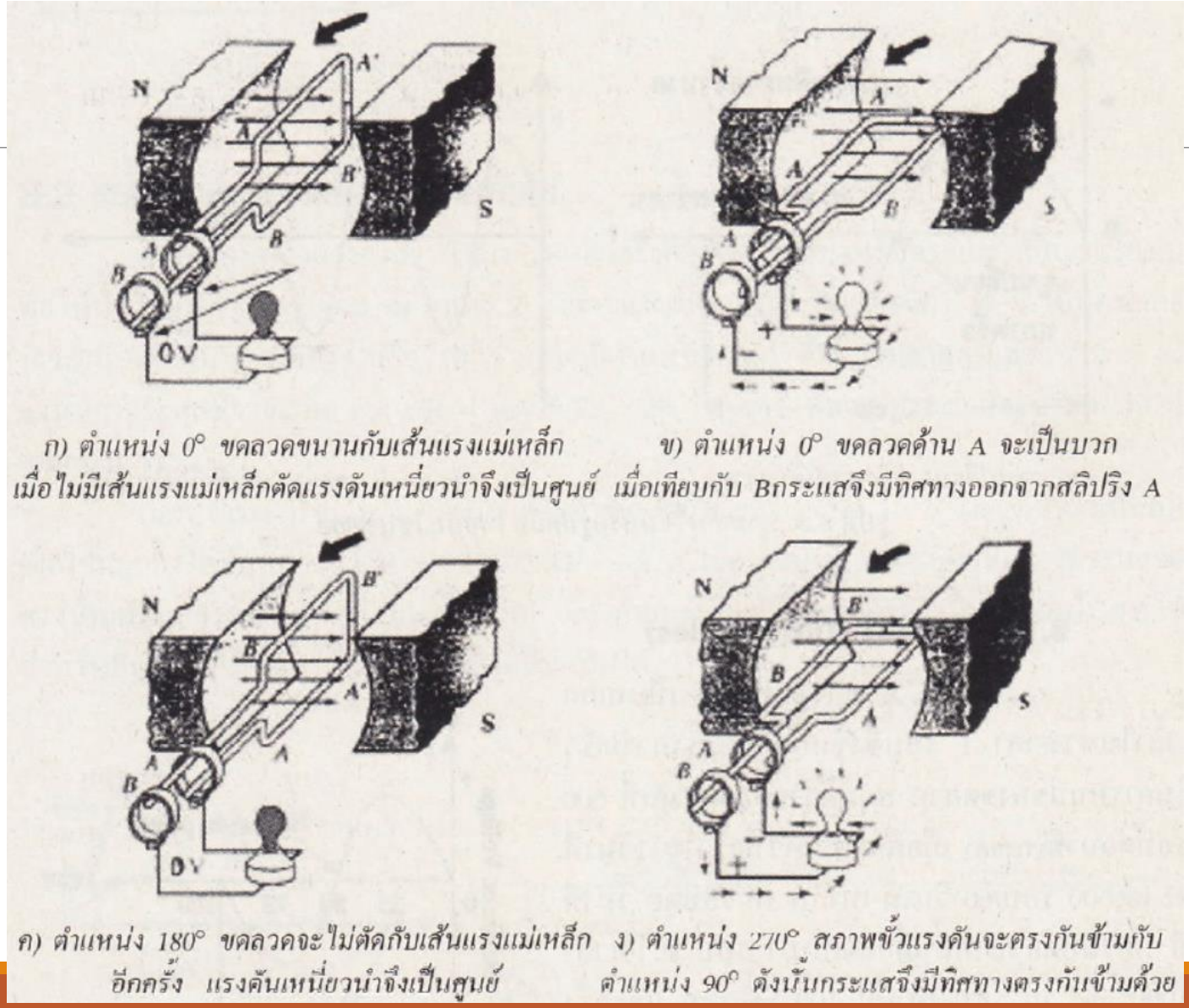
# ไฟฟ้ากระแสสลับ

# 1. หลักการเกิดไฟฟ้ากระแสสลับ




ก) ตำแหน่ง 0° ขดลวดขนานกับเส้นแรงแม่เหล็ก เมื่อไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กตัดแรงดันเหนี่ยวนำจึงเป็นศูนย์

ข) ตำแหน่ง 0° ขดลวดด้าน A จะเป็นบวก เมื่อเทียบกับ Bกระแสจึงมีทิศทางออกจากสลิปริง A

ค) ตำแหน่ง 180° ขดลวดจะไม่ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก อีกครั้ง แรงดันเหนี่ยวนำจึงเป็นศูนย์

ง) ตำแหน่ง 270° สภาพขั้วแรงดันจะตรงกันข้ามกับตำแหน่ง 90° ดังนั้นกระแสจึงมีทิศทางตรงกันข้ามด้วย

เมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำนั้น

เมื่อตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็กครบ 1 รอบ ระยะทางเชิงมุมจะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 0 องศา จนถึง 360 องศา หรือจาก 0 ถึง $2\pi$ เรเดียน

ค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงตามสมการ

$$e = V_m \sin \theta$$

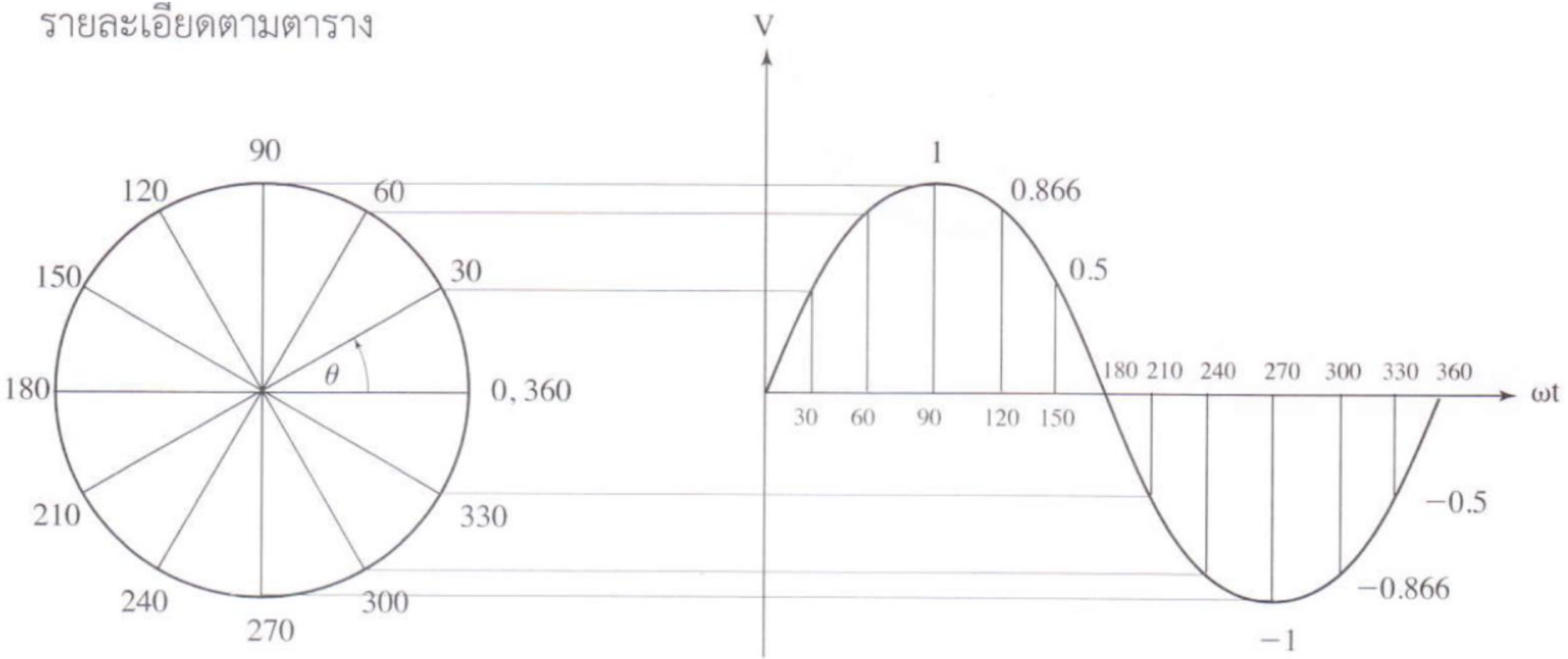
$e$ = แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

$V_m$ = แรงดันไฟฟ้าสูงสุดของไฟฟ้ากระแสสลับ มีทั้งค่าบวกและค่าลบ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

$\theta$ = มุมที่ตัวนำเคลื่อนที่ไป หรือมุมของรูปคลื่น มีหน่วยเป็นองศา หรือพายเรเดียน ($\pi$ rad)

แสดงหลักการเกิดรูปคลื่นไซน์

รายละเอียดตามตาราง



| มุม $\theta$ (องศา) | มุม $\pi$ rad (พายเรเดียน) | $\sin\theta$ |
|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 |
| 30 | $\frac{\pi}{6}$ | 0.5 |
| 60 | $\frac{\pi}{3}$ | 0.866 |
| 90 | $\frac{\pi}{2}$ | 1 |
| 120 | $\frac{2\pi}{3}$ | 0.866 |

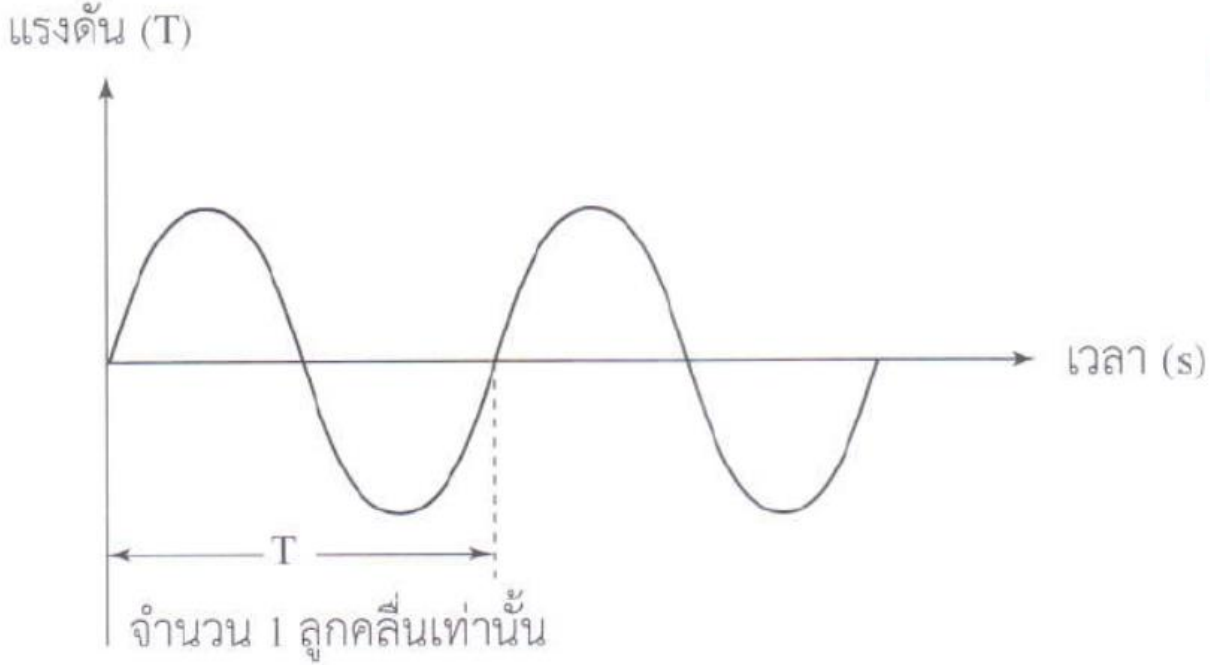
| มุม $\theta$ (องศา) | มุม $\pi$ rad (พายเรเดียน) | $\sin\theta$ |
|---|---|---|
| 150 | $\frac{5\pi}{6}$ | 0.5 |
| 180 | $\pi$ | 0 |
| 210 | $\frac{7\pi}{6}$ | $-0.5$ |
| 240 | $\frac{4\pi}{3}$ | $-0.866$ |
| 270 | $\frac{3\pi}{2}$ | $-1$ |

| มุม $\theta$ (องศา) | มุม $\pi$ rad (พายเรเดียน) | $\sin\theta$ |
|---|---|---|
| 300 | $\frac{5\pi}{3}$ | $-0.866$ |
| 330 | $\frac{11\pi}{3}$ | $-0.5$ |
| 360 | $2\pi$ | 0 |

# 2. ค่าต่าง ๆ ของรูปคลื่นไซน์

# 2.1 คาบเวลาและความถี่

**คาบเวลา (Period; T)** คือ ระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของคลื่นครบ 1 รอบ หรือไซเคิล (Cycle) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า 1 ลูก มีหน่วยเป็นวินาที (Second; s)

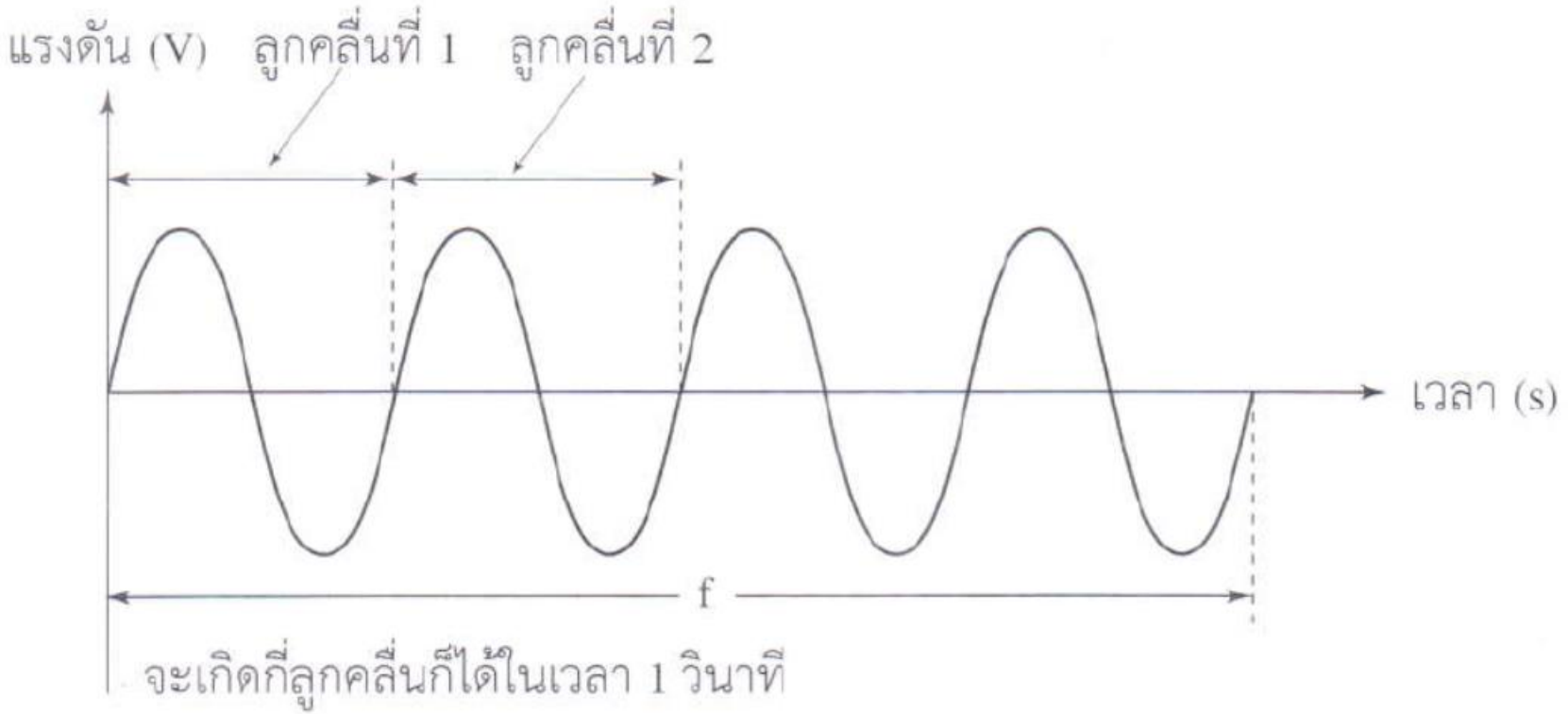



**ความถี่ (Frequency; f)**

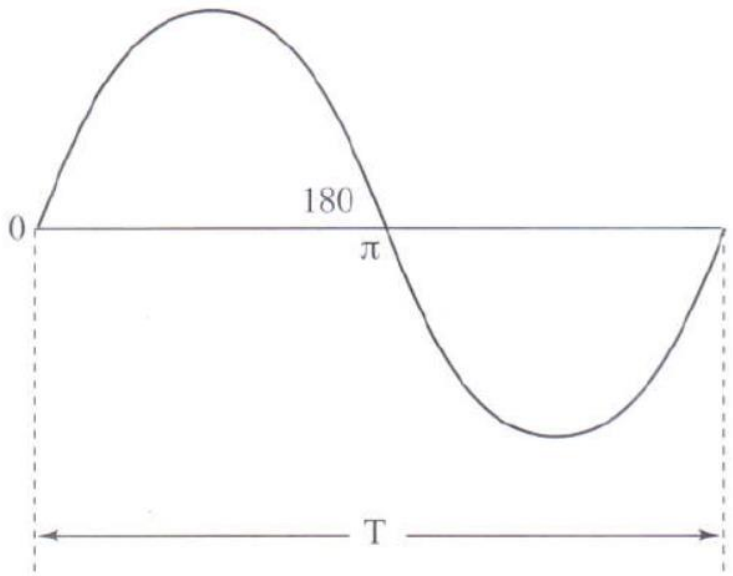
คือ จำนวนรอบหรือจำนวนลูกคลื่นที่เกิดขึ้นใน 1 วินาที มีหน่วยเป็นรอบ ต่อวินาที (Cycle/Second) หรือเฮิรตซ์ (Hertz; Hz)

$$\text{ความถี่ (f)} = \frac{1}{T}$$

$$\text{และ คาบเวลา (T)} = \frac{1}{f}$$


แรงดัน (V)
ลูกคลื่นที่ 1
ลูกคลื่นที่ 2
เวลา (s)
f
จะเกิดกี่ลูกคลื่นก็ได้ในเวลา 1 วินาที

# 2.2 ความเร็วเชิงมุม




360 → มุม $\theta$

$2\pi$ → ความเร็วเชิงมุม $\omega$

**ความเร็วเชิงมุม (Angular Velocity)**

ใช้สัญลักษณ์ $\omega$ (Omega)

คือ อัตราการเปลี่ยนมุม ($\theta$) ของรูปคลื่นต่อเวลา (t)

มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที (Radian/Second หรือ rad/s)

ถ้ารูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงจาก 0 องศา เป็นมุม $\theta$ ใช้เวลา t วินาที นั่นคือ

$$\omega = \frac{\theta}{t} \qquad \omega = \frac{2\pi}{t} \qquad \omega = 2\pi f$$

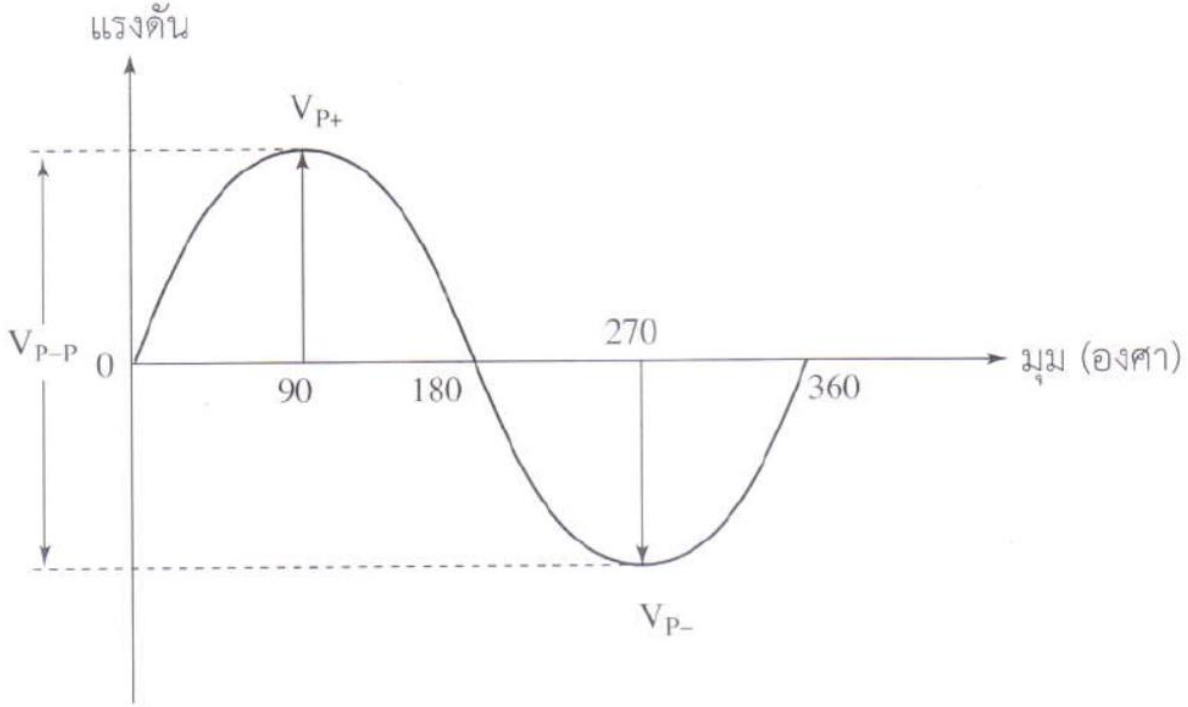
เมื่อ $\theta$ = มุมของรูปคลื่น มีหน่วยเป็นเรเดียน (rad)

t = เวลา มีหน่วยเป็นวินาที (s)

$\omega$ = ความเร็วเชิงมุม มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที (rad/s)

# 2.3 ค่าสูงสุดและค่าพีคทูพีค

**ค่าสูงสุด (Peak Value; $V_P$)** หรือ **Maximum Value** คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่อยู่ตำแหน่งสูงสุดของรูปคลื่น นิยมเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ค่ายอดคลื่น ในหนึ่งลูกคลื่นจะมีค่ายอดคลื่น 2 ค่า คือ ค่าสูงสุดทางบวกหรือพีคบวก ($V_{P+}$) อยู่ที่มุม 90 องศา และค่าสูงสุดทางลบหรือพีคลบ ($V_{P-}$) อยู่ที่มุม 270 องศา ค่าแรงดันสูงสุดเขียนแทนด้วย $V_p$ หรือ $V_m$ และค่ากระแสสูงสุดเขียนแทนด้วย $I_P$ หรือ $I_m$




**ค่าพีคทูพีค (Peak to Peak Value; $V_{P-P}$)** คือ ค่าที่วัดจากยอดคลื่นด้านบวกจนถึงยอดคลื่นด้านลบหรือมีค่าเป็นสองเท่าของค่าสูงสุด

$$V_{P-P} = 2V_P$$

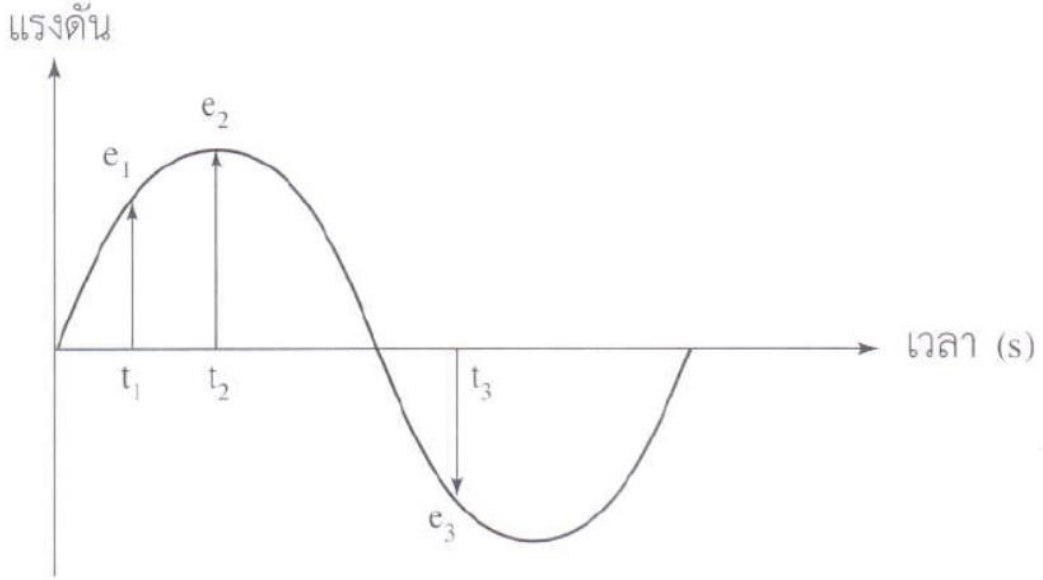
## 2.4 ค่าชั่วขณะ

**ค่าชั่วขณะ (Instantaneous Value; e)** ค่าชั่วขณะของแรงดันไฟฟ้าจะเขียนด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็ก คือ ตัว e หมายถึง ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่พิจารณาในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของรูปคลื่น ในกรณีของรูปคลื่นไซน์ เขียนเป็นสมการดังนี้

$$e = V_m \sin \omega t$$

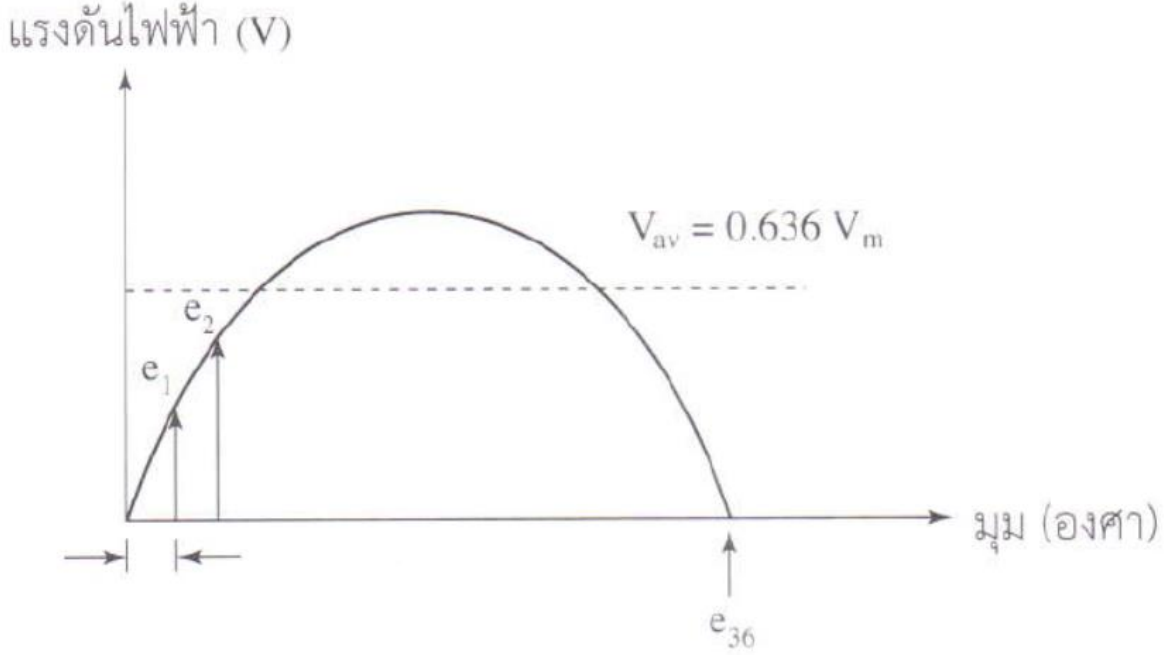
และกระแสไฟฟ้า

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



# 2.5 ค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ย (Average Value) คือ ค่าที่ได้จากผลรวมค่าชั่วขณะทุกค่าหารด้วยจำนวนครั้ง




$$V_{av} = \frac{e_1 + e_2 + e_3 + \ldots e_{36}}{36}$$

$$V_{av} = 0.636\ V_m$$

## 2.6 ค่าอาร์ เอ็ม เอส

ค่าอาร์ เอ็ม เอส (Root Mean Square; rms) หรือที่เรียกว่า ค่าประสิทธิผล (Effective) คือ ค่าที่อ่าน ได้จากเครื่องมือวัด เช่น แอมมิเตอร์ หรือโวลต์มิเตอร์

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

$$V_{rms} = 0.707\ E_m$$

## 2.7 ฟอร์มแฟกเตอร์

ฟอร์มแฟกเตอร์ (Form Factor; $K_f$) คือ อัตราส่วนระหว่างค่าอาร์ เอ็ม เอส หารด้วยค่าเฉลี่ย โดยจะมีค่าแตกต่างกันไปตามลักษณะของสัญญาณ ฟอร์มแฟกเตอร์ของสัญญาณรูปคลื่นไซน์จะมีค่าเท่ากับ 1.11

$$K_f = \frac{\text{ค่าอาร์ เอ็ม เอส}}{\text{ค่าเฉลี่ย}}$$

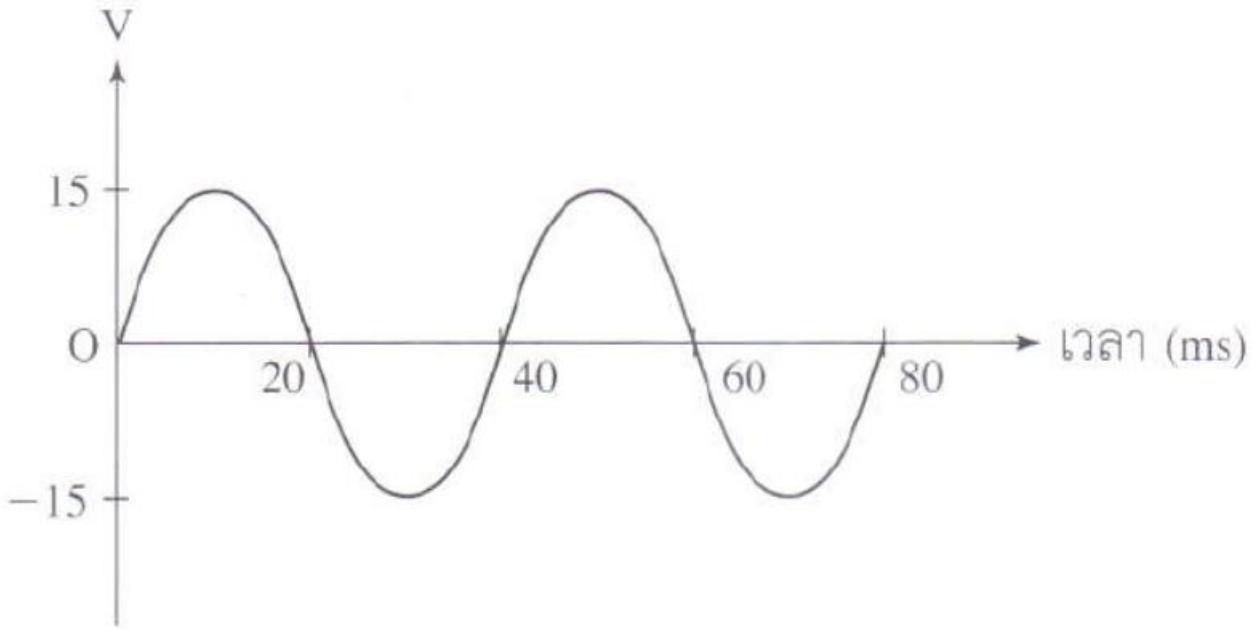
รูปคลื่นไซน์

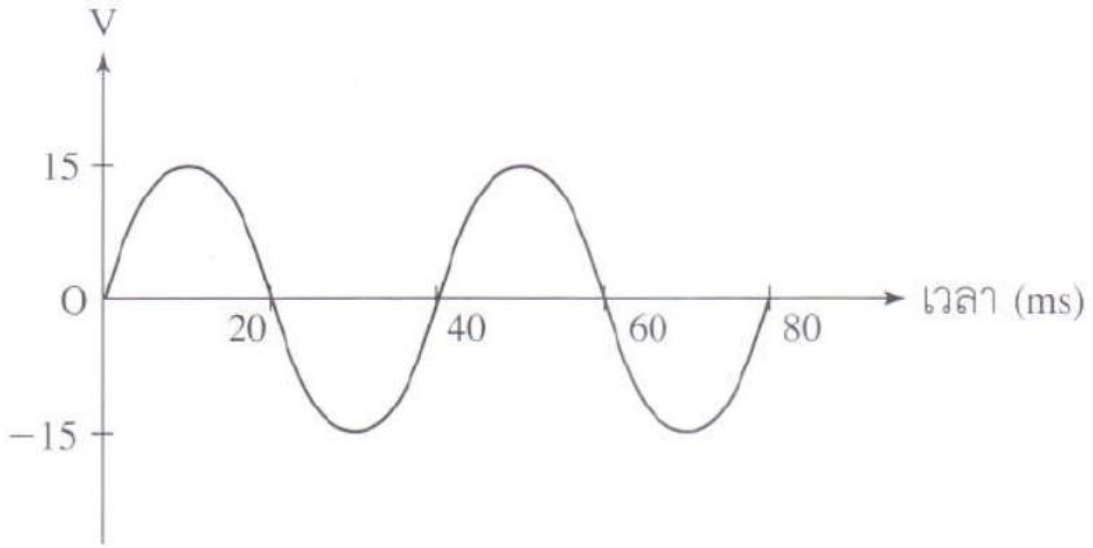
$$K_f = \frac{0.707V_m}{0.636V_m}$$

$$K_f = 1.11$$

**ตัวอย่างที่ 1.1** รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหา

1. คาบเวลา (T) และความถี่ (f)
2. ค่าสูงสุด ($V_P$) และค่าพีคทูพีค ($V_{P-P}$)
3. ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เวลา 20 ms และ 50 ms






1. คาบเวลา

$$T = 40 \text{ ms}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{40 \times 10^{-3}}$$

$$f = 25 \text{ Hz}$$

2. $V_{P+} = 15 \text{ V}$

$V_{P-} = -15 \text{ V}$

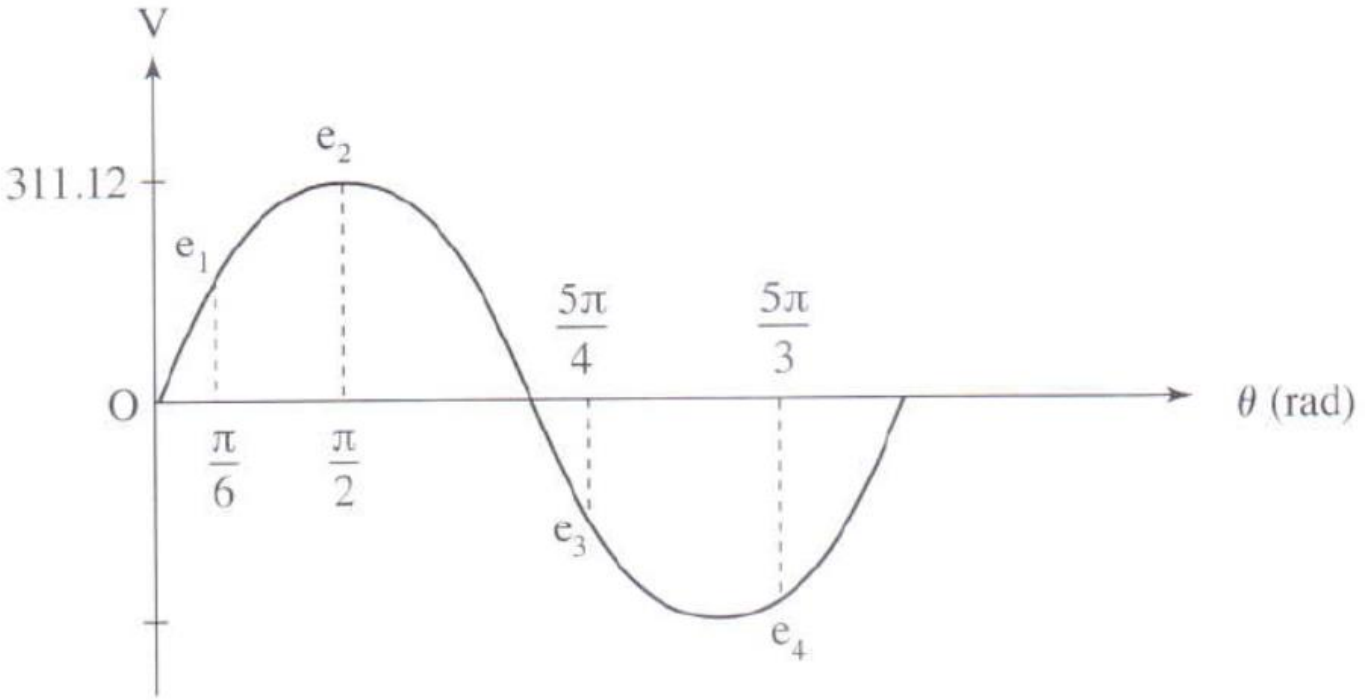
$V_{P-P} = 2V_P$

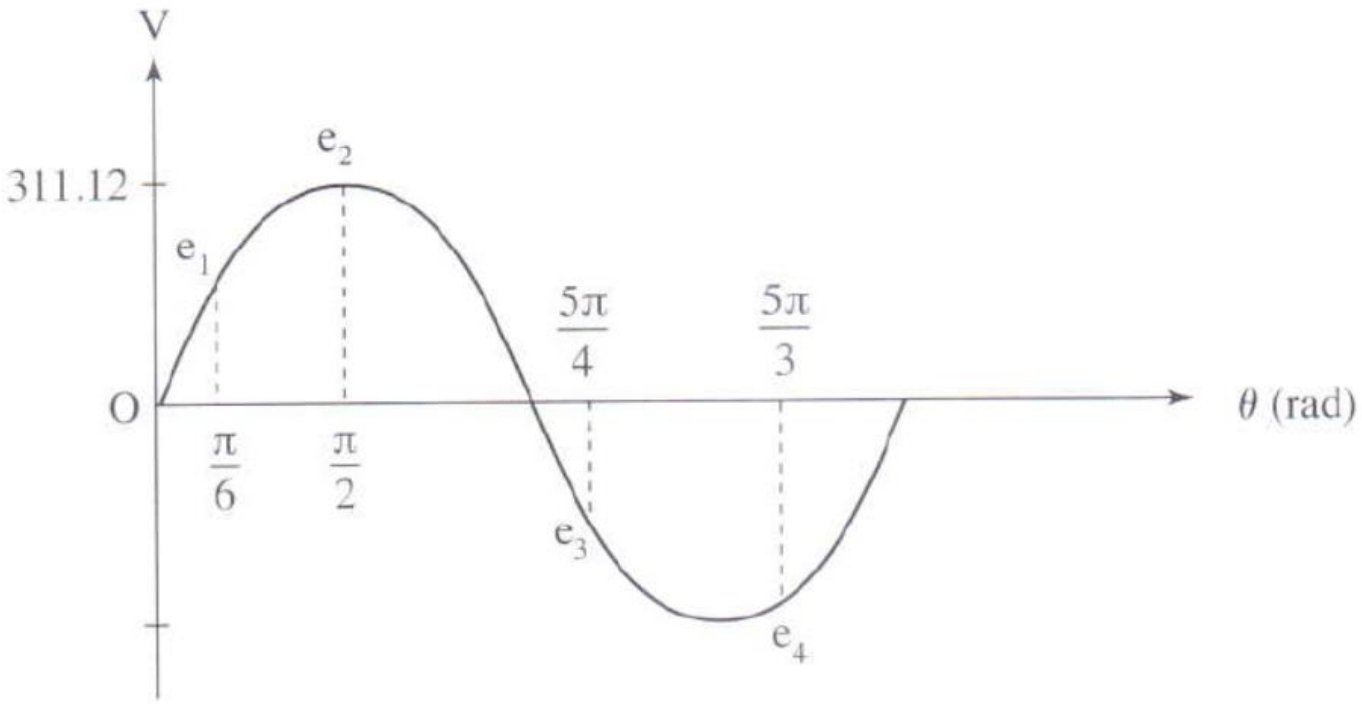
3. ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เวลา 20 ms = 0 V

ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เวลา 50 ms = +15 V

ตัวอย่างที่ 1.2 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่มุมต่างๆ ต่อไปนี้

1. $\frac{\pi}{6}$ 2. $\frac{\pi}{2}$ 3. $\frac{5\pi}{4}$ 4. $\frac{5\pi}{3}$






1. $\frac{\pi}{6}$ เรเดียนเท่ากับ 30 องศา

$e_1 = V_m \sin\theta = 311.12 \sin 30°$

$e_1 = 155.56$ V

2. $\frac{\pi}{2}$ เรเดียนเท่ากับ 90 องศา

$e_2 = 311.12 \sin 90°$

$e_2 =$

3. $\frac{5\pi}{4}$ เรเดียนเท่ากับ 225 องศา

$e_3 = 311.12 \sin 225°$

$e_3 =$

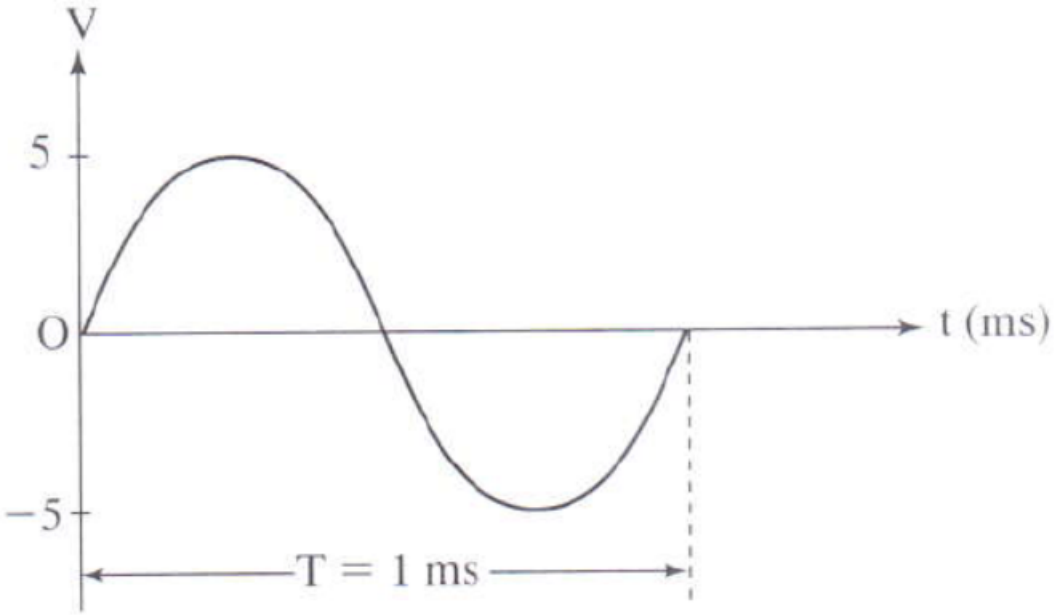
4. $\frac{5\pi}{3}$ เรเดียนเท่ากับ 300 องศา

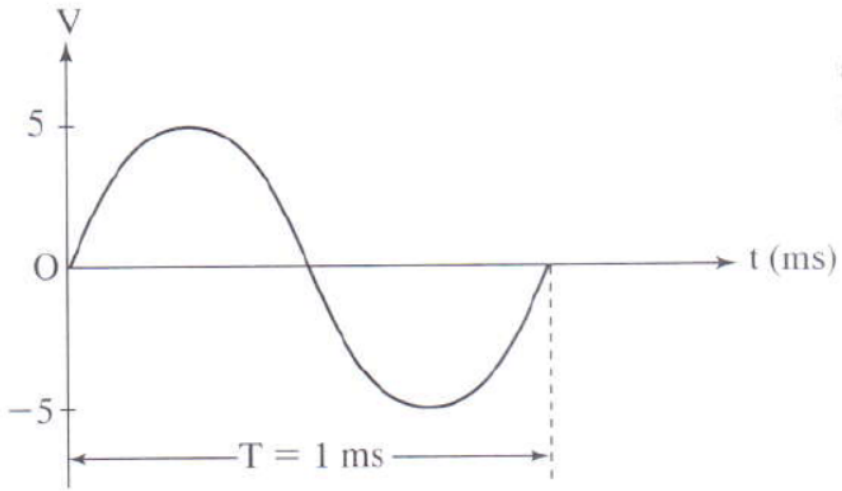
$e_4 =$

$e_4 =$

**ตัวอย่างที่ 1.3** รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่เวลาต่างๆ ดังนี้

1. 100 $\mu$s
2. 40 ms
3. 53.25 ms
4. ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยและค่าแรงดันไฟฟ้าอาร์ เอ็ม เอส
5. ฟอร์มแฟกเตอร์






รูปคลื่นมีความถี่ $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 \times 10^{-3}} = 1{,}000$ Hz

1. เปลี่ยนเวลา 100 $\mu$s เท่ากับ 0.1 ms หรือ $0.1 \times 10^{-3}$ s

$$e = V_m \sin \omega t = V_m \sin 2\pi ft$$

ค่า $\omega t$ มีค่าหน่วยเป็นเรเดียน ต้องแปลงเป็นองศา ดังนี้

$$e = 5 \sin (2 \times 3.14 \times 1{,}000 \times 0.1 \times 10^{-3})$$

$$e = 5 \sin 0.628 \text{ เรเดียน}$$

$2\pi$ เรเดียน = 360 องศา

$$0.628 \text{ เรเดียน} = \frac{360 \times 0.628}{2\pi} = 36 \text{ องศา}$$

$$e = 5 \sin 36^\circ = 2.94 \text{ V}$$

2. 40 ms

$e = V_m \sin \omega t = V_m \sin 2\pi ft$

$e = 5 \sin (2 \times 3.14 \times 1{,}000 \times 40 \times 10^{-3})$

$= 5 \sin 251.32$ เรเดียน

แต่การเคลื่อนที่ 1 รอบ เท่ากับ $2\pi$ เรเดียน

นั่นคือ เคลื่อนที่ไป $\frac{251.32}{2\pi} = 40$ รอบ

แสดงว่าเคลื่อนที่ตรงรอบจำนวน 40 รอบพอดี หรือมุมเป็นศูนย์

ดังนั้น $e = 5 \sin 0° = 0$ V

3. 53.25 ms

$e = V_m \sin \omega t = V_m \sin 2\pi ft$

$e = 5 \sin (2 \times 3.14 \times 1{,}000 \times 53.25 \times 10^{-3})$

$= 5 \sin 334.58$ เรเดียน

แต่การเคลื่อนที่ 1 รอบ เท่ากับ $2\pi$ เรเดียน

นั่นคือ เคลื่อนที่ไป $\frac{334.58}{2\pi} = 53.25$ รอบ

แต่ 1 รอบ $= 2\pi$ เรเดียน

$0.25$ รอบ $= \frac{2\pi \times 0.25}{1} = 1.57$ เรเดียน

$\therefore e = 5 \sin 1.57$ เรเดียน $= 5 \sin 89.95°$

$= 4.99$ V

$e \approx 5$ V ซึ่งเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ($V_m$) ของรูปคลื่น

4. ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย $= 0.636V_m$

$V_{av} = 0.636 \times 5$

$= 3.18\ V$

ค่าแรงดันไฟฟ้าอาร์ เอ็ม เอส $= 0.707V_m$

$V_{rms} = 0.707 \times 5$

$V_{rms} = 3.535\ V$

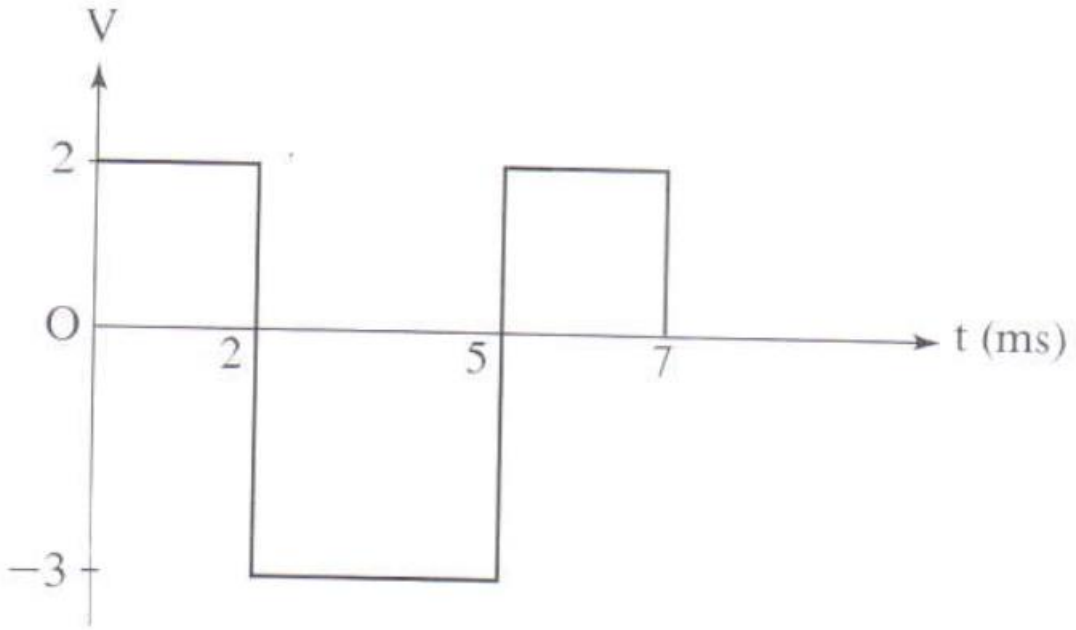
5. ฟอร์มแฟกเตอร์ $= \dfrac{V_{rms}}{V_{av}}$

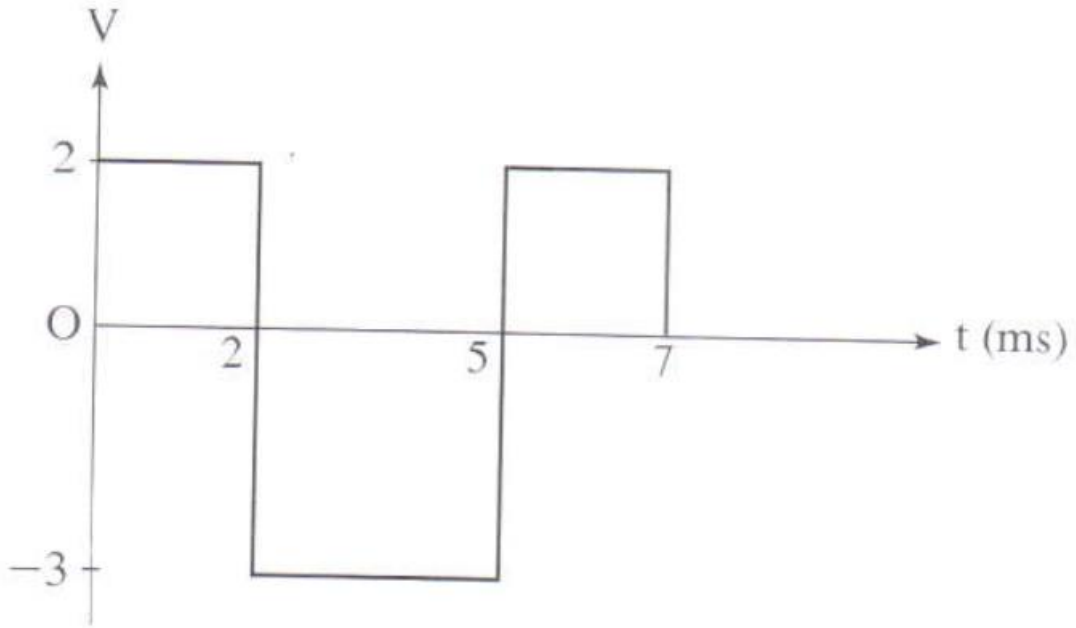
$K_f = \dfrac{3.535\ V}{3.18\ V}$

$K_f = 1.11$

**ตัวอย่างที่ 1.4** รูปคลื่นสี่เหลี่ยมของแรงดันไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหา

1. ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าครึ่งไซเคิลบวกและครึ่งไซเคิลลบ
2. ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าในหนึ่งไซเคิล ($V_{av}$)
3. ค่าอาร์ เอ็ม เอสของแรงดันไฟฟ้า ($V_{rms}$)






1. ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าครึ่งไซเคิลบวก

$$V_{av+} = \frac{\text{พื้นที่ด้านบวก}}{\text{เวลาซีกบวก}}$$

$$V_{av+} = \frac{2\ \text{V} \times 2\ \text{ms}}{2\ \text{ms}} = 2\ \text{V}$$

ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าครึ่งไซเคิลลบ

$$V_{av-} = \frac{\text{พื้นที่ด้านลบ}}{\text{เวลาซีกลบ}}$$

$$= \frac{-3\ \text{V} \times (5-2)\ \text{ms}}{(5-2)\ \text{ms}}$$

$$V_{av-} = \frac{-3\ \text{V} \times 3\ \text{ms}}{3\ \text{ms}} = -3\ \text{V}$$

2. ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าในหนึ่งไซเคิล

$$V_{av} = \frac{\text{พื้นที่ไซเคิลบวกรวมกับพื้นที่ไซเคิลลบ}}{\text{เวลาใน 1 ไซเคิล}}$$

$$= \frac{(2\ \text{V} \times 2\ \text{ms}) + (-3\ \text{V} \times 3\ \text{ms})}{5\ \text{ms}}$$

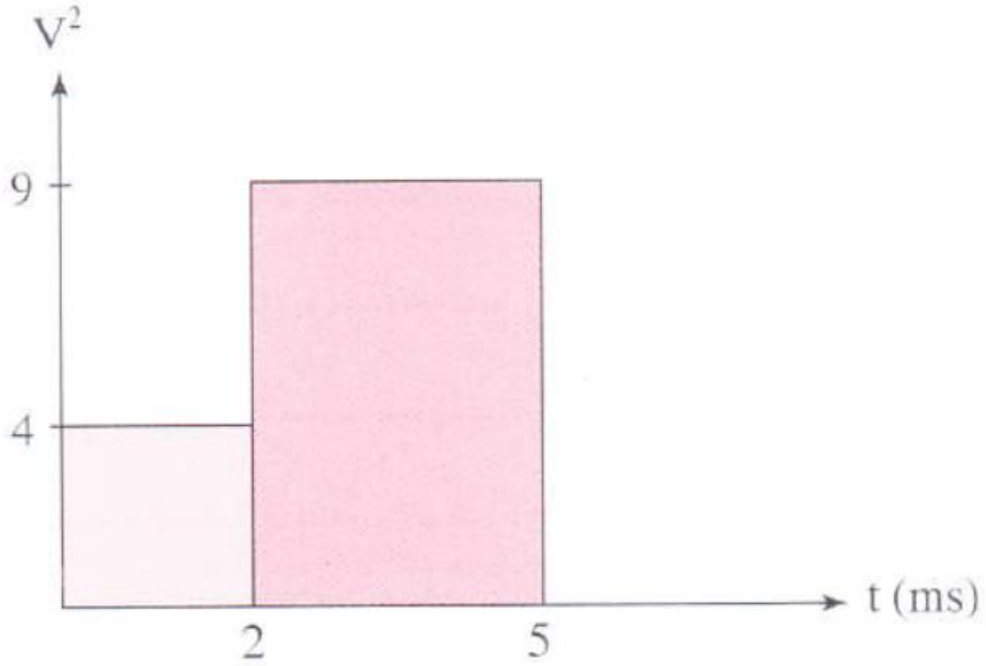
$$= \frac{4\ \text{V} \cdot \text{ms} - 9\ \text{V} \cdot \text{ms}}{5\ \text{ms}}$$

$$V_{av} = -1\ \text{V}$$

3. ค่าอาร์ เอ็ม เอส คำนวณจากการถอดรากที่สองของค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้ายกกำลังสองในหนึ่งไซเคิล นั่นคือ

$$(V_{av+})^2 = (2\ V)^2 = 4\ V^2$$

$$(V_{av-})^2 = (-3\ V)^2 = 9\ V^2$$



ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยในหนึ่งไซเคิลยกกำลังสอง $(V_{av})^2$ มีค่าดังนี้

$$(V_{av}) = \frac{\text{พื้นที่ทั้งหมด}}{\text{เวลาทั้งหมด}}$$

$$= \frac{(4\ V^2 \times 2\ ms) + (9\ V^2 \times 3\ ms)}{5\ ms}$$

$$= \frac{8\ V^2 \cdot ms + 27\ V^2 \cdot ms}{5\ ms}$$

$$(V_{av})^2 = 7\ V^2$$

ดังนั้น $$V_{rms} = \sqrt{7\ V^2} = 2.645\ V$$

# สรุป

พลังงานไฟฟ้ากระแสสลับที่เราใช้ประโยชน์ในทุกวันนี้เกิดขึ้นจากการกำเนิดแรงดันไฟฟ้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) ประกอบด้วยค่าสูงสุดทางบวกและค่าสูงสุดทางลบ เปลี่ยนสลับไปมาตลอดเวลา ด้วยความถี่ 50 รอบต่อวินาที หรือ 50 เฮิรตซ์ เนื้อหาในหน่วยนี้จึงกล่าวถึงหลักการเกิดไฟฟ้ากระแสสลับ คาบเวลา ความถี่ ความเร็วเชิงมุม ค่าสูงสุด ค่าพีคทูพีค ค่าชั่วขณะ ค่าเฉลี่ย ค่าอาร์ เอ็ม เอส และฟอร์มแฟกเตอร์ โดยเนื้อหาที่กล่าวมาทั้งหมดล้วนเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

# การบ้าน

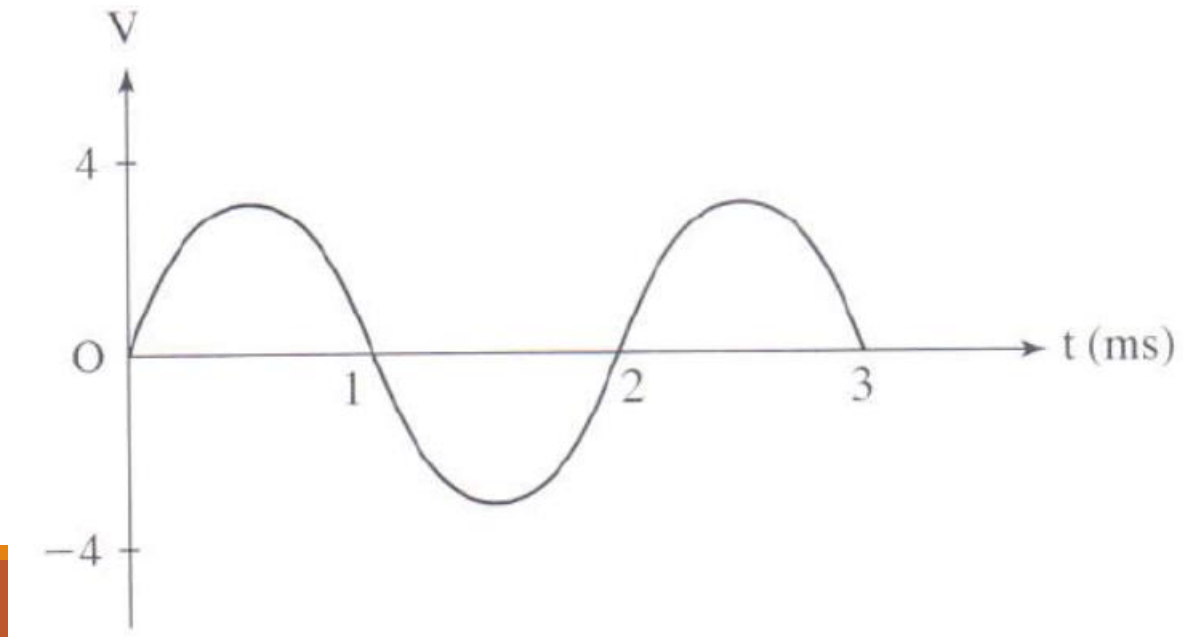
1. จงอธิบายการเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำตามสมการ $e = V_m \sin \theta$

2. รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า ดังรูป จงคำนวณหา

   2.1 คาบเวลา (T) และความถี่ (f)

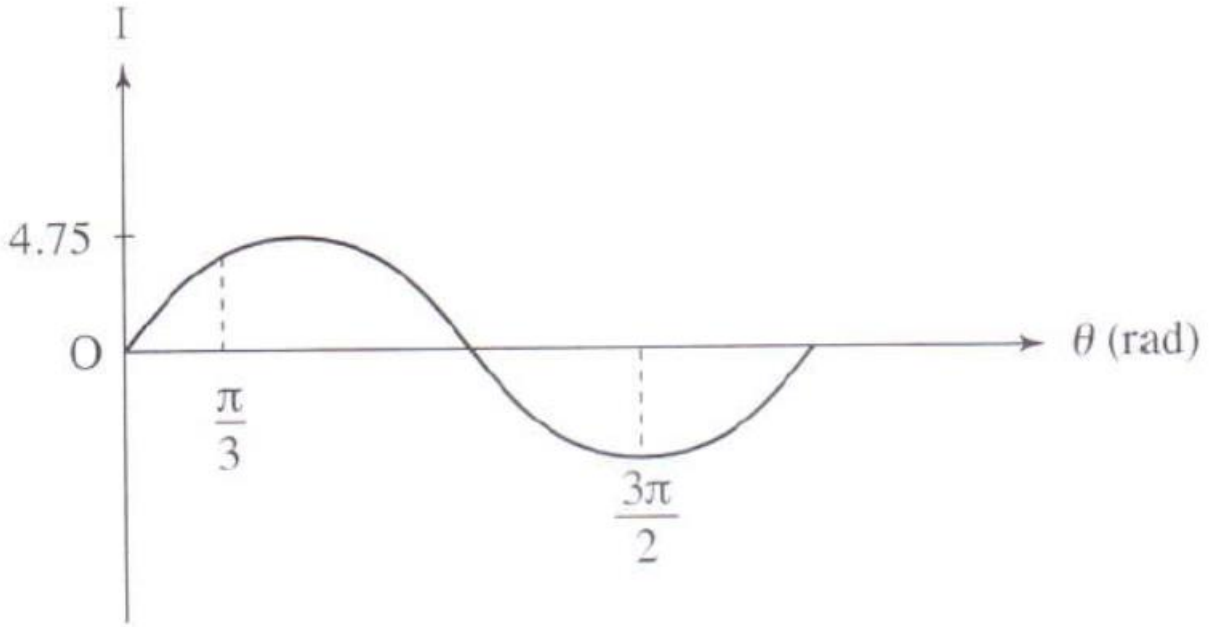
   2.2 ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด ($V_P$) และค่าแรงดันไฟฟ้าพีคทูพีค ($V_{P-P}$)

   2.3 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เวลา 0.5 ms และ 2 ms



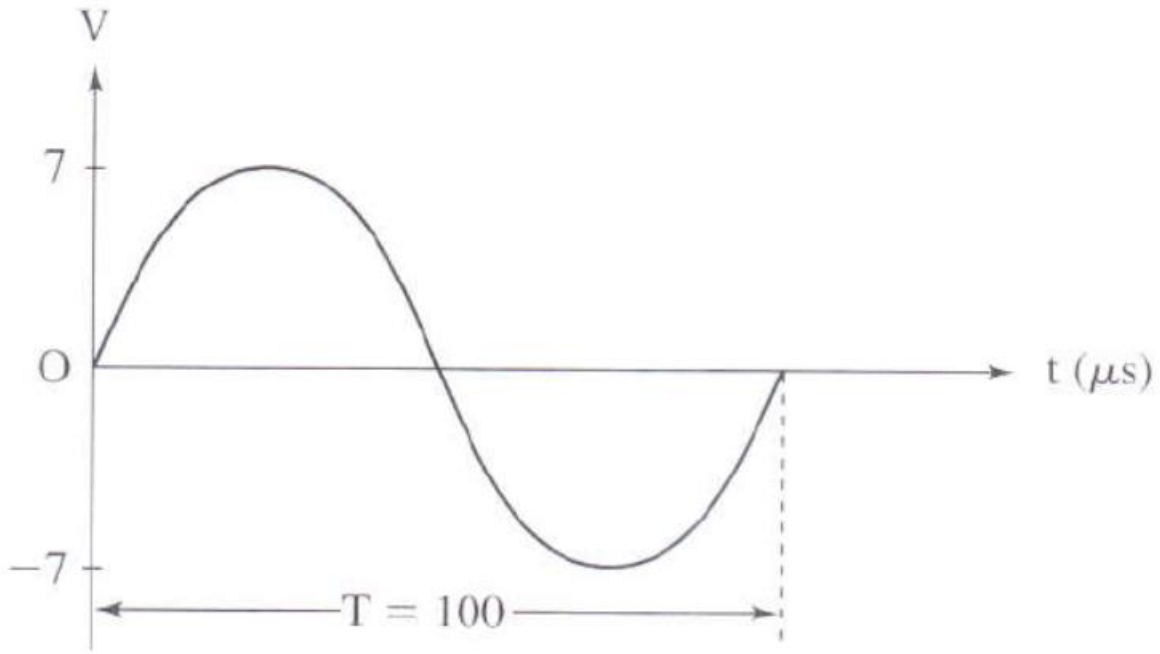
3. รูปคลื่นกระแสไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าชั่วขณะที่มุมต่างๆ ต่อไปนี้

3.1 $\frac{\pi}{3}$ 3.2 $\frac{3\pi}{2}$



4. รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า ดังรูป จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่เวลาต่างๆ ดังนี้

4.1 31 $\mu s$ 4.2 201 $\mu s$



5. รูปคลื่นสี่เหลี่ยมของแรงดันไฟฟ้า ดังรูป จงคำนวณหา

5.1 ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าครึ่งไซเคิลบวกและครึ่งไซเคิลลบ _____

5.2 ค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าในหนึ่งไซเคิล

5.3 ค่าอาร์ เอ็ม เอส ของแรงดันไฟฟ้า