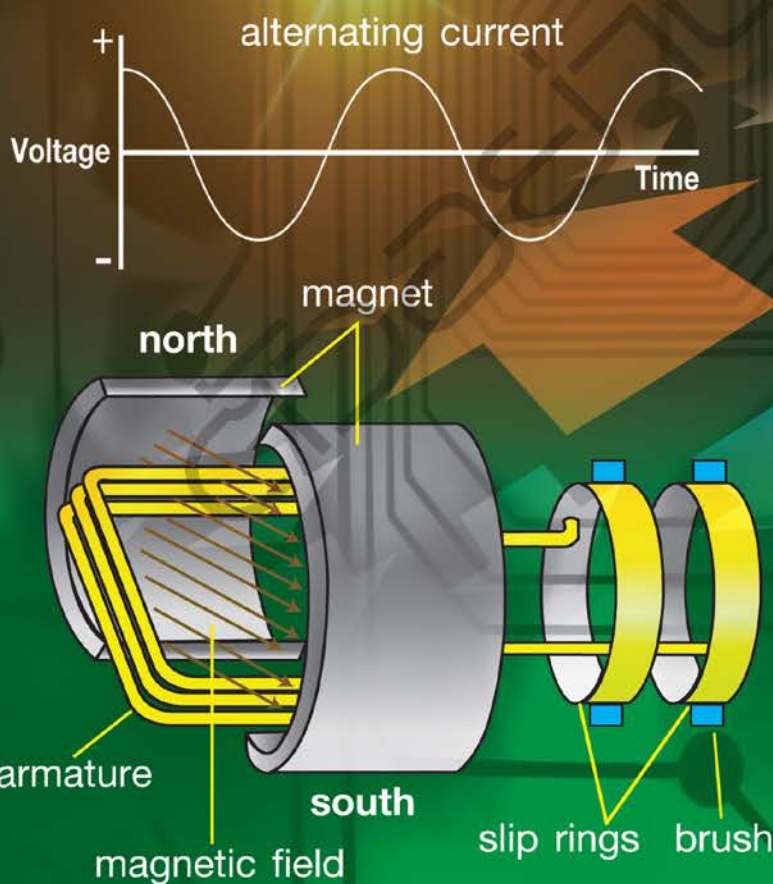
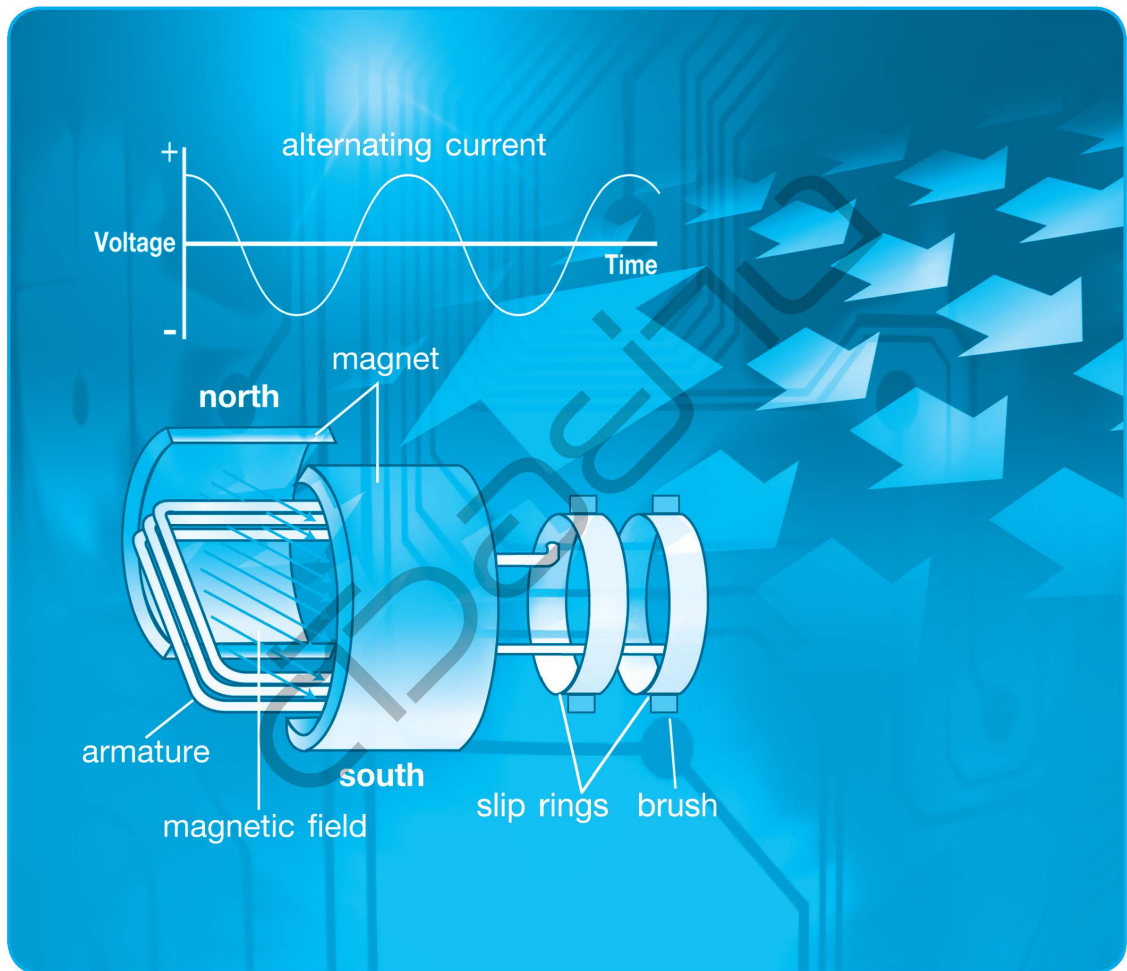


วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชาของหลักสูตร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556



วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ



หมวดวิชาทักษะวิชาชีพ

กลุ่มทักษะวิชาชีพเฉพาะ

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

วิโรจน์ รัตนวิจารณ์

บรรณาธิการ : รศ.พลสิทธิ์ ลิทธิขมภู

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

วิโรจน์ รัตน์วิจารณ์.

วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.--กรุงเทพฯ : แม็คเอดูเคชั่น, 2557.
212 หน้า.

1. วงจรไฟฟ้า--กระแสสลับ. I. ชื่อเรื่อง.

621.31913

ISBN 978-616-274-405-1

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย

MAC EDUCATION

ผู้เขียน : วิโรจน์ รัตน์วิจารณ์

การสั่งซื้อ : ส่งธนาณัติสั่งจ่าย **ไปรษณีย์ลาดพร้าว** ในนาม บริษัท แม็คเอดูเคชั่น จำกัด
เลขที่ 9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทระเกษม
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

☎ : 0-2938-2022-7 **FAX** : 0-2938-2028

www.MACeducation.com

ราคาจำหน่าย : 125 บาท

สงวนลิขสิทธิ์ : กุมภาพันธ์ 2557

พิมพ์ที่ : บริษัท ดับเบิ้ลบี เพรส จำกัด

(สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร)

ไฟฟ้ากระแสสลับ

1. หลักการเกิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ตัวนำนั้น โดยที่ค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงตามค่ามุมที่ตัวนำเคลื่อนที่ไป เมื่อตัวนำหมุนตัดสนามแม่เหล็กครบ 1 รอบ ระยะทางเชิงมุมจะเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจาก 0 องศา จนถึง 360 องศา หรือจาก 0 ถึง 2π เรเดียน นั่นคือค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเปลี่ยนแปลงตามสมการ

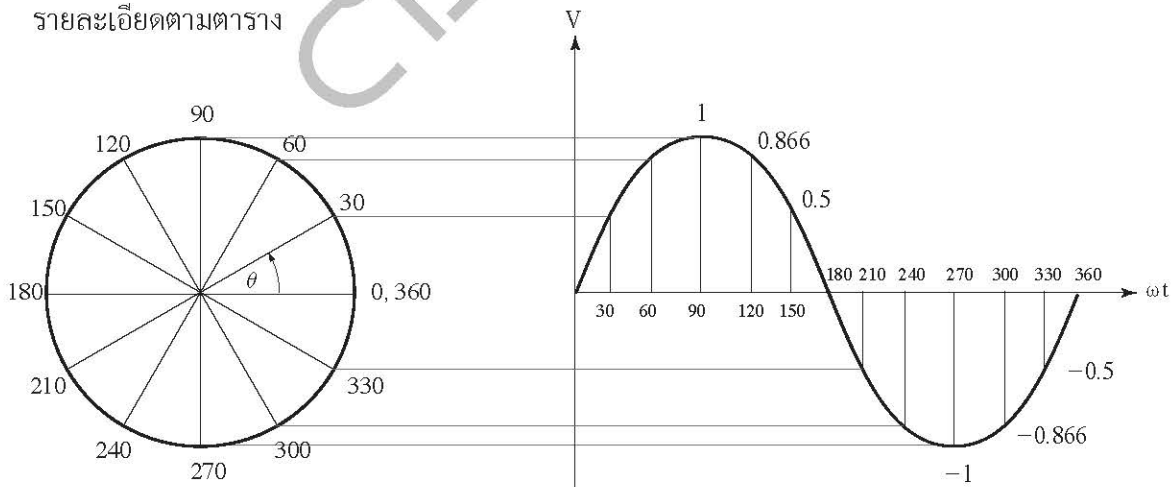
$$e = V_m \sin \theta$$

เมื่อ e = แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

V_m = แรงดันไฟฟ้าสูงสุดของไฟฟ้ากระแสสลับ มีทั้งค่าบวกและค่าลบ มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

θ = มุมที่ตัวนำเคลื่อนที่ไป หรือมุมของรูปคลื่น มีหน่วยเป็นองศา หรือพายเรเดียน (π rad)

เมื่อพิจารณามุม (θ) การเคลื่อนที่ของตัวนำช่วงละ 30 องศา จะแสดงให้เห็นค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่มุมต่างๆ ดังรูปที่ 1.1 ซึ่งจะมีทั้งช่วงที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าเป็นบวกและช่วงที่แรงดันไฟฟ้ามีค่าเป็นลบ รายละเอียดตามตาราง



รูปที่ 1.1 แสดงหลักการเกิดรูปคลื่นไซน์

ตารางแสดงมุมการเคลื่อนที่ของตัวนำและค่า $\sin \theta$

มุม θ (องศา)	มุม π 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
150	$\frac{5\pi}{6}$	0.5
180	π	0
210	$\frac{7\pi}{6}$	-0.5
240	$\frac{4\pi}{3}$	-0.866
270	$\frac{3\pi}{2}$	-1
300	$\frac{5\pi}{3}$	-0.866
330	$\frac{11\pi}{6}$	-0.5
360	2π	0

■ 2. ค่าต่างๆ ของรูปคลื่นไซน์

แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงค่าบวกและค่าลบตลอดเวลาสลับกันเรื่อยไป สำหรับ ลักษณะรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับมีหลายลักษณะ เช่น รูปคลื่นสามเหลี่ยม รูปคลื่นสี่เหลี่ยม รูปคลื่นไซน์ โดยทั่วไปจะกล่าวถึงรูปคลื่นไซน์ เนื่องจากเป็นรูปคลื่นที่เกิดจากการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแส สลับ 1 เฟส ค่าต่างๆ ของรูปคลื่นไซน์ มีดังนี้

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)

ความสัมพันธ์ระหว่าง T และ f พิจารณาดังนี้

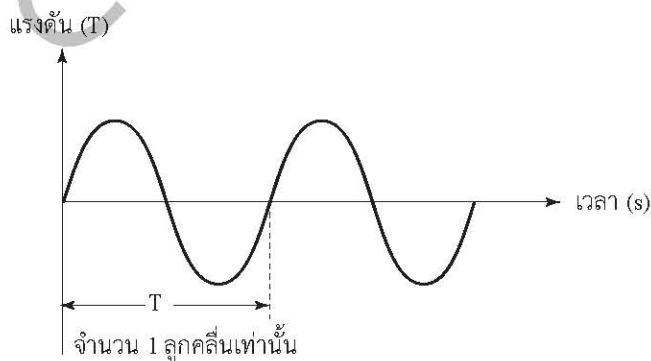
เวลา T วินาที เกิดคลื่น 1 ลูก

เวลา 1 วินาที เกิดคลื่น $\frac{1}{T}$ ลูก

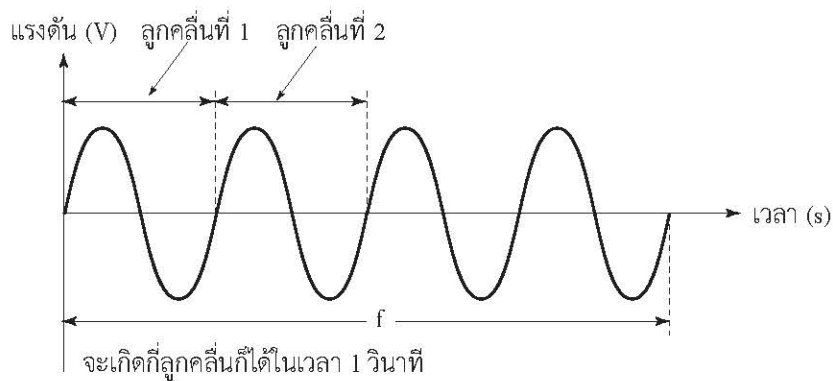
แต่จำนวนลูกคลื่นใน 1 วินาที เรียกว่า ความถี่ นั่นคือ

$$\text{ความถี่ (f)} = \frac{1}{T} \quad (1.1)$$

$$\text{และ คาบเวลา (T)} = \frac{1}{f} \quad (1.2)$$



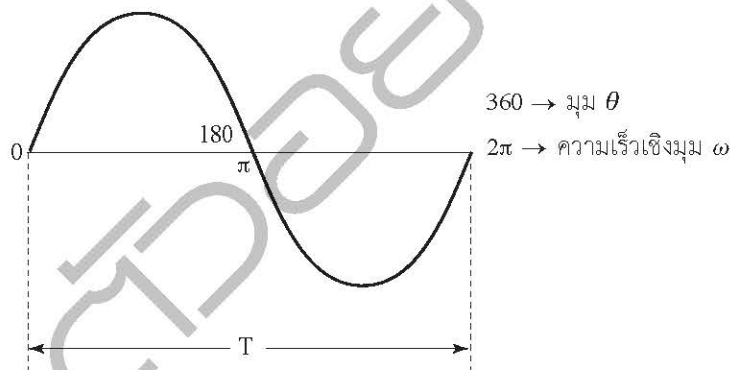
รูปที่ 12 แสดงคาบเวลา (T)



รูปที่ 1.3 แสดงความถี่ (f)

2.2 ความเร็วเชิงมุม

ความเร็วเชิงมุม (Angular Velocity) ใช้สัญลักษณ์ ω (Omega) คือ อัตราการเปลี่ยนมุม (θ) ของรูปคลื่นต่อเวลา (t) มีหน่วยเป็นเรเดียนต่อวินาที (Radian/Second หรือ rad/s)



รูปที่ 1.4 แสดงความเร็วเชิงมุม

ถ้ารูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับเปลี่ยนแปลงจาก 0 องศา เป็นมุม θ ใช้เวลา t วินาที นั่นคือ

$$\omega = \frac{\theta}{t} \quad (1.3)$$

$$\theta = \omega t \quad (1.4)$$

จากสมการ (1.3) เมื่อพิจารณาความเร็วเชิงมุม จะได้

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

และเมื่อพิจารณาตามสมการ (1.1) จะได้

$$\begin{aligned}\omega &= \frac{2\pi}{t} \\ \omega &= 2\pi f\end{aligned}\quad (1.5)$$

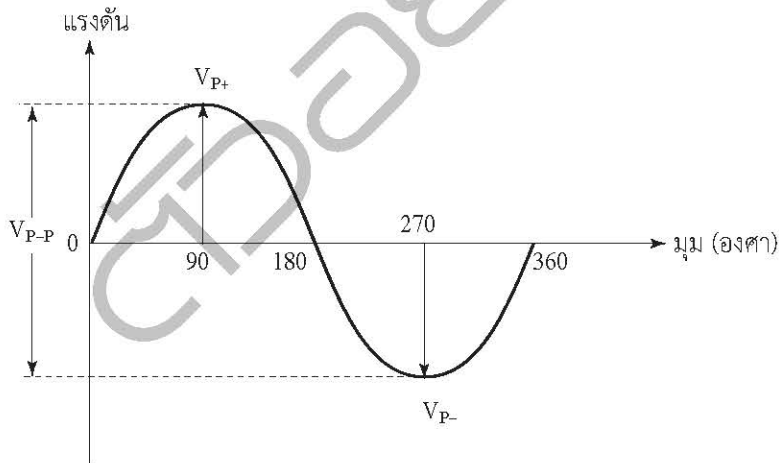
เมื่อ θ = มุมของรูปคลื่น มีหน่วยเป็นเรเดียน (rad)

t = เวลา มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ω = 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



รูปที่ 1.5 แสดงค่าสูงสุดของรูปคลื่น

ค่าพีคทูพีค (Peak to Peak Value; V_{p-p}) คือ ค่าที่วัดจากยอดคลื่นด้านบวกจนถึงยอดคลื่นด้านลบ หรือมีค่าเป็นสองเท่าของค่าสูงสุด

$$V_{p-p} = 2V_p \quad (1.6)$$

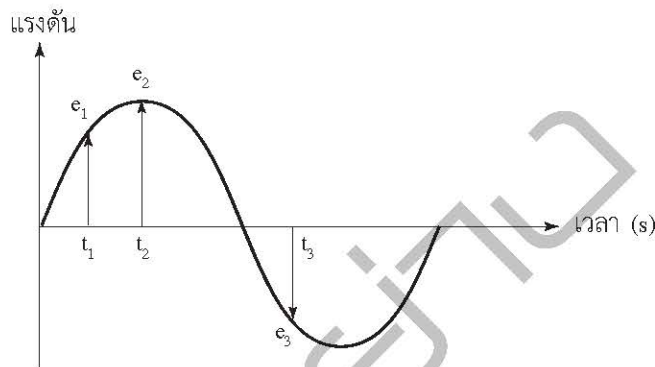
2.4 ค่าชั่วขณะ

ค่าชั่วขณะ (Instantaneous Value; e) ค่าชั่วขณะของแรงดันไฟฟ้าจะเขียนด้วยอักษรตัวพิมพ์เล็ก คือ ตัว e หมายถึง ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่พิจารณาในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งของรูปคลื่น ในกรณีของ รูปคลื่นไซน์ เขียนเป็นสมการดังนี้

$$e = V_m \sin \omega t \quad (1.7)$$

และกระแสไฟฟ้า

$$i = I_m \sin \omega t \quad (1.8)$$



รูปที่ 1.6 แสดงค่าชั่วขณะในช่วงเวลาต่างๆ

2.5 ค่าเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ย (Average Value) คือ ค่าที่ได้จากผลรวมค่าชั่วขณะทุกค่าหารด้วยจำนวนครั้ง ค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นไซน์จะมีค่าเท่ากันทั้งด้านบวกและด้านลบ ดังนั้นใน 1 ลูกคลื่นจะได้ค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ แต่เมื่อพิจารณาด้านบวกด้วยการพิจารณาครั้งละ 5 องศา จึงเป็นการแบ่งพื้นที่ด้านบวกเป็นส่วนเล็กได้ทั้งหมด 36 ส่วน ($5 \times 36 = 180$ องศา) นั่นคือ

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

$$e_1 = V_m \sin 5^\circ$$

$$e_2 = V_m \sin 10^\circ$$

$$e_3 = V_m \sin 15^\circ$$

$$\vdots$$

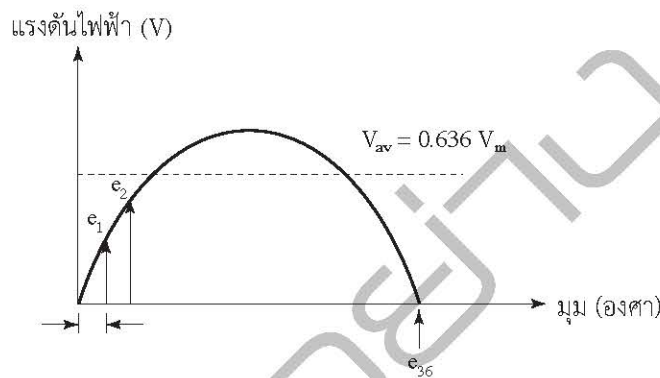
$$e_{36} = V_m \sin 180^\circ$$

เมื่อแทนค่า จะได้ค่าแรงดันเฉลี่ย (V_{av}) ดังนี้

$$V_{av} = 0.636 V_m \quad (1.9)$$

นอกจากนี้อาจคำนวณด้วยคณิตศาสตร์ชั้นสูงที่เรียกว่า แคลคูลัส (Calculus) ด้วยการอินทิเกรตหาพื้นที่ด้านซีกบวก จะได้คำตอบเดียวกัน

$$\begin{aligned} V_{av} &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V \, d\theta \\ &= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} V_m \sin \theta \, d\theta \\ V_{av} &= 0.636 V_m \end{aligned} \quad (1.10)$$



รูปที่ 1.7 แสดงค่าเฉลี่ยแรงดันไฟฟ้า (ด้านบวก)

2.6 ค่าอาร์ เอ็ม เอส

ค่าอาร์ เอ็ม เอส (Root Mean Square; rms) หรือที่เรียกว่า ค่าประสิทธิผล (Effective) คือ ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด เช่น แอมมิเตอร์ หรือโวลต์มิเตอร์ คำนวณจากการถอดรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้า (ในกรณีที่ใช้แอมมิเตอร์หรือโวลต์มิเตอร์ไฟตรงต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ เข็มจะไม่กระดิก เพราะค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์ไฟตรงเป็นค่าเฉลี่ย) นั่นคือแรงดันไฟฟ้าเขียนแทนด้วย V_{rms} กระแสไฟฟ้าเขียนแทนด้วย I_{rms} นั่นคือ

$$\begin{aligned} V_{rms} &= E_m \sqrt{\sin^2 5^\circ + \sin^2 10^\circ + \dots \sin^2 180^\circ} \\ V_{rms} &= \frac{V_m}{\sqrt{2}} \end{aligned} \quad (1.11)$$

$$V_{rms} = 0.707 E_m \quad (1.12)$$

2.7 ฟอर्मแฟกเตอร์

ฟอर्मแฟกเตอร์ (Form Factor; K_f) คือ อัตราส่วนระหว่างค่าอาร์ เอ็ม เอส ทาร์ด้วยค่าเฉลี่ย โดยจะมีค่าแตกต่างกันไปตามลักษณะของสัญญาณ ฟอर्मแฟกเตอร์ของสัญญาณรูปคลื่นไซน์จะมีค่าเท่ากับ 1.11

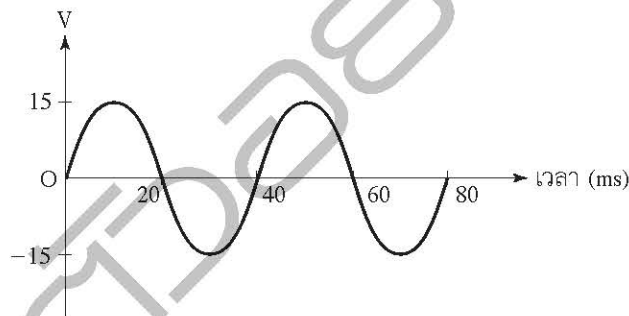
$$K_f = \frac{\text{ค่าอาร์ เอ็ม เอส}}{\text{ค่าเฉลี่ย}}$$

$$\text{รูปคลื่นไซน์} \quad K_f = \frac{0.707V_m}{0.636V_m}$$

$$K_f = 1.11$$

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



วิธีทำ 1. จากรูป คาบเวลาคือช่วงเวลาที่รูปคลื่นเปลี่ยนแปลงรูปร่างครบ 1 รอบ นั่นคือ

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

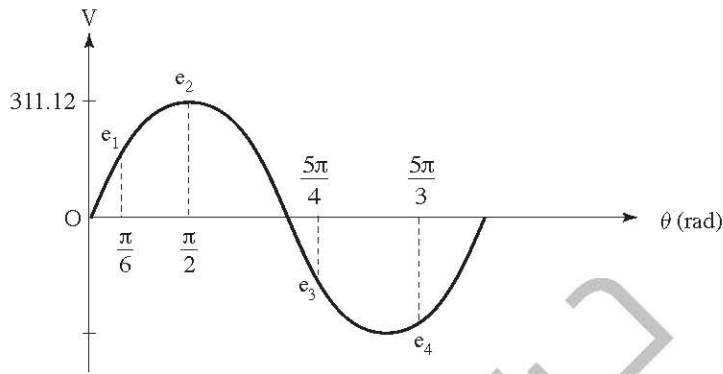
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{40 \times 10^{-3}}$$

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

2. $V_{p+} = 15 \text{ V}$ ที่เวลา 10 ms และที่เวลา 50 ms
 $V_{p-} = -15 \text{ V}$ ที่เวลา 30 ms และที่เวลา 70 ms
 $V_{p-p} = 2V_p = 2 \times 15 = 30 \text{ V}$
3. ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เวลา 20 ms = 0 V
 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เวลา 50 ms = +15 V

ตัวอย่างที่ 1.2 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่มีมุมต่างๆ ต่อไปนี้

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



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

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad e_1 &= V_m \sin \theta = 311.12 \sin 30^\circ \\ e_1 &= 155.56 \text{ V} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} e_2 &= 311.12 \sin 90^\circ \\ e_2 &= 311.12 \text{ V} \end{aligned}$$

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

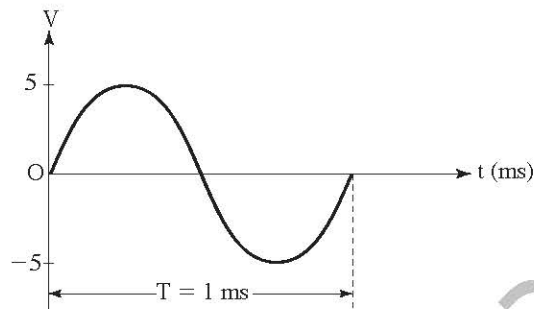
$$\begin{aligned} e_3 &= 311.12 \sin 225^\circ \\ e_3 &= -220 \text{ V} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} e_4 &= 311.12 \sin 300^\circ \\ e_4 &= -269.43 \text{ V} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.3 รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าชั่วขณะในเวลาต่างๆ ดังนี้

1. $100 \mu\text{s}$
2. 40 ms
3. 53.25 ms
4. ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยและค่าแรงดันไฟฟ้าอาร์ เอ็ม เอส
5. พอร์มแฟกเตอร์



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

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

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

ค่า ωt มีค่าหน่วยเป็นเรเดียน ต้องแปลงเป็นองศา ดังนี้

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

$$e = 5 \sin 0.628 \text{ เรเดียน}$$

แต่ $2\pi \text{ เรเดียน} = 360 \text{ องศา}$

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

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

2. $e = 5 \sin (2 \times 3.14 \times 1,000 \times 40 \times 10^{-3})$
 $= 5 \sin 251.32 \text{ เรเดียน}$

แต่การเคลื่อนที่ 1 รอบ เท่ากับ 2π เรเดียน

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

แสดงว่าเคลื่อนที่ตรงรอบจำนวน 40 รอบพอดี หรือมุมเป็นศูนย์

ดังนั้น $e = 5 \sin 0^\circ = 0 \text{ V}$

3. $e = 5 \sin (2 \times 3.14 \times 1,000 \times 53.25 \times 10^{-3})$
 $= 5 \sin 334.58 \text{ เรเดียน}$

แต่การเคลื่อนที่ 1 รอบ เท่ากับ 2π เรเดียน

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

แต่ 1 รอบ = 2π เรเดียน

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

$$\therefore e = 5 \sin 1.57 \text{ เรเดียน} = 5 \sin 89.95^\circ$$

$$= 4.99 \text{ V}$$

$e \approx 5 \text{ V}$ ซึ่งเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุด (V_m) ของรูปคลื่น

4. ค่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ย = $0.636V_m$

$$V_{av} = 0.636 \times 5$$

$$= 3.18 \text{ V}$$

ค่าแรงดันไฟฟ้าอาร์ เอ็ม เอส = $0.707V_m$

$$V_{rms} = 0.707 \times 5$$

$$V_{rms} = 3.535 \text{ V}$$

5. ฟอर्मแฟกเตอร์

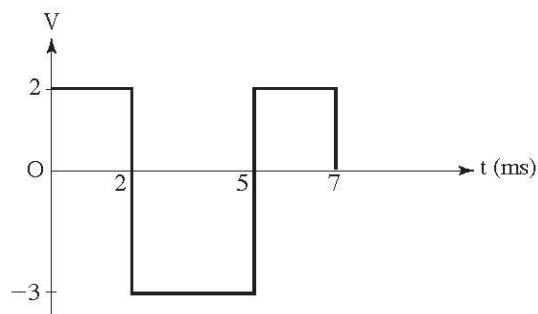
$$= \frac{V_{rms}}{V_{av}}$$

$$K_f = \frac{3.535 \text{ V}}{3.18 \text{ V}}$$

$$K_f = 1.11$$

ตัวอย่างที่ 1.4 รูปคลื่นสี่เหลี่ยมของแรงดันไฟฟ้างดังรูป จงคำนวณหา

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



หนังสือเรียนอาชีวศึกษา

หลักสูตรใหม่

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)
พุทธศักราช 2556

สื่อการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ สมรรถนะ และกิจนิสัยในการทำงาน

เนื้อหาดี มีคุณภาพ ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา
ของหลักสูตร เสริมกิจกรรมเตรียมความพร้อมสู่ประชาคมอาเซียนให้แก่ผู้เรียน และใบช่วยสอน
โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญ :-

 Project-Based Learning

 Thinking Skills

 Green Technology

 Creative Economic

 MAC e-knowledge

 มีแผนการจัดการเรียนรู้ที่ทันสมัย สะดวก
และปรับได้ สำหรับผู้สอนใช้เป็นแนวทาง
ในการจัดการเรียนรู้



วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ



3306337100

 MAC EDUCATION

www.MACeducation.com



9 786162 744051

ราคา 125 บาท