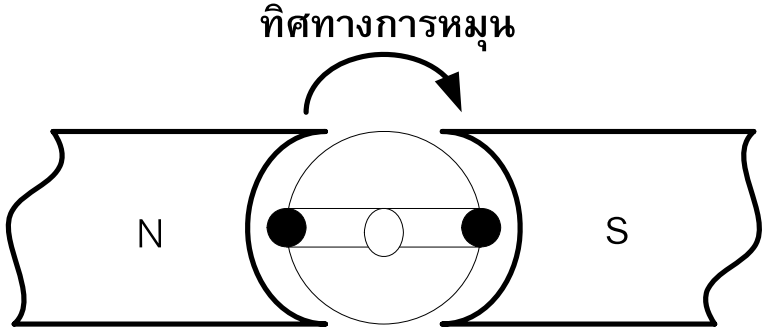
บทที่ 3
วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

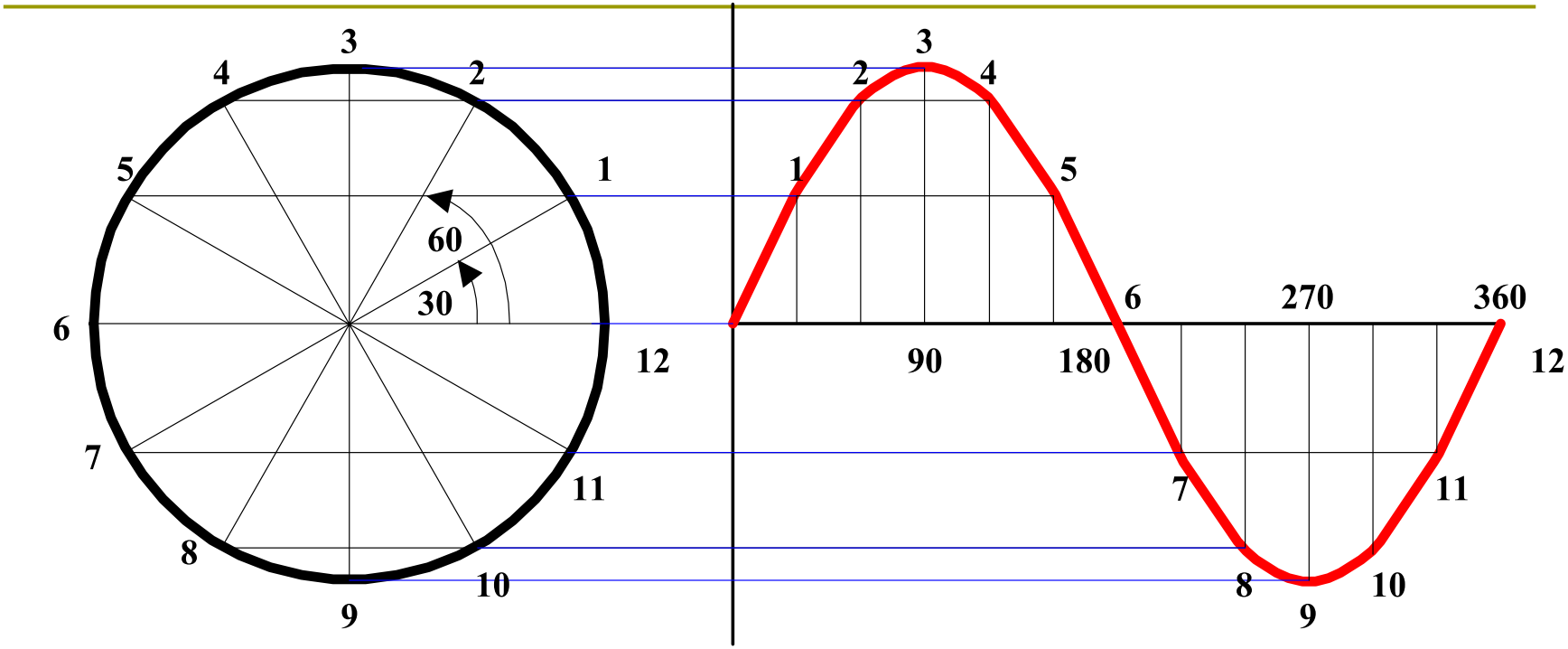
(Alternating Current)

การกำเนิดรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ



รูปที่ 3-1แสดงหลักการทำงานเบื้องต้น

การกำเนิดรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave)



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

รูป 3-3 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับชั่วขณะที่เกิดขึ้นกับรูปคลื่นไซน์ตามมุมการเคลื่อนที่ต่าง ๆ ใน 1 รอบของการหมุน

จากจุด 0 องศา จะมีค่าแรงดันชั่วขณะ $e = Em \sin\theta$

ถ้ากำหนดให้ค่าแรงดันสูงสุด $Em = 1$

หน่วยจะได้ว่า $e0 = 1 (\sin 0^{\circ})$

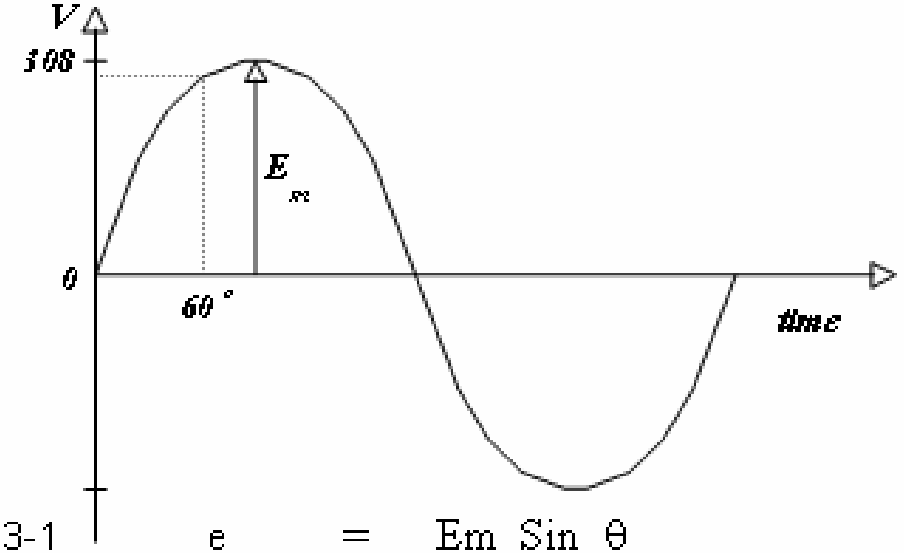
$= 0 \ V$

ที่จุด 1 (30 องศา) $e30 = 1\ (\text{Sin } 30^\circ)$

$= 1\ (0.5)$

$= 0.5\ V$

ตัวอย่าง 3-1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับเครื่องหนึ่งให้แรงดันสูงสุดเท่ากับ 308 โวลท์ ดังรูป จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขณะที่ขดลวดหมุนตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กเป็นมุม 60°



วิธีทำ จากสมการ 3-1 $e = Em \text{ Sin } \theta$

$e = 308\ V\ (\text{Sin } 60^\circ)$

$= 308\ V\ (0.866)$

$= 266.72\ V.$ **ตอบ**

ในทำนองเดียวกันเมื่อจะคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าชั่วขณะที่ไหลในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับก็สามารถหาได้จากสมการ **3-2**

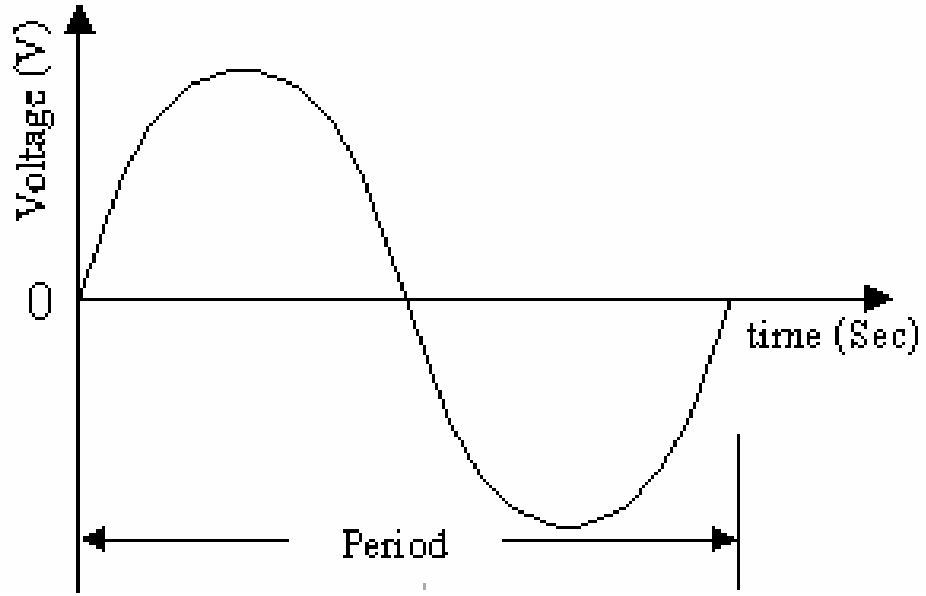
$$i = Im \ Sin \ \theta$$

เมื่อ i คือค่ากระแสไฟฟ้าสลับชั่วขณะที่มุม θ ใด ๆ

Im คือค่ากระแสไฟฟ้าสูงสุดในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับนั้น

θ คือ มุมมีหน่วยเป็น องศา(degree)

***คาบเวลา (Time Period ตัวย่อ T)* หมายถึง *ระยะเวลาเป็นวินาทีที่ทำให้รูปคลื่นไซน์เกิดอย่างสมบูรณ์ 1 ไซเกิล* จากรูป 3-2 จะเห็นว่าที่ความถี่ 1 เฮิร์ตซ์ นั้น จะมีคาบเวลา (T) เท่ากับ 1 วินาที นั่นคือสมการ 3-4**



$$\text{คาบเวลา } (T) = \frac{\text{วินาที (Second)}}{\text{จำนวนรอบ (Cycle)}} \quad \text{----------} \quad (3\text{-}4)$$

เมื่อพิจารณาสมการที่ 3-3 และ 3-4 จะเห็นว่า T และ f มีความสัมพันธ์กันกล่าวคือ

$$T = 1/f \text{ หรือ } f = 1/T \quad \text{----------} \quad (3\text{-}5)$$

<u>ตัวอย่าง 3-3</u> ถ้ามีรูปคลื่นไซน์ 500 ไซเกิล ใน 1 วินาที รูปคลื่นไซน์นี้จะมีคาบเวลาเท่าไร

วิธีทำ

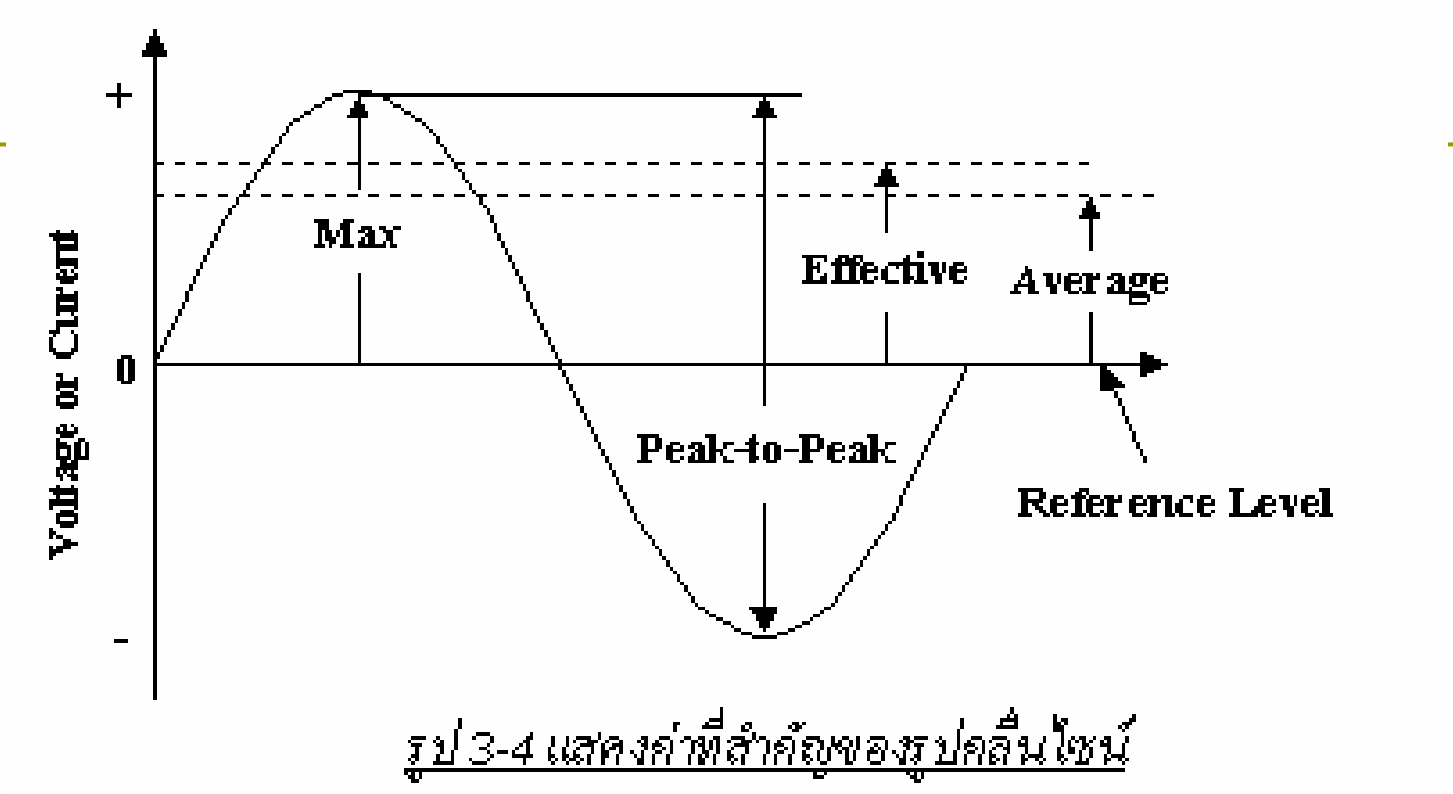
$$f = \frac{500 \quad \text{Cycle}}{1 \quad \text{Sec}} = 500 \ \text{Hz}$$

$$\therefore \quad T = \frac{1}{500 \ \text{Hz}}$$

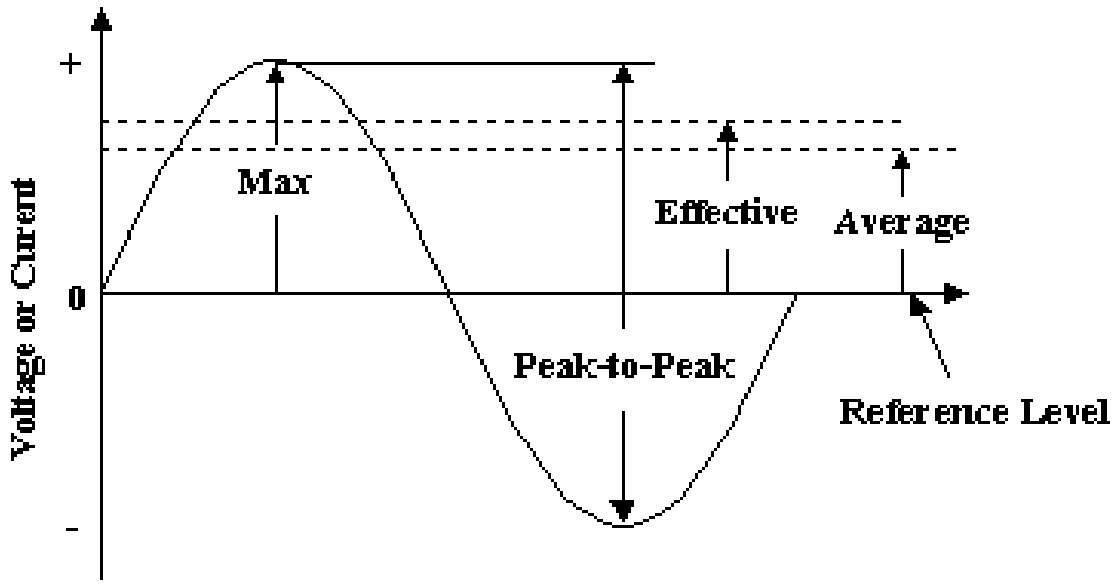
$$= 0.002 \ \text{Sec}$$

หรือ $T = 2 \ \text{mS}$ (milliSec) ***<u>ตอบ</u>***

3.3 ค่าของแรงดันและกระแส



รูป 3-4 แสดงค่าที่สำคัญของรูปคลื่นไซน์

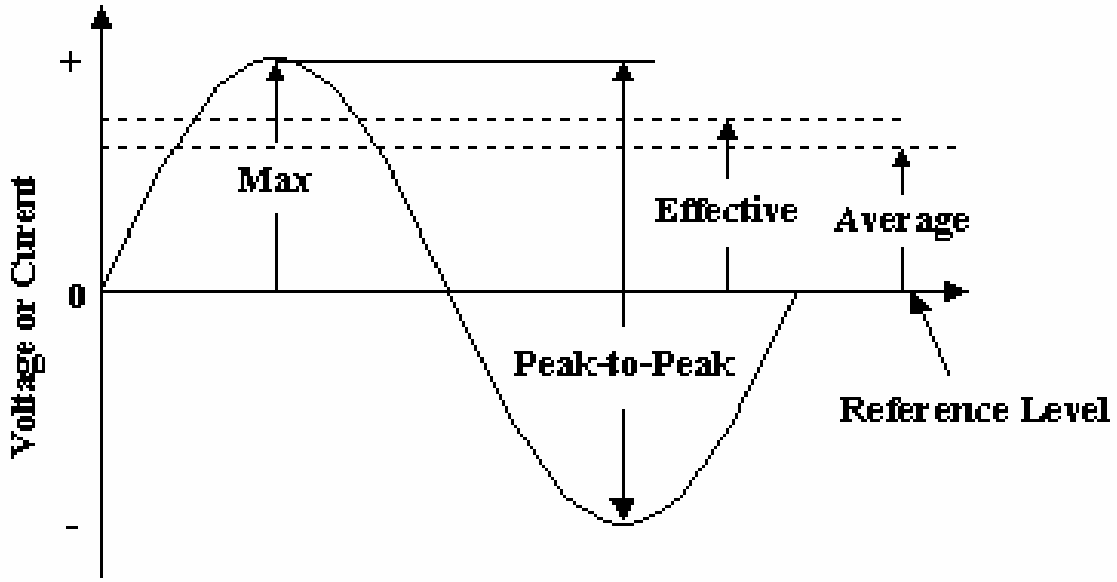


รูป 3-4 แสดงค่าที่สำคัญของรูปคลื่นไซน์

ค่าสูงสุด คือ ขนาดสูงสุดของแรงดันหรือกระแสไฟฟ้าเมื่อวัดจากระดับอ้างอิงจนถึง จุดยอดของรูปคลื่น เมื่อพิจารณาจากสมการแรงดันชั่วขณะ คือ $e = Em \sin \theta$ จะเห็นว่าค่าสูงสุดจะเกิดได้เมื่อขดลวดตัวนำทำมุม $\theta = 90^\circ$ กับเส้นแรงแม่เหล็ก ดังนี้

$$e = Em \sin 90 = Em$$

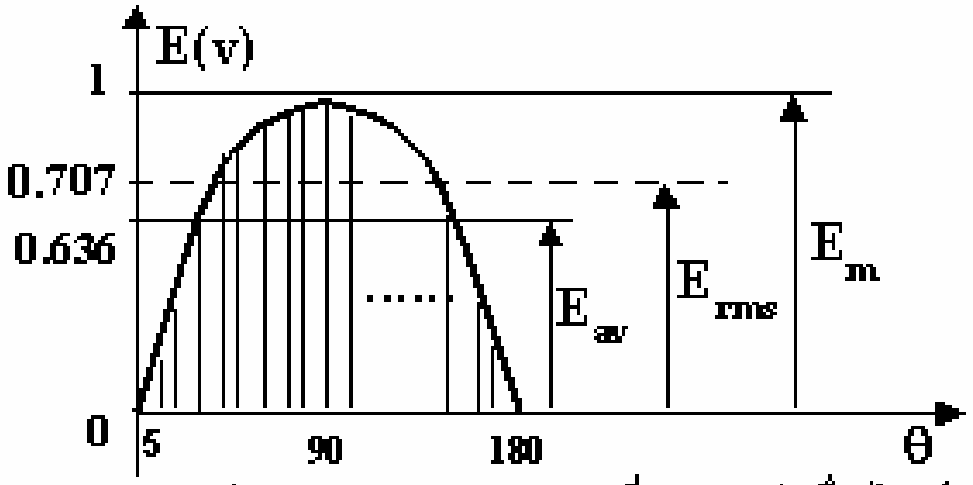
$$\therefore \quad e = Em$$



รูป 3-4 แสดงค่าที่สำคัญของรูปคลื่นไซน์

ค่ายอดถึงยอด จากรูป **3-4** คือ ค่าที่วัดจากมุมยอดของรูปคลื่นไซน์ด้านบวกจนถึงจุดยอด*ของรูปคลื่นไซน์ด้านลบ* นั่นคือค่ายอดถึงยอดเท่ากับ **2** เท่าของค่าสูงสุด

ค่าเฉลี่ย คือ ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์นั้นเราจะพิจารณาเฉพาะด้านใดด้านหนึ่ง คือด้านบวกหรือลบเพียงด้านเดียว เพราะถ้าพิจารณาทั้งไซเกิลจะได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ ดังนั้น ค่าเฉลี่ยจึงเป็นการประมาณทางไฟตรง พิจารณาตั้งแต่ **0°** ถึง **180°**



รูป 3-5 แสดงการหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์

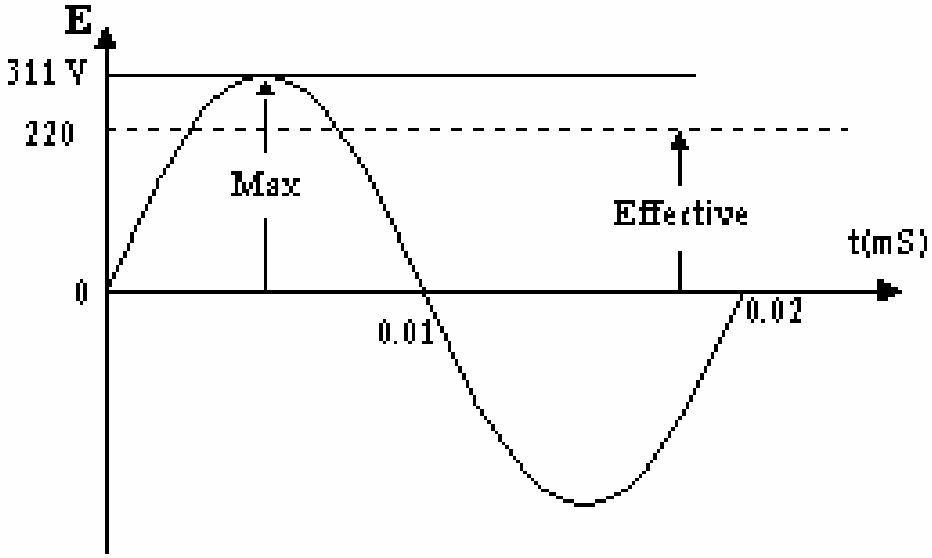
สรุปเป็นสูตรหาค่าแรงดันเฉลี่ยรูปคลื่นไซน์ได้ดังสมการ 3-6

$$E_{AV} = 0.636\ Em$$

$$V_{AV} = 0.636\ Vm$$

$$I_{AV} = 0.636\ Im$$

ค่าแรงดันใช้งาน (Effective Voltage) คือ ค่าที่เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าสามารถวัดออกมาได้ ปกติเมื่อนำมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับไปวัดแรงดันไฟฟ้าตามบ้านจะอ่านค่าได้ 220 V ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้า 220 V นี้ไม่ใช่ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับสูงสุดและไม่ใช่ค่าเฉลี่ยของแรงดันด้วย แต่ค่าดังกล่าวนี้จะมีค่าเท่ากับ 0.707 เท่าของแรงดันสูงสุดดังรูป 3-6



รูป 3-6 แสดงรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้าที่วัดค่าได้ 220 V

ค่าแรงดันใช้งานนี้สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$E = 0.707\ Em \quad \text{---------- (3-8)}$$

ค่าแรงดันใช้งาน E = 0.707 เท่าของ Em นั่นคือเมื่อวัดค่าแรงดันไฟสลับใช้งานได้ 220 V ค่าแรงดันสูงสุดจะเท่ากับ 311.1 V ดังสมการต่อไปนี้

$$220\ V = 0.707\ Em$$

$$E_m = \frac{120\ V}{0.707} = 311.1\ V$$

ค่าใช้งานหรือ Effective Value เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Root Mean Square (RMS) เนื่องจากว่าค่าของมันเป็นผลมาจากการหาค่าสูงสุดกับรากที่ 2 เราอาจเขียนเป็น E_{rms} แต่ที่นิยมเขียน แรงดัน RMS นี้ในรูป E เท่านั้น

<u>ความเร็วเชิงมุม</u> (Angular Velocity หรือ ω (โอเมก้า)
หมายถึง จำนวนมุม(ในหน่วย เรเดียน) ที่รัศมีของวงกลมหมุน
ผ่านไปต่อ 1 วินาที ดังสมการ 3-11

$$\text{ความเร็วเชิงมุม } (\omega) = \frac{\text{จำนวนมุมที่วัด(เรเดียน)}}{\text{เวลา(นาที)}}$$

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

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)**

ถ้ากำหนดให้ $\theta = \omega . t$

และ $\omega = 2\pi . f.t$

ω = ความเร็วเชิงมุมมีหน่วยเป็นเรเดียน (radian)

f = ความถี่ของไฟฟ้ากระแสสลับมีหน่วยเป็นไซเกิลต่อวินาที (Hertz,Hz)

t = เวลามีหน่วยเป็นวินาที (second)

ตัวอย่างที่3-2 กำหนดให้สมการชั่วขณะของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ $e = 300\sin 314t$ V

จงคำนวณหาค่า ก. ความถี่ไฟฟ้ากระสลับ

ข. ค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่เวลา $t = 0.001$ วินาที

วิธีทำ ก) จากสูตร $\omega = 2\pi f.t$

เมื่อ $\omega = 314\,t$

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

ข) จากสมการ $e = 300\sin 314t$ V

แทนค่าเวลา $t = 0.001$ sec. จะได้

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

$e = 300 \times 0.3088$ V

$e = 92.64$ V

ตัวอย่าง 3- 4 คลื่นรูปไซน์ความถี่ 200 Hz จงหาความเร็วเชิงมุม

วิธีทำ

$$\omega = 2\pi f$$

$$= 2\,(3.14)(200)$$

$$= 1256 \text{ Rad / Sec}$$ ***ตอบ***

1 เรเดียน	$= 57.3^{\circ}$
1 องศา	$= 0.01746$ เรเดียน

เมื่อเราทราบค่า ω หรือทราบค่าความถี่ของแรงดันไฟฟ้าสลับ เราสามารถคำนวณหาแรงดันและกระแสไฟฟ้าชั่วขณะในช่วงเวลาใดๆ ก็ได้ดังสมการต่อไปนี้

$$e = Em \ Sin(\omega t) = Em \ Sin(2\pi ft)$$
$$i = Im \ Sin(\omega t) = Im \ Sin(2\pi ft) \quad \text{---------- (3-12)}$$

ตัวอย่าง 3-5 กระแสไฟฟ้าสลับรูปไซน์ มีค่ากระแสสูงสุด *100 A* มีความถี่ *50 Hz* จงหา ก. เขียนสมการทั่วไปของกระแสไฟฟ้าชั่วขณะ

ข. ค่ากระแสไฟฟ้าชั่วขณะเมื่อเวลาผ่านไป 1 / 360 วินาที

ค. ค่าเวลาที่ทำให้เกิดค่ากระแสชั่วขณะ *86 A*

วิธีทำ ก. สมการทั่วไปคือ $i = Im \ Sin(\omega t)$

$= 100 \ Sin(2\pi t \times 50 \ Hz)$

$= 100 \ Sin(100\pi t)$

ข. ค่ากระแสชั่วขณะ $i = 100 \ Sin(100 \times \pi \times 1/360)$

$= 100 \ Sin(0.8726 \ Rad)$

$i = 76.6 \ A$

ค. หาค่า t เมื่อ $i = 86\ A$

แทนค่าในสมการ $i = 100 \sin(100\pi t)$

$$86\ A = 100 \sin(100 \times 180^{\circ})\, t$$

$$86 / 100 = \sin(18000)\, t$$

แต่ $0.86 = \sin 59.3^{\circ}$

$\therefore \sin(18000)\, t = \sin 59.3^{\circ}$

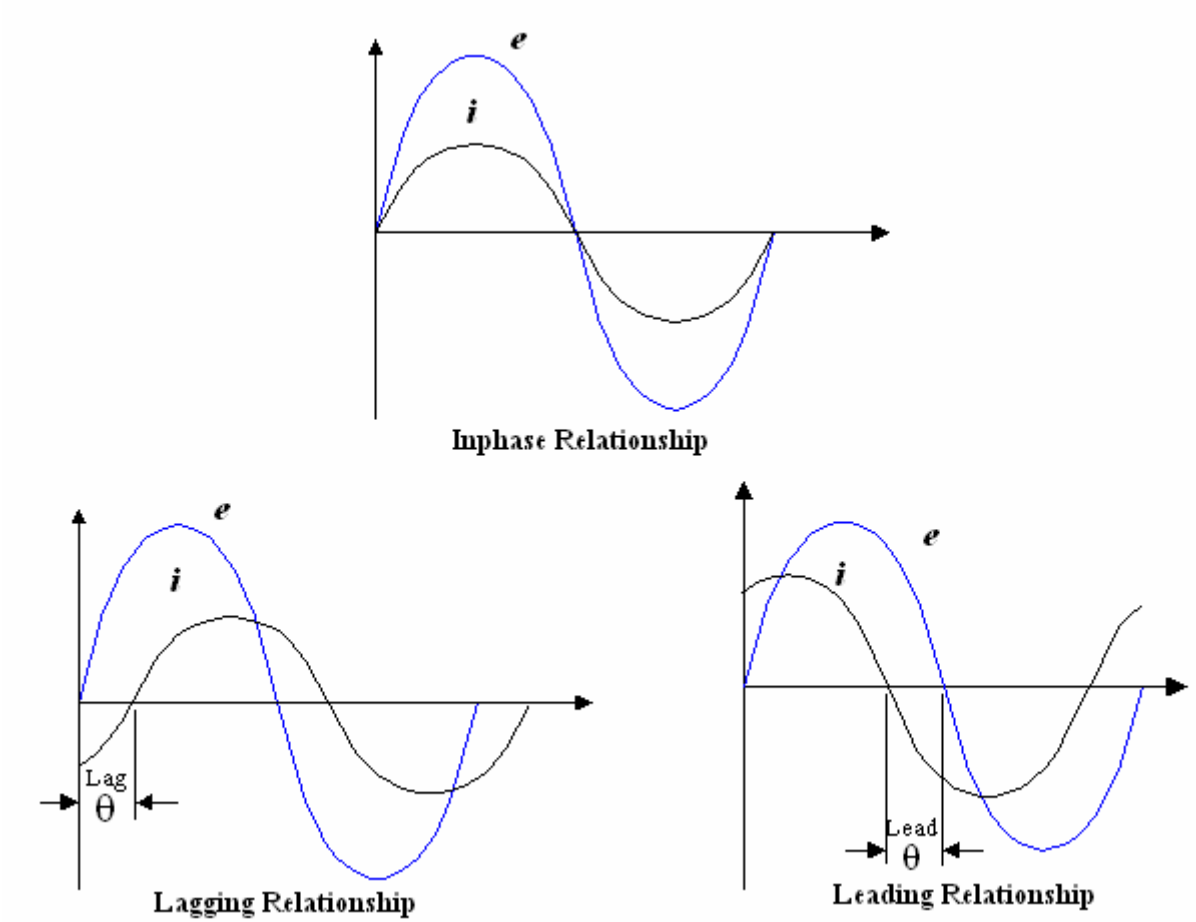
$$(18000)\, t = 59.3^{\circ}$$

$$t = \frac{59.3}{18000}$$

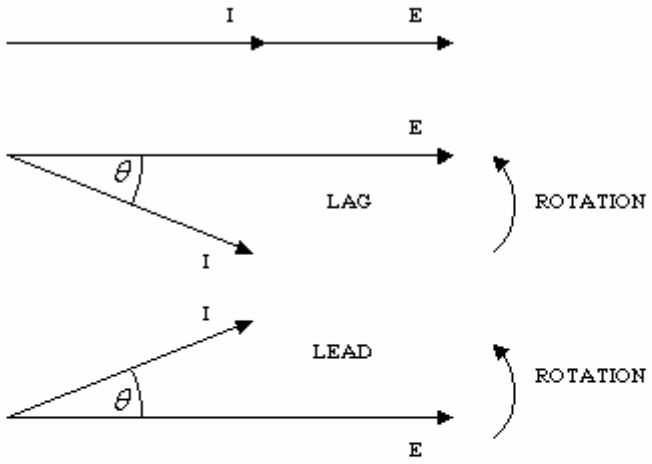
$$= 3.29\ mS$$ **ตอบ**

เฟสและเฟสเซอร์

เฟส (Phase) คือ ความแตกต่างระหว่างจุด 2 จุดในแกนเวลาของกราฟแสดงสัญญาณแรงดันหรือกระแส ซึ่งจำนวนของความแตกต่างบนแกนเวลานี้นับเป็นองศา



เฟสเซอร์ *(Phasers)* เป็นเวคเตอร์ที่ใช้เขียนขนาดและทิศทางซึ่งแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของมุมต่างเฟสระหว่างกระแสและแรงดัน โดยเขียนเฟสเซอร์อ้างอิงเป็นเฟสเซอร์ของแรงดัน e ให้มีขนาดเท่ากับ E โดยอยู่ในแกนมุม $\theta = 0^\circ$ จากรูป 3-10 (ก) เป็นการ *In-Phase* ของกระแสและแรงดัน คือ ทั้ง e และ i เริ่มพร้อมกันที่มุม $\theta = 0^\circ$ เขียนเป็นเฟสเซอร์ได้ดังรูป 3-11 (ก)



รูป 3-8 (ก) เฟสเซอร์ของรูป 3-8 (ก) เมื่อ i และ e In-phase กัน

(ข) เฟสเซอร์ของรูป 3-8 (ข) เมื่อ i ล้าหลัง e เป็นมุม θ

(ค) เฟสเซอร์ของรูป 3-8 (ค) เมื่อ i นำหน้า e เป็นมุม θ