางไปพร้อม ๆ กัน ในการแก้ปัญหาในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ต้องใช้ปริมาณทางเวคเตอร์เขียนแทนขนาดและทิศทางของค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้า

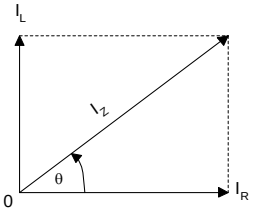
การเขียนเวคเตอร์แทนขนาดนั้น ใช้ค่าที่วัดได้จากมิเตอร์ หรือ ค่ารูท – มีน – สแควร์ คือ V, V_{eff} หรือ $V_{r.m.s.}$ และ I, I_{eff} หรือ $I_{r.m.s.}$ ส่วนทิศทางที่จะเขียนเวคเตอร์นั้น ใช้มุมที่จุดเริ่มต้นในสมการของฟังก์ชันนั้น ๆ มาเป็นมุมอ้างอิง เพื่อแสดงทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

43

2. **<u>เฟสเซอร์ไดอะแกรม</u>** (Phasor Diagram)

เฟสเซอร์ คือ เวคเตอร์ที่เขียนแทนฟังก์ชันรูปคลื่นไซน์ของเวลา ฟังก์ชันอื่นเขียนแทนเฟสเซอร์ไม่ได้ เช่น อิมพีแดนซ์ (Z) ไม่ได้เป็นรูปคลื่นไซน์จึงไม่ใช่เฟสเซอร์ จะเป็นเพียงเวคเตอร์เท่านั้น

เวคเตอร์และเฟสเซอร์ จึงมีความหมายคล้ายคลึงกัน แต่การนำไปใช้แตกต่างกัน กล่าวคือ เวคเตอร์และเฟสเซอร์ใด ๆ ประกอบด้วยขนาดและทิศทาง แต่นิยมใช้เวคเตอร์แสดงคุณลักษณะทางกายภาพ เช่น แรง (Force) หรือความเร็ว (Velocity) ส่วนเฟสเซอร์คือ ปริมาณเวคเตอร์ที่หมุนตามมุมต่าง ๆ รอบจุดศูนย์กลางของวงกลม (Origin) ดังรูปที่ 1.14



รูปที่ 1.14 เฟสเซอร์ไดอะแกรม

ถ้า $\theta = \omega t$

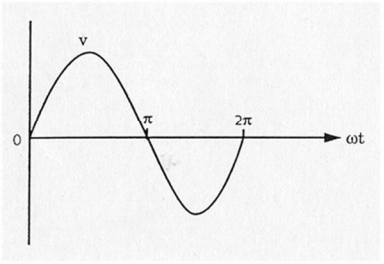
ดังนั้น θ ขึ้นอยู่กับความเร็วในการหมุน และค่า I_z แทนด้วยปริมาณเวคเตอร์ที่หมุนรอบจุดศูนย์กลาง (0) ด้วยความเร็ว ω เราเรียกปริมาณเวคเตอร์ I_z ว่า "เฟสเซอร์" (Phasor)

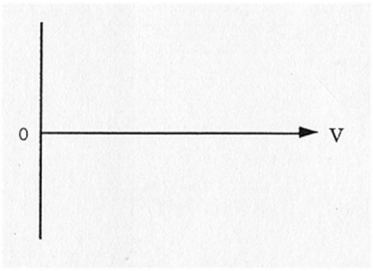
44

3. มุมเฟส (Phase Angle)

มุมเฟส เป็นมุมที่แสดงตำแหน่งของสัญญาณ ซึ่งจะบอกให้เราทราบว่าขณะที่จุดเริ่มต้นหรือเวลาเป็น 0 นั้นมีขนาดเท่าไร ดังนั้น การที่เราจะเขียนสมการรูปคลื่นไซน์ เราจะต้องทราบค่ามุมเฟสของสัญญาณนั้นด้วย เช่น

รูปคลื่นไซน์ (Sine wave) ที่มีจุดเริ่มต้นที่ 0 องศา





(ก) รูปคลื่นไซน์ เริ่มต้นที่ 0 องศา (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมเมื่อ $\overline{V} = V\angle 0°$

รูปที่ 1.15 รูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) ที่มีจุดเริ่มต้นที่ 0 องศา

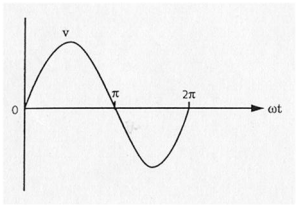
45

จากรูปที่ 1.15 (ก) คือรูปคลื่นไซน์ที่มีจุดเริ่มต้นที่จุด 0 องศา ทำให้เขียนสมการของค่าชั่วขณะใดขณะหนึ่งของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าได้ดังนี้คือ

$$v = V_{max} \sin(\omega t + 0°)$$
$$= V_{max} \sin \omega t$$

ถ้ารูปคลื่นไซน์นั้นเป็นกระแสไฟฟ้า จะได้

$$i = I_{max} \sin(\omega t + 0°)$$
$$= I_{max} \sin \omega t$$



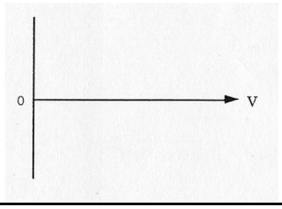
มุมภายในวงเล็บที่ต่อท้าย ωt ไปคือ มุมเฟสที่มีค่า 0 องศา ซึ่งเป็นมุมที่จุดเริ่มต้นในสมการของฟังก์ชันรูปคลื่นไซน์ จะนำมาเป็นมุมอ้างอิงเพื่อแสดงทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเมื่อเริ่มต้นที่ 0 องศา

จากรูปที่ 1.15 (ข) คือ เฟสเซอร์ไดอะแกรมของแรงเคลื่อนไฟฟ้า ซึ่งเขียนเป็นสมการเฟสเซอร์ คือ

$$\overline{V} = V\angle 0°$$

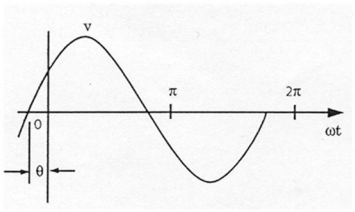
หรือถ้าเป็นกระแสไฟฟ้า จะได้

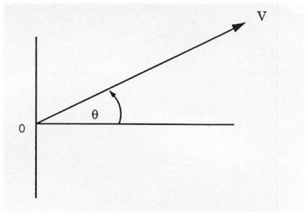
$$\overline{I} = I\angle 0°$$



46

รูปคลื่นไซน์ (Sine wave) เริ่มต้นที่จุดก่อนค่า 0 องศา





(ก) รูปคลื่นไซน์เริ่มต้นก่อน 0 องศา (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมเมื่อ $\overline{V} = V\angle\theta$

รูปที่ 1.16 รูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) เริ่มต้นที่จุดก่อนค่า 0 องศา

จากรูปที่ 1.16 (ก) คือรูปคลื่นไซน์ที่มีจุดเริ่มต้นที่จุดก่อนค่า 0 องศา หรือเริ่มต้นทางด้านซ้ายมือก่อนค่า 0 องศา ทำให้เขียนสมการของค่าชั่วขณะใดขณะหนึ่งของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าได้ดังนี้คือ

ถ้ากำหนดให้ θ = ระยะมุมก่อนค่า 0 องศา

$$v = v = V_{max} \sin(\omega t + \theta)$$

หรือถ้ารูปคลื่นไซน์นั้นเป็นกระแสไฟฟ้า จะได้

$$i = I_{max} \sin(\omega t + \theta)$$

47

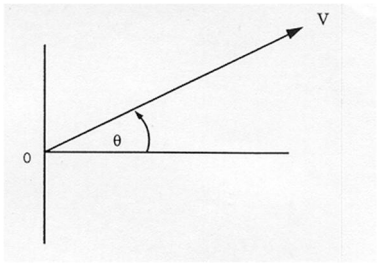
มุมภายในวงเล็บที่ต่อท้าย ωt ไปคือมุมเฟส มีค่า θ ซึ่งเป็นมุมที่เริ่มต้นก่อนค่ามุม 0 องศา ในสมการของฟังก์ชันรูปคลื่นไซน์ จะนำมาเป็นมุมอ้างอิงเพื่อแสดงทิศทางของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า เมื่อเริ่มต้นที่จุดก่อนค่ามุม 0 องศา เป็นมุม θ

จากรูปที่ 1.16 (ข) คือเฟสเซอร์ไดอะแกรมของแรงเคลื่อนไฟฟ้าซึ่งเขียนเป็นสมการเฟสเซอร์ คือ

$$\overline{V} = V\angle\theta$$

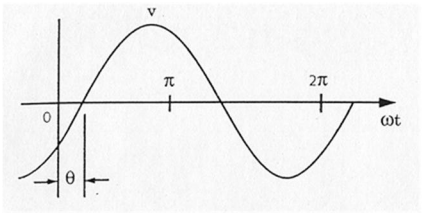
หรือถ้าเป็นกระแสไฟฟ้า จะได้

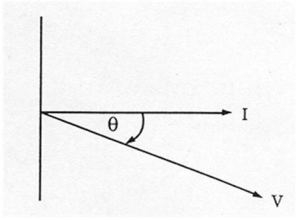
$$\overline{I} = I\angle\theta$$



48

รูปคลื่นไซน์ (Sine wave) เริ่มต้นที่จุดหลังค่า 0 องศา





(ก) รูปคลื่นไซน์ เริ่มต้นหลังค่า 0 องศา (ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมเมื่อ $\overline{V} = V\angle -\theta$

รูปที่ 1.17 รูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) เริ่มต้นที่จุดหลังค่า 0 องศา

จากรูปที่ 1.17 (ก) คือรูปคลื่นไซน์ที่มีจุดเริ่มต้นที่จุดหลังค่า 0 องศาหรือเริ่มต้นทางด้านขวามือหลังค่า 0 องศาทำให้เขียนค่าชั่วขณะใดขณะหนึ่งของแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าได้ดังนี้คือ

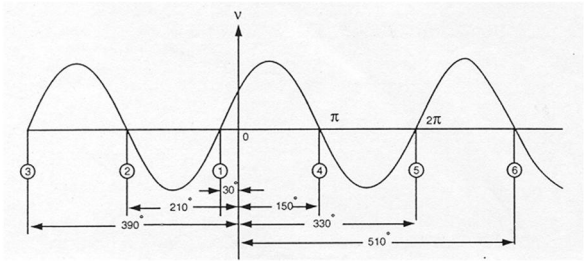
ถ้ากำหนดให้ θ = ระยะมุมหลังค่า 0 องศา

$$v = V_{max} \sin(\omega t - \theta)$$

หรือถ้ารูปคลื่นไซน์นั้นเป็นกระแสไฟฟ้า จะได้

$$i = I_{max} \sin(\omega t - \theta)$$

49



รูปที่ 1.18 มุมเฟสตำแหน่งเริ่มต้นสัญญาณในสมการของไซน์ (Sine)

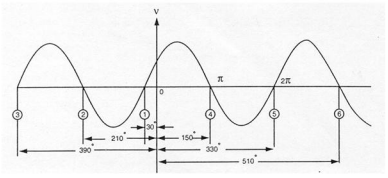
ในการเขียนสมการรูปคลื่นไซน์ สามารถเขียนสมการของแรงเคลื่อนไฟฟ้าชั่วขณะใดขณะหนึ่งและสมการเฟสเซอร์ได้จากรูปที่ 1.18 ดังนี้คือ

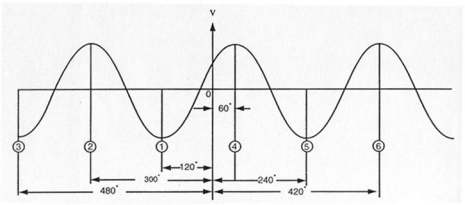
สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าชั่วขณะ	**สมการเฟสเซอร์**
1. $v = V_{max} \sin(\omega t + 30°)$	$\overline{V} = V\angle 30°$
2. $v = -V_{max} \sin(\omega t + 210°)$	$\overline{V} = -V\angle 210°$
3. $v = V_{max} \sin(\omega t + 390°)$	$\overline{V} = V\angle 390°$
4. $v = -V_{max} \sin(\omega t - 150°)$	$\overline{V} = -V\angle -150°$
5. $v = V_{max} \sin(\omega t - 330°)$	$\overline{V} = V\angle -330°$
6. $v = -V_{max} \sin(\omega t - 510°)$	$\overline{V} = -V\angle 510°$

50

ถ้าเปลี่ยนสมการของ Sine ให้เป็นสมการของ Cos ต้องนำมุมมาลบออก 90 องศา เช่น

$$v = V_{max} \sin \omega t = V_{max} \cos(\omega t - 90°)$$





รูปที่ 1.19 มุมเฟสตำแหน่งเริ่มต้นสัญญาณในสมการโคไซน์ (cosine หรือ cos)

สมการแรงเคลื่อนไฟฟ้าชั่วขณะ	**สมการเฟสเซอร์**
1. $v = -V_{max} \cos(\omega t + 120°)$	$\overline{V} = -V\angle 120°$
2. $v = V_{max} \cos(\omega t + 300°)$	$\overline{V} = V\angle 300°$
3. $v = -V_{max} \cos(\omega t + 480°)$	$\overline{V} = -V\angle 480°$
4. $v = V_{max} \cos(\omega t - 60°)$	$\overline{V} = V\angle -60°$
5. $v = -V_{max} \cos(\omega t - 240°)$	$\overline{V} = -V\angle -240°$
6. $v = V_{max} \cos(\omega t - 420°)$	$\overline{V} = V\angle -420°$

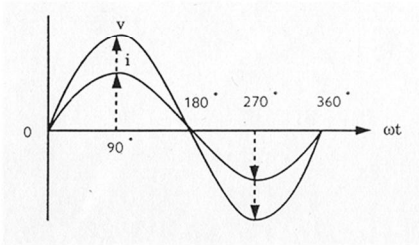
51

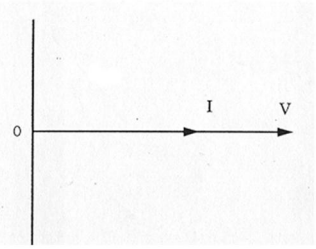
4. <u>ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า</u>

ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้ามี 3 กรณี คือ

1. <u>กระแสไฟฟ้าร่วมเฟส (in phase) กับแรงเคลื่อนไฟฟ้า</u>

สภาพของกระแสไฟฟ้าร่วมเฟสกับแรงเคลื่อนไฟฟ้านั้น คือ เกิดการเปลี่ยนแปลงพร้อมกันของกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้า จะเห็นได้จากรูปที่ 1-20 (ก) และ (ข) รูปคลื่นไซน์ของกระแสไฟฟ้า เมื่อมุมเริ่มต้นที่ 0 องศา แรงเคลื่อนไฟฟ้าก็จะเริ่มต้นที่มุม 0 องศา





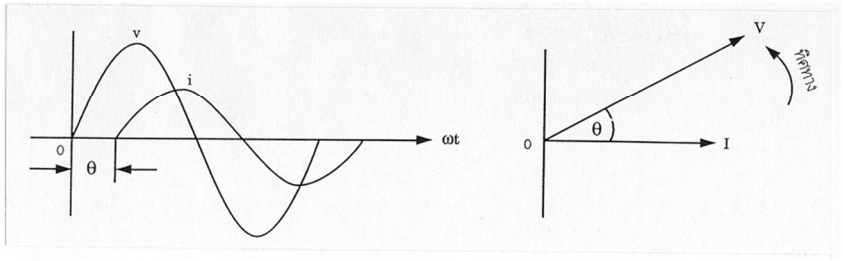
(ก) รูปคลื่น i ร่วมเฟสกับ v (ข) เวคเตอร์ I ร่วมเฟสกับ V

รูปที่ 1.20 (ข) เป็นรูปเวคเตอร์ แสดงให้เห็นกระแสไฟฟ้าร่วมเฟสกับแรงเคลื่อนไฟฟ้า

52

2. กระแสไฟฟ้าล้าหลัง (lagging) แรงเคลื่อนไฟฟ้า

สภาพของกระแสไฟฟ้าล้าหลังแรงเคลื่อนไฟฟ้านั้น คือ เกิดการเปลี่ยนแปลงไม่พร้อมกัน คือเกิดการแยกเฟสกัน (out of phase) ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้า ดังรูปที่ 1-21 (ก) แรงเคลื่อนไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงก่อนกระแสไฟฟ้า แสดงว่าแรงเคลื่อนไฟฟ้านำหน้ากระแสไฟฟ้าเป็นมุม θ



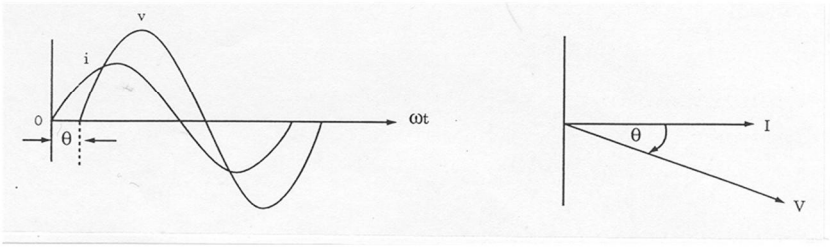
(ก) รูปคลื่น i ล้าหลัง v เป็นมุม θ (ข) เวคเตอร์ I ล้าหลัง V เป็นมุม θ

รูปที่ 1.21

53

3. กระแสไฟฟ้านำหน้า (leading) แรงเคลื่อนไฟฟ้า

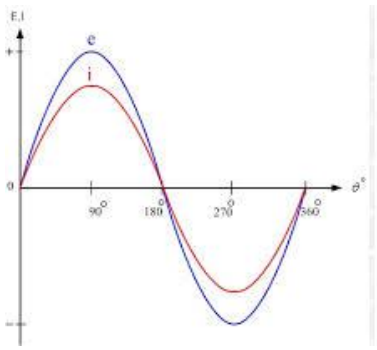
สภาพของกระแสไฟฟ้านำหน้าแรงเครื่องไฟฟ้านั้น คือ เกิดการเปลี่ยนแปลงไม่พร้อมกัน คือ เกิดการแยกเฟสกันระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าดังรูปที่ 1.22 (ก) กระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงก่อนแรงเคลื่อนไฟฟ้า แสดงว่ากระแสไฟฟ้านำหน้าแรงเคลื่อนไฟฟ้าเป็นมุม θ

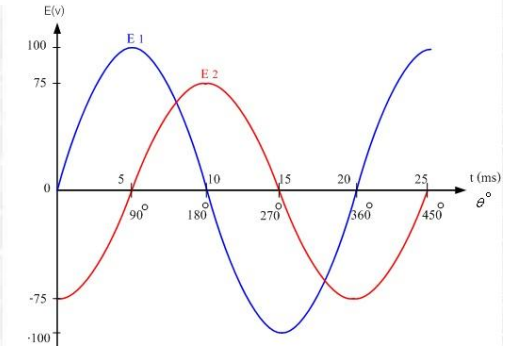


(ก) รูปคลื่น i นำหน้า v เป็นมุม θ (ข) เวคเตอร์ I นำหน้า V เป็นมุม θ

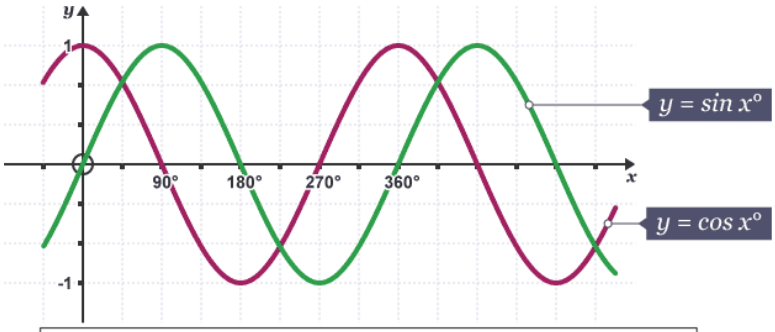
รูปที่ 1.22

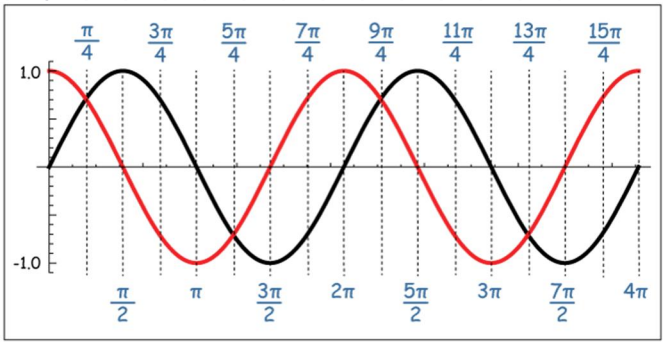
54


E.I
e
i
0
90°
180°
270°
360°
θ°


E(v)
100
75
0
-75
-100
E 1
E 2
5
10
15
20
25
t (ms)
90°
180°
270°
360°
450°
θ°

55

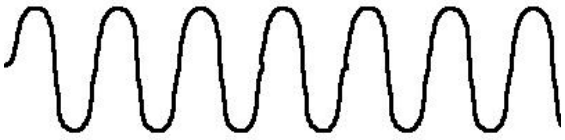

y
1
-1
90°
180°
270°
360°
x
y = sin x°
y = cos x°


π/4
3π/4
5π/4
7π/4
9π/4
11π/4
13π/4
15π/4
1.0
-1.0
π/2
π
3π/2
2π
5π/2
3π
7π/2
4π

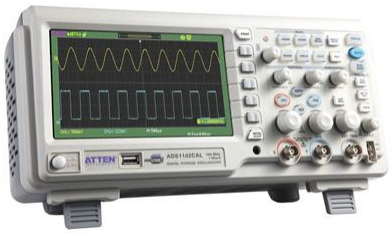
56

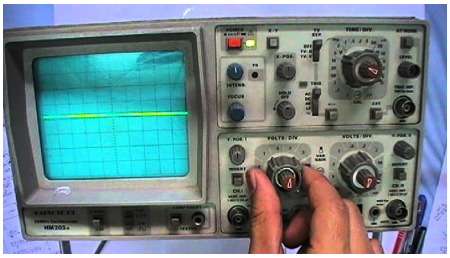
Digital signal

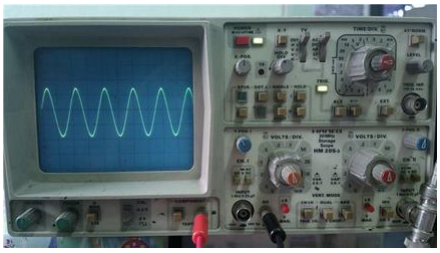
Analog signal



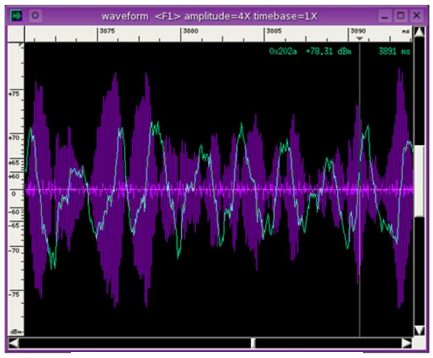
57

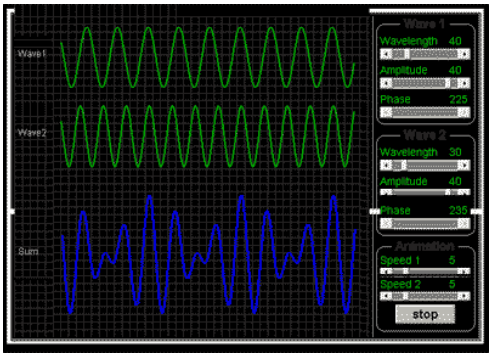






58





59

แบบทดสอบ สัปดาห์ที่ 1

60

แบบทดสอบ

บทที่ 1 : ความรู้เบื้องต้นในวงจรไฟฟ้า แผนกวิชาไฟฟ้า ประจำภาคเรียนที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2559

ชื่อ..... เลขที่.....ชั้น .....

คำชี้แจง 1. ข้อสอบมีทั้งหมด 3 ข้อๆละ รวม 15 คะแนน

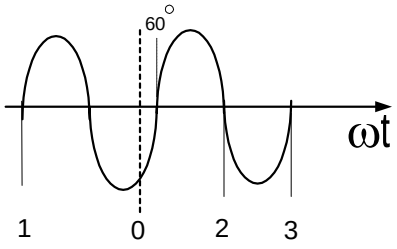
2. ให้แสดงวิธีทำลงในกระดาษสอบ 3. อนุญาตให้เปิดตำราได้แต่ห้ามยืมกันในระหว่างสอบ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องหนึ่งมี แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะเท่ากับ 150 V ณ ที่มุม 75 องศาจงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Em)
(3 คะแนน)

61

2. จากสมการแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ $e = 280 \sin(4000t)$
จงคำนวณหาค่า ก) แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ(e) ที่เวลา(t) = 0.015 sec. (3 คะแนน)
ข) ค่าความถี่ไฟฟ้าสลับ(f) (3 คะแนน)

3. จากรูปคลื่นจงเขียนสมการแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะในฟังชั่นของไซด์(sine) ตามตำแหน่งที่กำหนด
(6 คะแนน)



62

เฉลยทดสอบ สัปดาห์ที่ 1

แบบทดสอบ

บทที่ 1 : ความรู้เบื้องต้นในวงจรไฟฟ้า แผนกวิชาไฟฟ้า ประจำภาคเรียนที่ 1 ประจำปีการศึกษา 2559

ชื่อ..... เลขที่.....ชั้น .....

คำชี้แจง 1. ข้อสอบมีทั้งหมด4ข้อๆละ รวม 15 คะแนน

2. ให้แสดงวิธีทำลงในกระดาษสอบ 3. อนุญาตให้เปิดตำราได้แต่ห้ามยืมกันในระหว่างสอบ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเครื่องหนึ่งมี แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะเท่ากับ 150 V ณ ที่มุม 75 องศาจงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (Em) (3คะแนน)

$$e = Em \sin\theta$$

$$Em = \frac{150}{\sin 75^\circ} = \frac{150}{0.966} = 155.28\ V$$

2. จากสมการแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ e =280 sin (4000t) (2คะแนน)

จงคำนวณหาค่า ก) แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ(e) ที่เวลา(t) = 0.015 sec.

ข) ค่าความถี่ไฟฟ้าสลับ(f)

ก) t = 0.002 sec.

$$e = 280\sin(4000 \times 0.015) = 280\sin 60 = 280x(-0.30)$$

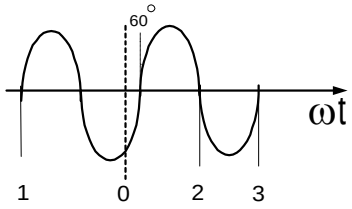
$$e = -85.35\ V$$

ข) $\omega = 2\pi f$

$$f = \frac{4000}{2\pi} = 636.62\ Hz$$

65

3. จากรูปคลื่นจงเขียนสมการแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะในฟังชั่นของไซด์ (sine) ตามตำแหน่งที่กำหนด (3 คะแนน)



ตำแหน่งที่ 1 $e = E_m \sin(\omega t + 300°)$

ตำแหน่งที่ 2 $e = -E_m \sin(\omega t - 240°)$

ตำแหน่งที่ 3 $e = E_m \sin(\omega t - 420°)$

66